

CAPITOLUL 2

Experimente realizate in laboratorul de epurare biologica a apelor uzate din industria alimentara (industria laptelui si a berii)

2.1. Consideratii generale

Pentru atingerea obiectivelor etapei III a proiectului (etapa finala) au fost realizate experimente care au vizat urmatoarele obiective si activitati, in acord cu planul de realizare al proiectului:

- Izolarea si testarea biochimica a unor tulpini de microorganisme eficiente pentru eliminarea substantelor organice din apele reziduale din industria alimentara (industria laptelui si a berii);
- Testarea microorganismelor izolate din microbiota apelor reziduale pe substraturi model (experimente realizate in bioreactor de laborator de 1L);
- Testarea speciilor de microorganisme pe substraturi reale, ape reziduale provenite de la agenti economici din industria alimentara (din industria laptelui si a berii);
- Realizarea de masuratori in regim dinamic pentru evaluarea indicatorilor calitativi ai procesului de epurare in acest regim

Toate aceste experimente au stat la baza activitatilor privind studiile de epurare biologica, in conditii aerobe, in sisteme model si sisteme reale (ape reziduale), identificarea, sinteza de observare si stabilirea legilor de control pentru procesul de epurare biologica.

2.2. Materiale si echipamentele utilizate in experimentari

- **Medii de cultura** specializate pentru izolarea si testarea biochimica a microorganismelor izolate din ape reziduale din industria alimentara
- **Medii pentru epurare:**
 - **Medii model** care simuleaza compozitia apelor reziduale;
 - **Ape uzate** provenite **din industria laptelui**;
 - **Ape uzate** provenite **din industria berii**.
- **Inocul (namol activat) utilizat in procesele de epurare:**
 - **Inocul model** constituit din tulpini selectate de bacterii drojdii si mucegaiuri, capabile sa biodegradeze poluantii organici din ape.
 - **Namol activ**, preluat dintr-o statie de epurare biologica a apelor reziduale din industria alimentara (Rompak – Pascani).
- **Infrastructura utilizata in experimentari:**
 - **Bioreactor Aplikon** cu capacitatea de 1 litru (figura 2.1), din cadrul **Laboratorului de Culturi si Fermentatii, Platforma Bioaliment**, din Universitatea „Dunarea de Jos” din Galati, prevazut cu posibilitatea de masurare continua a pH-ului, oxigenului dizolvat, controlul temperaturii si al spumarii. Acesta este dotat si cu agitator, difuzor de aer, debitmetru de aer, pompe peristaltice pentru acid, baza si antispumant, precum si cu manta de incalzire. Deasemenea, el este prevazut cu posibilitatea conectarii la calculator pentru inregistrarea datelor pe parcursul unui intreg experiment. In bioreactorul de 1L au fost realizate doua experimente in sisteme model de epurare: primul folosind un mediu pe baza de zer (provinind din procesul de productie a branzii) de la firma Galmopan S.A. Galati si, al doilea, folosind un mediu pe baza de must de malt cu hamei, provenind de la fabrica de bere Martens – Galati.



Fig. 2.1: Bioreactor Applikon de 1L pentru culturi de microorganisme

(echipament din dotarea **Platformei de formare si cercetare interdisciplinara**

Bioaliment, www.bioaliment.ugal.ro)

- **Statia pilot de epurare biologica** a apelor uzate din industria alimentara (figura 2.2), proiectata in cursul etapei a II-a a proiectului. Asa cum s-a mentionat in raportul stiintific aferent etapei II, statia pilot este complet condusa cu calculatorul de proces, oferind, prin intermediul unei interfete grafice prietenoase, posibilitatea obtinerii informatiilor necesare realizarii obiectivelor si activitatilor proiectului.



Fig. 2.2: Statia pilot de laborator pentru epurarea biologica a apelor uzate provenite din industria alimentara

- **Fotometru Hanna C214.** Absorbția luminii este un fenomen tipic de interacțiune între radiatiile electromagnetice și materie. Atunci când o rază de lumină traversează o substanță, o parte din radiație poate fi absorbită de atomi, molecule sau rețele cristaline. Fracția de lumină absorbită depinde de lungimea drumului optic prin substanță și de caracteristicile fizico-chimice ale substanței, conform legii Lambert-Beer:

$$-\log \frac{I}{I_0} = \varepsilon_{\lambda} \cdot c \cdot d$$

unde:

$$-\log \frac{I}{I_0} = \text{absorbanta}$$

I_0 = intensitatea luminii incidente

I = intensitatea luminii după absorbție

ε_{λ} = coeficientul de extincție molară la lungimea de undă λ

c = concentrația molară a substanței

d = drumul optic prin substanta

Astfel, concentratia molară poate fi calculata prin absorbanta substantei, devreme ce ceilalti factori sunt cunoscuti. Analizele fotometrice se bazeaza pe posibilitatea formarii unui compus de culoare, care absoarbe lumina la o lungime de unda specifica. Aparatul este prevazut cu o lampa Tungsten si filtre pentru a asigura lungimea de unda dorita.

- **Termoreactor Hanna HI 839800** poate realiza digestia simultana a 25 probe (fiole cu diametrul de 16 mm), la temperatura de 150°C, pentru analiza CCO si PO_4^{3-} , sau la temperatura de 105°C pentru analiza N_{tot} . Este prevazut si cu „timer”, care ofera posibilitatea de reglare a duratei de procesare de pana la 120 minute.
- **Turbidimetru Hach Lange 2100P**, portabil, cu domeniul de masura intre 0 ÷ 1000 NTU.
- **Termobalanta** pentru determinarea automata a continutului de substanta uscata.
- **Centrifuga Hetich**, 9000 rpm.
- **Balanta analitica**
- **Agitator pentru eprubete**
- **Pipeta micrometrica** 100 ÷ 1000 microlitri.
- **Pipeta micrometrica** 20 ÷ 200 micrometri.
- **Pipete gradate** 1, 2, 5, 10, 25 mL.
- **Pahare berzelius** 50, 100, 1000 mL.
- **Cilindri gradati** 25, 100 mL.
- **Vase de laborator**, pentru etapele de izolare si caracterizare biochimica a microbiotei apelor reziduale.

- **Baloane cotate** 50, 100 pentru dilutii.
- **Para de cauciuc**
- **Prelevator** alcatuit din piston, furtun si recipiente din plastic cu volumul de de
150 mL.

2.3. Metode de investigare

- **Metode de izolare si caracterizare a speciilor de microorganisme cele mai eficiente pentru eliminarea substantelor organice din apele reziduale din industria alimentara (industria laptelui si a berii)**

Prelevarea probelor de apa

Pentru prelevarea aseptica a apelor reziduale s-a folosit un prelevator alcatuit din piston, furtun si recipiente din plastic cu un volum de 150 mL. Inainte de prelevare, recipientele au fost dezinfectate cu alcool etilic. Dupa examinarea planurilor unitatilor de productie au fost identificate si apoi inspectate punctele de evacuare ale apelor reziduale din sectii.

Prelevarea s-a realizat din canalele de colectare amplasate in curtea unitatii de productie in cazul fabricii de bere si din cadrul unitatii in cazul fabricii de lapte, inainte ca aceste ape reziduale sa fie deversate in sistemul municipal de colectare. Din ambele unitati s-au prelevat ape din cate doua surse diferite.

La fabrica de bere prelevarile de ape reziduale au fost efectuate din canalizarile unde sunt deversate apele reziduale de la sectia de fermentare + filtrare + imbuteliere - canalizare centralizata.

La fabrica de prelucrare a produselor lactate, prelevarile s-au efectuat din canalizarile in care sunt deversate apele reziduale de la sectiile de fabricare a branzei si canalizare generala.

Probele au fost prelevate la inceputul si sfarsitul lunilor ianuarie si februarie 2008. Ele au fost pastrate in conditii de refrigerare, la temperaturi de 0...4°C si analizate la **Laboratorul de Epurare a Apelor Reziduale**, laborator creat si dotat in urma derularii proiectului.

Evaluarea microbiologica a apelor reziduale

Microorganismele din microbiota apelor reziduale au fost izolate prin metoda Koch, tehnica bazata pe diluarea si raspandirea celulelor in mediul cu agar cu obtinerea de colonii individuale din care s-au obtinut ulterior culturi pure de bacterii, drojdii si mucegaiuri prin replicare in eprubete pe mediu inclinat. S-au respectat conditiile optime recomandate pentru cultivarea microorganismelor si anume cultivarea pe must de malt cu agar, la temperaturi de 25-28°C, timp de 3-5 zile, pentru drojdii si mucegaiuri si pe bulion de carne cu agar, la temperatura de 37°C, timp de 48 h, pentru bacterii.

Culturile pure obtinute s-au codificat si s-au pastrat in calitate de culturi stoc pentru evaluarile biochimice si pentru constituirea inoculului standardizat in experimentele de epurare ulterioare.

Izolatele au fost evaluate din punct de vedere morfologic prin examenul caracterelor culturale ale coloniilor si prin examen microscopic in frotiuri uscate, colorate Gram, utilizand microscopul cu epifluorescenta si contrast de faza Olympus, din cadrul **Laboratorului de Culturi si Fermentatii al Platformei de Cercetare Bioaliment.**

Evaluarea proprietatilor biochimice a culturilor pure izolate din microbiota apelor reziduale

Pentru evidentierea capacitatii microorganismelor de a metaboliza diferiti compusi organici similari cu cei care polueaza accidental apele reziduale de la fabricile de lapte si bere, dupa izolare in culturi pure, s-au realizat cultivari pe diverse medii continand surse unice de carbon si azot. Celulele recoltate din culturile pure izolate au fost inoculate “in punct” pe suprafata mediilor cu agar dupa cum urmeaza:

▪ **Mediul de baza pentru dezvoltarea bacteriilor (cod BC) (g%):**

NaCl.....0,5

NH₄H₂PO₄..... 0,1

MgSO₄0,02

K_2HPO_4 0,1
agar2
apa distilata..... pana la 100 mL

Surse de carbon testate: 1% amidon, 1% maltoza, 1% lactoza

Sursa de azot testata: 1% cazeina

▪ **Mediul de baza pentru multiplicarea drojdiilor (cod Dj) (g%):**

$MgSO_4 \cdot 7H_2O$0,07
NaCl.....0,05
 $(NH_4)_2SO_4$ 0,74
 K_2HPO_4 0,013
 KH_2PO_4 0,1
Agar 2
Apa distilata..... pana la 100 mL

Surse de carbon testate: 1% maltoza, 1% lactoza

▪ **Mediul de baza utilizat pentru dezvoltarea mucegaiurilor (cod Cza) (g%):**

$NaNO_3$0,2
 K_2HPO_4 0,1
 $MgSO_4 \cdot 7H_2O$ 0,05
KCl0,05
 $FeSO_4 \cdot 4H_2O$0,001
Agar..... 2
Apa distilata pana la 100 mL

Surse de carbon testate: 1% amidon, 1% acid lactic

Capacitatea microorganismelor de a metaboliza diverse substraturi de carbon si azot a fost monitorizata prin evaluarea *dezvoltarii coloniale*, cu determinarea *diametrelor coloniilor* dezvoltate pe mediile de baza specifice, suplimentate cu maltoza, lactoza, amidon, acid lactic (in calitate de surse de carbon) si respectiv cazeina (in calitate de sursa de azot), in concentratie de 1%. In cazul amidonului si a cazeinei, a fost posibila determinarea semnificativa a *potentialului de biodegradare* prin stabilirea *indicelui de hidroliza a substratului* cu formula:

$$I_h = D_{zh} : D_c$$

in care

I_h = indice de hidroliza a substratului

D_{zh} = diametrul zonei de hidroliza

D_c = diametrul coloniei

Toate experimentele au fost realizate in duplicat iar in interpretarea rezultatelor s-au avut in vedere media aritmetica si deviatia standard.

- **Metode de evaluare a gradului de epurare biologica a apelor reziduale din industria alimentara in sisteme model si sisteme reale (ape reziduale din industria laptelui si din industria berii)**

Determinarea consumului chimic de oxigen

Consumul chimic de oxigen, CCO, al unei ape, determinat prin metoda cu dicromat de potasiu, poate fi considerat ca o masura aproximativa a consumului teoretic de oxigen, care reprezinta cantitatea de oxigen consumata prin oxidarea chimica totala a compusilor organici la produși anorganici. Nivelul la care rezultatele experimentale se apropie de valoarea teoretica depinde in primul rand de gradul de oxidare. Un mare numar de compusi organici

sunt oxidati in proportie de $90 \div 100\%$ si, in cazul pentru care acesti compusi sunt in majoritate, cum ar fi efluentii din industria alimentara, valoarea CCO constituie o buna aproximare a consumului teoretic de oxigen.

Consumul chimic de oxigen (CCO) reprezinta concentratia masica de oxigen echivalenta cu cantitatea de dicromat de potasiu consumata de materiile dizolvate si in suspensie.

Consumul chimic de oxigen reprezinta cantitatea de oxigen necesara pentru a oxida carbonul organic, complet, la CO_2 , H_2O si NH_4 . (Sawyer si McCarty, 1967F)

Pentru efectuarea acestei analize s-au utilizat kit-uri speciale Hanna HI 93754C pentru domeniul de masura $0 \div 15000$ mg/l. Analiza se efectueaza prin mineralizarea probei impreuna cu reactivii specifici la temperatura de 150°C , intr-un termoreactor, timp de 2 ore. Dupa racirea probelor se citeste concentratia cu ajutorul fotometrului Hanna C214, la lungimea de unda 610 nm, care transforma automat valoarea absorbtiei in unitati de concentratie mg/l (ppm).

Evaluarea turbiditatii

Turbiditatea este expresia proprietatii optice a unui lichid care determina o raza de lumina sa fie imprastiata si absorbita mai curand decat sa fie transmisa in linie dreapta prin proba. Turbiditatea este cauzata de prezenta materiilor solide in suspensie sau dizolvate (materii organice si anorganice, microorganisme).

In cazul nostru masuratorile facute pentru turbiditate au fost efectuate in scopul determinarii cresterii microorganismelor in mediile model de apa uzata utilizate.

Determinarea turbiditatii s-a realizat pe probe prelevate periodic din vasul de aerare, cu ajutorul unui turbidimetru de camp Hach Lange 2100P. Aparatul reda direct valoarea turbiditatii exprimata in NTU – Unitati Nefelometrice de Turbiditate. Domeniul de masura al aparatului este de $0 \div 1000$ NTU

Determinarea azotului total

Azotul total a fost determinat cu ajutorul kit-urilor speciale Hanna HI 93767A pentru domeniul de masura $0 \div 25$ mg/l. Proba se mineralizeaza la 105°C timp de jumatate de ora, impreuna cu persulfatul de potasiu. Dupa racire se adauga metabisulfitul de sodiu si reactivii specifici pentru determinarea azotului. Reactia da o culoare galben deschis si se masoara la 420 nm. Fotometrul C214 transforma automat valoarea absorbantei in unitati de concentratie exprimate in mg/l. Valoarea azotului total include azotul organic si anorganic (nitritii, nitratii, amoniul).

Determinarea continutului de fosfatii

Fosfatii reactioneaza in mediu acid cu molibdatul de amoniu si tartratul de stibiu si potasiu formand un heteroacid, care este redus de catre acidul ascorbic la albastru de molibden, a carui intensitate de culoare este direct proportionala cu concentratia ionilor de fosfat si se masoara fotometric. In prealabil fosforul legat organic si polifosfatii se trec sub forma de ortofosfati solubili (fosforul prin mineralizare iar polifosfatii prin hidroliza). Pentru realizarea acestei analize s-au utilizat kit-uri rapide Hanna HI 93758B. Mineralizarea probei se realizeaza la 150°C timp de 30 minute, se neutralizeaza cu NaOH si se foloseste ca martor. Dupa aducerea aparatului la zero se adauga reactivii specifici care dau culoarea albastra si se citeste absorbanta cu fotometrul Hanna C214 care afiseaza valoarea PO_4^{3-} direct in unitati de concentratie (mg/l). Absorbanta este citita la 610 nm.

Determinarea azotului din nitriti

Nitratii s-au determinat cu kit-uri rapide Hanna HI 93766. In mediu acid nitritii formeaza cu alfa-naftalina si acidul sulfanilic un complex de culoare roz – rozie, a carei intensitate absoarbe mai mult sau mai putin lumina. Lungimea de unda la care se citeste proba este de 420 nm. Fotometrul exprima rezultatele in mg/l azot din nitriti ($\text{NO}_3^{-}\text{-N}$)

Evaluarea evolutiei pH-ului

pH-ul s-a determinat continuu cu ajutorul unui electrod de pH semiimersat in vasul de aeratie. Electrocul de pH a fost in prealabil calibrat cu solutii tampon de ftalat de potasiu cu $\text{pH} = 4.006$ (la 25°C), fosfat cu $\text{pH} = 6.865$ (la 25°C) si borax cu $\text{pH} = 9.180$ (la 25°C). Electrocul de pH este conectat la sistemul de monitorizare si control prin intermediul unui transmiter cu semnal digital, in cazul bioreactorului Aplikon de 1 litru, si a unui adaptor cu semnal analogic $4 \div 20$ mA in cazul statiei pilot de epurare.

Masurarea concentratiei de oxigen dizolvat

Concentratia de oxigen dizolvat din mediu s-a determinat continuu cu ajutorul unui electrod semiimersat in vasul de aeratie. Calibrarea acestuia s-a realizat cu solutie de sulfat de sodiu pentru punctul zero si in aer pentru saturatie 100%. Electrocul este prevazut cu o membrana selectiva pentru oxigen. Determinarea oxigenului dizolvat este o analiza electrochimica. Similar cu electrocul de pH, acesta este conectat la sistemul de control prin intermediul unui transmiter cu semnal digital (pentru Aplikon 1 litru) sau analogic (pentru statia pilot).

Evaluarea potentialului de oxido-reducere

Potentialul redox a fost determinat doar in cadrul experimentului secund datorita faptului ca numai statia pilot a fost prevazuta aceasta posibilitate. Masuratoarea s-a realizat prin intermediul unui electrod ORP conectat la calculator printr-un adaptor cu semnal analogic $4 \div 20$ mA. Domeniul de masura este de $-1000 \div +1000$ mV, iar calibrarea acestuia se realizeaza cu solutie de chinhidrona.

Masurarea temperaturii

Temperatura a fost determinata continuu cu ajutorul unui traductor de temperatura semiimersat in vazul de aeratie. In ambele situatii (bioreactor si statie pilot) aceste traductoare

de temperatura sunt incluse in bucle de control care actioneaza, dupa caz, dispozitive de incalzire a apei uzate, manta exterioara in cazul bioreactorulu si respectiv rezistenta de incalzire in cazul statiei pilot.

➤ **Identificarea speciilor de microorganisme cele mai eficiente pentru eliminarea compusilor organici din apele reziduale din industria alimentara**

Experimentele au vizat evaluarea microbiologica si biochimica a microbiotei apelor reziduale din industria alimentara (fabrica de lapte si fabrica de bere) in vederea obtinerii de culturi adaptate pentru epurare si utilizarea acestora pentru testare pe sisteme model si reale, in vederea studiului si modelarii proceselor de epurare biologica.

S-au studiat **opt probe de ape reziduale (2 prelevieri din puncte diferite, a cate 4 probe)** de la Fabrica de lapte Galmopan S.A. Galati si de la Fabrica de Bere Martens Galati.

Aplicand tehnici specializate de testare biologica si biochimica s-au izolat in culturi pure tulpini de bacterii, drojdii si mucegaiuri. Prin analiza caracterelor morfologice ale tulpinilor izolate in culturi pure, analiza bazata pe examen microscopic direct si examen cultural, **s-au evidenciat urmatoarele grupe de microorganisme:**

- **bacterii:** genurile *Bacillus*, *Pseudomonas*, *Escherichia*;
- **drojdii:** genurile *Saccharomyces*, *Kluyveromyces*, *Torulopsis*;
- **mucegaiuri:** genurile *Aspergillus* si *Geotrichum*.

S-a testat capacitatea tulpinilor izolate **de a metaboliza compusi organici** in corelatie cu incidenta acestora in apele reziduale din industria alimentara (amidon, cazeina, lactoza, maltoza si acid lactic).

Cele mai active tulpini specializate in biogradarea poluantilor organici, au fost avute in vedere pentru utilizarea acestora in calitate de inocul specializat pentru teste de epurare in sisteme model si ape reziduale.

In cele ce urmeaza se prezinta o descriere a experimentelor relevante, utilizate pentru

realizarea obiectivelor si activitatilor etapei III a proiectului. Trebuie facuta mentiunea ca toate rezultatele prezentate in celelalte capitole ale raportului stiintific vor face referire la experimentele enumerate si detaliate in capitolul 2, care sunt in concordanta cu obiectivele si activitatile proiectului propuse pentru aceasta etapa.

➤ **Experimente de epurare biologica ape uzate realizate pe bioreactorul de laborator**

Experimentele realizate au urmarit tratarea aeroba a unor medii model, prin care s-a urmarit simularea compozitiei apelor uzate din industria laptelui si din industria berii. Pentru aceasta s-a utilizat zer provenit din procesul tehnologic de preparare a diferitelor tipuri de branzeturi de la fabrica Galacta S.A. – Galati si must de malt cu hamei provenit din procesul tehnologic de fabricare a berii de la fabrica Martens – Galati. Ambele medii de cultura au fost diluate in diferite proportii cu apa potabila pentru obtinerea concentratiei de substante organice dorita (corelata cu parametrul Consumul Chimic de Oxigen - CCO).

Pe parcursul derularii experimentelor au fost realizate mai multe incercari, inasa doar experimentele relevante sunt descrise si interpretate in cele ce urmeaza. Conditiiile de tratament biologic au fost diferite de la un experiment la altul, urmarindu-se un nivel avansat de control al procesului.

EXPERIMENTUL 1

Conditii de lucru:

- **Mediul de cultura:** zer diluat in raport de 1:4 cu apa potabila, cu o concentratie initiala a CCO de 13500 mg O₂/litru;
- **Inocul:** culturi de microorganisme selectionate:
 - **tulpina codificata ILGbc2** (bacterie)
 - **tulpina codificata IILBDj3** (drojdie)

▪ **tulpina *Geotrichum candidum* MIUG 1.15** (mucegai)

Inocul total format prin combinarea de biomasa umeda dupa schema: ILGBc2 + IILBDj3 + MIUG 1.15 = 2g + 1,3g = + 3,5g; raportul in care au fost inoculate microorganismele este de 1:3:3, bacterii: drojdii: mucegaiuri, fiind realizat prin masurarea densitatii optice la 600 nm.

- **Conditii de epurare:**

- **pH-ul:** s-a mentinut constant la valoarea de 5.5
- **Temperatura:** s-a mentinut constanta la 25°C
- **Aerare:** volumul de aer barbotat s-a mentinut constant la 2 lpm
- **Agitare:** turatia agitatorului s-a mentinut constanta la 300 rpm

Masuratori realizate:

- **pH-ul:** evaluare continua cu ajutorul electrodului dedicat, domeniu de masura 0 ÷ 14 unitati pH;
- **Oxigenul dizolvat:** evaluare continua cu ajutorul electrodului dedicat, domeniu de masura 1 ÷ 120 % saturatie;
- **Consumul chimic de oxigen (CCO):** evaluare la interval de 24 de ore, exprimat in mg O₂/l;
- **Turbiditatea:** evaluare la interval de 24 de ore, exprimata in unitati nefelometrice, NTU
- **Azotul total (N_{tot}):** evaluare la interval de 24 de ore, exprimat in mg/l.

Descriere experiment:

Epurarea a fost realizata in sistem tip sarja, utilizand ca mediu de epurare, mediul model format din zer, diluat in raport de 1:4 cu apa potabila (valoarea initiala CCO egala cu

13500 mg O₂/litru), iar in calitate de inocul o cultura multipla rezultata prin combinarea de biomasa umeda dupa schema: ILGBc2 + IILBDj3 + MIUG 1.15 = 2g + 1,3g = + 3,5g.

Experimentul s-a desfasurat pe o durata de 12 zile (aprox. 288 ore) in bioreactorul Aplikon de 1 litru la un volum util de 70% (700 ml).

Controland parametrii fizico-chimici de cultivare, s-a evaluat gradul de dezvoltare a microorganismelor prin curba de multiplicare pe baza modificarii turbiditatii mediului lichid.

Gradul de epurarea s-a apreciat evaluand capacitatea de eliminare a substantelor organice poluante din mediul de cultura, durata de eliminare a acestora si limita tehnica de epurare. De vreme ce inoculul folosit, format din bacterii, drojdii si mucegaiuri, nu are capacitatea de a forma flocoane care sa sedimenteze usor, probele prelevate au fost centrifugate la 9000 rpm timp de 10 minute. Analizele chimice pentru CCO si N_{tot} au fost realizate pe supernatantul obtinut.

EXPERIMENTUL 2

Conditii de lucru:

- **Mediul de cultura:** must de malt cu hamei diluat in raport de 1:5 cu apa potabila, cu o concentratie initiala a CCO de 19.700 mg O₂/litru
- **Inoculul:** o cultura multipla formata din:
 - **tulpina codificata IBS1Bc2** (bacterie)
 - **tulpina codificata IIBS2Dj1** (drojdie)

Proportia intre cele doua culturi s-a reglat prin densitatea optica a suspensiei de celule masurata la lungimea de unda 600 nm, respectand un raport intre concentratia de celule din inocul bacterii:drojdii de 1:2,7.

Concentratia de inocul a fost de 1,2%, corespunzatoare unei turbiditati in mediul inoculat de 112,73 NTU

- **pH-ul** : s-a mentinut constant la valoarea de 6.0

- **Temperatura:** s-a mentinut constanta la 25°C
- **Volumul de aer barbotat:** s-a mentinut constant la 2 lpm
- **Viteza de agitare:** s-a mentinut constanta la 300 rpm

Masuratori realizate:

- **pH-ul:** monitorizat continuu cu ajutorul electrozului dedicat, domeniu de masura 0 ÷ 14 unitati pH;
- **Oxigenul dizolvat:** monitorizat continuu cu ajutorul electrozului dedicat, domeniu de masura 1 ÷ 120 % saturatie;
- **Consumul chimic de oxigen (CCO):** determinat la interval de 24h, exprimat in mg O₂/l;
- **Turbiditatea,** masurata la interval de 24h, exprimata in unitati nefelometrice, NTU;
- **Azotul total (N_{tot}):** determinat la interval de 24h, exprimat in mg/l;
- **Concentratia de fosfor din fosfati (P-PO₄³⁻):** evaluata la interval de 24h, exprimata in mg/l.

Descriere experiment:

Experimentul este unul de tip sarja, mediul de cultura cu substantele nutritive pentru dezvoltarea microorganismelor fiind administrate doar la inceput. In aceste conditii multiplicarea microorganismelor din inocul (bacterii si drojdii), evaluata pe baza turbiditatii, este corelata cu capacitatea de eliminare a substantelor organice poluante din mediul de cultura, durata de eliminare a acestora si limita tehnica de epurare.

