

CAPITOLUL 3

Analiza, pe substraturi model si reale, folosind bioreactoarele existente in cadrul Facultatii de Stiinta si Ingineria Alimentelor, a speciilor de microorganisme cele mai eficiente pentru reducerea substantelor organice provenite din procese specifice industriei alimentare - Obiectivul IV

Activitatea IV.1

Identificarea speciilor de microorganisme cele mai eficiente pentru eliminarea substantelor organice din apele reziduale din industria alimentara (industria laptelui si a berii)

3.1. Consideratii generale

Apa este unul din componentii de baza ai vietii, de aceea cunoasterea calitatii sale prezinta o importanta decisiva. România este o țară bogată în resurse de apă, ocupând locul 21 în Europa (cf. Statisticii Națiunilor Unite) în condițiile în care dispune de numai 1700 m³ de apă timp de un an pentru un locuitor.

Deși țara noastră este inzestrata cu mari resurse de apa, din cauza deversarii tot mai accentuate a reziduurilor industriale sau menajere exista pericolul ca aceasta sa nu mai poata fi utilizata la intreaga ei capacitate.

Dezvoltarea industrială a condus la creșterea rapidă a necesarului de apă, respectiv a volumului apelor uzate evacuate din procesele tehnologice industriale.

Dupa provenienta lor, apele reziduale sunt clasificate in:

- ape uzate menajere
- ape uzate industriale

Principalele substante poluante din apele uzate industriale sunt *substantele organice si anorganice, dizolvate sau in suspensie*, cu diferite grade de nocivitate.

Microorganismele indigene (autohtone) si zimogene (care ajung in ape prin poluare) sunt parte a componentei biotice a apelor reziduale, alcatuind o microbiota extrem de diversa, adaptata la conditiile fizico-chimice specifice, cu rol esential in biodegradare.

Componenta calitativa si cantitativa a microbiotei apelor reziduale depinde de provenienta acestora. In mod normal in apele reziduale se intalneste un numar mare de bacterii heterotrofe care apartin speciilor: *Pseudomonas fluorescens*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Bacillus cereus*, *Bacillus subtilis*, *Enterobacter*, *Streptococcus faecalis*, *Escherichia coli* etc. Drojdiile apartinand speciilor *Saccharomyces*, *Candida*, *Cryptococcus*, *Rhodotorula* sunt deseori prezente in apele reziduale.

Pentru protectia mediului inconjurator, sanatatea si securitatea biocenozelor, in contextul integrarii Romaniei in UE, se impune alinierea tarii noastre la cererile politicii ce vizeaza protectia mediului, printre acestea numarandu-se si cele legate de tratarea, prin diverse metode, a apelor reziduale rezultate din industrie si nu numai. Un loc aparte il ocupa apele reziduale provenite din industria alimentara, acestea fiind caracterizate printr-un continut ridicat de compusi organici corelat si cu o incarcatura microbiana ridicata adaptata pentru biodegradarea substantelor din mediul lor de viata.

Cunoasterea compozitiei microbiotei apelor reziduale precum si a proprietatilor biochimice, corelate cu natura poluantilor, precum si a conditiilor fizico-chimice optime de activitate metabolica, este un element important in eficientizarea tratamentului biologic aplicat pentru epurarea apelor reziduale in statiile de epurare.

In acest context, prezentul studiu a 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.

3.2. Rezultate si discutii

Diversitatea microbiotei apelor reziduale din industria laptelui si din industria berii

Atat apele reziduale din industria prelucrării laptelui, cat si cele din industria berii, prezinta un continut ridicat in compusi organici biodegradabili, constituind astfel un mediu prielnic pentru dezvoltarea microorganismelor.

Din probele de ape reziduale prelevate, in urma examenului cultural, s-au obtinut culturi pure, care au fost examinate din punct de vedere microscopic si macroscopic in vederea identificarii categoriilor de microorganisme prezente (tabelul 3.1).

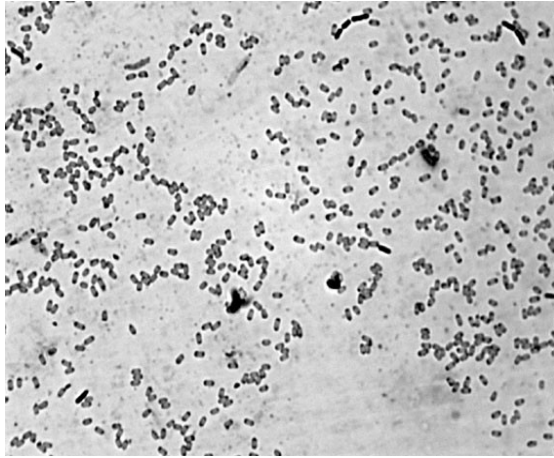
Tabelul 3.1. Culturi pure de microorganisme evidentiata in microbiota apelor uzate din industria berii si a laptelui

Sursa		Bacterii (Bc)	Drojii (Dj)	Fungi filamentosi (Fg)
Ape reziduale fabrica de bere (B)	Sursa 1 (S ₁)	I BS ₁ Bc1		II BS ₁ Fg1
		I BS ₁ Bc2		II BS ₁ Fg2
		I BS ₁ Bc3		
		I BS ₁ Bc4		
		I BS ₁ Bc5		
		I BS ₁ Bc6		
		II BS ₁ Bc1		
	Sursa 2 (S ₂)	I BS ₂ Bc1	I BS ₂ Dj1	
		I BS ₂ Bc2	II BS ₂ Dj1	
		II BS ₂ Bc1		
Canalizare generala (G)	I LGBc1		II LGFg1	
	I LGBc2		II LGFg2	
	II LGBc1			
	II LGBc2			

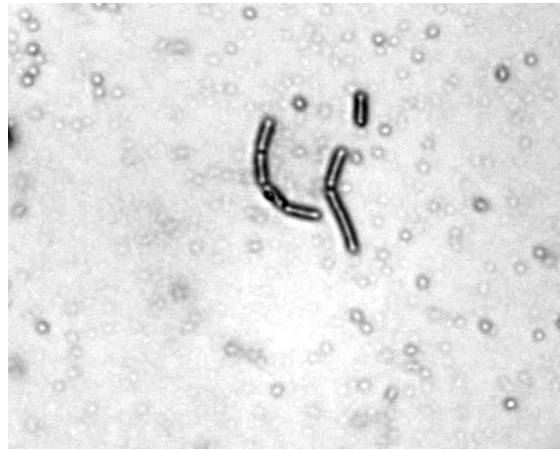
Ape reziduale fabrica de lapte (L)	Canalizare fabricarea branzei (B)	II LGBc3		
		I LBBc1	I LBDj1	II LBFg3
		I LBBc2	II LBDj1	II LBFg4
		II LBBc1	II LBDj3	II LBFg5
		II LBBc2	II LBDj4	
			II LBDj7	
			II LBDj8	
			II LBDj9	

Din datele prezentate in tabelul 3.1, se observa predominanta bacteriilor in microbiota apelor reziduale, iar in cazul apei de la fabrica de lapte, diversitatea de culturi de drojdii si mucegaiuri care, alaturi de bacterii, alcatuiesc o comunitate complexa in corelatie cu abundenta de compusi organici cu carbon si azot din aceste ape (lactoza, acid lactic, cazeine etc.).

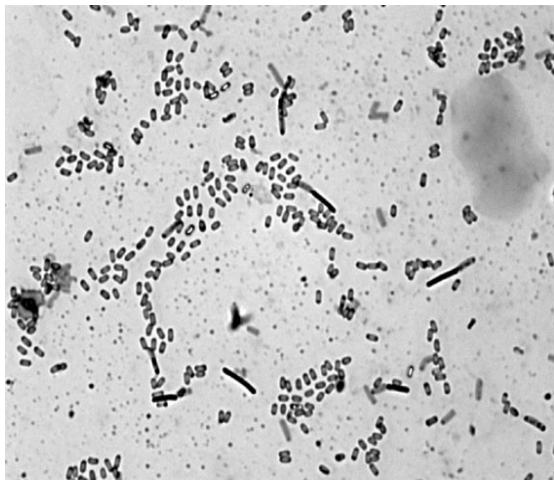
In urma examenului microscopic, corelat cu caracterele culturale, s-au identificat bacterii Gram pozitive si Gram negative apartinand genurilor *Bacillus* si *Pseudomonas*, specii de drojdii apartinand genurilor *Saccharomyces*, *Torulopsis* si *Kluyveromyces* si mucegaiuri apartinand genurilor *Aspergillus* si *Geotrichum* (figurile 3.1, 3.2, 3.3).



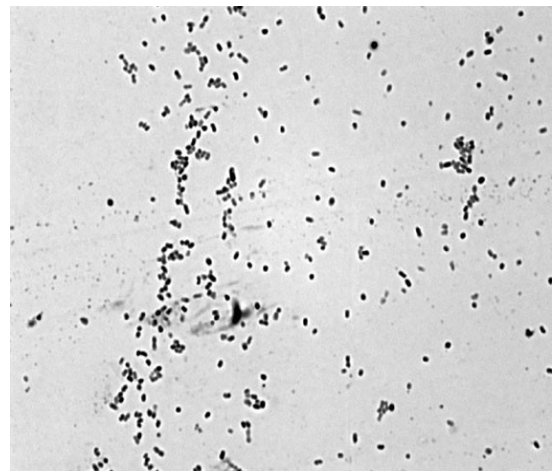
(a)



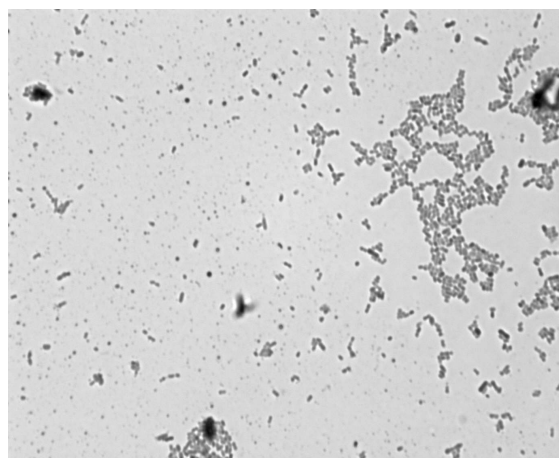
(b)



(c)



(d)



(e)

Fig. 3.1. Aspectul microscopic al bacteriilor izolate din apele reziduale prelevate de la fabrica de bere si de la fabrica de prelucrare a laptelui: (a) tulpina IBS1Bc2, (b) tulpina IBS2Bc1, (c) tulpina IIBS2Bc1, (d) tulpina ILGBc1, (e) tulpina ILGBc2

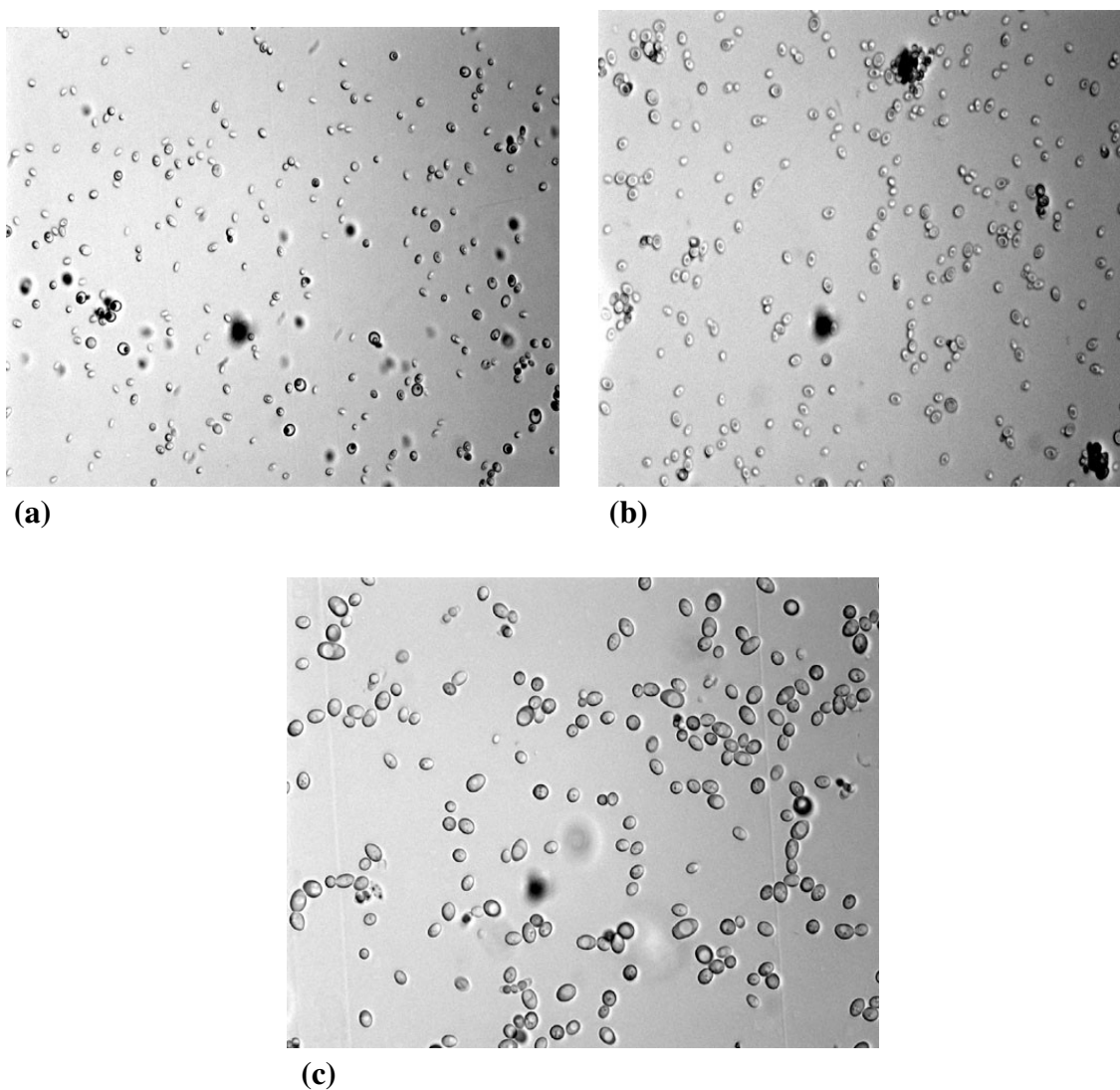
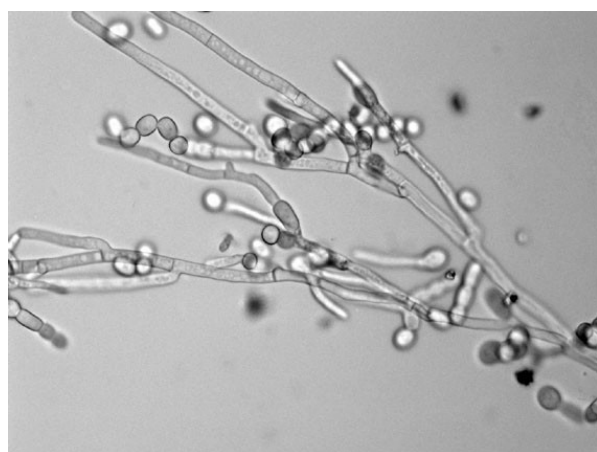
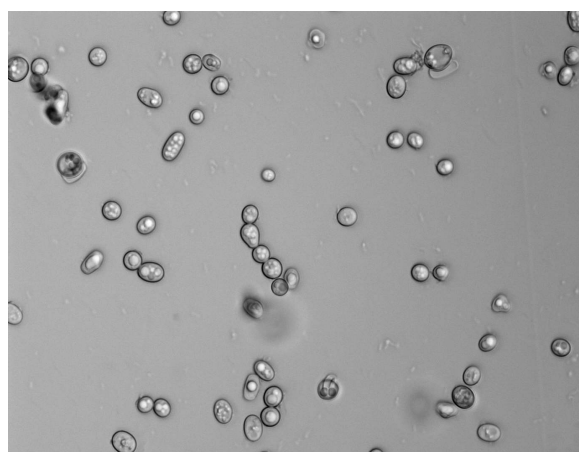


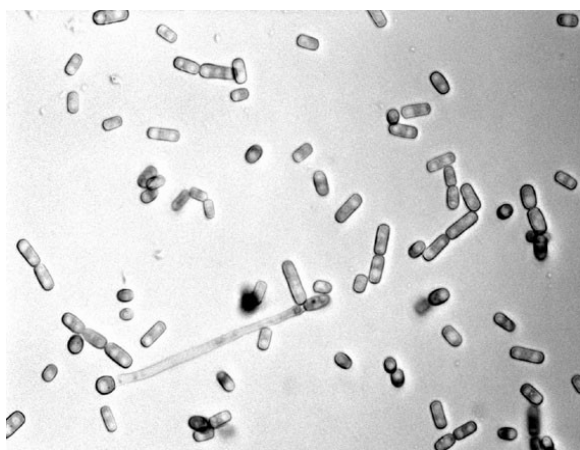
Fig. 3.2. Caracterele microscopice ale drojdiilor izolate din apele reziduale prelevate de la fabrica de bere si de la fabrica de prelucrare a laptelui: (a) tulpina IBS2Dj1, (b) tulpina IILBDj7, (c) tulpina IILBDj8.



(a)



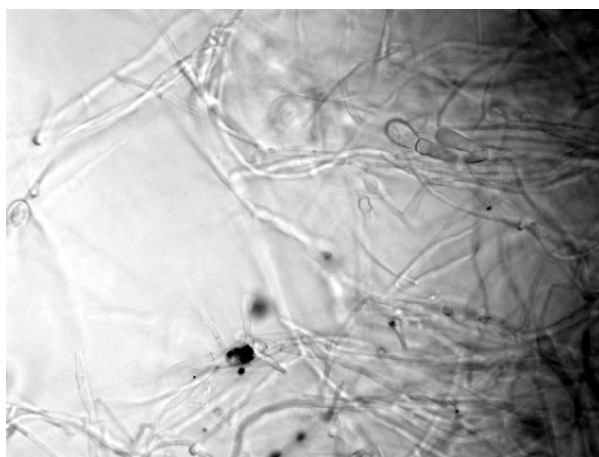
(b)



(c)



(d)



(e)

Fig. 3.3. Caracterile microscopice ale mucegaiurilor izolate din apele reziduale prelevate de la fabrica de bere si de la fabrica de prelucrare a laptelui: (a,b) tulpina IILBFg4, (c,d) tulpina IILBFg2, (e) tulpina IIBS1Fg1.

Potentialul din microbiota apelor reziduale de a metaboliza diverse surse de carbon si azot similare cu cele din biotopul din care s-a realizat izolarea

Din culturile pure izolate apartinand celor trei categorii de microorganisme, au fost inoculate celule pe medii specifice. Astfel, bacteriile au fost testate pentru capacitatea lor de a metaboliza amidonul, maltoza si lactoza prin cultivarea pe mediul BC cu 1% amidon, 1% maltoza, sau 1% lactoza. Au fost selectati acesti compusi avand in vedere incidenta acestora in apele reziduale, in corelatie cu compozitia materiilor prime procesate in cele doua subramuri ale industriei alimentare.

Dupa o termostatare timp de 48 de ore, la temperatura de 37°C, s-a evaluat dezvoltarea coloniala prin determinarea diametrului coloniei. S-a calculat media diametrelor si s-a stabilit deviatia standard (figura 3.4).

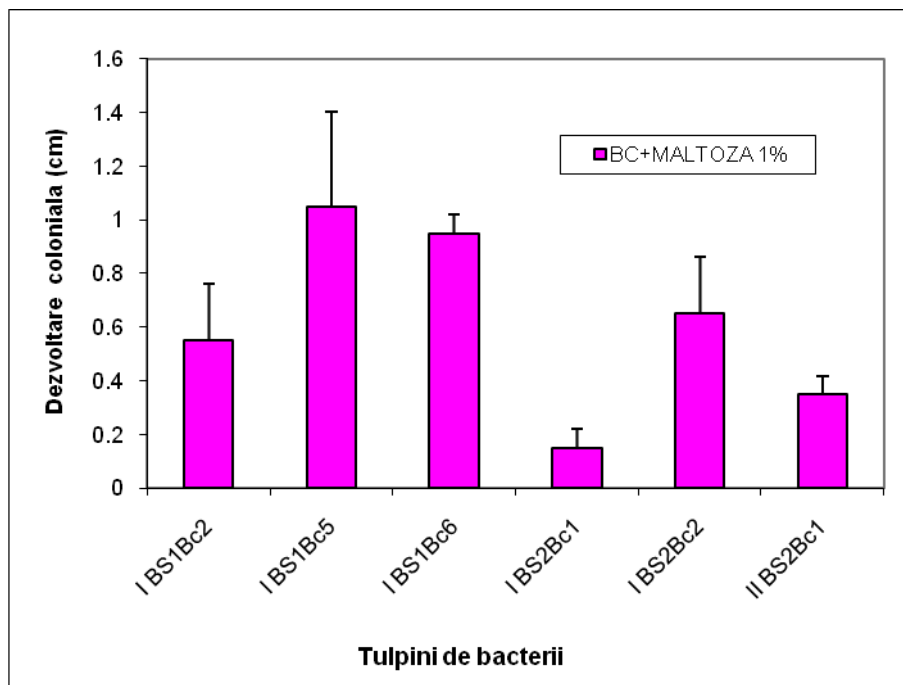


Fig. 3.4. Capacitatea bacteriilor izolate din apele reziduale din industria alimentara de a metaboliza maltoza

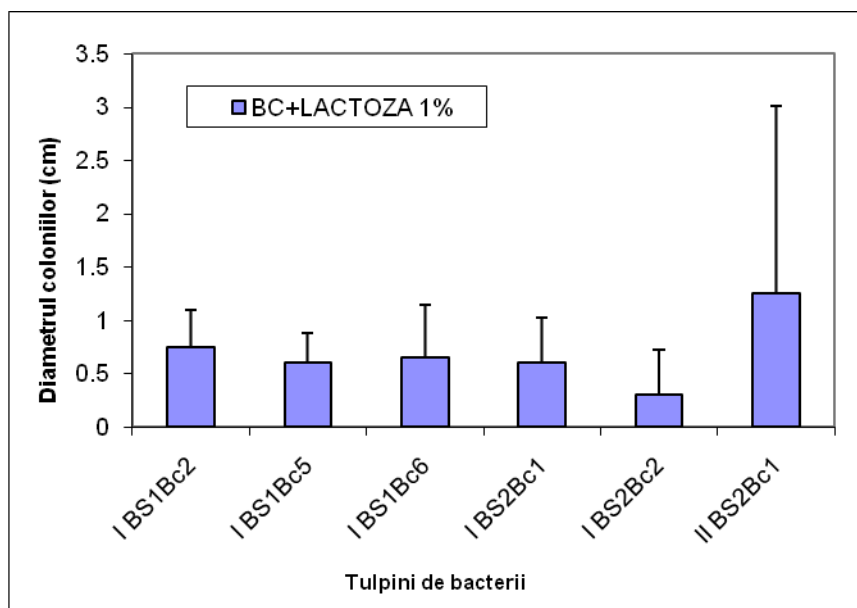


Fig. 3.5. Potentialul bacteriilor izolate din apele din apele reziduale de a metaboliza lactoza

Toate tulpinile de bacterii izolate din apele reziduale din industria berii sunt capabile sa metabolizeze maltoza. Aceasta denota o adaptare a microbiotei in acord cu compozitia mediului de viata, maltoza fiind un glucid care rezulta prin hidroliza amidonului care se regaseste in mustul de malt si in bere. Tulpinile IBS1Bc5, IBS1Bc6, prezinta cea mai buna capacitate de a metaboliza maltoza.

S-a testat capacitatea culturilor de bacterii izolate de a metaboliza lactoza. Prin cultivare pe mediul BC cu adaos de 1% lactoza ca unica sursa de carbon si energie, dupa 48 de ore de la cultivare, la temperatura de de 37°C, s-a observat o buna crestere coloniala, majoritatea tulpinilor formand colonii cu diametru mai mare de 0,5 cm, iar tulpina IBS2Bc1, o colonie cu diametrul de 1.2 cm, ceea ce indica un bun potential de metabolizare a lactozei (figura 3.5).

Capacitatea bacteriilor de a degrada amidonul a fost pusa in evidenta prin inocularea celulelor “in punct” pe suprafata mediului BC cu 1% amidon (unica sursa de carbon) si dezvoltarea zonei de hidroliza a amidonului in jurul coloniilor active prin inundarea

suprafetei mediului cu solutie 0.1N Lugol, dupa 48h de cultivare, la temperatura de 37°C. Au fost masurate diametrele coloniilor (Dc) si diametrele zonelor de hidroliza (Dh). Consumul de substrat s-a stabilit pe baza indicelui de hidroliza a substratului (Ih) stabilit pe baza raportului D_{zh}/D_c . Rezultatele sunt prezentate in figura 3.6.

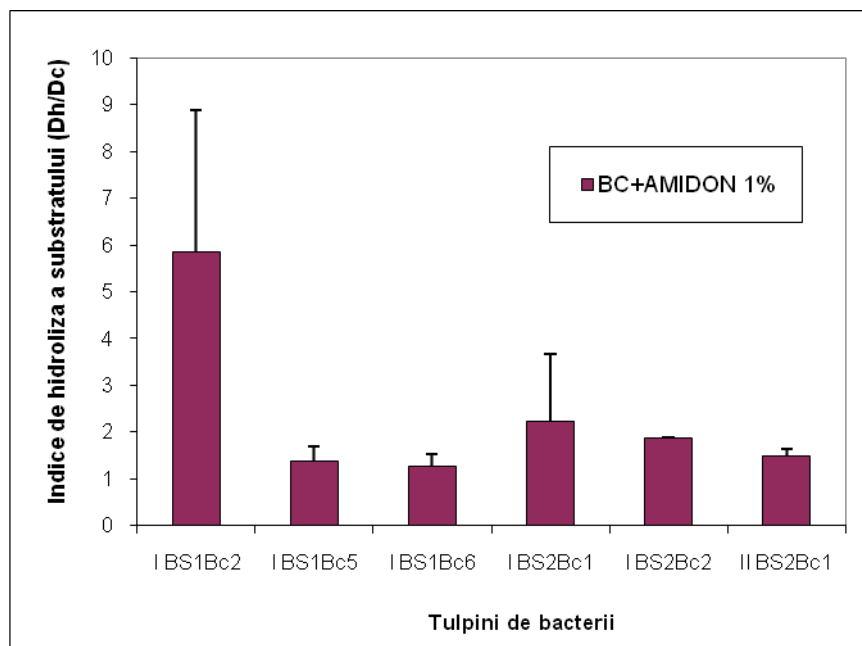


Fig. 3.6. Capacitatea bacteriilor izolate din apele reziduale din industria berii de a degrada amidonul

Toate culturile de bacterii izolate din apele reziduale din industria berii au capacitatea de a biodegrada amidonul, cel mai bun potential prezentandu-l tulpina IBS1Bc2.

Prin cultivarea bacteriilor pe mediul BC cu 1% cazeina, ca unica sursa de azot, dupa o termostatare timp de 48 de ore, la temperatura de 37°C, bacteriile au prezentat o crestere coloniala punctiforma fara sa fie vizibila o zona de hidroliza a cazeinei in jurul coloniilor, ceea ce sugereaza un metabolism slab al cazeinei.

Potentialul biodegradativ al drojdiilor din microbiota apelor reziduale asupra glucidelor simple

Tulpinile de drojdii izolate au fost testate prin tehnica inocularii in punct prin cultivare pe mediul DJ suplimentat cu 1% lactoza sau 1% maltoza ca unice surse de carbon. Dupa 4 zile de cultivare, la temperatura de 25°C s-a apreciat dezvoltarea coloniala, prin masurarea diametrului coloniilor.

In figura 3.7, se observa ca tulpinile de drojdii izolate din apele reziduale din industria berii, dar si a prelucrarii laptelui, prezinta o crestere coloniala redusa pe maltoza, diametrele nedepasind valoarea de 0,5 cm.

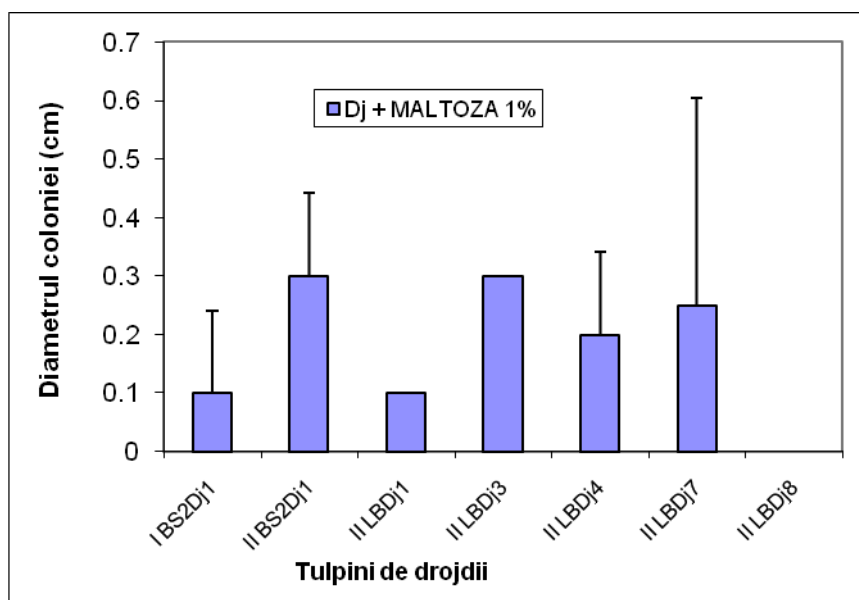


Fig. 3.7. Capacitatea drojdiilor din microbiota apelor reziduale din industria alimentara de a metaboliza maltoza

In apele reziduale de la fabricile de lapte este prezenta ca poluant lactoza, care in urma activitatii microbiotei, poate fi transformata in acid lactic, acid butiric, acid propionic si gaze, precum dioxid de carbon si hidrogen.

Toate tulpinile de drojdii izolate au capacitatea de a metaboliza lactoza, insa cel mai bun potential il prezinta tulpina IILBDj3 care a prezentat cresterea cea mai buna, diametrul coloniei atingand valoarea de 0,8 cm dupa 4 zile de cultivare pe mediu, cu 1% lactoza ca unica sursa de carbon (Figura 3.8).

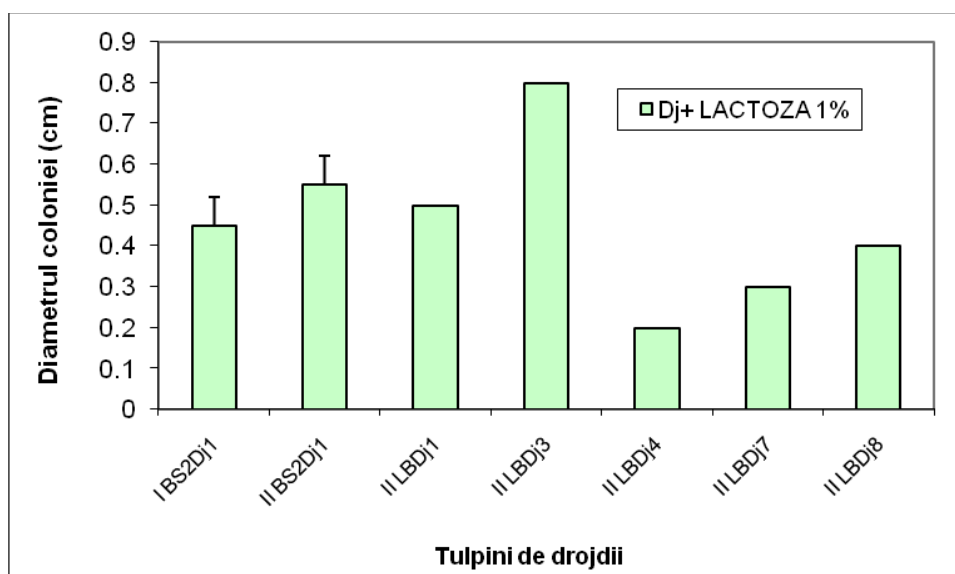


Fig. 3.8. Capacitatea drozdiilor din microbiota apelor reziduale din industria alimentara de a metaboliza lactoza

Implicatiile fungilor filamentosi in biodegradarea poluantilor organici din apele reziduale din industria alimentara

Culturile pure de mucegai, izolate din microbiota apelor reziduale, au prezentat un slab potential de biodegradare a compusilor model (amidon, cazeina, glucide simple, acid lactic). Capacitatea de biodegradare a acelor tulpini a fost comparata cu cea a tulpinii *Geotrichum candidum* MIUG 1.15, o tulpina performanta din colectia Laboratorului de Microbiologie (indicativ MIUG). Rezultatele sunt prezentate in tabelul 3.2.