Experimentul s-a desfasurat pe o durata de 9 zile (aprox. 220 ore) in bioreactorul Aplikon de 1 litru, la un volum util de 70% (700 ml).

Devreme ce inoculul folosit, a fost alcatuit doar din bacterii si drojdii, acesta nu are capacitatea de a forma flocoane care sa sedimenteze usor, si, in consecinta, probele prelevate au fost centrifugate la 9000 rpm timp de 10 minute. Analizele chimice pentru CCO si N_{tot} si $P-PO_4^{3-}$ au fost realizate pe supernatantul obtinut.

Pentru ca mediul de cultura nu a fost dezechilibrat in ceea ce priveste raportul $CBO_5:N_{tot}$ (ideal 100:5) mediul initial s-a suplimentat cu 8.42 g clorura de amoniu (NH_4Cl) (la un volum total de mediu in bioreactor de 700 mL). Astfel, concentratia de fosfor a respectat raportul $CBO_5:P-PO_4^{3-}$ de 100:1.9.

In continuare se prezinta experimentele realizate pe statie pilot de epurare biologica. Se face mentiunea ca pentru fiecare experiment au fost inregistrate urmatoarele marimi masurate on-line: pH-ul, temperatura, potentialul redox, concentratia de oxigen dizolvat, debitul de aer si concentratia de suspensii solide (TSS). Deasemenea, se face observatia ca toate graficele au abscisa gradata in esantioane. In general, marimile achizitionate sunt nefiltrate, dar au fost si situatii cand s-au aplicat filtre pentru reducerea zgomotului.

➤ **Experimente de epurare biologica ape uzate realizate pe statia pilot**

EXPERIMENTUL 3

Conditii de lucru:

- **Mediul de cultura:** zer diluat in raport de 1:4 cu apa potabila, cu o concentratie initiala a CCO de 12.000 mg O_2 /litru
- **Inoculul**, cultura multipla formata din tulpinile codificate:
 - **tulpina** IILGBc2 (bacterie)
 - **tulpina** ILBDj3 (drojdie)
 - ***Geotrichum candidum* MIUG 1.15** (mucegai)
- **pH-ul:** nu s-a reglat ci doar s-a monitorizat continuu
- **Temperatura:** s-a mentinut constanta la 25°C
- **Volumul de aer barbotat:** s-a mentinut constant la 5 lpm

- **Viteza de agitare:** s-a mentinut constanta la 300 rpm

Masuratori realizate:

- **pH-ul:** s-a monitorizat continuu cu ajutorul electrodului dedicat; domeniu de masura $0 \div 14$ unitati pH;
- **Oxigenul dizolvat:** s-a masurat continuu cu ajutorul electrodului dedicat; domeniu de masura $1 \div 20$ mg/l;
- **Consumul chimic de oxigen (CCO):** s-a determinat la interval de 24 de ore; este exprimat in mg O_2/l ;
- **Turbiditatea:** s-a masurat la interval de 24 de ore; este exprimata in unitati nefelometrice, NTU;
- **Azotul total (N_{tot}):** s-a determinat la interval de 24 de ore; este exprimat in mg/l;
- **Fosforul din fosfati ($P-PO_4^{3-}$):** s-a masurat la interval de 24 de ore, exprimata in mg/l;
- **Concentratia de nitrati (NO_3^-):** s-a determinat la interval de 24 de ore; este exprimata in mg/l;
- **Potentialul redox (ORP):** a fost monitorizat continuu cu ajutorul electrodului dedicat; domeniu de masura $-1000 \div +1000$ mV.

Descriere experiment:

Experimentul este unul de tip sarja, in mediul de cultura cu substantele nutritive pentru dezvoltarea microorganismelor fiind administrate doar la inceput.

Experimentul 3 s-a desfasurat pe o durata de 5 zile (119 ore) in bazinul de aerare al statiei de epurare cu volumul util de 35 litri.

Pentru realizarea inoculului, bacteriile, drojdiile si mucegaiurile selectionate au fost cultivate cu 18 ore inainte pe agitator, pe mediu cu zer. Densitatile optice masurate la 600 nm si volumul de inocul au fost urmatoarele:

- bacterii: $DO_{600} = 1.194$ (Volum suspensie = 200 mL)
- drojdii: $DO_{600} = 1.338$ (Volum suspensie = 600 mL)
- mucegaiuri: $DO_{600} = 1.380$ (Volum suspensie = 600 ml)

A rezultat astfel un volum total de inocul de 1,4 L, in concentratie de de 4% (v/v) in raport cu volumul util de mediu din bioreactor.

Astfel s-a determinat curba de multiplicarea a inoculului (bacterii, drojdii si mucegaiuri) urmarind evolutia turbiditatii, capacitatea de eliminare a substantelor organice poluante din mediul de cultura, durata de eliminare a acestora si limita tehnica de epurare.

Pentru ca inoculul folosit, format din bacterii, drojdii si mucegaiuri, nu are capacitatea de a forma flocoane care sa sedimenteze usor, probele prelevate au fost centrifugate la 9000 rpm timp de 10 minute.

Analizele chimice pentru CCO, N_{tot} , $P-PO_4^{3-}$ si NO_3^- au fost realizate pe supernatantul obtinut.

In cazul pH-ului, oxigenului dizolvat si potentialului redox masuratorile au fost realizate automat o data la 10 secunde. Din motive de simplificate a exprimarii datelor s-a optat pentru reprezentarea prin medii orare pentru fiecare dintre cei trei parametri.

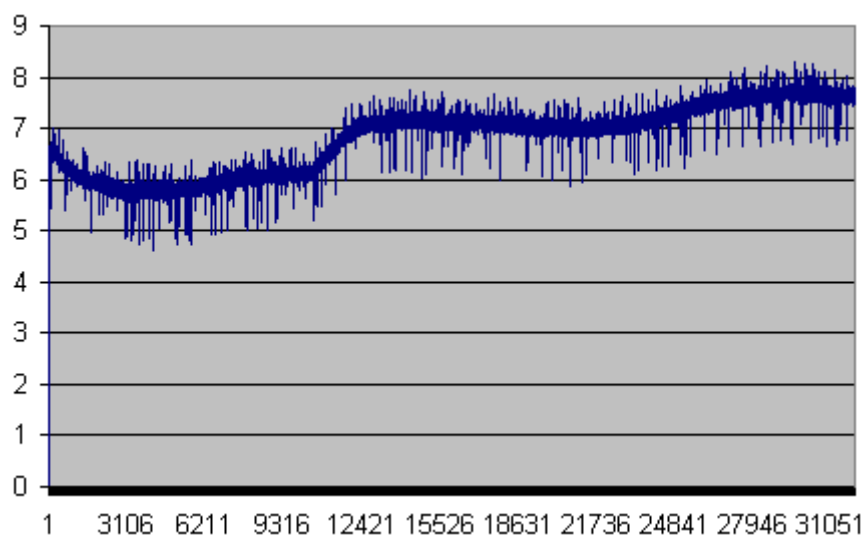


Fig. 2.3. Evolutia pH-ului

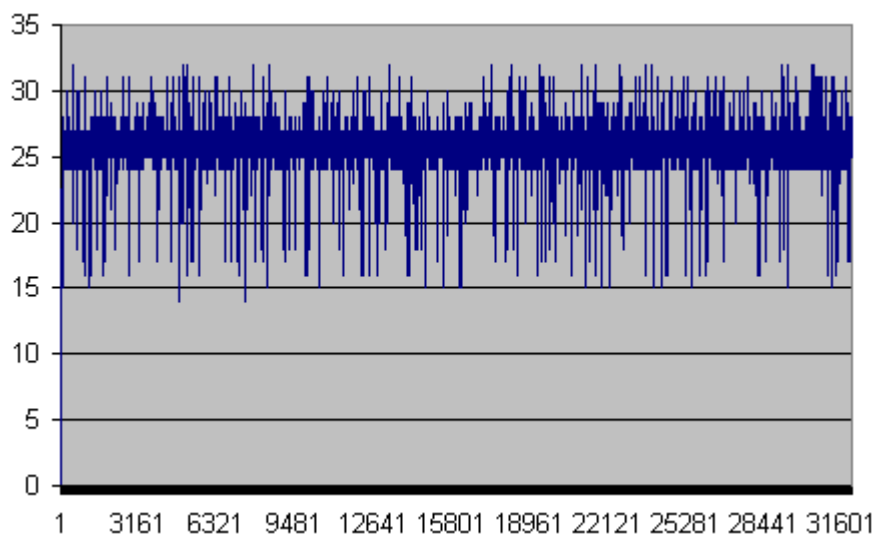


Fig. 2.4. Evolutia temperaturii

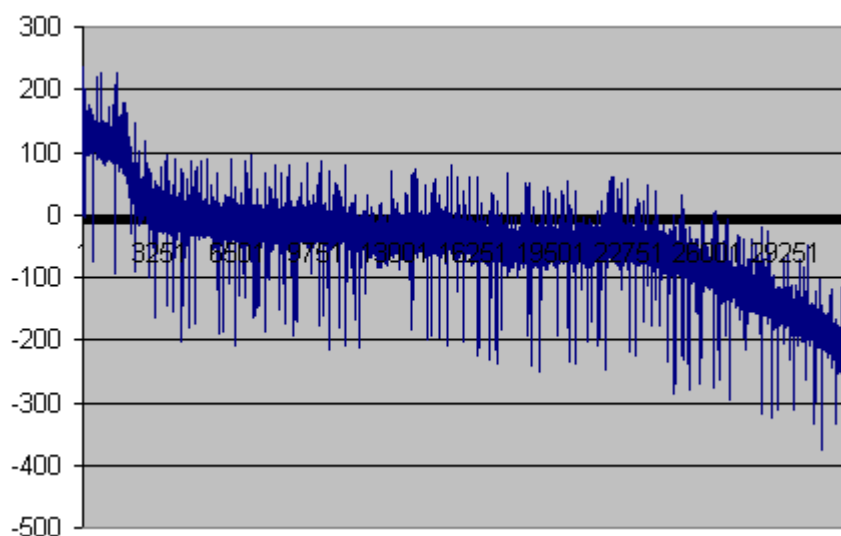


Fig. 2.5. Evolutia potentialului redox (ORP)

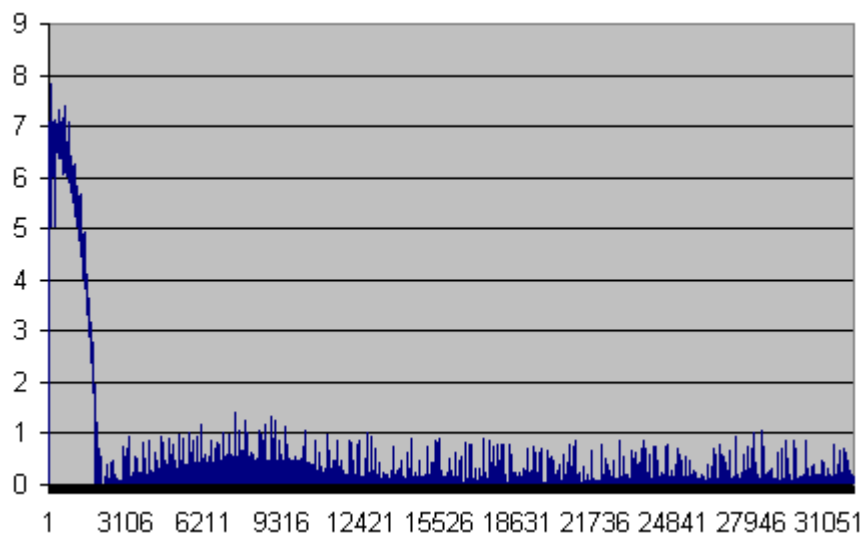


Fig. 2.6. Evolutia concentratiei de oxigen dizolvat

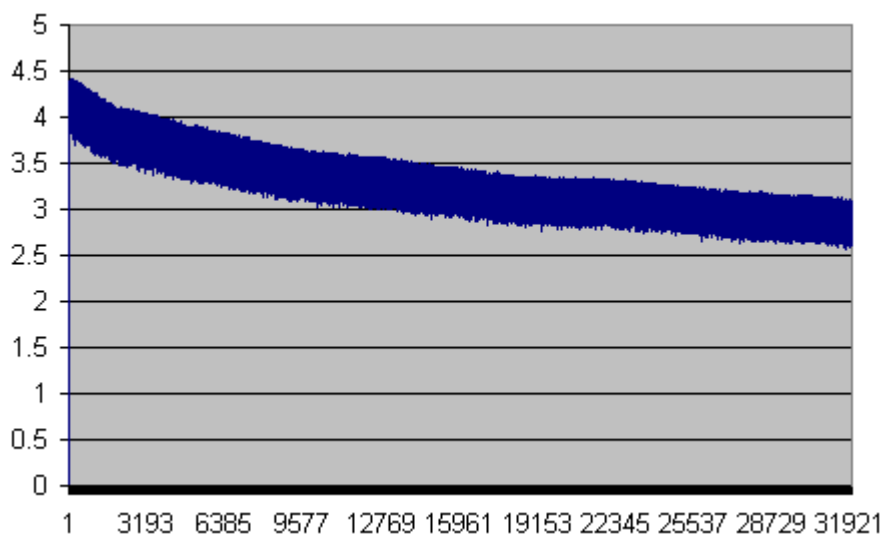


Fig. 2.7. Evolutia debitului de aer

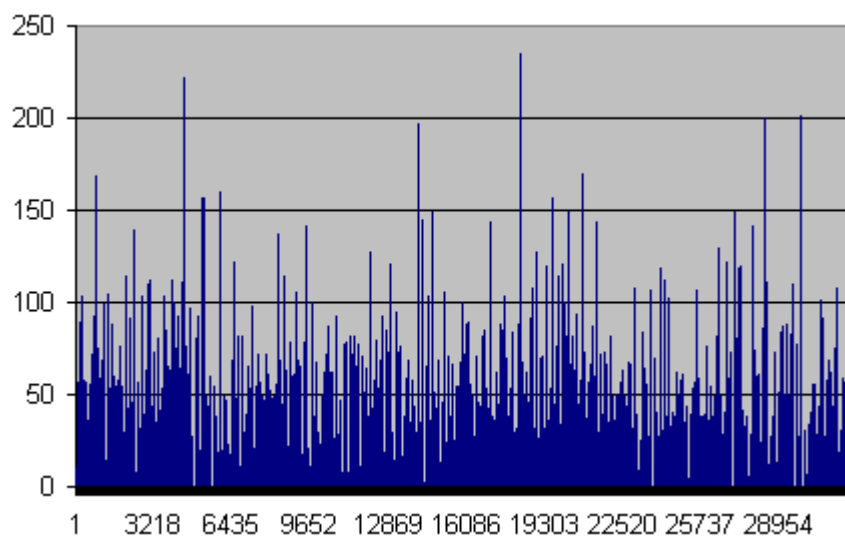


Fig. 2.8. Evolutia TSS

EXPERIMENTUL 4

Conditii de lucru:

- **Mediul de cultura:** must de malt cu hamei diluat in raport de 1:8 cu apa potabila, cu o concentratie initiala aproximativa a CCO de 11600 mg O₂/litru
- **Inoculul**, cultura multipla formata din tulpinile codificate:
 - o **tulpina** IBS1Bc2 (bacterie)
 - o **tulpina** IIBS2Dj1 (drojdie)
 - o ***Geotrichum candidum* MIUG 1.15** (mucegai,)
- **pH-ul:** nu a fost modificat ci doar s-a monitorizat continuu
- **Temperatura:** s-a mentinut constanta la 25 °C
- **Volumul de aer barbotat:** a fost controlat prin intermediul oxigenului dizolvat care a fost mentinut la diferite valori condtante (2,3,4 si 5 mg/l)
- **Viteza de agitare:** s-a mentinut constanta la 300 rpm

Masuratori realizate:

- **pH-ul** s-a monitorizat continuu cu ajutorul electrozului dedicat; domeniu de masura $0 \div 14$ unitati pH
- **Oxigenul dizolvat** s-a masurat continuu cu ajutorul electrozului dedicat; domeniu de masura $1 \div 20$ mg/l
- **Consumul chimic de oxigen (CCO)** s-a determinat de doua ori pe zi fiind exprimat in mg O_2/l
- **Turbiditatea** din bazinul de reactie a fost monitorizata continuu cu ajutorul unui traductor dedicat cu domeniul de masura intre $0 \div 3000$ Unitati Nefelometrice
- **Azotul total** (N_{tot}) o fost determinat o data pe zi; este exprimat in mg/l
- **Fosfatii** ($P-PO_4^{3-}$) s-au masurat o data pe zi, exprimate in mg/l
- **Azotul din nitrati** (NO_3^-) s-a determinat o data pe zi; este exprimat in mg/l
- **Azotul amoniacal** ($N-NH_3$) s-a determinat o data pe zi; este exprimat in mg/l
- **Potentialul redox (ORP)** a fost monitorizat continuu cu ajutorul electrozului dedicat; domeniu de masura $-1000 \div +1000$ mV
- **Debitul de aer:** a fost monitorizat cu ajutorul unui debitmetru instalat pe reseaua de aer cu domeniul de masura intre $0 \div 50$ lpm

Descriere experiment:

Experimentul este unul de tip sarja (similar cu cele anterior), mediul de cultura fiind administrat de la inceput. In sensul urmaririi capacitatii de degradare a substantelor organice din apa uzata sintetica din industria berii, condus de inoculul specializat, s-a utilizat bazinul de aerare al statiei de epurare. S-a urmarit determinarea curbei de crestere a coloniilor de microorganisme (bacterii, drojdii si mucegaiuri) urmarind evolutia turbiditatii, CCO si durata de eliminare a CCO.

Pentru realizarea inoculului, bacteriile, drojdiile si mucegaiurile selectionate au fost cultivate cu 20 ore inainte pe agitator, pe mediu cu must de malt. Densitatile optice masurate la 600 nm si volumul de inocul au fost urmatoarele:

- bacterii: $DO_{600} = 0.394$ (Volum suspensie = 200 mL)
- drojdii: $DO_{600} = 1.457$ (Volum suspensie = 400 mL)
- mucegaiuri: $DO_{600} = 0.862$ (Volum suspensie = 600 ml)

A rezultat astfel un volum total de inocul de 1,2 L, in concentratie de 3.4% (v/v) in raport cu volumul util de mediu din bioreactor.

Pentru ca inoculul folosit, format din bacterii, drojdii si mucegaiuri, nu are capacitatea de a forma flocoane care sa sedimenteze usor, probele prelevate au fost centrifugate la 9000 rpm timp de 10 minute. Analizele chimice pentru CCO, N_{tot} si $P-PO_4^{3-}$ au fost realizate pe supernatantul obtinut, iar masuratorile pentru NO_3^- si NH_4^+ au fost realizate direct pe amestecul din bazin. Experimentul 4 s-a desfasurat pe o durata de aproximativ 5 zile (118 ore) in bazinul de aerare al statiei de epurare cu volumul util de 35 litri.

pH-ul, oxigenul dizolvat, potentialul redox si turbiditatea au fost masurate automat o data la 10 secunde. Din motive de simplificare a exprimarii datelor s-au facut medii orare pentru fiecare dintre cei trei parametri.

Analizele preliminare realizate pe mustul de malt cu hamei obtinut la fabrica de bere Martens Galati au aratat un raport $CBO_5:N$ dezechilibrat in favoarea carbonului fata de raportul ideal de 100:5. Din acest motiv s-au adaugat la prepararea mediului de cultura 21 grame de NH_4Cl .

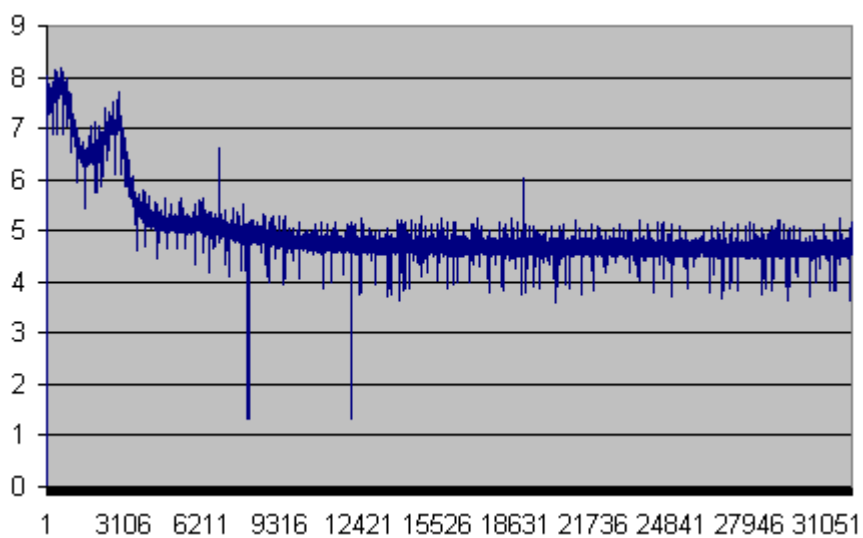


Fig. 2.9. Evolutia pH-ului

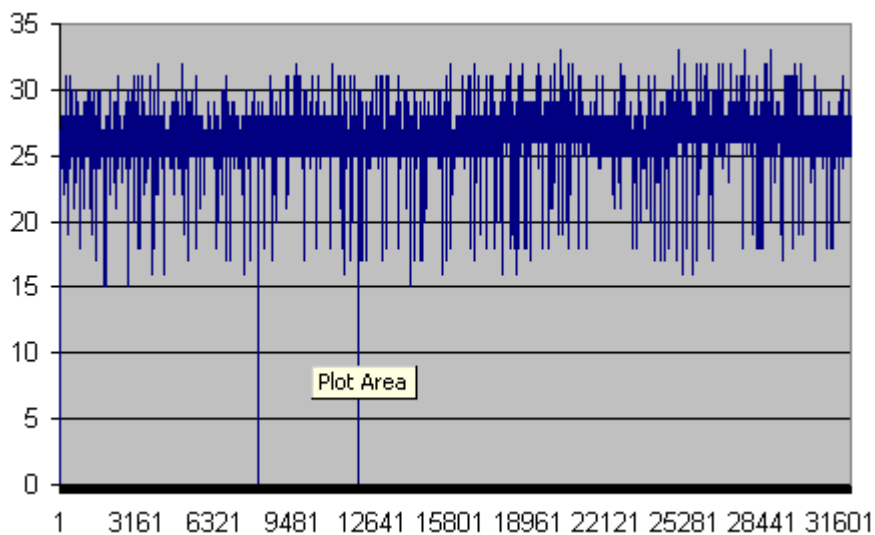


Fig. 2.10. Evolutia temperaturii

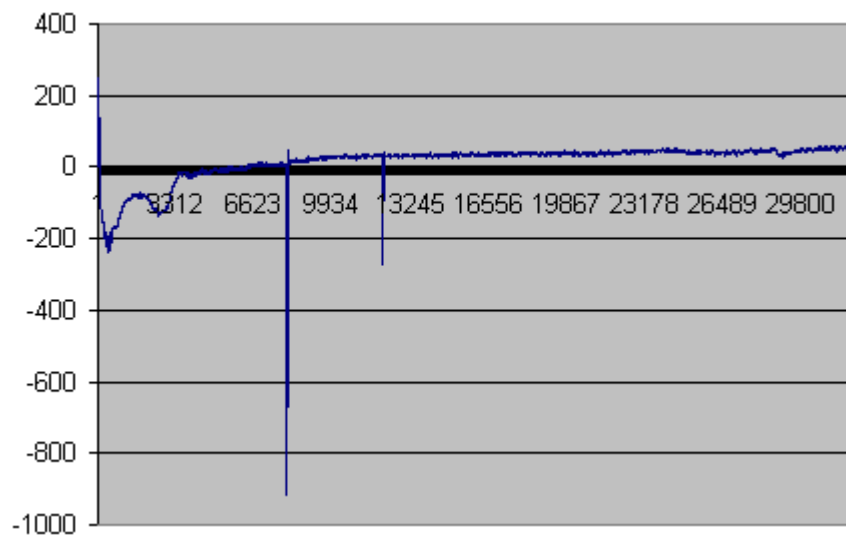


Fig. 2.11. Evolutia potentialului redox (ORP)

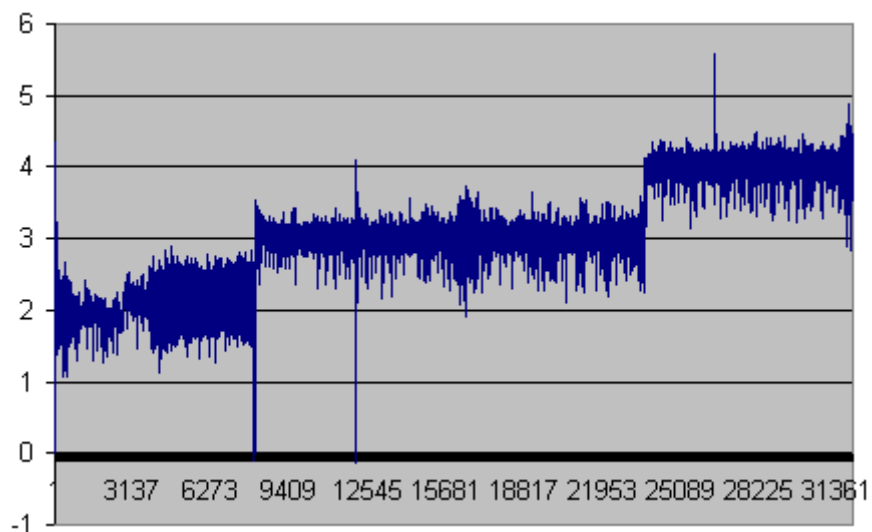


Fig. 2.12. Evolutia concentratiei de oxigen dizolvat

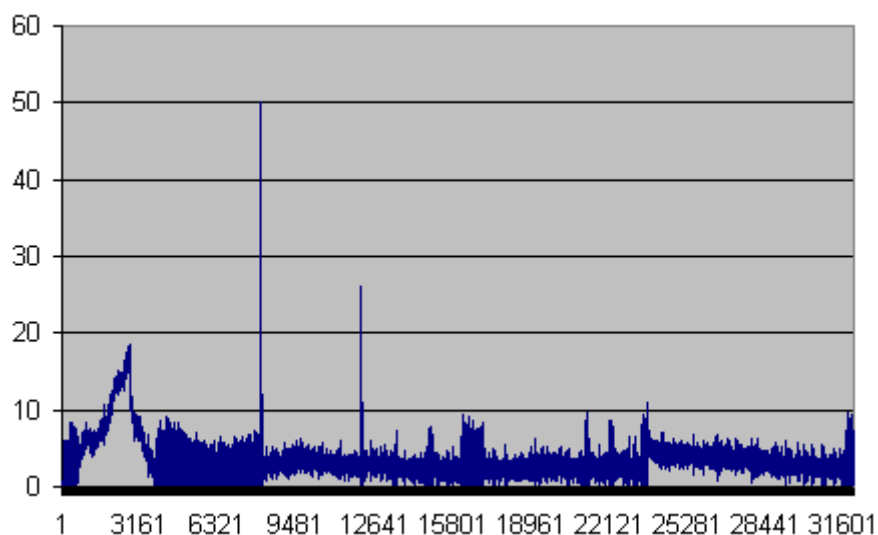


Fig. 2.13. Evolutia debitului de aer

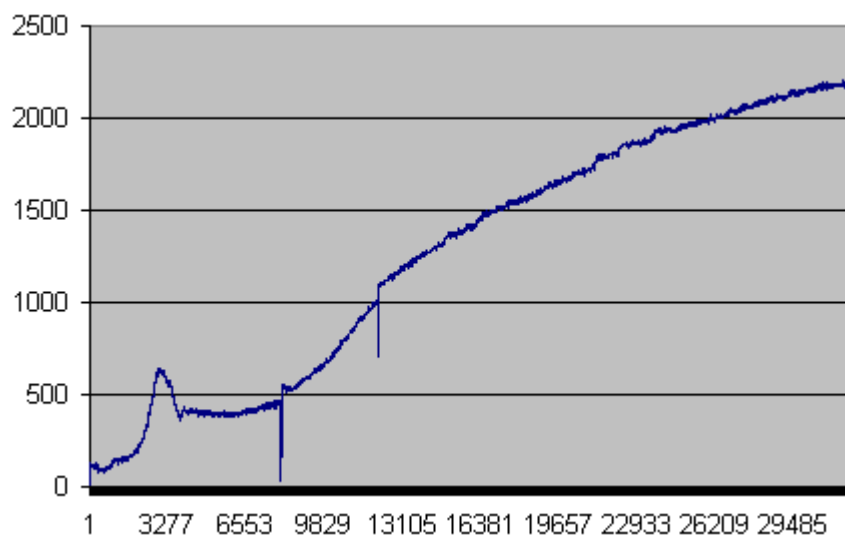


Fig. 2.14. Evolutia TSS

EXPERIMENTUL 5

Conditii de lucru:

- **Mediul de cultura:** zer diluat in raport de 1:40 cu apa potabila, cu o concentratie initiala a CCO de 1924 mg O₂/litru ;
- **Inoculul,** namol activ procurat de la statia de epurare apartinand fabricii de drojdii Rompak din Pascani. Cantitatea de namol utilizata a fost de 0.5 litri cu o densitate optica masurata la 600 nm egala cu 9.7.
- **pH-ul:** nu s-a controlat ci doar s-a monitorizat continuu
- **Temperatura:** s-a mentinut constanta la 25 °C
- **Volumul de aer barbotat:** au fost introduse trei regimuri de 5, 7 si 10 l/min
- **Debitul de alimentare cu apa uzata:** s-a mentinut constant la 2,2 lph timp de 50 ore dupa care a fost modificat la 4,5 lph
- **Viteza de agitare:** s-a mentinut constanta la 300 rpm

Masuratori realizate:

- **pH-ul** s-a monitorizat continuu cu ajutorul electrozului dedicat; domeniu de masura $0 \div 14$ unitati pH
- **Oxigenul dizolvat** s-a masurat continuu cu ajutorul electrozului dedicat; domeniu de masura $1 \div 20$ mg/l
- **Consumul chimic de oxigen (CCO)** s-a determinat de doua ori pe zi; este exprimat in mg O_2/l
- **Turbiditatea din bazinul de reactie** a fost monitorizata continuu cu ajutorul unui traductor dedicat cu domeniul de masura intre $0 \div 3000$ Unitati Nefelometrice
- **Turbiditatea apei epurate** s-a masurat o data pe zi; este exprimata in unitati nefelometrice - NTU
- **Azotul total (N_{tot})** s-a determinat o data pe zi; este exprimat in mg/l
- **Fosfati ($P-PO_4^{3-}$)** s-au masurat o data pe zi, exprimati in mg/l
- **Azotul din nitrati (NO_3^-)** s-a determinat o data pe zi; este exprimat in mg/l
- **Potentialul redox (ORP)** a fost monitorizat continuu cu ajutorul electrozului dedicat; domeniu de masura $-1000 \div +1000$ mV
- **Debitul de aer:** a fost monitorizat cu ajutorul unui debitmetru instalat pe reseaua de aer cu domeniul de masura intre $0 \div 50$ lpm

Descriere experiment:

In acest experiment, care s-a desfasurat pe o durata de 91 de ore, s-a utilizat, pe langa bazinul de aerare al statiei de epurare, si bazinul de alimentare de 100 litri si decantorul cu capacitatea de 60 litri. In acest sens experimentul a fost unul continuu, adica mediul de cultura (mai putin incarcat decat in cazurile anterioare) s-a administrat continuu, spre deosebire de experimentele anterioare. Debitul de apa uzata sintetica s-a fixat la valoarea de 2.2 l/h timp de 50 ore dupa care s-a modificat la 4.5 l/h. Mediul de cultura a fost administrat cu ajutorul unei pompe peristaltice (P1) cu debit maxim de 12 l/h.

Debitul de aer barbotat s-a stabilit initial la valoarea de 5 l/min, iar la scaderea oxigenului dizolvat aproape de 0, in jurul celei de-a 9-a ore, a fost ridicat la 10 l/min. Ca urmare a acestei modificari valoarea oxigenului dizolvat din mediu a crescut peste 5 mg/l, din acest motiv in jurul celei de-a 21-a ore debitul de aer a fost redus la 8 l/min. Datorita cresterii intensive a microorganismelor din mediu, consumul de oxigen este mai mare, oxigenul scazand treptat sub 1 mg/l. Acestui aspect i se adauga si marirea debitului de alimentare. Pentru a ridica valoarea oxigenului dizolvat debitul de aer a fost ridicat din nou la 10 l/min in cea de-a 67-a ora.

Pentru a impiedica pierderile de biomasa formata in bazinul de aerare, namolul sedimentat la baza decantorului a fost recirculat cu un debit de 2.4 l/min. Prin procesul de recirculare a namolului se impiedica si generarea de mirosuri neplacute datorita timpului de retentie mare a apei in decantor ($13 \div 27$ ore).

Spre deosebire de experimentele anterioare in care probele de analizat necesitau centrifugare, in acest caz formarea de flocoane sedimentabile a permis analiza directa a probelor prelevate. Probele au fost prelevate de la drenul jgheabului de colectare. Turbiditatea a fost masurata in doua puncte, pe apa epurata si in interiorul bazinului de aerare.

Namolul activ inoculat are o densitate optica masurata la 600 nm de 9.7, rezultand o concentratie de 1.4% (v/v) in raport cu volumul util de mediu din bioreactor.

Pe langa analize efectuate, s-a determinat si volumul de namol sedimentat prin prelevarea unui litru de proba din bazinul de reactie si notarea sedimentului format dupa 30 minute intr-un con Imhoff.

In acest experiment s-a urmarit efectul modificarii in sistem dinamic a unor parametri cum sunt debitul de aer si debitul de apa uzata sintetica si influenta acestora asupra variatiei celorlalti parametri.

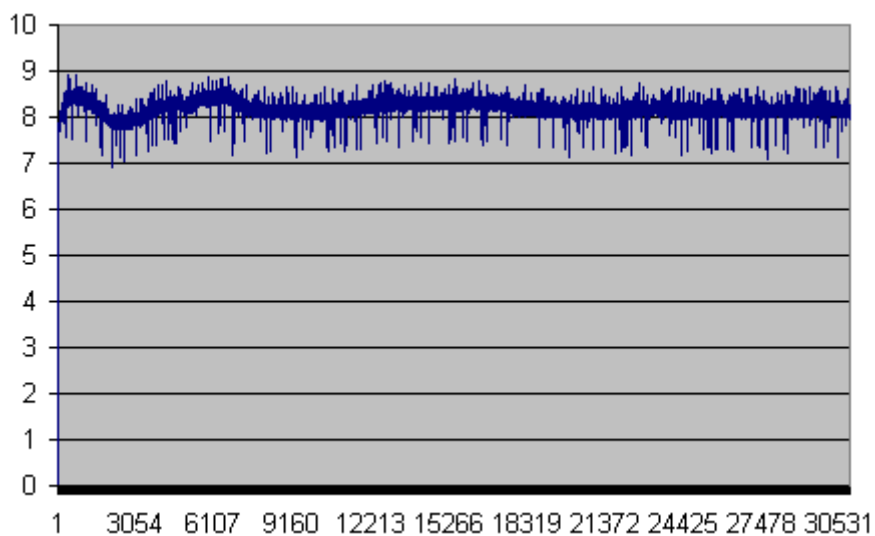


Fig. 2.15. Evolutia pH-ului

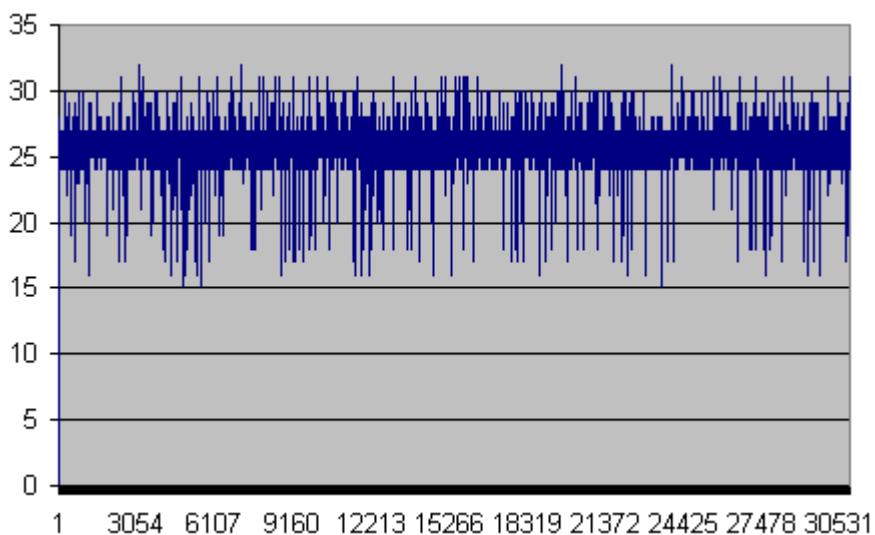


Fig. 2.16. Evolutia temperaturii

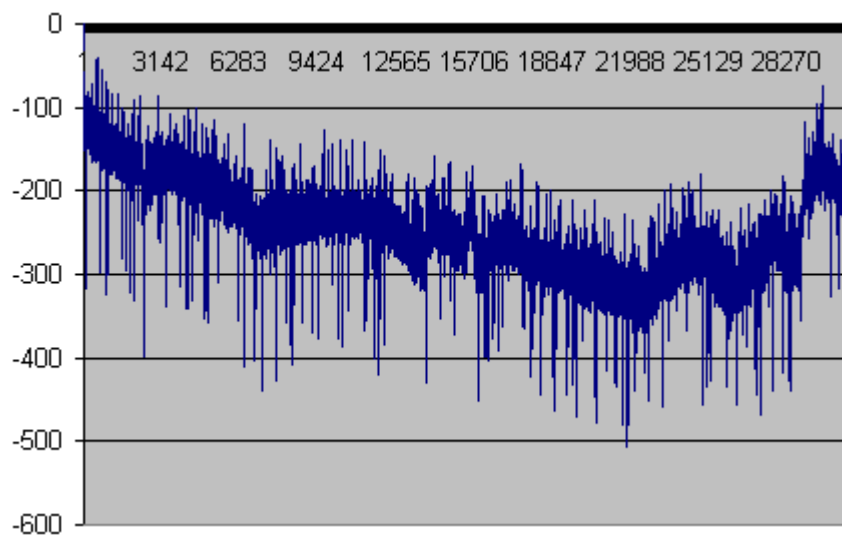


Fig. 2.17. Evolutia potentialului redox (ORP)

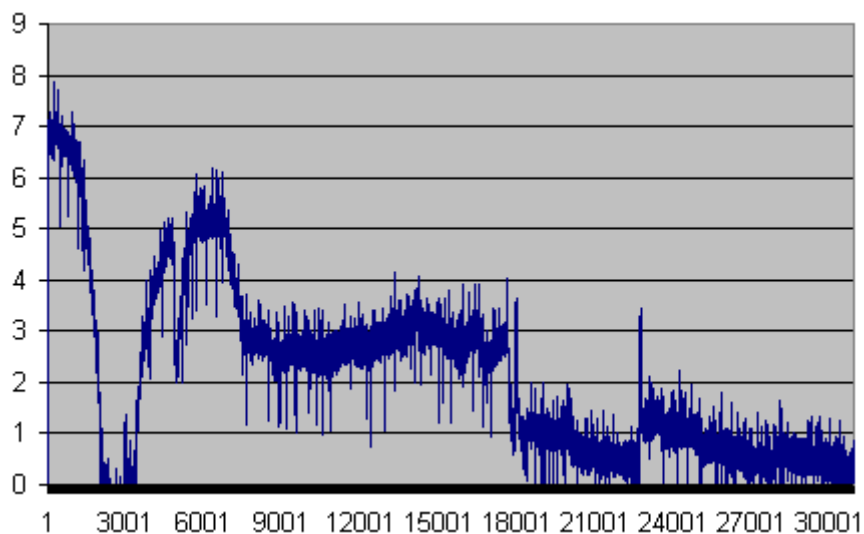


Fig. 2.18. Evolutia concentratiei de oxigen dizolvat

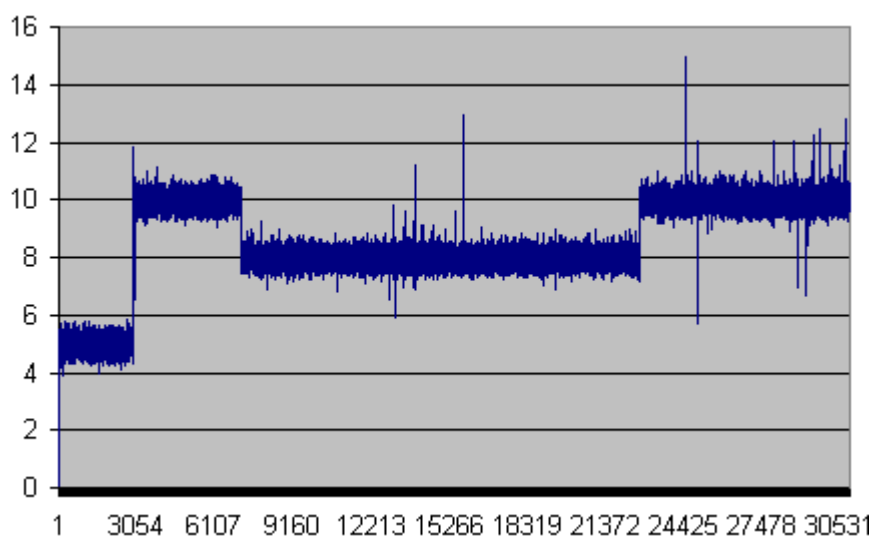


Fig. 2.19. Evolutia debitului de aer

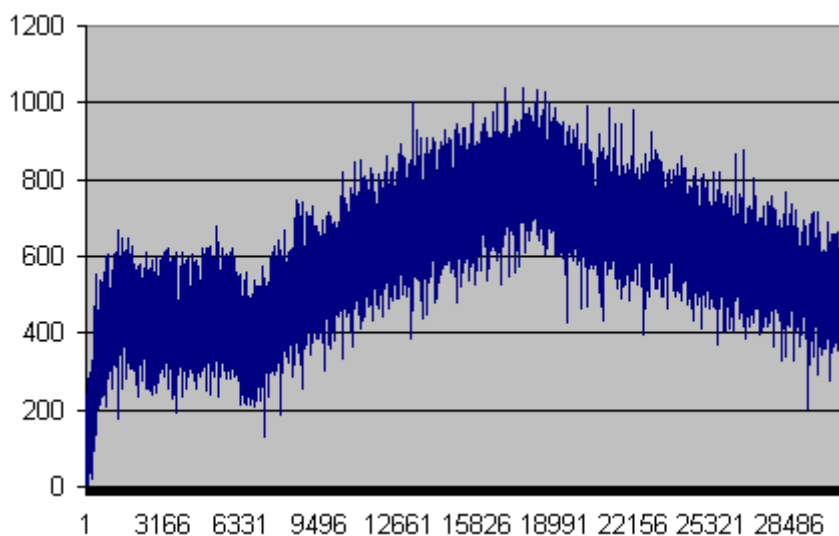


Fig. 2.20. Evolutia TSS

EXPERIMENTUL 6

Conditii de lucru:

- **Mediul de cultura:** zer diluat in raport de 1:40 cu apa potabila, cu o concentratie initiala a CCO de 1340 mg O₂/litru.
- **Inoculul,** namol decantat obtinut in experimentul 5 si conservat prin refrigerare la 4 °C.
- **pH-ul:** nu s-a modificat ci doar s-a monitorizat continuu
- **Temperatura:** s-a mentinut constanta la 25 °C
- **Volumul de aer barbotat:** a fost de 10 lpm pe tot parcursul experimentului
- **Debitul de alimentare cu apa uzata:** s-a mentinut constant la 10 lph, in cea mai mare parte a experimentului.
- **Viteza de agitare:** s-a mentinut constanta la 300 rpm

Masuratori realizate:

- **pH-ul** s-a monitorizat continuu cu ajutorul electrodului dedicat; domeniu de masura 0 ÷ 14 unitati pH

- **Oxigenul dizolvat** s-a masurat continuu cu ajutorul electrozudului dedicat; domeniu de masura 1 ÷ 20 mg/l
- **Consumul chimic de oxigen (CCO)** s-a determinat de doua ori pe zi fiind exprimat in mg O₂/l
- **Turbiditatea** din bazinul de reactie a fost monitorizata continuu cu ajutorul unui traductor dedicat cu domeniul de masura intre 0 ÷ 3000 Unitati Nefelometrice
- **Turbiditatea apei epurate** s-a masurat o data pe zi; este exprimata in unitati nefelometrice - NTU
- **Azotul total** (N_{tot}) o fost determinat o data pe zi; este exprimat in mg/l
- **Fosfatii** (P-PO₄³⁻) s-au masurat o data pe zi, exprimat in mg/l
- **Azotul din nitrati** (NO₃⁻) s-a determinat o data pe zi; este exprimat in mg/l
- **Azotul amoniacal** (N-NH₃) s-a determinat o data pe zi; este exprimat in mg/l
- **Potentialul redox (ORP)** a fost monitorizat continuu cu ajutorul electrozudului dedicat; domeniu de masura -1000 ÷ +1000 mV
- **Debitul de aer:** a fost monitorizat cu ajutorul unui debitmetru instalat pe reseaua de aer cu domeniul de masura intre 0 ÷ 50 lpm

Descriere experiment:

Acest experiment a avut ca obiectiv obtinerea unui model pentru corelatia intre potentialul redox si consumul chimic de oxigen. Inregistrarea parametrilor in regim dinamic s-a desfasurat pe o perioada de aproximativ 3 zile (54 ore). Debitul de alimentare cu apa uzata sintetica a fost constant in cea mai mare parte a experimentului (10 lph), iar debitul de aer s-a mentinut deasemenea constant la 10 lpm.

Experimentul a functionat timp de 30 de ore dupa care, din motivul intreruperii energiei electrice statia a fost oprita pe o perioada de 12 ore. Inca 12 ore dupa oprire

experimentul a mai functionat, fiind apoi oprit din cauza deteriorarii namolului si dezvoltarii unor microorganisme nedorite.

La analiza curbei turbiditatii s-a observat ca, dupa oprirea de 12 ore, turbiditatea nu a scazut foarte mult, dezvoltandu-se microorganisme capabile de anaerobioza. La repornirea statiei, turbiditatea nu a mai avut insa capacitatea de creste. Cu toate ca la sfarsitul experimentului randamentul de eliminare a CCO devenise 45%, volumul namolul decantat existent in bazinul de reactie nu reprezenta decat maxim 10%. Chiar si dupa oprirea statiei potentialul redox avea valori mai mici de -250 mV ceea ce indica o degradare avansata a substratului.

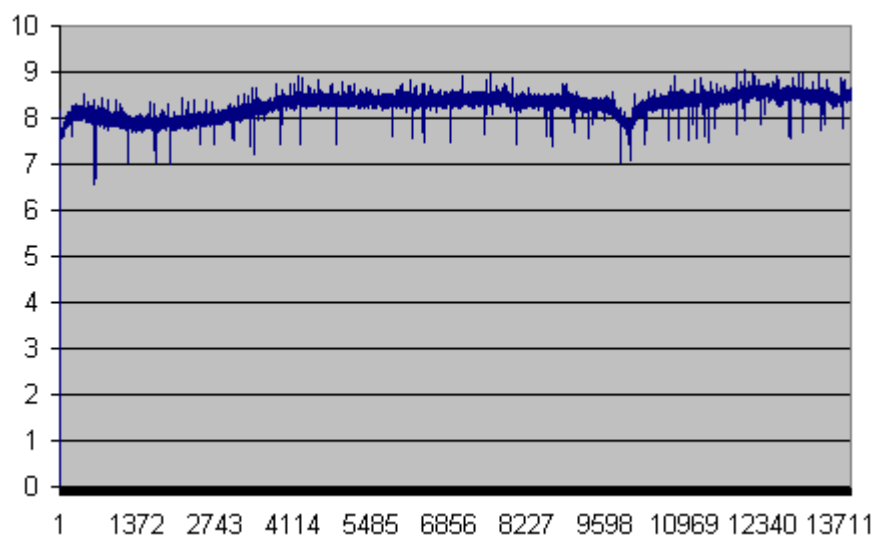


Fig. 2.21. Evolutia pH-ului

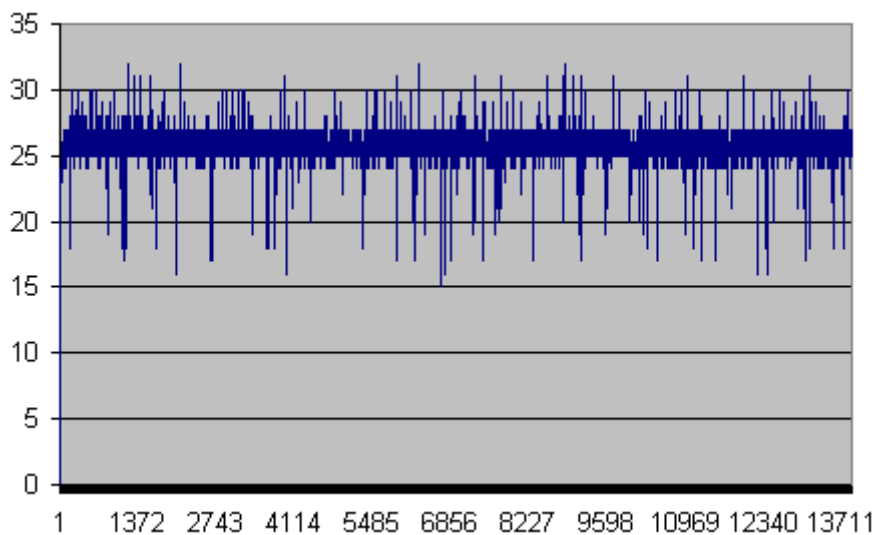


Fig. 2.22. Evolutia temperaturii

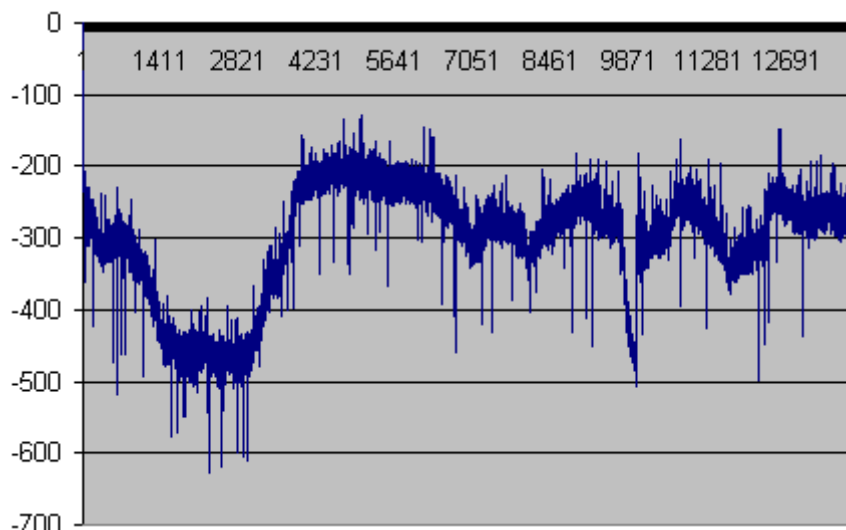


Fig. 2.23. Evolutia potentialului redox (ORP)