Tabelul 3.2. Potentialul biodegradativ al mucegaiurilor izolate din microbiota apelor reziduale din industria alimentara

Sursa de izolare	Cod tulpina	Dezvoltare* pe mediul Czapek cu agar	Dezvoltare pe saruri Czapek cu adaos de:				
			1% maltoza	1% lactoza	1% acid lactic	1% amidon	1% cazeina
Ape reziduale din industria berii	IIBs1Fg1	+ + -	- - -	- - -	- - -	- - -	+ - -
	IIBS1Fg2	+ + -	- - -	- - -	- - -	- - -	+ - -

Universitatea „Dunarea de Jos” Galati – Capitolul 3: Analiza pe substraturi model si reale, folosind bioreactoarele existente in cadrul Fac. SIA, a speciilor de microorganisme cele mai eficiente pt. reducerea substantelor organice provenite din procese specifice industriei alimentare

Ape reziduale din industria laptelui	II LGFg1	++-	+-	+-	---	---	+-
	II LGFg2	++-	+++	---	---	---	+-
	II LGFg3	++-	---	---	+++		---
	II LGFg4	++-	+-	---	+-	+++	+-
	II LGFg	++-	---	---	+-	---	---
	<i>Geotrichum candidum</i> MIUG 1.15	+++	+++	+++	+++	++	+-

--- absenta crestere; +- - potential foarte scazut de metabolizare; ++ - potential mediu de metabolizare;
+++ potential crescut de metabolizare

Asa cum se poate observa din datele prezentate in tabelul 3.2, mucegaiurile prezente in microbiota apelor reziduale nu au implicatii majore in biodegradarea compusilor organici. Aceasta deoarece, in ape, mucegaiurile sunt prezente sub forma de spori, forme de rezistenta, in stare latentă, care nu participa la epurare.

In vederea identificarii unor tulpini active de mucegaiuri pentru constituirea unui inocul model util in experimentele ulterioare, s-a studiat potentialul unor tulpini de *Geotrichum candidum* din colectia MIUG, de biodegradare al unor compusi poluanti din apele reziduale. S-au utilizat cinci tulpini reactivitate din colectia Facultatii de Stiinta si Ingineria Alimentelor , Universitatea “Dunarea de Jos” din Galati cu codurile MIUG 1.8, MIUG 1.12, MIUG 1.14, MIUG 1.15, MIUG 1.16. Tulpinile au fost inoculate “in punct” pe mediul Czapek cu 1% amidon si respectiv 1% acid lactic si termostatare timp de 4 zile, la temperatura de 25°C. La cultivarea pe mediu cu 1% amidon diametrele coloniilor tulpinilor testate au depasit valoarea de 1 cm ceea ce indica o crestere foarte buna pe mediu cu amidon ca sursa unica de carbon si energie. Astfel, tulpinile MIUG 1.8 si MIUG 1.15 prezinta cel mai bun potential de biodegradare a amidonului, diametrele lor depasind valoarea de 2 cm (figura 3.9).

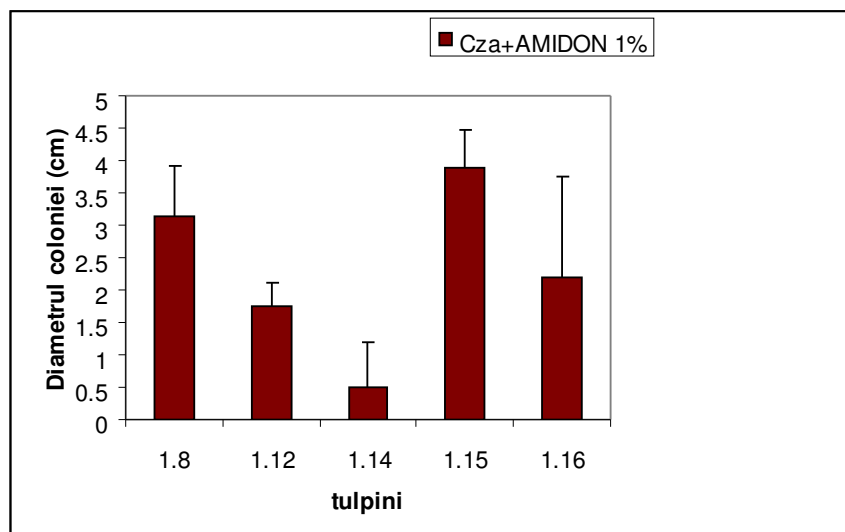


Fig. 3.9. Cresterea coloniala a tulpinilor de *Geotrichum candidum* cultivate pe mediu Czapek cu 1% amidon

Pentru monitorizarea cresterii coloniale la *Geotrichum candidum* pe mediul Czapek cu 1% acid lactic ca unica sursa de carbon, tulpinile MIUG 1.8, MIUG 1.12, MIUG 1.14, MIUG 1.15 si MIUG 1.16 au fost inoculate “in punct” pe mediu cu agar si termostatate la temperatura de 25°C, timp de 4 zile. Experimentul s-a efectuat in duplicat si s-a calculat media diametrelor si deviatia standard. In figura 3.10, se observa ca tulpina MIUG 1.15 a dezvoltat o colonie cu un diametru de 1,2 cm, in timp ce tulpina MIUG 1.14 nu a crescut pe mediul cu acid lactic. Tulpinile MIUG 1.18 si MIUG 1.12 prezinta o dezvoltare coloniala redusa, diametrele coloniilor fiind mai mici decat 0,5 cm.

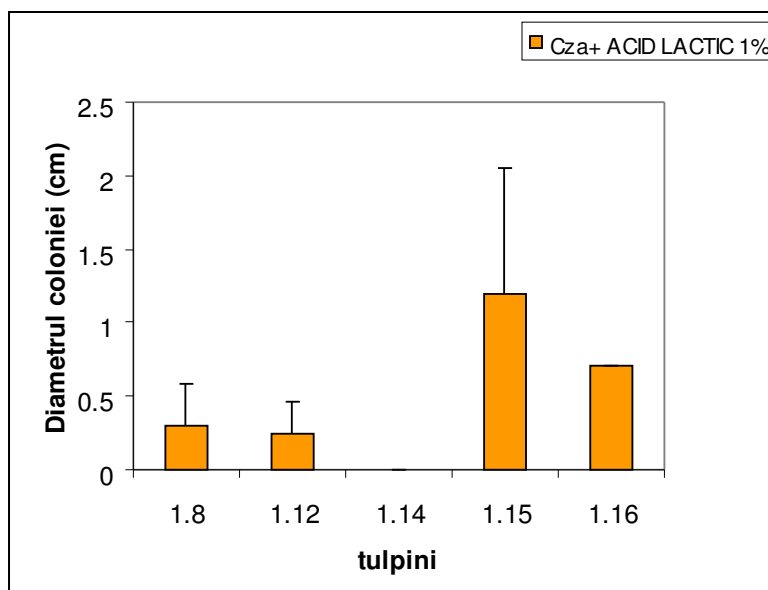


Fig. 3.10. Cresterea coloniala a tulpinilor de *Geotrichum candidum* pe mediul Czapek cu 1% acid lactic

3.3. CONCLUZII

1. Apele reziduale din industria berii si a laptelui contin o microbiota diversa alcatuita din bacterii, care sunt predominante, drojdii si mucegaiuri.
2. Prin analiza caracterelor morfologice ale tulpinilor izolate in culturi pure, analiza bazata pe examen microscopic direct si examen cultural s-au evidentiat urmatoarele grupe de microorganisme:
 - a. bacterii: genurile *Bacillus*, *Pseudomonas*, *Escherichia*;
 - b. drojdii: genurile *Saccharomyces*, *Kluyveromyces*, *Torulopsis*;
 - c. mucegaiuri: genurile *Aspergillus* si *Geotrichum*.
3. S-a testat capacitatea tulpinilor izolate de a metaboliza compusi organici in corelatie cu incidenta acestora in apele reziduale din industria alimentara.
4. In functie de potentialul de biodegradare al tulpinilor testate, datele obtinute sunt utile pentru realizarea unor culturi multiple, specializate in biodegradare, in corelatie cu tipul de poluanti organici din apele reziduale si gradul de poluare.

5. Studiul ofera date preliminare pentru identificarea unor tulpini active, adaptate la conditiile fizico-chimice din apele reziduale, in vederea utilizarii acestora in calitate de inocul specializat pentru teste de epurare in sisteme model si naturale.

Activitatea IV.2

Testarea speciilor de microorganisme pe substraturi model, preparate in laboratorul de epurare biologica a apelor reziduale, din cadrul Universitatii „Dunarea de Jos” din Galati

3.4. CONSIDERATII GENERALE

Experimentele de tratare aeroba au fost conduse pe medii model, prin care s-a urmarit simularea compozitiei apelor reziduale din industria laptelui si a berii.

Pentru obtinerea substratului model care sa simuleze compozitia apei reziduale din industria laptelui s-a utilizat ca substrat zer, care s-a amestecat cu apa de retea in proportie de 1:4. Zerul a provenit din procesul tehnologic de preparare a diferitelor tipuri de branzeturi de la fabrica Galacta – Galati. Proprietatile fizico chimice ale zerului utilizat in experimentari au fost urmatoarele:

- Grasimi:	0%
- Densitate:	1.02729 kg/m ³
- Lactoza:	3.81%
- Substanta uscata grasa:	7.35 %
- Proteine:	2.92 %
- Apa:	18.65 %
- Punct crioscopic:	0.423 °C
- Saruri minerale:	0.61 %

In acord cu normativele impuse in tara noastra, parametrii care se monitorizeaza si valorile acestora, in ceea ce priveste tratarea apelor uzate, precum si limitele maxime pentru deversarea acestor ape in receptorii naturali (din HG 188/2002, anexa 3 – NTPA 001) sunt redade in tabelul 3.3.

In general, in fabricile de prelucrare a laptelui apele reziduale sunt compuse din apele de spalare si de curatire rezultate la receptia laptelui sau de la umplerea recipientelor, la curatirea

camioanelor cisterna, a pasteurizatoarelor si a vaporizatoarelor si apele de spalare rezultate de la fabricarea untului. In multe situatii, indeosebi in fabricile de capacitate mica, zerul obtinut la fabricarea branzeturilor este evacuat cu apele reziduale. Zerul reprezinta o apa uzata foarte puternic incarcata si, pentru ca apele uzate sa se incadreze in limitele legale, acesta trebuie diluat cu cantitati substantiale de apa industriala sau potabila.

Tabelul 3.3. Normativele privind caracteristicile apelor reziduale din industria alimentara si limitele maxime admise pentru deversarea acestor ape in receptorii naturali

	Valori analizate	Valori maxim admise – NTPA 001/2002
• Turbiditate	500 ÷ 1400 mg/l	25 ÷ 60 mg/l
• Consum Chimic de Oxigen (CCO)	50.000 ÷ 80.000 mg/l	70 ÷ 125 mg/l
• Consumul Biochimic de Oxigen (CBO ₅)	20.000 ÷ 32.000 mg/l	20 ÷ 25 mg/l
• Azot total (N _{tot})	1100 ÷ 1200 mg/l	10 ÷ 15 mg/l
• Fosfati (PO ₄ ³⁻)	1500 ÷ 1800 mg/l	nenormat
• Fosfor total (P _{tot})	500 ÷ 600 mg/l	1 mg/l
• pH	4.5 ÷ 5.5	6.5 ÷ 8.5

Deasemenea, pentru simularea unui substrat model de apa reziduala rezultata de la fabricile de bere s-a constituit un mediu de cultura format din must de malt cu hamei (150mL) si apa de retea (600mL), ajustat cu NH₄Cl. Mustul de malt cu hamei a fost obtinut de la fabrica de bere Martens – Galati, el reprezentand substratul organic, similar cu poluantii din apa reziduala. Mustul de malt cu hamei are o concentratie foarte ridicata in substante organice cuprinsa intre 90.000 ÷ 100.000 mg/l O₂. Substantele organice provenite din malt sunt in general carbohidrati si in mai mica masura proteine, din acest motiv concentratia de azot organic este foarte scazuta (raport CBO₅:N fiind de 100: 1.3). Pentru obtinerea unui raport ideal CBO₅:N de 100:5 a fost necesara adaugarea a 0.84 g NH₄Cl /litru de mediu diluat. Un alt macroelement foarte important pentru dezvoltarea microorganismelor este fosforul regasit in cantitati destul de mari in mustul de malt cu hamei. Concentratia acestuia este cuprinsa intre 245 ÷ 260 mg/L.

3.5. REZULTATE SI DISCUTII

Pentru urmarirea evolutiei culturilor de microorganisme pe substraturi model si a capacitatii acestora de a consuma substantele organice s-au analizat doua dintre experimentele care s-au dovedit a fi cele mai relevante pentru evaluare. Ambele experimente care s-au desfasurat pe bioreactorul Aplikon cu capacitatea de 1 litru au urmarit crearea unor conditii ideale controlate de epurare. Cantitatea de aer barbotata a fost impusa in ambele experimente la 2 L/min, ceea ce reprezinta mai putin decat necesarul pentru activitatea fiziologica a microorganismelor, conducand la concurenta acestora pentru oxigen si implicit pentru substrat. pH-ul deasemenea a fost controlat prin aditia de acid sau baza la valori optime pentru dezvoltarea inoculului, (pH=5.5 in primul experiment si pH=6 pentru cel de-al doilea experiment). Temperatura de lucru a fost mentinuta la o valoare constanta de 25°C, iar pe traseul de aer s-a introdus un filtru care a avut rolul de a impiedica microorganismele din exterior sa participe la proces.

EXPERIMENTUL 1

In cele 12 zile de derulare a procesului de epurare in sistem tip sarja (engl. *batch*) s-au inregistrat principalii parametri de proces conform datelor prezentate in tabelul 3.4. Evolutia acestor parametri se prezinta in figurile 3.11, 3.12, 3.13 si 3.14.

Tabelul 3.4. Evolutia parametrilor de epurare biologica aeroba a unui model de apa reziduala (pe baza de zer) din industria laptelui utilizand inocul specializat

	Turbiditate [NTU]	Consum Chimic de Oxigen - CCO [mg/L]	Azot Total - N_{tot} [mg/L]	Oxigen dizolvat [% sat.]	Randament eliminare CCO [%]	Randament eliminare N_{tot} [%]
Ziua 0	175.00	13,625.00	287.50	38.90		
Ziua 1	700.00	13,418.00	140.00	9.34	1.52	51.30
Ziua 2	1,456.50	8,626.00	15.50	1.48	36.69	94.61
Ziua 3	2,810.00	6,126.00	99.00	0.82	55.04	65.57

Universitatea „Dunarea de Jos” Galati – Capitolul 3: Analiza pe substraturi model si reale, folosind bioreactoarele existente in cadrul Fac. SIA, a speciilor de microorganisme cele mai eficiente pt. reducerea substantelor organice provenite din procese specifice industriei alimentare.

Ziua 4	1,953.00	2,862.00	108.00	0.22	78.99	62.43
Ziua 5	1,676.50	1,144.00	14.80	6.71	91.60	94.85
Ziua 6	1,442.50	788.00	17.00	17.67	94.22	94.09
Ziua 7	1,234.50	1,100.00	18.40	16.56	91.93	93.60
Ziua 8	586.50	1,214.00	60.40	9.10	91.09	78.99
Ziua 9	550.00	1,150.00	50.00	10.14	91.56	82.61
Ziua 10	406.50	1,136.00	10.20	14.69	91.66	96.45
Ziua 11	394.00	1,234.00	80.40	19.22	90.94	72.03
Ziua 12	339.50	1,180.00	86.40	25.25	91.34	69.95

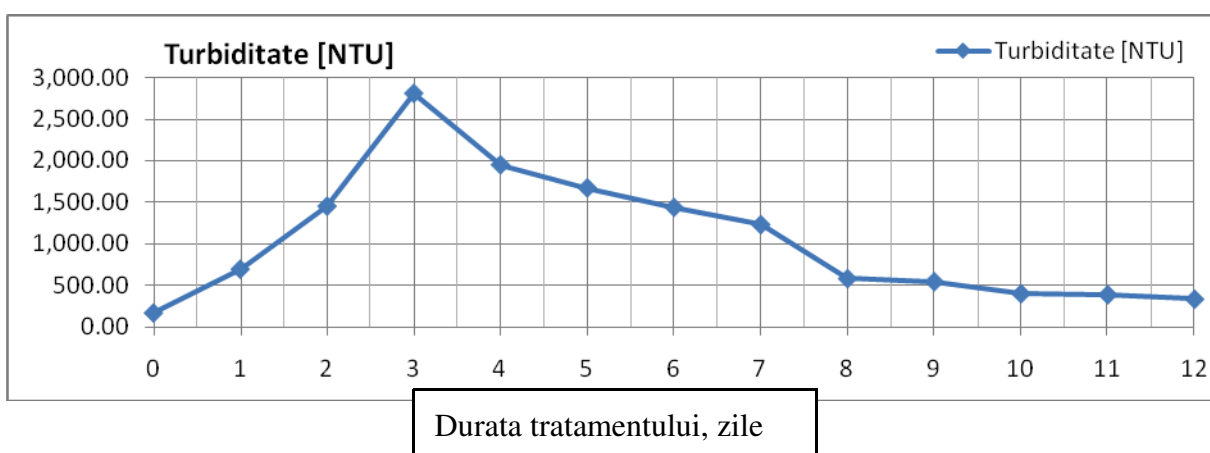


Fig. 3.11. Evolutia turbiditatii mediului in timpul epurarii mediului model pe baza de zer cu inocul specializat (proces condus in bioreactor de 1L)

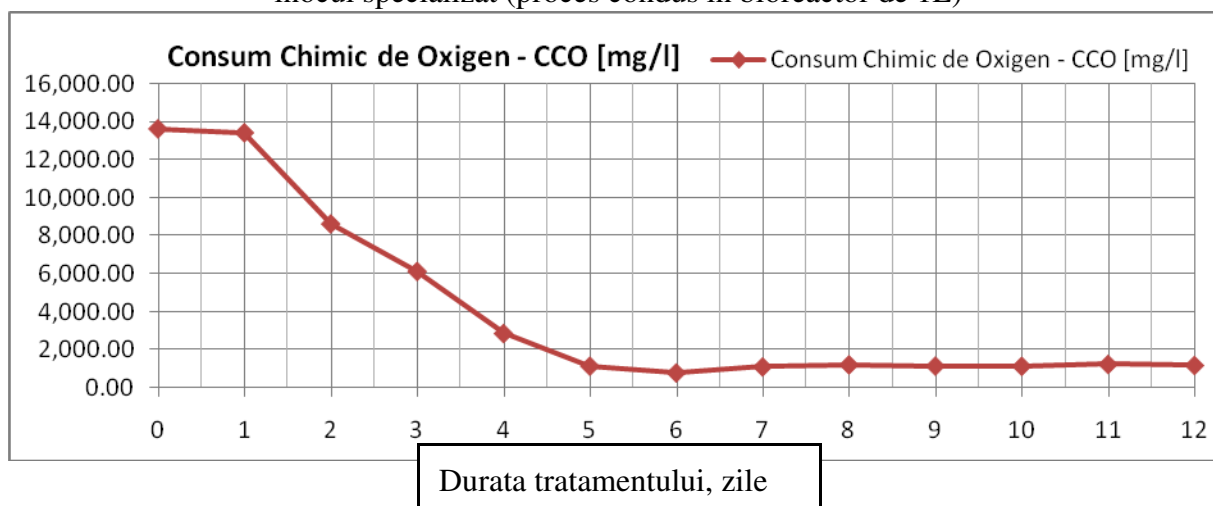


Fig. 3.12. Dinamica consumului chimic de oxigen (CCO) in timpul epurarii mediului model pe baza de zer cu inocul specializat (proces realizat in bioreactorul de 1L)

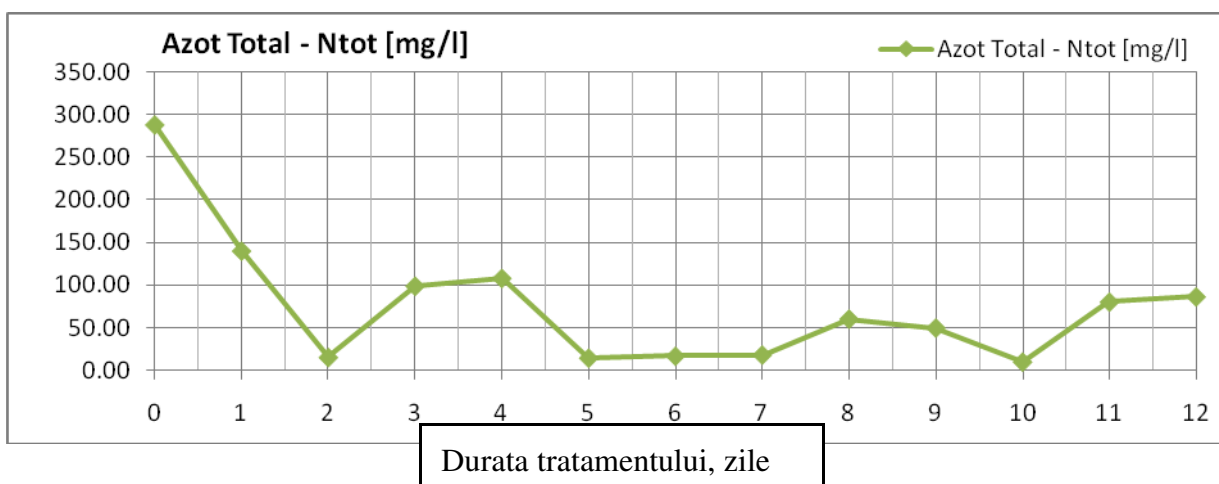


Fig. 3.13. Evolutia continutului de azot total in timpul epurarii mediului model pe baza de zer cu inocul specializat (proces realizat in bioreactorul de 1L)

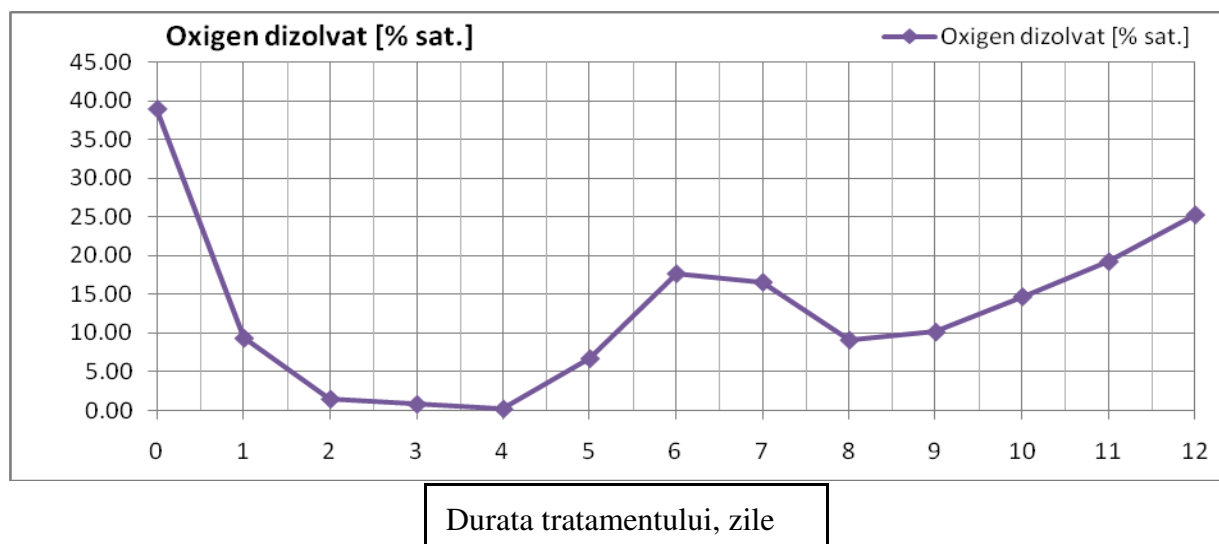


Fig. 3.14. Evolutia continutului de oxigen dizolvat in timpul epurarii mediului model pe baza de zer cu inocul specializat (proces realizat in bioreactorul de 1L)

Consumul chimic de oxigen, initial foarte ridicat, a atins in cea de-a sasea zi valoarea cea mai mica. Randamentul de eliminarea a substantelor organice dupa 6 zile (144 ore) de tratament aerob atinge valoarea maxima de aproximativ 95%. Dupa atingerea acestei valori minime, CCO creste datorita autolizei unei parti din microbiota (namolul) formata. Acest punct de inflexiune poarta numele de *prag de stabilizare* si reprezinta limita maxima de reducere a substantelor organice. Acest prag este caracteristic fiecarui sistem in parte.

In practica, procedeul de stabilizare, este denumit **tratament aerob cu aerare prelungita** si este aplicat ulterior tratamentului propriu-zis pentru a reduce cantitatea de compusi organici

volatili (COV). Efectul stabilizarii il reprezinta reducerea substantiala a mirosurilor neplacute, distrugerea bacteriilor patogene si obtinerea unui namol valorificabil in agricultura. Pe perioada stabilizarii, CCO poate varia sensibil in jurul ultimei valori.

Turbiditatea mediului ofera informatii pretioase asupra acumularii de biomasa in bioreactor. Prin multiplicarea celulelor, creste concentratia de biomasa in sistem si implicit se modifica turbiditatea, care creste. In paralel, se inregistreaza o scadere a concentratiei a compusilor cu azot (N_{tot}), deoarece, prin biodegradarea substratului, rezulta compusi asimilabili care sunt utilizati de celule pentru biosinteza biomasei.

In figura 3.15. se poate observa relatia de inversa proportionalitate intre turbiditate si consumul chimic de oxigen. Cu cat turbiditatea este mai mare, cu atat numarul de microorganisme este mai mare si, implicit, acestea vor consuma substantele organice din mediul de cultura determinand reducerea CCO. Scaderea turbiditatii in timpul epurarii este generata de autoliza unor celule prin care se elimina in mediu substante organice usor asimilabile (creste CCO) ce devin hrana pentru celelalte microorganisme.

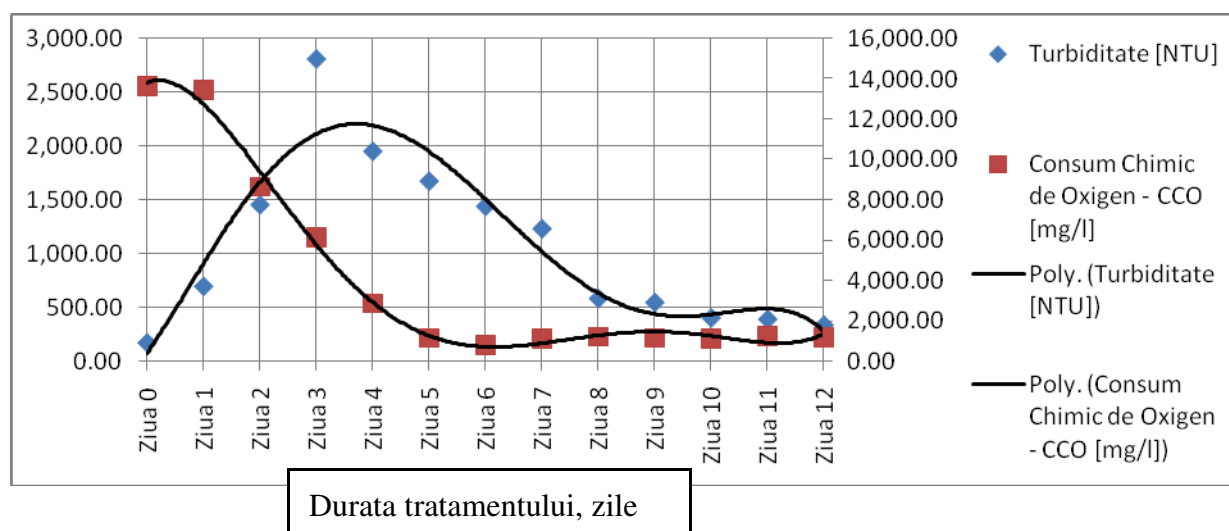


Fig. 3.15. Variatia turbiditatii si a CCO in timpul epurarii mediului model pe baza de zer cu inocul specializat (proces realizat in bioreactorul de 1L)

In primele trei zile ale experimentului se observa o crestere exploziva a numarului de microorganisme, turbiditatea atinand o valoare maxima de 2810 NTU. Cantitatea de substanta uscata se dubleaza in fiecare zi. Atingerea acestei valori maxime a turbiditatii nu a determinat

reducerea decat a 55% din CCO. Chiar daca turbiditatea incepe sa scada in urmatoarele zile, datorita inactivarii si autolizei unor microorganisme, acest aspect nu se regaseste in evolutia CCO, ea continuand sa scada pana in ziua a sasea.

Scaderea brusca a turbiditatii in a treia zi a experimentului, scadere care nu se regaseste in evolutia CCO, este produsa de autoliza biomasei (namolului activ).

Prin conversia lactozei, existenta initial in zer, in acid lactic, se inregistreaza o scadere a pH-ului in primele ore ale fiecarui experiment, dupa care pH-ul creste catre domeniul bazic, ca urmare a autolizei biomasei. Scaderea pH-ului a fost observata prin cantitatea de hidroxid de sodiu introdusa in mediu pentru mentinerea pH-ului la valoarea stabilita.

Odata cu epuizarea acestei surse de carbon din substrat, corelata si cu autoliza unei parti din biomasa, reactiile de oxidare a substantelor organice sunt continuate de microorganismele heterotrofe, capabile sa metabolizeze substante macromoleculare complexe (proteine, acizi nucleici etc.)

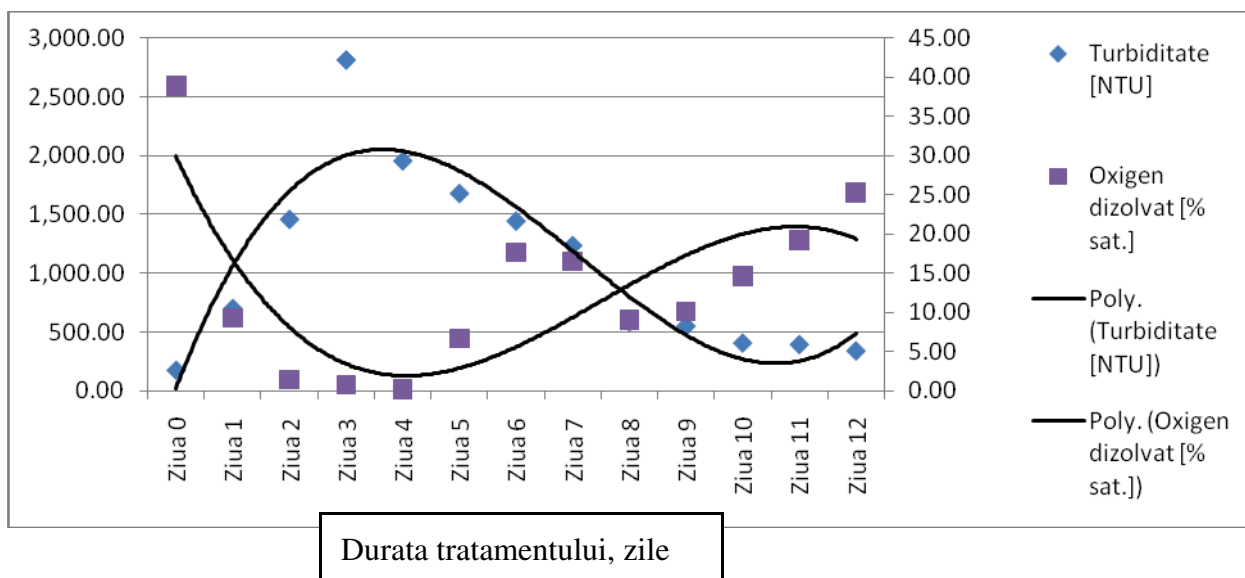


Fig. 3.16. Variatia turbiditatii si a oxigenului dizolvat in timpul epurarii mediului model pe baza de zer cu inocul specializat (proces realizat in bioreactorul de 1L)

Un alt parametru de mare importanta este concentratia oxigenului dizolvat in mediu. Concentratia de oxigen dizolvat este invers proportionala cu valoarea turbiditatii, asa cum se

observa din figura 3.16. Cantitatea de aer barbotata in bioreactor este constanta si, astfel, cu cat concentratia de microorganisme este mai ridicata, cu atat valoarea oxigenului dizolvat este mai mica datorita consumului intensiv. In momentul reducerii numarului de microorganisme valoarea oxigenului dizolvat creste. Corelatia dintre cele doua curbe este de aprox. 70%. In realitate, corelatia este mult mai mare, fenomen explicabil prin faptul ca in valoarea turbiditatii sunt incluse curbele dinamicii de crestere a mai multor specii de microorganisme (bacterii, drojdii si mucegaiuri), care se dezvoltă in aceleasi conditii de pH, temperatura, omogenitate, disponibilitate de hrana si de oxigen.