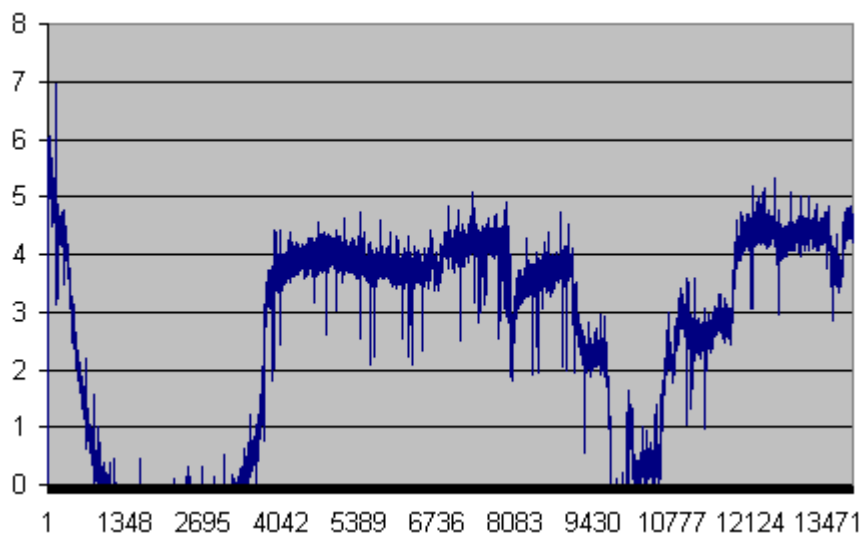


Fig. 2.24. Evolutia concentratiei de oxigen dizolvat

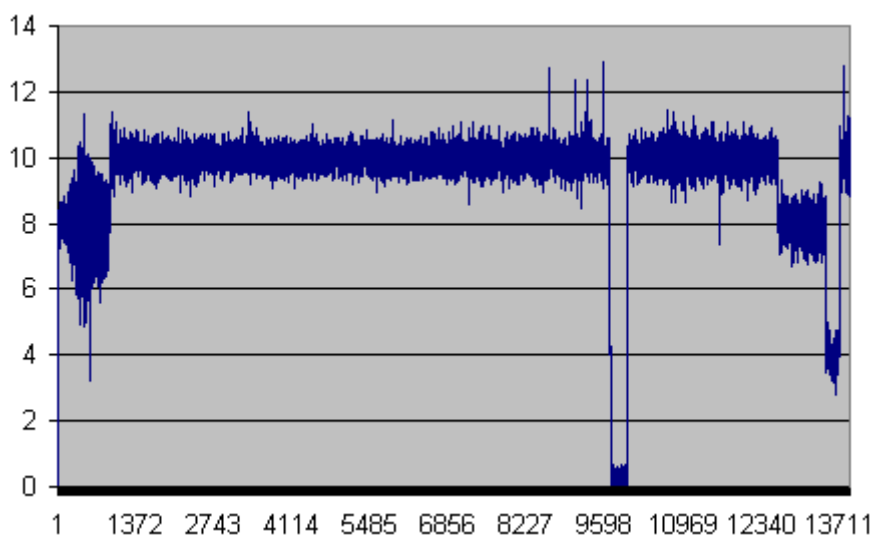


Fig. 2.25. Evolutia debitului de aer

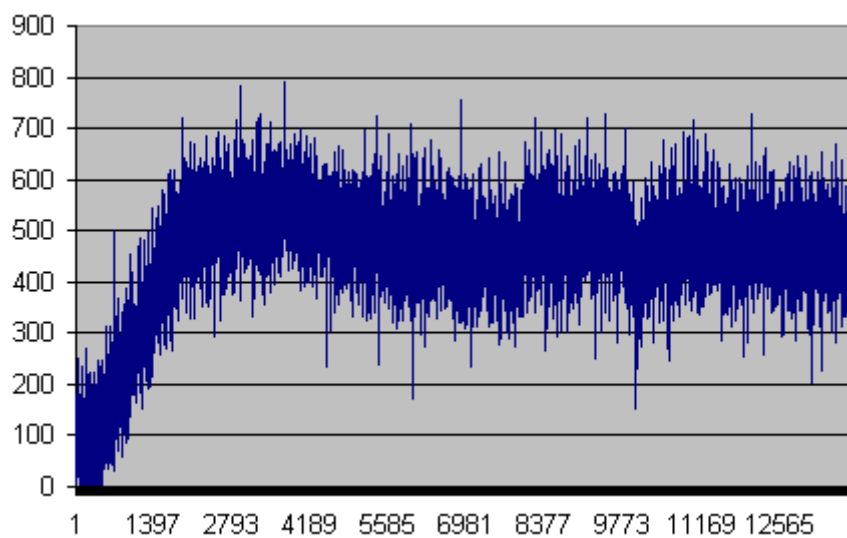


Fig. 2.26. Evolutia TSS

EXPERIMENTUL 7

Conditii de lucru:

- **Mediul de cultura:** zer diluat in raport de 1:30 cu apa potabila, cu o concentratie initiala a CCO de 2264 mg O₂/litru.
- **Inoculul,** namol activ procurat de la statia de epurare apartinand fabricii de drojdii Rompak din Pascani. S-au utilizat 0.5 l de namol, iar dupa 70 ore s-au mai adaugat inca 0.5 litri. Dupa inca 24 ore s-au mai adaugat 0.5 litri odata cu marirea debitului de apa uzata.
- **pH-ul:** nu s-a modificat ci doar s-a monitorizat continuu.
- **Temperatura:** s-a mentinut constanta la 25 °C.
- **Volumul de aer barbotat:** s-a mentinut constant la 10 lpm cu exceptia unei perioade de 22 ore in care s-a urmarit mentinerea oxigenului dizolvat la 3 mg/l (intre ora 48 ÷ 69).
- **Debitul de alimentare cu apa uzata:** au fost aplicate trei trepte de alimentare: 2 lph timp de 70 ore, 3.5 lpm timp de 24 ore si 4 lph pana la sfarsitul experimentului.
- **Viteza de agitare:** s-a mentinut constanta la 300 rpm

Masuratori realizate:

- **pH-ul** s-a monitorizat continuu cu ajutorul electrodului dedicat; domeniu de masura 0 ÷ 14 unitati pH.
- **Oxigenul dizolvat** s-a masurat continuu cu ajutorul electrodului dedicat; domeniu de masura 1 ÷ 20 mg/l.
- **Consumul chimic de oxigen (CCO)** s-a determinat de doua ori pe zi fiind exprimat in mg O₂/l.
- **Turbiditatea** din bazinul de reactie a fost monitorizata continuu cu ajutorul unui traductor dedicat cu domeniul de masura intre 0 ÷ 3000 Unitati Nefelometrice.

- **Turbiditatea apei epurate** s-a masurat o data pe zi; este exprimata in unitati nefelometrice – NTU.
- **Azotul total** (N_{tot}) o fost determinat o data pe zi; este exprimat in mg/l.
- **Fosfatii** ($P-PO_4^{3-}$) s-au masurat o data pe zi, exprimati in mg/l.
- **Azotul din nitrati** (NO_3^-) s-a determinat o data pe zi; este exprimat in mg/l.
- **Azotul amoniacal** ($N-NH_3$) s-a determinat o data pe zi; este exprimat in mg/l.
- **Potentialul redox** (ORP) a fost monitorizat continuu cu ajutorul electrozului dedicat; domeniu de masura $-1000 \div +1000$ mV.
- **Debitul de aer:** a fost monitorizat cu ajutorul unui debitmetru instalat pe retea de aer cu domeniul de masura intre $0 \div 50$ lpm.

Descriere experiment:

Experimentul 7 s-a desfasurat pe o durata de 5 zile (113 ore) in regim continuu. Obiectivele urmarite au constat in identificarea unui model matematic pe baza parametrilor inregistrati in regim dinamic, aplicarea unui regulator capabil sa mentina constanta valoarea oxigenului dizolvat in functie de debitul cu aer barbotat.

Initial debitul de aer barbotat s-a mentinut constant timp de 47 ore. Incepand cu a 48-a ora, debitul de aer a variat in maniera asigurarii concentratiei de 3 mg/l a oxigenului dizolvat. Regulatorul a functionat cu succes timp de 22 ore dupa care s-a revenit la debitul constant de aer egal cu 10 lpm.

In primele 7 ore s-a observat o crestere exploziva a turbiditatii, atingandu-se intr-un timp atat de scurt valoarea de 330 NTU. La o examinare mai atenta a debitului de aer inregistrat, s-au detectat unele probleme la compresorul de aer prin faptul ca, periodic, timp de cateva minute acesta nu mai furniza aer deloc. Problema a fost remediata in timp util biomasa neramanand neoxigenata. Aceste scurte perioade de lipsa a aerului au avut totusi un impact negativ asupra dezvoltarii corespunzatoare a biomasei aerobe, lasand loc dezvoltarii

accelerate a unor bacterii de degradare, care au intrat in concurenta cu fitoplanctonul si protozoarele din mediu capabile de a forma flocoane. In acest sens se observa ca dupa a 7-a ora turbiditatea a inregistrat o scadere la fel de brusca si, abia dupa cateva ore, incepe din nou sa creasca. Biomasa care se formeaza are capacitatea de a degrada substratul organic dar nu are capacitatea de a sedimenta suficient, fapt pentru care valorile apei epurate in substante organice sunt destul de mari, impiedicand o evaluare corecta a puterii de biodegradare.

Urmarind salvarea experimentului, dupa 70 de ore s-a adaugat o cantitate de 0.5 litri de namol proaspat si s-a marit debitul de alimentare cu apa uzata de la 2 lph la 3.5 lph pentru a micsora timpul de retentie in bazinul de reactie. Efectele nu au fost cele dorite, turbiditatea crescand pe moment dar in scurt timp si-a continuat scaderea. Peste alte 24 ore s-a reinoculat cu 0.5 l namol si s-a marit debitul la 4 lph. Nici de data aceasta nu s-a reusit formarea de biomasa capabila sa sedimenteze.

Randamentul maxim de eliminare a CCO este de numai 55%, dar valorile foarte ridicate la iesire ale azotului si fosforului (aproape neschimbate fata de influent) arata prezenta biomasei in cantitate mare in apa epurata.

Potentialul redox nu a mai scazut simtitor asa cum am revazut in experimentele anterioare, variind intre $-150 \div -200$ mV. Pe de alta parte si CCO a variat in ultimele zile in jurul a 1100 mg/l.

Experimentul nu se considera a fi reusit decat din punctul de vedere al implementarii regulatorului de oxigen dizolvat care s-a dovedit a rationaliza debitul de aer, ducand la o economie de aproape 4 lpm (40% din valoarea de 10 litri mentinuta constanta).

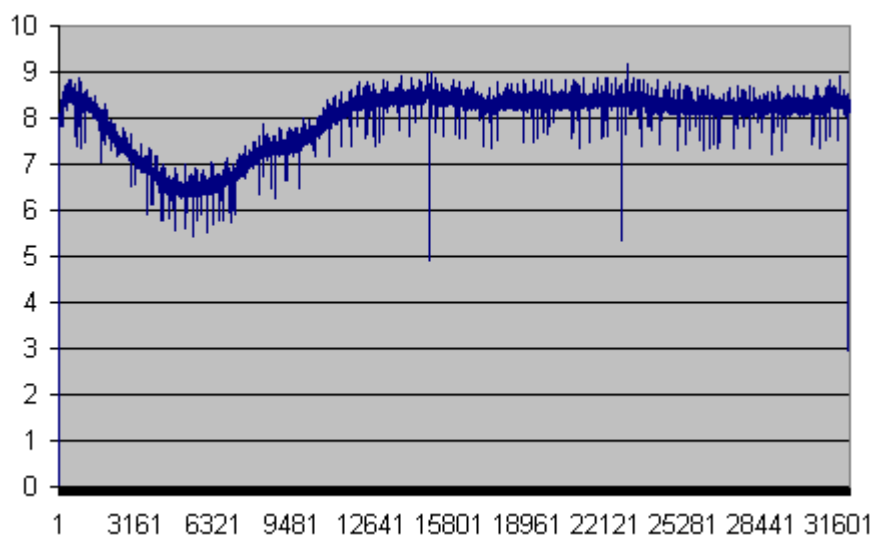


Fig. 2.27. Evolutia pH-ului

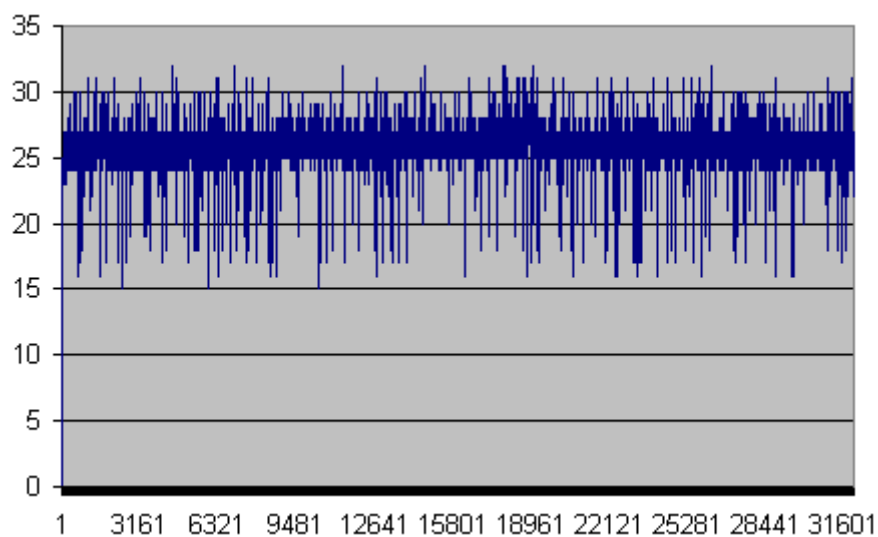


Fig. 2.28. Evolutia temperaturii

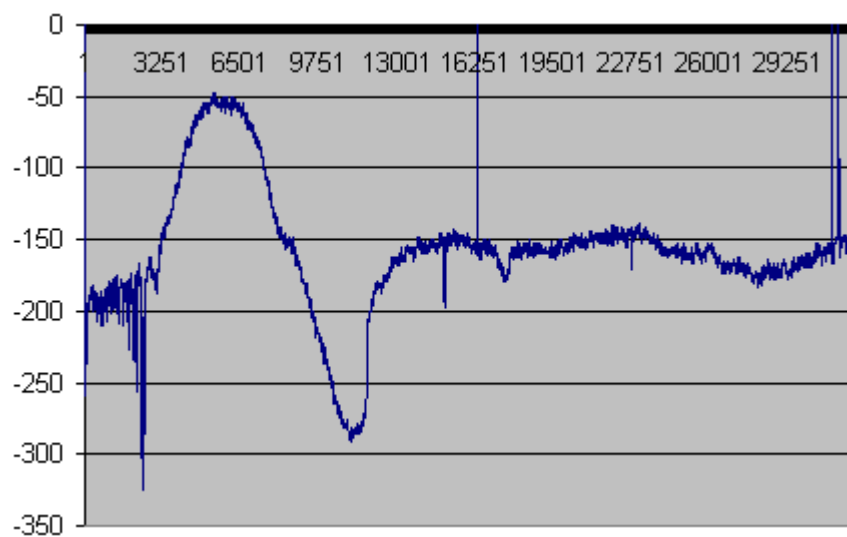


Fig. 2.29. Evolutia potentialului redox (ORP)

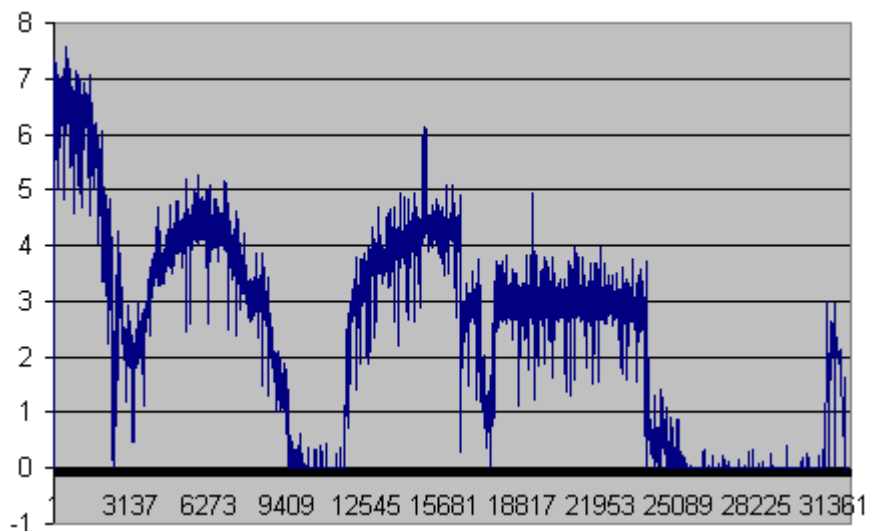


Fig. 2.30. Evolutia concentratiei de oxigen dizolvat

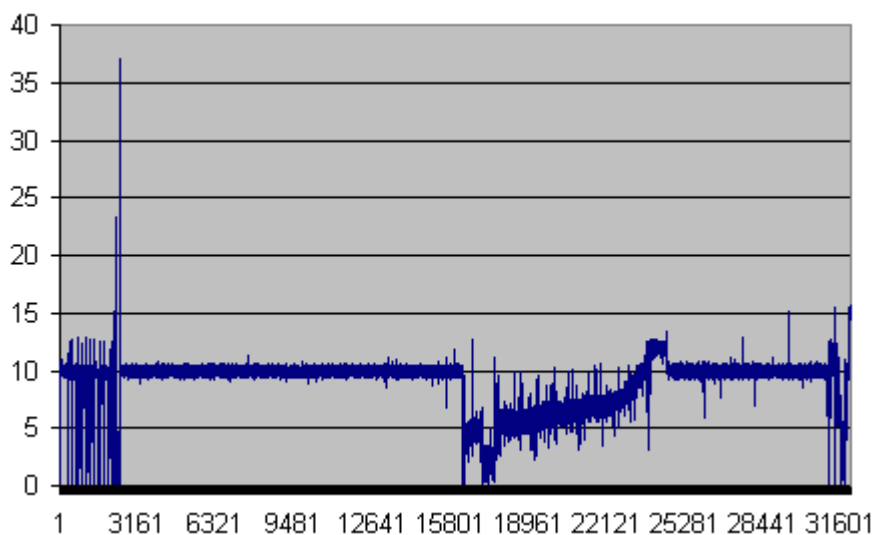


Fig. 2.31. Evolutia debitului de aer

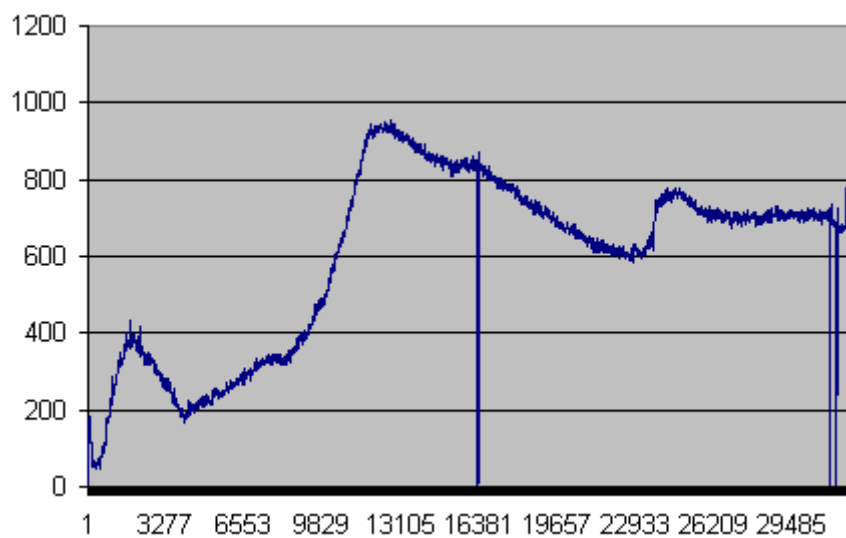


Fig. 2.32. Evolutia TSS

EXPERIMENTUL 8

Conditii de lucru:

- **Mediul de cultura:** zer diluat in raport de 1:30 cu apa potabila, cu o concentratie initiala a CCO de 2222 mg O₂/litru.
- **Inoculul,** namol activ procurat de la statia de epurare apartinand fabricii de drojdii Rompak din Pascani.
- **pH-ul:** nu s-a modificat ci doar s-a monitorizat continuu.
- **Temperatura:** s-a mentinut constanta la 25 °C.
- **Volumul de aer barbotat:** variabil, setat pentru a mentine o concentratie de oxigen dizolvat de 2 mg/l .
- **Debitul de alimentare cu apa uzata:** s-a mentinut constant la 3 lph.
- **Viteza de agitare:** s-a mentinut constanta la 180 rpm.

Masuratori realizate:

- **pH-ul** s-a monitorizat continuu cu ajutorul electrozului dedicat; domeniu de masura 0 ÷ 14 unitati pH.
- **Oxigenul dizolvat** s-a masurat continuu cu ajutorul electrozului dedicat; domeniu de masura 1 ÷ 20 mg/l.
- **Consumul chimic de oxigen (CCO)** s-a determinat de doua ori pe zi fiind exprimat in mg O₂/l.
- **Turbiditatea** din bazinul de reactie a fost monitorizata continuu cu ajutorul unui traductor dedicat cu domeniul de masura intre 0 ÷ 3000 Unitati Nefelometrice.
- **Turbiditatea apei epurate** s-a masurat o data pe zi; este exprimata in unitati nefelometrice – NTU.

- **Potentialul redox (ORP)** a fost monitorizat continuu cu ajutorul electrozului dedicat; domeniu de masura $-1000 \div +1000$ mV.
- **Debitul de aer:** a fost monitorizat cu ajutorul unui debitmetru instalat pe retea de aer cu domeniul de masura intre $0 \div 50$ lpm.

Descriere experiment:

Experimentul 8 nu a durat decat 27 ore. Scopul experimentului a fost urmarirea regulatorului de oxigen dizolvat si durata de latentă a substratului in care ajunge de la valoarea specifica (in cazul nostru 5.8 mg/l) la valoarea la care porneste regulatorul (ex: o referinta de 2 mg/l). Regulatorul a functionat foarte corect iar timpul de latentă a fost determinat ca fiind de 5 ore. Acest timp de latentă poate scadea simtitor daca inoculul este adaptat mediului in care urmeaza a functiona.

S-a observat ca, dupa 20 de ore de functionare, turbiditatea nu a atins decat 215 unitati, dar namolul format a fost foarte bun formand flocoane mari si usor sedimentabile.

In timpul orei a 20-a mediul de cultura din bazinul de reactie a inceput sa spumeze puternic. Ca urmare a acestui aspect s-a adaugat antispumant in bazinul de reactie.

Dupa adaugarea acestuia, turbiditatea a inregistrat o crestere foarte mare, in acelasi timp oxigenul dizolvat, potentialul redox si pH-ul au unregistrat o scadere brusca. S-a constatat ca antispumantul impiedica difuzia oxigenului dizolvat in mediu.

Dupa acest punct parametrii nu au revenit la valorile normale, de aceea experimentul a fost oprit in scurt timp. In orice caz, si in acest experiment regulatorul de oxigen dizolvat s-a dovedit a fi eficient si economic pentru consumul de aer, iar biomasa formata de calitate buna.

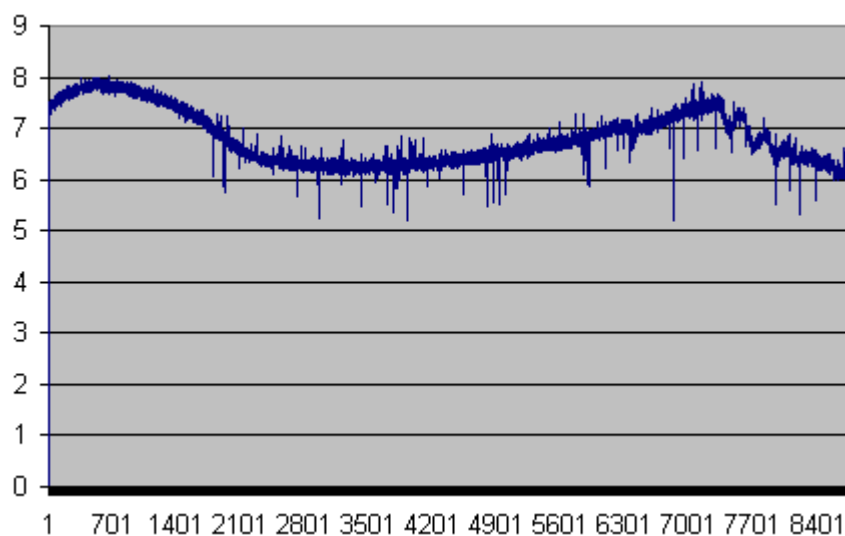


Fig. 2.33. Evolutia pH-ului

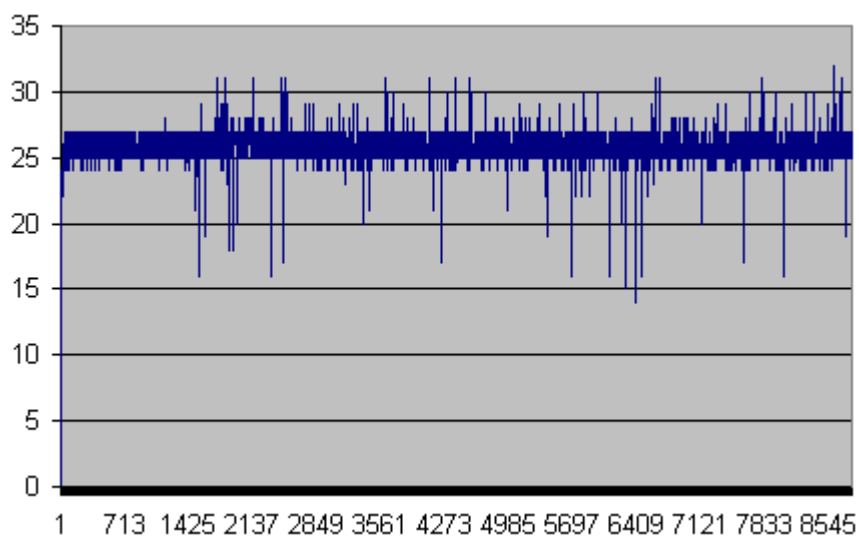


Fig. 2.34. Evolutia temperaturii

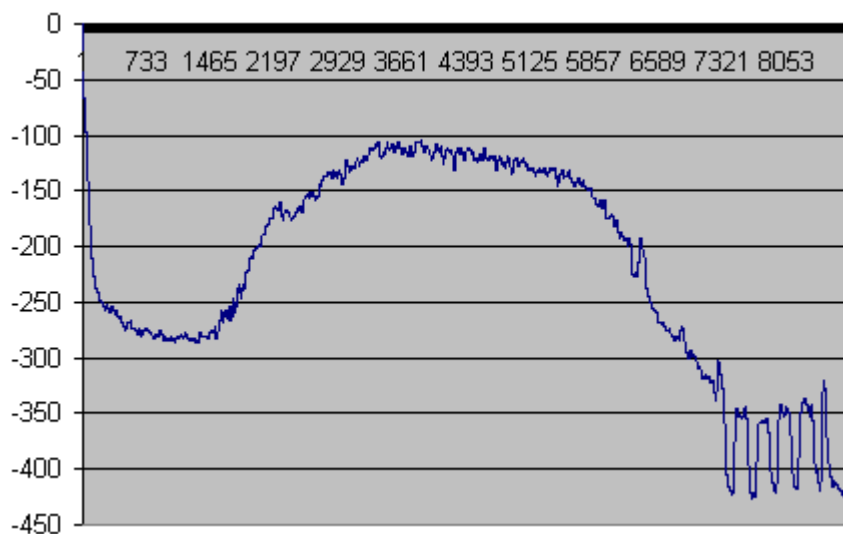


Fig. 2.35. Evolutia potentialului redox (ORP)

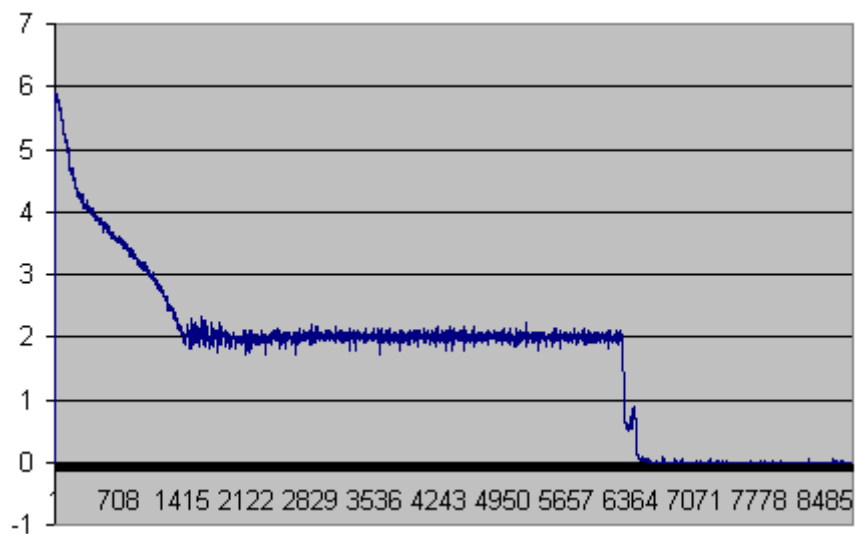


Fig. 2.36. Evolutia concentratiei de oxigen dizolvat

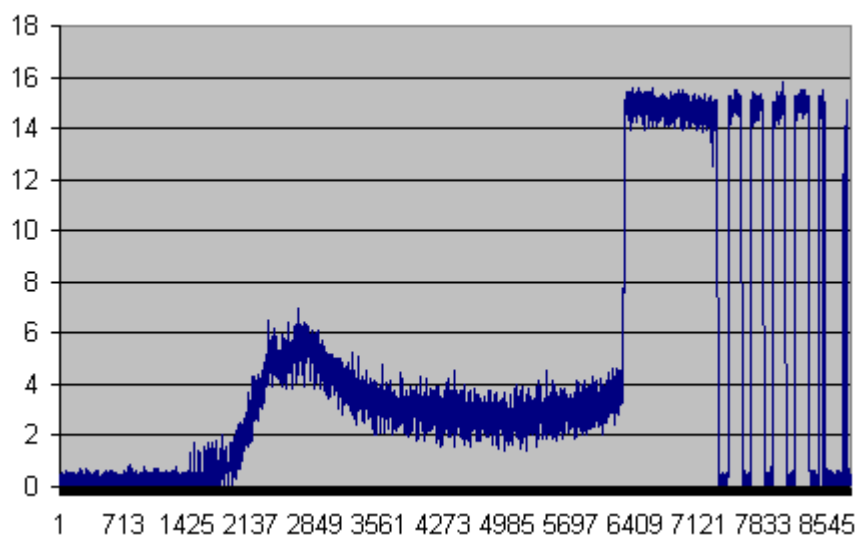


Fig. 2.37. Evolutia debitului de aer

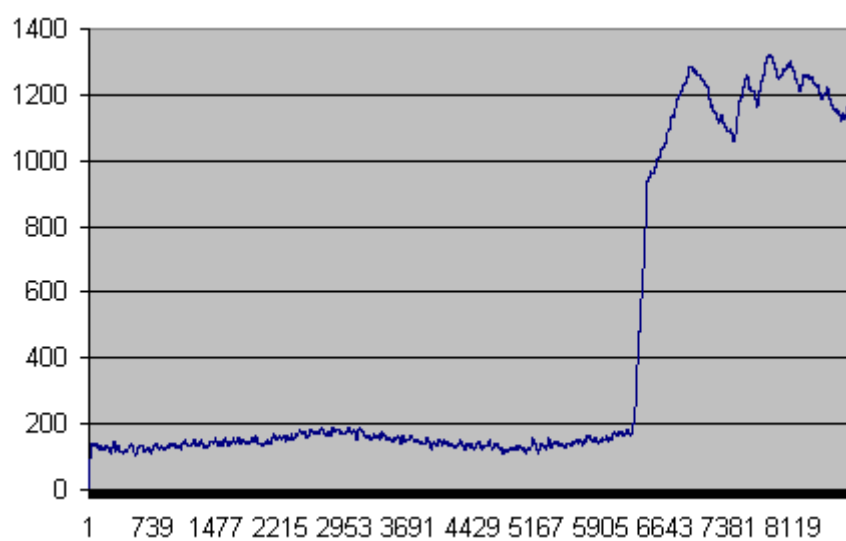


Fig. 2.38. Evolutia TSS

EXPERIMENTUL 9

Conditii de lucru:

- **Mediul de cultura:** zer diluat in raport de 1:30 cu apa potabila, cu o concentratie initiala a CCO de 1990 mg O₂/litru.
- **Inoculul:** namol activ procurat de la statia de epurare apartinand fabricii de drojdie Rompak - Pascani combinat in raport de 1:1 cu namol decantat obtinut in urma experimentului 8. Cantitatea utilizata a fost de 0.5 litri.
- **pH-ul:** nu s-a modificat ci doar s-a monitorizat continuu.
- **Temperatura:** s-a mentinut constanta la 25 °C.
- **Volumul de aer barbotat:** a fost reglat in functie de oxigenul dizolvat din bazinul de reactie care a fost mentinut la valoarea de 2 mg/l timp de 20 ore apoi la 1 mg/l timp de 29 ore.
- **Debitul de alimentare cu apa uzata:** s-a mentinut constant la 3 lph.
- **Viteza de agitare:** s-a mentinut constanta la 180 rpm.

Masuratori realizate:

- **pH-ul** s-a monitorizat continuu cu ajutorul electrozului dedicat; domeniu de masura 0 ÷ 14 unitati pH.
- **Oxigenul dizolvat** s-a masurat continuu cu ajutorul electrozului dedicat; domeniu de masura 1 ÷ 20 mg/l.
- **Consumul chimic de oxigen (CCO)** s-a determinat de doua ori pe zi fiind exprimat in mg O₂/l.
- **Turbiditatea** din bazinul de reactie a fost monitorizata continuu cu ajutorul unui traductor dedicat cu domeniul de masura intre 0 ÷ 3000 Unitati Nefelometrice.

- **Turbiditatea apei epurate** s-a masurat o data pe zi; este exprimata in unitati nefelometrice – NTU.
- **Potentialul redox (ORP)** a fost monitorizat continuu cu ajutorul electrozului dedicat; domeniu de masura $-1000 \div +1000$ mV.
- **Debitul de aer:** a fost monitorizat cu ajutorul unui debitmetru instalat pe retea de aer cu domeniul de masura intre $0 \div 50$ lpm.

Descriere experiment:

Experimentul 9 s-a desfasurat pe o perioada de 49 ore urmarindu-se controlul in sistem dinamic al unor parametri ai statiei de epurare. S-a controlat concentratia de oxigen dizolvat timp de 15 ore la valoarea de 2mg/l, dupa care aceasta a fost scazuta la 1mg/l.

Mediul de cultura a fost inoculat cu 0.5 litri namol activat reprezentand 250 ml namol de la statia de epurare a Rompak – Pascani si 250 ml namol recuperat dupa oprirea experimentului anterior. Amestecul realizat a avut o densitate optica $DO_{600} = 8.3$ rezultand o concentratie de 1,4% (v/v) in raport cu volumul util de mediu din bioreactor.

Pentru ca s-a folosit de la inceput regulatorul de oxigen dizolvat, mediul de cultura s-a mentinut neaerat pana la atingerea valorii de 2 mg/l. Continutul initial de oxigen dizolvat in mediu a fost de 6 mg/l, iar atingerea valorii de 2 mg/l s-a realizat in mai putin de doua ore. Rezulta o faza de latentă mult mai redusa decat in experimentul 8 (5 ore), principalul motiv fiind utilizarea namolului prelevat in cadrul experimentului 8, care s-a adaptat la mediul de cultura.

Efectul scaderii, in regim dinamic, a valorii oxigenului dizolvat (de la 2 mg/l la 1 mg/l) nu a avut un efect benefic asupra biomasei formate, namolul activat pierzandu-si din consistenta. In momentul micșorării oxigenului dizolvat turbiditatea a inregistrat o faza stationara de

aproximativ 12 ore, urmand apoi o usoara crestere. Continutul de substante organice a inregistrat totusi o reducere de pana la 58%.

In ultimele ore ale experimentului turbiditatea incepe iar sa scada datorita inmultirii peste masura si a concurentei pentru hrana a microorganismelor. La atingerea unui randament de epurare de aproximativ 50% potentialul redox a inregistrat o usoara crestere. Se pare ca potentialul redox nu se coreleaza in mod direct cu CCO pe totata gama, ci se observa ca la valori mici ale CCO si oxigenare satisfacatoare acesta tinde sa creasca simtitor (aceeasi tendinta s-a observat si spre sfarsitul experimentului 5).

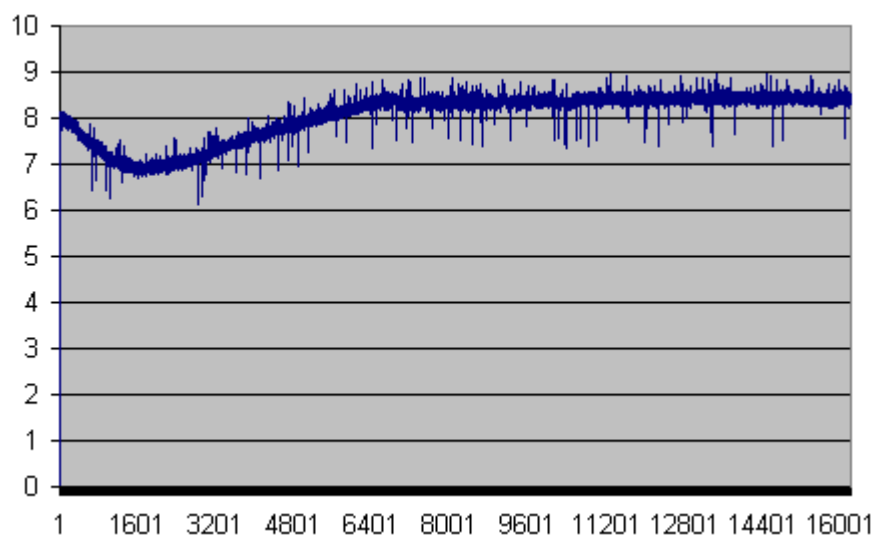


Fig. 2.39. Evolutia pH-ului

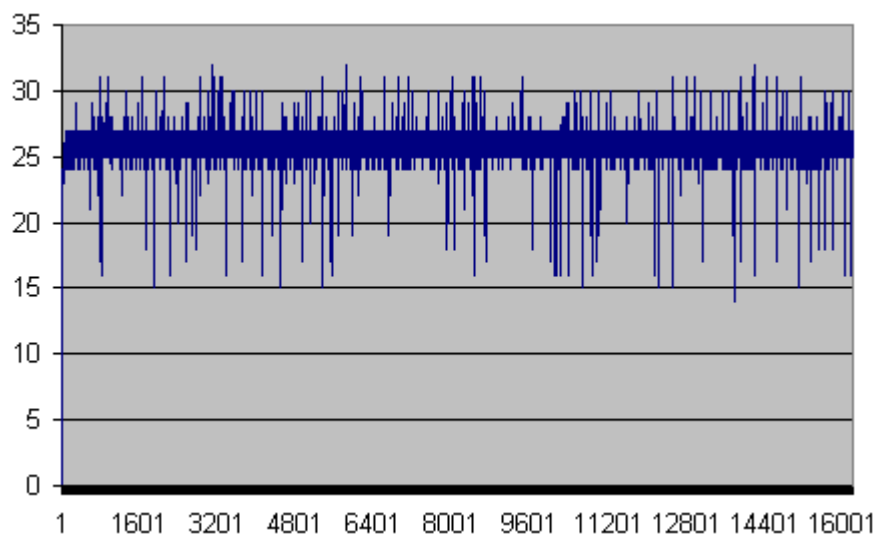


Fig. 2.40. Evolutia temperaturii

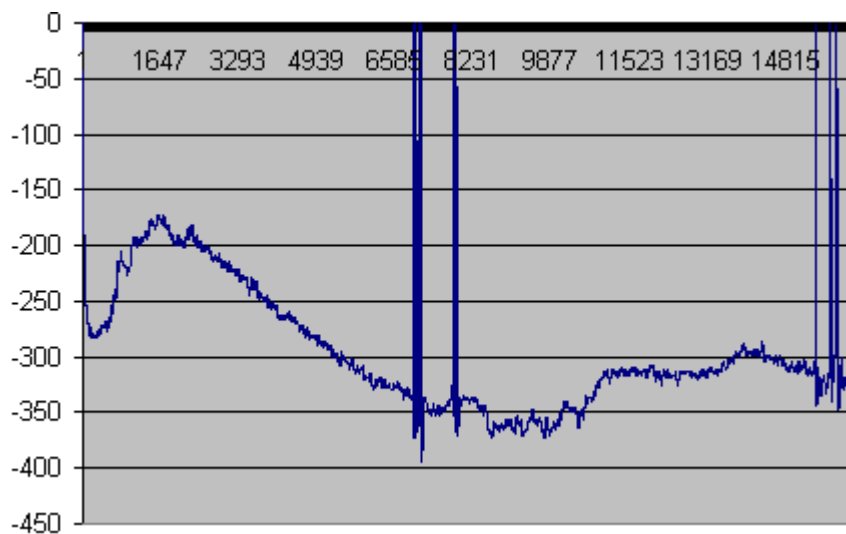


Fig. 2.41. Evolutia potentialului redox (ORP)

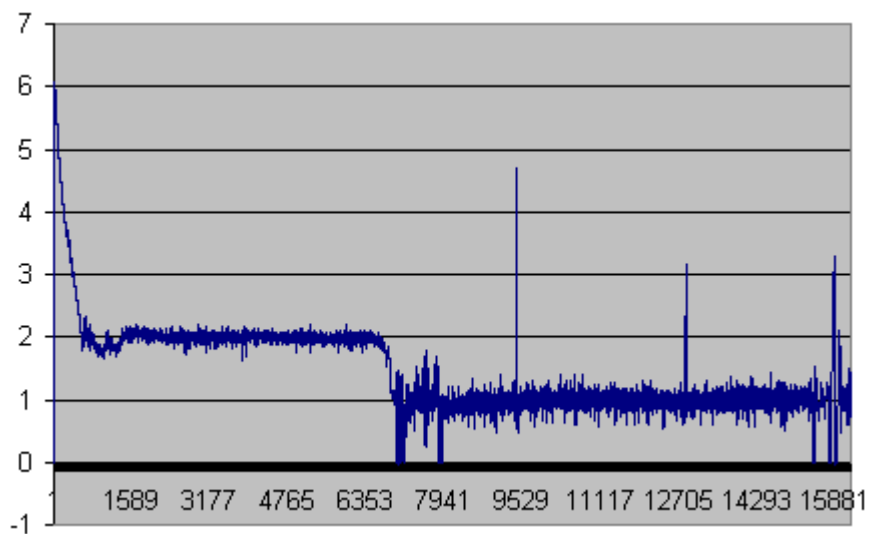


Fig. 2.42. Evolutia concentratiei de oxigen dizolvat

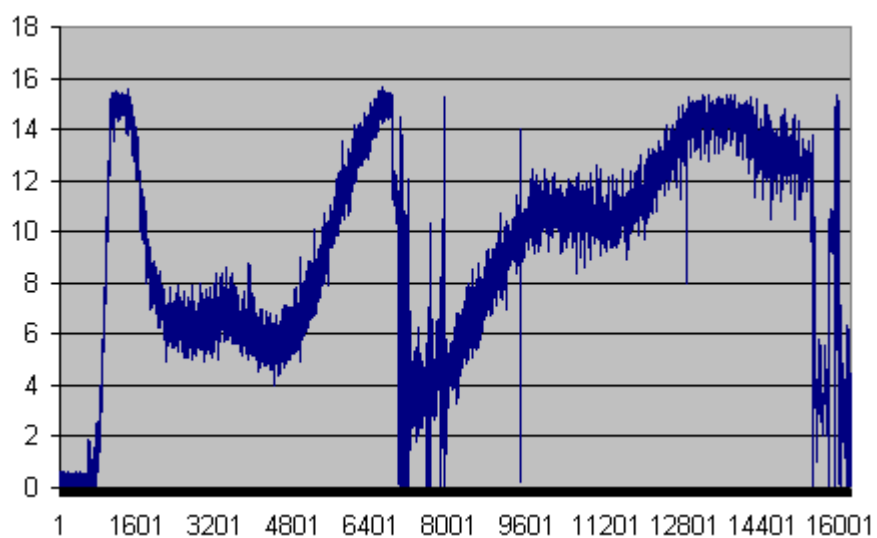


Fig. 2.43. Evolutia debitului de aer

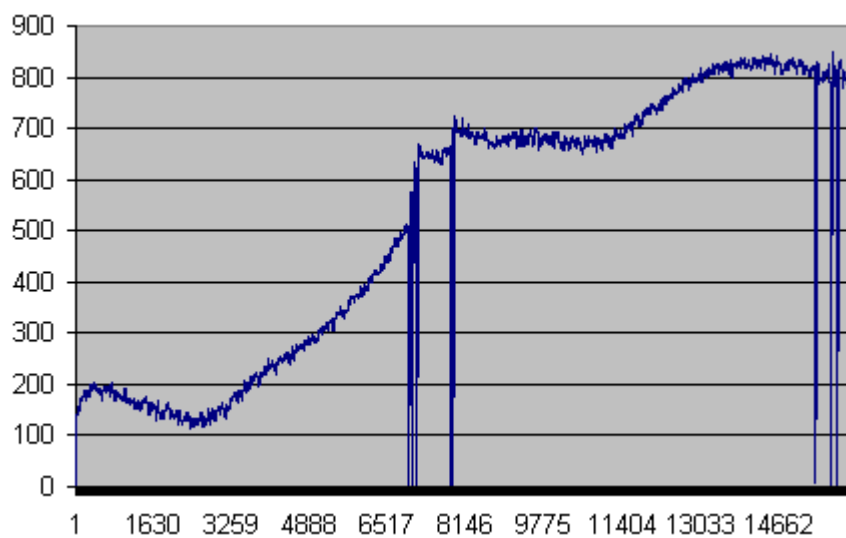


Fig. 2.44. Evolutia TSS

EXPERIMENTUL 10

Conditii de lucru:

- **Mediul de cultura:** zer diluat in raport de 1:30 cu apa potabila, cu o concentratie initiala a CCO de 2558 mg O₂/litru.
- **Inoculul:** namol activ procurat de la statia de epurare apartinand fabricii de drojdii Rompak din Pascani combinat in raport de 1:1 cu namol decantat obtinut in urma experimentului 8 (acelasi inocul folosit si in experimentul 9). Cantitatea utilizata a fost de 0.5 litri.
- **pH-ul:** nu s-a modificat ci doar s-a monitorizat continuu.
- **Temperatura:** s-a mentinut constanta la 25 °C.
- **Volumul de aer barbotat:** variabil, setat pentru a mentine o concentratie de oxigen dizolvat de 2 mg/l.
- **Debitul de alimentare cu apa uzata:** variabil, in scopul reglarii alimentarii cu substrat in functie de corelatia dintre CCO si ORP.
- **Viteza de agitare:** s-a mentinut constanta la 180 rpm.

Masuratori realizate:

- **pH-ul** s-a monitorizat continuu cu ajutorul electrozului dedicat; domeniu de masura 0 ÷ 14 unitati pH
- **Oxigenul dizolvat** s-a masurat continuu cu ajutorul electrozului dedicat; domeniu de masura 1 ÷ 20 mg/l.
- **Consumul chimic de oxigen (CCO)** s-a determinat de doua ori pe zi fiind exprimat in mg O₂/l.
- **Turbiditatea** din bazinul de reactie a fost monitorizata continuu cu ajutorul unui traductor dedicat cu domeniul de masura intre 0 ÷ 3000 Unitati Nefelometrice.

- **Turbiditatea apei epurate** s-a masurat o data pe zi; este exprimata in unitati nefelometrice – NTU.
- **Potentialul redox (ORP)** a fost monitorizat continuu cu ajutorul electrodului dedicat; domeniu de masura $-1000 \div +1000$ mV.
- **Debitul de aer:** a fost monitorizat cu ajutorul unui debitmetru instalat pe retea de aer cu domeniul de masura intre $0 \div 50$ lpm.

Descriere experiment:

Experimentul 10 s-a desfasurat pe o durata de 51 de ore in regim continuu. Obiectivul acestui experiment a fost reglarea cantitatii de substrat in functie de potentialul redox, printr-o lege de control liniarizant. Pentru determinarea concentratiei substratului organic, s-a presupus o proportionalitate directa intre potentialul redox (ORP) si CCO, identificata in experimentele anterioare. S-a observat in experimentele anterioare ca potentialul redox scade odata cu scaderea cantitatii substantelor organice din mediul de cultura.

Implementand aceasta lege de control s-a observat ca, la intreruperea alimentarii cu substrat, potentialul redox scade, reactiile de reducere fiind intense si substantele organice fiind consumate de microorganisme. Alimentand cu mediu de cultura s-a observat ca potentialul redox continua sa scada si nu sa creasca, asa cum era de asteptat. Este adevarat ca dupa scaderea provocata de alimentarea cu substrat potentialul redox a crescut dar intr-un interval orar destul de mare. Concluzia este ca potentialul redox (ORP) poate fi considerat mai putin o masura directa a consumului de substrat si mai degraba o masura a activitatii microorganismelor implicate in procese de oxido-reducere, care este destul de aproape corelata cu turbiditatea (numarul de microorganisme existente in bazinul de reactie). Corelatia dintre potentialul redox si CCO este valabila dar pe intervale orare mai mari si in procese pe cat posibil liniare. Raspunsul potentialului redox la factorii de mediu, ca de exemplu

modificarea substratului, este destul de lent si neliniar pentru ca legea de control sa functioneze corect.

Oprirea alimentarii cu substrat a dus la pierderi de biomasa, distrugerea flocoanelor de namol si obtinerea de rezultate nesatisfacatoare pentru apa epurata.

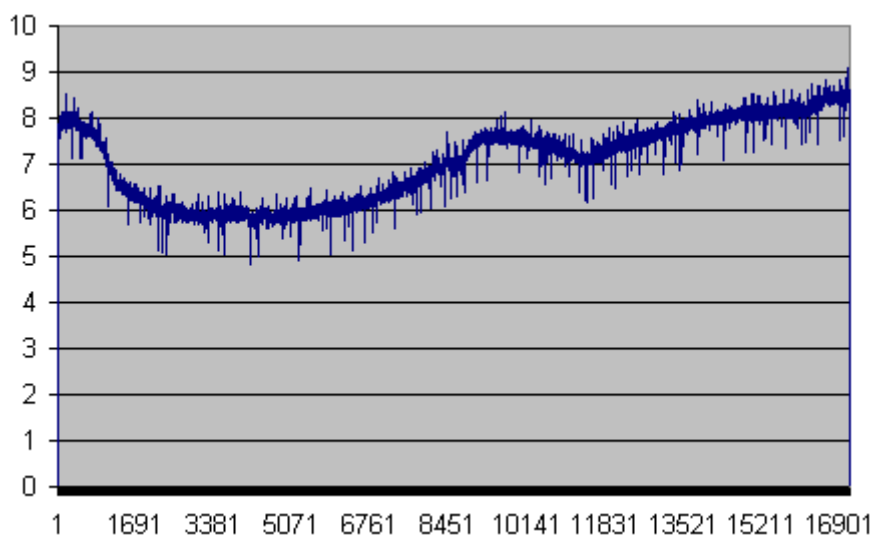


Fig. 2.45. Evolutia pH-ului

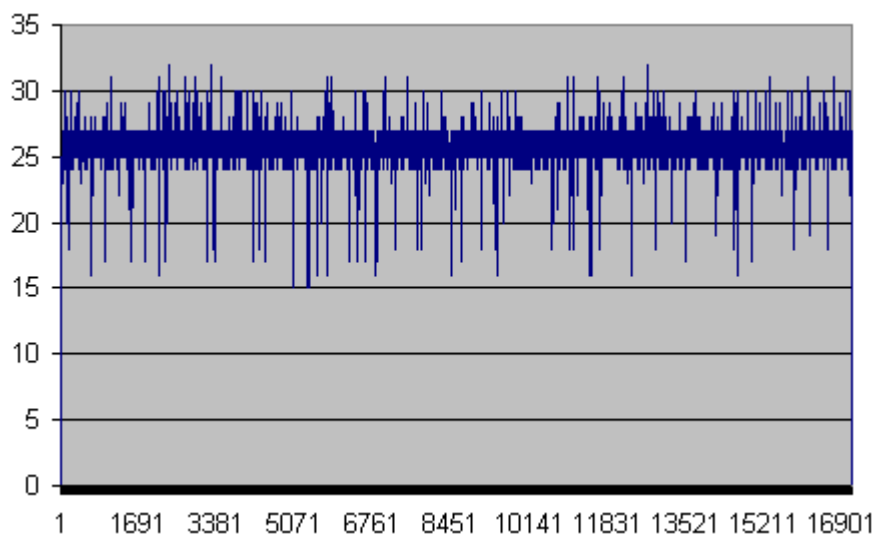


Fig. 2.46. Evolutia temperaturii

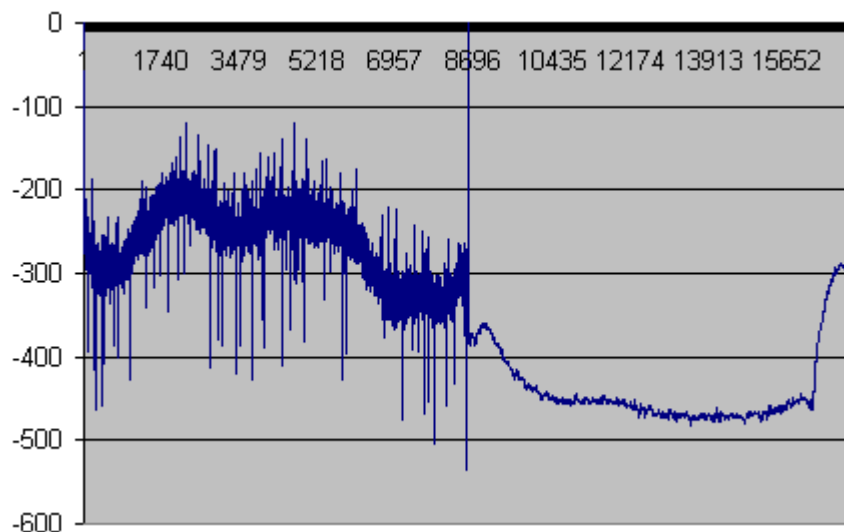


Fig. 2.47. Evolutia potentialului redox (ORP)