Punctele de inflexiune ale curbelor de variatie a turbiditatii si a consumului chimic de oxigen sunt regasite, insa, in dinamica variatiei concentratiei de azot din mediu, aceasta fiind mai sensibila la modificarile din mediu, astfel:

- In a doua zi randamentul de eliminare (asimilare) a azotului atinge valoarea maxima de 95%.
- In a treia zi, cand turbiditatea este maxima, concentratia azotului total creste datorita autolizei si eliminarii in mediu a compusilor cu azot, de tip acizi nucleici si proteine, substante mai greu de disociat si de asimilat de catre microorganismele ramase viabile. Valoarea carbonului organic in acest punct continua sa scada, neobservandu-se in evolutia acestuia distrugerea unei parti din biomasa.
- In zilele urmatoare concentratia de azot incepe sa scada odata cu scaderea CCO si cu scaderea turbiditatii. Microorganismele ramase au suficiente conditii pentru a reduce N_{tot} si CCO, in ciuda inactivarii unora dintre ele, inactivare interpretata prin scaderea valorii turbiditatii.
- Atingerea valorii minime a CCO este un alt punct de inflexiune in care randamentele eliminarii CCO si N_{tot} sunt peste 90%. Acest punct de inflexiune reprezinta pragul de stabilizare.
- Dupa atingerea pragului de stabilizare valoarea CCO va creste si se va mentine aproximativ constanta pana la finalul experimentului.

- Scaderea brusca a turbiditatii din a opta zi este, bineinteles, succedata de cresterea concentratiei de azot.

Daca turbiditatea este direct corelata cu CCO si cu oxigenul dizolvat rezulta ca cele doua din urma pot fi corelate. Se observa in figura 3.17 ca valoarea oxigenului dizolvat scade odata cu scaderea CCO, iar atunci cand CCO creste, la autoliza unei parti din biomasa (namol activat) si concentratia oxigenului dizolvat in mediu creste. Se poate aproxima, in cazul folosirii unui model, valoarea CCO in functie de valoarea oxigenului dizolvat la un moment dat, dar in corelatie directa si cu turbiditatea. Sunt totusi cazuri in care valoarea oxigenului dizolvat poate scadea brusc fara ca CCO sa scada (ex. administrarea de antispumant), iar turbiditatea in acest punct va creste substantial daca sistemul de agitare este eficient.

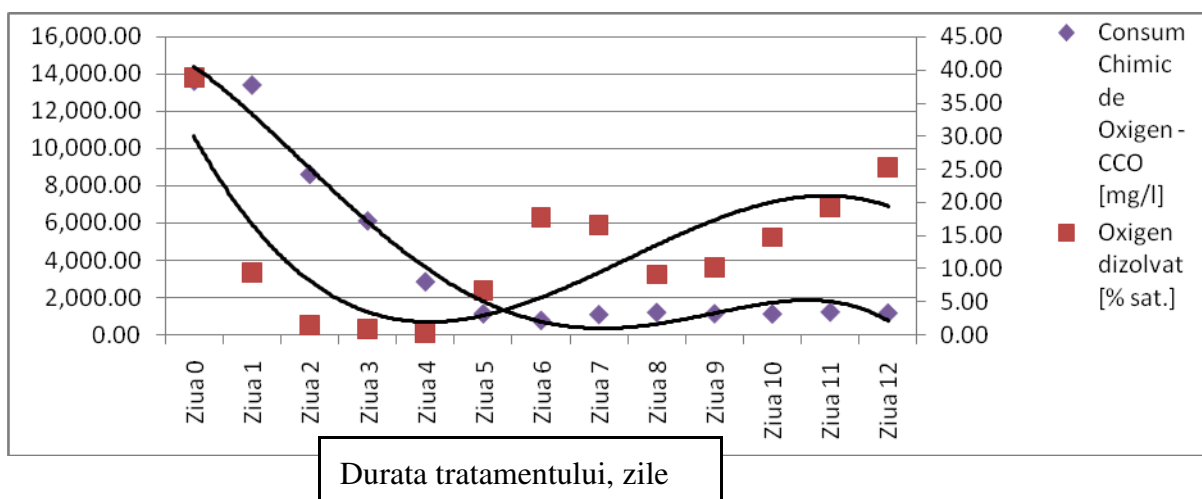


Fig. 3.17. Corelatia dintre consumul chimic de oxigen si oxigenul dizolvat in timpul epurarii mediului model pe baza de zer cu inocul specializat (proces realizat in bioreactorul de 1L)

Pentru ca analiza CCO este o valoare off-line, care dureaza mai bine de doua ore, urmarirea valorii oxigenului dizolvat impreuna cu turbiditatea reprezinta un sistem rapid de monitorizare a incarcarii cu substante organice.

Concluzii experimentul 1:

1. Utilizand un mediu model de apa reziduala din industria laptelui, pe baza de zer (zer diluat in raport de 1:4 cu apa potabila), cu o concentratie initiala a CCO de 13500 mg O₂/litru, si utilizand un inocul specializat (cultura multipla de bacterii, drojdii si fungul *Geotrichum candidum* MIUG 1.15), s-au analizat parametrii procesului de epurare biologica aeroba condus in bioreactor de laborator (volum util de mediu 1L), in conditii controlate de epurare.
2. Monitorizand procesul timp de 12 zile s-a constatat ca randamentul de eliminare a CCO atinge valoarea maxima de cca. 95% dupa 6 zile de tratament, iar randamentul de eliminare a N_{tot} atinge aceeasi valoare dupa doar 3 zile. In acest sens administrarea unor compusi cu azot poate mari viteza de eliminare a CCO pentru medii foarte incarcate.
3. Concentratia oxigenului dizolvat la un moment dat se apropie foarte mult de zero, iar prin marirea debitului de aer, oxidarea substantelor organice (eliminarea CCO) se poate intensifica.
4. Inoculul folosit, format din bacterii, drojdii si mucegaiuri, este eficient pentru studiul proceselor de epurare a apelor uzate dar incapacitatea acestuia de a sedimenta nu ii ofera posibilitatea de a fi utilizat in procese industriale decat in combinatie cu alte tipuri de microorganisme care au posibilitatea de a forma flocoane capabile sa sedimenteze.
5. Turbiditatea este strans corelata cu CCO si DO, si implicit, cele doua din urma sunt si ele corelate (directa proportionalitate). Analiza CCO se realizeaza off-line, este de lunga durata, pe cand turbiditatea si oxigenul dizolvat pot fi monitorizate continuu cu ajutorul unor instrumente optice si respectiv electro-chimice. Astfel, monitorizarea continua a turbiditatii si oxigenului dizolvat poate oferi informatii in timp real asupra dinamicii procesului de oxidare a substantelor organice din mediu, reprezentand pe de alta parte solutii economice.

EXPERIMENTUL 2

Experimentul a vizat monitorizarea epurarii unui model de apa reziduala din industria berii, utilizand un mediu format din 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 si un inocul specializat, respectand conditiile biotehnologice descrise in capitolul 2.

In cele noua zile de derulare a procesului de epurare in sistem tip sarja (engl. *batch*) s-au inregistrat principalii parametri de proces conform datelor prezentate in tabelul 3.5. Evolutia acestor parametri se prezinta in figurile 3.18 ÷ 3.22.

In conditiile testate durata de eliminare a materiilor organice este destul de mare, incat dupa 9 zile de tratament aerob randamentul de eliminare a CCO a fost de cca. 90%. Similar cu experimentul anterior, si in acest caz s-a observat o tendinta de scadere a pH-ului in primele ore, fapt sesizat prin consumul ridicat de NaOH pentru mentinerea pH-ului la valoarea constanta stabilita initial.

Tabelul 3.5. Parametrii chimici si biologici la epurarea biologica aeroba cu inocul standardizat, in sistem model de apa reziduala pentru industria berii

	Turbiditate [NTU]	Consum Chimic de Oxigen - CCO [mg/L]	Randamentul zilnic de eliminare a CCO [%]	Randamentul total de eliminare a CCO [%]	Azot Total - N_{tot} [mg/L]	Fosfor din fosfati - P-PO₄³⁻ [mg/L]	Oxigen dizolvat [% sat]
Ziua 0	112.74	19,760.00			321.67	148.00	32.86
Ziua 1	209.82	19,424.00	1.70	1.70	210.00	126.00	20.80
Ziua 2	331.02	14,632.00	24.67	25.95	0.00	11.67	5.68
Ziua 3	658.33	12,132.00	17.09	38.60	0.00	3.00	7.33
Ziua 4	899.17	10,060.00	17.08	49.09	0.00	0.00	23.99

Universitatea „Dunarea de Jos” Galati – Capitolul 3: Analiza pe substraturi model si reale, folosind bioreactoarele existente in cadrul Fac. SIA, a speciilor de microorganisme cele mai eficiente pt. reducerea substantelor organice provenite din procese specifice industriei alimentare.

Ziua 5	825.42	4,042.00	59.82	79.54	1.18	0.00	25.65
Ziua 6	726.25	3,160.00	21.82	84.01	18.98	0.00	27.41
Ziua 7	649.17	2,802.00	11.33	85.82	11.34	0.58	29.18
Ziua 8	594.17	2,258.00	19.41	88.57	14.67	3.41	30.60
Ziua 9	583.50	1,855.00	17.85	90.61	13.25	16.23	30.75

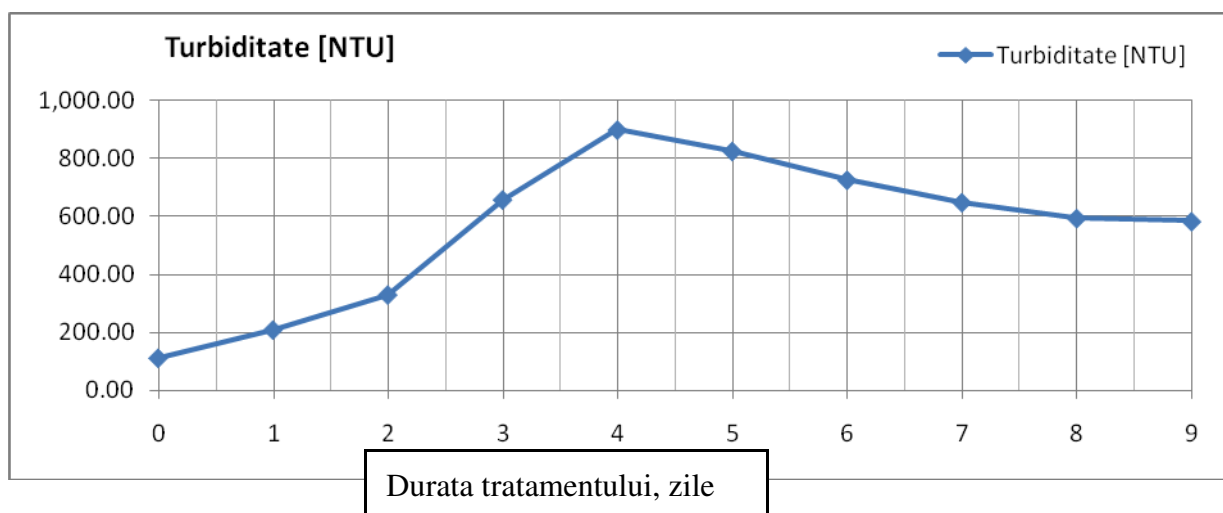


Fig. 3.18. Evolutia turbiditatii mediului in timpul epurarii biologice aerobe a mediului model pe baza de must de malt, cu inocul specializat (proces realizat in bioreactorul de 1L)

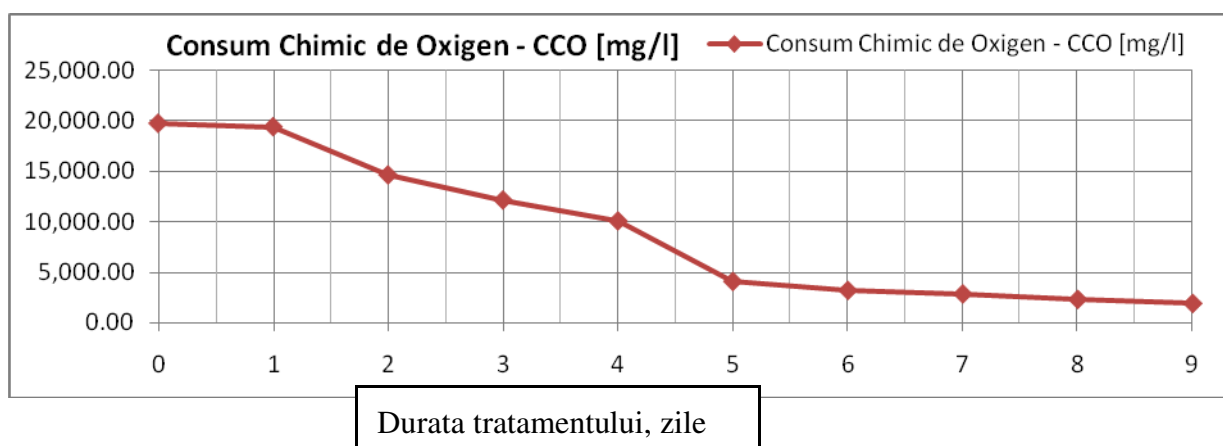


Fig. 3.19. Dinamica consumului chimic de oxigen in timpul epurarii biologice aerobe a mediului model pe baza de must de malt, cu inocul specializat (proces realizat in bioreactorul de 1L)

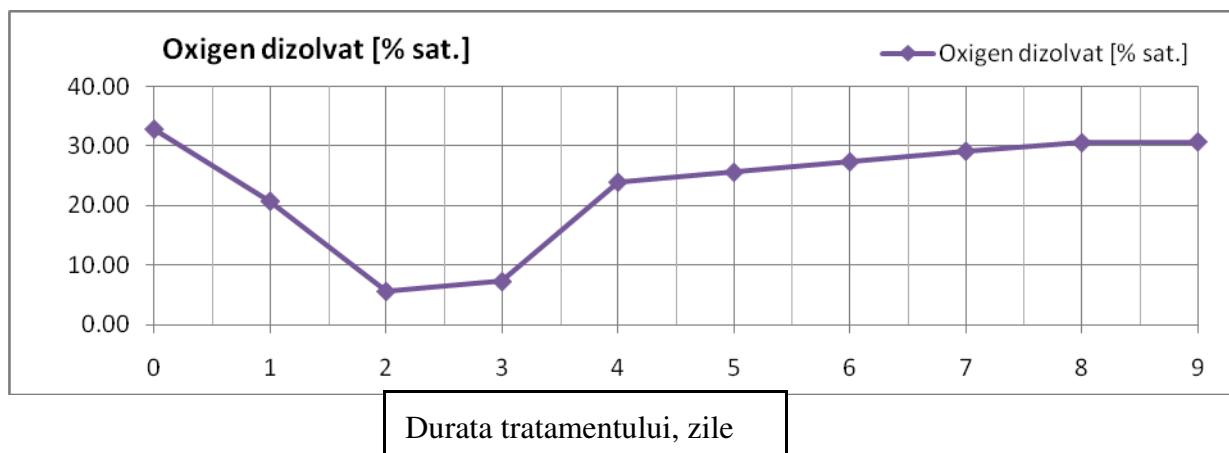


Fig. 3.20. Variatia concentratiei de oxigen dizolvat in timpul epurarii biologice aerobe a mediului model pe baza de must de malt, cu inocul specializat (proces realizat in bioreactorul de 1L)

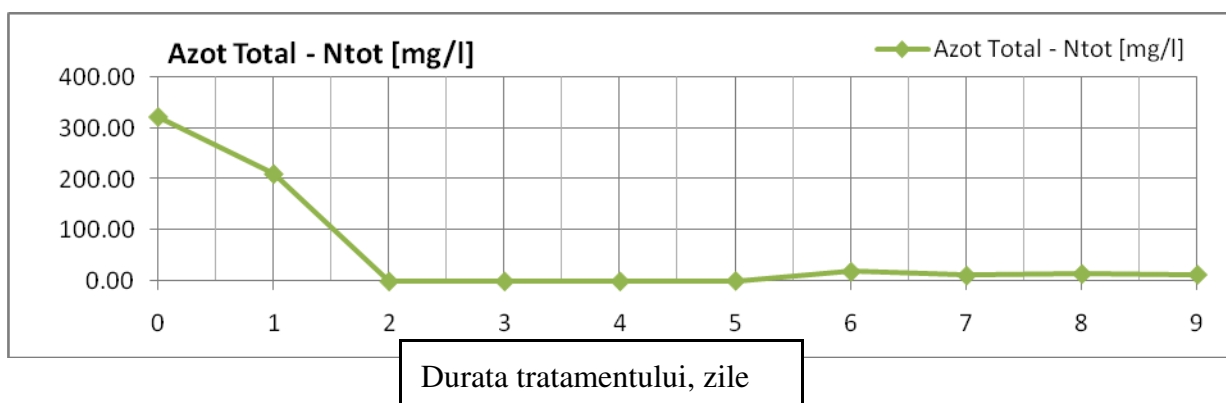


Fig. 3.21. Evolutia continutului de azot total in timpul epurarii biologice aerobe a mediului model pe baza de must de malt, cu inocul specializat (proces realizat in bioreactorul de 1L)

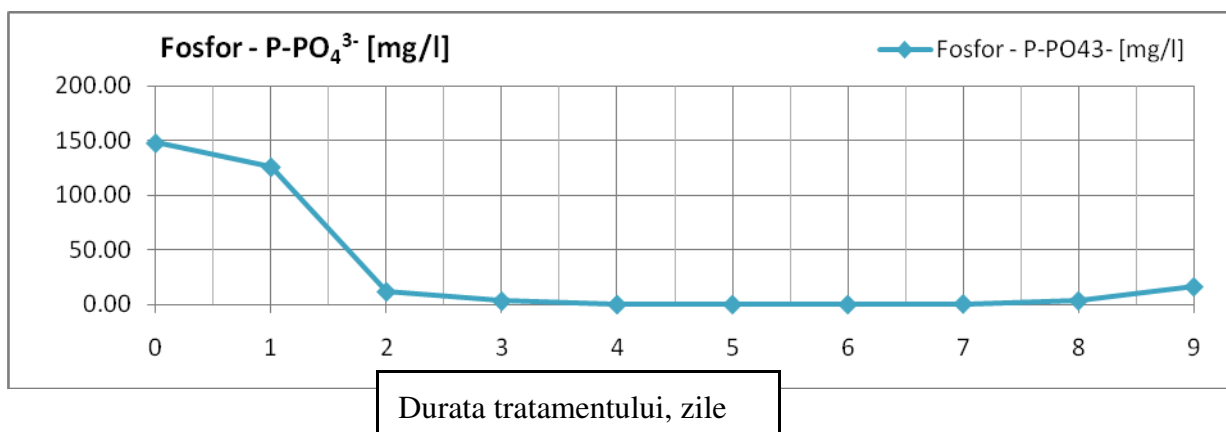


Fig. 3.22. Variatia concentratiei de fosfor din fosfati in timpul epurarii biologice aerobe a mediului model pe baza de must de malt cu inocul specializat (proces realizat in bioreactorul de 1L)

Evolutiile concentratiei de N_{tot} si $P-PO_4^{3-}$ sunt surprinzatoare, N_{tot} este redus complet pana in a 2-a zi iar $P-PO_4^{3-}$ este redus total pana in a 4-a zi, rezultand astfel o eficienta de bioconversie a substratului de 100%. Dupa reducerea completa a azotului si fosforului din mediu concentratia de carbon organic (in acest punct) este totusi destul de mare, randamentul de eliminare a acestora fiind de doar 50%. In acest sens, se poate afirma ca substantele organice ramase in mediu dupa a 4-a zi de tratament sunt formate doar din C, O si H, compusi cum sunt amidonul, dextrinele si diferite glucide.

Disponibilitatea azotului si fosforului in mediu apare incepand cu ziua a 5-a, in cazul azotului, si respectiv a 7-a, in cazul fosforului, fiind datorata autolizei biomasei unor microorganisme, care devin ulterior hrana pentru cele ramase viabile.

Bioconversia completa din mediu a compusilor cu azot si fosfor este un element important in ceea ce priveste calitatea apei epurate, dar nu este deloc avantajoasa pentru acumularea de biomasa. Lipsa azotului si fosforului din mediul de cultura impiedica, sau cel putin intarzie, dezvoltarea corespunzatoare a microorganismelor. Pentru a sustine aceasta afirmatie s-a calculat randamentul zilnic de eliminarea a substantelor organice (CCO) din mediu (tabelul 3.5). Excluzand prima zi pe care o consideram ca faza de lag (etapa de inductie a bioproseselor), randamentul zilnic de eliminare a CCO este cuprins intre $11.33 \div 24.67 \%$. Exceptia este observata in a 5-a zi, in care randamentul zilnic de eliminarea a CCO este de aproape 60%, iar aceasta se datoreaza disponibilitatii

mediu a azotului care, din acest punct, incepe sa creasca.

Durata tratamentului, zile

Disponibilitatea nutrientilor in mediu ca rezultat al autolizei

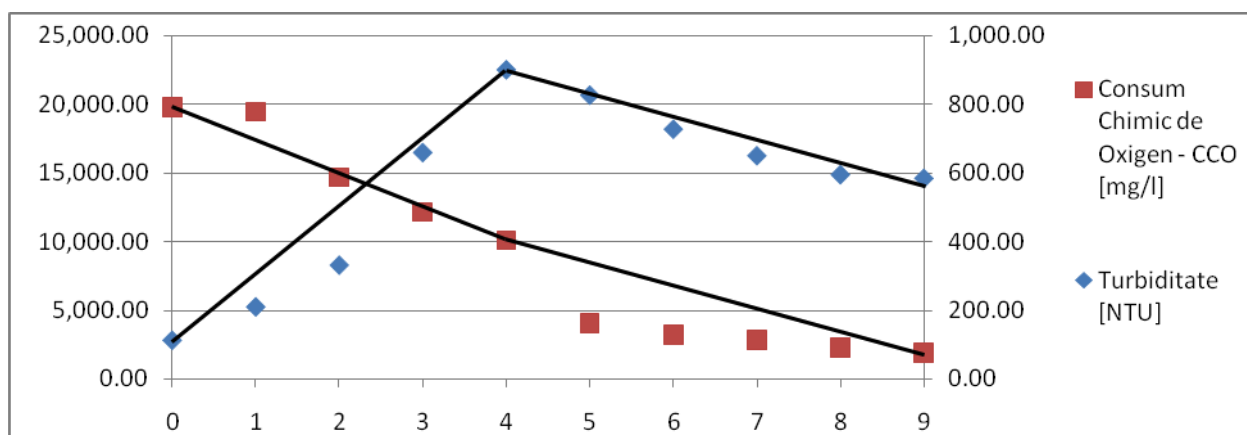


Fig. 3.23. Corelatia consum chimic de oxigen - turbiditate in timpul epurarii mediului model pe baza de must de malt cu inocul specializat (proces realizat in bioreactorul de 1L)
Relatia de inversa proportionalitate intre turbiditate si CCO exista, dar numai pentru primele 4 zile (figura 3.23). In zilele urmatoare turbiditatea scade proportional cu scaderea CCO.

Oxigenul dizolvat este, deasemenea, invers proportional cu turbiditatea, dar si in evolutia acestui parametru se observa clar lipsa nutrientilor (in special a azotului) din mediul de epurare (figura 3.24). In primele doua zile turbiditatea creste odata cu scaderea oxigenului dizolvat datorita consumului intensiv de catre biomasa care se formeaza. Incepand cu a doua zi, azotul este eliminat complet din mediul de cultura. Acest aspect nu determina autoliza microorganismelor ci doar incetineste metabolismul celular, randamentul zilnic de eliminare a CCO scazand de la 25 % la 17 %. In acest timp (zilele 2 ÷ 4), in mediu se mai gasesc resurse de fosfor, necesarul energetic fiind asigurat (fosforul este un component al ATP si a altor compusi care genereaza energie chimica ridicata). Din aceste considerente diviziunea celulara continua, chiar si in lipsa azotului, turbiditatea crescand pana in momentul disparitiei din mediul de cultura si a fosforului (ziua 4). In lipsa completa a celor doi nutrienti, foarte importanti pentru crestere si dezvoltare, o parte din microorganisme mor si intra in autoliza eliminand in mediu nutrientii necesari intretinerii microorganismelor ramase. Dupa a patra zi relatia de inversa proportionalitate intre turbiditate si oxigen redevine valabila, numai ca de acesta data turbiditatea scade in timp ce oxigenul dizolvat

creste pentru ca respiratia aeroba nu mai este la fel de intensa ca la valori mai ridicate ale numarului de microorganisme.

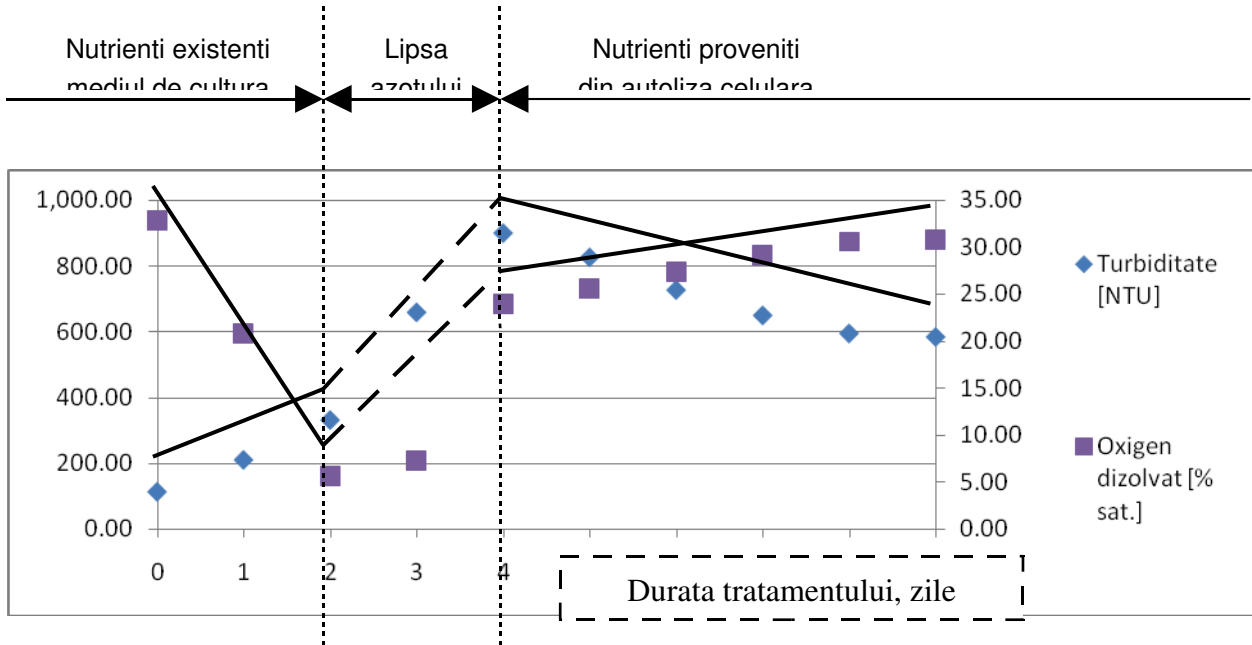


Fig. 3.24. Corelatia turbiditatii cu concentratia oxigenului dizolvat in timpul epurarii biologice aerobe a mediului model pe baza de must de malt, cu inocul specializat (proces realizat in bioreactorul de 1L)

Similar cu experimentul anterior, odata ce turbiditatea este direct corelata cu CCO si cu oxigenul dizolvat, rezulta ca cele doua din urma pot fi corelate (figura 3.25).

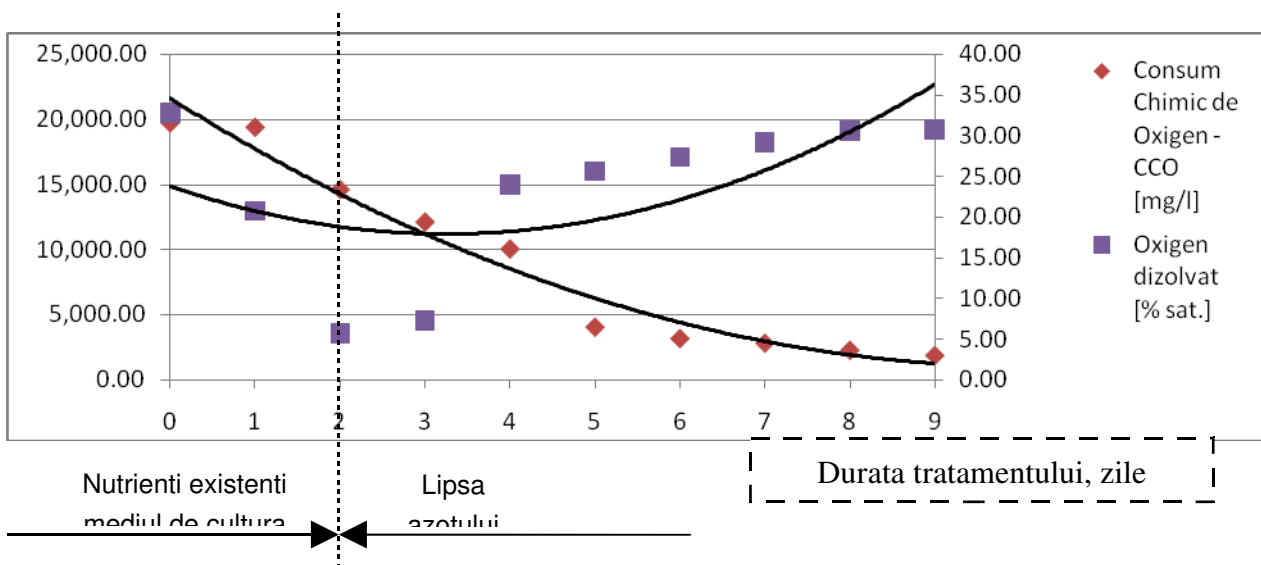


Fig. 3.25. Dinamica consumului chimic de oxigen, corelata cu concentratia de oxigen dizolvat in mediu in timpul epurarii biologice aerobe a mediului model pe baza de must de malt, cu inocul specializat (proces realizat in bioreactorul de 1L)

Insa si in acest caz procesul este impartit in doua etape, si anume: in primele doua zile CCO si DO sunt direct proportionale (asa cum este normal sa se petreaca in orice proces de epurarea ce decurge in conditii eficiente); in urmatoarele zile cei doi parametri sunt invers proportionali. Punctul de inflexiune a celor doua curbe coincide cu indisponibilitatea azotului din mediu, dupa care CCO continua sa scada, iar DO sa creasca datorita numarului din ce in ce mai mic de microorganisme (si turbiditatea va scade din a 4-a zi). Intr-adevar, pentru eficientizarea economica a procesului debitul de oxigen poate fi micorat in aceste conditii, dar o solutie mai buna, care garanteaza marirea duratei de epurare, este administrarea de substante nutritive cu N si P.