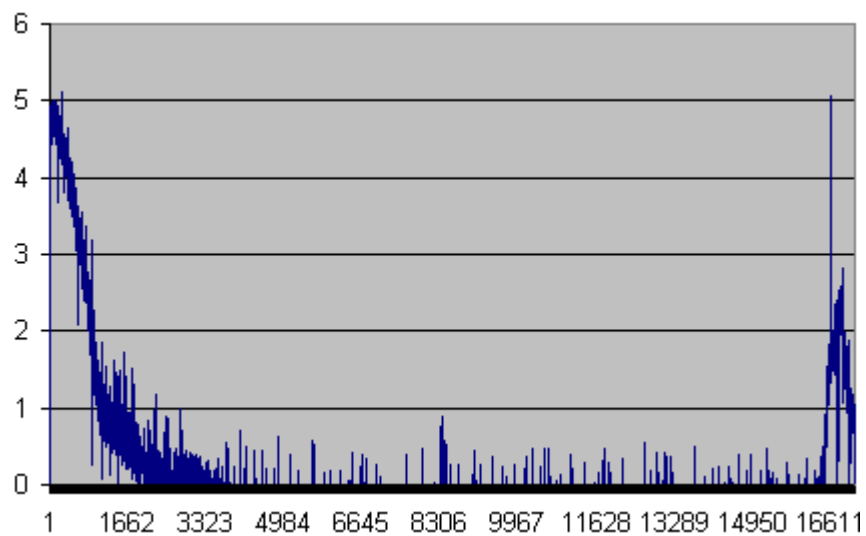


Fig. 2.48. Evolutia concentratiei de oxigen dizolvat

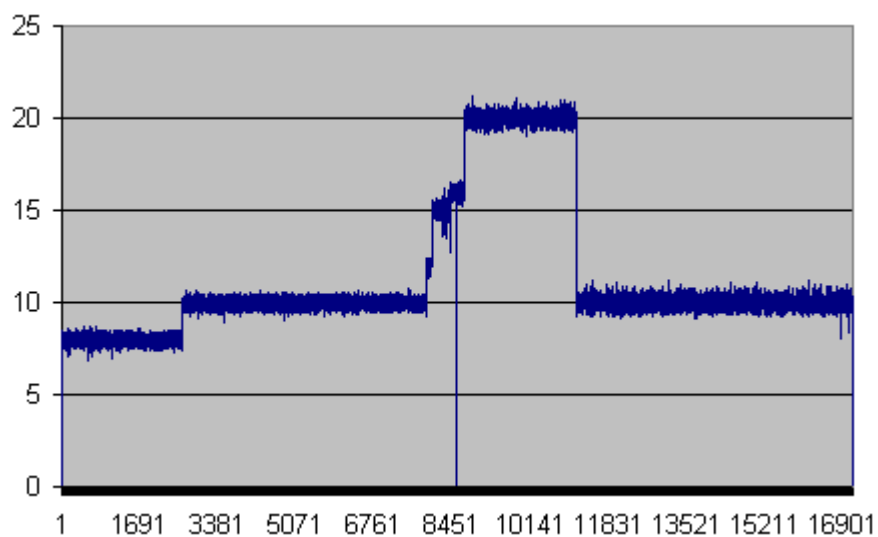


Fig. 2.49. Evolutia debitului de aer

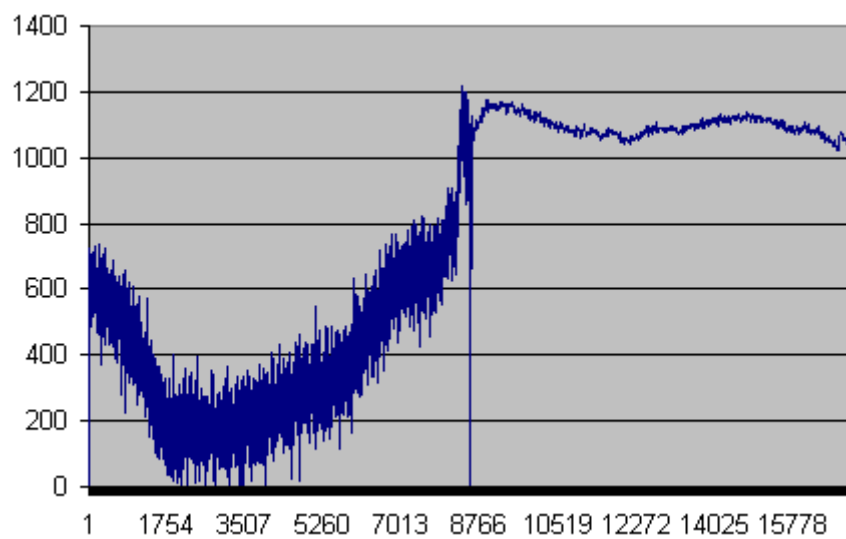


Fig. 2.50. Evolutia TSS

EXPERIMENTUL 11

Conditii de lucru:

- **Mediul de cultura:** must de malt cu hamei diluat in raport de 1:60 cu apa potabila, cu o concentratie initiala a CCO de 1478 mg O₂/litru.
- **Inoculul:** 0.5 litri de namol activ decantat obtinut in urma experimentului 10 si conservat in conditii de refrigerare la 4°C.
- **pH-ul:** nu s-a modificat ci doar s-a monitorizat continuu.
- **Temperatura:** s-a mentinut constanta la 25 °C.
- **Volumul de aer barbotat:** s-au impus trepte diferite de aerare in functie de variatia oxigenului dizolvat. Modificarile s-au facut in regim manual.
- **Debitul de alimentare cu apa uzata:** s-a mentinut constant la 3 lph.
- **Viteza de agitare:** s-a mentinut constanta la 180 rpm.

Masuratori realizate:

- **pH-ul** s-a monitorizat continuu cu ajutorul electrodului dedicat; domeniu de masura 0 ÷ 14 unitati de pH.
- **Oxigenul dizolvat** s-a masurat continuu cu ajutorul electrodului dedicat; domeniu de masura 1 ÷ 20 mg/l.
- **Consumul chimic de oxigen (CCO)** s-a determinat de doua ori pe zi fiind exprimat in mg O₂/l.
- **Turbiditatea** din bazinul de reactie a fost monitorizata continuu cu ajutorul unui traductor dedicat cu domeniul de masura intre 0 ÷ 3000 Unitati Nefelometrice.
- **Turbiditatea apei epurate** s-a masurat o data pe zi; este exprimata in unitati nefelometrice – NTU.
- **Azotul total (N_{tot})** o fost determinat o data pe zi; este exprimat in mg/l.

- **Fosfatii** ($P-PO_4^{3-}$) s-au masurat o data pe zi, exprimati in mg/l.
- **Azotul din nitrati** (NO_3^-) s-a determinat o data pe zi; este exprimat in mg/l.
- **Azotul amoniacal** ($N-NH_3$) s-a determinat o data pe zi; este exprimat in mg/l.
- **Potentialul redox** (ORP) a fost monitorizat continuu cu ajutorul electrodului dedicat; domeniu de masura $-1000 \div +1000$ mV.
- **Debitul de aer:** a fost monitorizat cu ajutorul unui debitmetru instalat pe reseaua de aer cu domeniul de masura intre $0 \div 50$ lpm.

Descriere experiment:

Experimentul 11 s-a desfasurat pe o perioada de 48 ore inregistrandu-se in sistem dinamic parametrii statiei de epurare. Obiectivele urmarite au fost obtinerea unui model de epurare pentru apa uzata sintetica din industria berii.

Inoculul folosit a fost prelevat la finalul experimentului 10, avand o densitate optica masurata la 600 nm egala cu 4, ceea ce inseamna o concentratie de 1,4% (v/v) in raport cu volumul util de mediu din bioreactor.

La analiza mediului de cultura s-a stabilit ca raportul $CBO_5:N_{tot}$ (100:1,3) este dezechilibrat in favoarea carbonului organic fata de raportul ideal (100:5).

Experimentul s-a desfasurat timp de 24 ore fara adaos de compusi cu azot pentru reglarea raportului, iar in urmatoarele 24 ore s-a dozat clorura de sodiu. 21g de NH_4Cl au fost dizolvate in 1000 ml apa distilata si apoi dozate in bazinul de reactie in functie de debitul de alimentare. Odata cu adaugarea suplimentului de azot recircularea s-a trecut la 1.5 lph (de la 3 lph). Micsorarea recircularii nu a avut efect negativ asupra turbiditatii.

Influenta adaugarii azotului in cea de-a doua zi a impus scaderea necesarului de aer prin activarea microorganismelor aerotolerante, capabile sa fermenteze substratul foarte concentrat in carbohidrati. Chiar daca turbiditatea a inregistrat o crestere continua, ea nu a avut valori foarte ridicate (max. 450), ceea ce inseamna ca nu este un proces dominat de bacterii.

S-a observat ca la suprafata decantorului s-a ridicat namol impreuna cu bule foarte fine de gaz. Acest fenomen poate apare din cauza aerarii excesive a mediului de reactie care inglobeaza bule de aer si ajungand in decantor impiedica sedimentarea. La micsorarea debitului de recirculare nu s-a observat nici o imbunatatire a sedimentarii de aceea se suspecteaza ca aceasta tendinta este specifica mediului care initiaza un proces de fermentatie anaeroba in decantor, pe substratul neconsumat. Din aceste motive, se considera ca fiind mai avantajoasa tratarea anaeroba a efluentilor proveniti din industria berii.

Sedimentarea ineficienta determina obtinerea de rezultate mari pentru efluentii statiei de epurare, in apa uzata ramanand biomasa.

Corelatia dintre CCO si potentialul redox nu mai poate fi realizata pe acest tip de mediu pentru ca potentialul redox nu inregistreaza o crestere liniara.

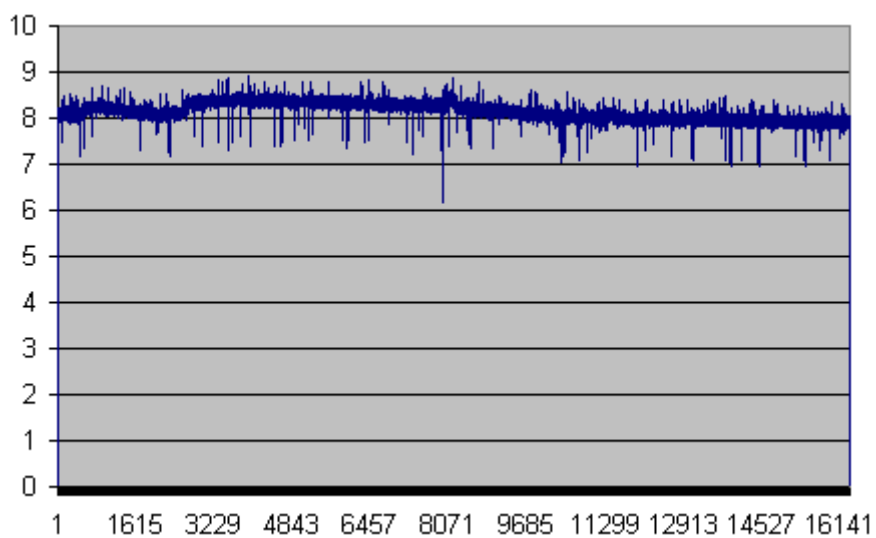


Fig. 2.51. Evolutia pH-ului

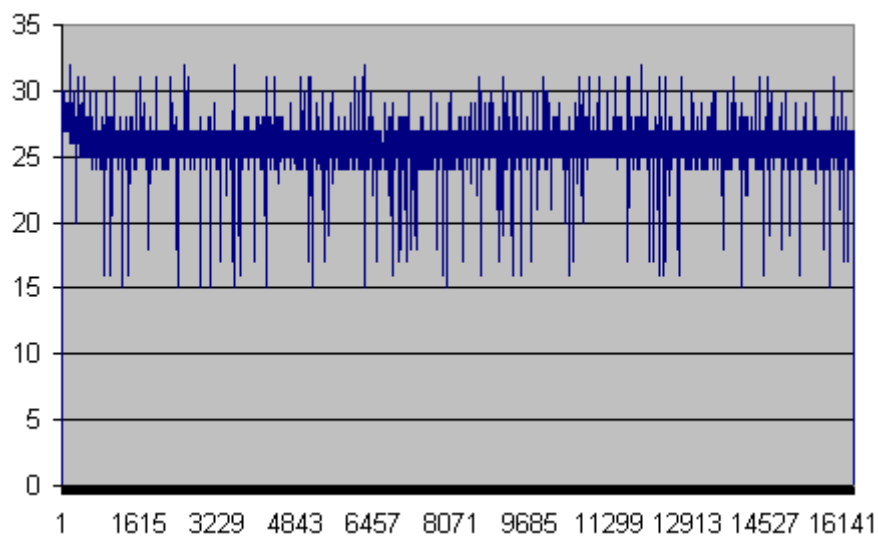


Fig. 2.52. Evolutia temperaturii

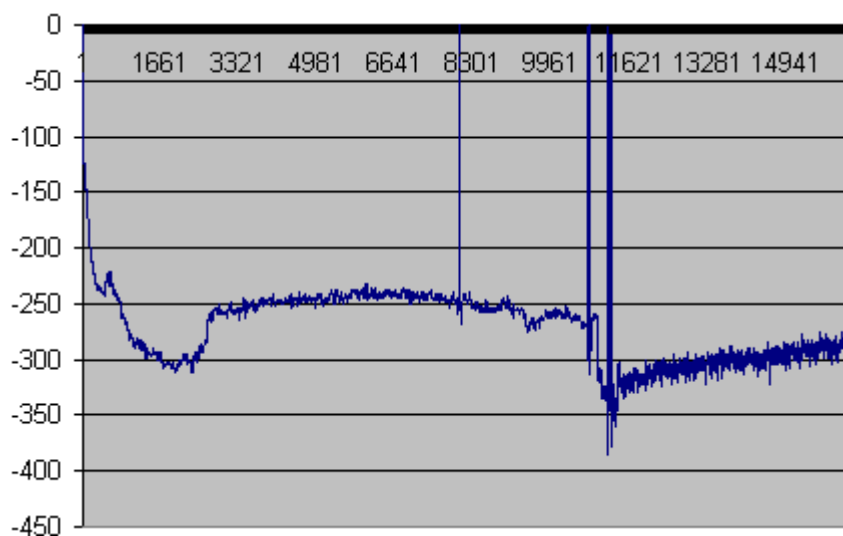


Fig. 2.53. Evolutia potentialului redox (ORP)

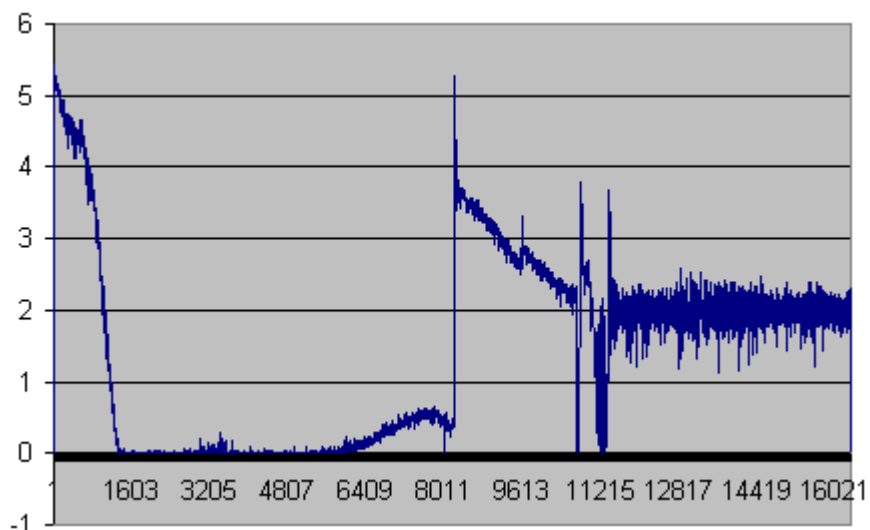


Fig. 2.54. Evolutia concentratiei de oxigen dizolvat

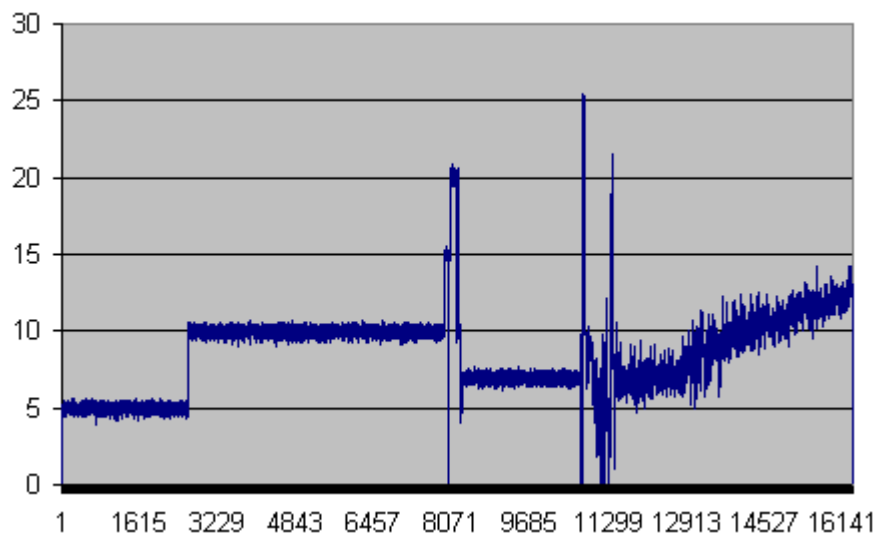


Fig. 2.55. Evolutia debitului de aer

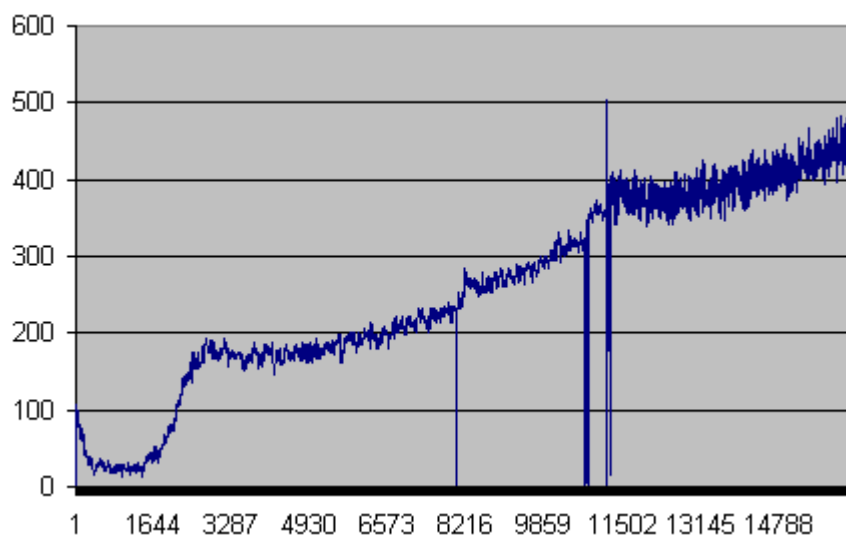


Fig. 2.56. Evolutia TSS

EXPERIMENTUL 12

Conditii de lucru:

- **Mediul de cultura:** must de malt cu hamei diluat in raport de 1:60 cu apa potabila, cu o concentratie initiala a CCO de 1232 mg O₂/litru.
- **Inoculul:** 0.5 litri de namol activ procurat de la statia de epurare apartinand fabricii de drojdie Rompak din Pascani combinat in raport de 1:1 cu namol decantat obtinut in urma experimentului 11.
- **pH-ul:** nu s-a modificat ci doar s-a monitorizat continuu.
- **Temperatura:** s-a mentinut constanta la 25 °C.
- **Volumul de aer barbotat:** variabil in functie de concentratia oxigenului dizolvat mentinut la 2 mg/l.
- **Debitul de alimentare cu apa uzata:** s-a mentinut constant la 3 lph.
- **Viteza de agitare:** s-a mentinut constanta la 180 rpm.

Masuratori realizate:

- **pH-ul** s-a monitorizat continuu cu ajutorul electrodului dedicat; domeniu de masura 0 ÷ 14 unitati de pH.
- **Oxigenul dizolvat** s-a masurat continuu cu ajutorul electrodului dedicat; domeniu de masura 1 ÷ 20 mg/l.
- **Consumul chimic de oxigen (CCO)** s-a determinat de doua ori pe zi fiind exprimat in mg O₂/l.
- **Turbiditatea** din bazinul de reactie a fost monitorizata continuu cu ajutorul unui traductor dedicat cu domeniul de masura intre 0 ÷ 3000 Unitati Nefelometrice.
- **Turbiditatea apei epurate** s-a masurat o data pe zi; este exprimata in unitati nefelometrice – NTU.

- **Azotul total** (N_{tot}) a fost determinat o data pe zi; este exprimat in mg/l.
- **Fosfatii** ($P-PO_4^{3-}$) s-au masurat o data pe zi, exprimate in mg/l.
- **Azotul din nitrati** (NO_3^-) s-a determinat o data pe zi; este exprimat in mg/l.
- **Azotul amoniacal** ($N-NH_3$) s-a determinat o data pe zi; este exprimat in mg/l.
- **Potentialul redox** (ORP) a fost monitorizat continuu cu ajutorul electrozoului dedicat; domeniul de masura $-1000 \div +1000$ mV.
- **Debitul de aer:** a fost monitorizat cu ajutorul unui debitmetru instalat pe reseaua de aer cu domeniul de masura intre $0 \div 50$ lpm.

Descriere experiment:

Experimentul 12 s-a desfasurat pe o perioada de 48 ore inregistrandu-se in sistem dinamic parametrii statiei de epurare. Obiectivele urmarite au fost obtinerea unui model de epurare pentru apa uzata sintetica din industria berii.

Inoculul folosit a fost prelevat la finalul experimentului 10 avand o densitate optica masurata la 600 nm, egala cu 4, ceea ce inseamna o concentratie de 1,4% (v/v) in raport cu volumul util de mediu din bioreactor.

La analiza mediului de cultura s-a stabilit ca raportul $CBO_5:N_{tot}$ (100:1,3) este dezechilibrat in favoarea carbonului organic fata de raportul ideal (100:5).

In acest experiment dozarea de clorura de amoniu s-a realizat in primele 24 ore, iar in urmatoarele ore aceasta a fost sistata. Oprirea administrarii clorurii de amoniu a avut un efect negativ asupra turbiditatii, aceasta scazand pana la sfarsitul experimentului.

Oxigenul dizolvat s-a mentinut la valoarea de 2 mg/l pe tot parcursul experimentului. Controlul oxigenului dizolvat a dus la rationalizarea debitului de aer acesta fiind de 3 ori mai mic decat in cazul experimentului anterior.

Se observa insa ca in ambele experimente (11 si 12) potentialul redox are un profil asemanator, diferenta fiind ca in cadrul experimentului 11 valorile ORP sunt mai mici decat la

experimentul 12. Rezulta ca ORP este influentat de ionii de amoniu (din NH_4Cl) care sunt oxidati la nitrat in prezenta microorganismelor, generand un potential redox pozitiv.

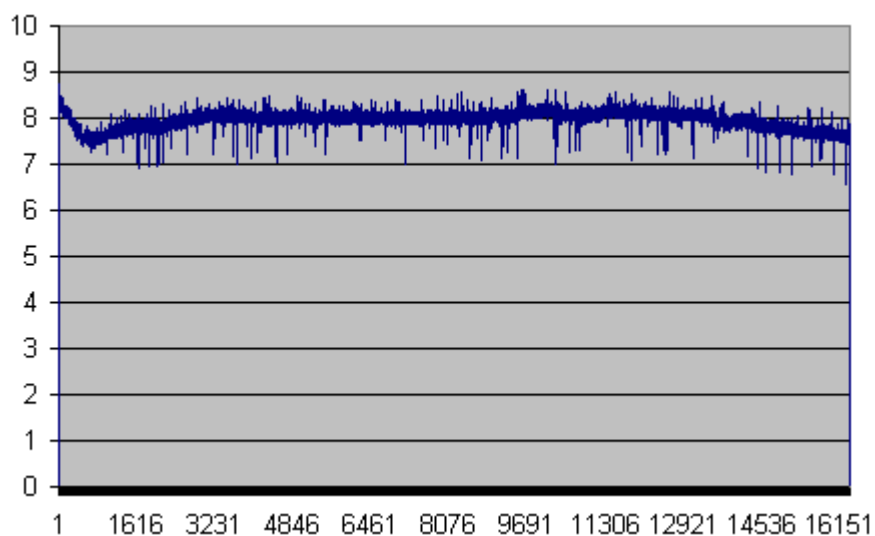


Fig. 2.57. Evolutia pH-ului

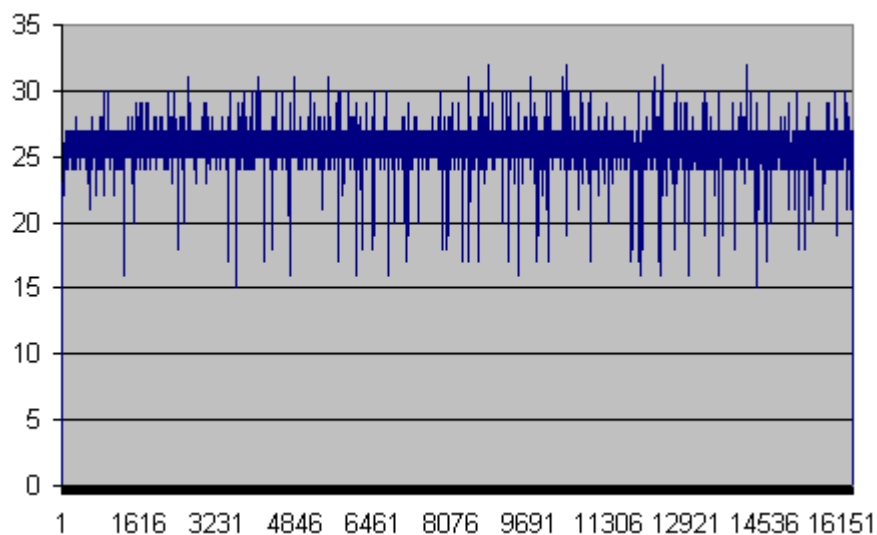


Fig. 2.58. Evolutia temperaturii

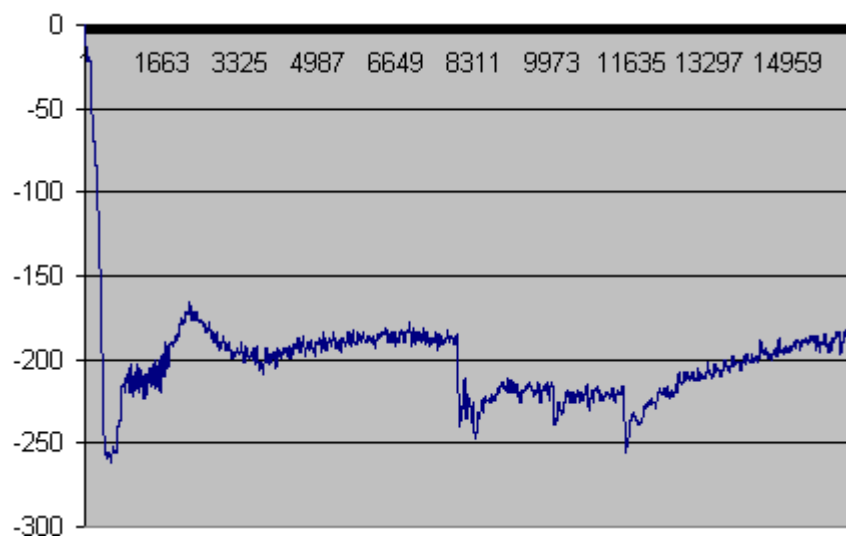


Fig. 2.59. Evolutia potentialului redox (ORP)

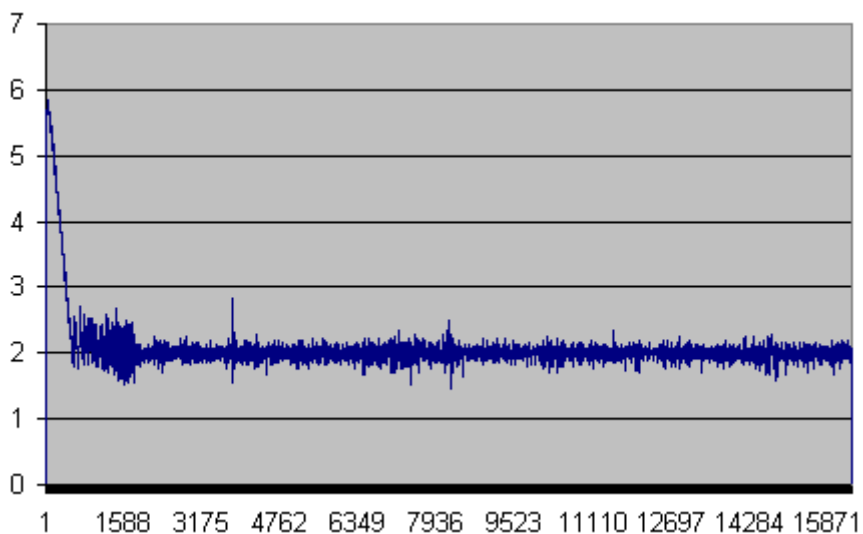


Fig. 2.60. Evolutia concentratiei de oxigen dizolvat

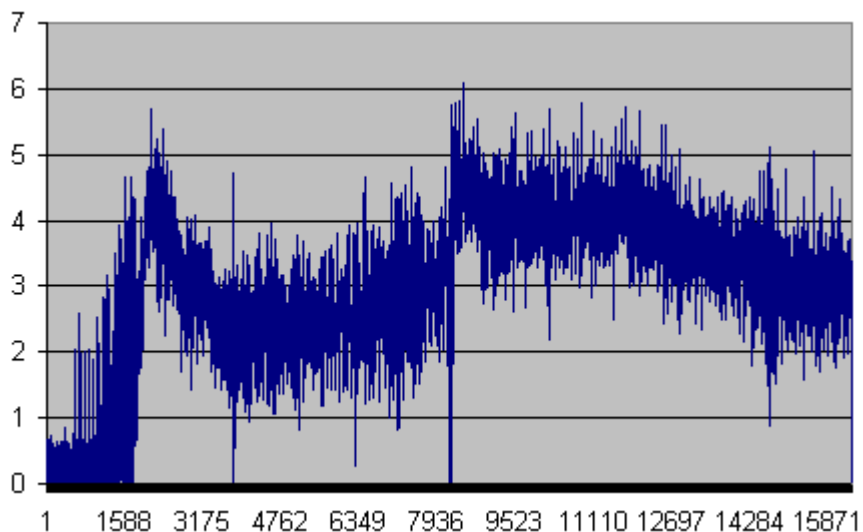


Fig. 2.61. Evolutia debitului de aer

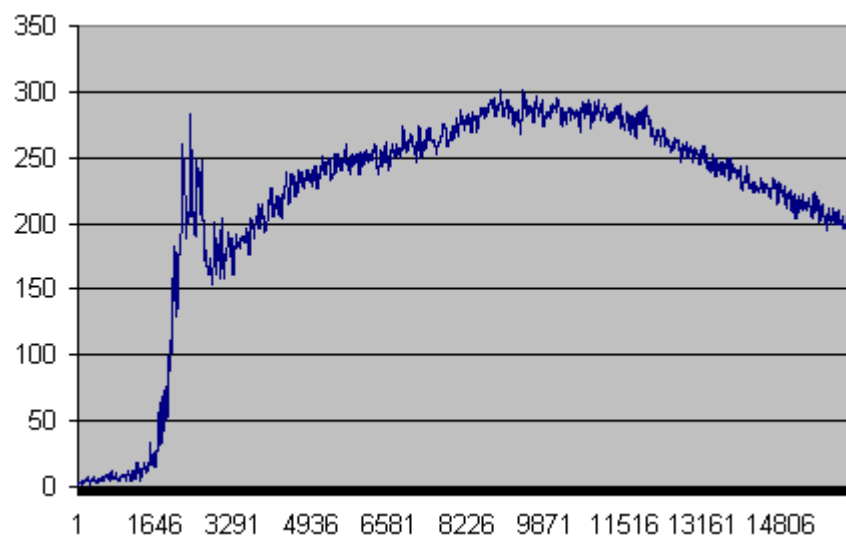


Fig. 2.62. Evolutia TSS

EXPERIMENTUL 13

Conditii de lucru:

- **Mediul de cultura:** zer diluat in raport de 1:50 cu apa potabila, cu o concentratie initiala a CCO de 1478 mg O₂/litru.
- **Inoculul:** namol activ procurat de la statia de epurare apartinand fabricii de drojdii Rompak din Pascani.
- **pH-ul:** nu s-a modificat ci doar s-a monitorizat continuu.
- **Temperatura:** s-a mentinut constanta la 25 °C.
- **Volumul de aer barbotat:** in functie de concentratia oxigenului dizolvat mentinut la 2 mg/l.
- **Debitul de alimentare cu apa uzata:** s-a mentinut constant la 3 lph.
- **Viteza de agitare:** s-a mentinut constanta la 180 rpm.

Masuratori realizate:

- **pH-ul** s-a monitorizat continuu cu ajutorul electrozului dedicat; domeniu de masura 0 ÷ 14 unitati pH.
- **Oxigenul dizolvat** s-a masurat continuu cu ajutorul electrozului dedicat; domeniu de masura 1 ÷ 20 mg/l.
- **Consumul chimic de oxigen (CCO)** s-a determinat de doua ori pe zi, fiind exprimat in mg O₂/l.
- **Turbiditatea** din bazinul de reactie a fost monitorizata continuu cu ajutorul unui traductor dedicat cu domeniul de masura intre 0 ÷ 3000 Unitati Nefelometrice.
- **Turbiditatea apei epurate** s-a masurat o data pe zi; este exprimata in unitati nefelometrice – NTU.
- **Azotul total (N_{tot})** o fost determinat o data pe zi; este exprimat in mg/l.

- **Fosfatii** ($P-PO_4^{3-}$) s-au masurat o data pe zi, exprimati in mg/l.
- **Azotul din nitrati** (NO_3^-) s-a determinat o data pe zi; este exprimat in mg/l.
- **Azotul amoniacal** ($N-NH_3$) s-a determinat o data pe zi; este exprimat in mg/l.
- **Potentialul redox** (ORP) a fost monitorizat continuu cu ajutorul electrodului dedicat; domeniu de masura $-1000 \div +1000$ mV.
- **Debitul de aer:** a fost monitorizat cu ajutorul unui debitmetru instalat pe retea de aer cu domeniul de masura intre $0 \div 50$ lpm.

Descriere experiment:

Experimentul 13 s-a desfasurat pe o perioada de 37 ore, timp in care parametrii statiei au fost determinati in sistem dinamic. Si in acest experiment s-a incercat reglarea cantitatii de substrat in functie de potentialul redox pe baza directei proportionalitati dintre ORP si CCO.

In primele 12 ore ale experimentului pompa de alimentare a functionat la 3 lph. In acest timp s-a observat, asa cum era de asteptat, ca potentialul redox scade odata cu cresterea turbiditatii si implicit cu puterea de epurare a namolului format.

Dupa cele 12 ore de functionare la debit constant s-a pornit regulatorul de substrat organic. In prima instanta potentialul redox a continuat sa scada, substratul fiind consumat. La atingerea unei valori minime a potentialului redox pompa de alimentare (P1) a inceput sa functioneze atingand capacitatea sa maxima de 12 lph. Potentialul redox a continuat sa scada si nu sa creasca asa cum era de asteptat. Este adevarat ca dupa scaderea provocata de alimentarea cu substrat potentialul redox a crescut dar intr-un interval orar destul de mare. Si acest experiment a dus la concluzia ca ORP-ul este mai putin o masura directa a consumului de substrat si mai degraba o masura a activitatii microorganismelor implicate in procese de oxido-reducere care este destul de aproape corelata cu turbiditatea (numarul de microorganisme existente in bazinul de reactie). Corelatia dintre potentialul redox si CCO este valabila dar pe intervale orare mai mari si in procese pe cat posibil liniare. Raspunsul

potentialului redox la factorii de mediu, ca de exemplu modificarea substratului, este destul de lent si neliniar pentru a se obtine o lege de control eficienta.

Spre sfarsitul experimentului s-a observat o tendinta de crestere a potentialului redox chiar daca alimentatia a fost oprita. Acest fenomen a mai fost observat si in alte experimnte anterioare, tot spre sfarsitul experimentului, cand substratul a fost degradat aproape complet iar reactiile de reducere sunt mai putin intense decat cele de oxidare (potentialul redox creste).

Coreletia dintre CCO si ORP nu este aceeaasi la concentratii mici de substrat si turbiditate mare.

Oprirea alimentarii cu substrat a dus la pierderi de biomasa, distrugerea flocoanelor de namol si obtinerea de rezultate nesatisfacatoare pentru apa epurata.

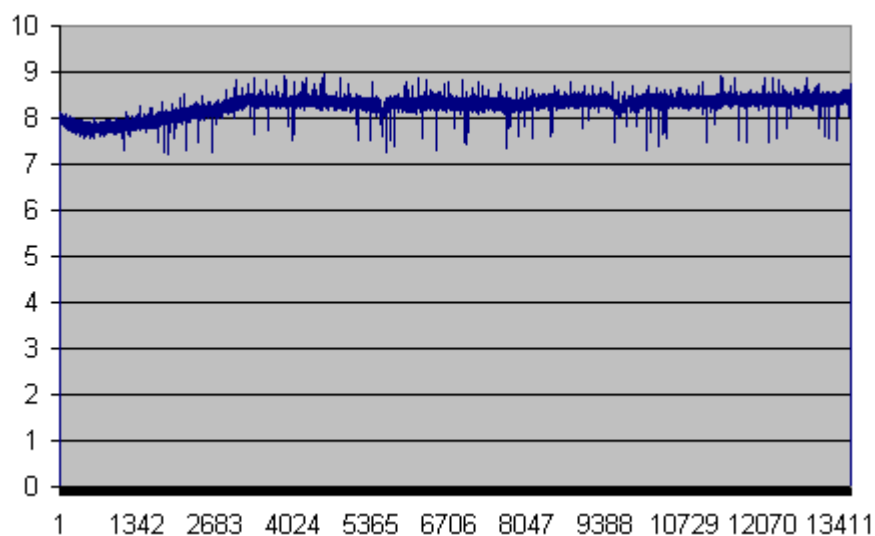


Fig. 2.63. Evolutia pH-ului

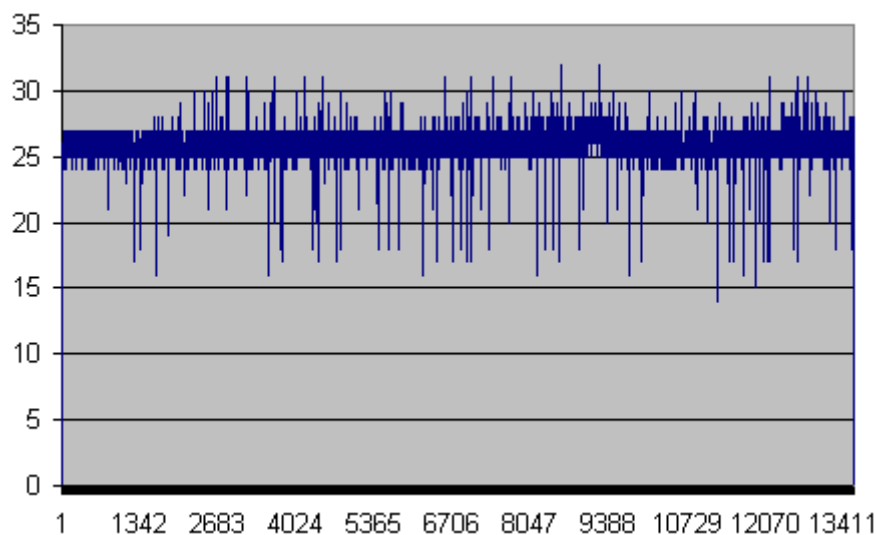


Fig. 2.64. Evolutia temperaturii

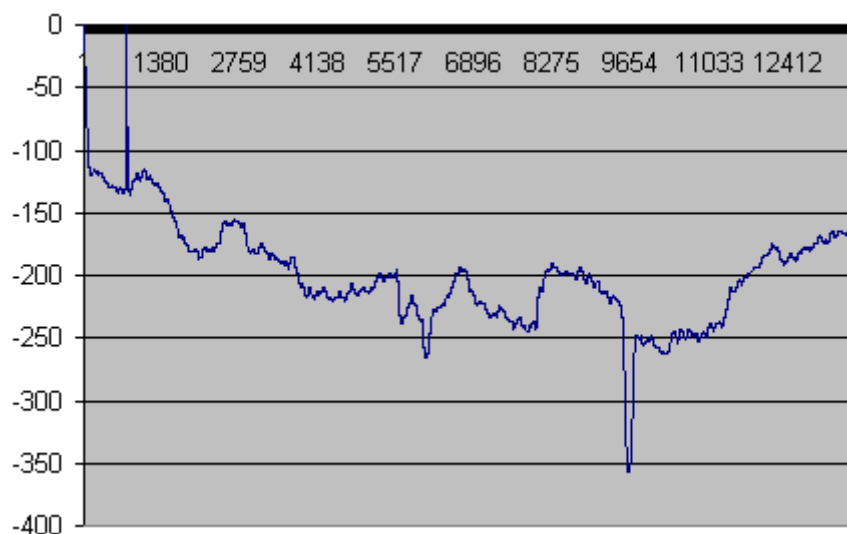


Fig. 2.65. Evolutia potentialului redox (ORP)

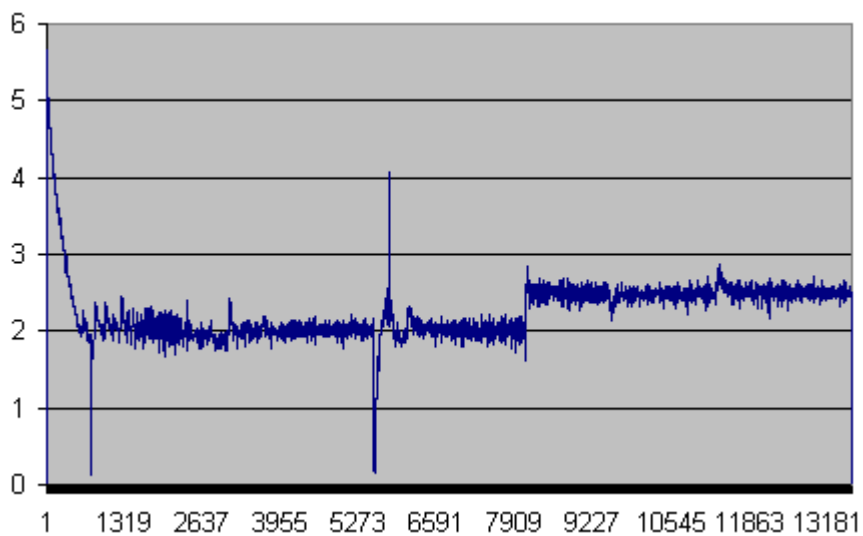


Fig. 2.66. Evolutia concentratiei de oxigen dizolvat

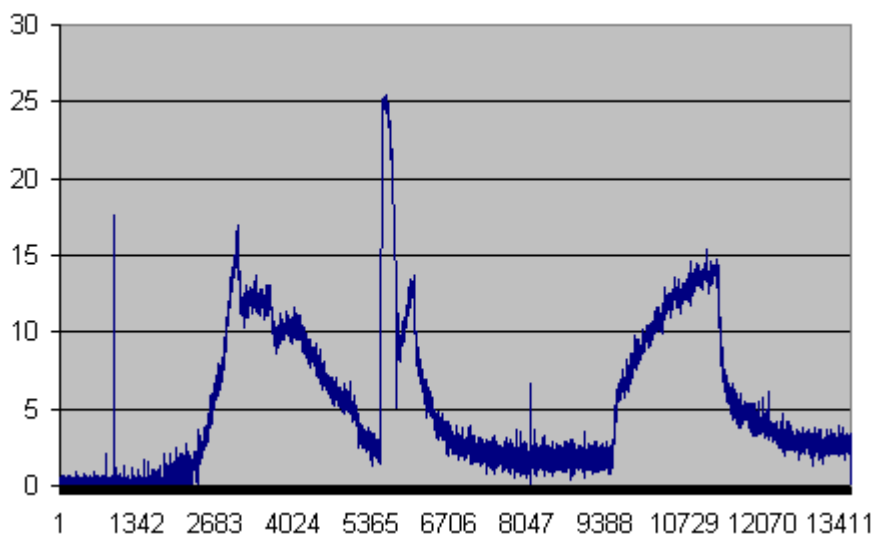


Fig. 2.67. Evolutia debitului de aer

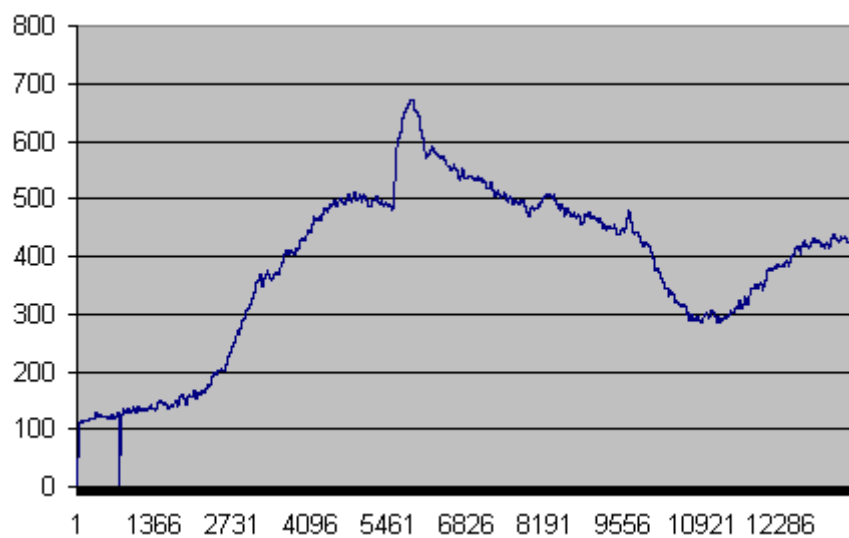


Fig. 2.68. Evolutia TSS

EXPERIMENTUL 14

Conditii de lucru:

- **Mediul de cultura:** zer diluat in raport de 1:30 cu apa potabila, cu o concentratie initiala a CCO de 2409 mg O₂/litru.
- **Inoculul:** namol activat provenit de la statia de epurare apartinand fabricii de drojdie Rompak - Pascani combinat in raport de 1:1 namol decantat obtinut in urma experimentului 11. Cantitatea utilizata a fost de 0.5 litri.
- **pH-ul:** nu s-a modificat ci doar s-a monitorizat continuu.
- **Temperatura:** s-a mentinut constanta la 25 °C.
- **Volumul de aer barbotat:** in functie de concentratia oxigenului dizolvat, aceasta fiind mentinuta la inceput la valoarea de 2 mg/l.
- **Debitul de alimentare cu apa uzata:** variabil, la inceput a fost egal cu 3lph, apoi a fost utilizat ca marime de comanda in diferiti algoritmi de conducere implementati..
- **Viteza de agitare:** s-a mentinut constanta la 180 rpm.

Masuratori realizate:

- **pH-ul** s-a monitorizat continuu cu ajutorul electrodului dedicat; domeniu de masura 0 ÷ 14 unitati de pH.
- **Oxigenul dizolvat** s-a masurat continuu cu ajutorul electrodului dedicat; domeniu de masura 1 ÷ 20 mg/l.
- **Consumul chimic de oxigen (CCO)** s-a determinat de trei ori pe zi fiind exprimat in mg O₂/l.
- **Turbiditatea** din bazinul de reactie a fost monitorizata continuu cu ajutorul unui traductor dedicat cu domeniul de masura intre 0 ÷ 3000 Unitati Nefelometrice.

- **Turbiditatea apei epurate** s-a masurat o data pe zi; este exprimata in unitati nefelometrice – NTU.
- **Potentialul redox (ORP)** a fost monitorizat continuu cu ajutorul electrodului dedicat; domeniu de masura $-1000 \div +1000$ mV.
- **Debitul de aer:** a fost monitorizat cu ajutorul unui debitmetru instalat pe retea de aer cu domeniul de masura intre $0 \div 50$ lpm.

Descriere experiment:

Experimentul 14 s-a desfasurat pe o perioada de 30 ore, masuratorile fiind realizate in regim dinamic. Obiectivul acestui experiment a fost implementarea unor legi de control a concentratiei de substrat organic. S-au implementat urmatoarele legi de control: control liniarizant, liniarizant adaptiv (cu observer de substrat in functie de biomasa), un regulator PI pentru reglarea nivelului concentratiei de substrat organic in functie de biomasa recirculata.

Experimentul a fost inceput cu un debit constant de alimentare si cu o concentratie de oxigen dizolvat reglata la valoarea de 2mg/l. Dupa 8 ore de functionare, s-a constatat ca nivelul biomasei a ramas la o valoare scazuta (250 – 300 unitati nefelometrice). In consecinta, s-a adaugat inca o cantitate 0,5L de namol provenit de la statia de epurare a fabricii de drojdie Rompak – Pascani, dupa care experimentul a fost lasat sa functioneze inca 9 ore in aceleasi conditii. S-a observat ca nivelul biomasei (masurata prin intermediul turbiditatii) a crescut continuu, ajungand, la sfarsitul experimentului, la valori de peste 1000 de unitati nefelometrice.

Amestecul initial de namol utilizat pentru inoculare a avut o densitate optica masurata la **600 nm egala cu 6.7**, reprezentand o concentratie de **1,4 % (v/v)** in raport cu volumul util de mediu din bioreactor.

In continuare, au fost aplicate legile de control mentionate anterior, masurandu-se prin analize de laborator parametrul CCO. Rezultatele obtinute in urma controlului sunt prezentate in capitolul 7 al prezentului raport.

Trebuie mentionat faptul ca la ora 24 a experimentului s-a produs o avarie, in sensul ca, din cauza vibratiilor, una dintre cuplele de placile de achizitie a iesit, nemaifacand un contact ferm, ceea ce a produs o modificare a valorilor parametrilor monitorizati de calculator. Avaria a fost remediata in foarte scurt timp, neafectand evolutia experimentului.