Concluzii experimentul 2:

1. Utilizand un mediu de epurare model, constituit din 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, si in calitate de inocul standardizat o cultura multipla formata din culturi selectionate de bacterii si drojdii (concentratia de inocul a fost corespunzatoare unei turbiditati in mediul inoculat de 112,73 NTU), dupa 9 zile de tratament s-a obtinut un randament de eliminare a CCO de 90%.
2. Indisponibilitatea din mediul de cultura a azotului, incepand cu a doua zi, conduce la incetinirea proceselor metabolice (scaderea randamentului zilnic de eliminare a CCO si cresterea concentratiei de oxigen dizolvat in mediu), dar inmultirea celulelor continua, fapt certificat de cresterea turbiditatii.
3. Indisponibilitatea din mediul de cultura si a fosforului, incepand cu a patra zi, conduce la autoliza unor microorganisme (scaderea turbiditatii, cresterea oxigenului dizolvat) generand in mediu nutrienti necesari microorganismelor ramase viabile.

4. Cel mai bun randament zilnic de eliminare a CCO (60%) s-a inregistrat in a 5-a zi atunci cand azotul a inceput sa fie din nou disponibil in mediu.
5. Cu toate ca raportul $CBO_5 : N_{tot} : P-PO_4$ de 100:5:1 a fost respectat pe parcursul procesului de epurare, azotul si fosforul s-au consumat complet, de aceea administrarea acestora in mod rational si in sistem continuu, pe parcursul procesului, poate mari viteza de oxidare a substantelor organice.
6. Microorganismele utilizate in acest proces, chiar daca nu au capacitate de sedimentare si nu pot fi utilizate in procese industriale, ofera informatii pretioase asupra dinamicii procesului de oxidare a materiilor organice.

Activitatea IV.3:

Testarea speciilor de microorganisme pe substraturi reale, provenite de la agenti economici din industria alimentara (din industria laptelui si a berii)

3.6. Consideratii generale

Procesele de tratare aeroba a apelor uzate sunt procese in care substantele organice poluante sunt transformate in biomasa, acestea fiind oxidate in prezenta oxigenului din aer care este barbotat in amestecul de reactie. Respiratia aeroba este un proces care genereaza ATP (adenozin trifosfat) care implica transportul de electroni printr-un sistem transportor de electroni. Substratul este oxidat, O_2 fiind utilizat ca acceptor de electroni final. Donorul de electroni poate fi un compus organic (ex: oxidarea glucozei de catre organisme heterotrofe) sau un compus anorganic (oxidarea H_2 , $Fe(II)$, NH_4 de catre organismele chemautotrofe).

Experimentele ce urmeaza a fi descrise la acest punct au particularitatea de a fi sisteme tip sarja in care intreg procesul se desfasoara in bazinul de reactie. Etapa asupra careia ne-am indreptat atentia este chiar etapa de reactie intre apa uzata si biomasa, fiecare experiment reprezentand o singura sarja.

Procesele din bazinele cu functionare secventiala (tip sarja) sunt identice cu cele din bazinele cu namol activat, cu deosebirea ca si aerarea si decantarea au loc in acelasi bazin. Daca in bazinele cu namol activat procesul de aerare si decantare are loc in acelasi timp, in bazinele cu functionare secventiala acestea au loc secvențial [NP 088-2003].

Procesul care se desfășoară într-un bazin cu funcționare, secvențială este alcătuit din următoarele cinci etape (figura 3.26):

- **umplere:** se realizeaza, in scopul adaugarii de substrat (apa uzata), prin ridicarea nivelului apei din bazin de la 25% din capacitate la 100%. Durata acestei etape este de maxim 25% din durata intregului ciclu.

Universitatea „Dunarea de Jos” Galati – Capitolul 3: Analiza pe substraturi model si reale, folosind bioreactoarele existente in cadrul Fac. SIA, a speciilor de microorganisme cele mai eficiente pt. reducerea substantelor organice provenite din procese specifice industriei alimentare.

- **reacție (aerarea apei):** in aceasta etapa se continua reactiile biochimice initiate in timpul etapei de umplere. Durata etapei este de ~35% din durata intregului ciclu.
- **decantare:** este realizata in scopul separarii solidelor din apa pentru limpezirea acesteia. Durata apestei etape este de aproximativ 20% din durata unui ciclu intreg.
- **evacuare apă limpezită:** Durata acestei etape poate fi cuprinsa intre 5 ÷ 30% din durata unui ciclu (0.25 ÷ 2 ore)

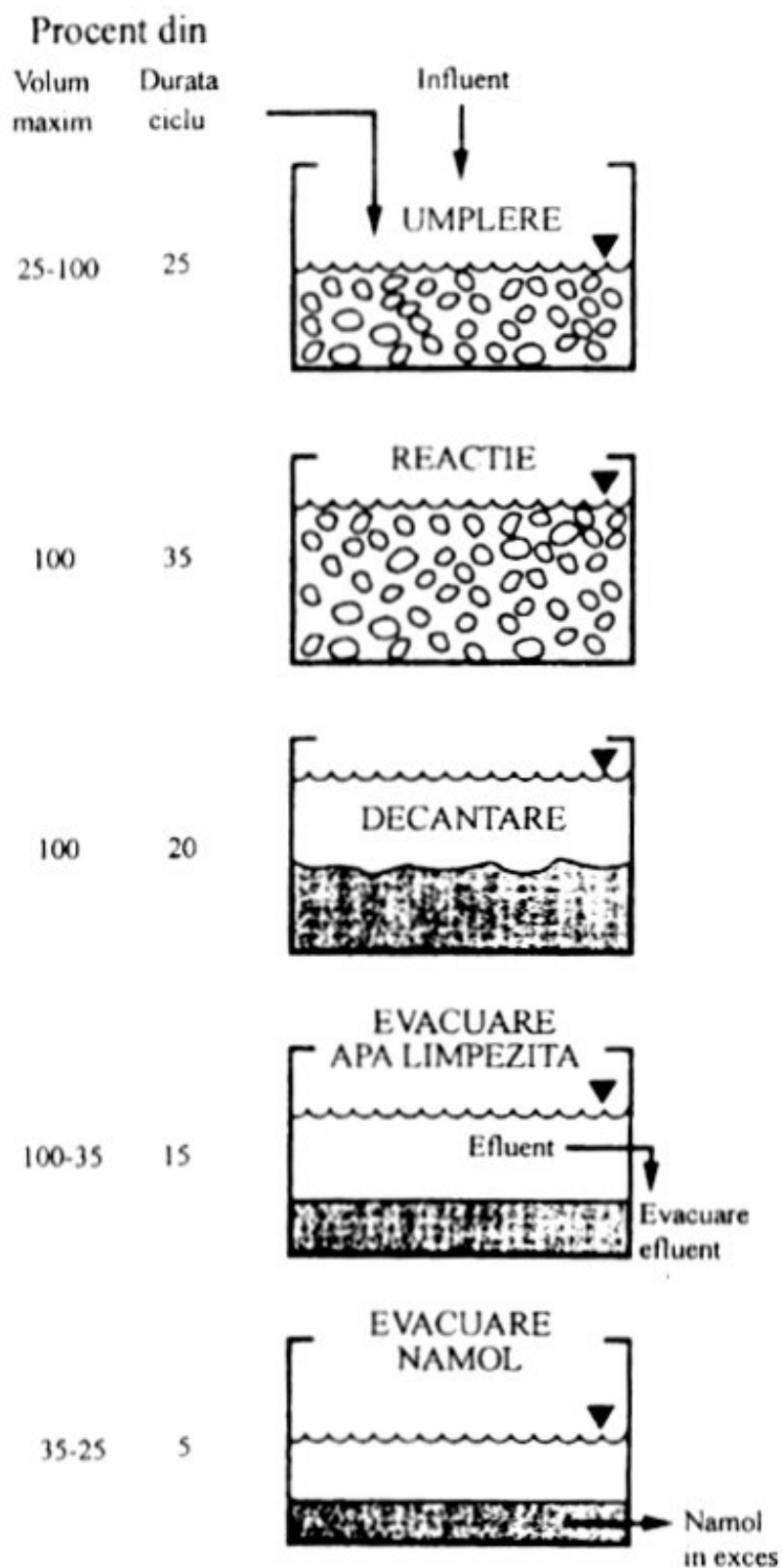


Fig. 3.26. Functionarea bazinelor de epurare biologica aeroba in sistem asicron discontinuu

- **evacuare nămol (stand-by):** se realizeaza la sfarsitul fiecarui ciclu pentru a permite unei alte cantitati de apa uzata sa intre in process. Durata acestei etape este de maxim 5% din durata unui process.

Printre avantajele unui astfel de sistem se numara faptul ca procesele de tratare nu necesita recircularea namolului, se instaleaza in spatii restranse si necesita intretinere minima.

3.7. REZULTATE SI DISCUTII

EXPERIMENTUL 3

Experimentul a fost realizat in statia pilot de epurare biologica aeroba, folosind ca mediu de epurare un mediu constituit din zer diluat in raport de 1:4 cu apa potabila, cu o concentratie initiala CCO de 12.000 mg O₂/litru, si un inocul format dintr-o cultura multipla formata din tulpinile codificate IILGBc2 (bacterie), I LBDj3 (drojdie) si MIUG 1.15 (mucegai, *Geotrichum candidum*) (volumul total de inocul a fost de 1,4 L, in concentratie de de 4% (v/v) in raport cu volumul util de mediu din bioreactor).

Rezultatele obtinute prin inregistrarea parametrilor de proces, pe durata celor cinci zile de tratament (119 h) sunt prezentate in tabelul 3.6, si figurile 3.27 ÷ 3.34.

Tabelul 3.6. Evolutia parametrilor fizico-chimici si biologici la epurarea biologica aeroba a apelor reziduale din industria laptelui, utilizand inocul specializat, in statia pilot

Perioada de monitorizare, ore	pH	ORP [mV]	DO [mg/l]	CCO [mg/l]	NO ₃ ⁻ [mg/l]	N _{tot} [mg/l]	PO ₄ ³⁻ [mg/l]	Turbiditate [NTU]
1	6.50	159.14	6.827	12067.00	0.20	44.00	279.00	96.95
20	5.87	-13.40	0.184	9660.00	0.50	31.20	229.00	1412.50
27	6.08	-21.38	0.224	-	0.70	-	-	2346.00
29	6.10	-18.37	0.209	7390.00	0.00	26.00	218.00	3162.50
45	7.14	-32.43	0.012	5906.00	0.00	24.40	188.40	3337.50
50	7.11	-44.91	0.015	-	-	-	-	4140.00

Universitatea „Dunarea de Jos” Galati – Capitolul 3: Analiza pe substraturi model si reale, folosind bioreactoarele existente in cadrul Fac. SIA, a speciilor de microorganisme cele mai eficiente pt. reducerea substantelor organice provenite din procese specifice industriei alimentare.

56	7.06	-49.29	0.006	4608.00	0.00	25.75	206.30	4115.00
70	7.12	-50.47	0.022	3160.00	0.00	20.40	161.30	3854.16
78	7.49	-95.45	0.018	142.00	0.00	16.00	150.30	4575.00
94	7.62	-230.98	0.024	302.00	0.60	7.60	143.00	4787.50
98	7.54	-327.72	0.009	-	1.00	-	-	3665.00
103	7.39	-410.56	0.007	2910.00	-	3.60	118.00	2765.00
118	7.26	-422.08	0.001	2344.00	-	-	127.80	2311.50

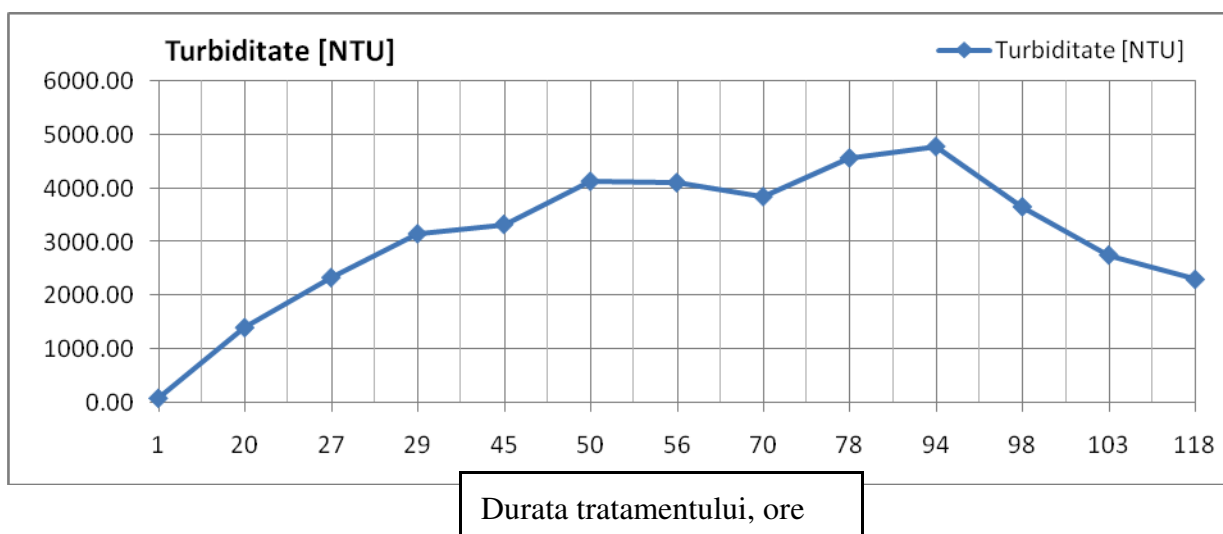


Fig. 3.27. Evolutia turbiditatii la epurarea biologica aeroba a apelor reziduale din industria laptelui, in statia pilot, utilizand inocul specializat de bacterii, drojzii si mucegaiuri

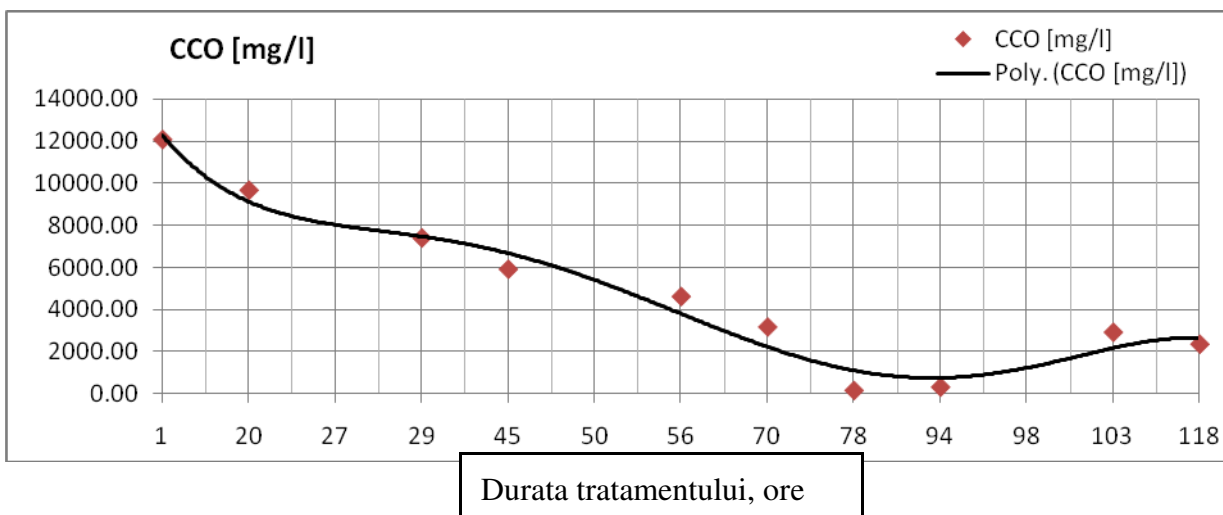


Fig. 3.28. Dinamica consumului chimic de oxigen la epurarea biologica aeroba a apelor reziduale din industria laptelui, in statia pilot, utilizand inocul specializat de bacterii, drojzii si mucegaiuri

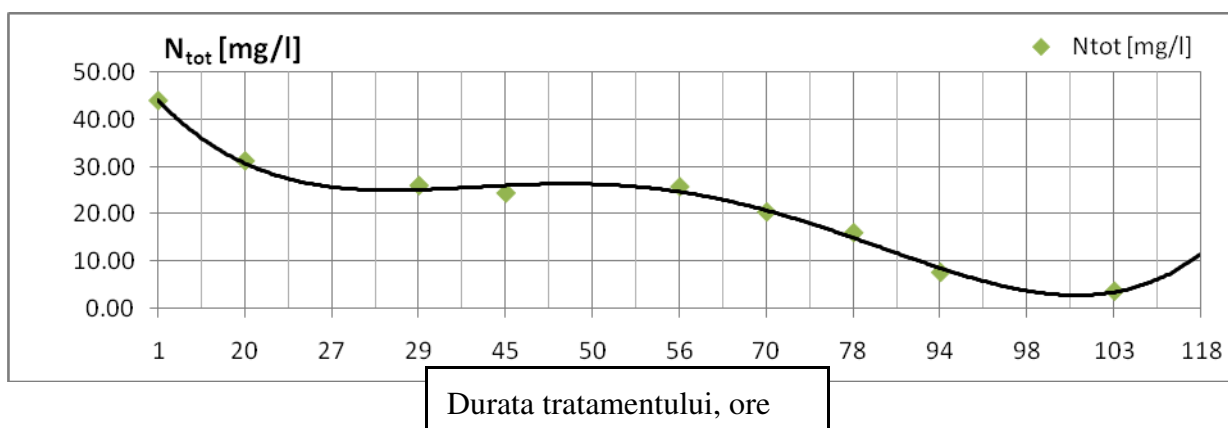


Fig. 3.29. Variatia concentratiei de azot total la epurarea biologica aeroba a apelor reziduale din industria laptelui, in statia pilot, utilizand inocul specializat de bacterii, drojzii si mucegaiuri

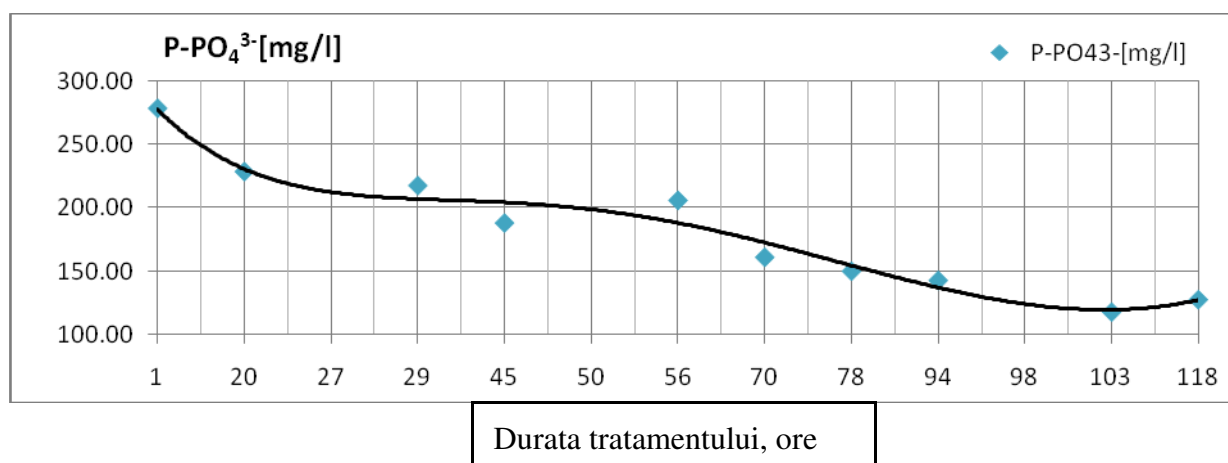


Fig. 3.30. Variatia concentratiei de fosfor in fosfati la epurarea biologica aeroba a apelor reziduale din industria laptelui, in statia pilot, utilizand inocul specializat de bacterii, drojzii si mucegaiuri

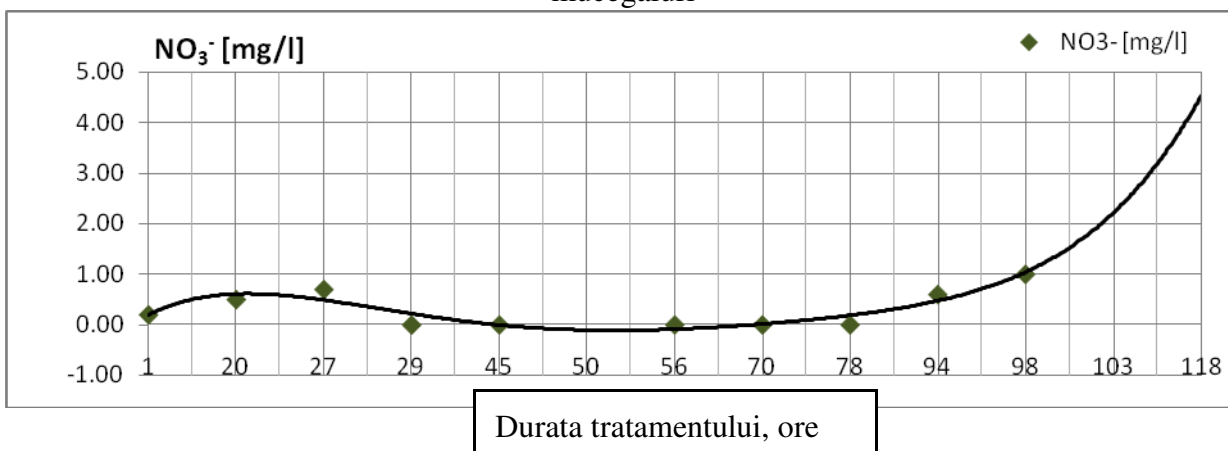


Fig. 3.31. Evolutia concentratiei de nitrati la epurarea biologica aeroba a apelor reziduale din industria laptelui, in statia pilot, utilizand inocul specializat de bacterii, drojzii si mucegaiuri

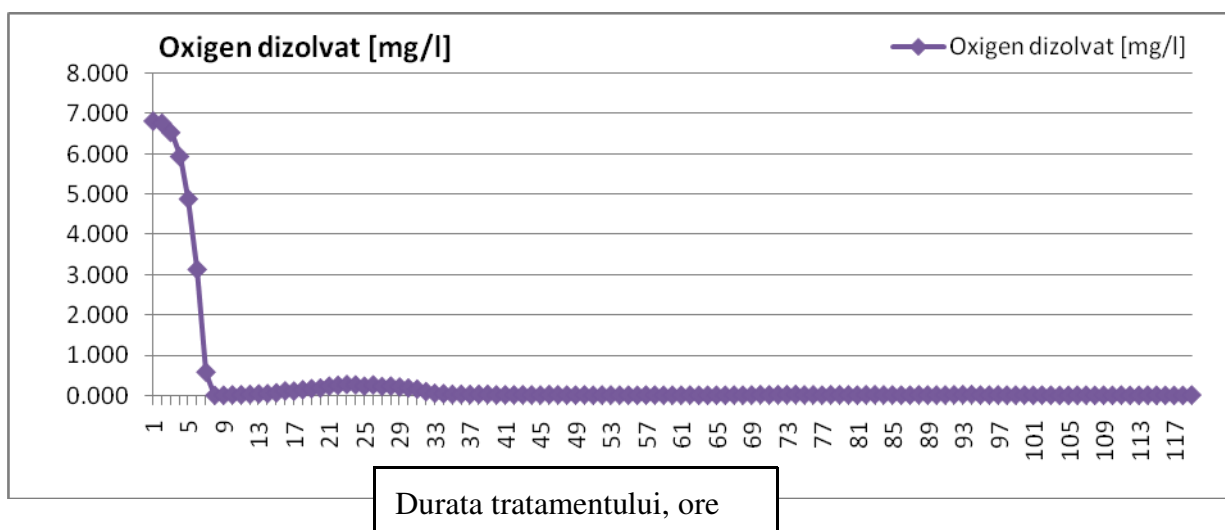


Fig. 3.32. Variatia concentratiei de oxigen dizolvat la epurarea biologica aeroba a apelor reziduale din industria laptelui, in statia pilot, utilizand inocul specializat de bacterii, drojdii si mucegaiuri

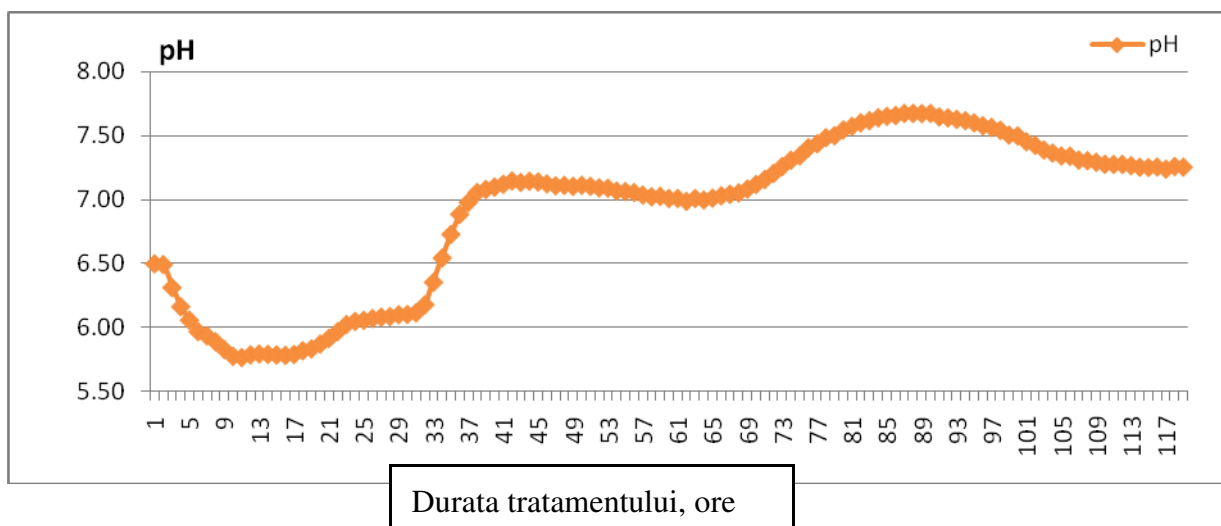


Fig. 3.33. Evolutia pH-ului la epurarea biologica aeroba a apelor reziduale din industria laptelui, in statia pilot, utilizand inocul specializat de bacterii, drojdii si mucegaiuri

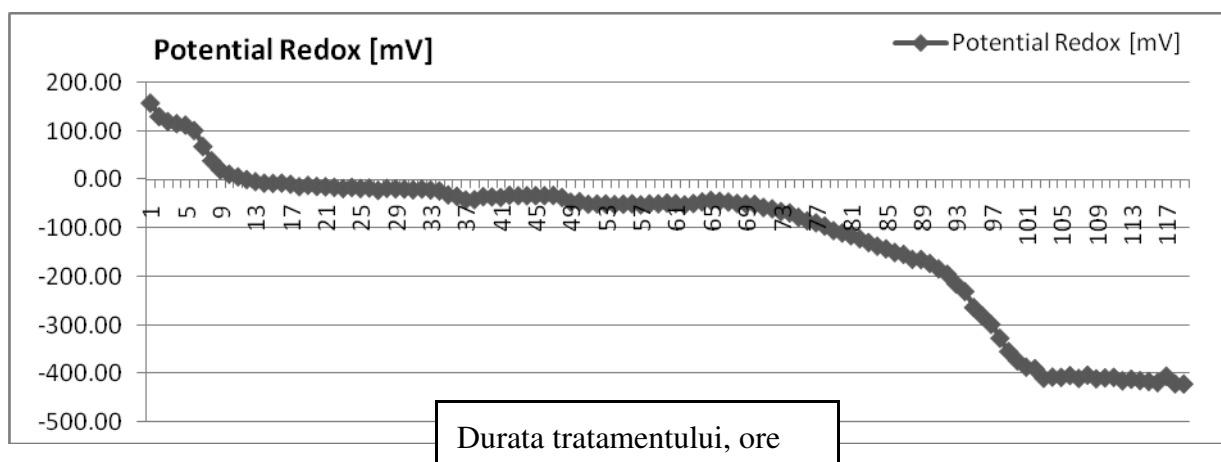


Fig. 3.34 Evolutia potentialului redox la epurarea biologica aeroba a apelor reziduale din industria laptelui, in statia pilot, utilizand inocul specializat de bacterii, drojzii si mucegaiuri

Valorile pH-ului, oxigenului dizolvat si ale potentialului redox au fost inregistrate la fiecare 10 secunde. Pentru a usura manipularea datelor s-au facut medii orare pentru fiecare parametru in parte. pH-ul reprezinta logarithmul cu semn schimbat al concentratiei ionilor de hidrogen din solutie. Microorganismele se dezvoltă într-un domeniu de pH, delimitat de valori minime si maxime, dar prefera anumite valori, denumite valori optime. Majoritatea bacteriilor se dezvoltă in medii ale caror valori de pH variaza între 4.5 si 11, dar prefera mediile cu pH 6.5 ÷ 7.5. Drojdiile se dezvoltă in intervalul de pH 1.5 ÷ 8.5, iar mucegaiurile in intervalul 1.5 ÷ 11, dar ambele categorii de fungi se dezvoltă optim la pH 4.5 ÷ 6.5 (Nicolau, 2006). In cadrul experimentului 3, pH-ul mediului de cultura a variat între 5.76 ÷ 7.68 unitati, acesta fiind foarte apropiat de pH-ul optim de dezvoltare a bacteriilor, care au devenit astfel dominante. Acest fenomen de dominatie a bacteriilor, fata de celelalte specii existente in mediu, este observata deasemenea prin cresterea foarte rapida a turbiditatii si prin valorile foarte mare inregistrate pe parcursul experimentului 3. Durata de multiplicare a bacteriilor, in conditii ideale, poate fi de minim 20 minute, fata de cea a fungilor care este de minim 2 ore. Se observa ca in primele 11 ore de tratament valoarea pH-ului a scazut cu aproape o unitate si aceasta cu precadere datorita formarii de acid lactic. Dupa consumarea din mediu a lactozei si a compusilor usor metabolizabili se observa cresterea pH-ului pana la sfarsitul procesului. Tratarea aeroba a apelor uzate este un proces care genereaza alcalinitate. In etapele urmatoare pH-ul variaza direct proportional cu

valoarea turbiditatii, inregistrand valoarea cea mai mare (> 7.5) in jurul aceleiasi interval orar in care turbiditatea atinge valori maxime iar CCO valori minime. Corelatia directa intre turbiditate si pH se poate observa in figura 3.35, cu precadere dupa finalizarea fermentatiei acide (dupa ora a 17-a).