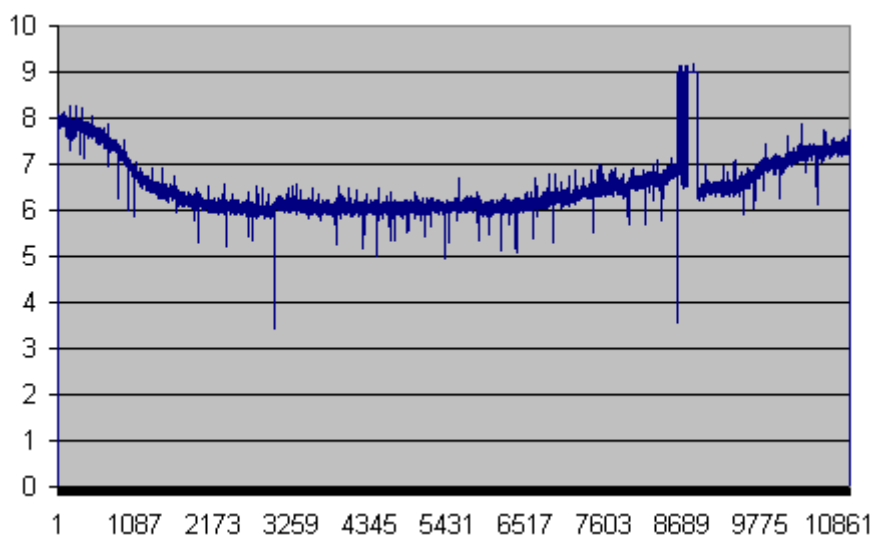


Fig. 2.69. Evolutia pH-ului

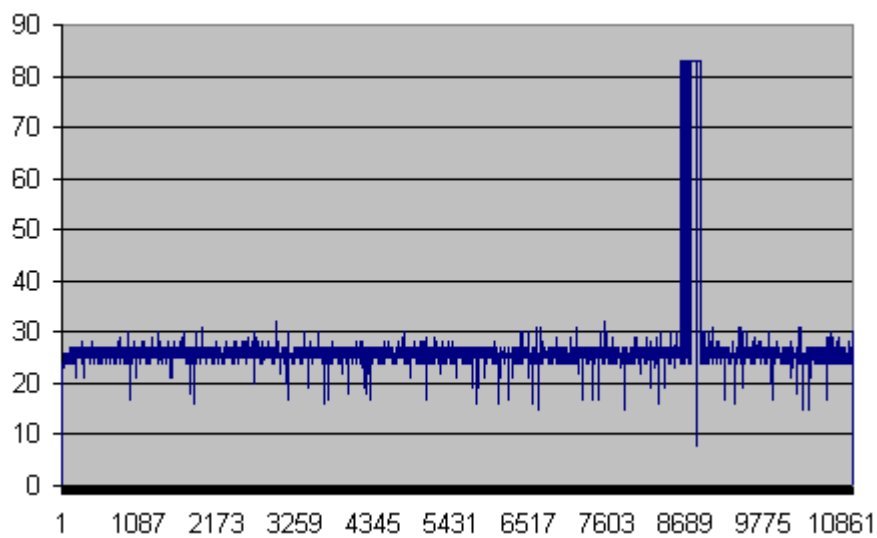


Fig. 2.70. Evolutia temperaturii

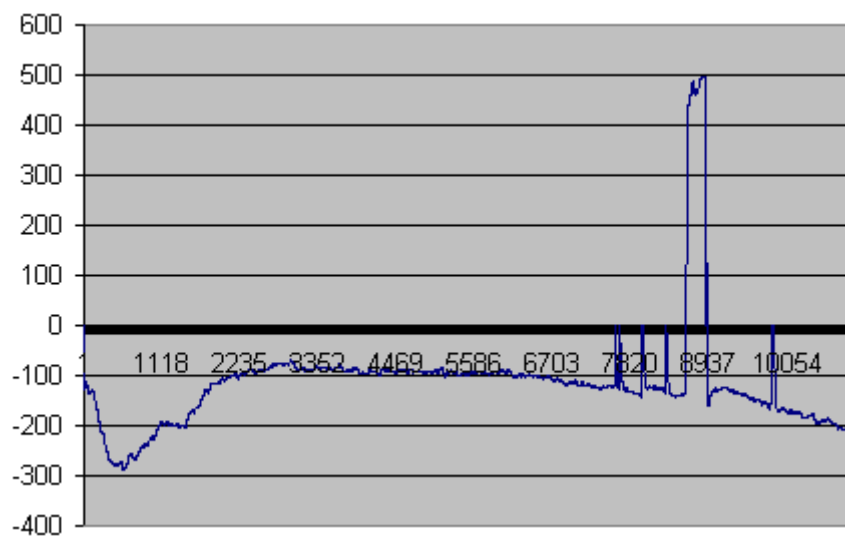


Fig. 2.71. Evolutia potentialului redox (ORP)

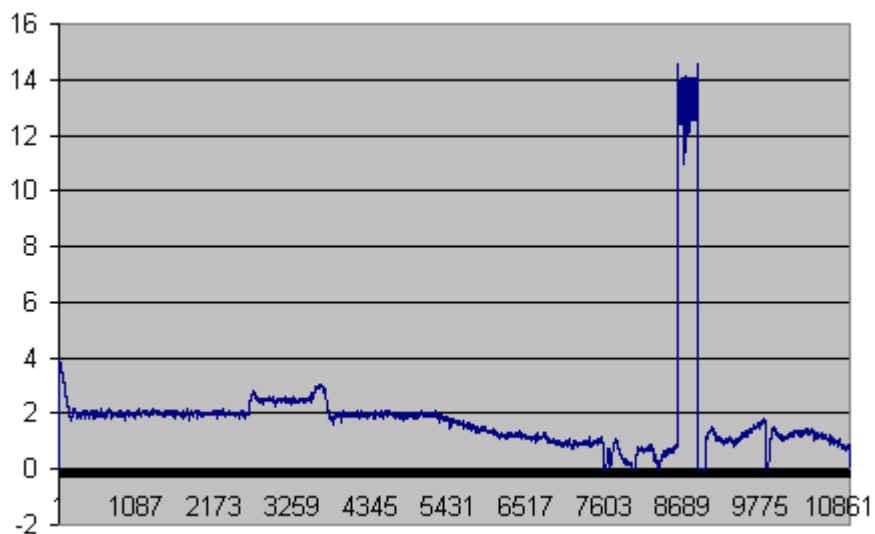


Fig. 2.72. Evolutia concentratiei de oxigen dizolvat

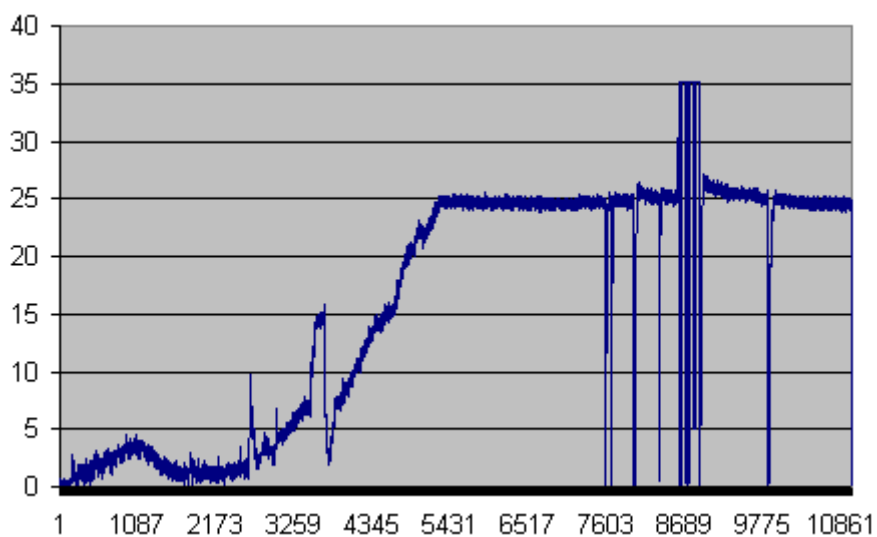


Fig. 2.73. Evolutia debitului de aer

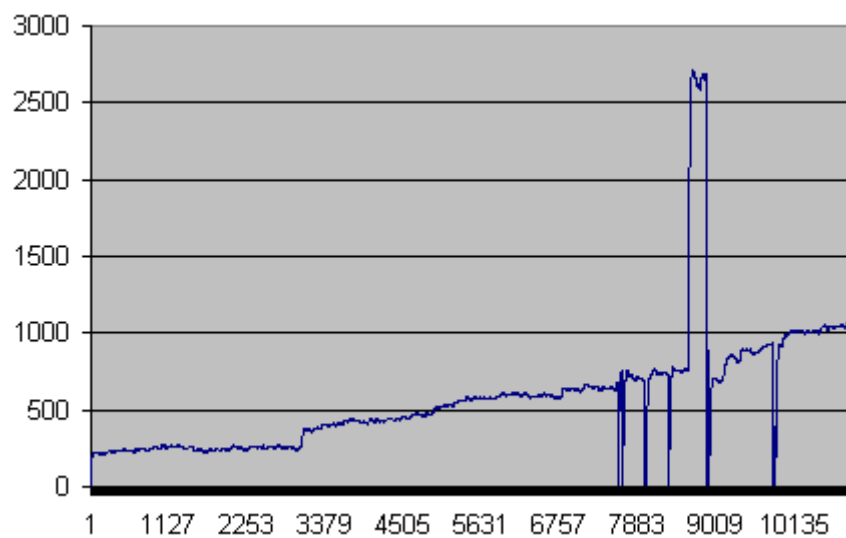


Fig. 2.74. Evolutia TSS

EXPERIMENTUL 15

Conditii de lucru:

- **Mediul de cultura:** zer diluat in raport de 1:30 cu apa potabila, cu o concentratie initiala a CCO de 2409 mg O₂/litru
- **Inoculul:** namol activat provenit de la statia de epurare apartinand fabricii de drojdie Rompak - Pascani combinat in raport de 1:1 namol decantat obtinut in urma experimentului 11. Cantitatea utilizata a fost de 0.5 litri.
- **pH-ul:** nu s-a modificat ci doar s-a monitorizat continuu.
- **Temperatura:** s-a mentinut constanta la 25 °C.
- **Volumul de aer barbotat:** in functie de concentratia oxigenului dizolvat mentinut la 2 mg/l.
- **Debitul de alimentare cu apa uzata:** variabil, setat in functie de turbiditate.
- **Viteza de agitare:** s-a mentinut constanta la 180 rpm.

Masuratori realizate:

- **pH-ul** s-a monitorizat continuu cu ajutorul electrodului dedicat; domeniu de masura 0 ÷ 14 unitati de pH.
- **Oxigenul dizolvat** s-a masurat continuu cu ajutorul electrodului dedicat; domeniu de masura 1 ÷ 20 mg/l.
- **Consumul chimic de oxigen (CCO)** s-a determinat de trei ori pe zi fiind exprimat in mg O₂/l.
- **Turbiditatea** din bazinul de reactie a fost monitorizata continuu cu ajutorul unui traductor dedicat cu domeniul de masura intre 0 ÷ 3000 Unitati Nefelometrice.
- **Turbiditatea apei epurate** s-a masurat o data pe zi; este exprimata in unitati nefelometrice – NTU.

- **Potentialul redox (ORP)** a fost monitorizat continuu cu ajutorul electrozului dedicat; domeniu de masura $-1000 \div +1000$ mV.
- **Debitul de aer:** a fost monitorizat cu ajutorul unui debitmetru instalat pe reseaua de aer cu domeniul de masura intre $0 \div 50$ lpm.

Descriere experiment:

Experimentul 15 s-a desfasurat pe o perioada de 54 ore, masuratorile fiind realizate in regim dinamic. Obiectivul acestui experiment a fost implementarea unei legi de control prin care s-a reglat concentratiei de substrat organic in functie de turbiditate.

Amestecul de namol utilizat pentru inoculare a avut o densitate optica masurata la 600 nm egala cu 6.7, reprezentand o concentratie de 1,4 % (v/v) in raport cu volumul util de mediu din bioreactor.

Valorile initiale ale debitului de alimentare au fost foarte mici, apropiate de 0, dar, odata cu cresterea turbiditatii debitul de alimentare, acesta a crescut, considerandu-se ca sunt mai multe microorganisme care pot consuma mai mult substrat.

Dupa 33 de ore de functionare turbiditatea a crescut destul de mult (750 NTU) iar debitul de alimentare deasemenea (10.5 lph). Valoarea CCO la iesirea din statia de epurare inregistra un randament de epurare de aproximativ 50% dar cantitatea de apa epurata era din ce in ce mai mare. Pentru a obtine valori mai mici pentru apa epurata s-a micorat debitul de alimentare la jumatate. In urmatoarele 11 ore cresterea turbiditatii a determinat o crestere a debitului pana la 9 lpm. Valorile CCO obtinute pe apa epurata au scazut destul de mult, namolul obtinut putand consuma substantele organice chiar si la debite atat de mari. Cea mai mare cantitate exprimata in g/ora eliminata din apa uzata s-a inregistrat in jurul orei 43 la un debit de aproximativ 9 lpm.

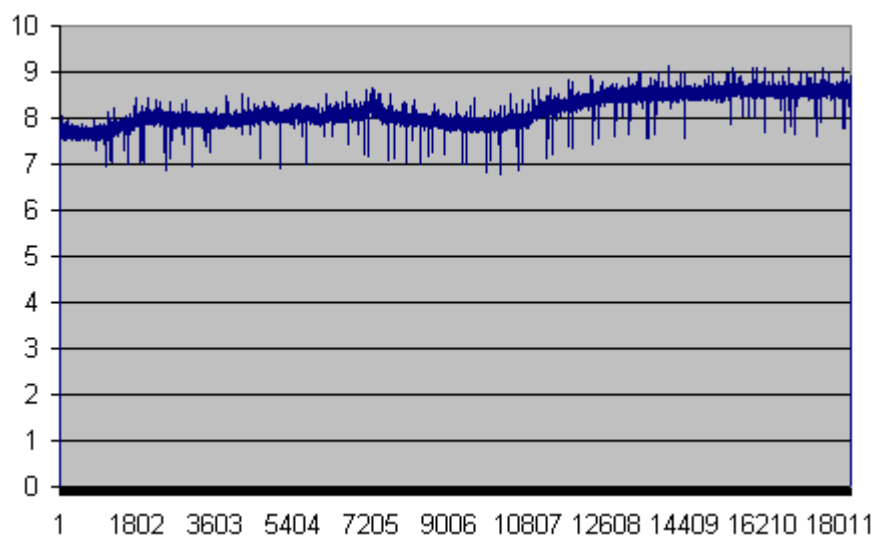


Fig. 2.75. Evolutia pH-ului

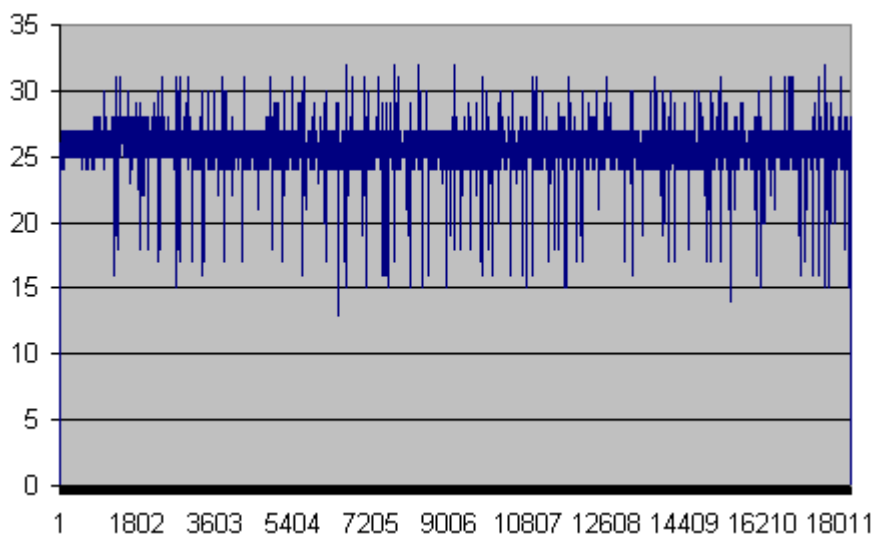


Fig. 2.76. Evolutia temperaturii

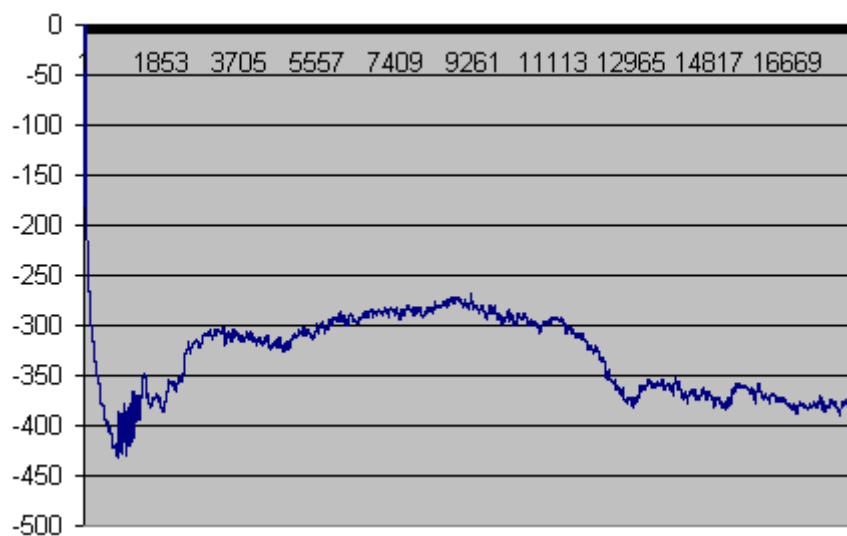


Fig. 2.77. Evolutia potentialului redox (ORP)

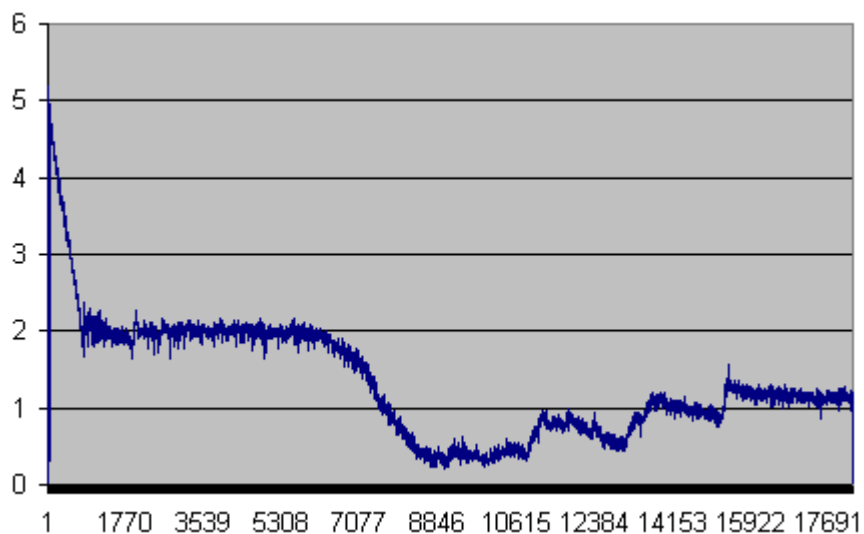


Fig. 2.78. Evolutia concentratiei de oxigen dizolvat

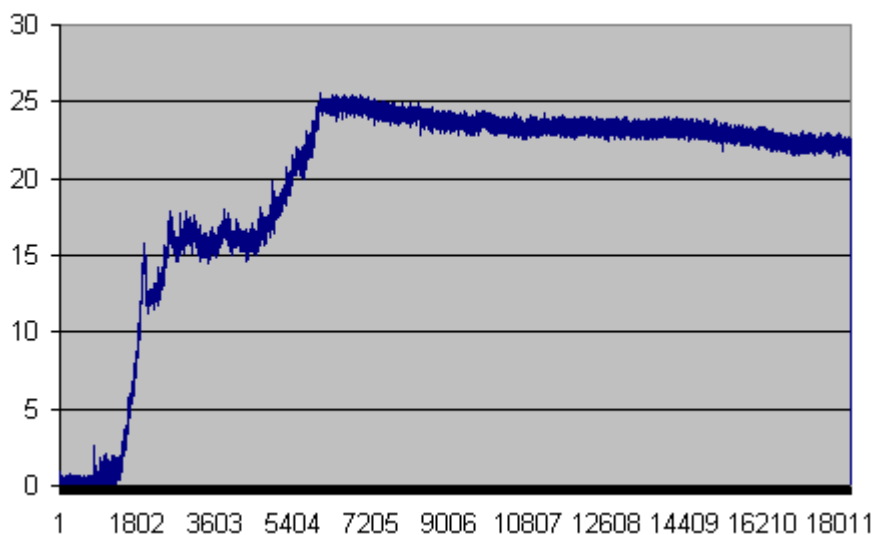


Fig. 2.79. Evolutia debitului de aer

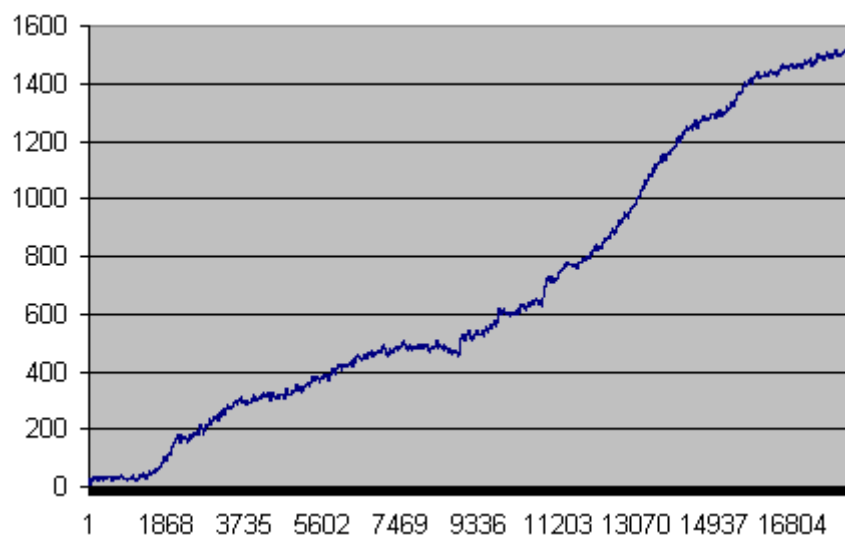


Fig. 2.80. Evolutia TSS

Referinte bibliografice

- Banu, C., 1998, *Manualul inginerului de industrie alimentara*, vol. 1, Ed. Tehnica Bucuresti;128-165.
- Carawan, V. A. J., Hansen, a.p., 1979, Wastewater characterization in a multiproduct dairy, *Dairy Sci*, vol. 62, no.8, 1243-1251.
- Dawson, D., 2005, Foodborne protozoan parasites, *International Journal of Food Microbiology* 103 : 207– 227.
- Eerd, L. L, Hoagland, R. E., Zablotowicz, R. M., Hall, C. J., 2003, Pesticide metabolism in plants and microorganisms, *Weed Science*, 51:472–495.
- Fillaudeau, L., Avet, P. B., Daufin, G., 2006, Water, wastewater and waste management in brewing industries, *Journal of cleaner production* 14: 463-471.
- Ibekue, M. A., Grieve, C.M., Lyon, S.R., 2003, Characterization of microbial communities and composition in constructed dairy wetland wastewater effluent, *Appl. Environ. Microbiology*, 69(9): 5060-5069.

- Janczukowicz, W., Zielinski, M., Debowski, M., 2007, Biodegradability evaluation of dairy effluents originated in selected sections of dairy production, *Bioresource Technology* (in press).
- Kontogianni, A., Langford, I. H., Papandreou, A., Skourtos, M. S., 2003, Social preferences for improving water quality: an economic analysis of benefits from wastewater treatment, *Water Resources Management* 17: 317–336.
- Madigan, T. M., Martinko, J. M, Parker, J., 2000, Brock biology of microorganisms, ninth edition, *Prentice-hall, inc.*, pp. 1-29, 102-163, 642-720.
- Spellman, R. F, 2003, Handbook of water and wastewater treatment plant operations, Lewis Publishers, chapter: Water microbiology.
- Zara, L. M, 1999, Valorificarea pe cale biotehnologica a zerului, Universitatea “Dunarea de Jos” Galati, pag. 62-90.
- Evans M. Gareth and Furlong C. Judith (2003) *Environmental Biotechnology. Theory and Application*, University of Durham, UK and Taurus Biotech Ltd, John Wiley & Sons, Inc.
- Michal, G. (1992) *Biochemical Pathways*, 3rd edition, Boehringer Mannheim GmbH, Germany.
- Woese, C. R. and Fox, G. E. (1977) Phylogenetic structure of the prokaryotic domain: the primary kingdoms, *Proceedings of the National Academy of Sciences USA*, **74**: 5088–90.
- Woese, C. R., Kandler, O. and Wheelis, M. L. (1990) Towards a natural system of organisms: proposal for the domains Archaea, Bacteria, and Eucarya, *Proceedings of the National Academy of Sciences USA*, **87**: 4576–9.
- Cavalier-Smith, T. (2002) The neomuran origin of archaeobacteria, the negibacterial root of the universal tree and bacterial megaclassification, *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology*, **52**: 7–76.
- Gabriel Bitton (2005) *Wastewater Microbiology*, 3rd edition, Department of Environmental Engineering Sciences University of Florida, Gainesville, Florida, John Wiley & Sons, Inc.

- Clements, K. D., and S. Bullivant. 1991. An unusual symbiont from the gut of surgeonfish may be the largest known prokaryote. *J. Bacteriol.* 173: 5359–5362.
- Kreft, J.-U., Picioreanu, C., Wimpenny, J.W.T. and van Loosdrecht, M.C.M. (2001) Individual-based modelling of biofilms, *Microbiology*, **147**: 2897–912.
- Demaneche, S., Bertolla, F., Buret, F., Nalin, F., Sailland, A., Auriol, P., Vogel, T. M. and Simonet, P. (2001) Laboratory-scale evidence for lightning-mediated gene transfer in soil, *Applied and Environmental Microbiology*, **67**: 3440–4.
- Ehlers, L. J. (2000) Gene transfer in biofilms, *Community Structure and Cooperation in Biofilms*, Fifty-ninth Symposium of the Society for General Microbiology held at the University of Exeter, September, Cambridge University Press, Cambridge, pp. 215–56.
- Marison, L. W. 1988a. *Growth kinetics*. In: *Biotechnology for Engineers: Biological Systems in Technological Processes*, A. Scragg, Ed., Ellis Horwood, Chichester, U.K. (pp. 184–217).
- Leis, A., and H.-C. Flemming. 2002. *Activity and carbon transformations in biofilms*, pp. 81–92, In: *Encyclopedia of Environmental Microbiology*, G. Bitton, editor-in-chief, Wiley-Interscience, N.Y.
- Brock, T. D., and M. T. Madigan. 1991. *Biology of Microorganisms*. 6th Ed. Prentice-Hall, Englewood Cliffs, N. J.
- Barnes, D., and P.J. Bliss. 1983. *Biological Control of Nitrogen in Wastewater Treatment*, E. & F.N. Spon, London.
- Alexander, M. 1977. *Introduction to Soil Microbiology*. Wiley, New York, 2nd Ed.
- Atlas, R. M., and R. Bartha. 1987. *Microbial Ecology: Fundamentals and Applications*. Addison Wesley, Reading, MA.
- Grady, C. P. L., Jr., and H. C. Lim. 1980. *Biological Waste Treatment: Theory and Applications*. Marcel Dekker, New York, 963 pp.

- Sabra, W., A.-P. Zeng, H. Lunsdorf, and W.-D. Deckwer. 2000. *Effect of oxygen on formation and structure of Azotobacter vinelandii alginate and Its role in protecting nitrogenase*. Appl. Environ. Microbiol. 66: 4037–4044.
- Focht, D. D., and W. Verstraete. 1977. *Biochemical ecology of nitrification and denitrification*. Adv. Microb. Ecol. 1: 135–214.
- Ward, B. B. 2002. Nitrification in aquatic systems, pp. 2144–2167, In: *Encyclopedia of Environmental Microbiology*, G. Bitton, editor-in-chief, Wiley-Interscience, N.Y.
- Wagner, M., G. Rath, R. Amann, H.-P. Koops, and K.-H. Schleifer. 1995. *In situ identification of ammonia-oxidizing bacteria*. Syst. Appl. Microbiol. 18: 251–264.
- Falih, A. M. K., and M. Wainwright. 1995. *Nitrification in vitro by a range of filamentous fungi and yeasts*. Lett. Appl. Microbiol. 21: 18–19.
- Verstraete, W., and M. Alexander. 1972. *Heterotrophic nitrification by Arthrobacter sp. J. Bacteriol.* 110: 955–961.
- Hanaki, K., Z. Hong, and T. Matsuo. 1992. *Production of nitrous oxide gas during denitrification of wastewater*. Water Sci. Technol. 26: 1027–1036.
- Delwiche, C. C. 1970. *The nitrogen cycle*. Sci. Amer. 223: 137–146.
- Metcalf and Eddy, Inc. 1991. *Wastewater Engineering: Treatment, Disposal and Reuse*, McGraw-Hill, New York, 1334 pp.
- Bouchard, D. C., M. K. Williams, and R. Y. Surampalli. 1992. *Nitrate contamination of groundwater: Sources and potential health effects*. J. Amer. Water Works Assoc. 84(9): 85–90.
- Ehrlich, H. L. 1981. *Geomicrobiology*, Marcel Dekker, New York.
- Rawlings, D. E. 2002. *Heavy metal mining using microbes*. Annual Rev. Microbiol. 56: 65–91. Ray, C., T. Grischek, J. Schubert, J. Z. Wang, and T. F. Speth. 2002. *A perspective of riverbank filtration*. J. AWWA 94 (4): 49–159.
- Sawyer, C. N., and P. L. McCarty, 1967. *Chemistry for Sanitary Engineers*. McGraw-Hill, New York.

NP 107-2004 - *Normativ pentru proiectarea construcțiilor și instalațiilor de epurare a apelor uzate orășenești – Partea a IV-a: Treapta de epurare avansată a apelor uzate* - O.M.T.C.T. 163/2005

Stumm, W. and Morgan, J. J., *Aquatic Chemistry. Chemical Equilibria and Rates in Natural Waters*, 3rd ed., New York, 1996.

Byl, T. D., and Williams, S. D., *Biodegradation of Chlorinated ethenes at a karst site in Middle Tennessee. U.S. Geological Survey Water - Resources Investigations Report 99-4285*, 2000. Disponibil și pe <http://pubs.water.usgs.gov/wri994285>.