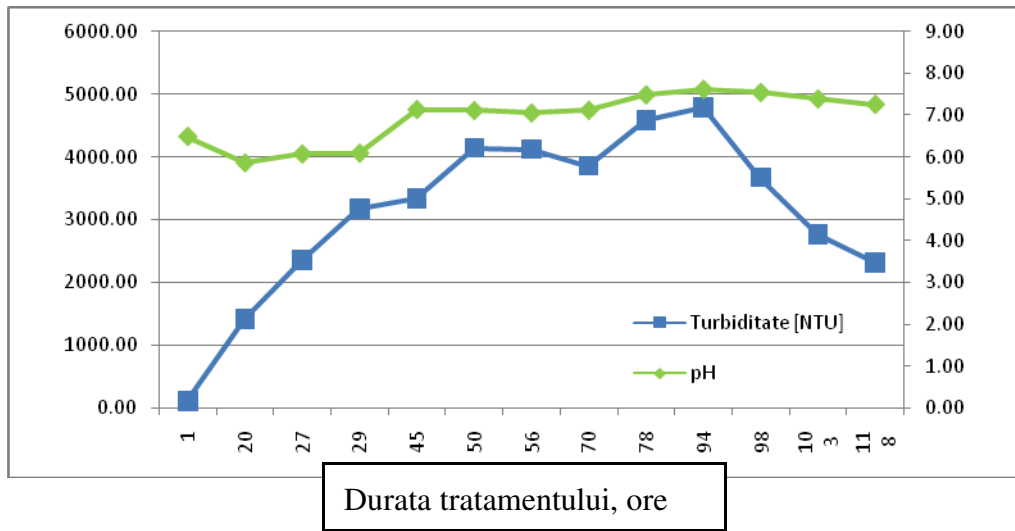


Fig. 3.35. Corelatia pH-ului cu turbiditatea la epurarea biologica aeroba a apelor reziduale din industria laptelui, in statia pilot, utilizand inocul specializat de bacterii, drojzii si mucegaiuri

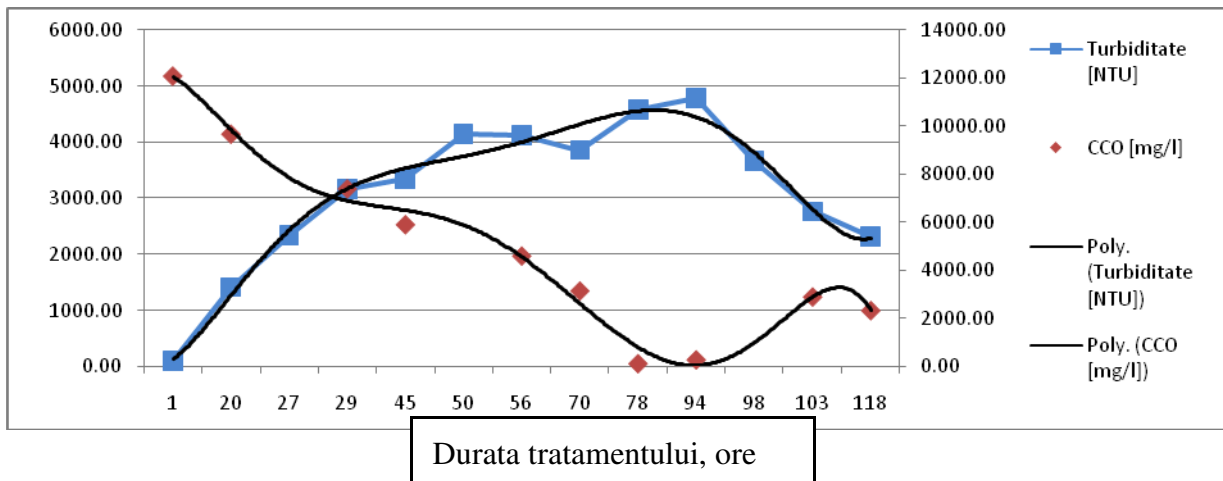


Fig. 3.36. Variatia turbiditatii si a CCO la epurarea biologica aeroba a apelor reziduale din industria laptelui, in statia pilot, utilizand inocul specializat de bacterii, drojzii si mucegaiuri

Turbiditatea este, deasemenea, invers proportionala cu CCO (figura 3.36), si, astfel, la valori mari ale turbiditatii se inregistreaza valori minime ale CCO, cu cat numarul de microorganisme este mai mare cu atat consumul de substrat este, deasemenea, mai mare.

Ca si in situatia anterioara, turbiditatea este corelata si cu valoarea oxigenului dizolvat din mediu dar, pentru ca acesta este foarte apropiata de zero pe tot parcursul experimentului, este mai greu de reprezentat grafic.

Valoarea minima a CCO este atinsa dupa 78 ore. In acest punct se atinge pragul de stabilizare peste care valoarea CCO va creste simtitor.

Randamentul de eliminare a CCO este si el mai mare (98.8%) comparativ cu experimentul realizat in bioreactor.

Un parametru foarte important in tratarea apelor uzate este potentialul redox care poate avea valori cuprinse intre $-500 \div +500$ mV in functie de procesul de epurare aplicat (figura 3.37).

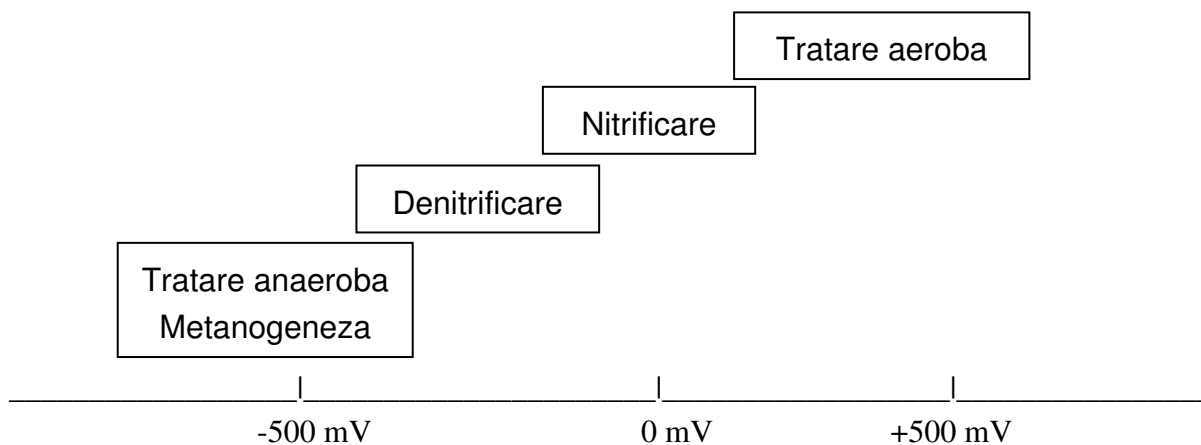


Fig. 3.37. Valoarea ORP pentru diferite procese
(adaptare dupa Stumm si Morgan 1996; Byl si Williams 2000)

Potentialul de oxido-reducere al unui substrat poate fi definit prin usurinta cu care acesta pierde sau castiga electroni. Atunci cand electronii sunt transferati de la un compus (agent reductor) la altul (agent oxidant), intre cei doi compusi se creeaza o diferenta de potential electric ce poate fi masurata. Cu cat substratul este mai oxidat, cu atat va avea un potential redox pozitiv mai mare, si invers cu cat este mai redus, cu atat va avea un potential redox negativ mai mic.

In cadrul proceselor biologice, de cele mai multe ori, reactiile de oxidare si de reducere sunt numeroase si au loc simultan. Intr-un proces de tratare aeroba a apelor uzate potentialul

redox este in mod firesc pozitiv, el crescand odata cu intensificarea oxidarii. Sunt insa multe cazuri in care potentialul redox ia valori negative in procese aerobe, caz in care procesele de reducere sunt mai intense decat cele de oxidare, substratul suferind o degradare avansata sau in cazul in care in mediu predomina compusi cu caracter reductor, cum sunt de exemplu cei care contin grupari SH.

In tratamentul apelor uzate, in procesele anaerobe (sau anoxice), oxigenul dizolvat tinde catre zero iar in aceasta situatie potentialul redox poate fi folosit ca un indicator mai bun asupra activitatii microorganismelor din namolul activ. Disponibilitatea valorilor negative ale potentialului redox arata ca domeniul de masura al electrodului ORP este mult mai mare decat al electrodului de oxigen dizolvat (Holman, 2000).

Intr-un proces biotehnic potentialul redox ofera informatii pretioase asupra biodegradabilitatii substratului si mai ales asupra activitatii microbiologice deoarece majoritatea reactiilor de oxidare si de reducere sunt conduse de microorganisme. Spre exemplu amonificarea - transformarea azotului organic din compusii cu molecule mari in azot anorganic; NH_4^+ - este o reactie de reducere in care donorul de electroni este substratul organic iar acceptorul de electroni este hidrogenul. Amonificarea este condusa de microorganisme atat aerobe cat si anaerobe si reprezinta o reactie care genereaza un potential redox negativ foarte scazut; pana la -400 mV. Un alt exemplu este reactia de oxidare a amoniului la nitriti si apoi la nitrati, reactie condusa de bacterii din genul *Nitrosomonas* si *Nitrobacter*. In cadrul acestui tip de reactie substratul primeste electroni iar agentul oxidant (oxigenul din aer) cedeaza electroni. O astfel de reactie poate genera un potential redox pozitiv mare de pana la +400 mV.

Microorganismele modifica potentialul de oxidoreducere al unui mediu, asa cum se intampla si cu pH-ul. Aceasta afirmatie este valabila doar pentru microorganismele aerobe, care micșoreaza potentialul de oxidoreducere al mediului. Pe masura ce microorganismele aerobe se dezvoltă, oxigenul din mediu își micșorează concentrația, ceea ce determină o scădere a potentialului de oxidoreducere. Creșterea lor nu este încetinită în măsura în care este de așteptat, pentru că celulele au capacitatea de a se folosi de substanțele donatoare de O_2 sau de substanțele

acceptoare de H_2 din mediu. Acest lucru are drept rezultat saracirea mediului in substante oxidante si imbogatirea lui in substante reducatoare.

In practica, corelatia de directa proportionalitate intre potentialul redox si oxigenul dizolvat este bine cunoscuta. Corelatia pe intreg procesul (119 ore) pare insa sa fie foarte mica, dar daca impartim experimentul in doua etape, pana la atingerea punctului de stabilizare (figura 3.38) si ulterior acestui punct (figura 3.39), valoarea corelatiei devine foarte mare, peste 80%. Pentru a determina valoarea corelatiei celor doua siruri de valori s-a folosit functia „CORELL” din Microsoft Excell.

Procesul incepe ca unul strict aerob, valoarea ORP este pozitiva (+160 mV). Datorita multiplicarii explozive a microorganismelor creste si necesarul de oxigen si, in consecinta, pentru ca debitul de aer este constant pe intreg procesul de epurare, valoarea ORP va scadea. Disponibilitatea scazuta a oxigenului face ca procesul sa fie similar cu unul de nitrificare – denitrificare, adica un proces de degradare avansata.

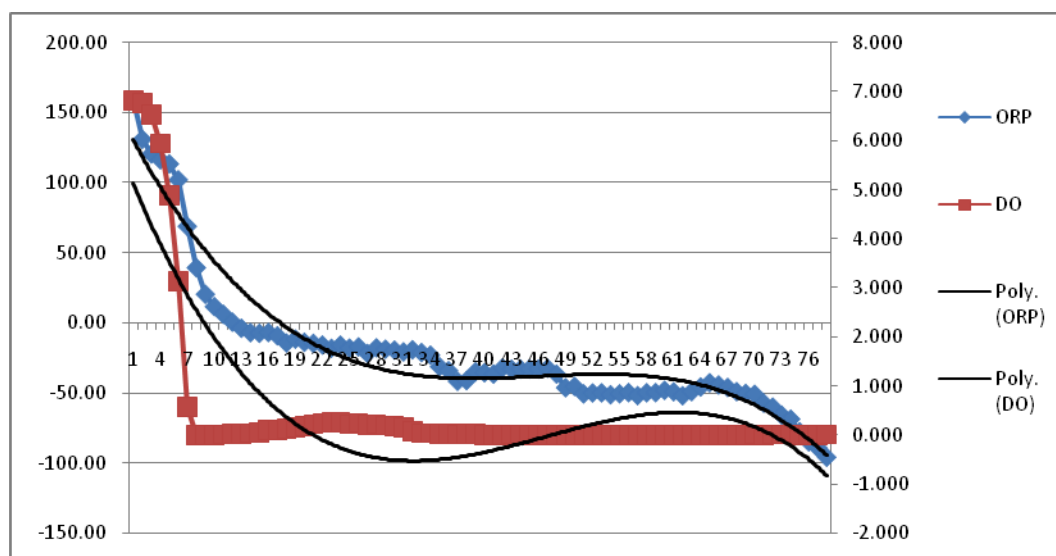


Fig. 3.38. Corelatia dintre ORP si DO pana la pragul de stabilizare la epurarea biologica aeroba a apelor reziduale din industria laptelui, in statia pilot, utilizand inocul specializat de bacterii, drojdii si mucegaiuri

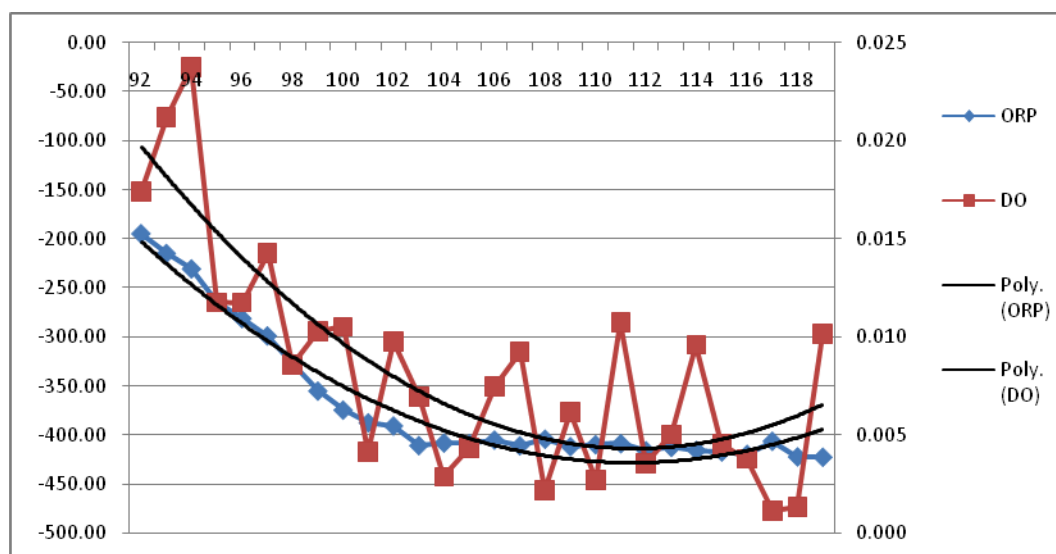


Fig. 3.39. Corelatia dintre ORP si DO dupa depasirea pragului de stabilizare la epurarea biologica aeroba a apelor reziduale din industria laptelui, in statia pilot, utilizand inocul specializat de bacterii, drojzii si mucegaiuri

Dupa depasirea pragului de stabilizare, ORP ia valori cuprinse intre $-200 \div -400$ mV. Aici procesul nu mai poate fi considerat unul strict aerob ci, mai degraba, unul anoxic similar denitrificarii. Prin autoliza unor microorganisme se elimina substante organice cu azot (proteine, acizi nucleici), care conduce la activarea procesului de amonificare (bioconversia azotului din macromolecule si formarea de amoniu). Aceasta afirmatie este intarita si de prezenta nitratilor in mediu spre sfarsitul procesului. Nitratii sunt formati prin oxidarea amoniului in prezenta oxigenului.

Daca nu s-a putut reprezenta grafic corelatia dintre turbiditate sau CCO si oxigenul dizolvat din bazin (din cauza valorilor apropiate de 0 a oxigenului dizolvat) se poate, in schimb, reprezenta corelatia dintre aceasta si potentialul redox (figura 3.40).

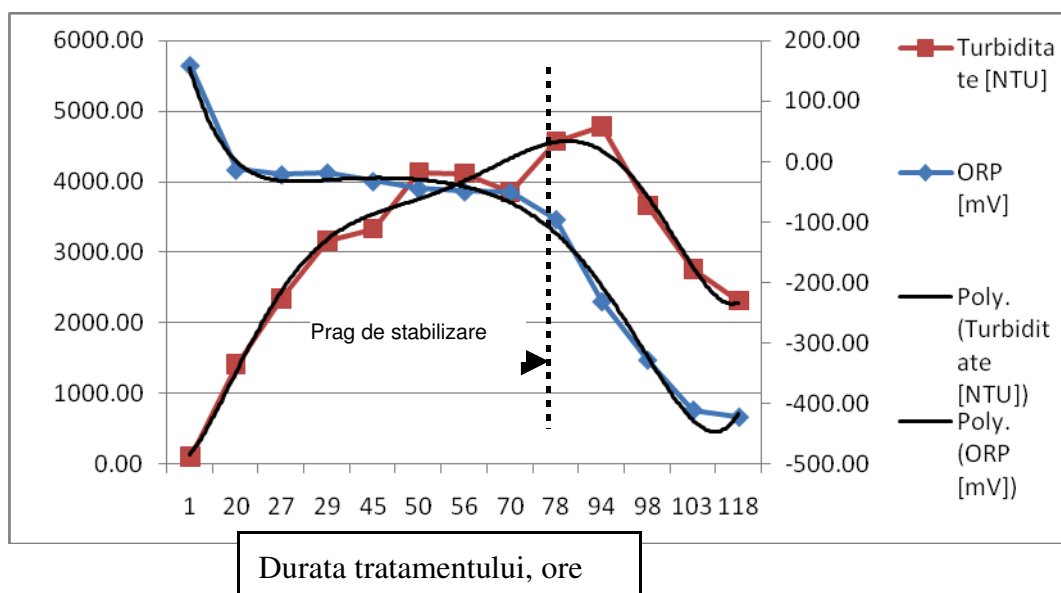


Fig. 3.40. Corelatia dintre turbiditate si ORP la epurarea biologica aeroba a apelor reziduale din industria laptelui, in statia pilot, utilizand inocul specializat de bacterii, drojzii si mucegaiuri. Se poate observa, chiar si in acest caz, delimitarea clara a doua intervale cu caracteristici diferite delimitate de pragul de stabilizare. In primul interval turbiditatea variaza invers proportional fata de potentialul redox, iar in cel de-al doilea interval turbiditatea variaza proportional cu acesta.

Odata ce valoarea oxigenului dizolvat din mediu poate oferi informatii asupra consumului substantelor organice din mediu (CCO), se poate face si corelatia generala dintre CCO si ORP (figura 3.41).

Dezavantajul este ca ORP este influentat si de alti parametri precum temperatura, pH-ul, tipul de apa epurat etc., de aceea aceasta corelatie se realizeaza empiric prin experimentari pe medii si in conditii similare. Masurarea ORP ramane totusi una dintre metodele cele mai ieftine de aproximare a CCO in timp real, in cadrul sistemelor tip sarja de tratare apelor uzate.

In conditiile experimentelor realizate, randamentele de eliminare a CCO, N_{tot} si PO_4^{3-} prin procese de oxidare aeroba, in punctul de stabilizare, sunt urmatoarele:

- CCO: 98.8%
- N_{tot} : 63.6%
- PO_4^{3-} : 46.1%

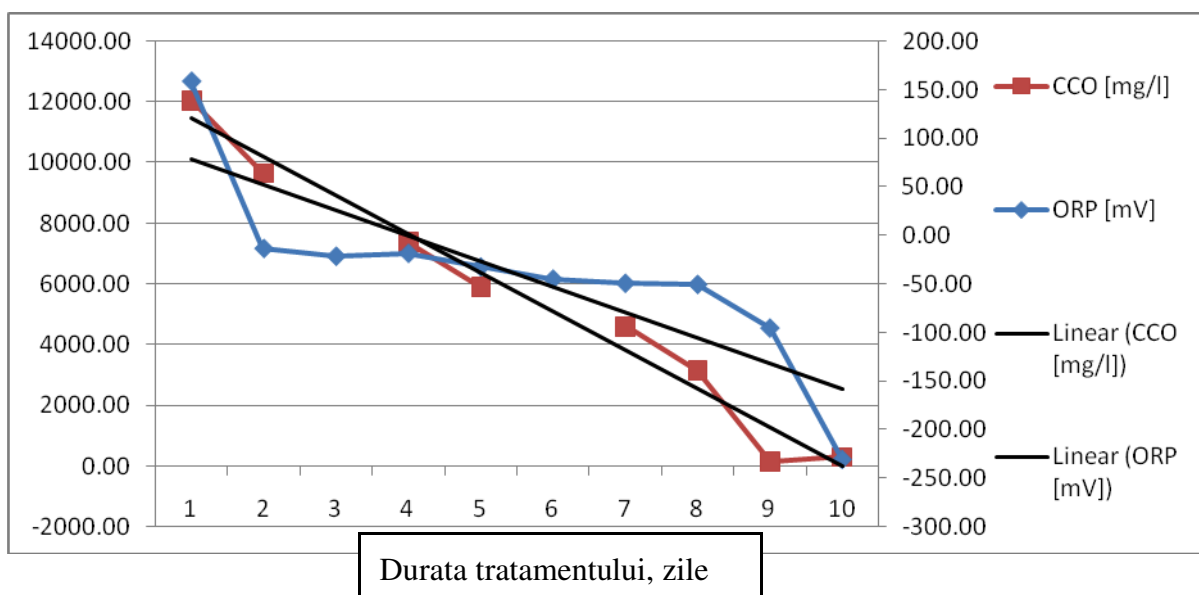


Fig. 3.41. Scaderea ORP si a CCO la epurarea biologica aeroba a apelor reziduale din industria laptelui, in statia pilot, utilizand inocul specializat de bacterii, drojzii si mucegaiuri

Concluzii experimetul 3:

1. Intr-un sistem real de tratare aeroba tip sarja, utilizand un mediu de cultura constituit zer diluat in raport de 1:4 cu apa potabila, cu o concentratie initiala a CCO de 12.000 mg O₂/litru, si in calitate de inocul standardizat o cultura multipla formata din culturi selectionate de bacterii si drojzii (concentratia de inocul a fost corespunzatoare unei turbiditati in mediul inoculat de 96,95 NTU), dupa 78 ore de tratament s-a obtinut un randament de eliminare a CCO de 98.8%.
2. Durata de eliminare a CCO in sistem real tip sarja este cu 46% mai mica decat in cazul sistemului model din cadrul experimentului 1, avand in vedere compozitia organica diferita a substratutului si compozitia diferita a inoculului (specii cu aptitudini biochimice diferite).
3. Inoculul specializat utilizat ofera informatii pretioase asupra dinamicii proceselor de epurare aeroba si pentru identificarea modelelor matematice dar datorita incapacitatii

acestua de a forma flocoane capabile sa sedimenteze nu reprezinta o solutie de utilizare in procese industriale decat in combinatie cu alte tipuri de microorganisme.

4. Dupa atingerea pragului de stabilizare, eliminarea CCO si a N_{tot} nu mai este eficienta, valorile acestor parametri crescand considerabil, ca urmare a autolizei biomasei formate.
5. Monitorizarea potentialului de oxido-reducere ofera informatii utile asupra degradarii substratului si asupra activitatii microbiotei si din acest motiv, evaluarea sa poate constitui o solutie de compromisi in analiza evolutiei CCO in timp real, pentru sisteme de tratare tip sarja.

EXPERIMENTUL 4

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, continutul de azot din mediu s-a corectat prin adaos de NH_4Cl , in concentratie de 21 g/ 100 L mediu de epurare.

Rezultatele obtinute sunt prezentate in tabelul 3.7 si figurile 3.42÷3.51

Tabelul. 3.7. Evolutia parametrilor fizico-chimici si biologici la epurarea biologica aeroba a apelor reziduale din industria berii, utilizand inocul specializat, in statia

Or a	pH	ORP [mV]	DO [mg/L]	Debit aer [L/min.]	Turbiditat e [NTU]	CCO [mg/l]	Randament eliminare CCO [%]	Ntot [mg/L]	N-NH ₄ ⁺ [mg/L]	N -NO ₃ ⁻ [mg/ L]	P-PO ₄ ³⁺ [mg/L]
1	7 .74	-195.01	2.00	2.31	97.31	11598.0 0		150	144	5.08	100
6	6 .64	-85.37	1.86	11.73	222.04	11088.0 0	4%				
21	5 .00	5.88	2.16	1.57	430.03	8624.00	22%	126.2	106	1.06	8.4
30	4 .77	29.51	3.01	3.34	735.22	8228.00	5%				
46	4 .70	34.89	3.00	2.14	1395.49	6116.00	26%	75	44	2.22	2.2
56	4 .67	38.42	3.00	2.65	1627.16	5324.00	13%				
71	4 .66	46.41	4.01	4.26	1935.07	4366.00	18%	70	40.4	0.96	3.8
79	4 .64	40.57	4.00	3.84	2038.34	4192.00	4%				
95	4 .65	53.25	4.02	2.20	2222.57	3961.00	6%	51	10	0.8	0.6
102	4 .64	64.04	5.01	2.97	2248.46	3828.00	3%				
118	4 .66	68.01	5.02	2.39	2215.48	3124.00	18%	41	11	0.22	0.59

pilot

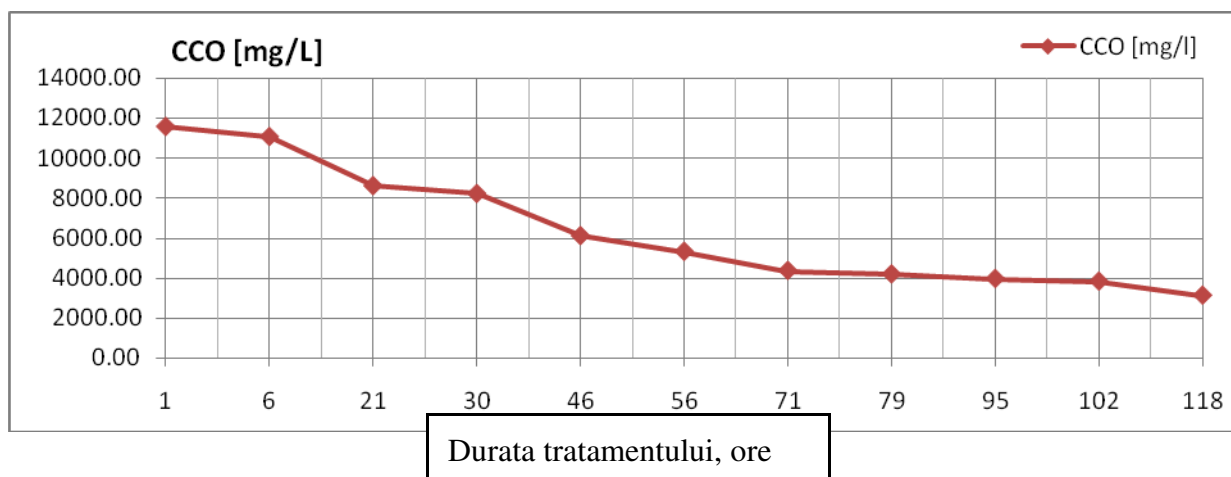


Figura 3.42. Variatia consumului chimic de oxigen la epurarea biologica aeroba a apelor reziduale din industria berii, in statia pilot, utilizand inocul specializat de bacterii, drojdii si mucegaiuri

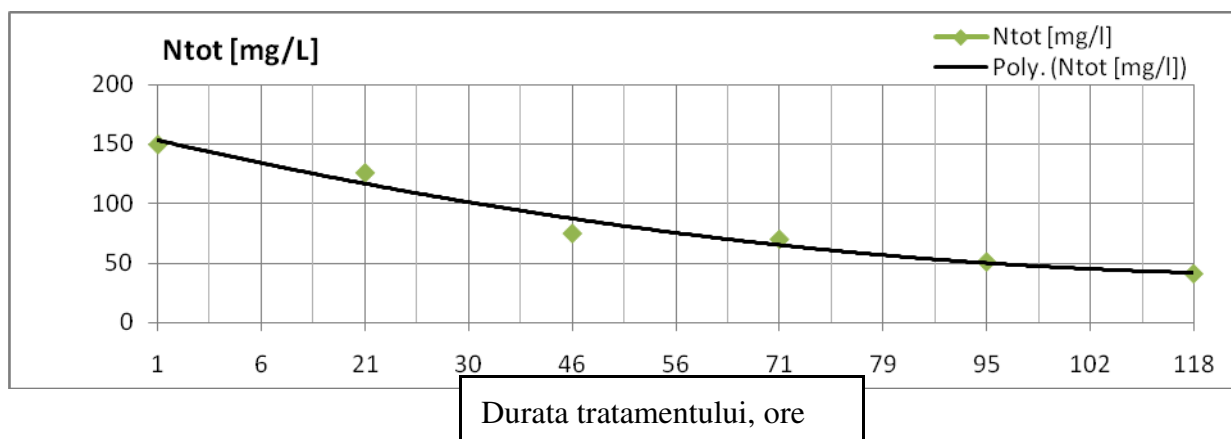


Figura 3.43. Evolutia concentratiei de azot total la epurarea biologica aeroba a apelor reziduale din industria berii, in statia pilot, utilizand inocul specializat de bacterii, drojdii si mucegaiuri

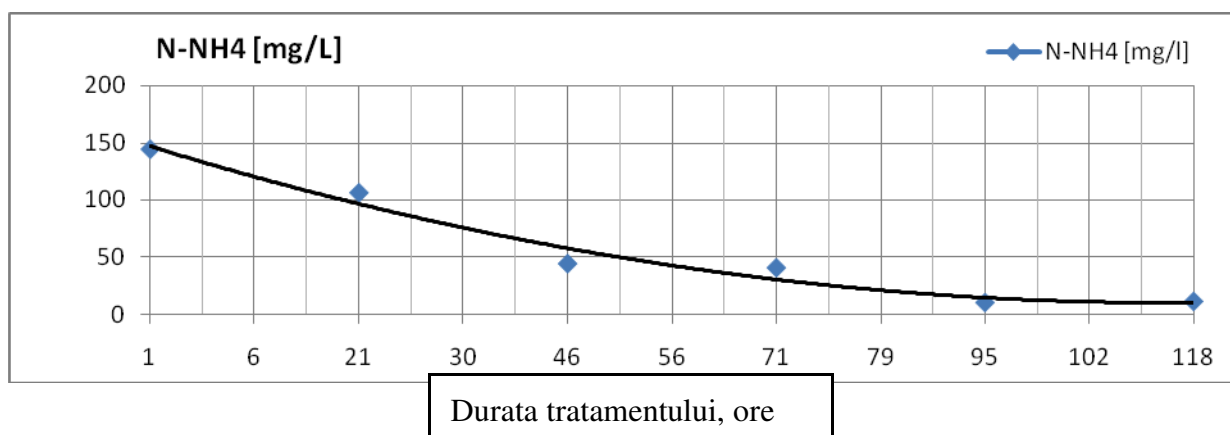


Figura 3.44. Dinamica de modificare a concentratiei ionului amoniu la epurarea biologica aeroba a apelor reziduale din industria berii, in statia pilot, utilizand inocul specializat de bacterii, drojdii si mucegaiuri

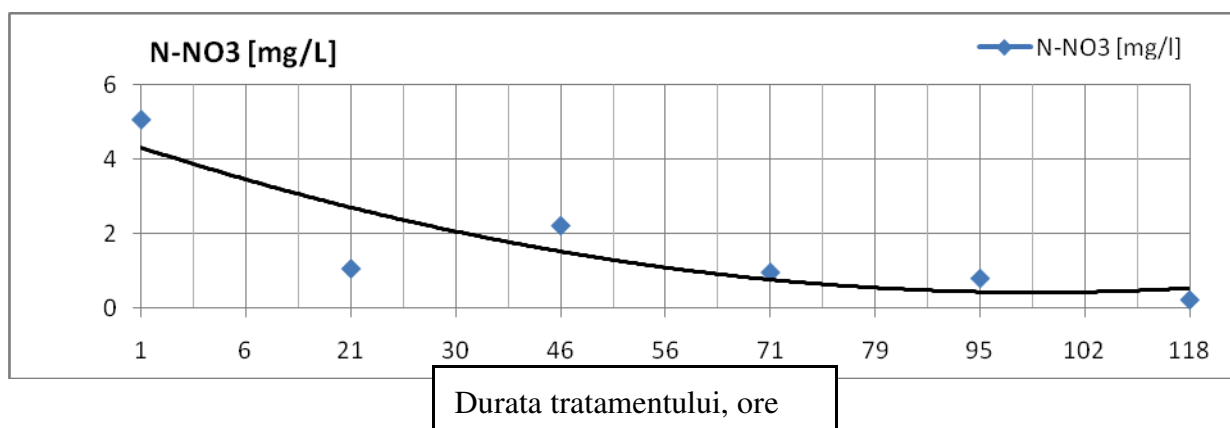


Figura 3.45. Evolutia concentratiei de azotati la epurarea biologica aeroba a apelor reziduale din industria berii, in statia pilot, utilizand inocul specializat de bacterii, drojdii si mucegaiuri

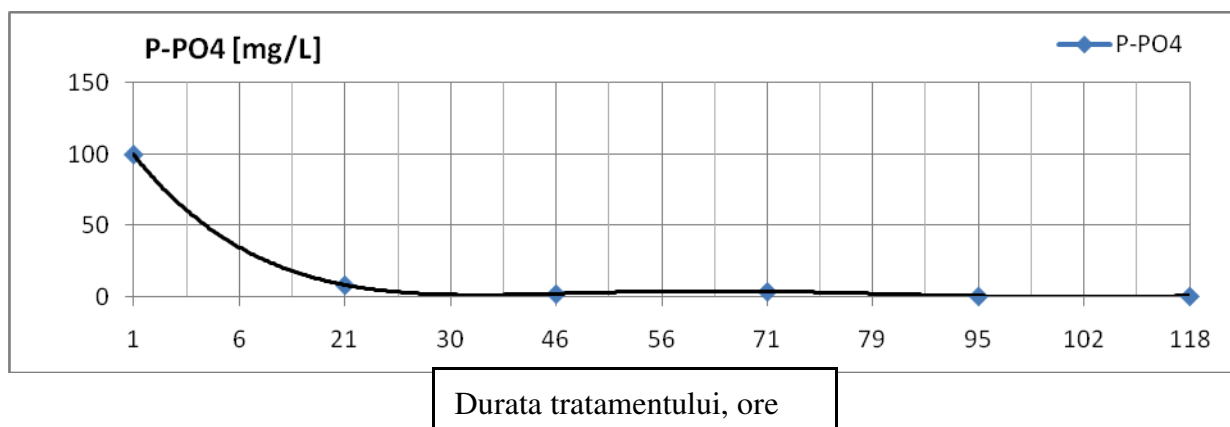


Figura 3.46. Dinamica de modificare a concentratiei de fosfor din fosfati la epurarea biologica aeroba a apelor reziduale din industria berii, in statia pilot, utilizand inocul specializat de bacterii, drojzii si mucegaiuri

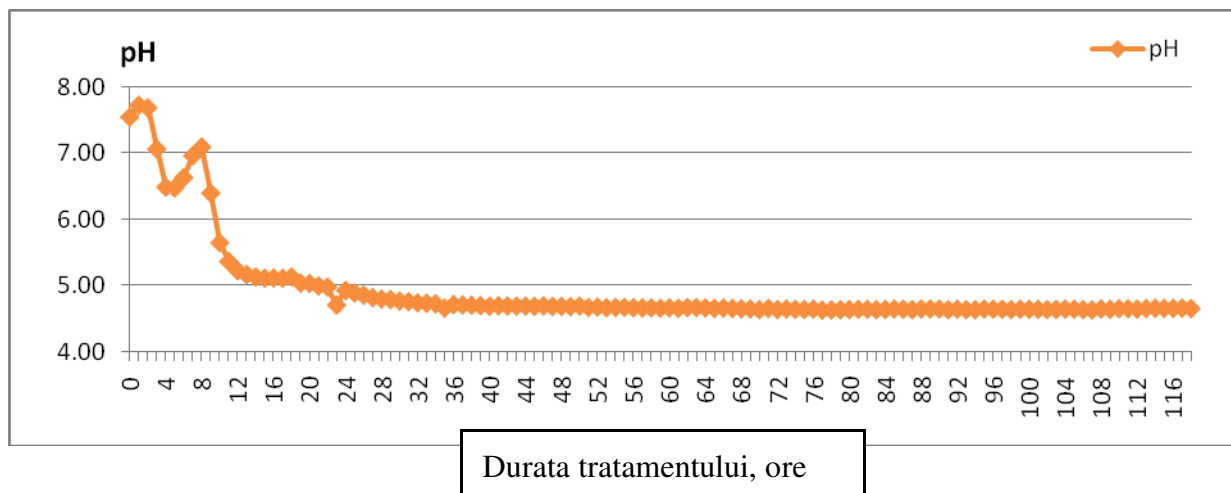


Figura 3.47. Dinamica de modificare a pH-ului la epurarea biologica aeroba a apelor reziduale din industria berii, in statia pilot, utilizand inocul specializat de bacterii, drojzii si mucegaiuri

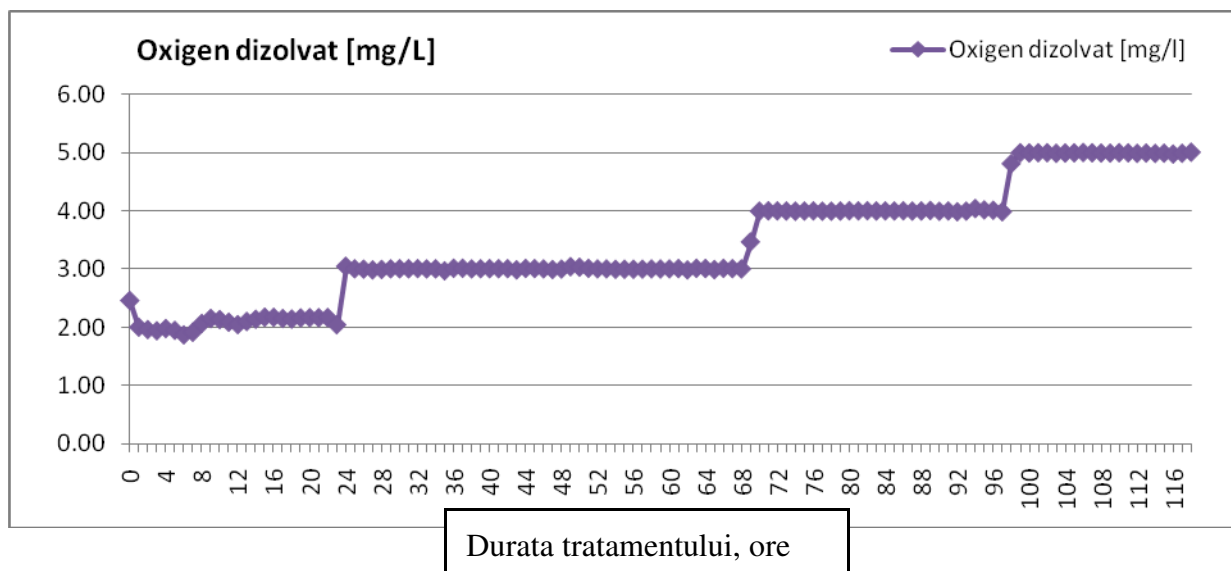


Figura 3.48. Evolutia concentratiei de oxigen dizolvat la epurarea biologica aeroba a apelor reziduale din industria berii, in statia pilot, utilizand inocul specializat de bacterii, drojzii si mucegaiuri

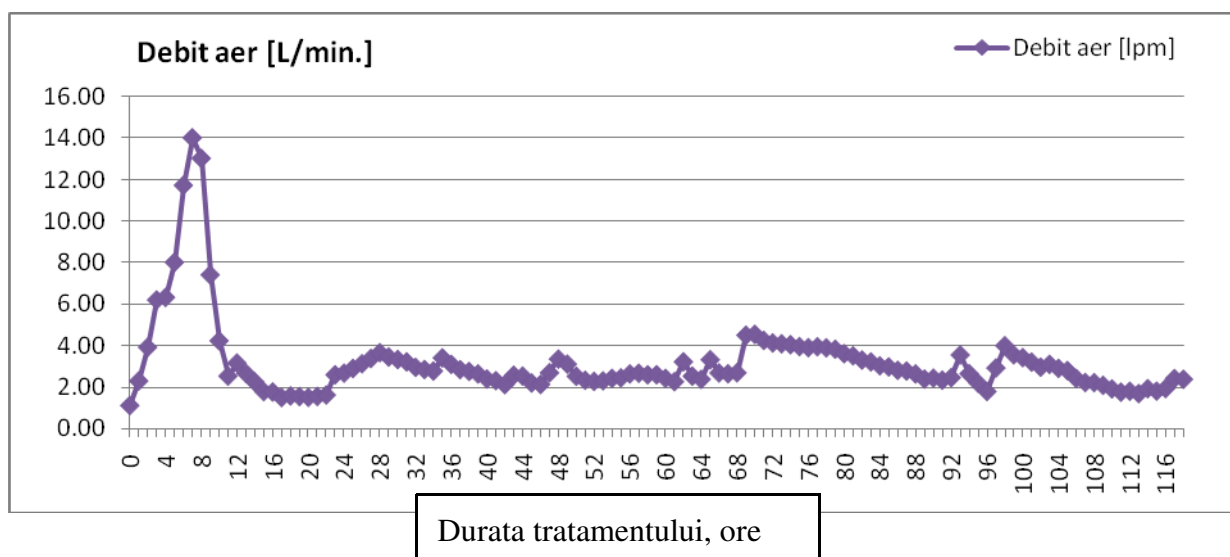


Figura 3.49. Evolutia debitului de aer pentru mentinerea oxigenului dizolvat la diferite trepte la epurarea biologica aeroba a apelor reziduale din industria berii, in statia pilot, utilizand inocul specializat de bacterii, drojdii si mucegaiuri

Profilul pH-ului si al turbiditatii nu se prezinta in corelatie directa asa cum s-a obtinut in celelalte experimente. Incepand cu ora 32, pH-ul scade la valoarea 4.7 si ramane constant pana la sfarsitul experimentului, inregistrand o variatie pe un domediu foarte mic, de maxim 0.11 unitati.

Tinand cont de intervalele optime de dezvoltare ale microorganismelor, descrise anterior la experimentul 3, putem intui ca, in acest caz, predomina fungi (drojdiile si mucegaiurile), pH-ul fiind optim pentru acestea. Fungii prezenti in mediu sunt microorganisme aerobe acidotolerante. Pentru ca timpul de dublare a biomasei fungilor este mai mare decat cel al bacteriilor, cele din urma initiaza procesul de tratare a apei uzate sintetice. In acest sens se observa ca in prima ora a procesului pH-ul creste de la 7.56 cu aproximativ 0.2 unitati, iar oxigenul dizolvat din mediu, initial 4,3 mg/L, este adus in doar 12 minute la valoarea de 2 mg/L, cand sistemul de alimentare cu aer porneste.

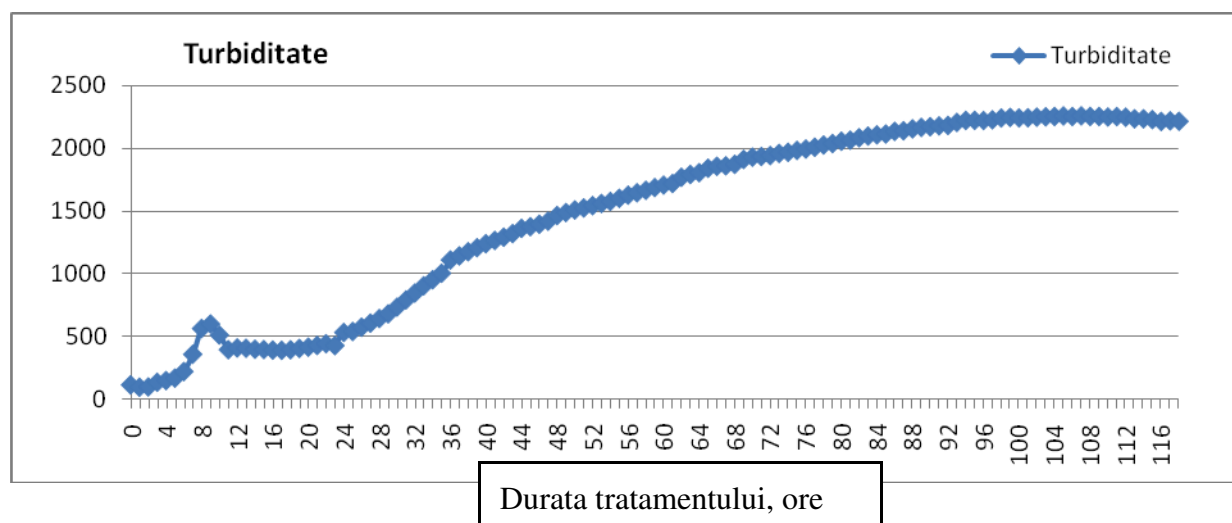


Figura 3.50. Variatia turbiditatii, corelata cu evolutia concentratiei de biomasa la epurarea biologica aeroba a apelor reziduale din industria berii, in statia pilot, utilizand inocul specializat de bacterii, drozii si mucegaiuri

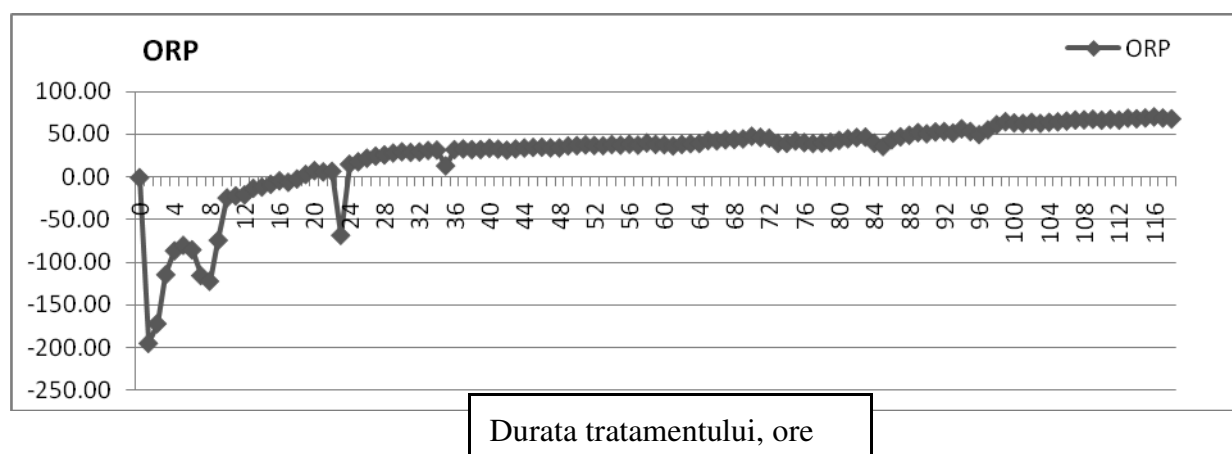


Figura 3.51. Variatia potentialului redox la epurarea biologica aeroba a apelor reziduale din industria berii, in statia pilot, utilizand inocul specializat de bacterii, drozii si mucegaiuri

Potentialul redox inregistreaza deasemenea o scadere accentuata. Valoarea initiala a acestuia este de +250 mV ajungand in doar o ora la -200 mV, o diferenta foarte mare din care rezulta o bioconversie accentuata a mediului fermentativ de epurare. Turbiditatea inregistreaza in aceeasi perioada o scadere, de aproape 30 de unitati nefelometrice, fata de valoarea initiala, ea incepand sa creasca abia in a doua ora. Aceasta scadere a turbiditatii poate fi interpretata prin moartea si autoliza unor microorganisme neadaptate la conditiile

initiale de mediu, sau prin absorbtia din mediu a unor solide in suspensie. Dupa aceasta scurta perioada pH-ul isi continua tendinta de scadere, iar potentialul redox si turbiditatea cresc. Evolutia si declinul atat de rapid al acestor parametrii pot evidenta o concentratie mare a populatiei de bacterii existenta initial in mediul de cultura. Faza de latentă (lag) este in acest experiment aproape nula.

O alta perturbatie vizibila in evolutia parametrilor inregistrati in mod continuu este observata intre orele 6 ÷ 9, cu un maxim intre orele 6 ÷ 7. In aceasta perioada pH-ul creste cu 0.7 unitati, potentialul redox scade brusc, iar turbiditatea se tripleaza. Debitul de aer barbotat inregistreaza cote maxime, 14 L/min., fata de media generala de 2,9 l/min. (media pentru tot experimentul exceptand cele 4 ore). Aceasta perturbatie este produsa de dezvoltarea exponentiala a culturii de bacterii din inoculul specializat. Dupa acest punct, pH-ul isi continua tendinta de scadere, ORP tendinta de crestere, iar turbiditatea va inregistra o scadere de 200 NTU si apoi va continua sa creasca. Populatia de bacterii urmeaza o faza de declin, iar din acest moment nu isi mai pastreaza pozitia dominanta. La o analiza microscopica s-a observat ca aceasta specie de bacterii nu a disparut din mediu ci s-a adaptat valorilor scazute ale pH-ului, dar inmultirea bacteriilor s-a desfasurat cu o viteza mult mai mica.

In figura 3.52 si tabelul 3.8 sunt comparate turbiditatile inregistrate in experimentele 3 si 4, primul fiind dominat de bacterii, iar cel de-al doilea de fungi. In experimentul 3 turbiditatea maxima este 4787.5 NTU, pe cand in cel de-al doilea experiment turbiditatea maxima nu inregistreaza decat 2215.5 NTU.

Aceste rezultate explica variabilitatea proceselor biochimice de epurarea biologica aeroba, in corelatie cu compozitia chimica a apelor reziduale, tipul de poluanti organici, natura microorganismelor implicate in epurare, gradul de adaptare si competitia dintre specii.

Tabelul. 3.8. Variatia turbiditatii biomasei, in diferite etape ale tratamentului, in functie de compozitia organica a substratului si microorganismele implicate in epurare

Universitatea „Dunarea de Jos” Galati – Capitolul 3: Analiza pe substraturi model si reale, folosind bioreactoarele existente in cadrul Fac. SIA, a speciilor de microorganisme cele mai eficiente pt. reducerea substantelor organice provenite din procese specifice industriei alimentare.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Exp 3 (ape reziduale lapte)	Momentul epurarii, ora									
	1	20	29	45	56	70	78	94	103	118
	97	1 413	3 163	3338	4 115	3854	4575	4788	2765	2312
Exp 4 (ape reziduale bere)	Momentul epurarii, ora									
	1	21	30	46	56	71	79	95	102	118
	97	430	735	1395	1 627	1935	2038	2223	2248	2215

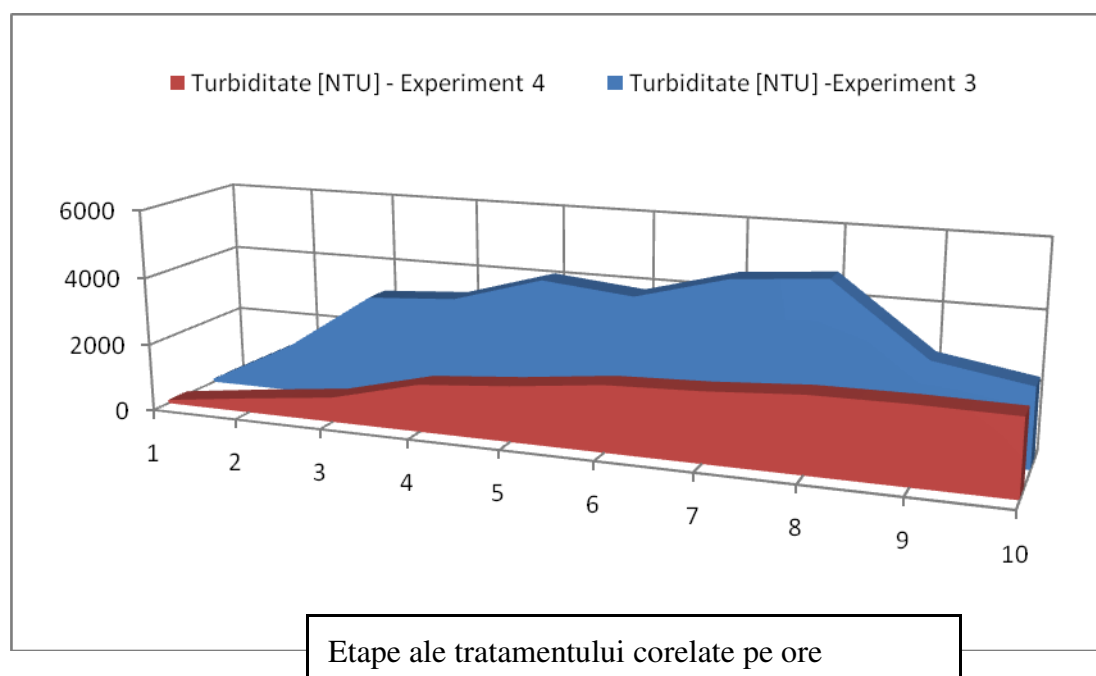


Figura 3.52. Variabilitatea concentratiei de biomasa, corelata cu turbiditatea, in functie de compozitia organica a substratului si microorganismele implicate in epurare

Celelalte doua mici perturbatii inregistrate pe curba pH-ului in a 23-a si a 35-a ora sunt datorate unei comune cauze externe, cand pentru cateva minute alimentarea cu curent electric a fost intrerupta. Aceleasi perturbatii sunt observate pe curba turbiditatii si a potentialului redox in sensul scaderii bruste. In lipsa aerului si a alimentarii cu substrat microorganismele se degradeaza prin autoliza celulelor.

Valorile CCO masurate de doua ori pe zi inregistreaza o scadere continua pana la sfarsitul experimentului. Randamentul maxim de eliminare a CCO calculat la finalul procesului este de numai 73%. Efluentul final este inca foarte incarcat in substante organice, valoarea CCO finala fiind de 3124 mg/L. Eliminarea CCO din apa uzata se realizeaza mult mai greu decat in cazul experimentului 2, realizat in bioreactor, in care dupa 78 ore s-a atins valoarea de 142 mg/L.

Variatia CCO este invers proportionala cu turbiditatea, la fel ca si in cazul anterior cu mentiunea ca aceasta corelatie respecta o cinetica de ordinul I.

In figura 3.53 este prezentata evolutia concumului chimic de oxigen (CCO) corelata cu cea a turbiditatii. La aplicarea functiei „CORREL” din Excel se obtine o corelatie foarte mare de 98%. Se pare ca dinamica procesului de epurare dominat de fungi este mai lent dar mult mai liniar.

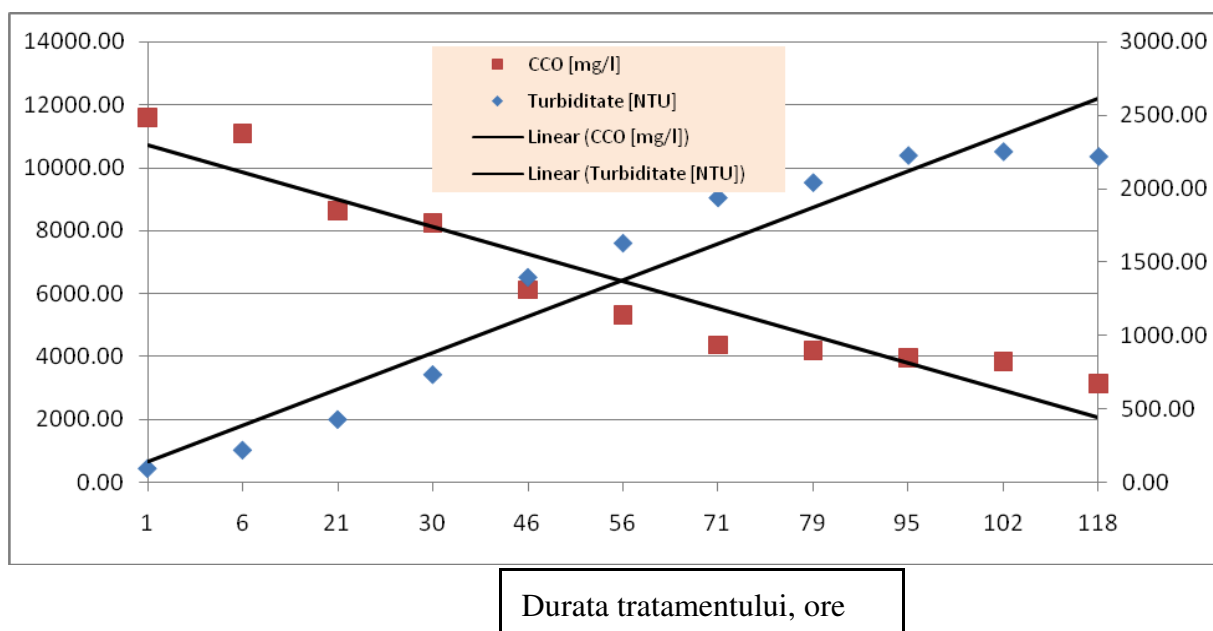


Figura 3.53. Corelatia consumului chimic de oxigen cu evolutia biomasei microorganismelor implicate in epurare

In acest experiment potentialul redox inregistreaza o tendinta total opusa fata de experimentul anterior, crescand pe masura ce substratul este consumat. Aceasta crestere poate

surveni in urma adaugarii de clorura de amoniu pentru reglarea raportului intre carbonul organic si azot. Ionul de amoniu este oxidat la azotat generand un potential redox pozitiv. Se observa in tabelul 3.7 prezenta azotatilor pana la sfarsitul experimentului. Un alt motiv pentru care potentialul redox ar putea sa creasca este oxigenul dizolvat caruia i s-au impus mai multe trepte: 2, 3, 4 si 5 mg/L. In figura 54 se poate observa evolutia oxigenului dizolvat si a potentialului redox pe parcursul intregului experiment.

Totusi potentialul redox are aceeasi tendinta de crestere chiar pentru aceeasi treapta de oxigen dizolvat de unde rezulta ca valoarea oxigenului dizolvat nu este o conditie suficienta pentru cresterea potentialului redox.

Se observa din figura 3.54 ca necesarul de aer pentru a mentine constanta valoarea oxigenului dizolvat este destul de mic (in medie 2,9 L/min), comparativ cu experimentul anterior in care volumul constant de aer, de 5 L/min, s-a dovedit insuficient.

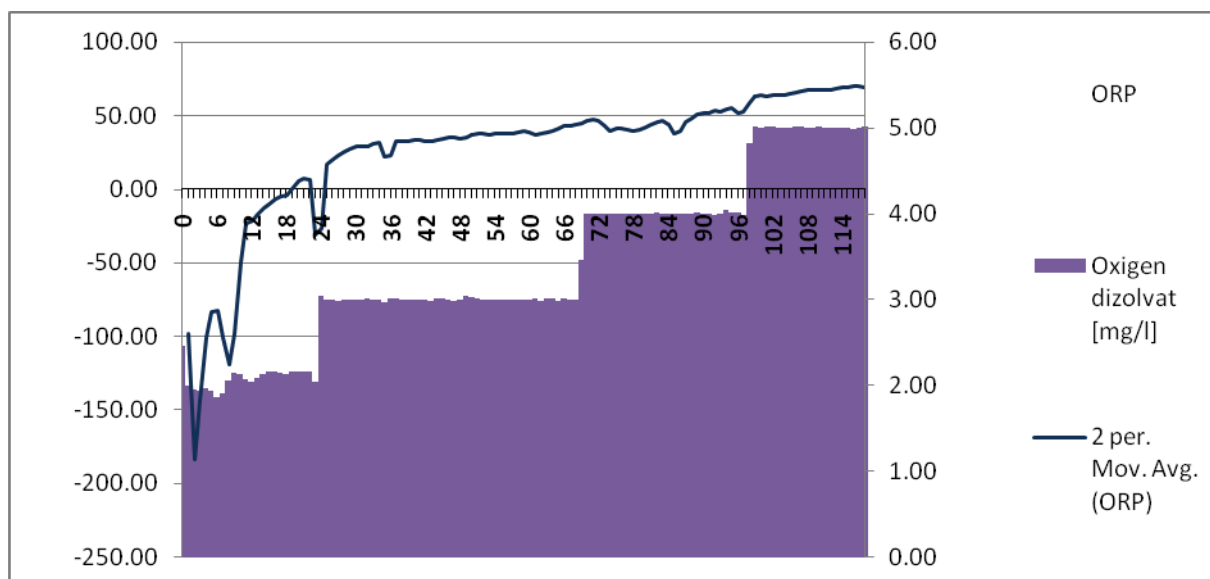


Figura 3.54. Evolutia oxigenului dizolvat si a potentialului redox pe parcursul intregului experiment.

Rezulta ca este o tendinta naturala a inoculului cultivat pe acest tip de mediu, in conditii reale de tip sarja, de a conduce reactii de oxidare mai intense decat cele de reducere. In acest experiment, comparatie cu experimentul 3, viteza redusa de biodegradare si randamentul scazut de bioconversie, dupa 118 ore de lucru, se explica prin incapacitatea

microbiotei de adaptare la substrat, corelat si cu o concentratie insuficienta de inocul initial si probabil cu prezenta unor compusi inhibitori.

Chiar daca ORP intre CCO se obtine o corelatie destul de mare (88% cu functia CORREL din Excel), de inversa proportionalitate, este mai degraba specifica inoculului folosit, a pH-ului scazut de lucru si nu poate fi utilizata pentru monitorizarea eficientei de eliminare a substantelor organice din mediu.

Faptul ca oxigenul dizolvat din mediu are valori destul de ridicate la debite mici de aer barbotate, demonstreaza faptul ca microorganismele inoculate se comporta mai degraba ca aerotolerante decat ca aerobe, fapt explicabil prin flexibilitatea metabolismului glucidic al drojdiilor fermentative in conditii aerobe si de facultativ anaerobioza.

In conditiile reale de experimentare realizate, randamentele de eliminare a CCO, N_{tot} si PO_4^{3-} prin procese de oxidare aeroba sunt urmatoarele:

- CCO: 78 %
- N_{tot} : 73 %
- PO_4^{3-} : 99 %

Randamentul de eliminare a azotului poate fi imbunatatit prin optimizarea concentratiei de clorura de amoniu, utilizata pentru reglarea raportului C/N in mediu de epurare.

Concluzii experimetul 4:

1. Conditiiile reale de lucru pe mediul reconstituit din must de malt cu hamei si apa de retea la o concentratie initiala de 11600 mg O_2/L , folosind un inocul specializat au condus la obtinerea unui randament de eliminare a CCO de 78%, intr-un timp de 118 ore de tratament biologic aerob in sistem tip sarja (discontinuu) de epurare.
2. Evolutia pH-ului in domeniu acid si turbiditatea mai redusa, comparativ cu experimental 3, demonstreaza predominanta fungilor in populatia microbiotei (namolul activ) implicata in epurare.

3. Valoarea potentialului redox nu poate fi folosita in acest caz pentru aprecierea potentialului de biodegradare a substratului.
4. Comportamentul microbiotei a fost unul specific microorganismelor aerotolerante, necesarul de aer fiind foarte redus pentru obtinerea unui nivel ridicat de oxigen dizolvat in mediu.
5. Randamentul de eliminare a azotului poate fi imbunatatit prin optimizarea concentratiei de clorura de amoniu adaugata in mediu pentru reglarea raportului C/N.
6. Procesul de tratare aeroba in conditii reale catalizat de fungi este mai lent, avand in vedere timpul mai mare de dublare a biomasei, specific microorganismelor eucariote, insa se inregistreaza o cinetica aproape liniara, comparativ cu procesul aerob catalizat dominant de bacterii unde evolutia este polinomiala.
7. Viteza redusa de biodegradare si randamentul scazut de bioconversie, dupa 118 ore de lucru, omparativ cu experimental anterior, se explica prin incapacitatea microbiotei de adaptare la substrat, corelat si cu o concentratie insuficienta de inocul initial si probabil cu prezenta unor compusi inhibitori (ioni de clor etc) in mediul de epurare.

Activitatea IV.4:

Realizarea de masuratori in regim dinamic pentru evaluarea indicatorilor calitativi ai procesului de epurare in acest regim

3.8. Consideratii generale

Tratarea aeroba a apelor uzate in sistem continuu consta in transformarea, de catre microorganisme, a materiei organice in CO₂, H₂O, NH₄ si biomasa. Aerul este asigurat, in bazinul aerob, de difuzoare mecanice. Microorganismele implicate in proces formeaza flocoane care sunt ulterior sedimentare in decantor.

Un proces conventional de tratarea aeroba a apelor uzate in sistem continuu presupune (figura 3.55):

- **Bazinul aerob** unde are loc oxidarea materiilor organice. In acest bazin este introdus efluentul impreuna cu namolul activat recirculat care formeaza un mix cu o concentratie de solide in suspensie de aproximativ 1500 ÷ 2500 mg/l. O caracteristica importanta a acestui sistem este recircularea namolului prin care se mentine o concentratie constanta ridicata de microorganisme care oxideaza materia organica in scurt timp. Timpul de retentie in bazinul aerat variaza intre 4 si 8 ore.
- **Decantorul** este utilizat pentru sedimentarea flocoanelor de namol formate in timpul procesului de oxidare din bazinul aerob. O parte din namol este recirculat iar excesul este eliminat din sistem.

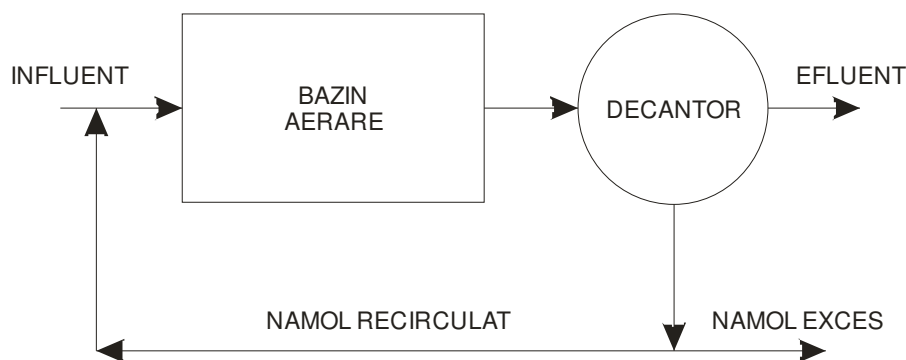


Figura 3.55. Sistem conventional de tratarea aeroba cu namol activat

Epurarea biologică controlată reproduce în mod intensiv fenomenele de autoepurare a solurilor și apelor de suprafață, realizând condițiile necesare (de debit, temperatură, pH, timp de contact, hrană etc.) dezvoltării masei bacteriene cu ajutorul căreia se mineralizează și se rețin substanțele organice biodegradabile aflate în stare coloidală sau dizolvată în apele uzate efluențe din treapta de epurare mecanică.

Fenomenul de epurare biologică se bazează pe reacțiile metabolice ale unor populații mixte de bacterii, fungi și alte microorganisme inferioare, în special protozoare. În practica epurării aceste biocenoză poartă denumirea de biomasă.

Substanțele organice din apă pot fi îndepărtate de către microorganisme care le utilizează ca hrană, respectiv drept sursă de carbon. Ele constituie așa numitul substrat organic.

O parte din materiile organice utilizate de către microorganisme servesc la producerea energiei necesare pentru mișcare sau pentru desfășurarea altor reacții consumatoare de energie cum ar fi sinteza de materie vie, respectiv reproducerea microorganismelor.

Materialul celular nou creat se grupează pe un suport solid, dacă acesta există, realizând în jurul său o peliculă denumită membrană biologică, sau se grupează în flocoane care plutesc în masa de apă.

Pentru dezvoltarea optimă a materialului celular viu și desfășurarea activității de mineralizare a substratului organic, este necesar ca în apa uzată să se găsească anumite

substante fertilizante cum ar fi azotul si fosforul, substante care sa se afla intr-un anumit raport fata de carbon.

Raportul optim pentru dezvoltarea microorganismelor $CBO_5:N:P = 100:5:1$.

La apele uzate sarace in azot si fosfor se adauga artificial substante ce contin azot si fosfor, astfel incat cerintele minime de mai sus sa fie indepartate.

3.9 Rezultate si discutii

Pentru sustinerea acestei activitati din planul de realizare a proiectului, experimentarile s-au desfasurat in regim continuu utilizand pentru aceasta bazinul de alimentare, bazinul de aerare si decantorul statiei de epurare. Inregistrarea parametrilor statiei de epurare in sistem dinamic a permis observarea comportamentului microbiotei prin reglarea parametrilor fizico-chimici pe tot parcursul procesului de epurare. In cadrul acestor experimente s-a utilizat in locul inoculului specializat, namol provenit de la statia de epurare a Rompak – Pascani.

In regim de functionare continua a instalatiei pilot, cu recircularea nanolului, au fost realizate mai multe experimente de epurare biologica a apelor reziduale din industria laptelui si a berii, dintre care in cele ce urmeaza se vor descrie 4 dintre cele mai relevante.

EXPERIMENTUL 5

Experimentul care a vizat epurarea in sistem continuu a apei reziduale din industria laptelui s-a desfasurat pe o durata de 91 de ore, in conditiile experimentale descrise in capitolul 2. 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. Valorile pH-ului, oxigenului dizolvat, potentialului redox si turbiditatii bazinului de reactie au fost inregistrate la fiecare 10 secunde. Pentru a usura manipularea datelor s-au facut medii orare pentru fiecare parametru in parte.

Rezultatele sunt prezentate in tabelul 3.9 si figurile 3.56÷3.64.

Tabelul 3.9. Parametrii fizico-chimici si biologici la epurarea in sistem continuu, cu recircularea naomului activ al apei reziduale din industria laptelui

ORA	pH	ORP mV	DO _{600nm}	Debit aer, L/min	Turbiditate bazin aerat, NTU	CCO, mg/L	N _{tot} , mg/L	PO ₄ ³⁻ , mg/L	Turbiditate apa epurata, NTU
0	7,56	-131,80	6,459	5,07	31,20	1924,00	21,20	32,96	11,52
21	8,28	-246,45	4,276	9,45	390,78	1274,00	6,40	44,00	157,40
46	8,30	-243,08	2,753	7,99	729,05	666,00	13,20	35,65	83,30
54	8,18	-289,29	1,036	7,99	805,98	870,00	-	-	77,26
69	8,18	-293,67	1,240	9,98	657,07	966,00	12,00	34,50	103,00
76	8,15	-321,60	0,743	10,03	591,38	670,00	-	-	163,00
91	8,15	-182,26	0,252	10,02	487,49	416,00	6,40	36,72	199,60

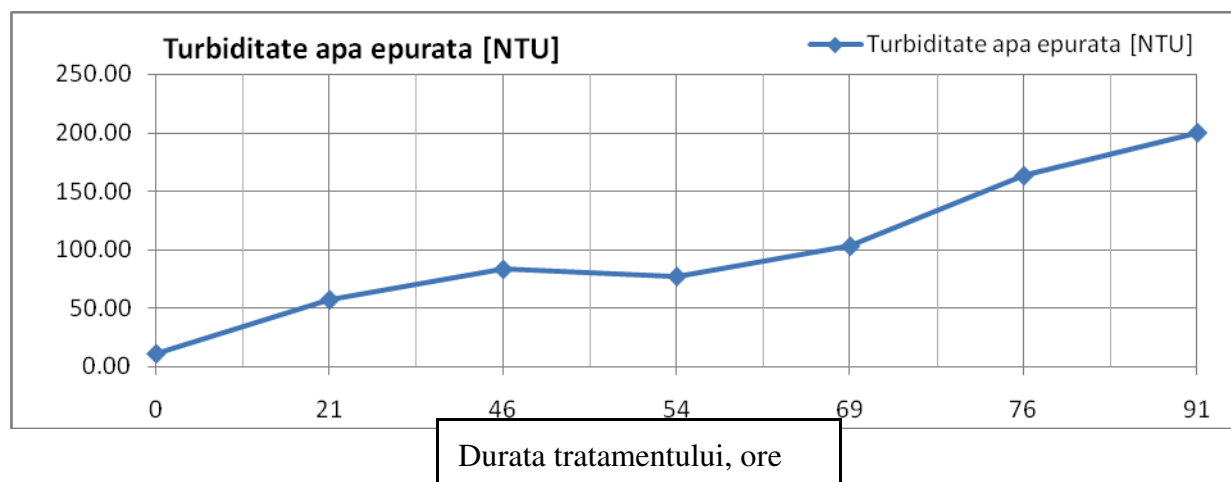


Figura 3.56. Evolutia turbiditatii la epurarea biologica aeroba a apei reziduale din industria laptelui in sistem continuu, cu recircularea namolului activ

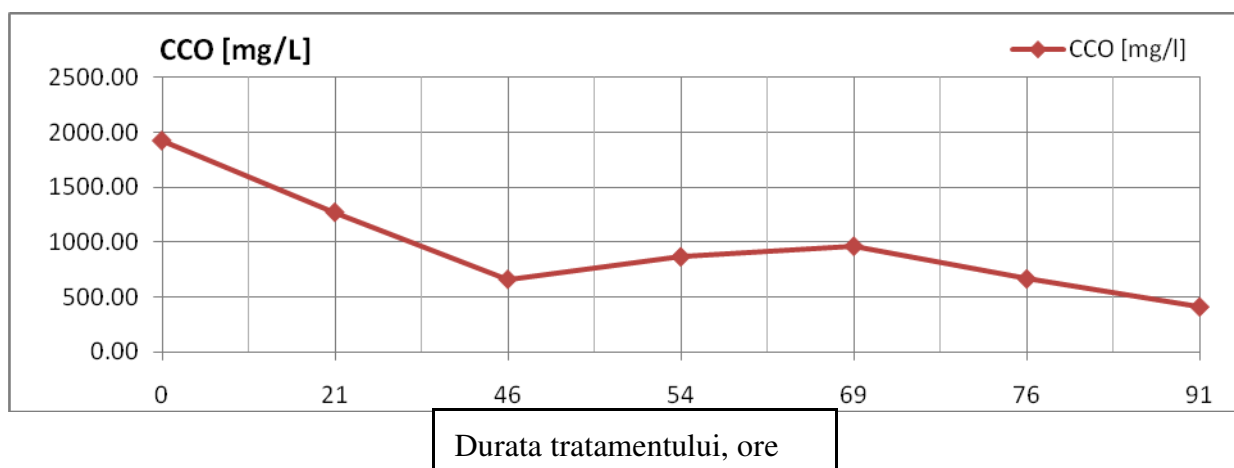


Figura 3.57. Dinamica consumului chimic de oxigen la epurarea biologica aeroba a apei reziduale din industria laptelui in sistem continuu, cu recircularea namolului activ

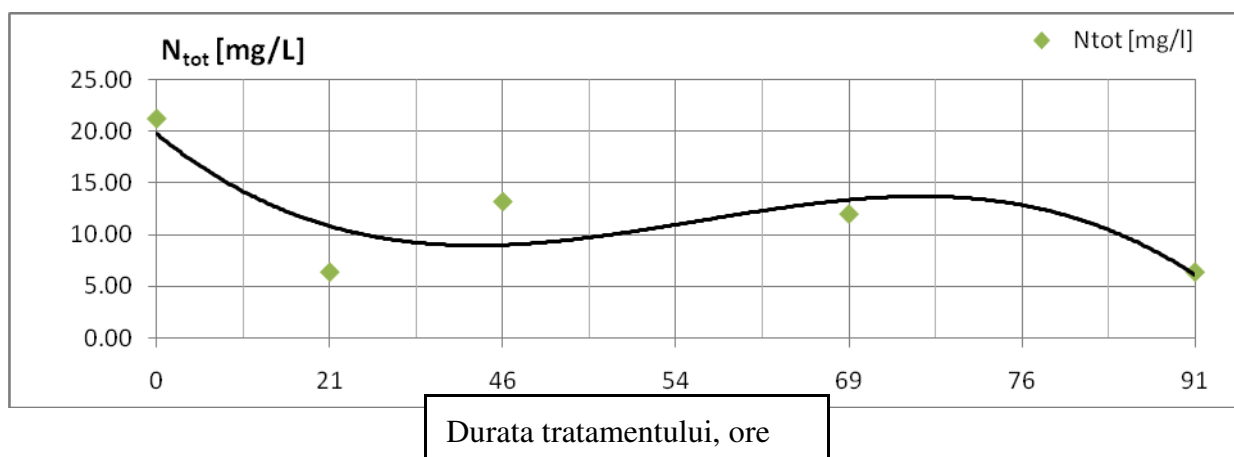


Figura 3.58. Dinamica concentratiei de azot total la epurarea biologica aeroba a apei reziduale din industria laptelui in sistem continuu, cu recircularea namolului activ

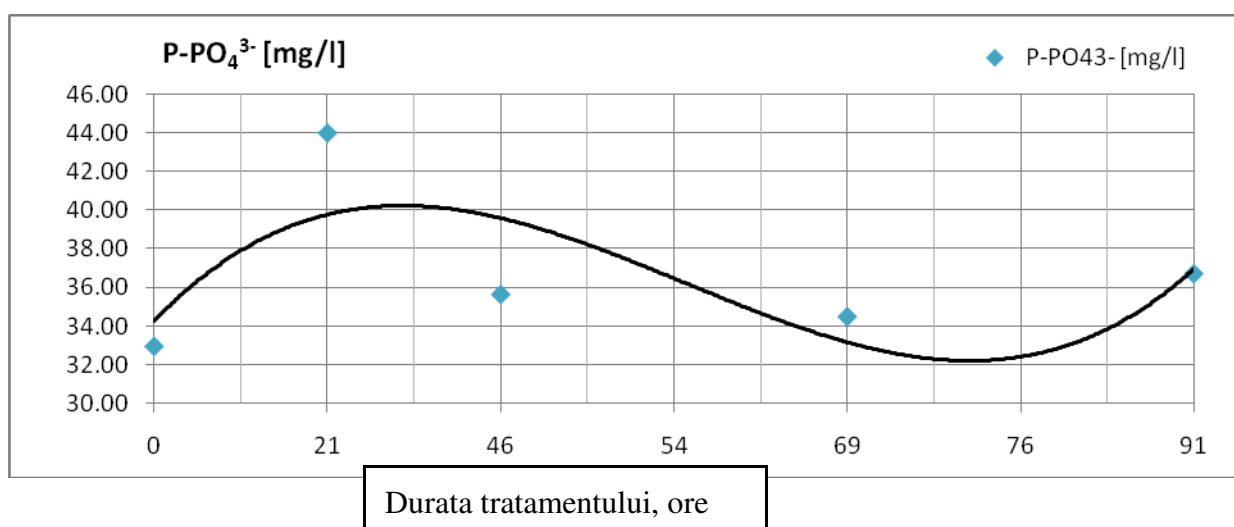


Figura 3.59. Dinamica de biotransformare a compusilor cu fosfor la epurarea biologica aeroba a apei reziduale din industria laptelui in sistem continuu, cu recircularea namolului activ

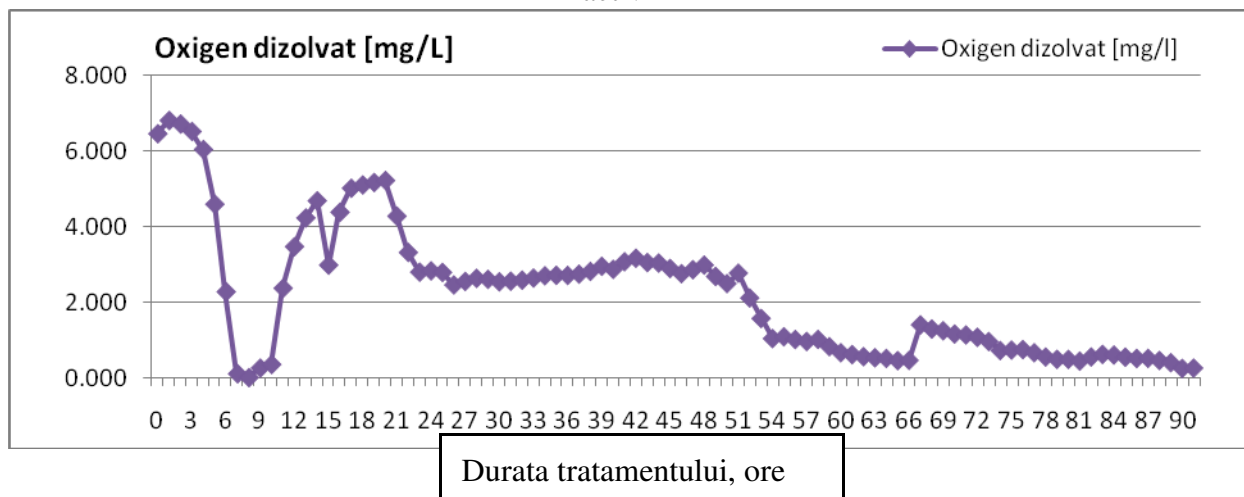


Figura 3.60. Evolutia concentratiei de oxigen dizolvat la epurarea biologica aeroba a apei reziduale din industria laptelui in sistem continuu, cu recircularea namolului activ

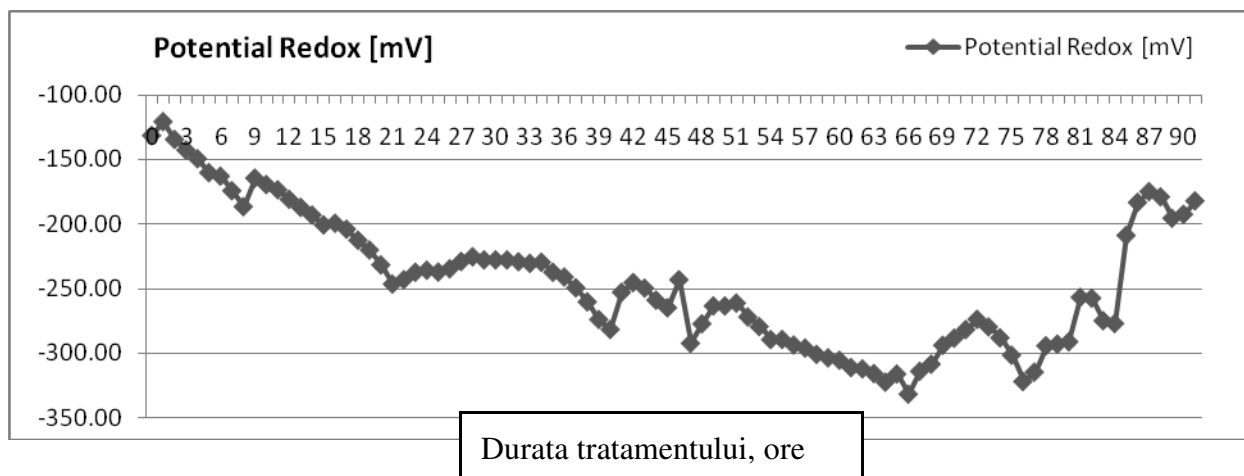


Figura 3.61. Evolutia potentialului redox la epurarea biologica aeroba a apei reziduale din industria laptelui in sistem continuu, cu recircularea namolului activ

Universitatea „Dunarea de Jos” Galati – Capitolul 3: Analiza pe substraturi model si reale, folosind bioreactoarele existente in cadrul Fac. SIA, a speciilor de microorganismele cele mai eficiente pt. reducerea substantelor organice provenite din procese specifice industriei alimentare.

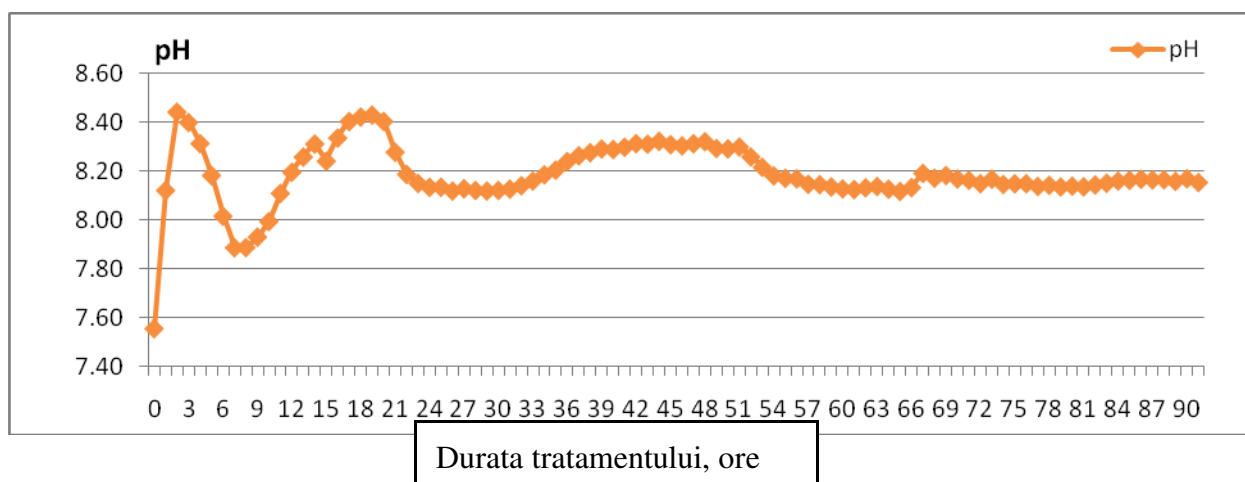


Figura 3.62. Evolutia pH-ului la epurarea biologica aeroba a apei reziduale din industria laptelui in sistem continuu, cu recircularea namolului activ

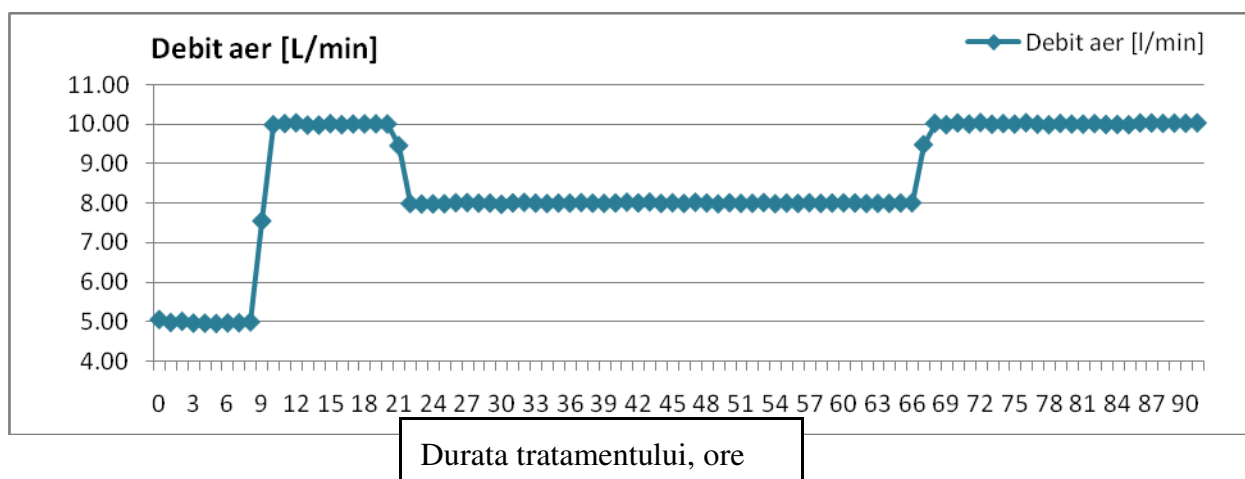


Figura 3.63. Evolutia debitului de aerare la epurarea biologica aeroba a apei reziduale din industria laptelui in sistem continuu, cu recircularea namolului activ

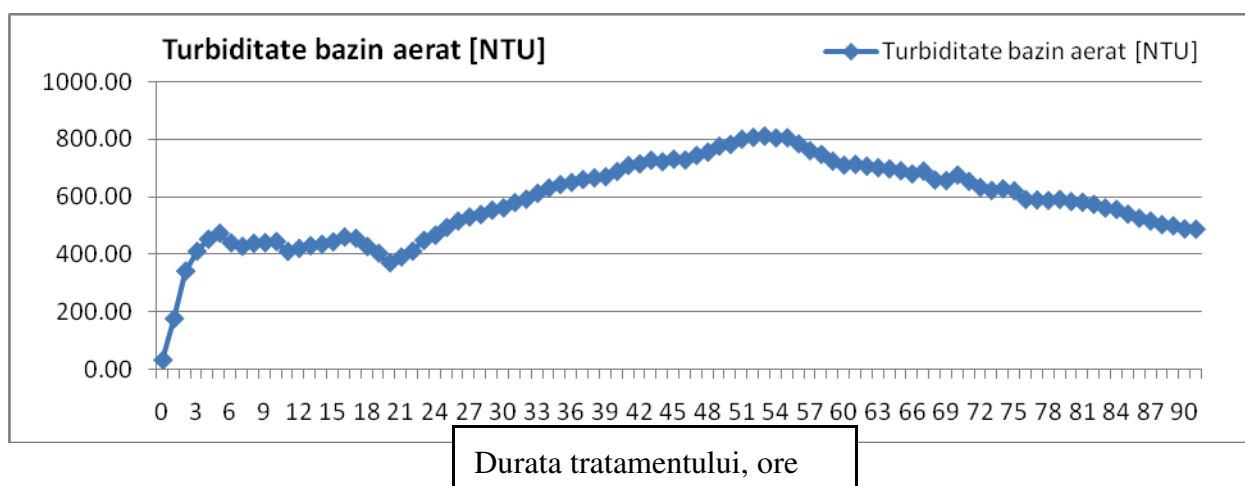


Figura 3.64. Dinamica turbiditatii la epurarea biologica aeroba a apei reziduale din industria laptelui in sistem continuu, cu recircularea namolului activ

Se observa si in acest caz, in care procesul este continuu, iar mediul de cultura este administrat constant, ca valoarea pH-ului scade in primele 9 ore cu 0,5 unitati. Scaderea este mai mica fata de experimentul anterior si de scurta durata datorita faptului ca incarcarea organica este mai redusa, iar mediul de epurare indiferent de incarcarea sa paraseste bazinul de reactie fiind in permanenta improspatat. Incepend cu ora a 12-a, pH-ul creste variind apoi sensibil in jurul valorii de 8,2 cu doar 0.3 unitati. Spre sfarsitul procesului, in ultimele 24 ore, pH-ul devine constant, variatia fiind aproape neglijabila; 0.05 unitati. Punctul in care pH-ul devine constant coincide cu cresterea debitului de aer la un debit de alimentare mai mare decat cel initial.

Cresterea pH-ului incepand cu a 9-a ora poate fi corelata deasemenea cu marirea debitului de aer de la 5 L/min. la 10L/min. In prezenta aerului in exces oxidarea substantelor organice este intensa, iar procesul catabolic de respiratie aeroba este complet, finalizandu-se prin conversia compusilor organici in acizi si apoi in dioxid de carbon si apa (ciclul acizilor tricarboxilici). In aceasta situatie, acceptorul de electroni este oxigenul, iar donatorul de electroni poate fi un compus organic, substratul fiind astfel oxidat complet.

Modificarile ulterioare a debitului de aer si a debitului de alimentare cu apa uzata pot fi observate cu usurinta pe curba de variatie a pH-ului, astfel (figura 3.65):

- asa cum am mentionat mai sus marirea debitului de aer de la 5 l/min. la 10 L/min a generat cresterea pH-ului incepand cu ora a 9-a;
- implicit micsorarea debitului de aer de la 10 l/min. la 8 l/min. a 21-a ora a generat scaderea brusca a pH-ului;
- in a 50-a ora debitul de alimentare cu apa uzata a fost marit de la 2.2 L/h la 4.5 L/h, fapt care asociat cu cresterea turbiditatii si consumul ridicat de oxigen dizolvat a determinat scaderea pH-ului;

- activitatea metabolica intensa a microorganismelor a determinat in urmatoarele ore scaderea oxigenului dizolvat din mediu sub 0.5 mg/L, fapt care a determinat marirea debitului de aer de la 8 L/min la 10 L/min, in a 67-a ora. Pe aceleasi considerente mentionate anterior pH-ul a inregistrat o crestere brusca.

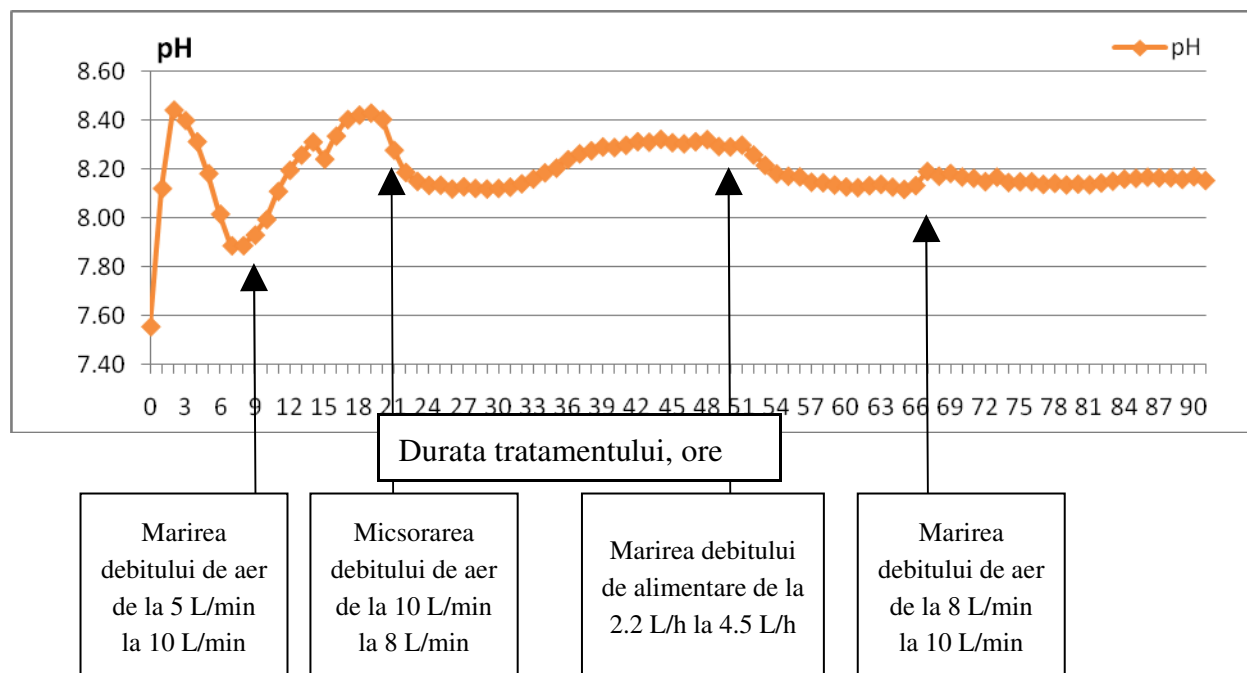


Figura 3.65. Modificarea pH-ului in mediul de epurare, corelata cu debitul de alimentare cu substrat si aerarea sistemului

Turbiditatea in bazinul aerat si pH-ul sunt corelate in mod direct dupa cum se observa in figura 3.66. Astfel, la marirea debitului de aer in a 9-a ora se observa si o sensibila crestere a turbiditatii, micsorarea debitului de aer in a 21-a ora determina scaderea vizibila a turbiditatii, iar marirea debitului de aer in ora 67 implica marirea sensibila a turbiditatii cu cateva unitati nefelometrice. Scaderea turbiditatii in urma maririi debitului de alimentare intervine prin pierderea de biomasa din bazin, in situatia in care debitul de recirculare s-a mentinut constant. In acelasi timp turbiditatea crescuta a generat un consum de oxigen ridicat,

determinand scaderea subunitara a oxigenului dizolvat si de aici oxidarea incompleta a substratului si acumularea de acizi organici.

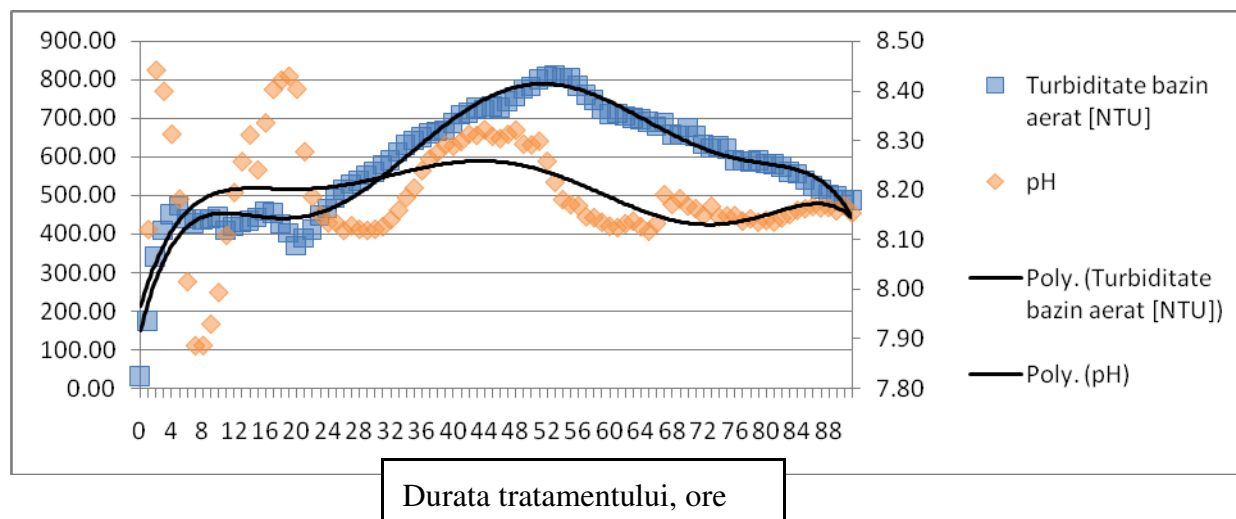


Figura 3.66. Corelatia evolutiei turbiditatii si a pH-ului la epurarea biologica apei reziduale din industria laptelui in sistem continuu, cu recircularea namolului activ

Turbiditatea este o proprietate optica a mediului de reactie generata de solidele in suspensie, care opresc difuzia luminii intr-un unghi de 180° . Cu cat mediul in care se masoara turbiditatea este mai omogen (solidele in suspensie au dimensiuni mici) cu atat valorile citite sunt mai apropiate, deviatia standard fiind mica.

Intr-un proces eficient de tratare biologica a apelor uzate se formeaza flocoane de namol care pot ingloba particule solide anorganice, bacterii, drojdii, mucegaiuri, alge si protozoare care sunt asociate prin intermediul diversilor compusi poliglucidici produsii de acestea. Cu cat varsta namolului este mai mare, in conditiile unui debit de recirculare corespunzator si a unei aerari eficiente, cu atat dimensiunea flocoanelor creste si implicit deviatia standard a masuratorilor de turbiditate este mai mare.

Figura 3.67 reda evolutia deviatiei standard a turbiditatii din bazinul aerat. Se observa ca la cresterea turbiditatii se produce si cresterea deviatiei standard, de unde rezulta ca flocoanele formate sunt din ce in ce mai mari. Important in acesta situatie este faptul la

turbiditate maxima in bazinul aerat (si deviatia standard cea mai mare), turbiditatea apei epurate colectate prin jgheabul din partea superioara a decantorului inregistreaza valori minime datorita capacitatii mari de sedimentare a flocoanelor formate (figura 3.65). In momentul scaderii turbiditatii din bazin, turbiditatea apei epurate va creste datorita distrugerii partiale a flocoanelor de namol si pierderii capacitatii de sedimentare. O valoare mica a deviatiei standard inseamna un mediu omogen cu solide in suspensie ce au dimensiuni mici.

Fiecare valoare a deviatiei standard este calculata pe aproximativ 343 valori ale turbiditatii inregistrate orar.

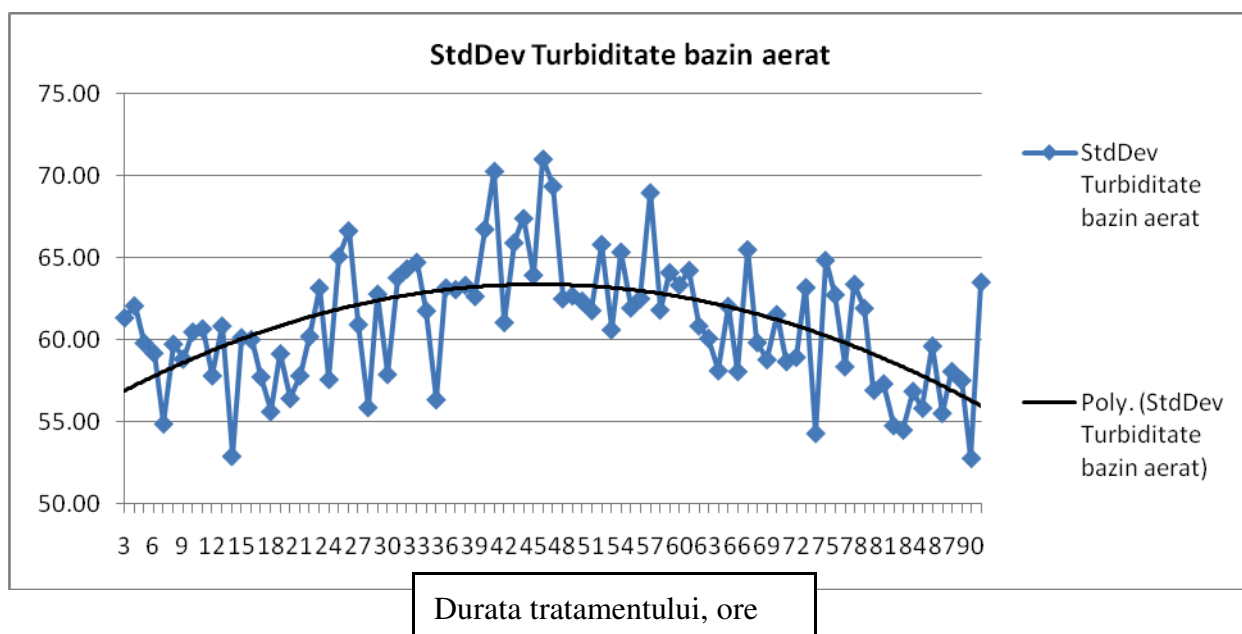


Figura 3.67. Evolutia deviatiei standard a turbiditatii din bazinul aerat

In sensul cuantificarii capacitatii de decantare s-a masurat volumul de namol sedimentat intr-un con Imhoff gradat cu capacitatea de 1 litru, timp de 30 minute. Probele au fost prelevate din bazinul de alimentare o data pe zi, iar valorile volumului de namol decantat sunt redate in tabelul 3.10.

Tabelul 3.10. Productia de namol activ sedimentat pe probele din bazinul de reactie, la epurarea aeroba a apei reziduale din industria laptelui in sistem continuu

Momentul epurarii, ora	0	21	46	54	69	76	91
Volum namol [cm ³]	30	200	380	420	150	100	50

Volumul de namol decantat urmareste indeaproape curba turbiditatii din bazinul aerat, iar cei doi parametri evolueaza invers proportional cu turbiditatea din apa epurata. Rezulta ca eficienta decantarii si obtinerea de valori mici la iesirea din statiile de epurare sunt conditionate de dezvoltarea corespunzatoare a flocoanelor de namol activ in bazinul de reactie. In figura 3.68 s-a omis intentionat prima valoare deoarece la pornire mediul este acelasi in toate bazinele, iar volumul de namol reprezinta doar inoculul adaugat.

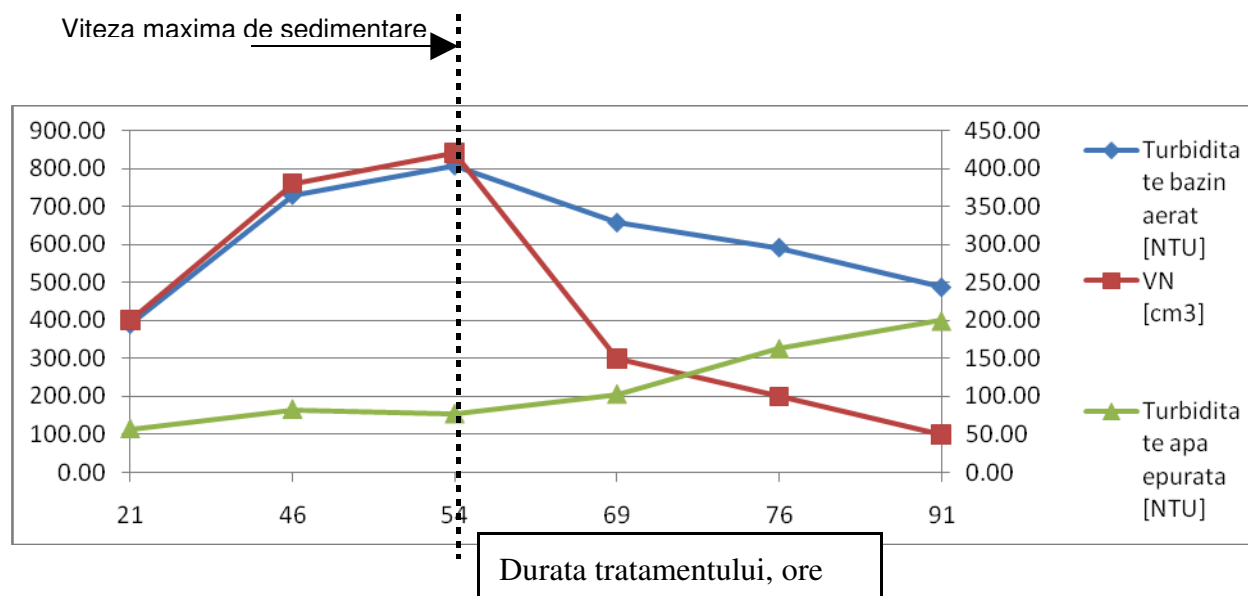


Figura 3.68. Corelatia turbiditatii in bazinul aerat, volumul de namol format in bazinul aerat si turbiditatea apei epurate

Turbiditatea din bazinul aerat trebuie, in mod firesc, sa fie corelata cu valoarea CCO obtinuta la iesirea din statia de epurare. Sistemul de lucru este insa unul dinamic, in timpul caruia s-au facut cateva modificari ale debitului de aer si alimentare, modificari care

influenta vizibil evolutia acestor parametri. Asa cum este reiese din figura 3.69 corelatia intre CCO si turbiditate se realizeaza diferit pentru fiecare interval in parte.

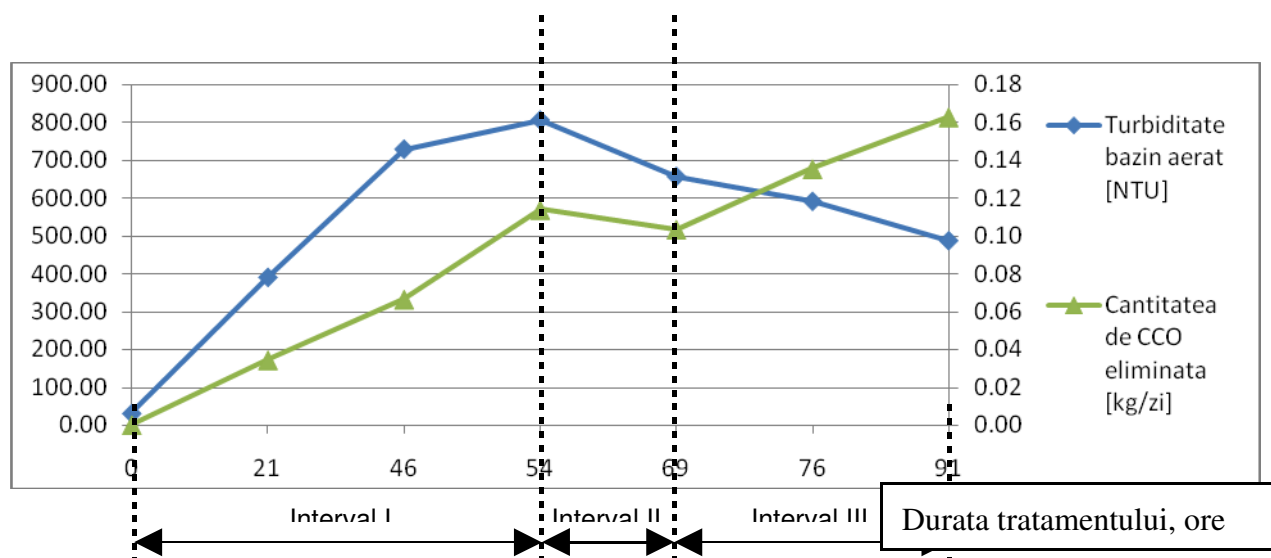


Figura 3.69. Corelatia turbiditate –consum chimic de oxigen la epurarea biologica a apei reziduale din industria laptelui in sistem continuu, cu recircularea namolului activ

Valoare masurata a CCO este una instantanee si nu trebuie interpretata in mod exclusivist. Pentru ca incarcarea in substante organice este exprimata in unitati de concentratie volumetrica este necesara integrarea in ecuatie a debitului de alimentare, acesta nefiind constant pe tot parcursul experimentului. In tabelul 3.11 sunt calculate randamentul de eliminare a CCO si cantitatea de substante organice eliminate intr-o zi.

Tabelul 3.11. Randamentul de eliminare a CCO si cantitatea de substante organice eliminate intr-o zi la epurarea biologica a apei reziduale din industria laptelui in sistem continuu, cu recircularea namolului activ

Parametrii	Momentul epurarii, ora						
	0	21	46	54	69	76	91
CCO intrare, mg/L	1924	1924	1924	1924	1924	1924	1924
CCO iesire, mg/L	1924	1274	666	870	966	670	416
Randament eliminare CCO , %	0	34	65	55	50	65	78
Debit de alimentare, L/h	2.2	2.2	2.2	4.5	4.5	4.5	4.5
CCO intrare, kg/zi	0.10	0.10	0.10	0.21	0.21	0.21	0.21
CCO iesire, kg/zi	0.10	0.07	0.04	0.09	0.10	0.07	0.04
Cantitate CCO eliminata, kg/zi	0.00	0.03	0.07	0.11	0.10	0.14	0.16

In cadrul intervalului I cantitatea de substante organice eliminate creste odata cu marirea turbiditatii. Pe parcursul acestui interval concentratia oxigenului dizolvat din mediu este, in medie, peste 2 mg/L, suficient pentru dezvoltarea corespunzatoare a biomasei.

Intervalul II incepe ca efect al maririi debitului de alimentare si implicit a incarcarii organice a namolului, adica marirea raportului dintre cantitatea de hrana administrata pe numar de microorganisme din bazin. Efectul maririi debitului il reprezinta micșorarea turbiditatii prin pierderea de biomasa din bazin (timpul de retentie este mai mic), accelerarea proceselor metabolice si implicit scaderea concentratiei de oxigen dizolvat sub 1 mg/L. Scaderea brusca a concentratiei de oxigen dizolvat din bazin se insumeaza, ca efect de micșorare a turbiditatii, cu timpul de retentie.

Al III-lea interval apare ca efect al maririi debitului de aer (la acelasi debit de alimentare de 4.5 L/h). Turbiditatea continua sa scada in timp ce capacitatea microorganismelor de a degrada substratul organic creste simțitor. Rezulta clar din acest aspect ca marirea debitului de aer conduce la sporirea considerabila a capacitatii de epurare.

Corelatia dintre turbiditate si oxigenul dizolvat este influentata deasemenea de cele 4 modificari facute asupra debitului de aer si debitului de alimentare, dar modificarea cu impactul cel mai vizibil este cea a debitului de alimentare (figura 3.70).

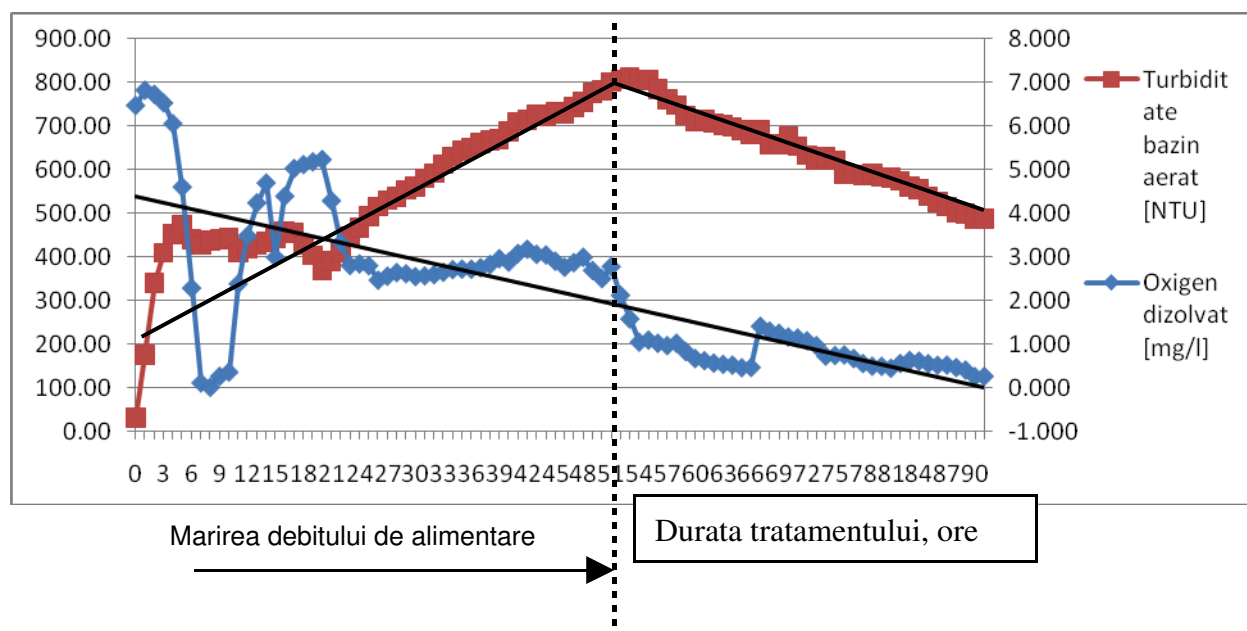
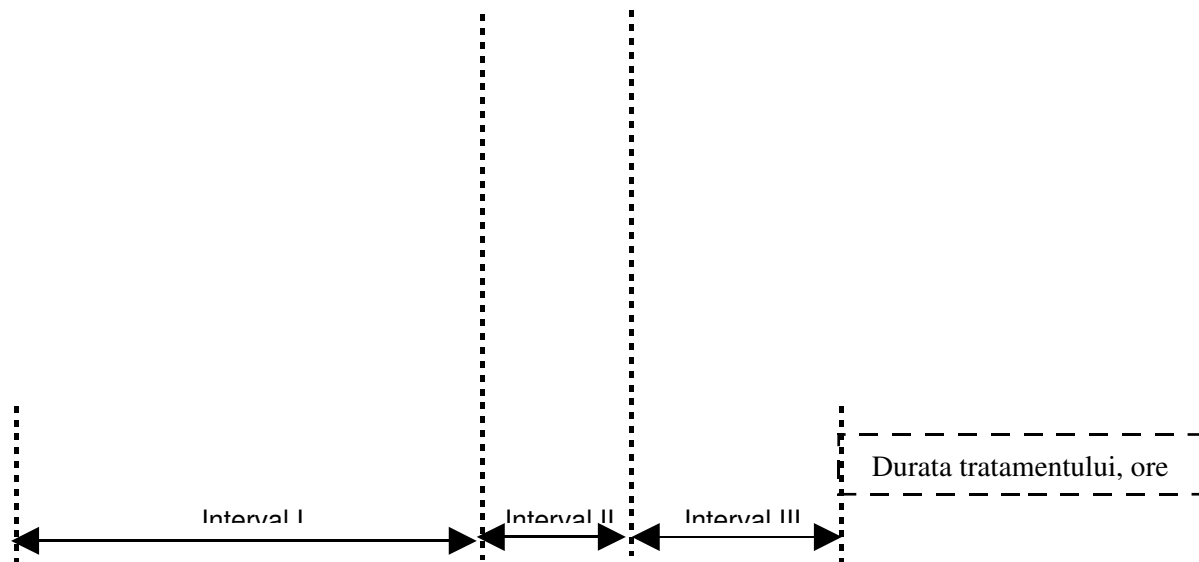


Figura 3.70. Corelatia dintre turbiditate si oxigenul dizolvat la epurarea biologica a apei reziduale din industria laptelui in sistem continuu, cu recircularea namolului activ

Punctele in care debitul de aer a fost modificat sunt vizibile pe curba oxigenului dizolvat cu atat mi mult cu cat analiza acestui parametru a determinat modificarea debitului in timpul procesului.

Oxigenul dizolvat si potentialul redox sunt, in mod obisnuit, direct proportionale. In cazul nostru aceasta corelatie ramane valabila doar pana la ultima modificare a debitului de aer (ora 67) cand potentialul redox creste substantial.

Daca cele doua de mai sus sunt direct proportionale atunci potentialul redox va fi si functie de turbiditate. Se identifica si in acest caz cele trei intervale impuse de modificarea de debit de alimentare si ultima modificare a debitului de aer (figura 3.71).



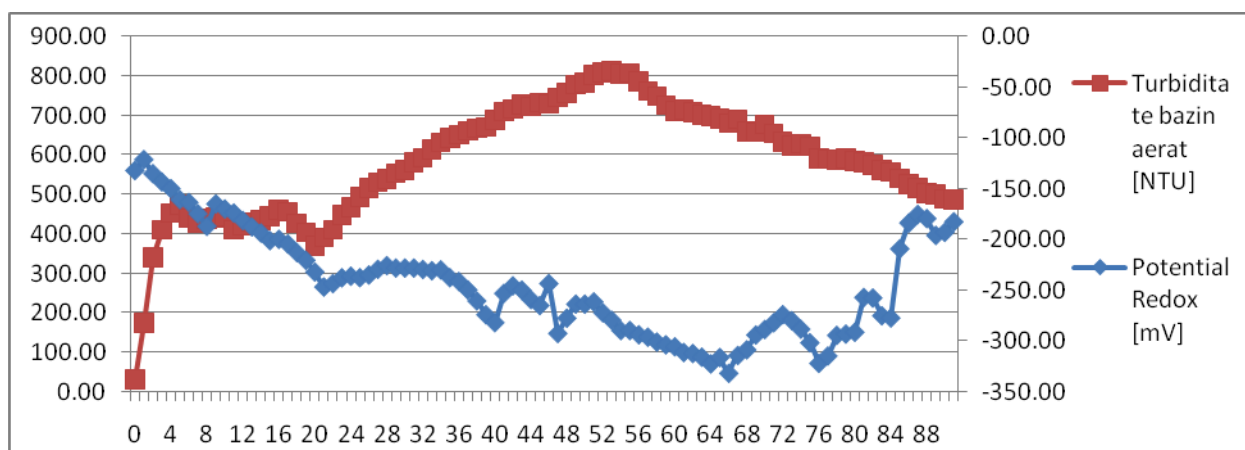


Figura 3.71. Evolutia turbiditatii in bazinul aerat si potentialul redox la epurarea biologica a apei reziduale din industria laptelui in sistem continuu, cu recircularea namolului activ

Se observa ca potentialul redox scade odata cu cresterea turbiditatii in primul interval, aici debitul de alimentare fiind constant. In cel de-al doilea interval potentialul redox continua sa scada cu toate ca si turbiditatea inregistreaza aceeasi tendinta de scadere. In acelasi timp si debitul de alimentare este marit. Cresterea debitului de aer in al treilea interval duce la marirea potentialului redox in ultimele 24 de ore ale experimentului cu mai bine de 100 mV.

In urma corelatiilor analizate (turbiditate si CCO; turbiditate si ORP) rezulta ca CCO si ORP sunt direct proportionale. Se observa insa ca din momentul ultimei mariri a debitului de aer ORP creste considerabil. Aceasta crestere nu este insotita si de marirea CCO. In figura 4.72 este redata proportionalitatea directa intre CCO si ORP observandu-se ca ambele curbe au o panta aproape identica.

Din faptul ca potentialul redox a crescut atunci cand s-a modificat debitul de aer, pe fondul cresterii si debitului de alimentare, putem afirma ca ORP este functie nu numai de concentratia substantelor organice in apa uzata ci si de cantitatea acestora pe unitate de timp sau altfel spus deinde de timpul de retentie al apei uzate in bazinul de reactie si prin aceasta de incarcarea organica a namolului. Astfel, o corelatia cat mai precisa intre CCO si ORP se poate face numai in conditii stricte de lucru in care parametrii care influenteaza ORP sunt pe

cat posibil constanti. Formula de transformare a ORP in concentratie de CCO este valabila doar pe acelasi tip de apa uzata, pentru debite de alimentare constante, concentratii de oxigen dizolvat constante s.a.

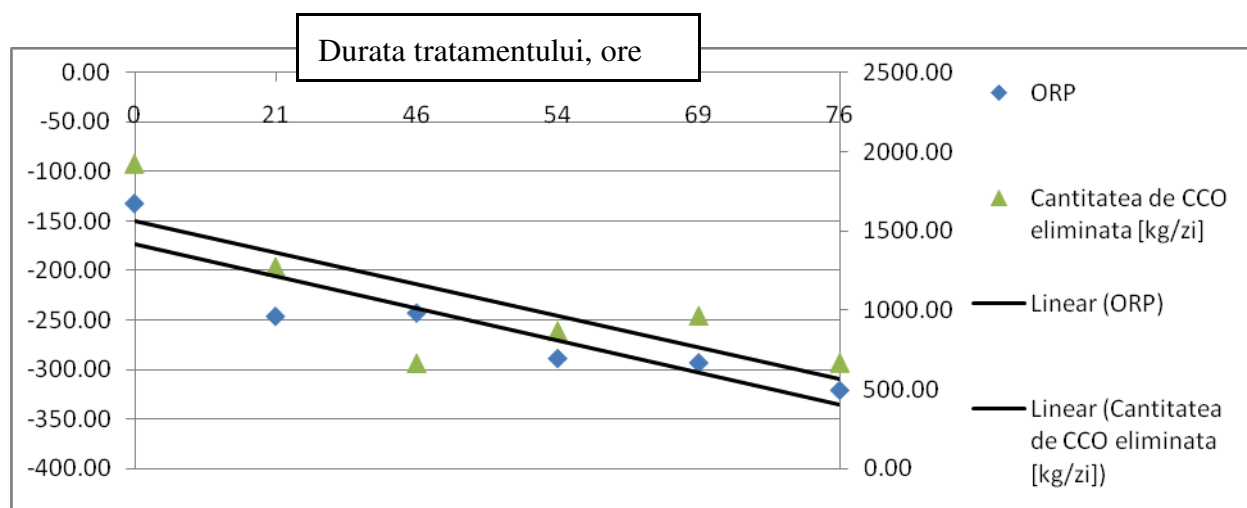


Figura 3.72. Proportionalitatea directa intre consumul chimic de oxigen si potentialul redox la epurarea biologica a apei reziduale din industria laptelui in sistem continuu, cu recircularea namolului activ

Concluzii experiment 5:

1. Variatia pH-ului este influentata de modificarile debitului de alimentare cu aer. Astfel, reducerea debitului de alimentare cu aer conduce modificarea metabolismului microbiotei, formarea de acizi in mediu si deci la scaderea pH-ului. Deasemenea pH-ul este influentat de turbiditate, cele doua variabile fiind direct proportional corelate.
2. Deviatie standard mare, calculata in cazul analizei turbiditatii, se explica prin capacitatea microorganismelor, unele filamentoase (cum este cazul fungilor) de agregare in flocoane, cu capacitate de sedimentare sau de plutire la suprafata mediului, determinand astfel neomogenitati in sistemul de epurare.
3. Potentialul redox variaza direct proportional cu consumul chimic de oxigen si de aceea analiza ORP poate fi o masura empirica de aproximare a CCO pe parcursul

unui process dinamic. In acelasi timp ORP variaza invers proportional cu turbiditatea si este necesar sa se tina cont si de aceasta corelatie in momentul aprecierii indirecte a CCO.

4. Corelatia ORP cu CCO nu este direct proportionala pe intreg parcursul procesului de epurare aeroba in sistem dinamic, ci se observa ca la valori mici ale CCO si aerare abundenta procesele de oxidare sunt mai intense decat cele de reducere.

EXPERIMENTELE 11 SI 12:

Cele doua experimente vor fi analizate in paralel in cele ce urmeaza. Durata de inregistrare in regim dinamic a parametrilor pentru ambele experimente a fost de 49 ore. Ambele experimente s-au desfasurat pe acelasi tip de mediu de epurare: must de malt cu hamei diluat in raport de 1:60 cu apa potabila (de la retea).

Prin evaluarea chimica a compozitiei mediului de epurare s-a constatat ca exista un raport $CBO_5:N$ dezechilibrat in favoarea carbonului organic. Pentru a corecta cantitatea de azot, in mediu s-a adaugat in sistem continuu NH_4Cl , concentratia mentinandu-se la valoarea de 69 mg/L mediu diluat, prin dozarea solutiei cu ajutorul unei pompe peristaltice in bazinul de epurare.

In primele 24 ore ale experimentului 11 nu s-a adaugat clorura de amoniu, aceasta fiind suplimentata in mediul de epurare in urmatoarele 24 ore. Deasemenea in ultima parte a acestui experiment recircularea noului a fost modificata de la 3 L/h la 1.5 L/h.

In experimentul 12 dozarea clorurii de amoniu s-a realizat invers, primele 24 ore functionand cu adaos de azot iar urmatoarele fara.

Masuratorile realizate in sistem dinamic sunt prezentate comparativ in cele ce urmeaza (tabelul 3.12 si figurile 3.73÷3.80).

Universitatea „Dunarea de Jos” Galati – Capitolul 3: Analiza pe substraturi model si reale, folosind bioreactoarele existente in cadrul Fac. SIA, a speciilor de microorganisme cele mai eficiente pt. reducerea substantelor organice provenite din procese specifice industriei alimentare.

Momentul tratamentului i, ora	Dinamica bioconversiei compusilor cu carbon		Dinamica bioconversiei compusilor cu azot						Dinamica bioconversiei compusilor cu fosfor	
	CCO [mg/L] (Exp11)	CCO [mg/L] (Exp12)	Ntot [mg/L] (Exp11)	Ntot [mg/L] (Exp12)	NH4 [mg/L] (Exp11)	NH4 [mg/L] (Exp12)	NO3 [mg/L] (Exp11)	NO3 [mg/L] (Exp12)	PO4 [mg/L] (Exp11)	PO4 [mg/L] (Exp12)
1	1478.40	1432.00	7.10	17.60	6.40	15.40	0.30	0.34	14.80	8.60
8	800.80	1034.00	nd*	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
24	1117.40	761.20	10.46	15.60	7.20	5.00	0.00	0.00	25.20	7.00
34	1056.00	761.00	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
48	797.00	1061.80	13.96	13.08	1.00	6.60	0.00	0.00	13.10	18.40

Tabelul 3.12. Evolutia parametrilor chimici la epurarea biologica aeroba, in sistem continuu, a apelor reziduale din industria berii, corelata cu raportul carbon/azot (C/N) in mediul de epurare

*nd-variabila nu a fost evaluata la momentul respectiv

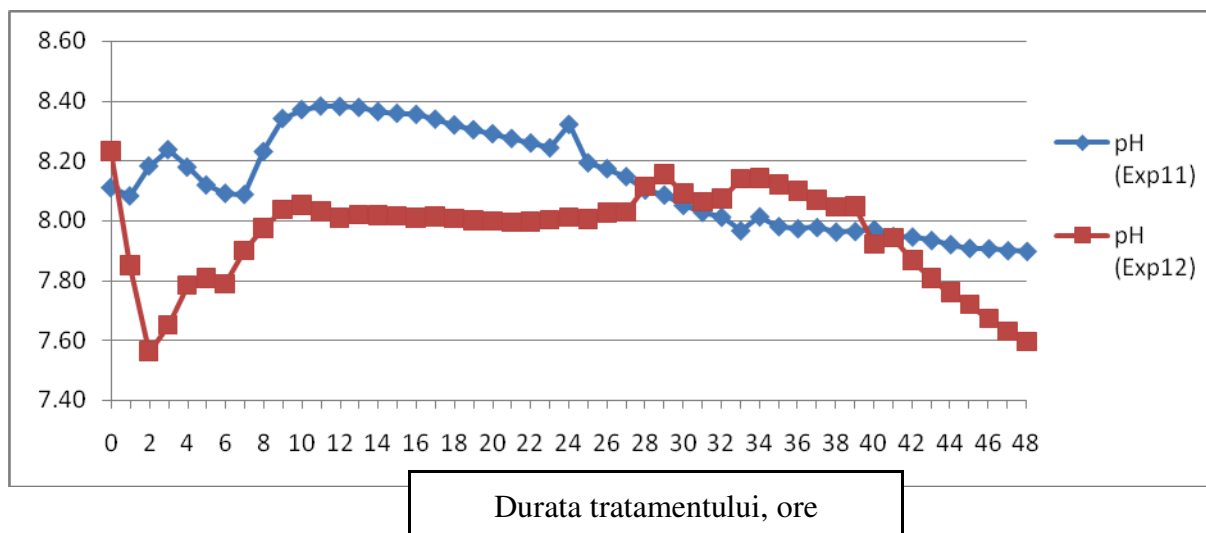


Figura 3.73. Evolutia pH-ului la epurarea biologica aeroba, in sistem continuu, a apelor reziduale din industria berii, corelata cu raportul C/N in mediul de epurare

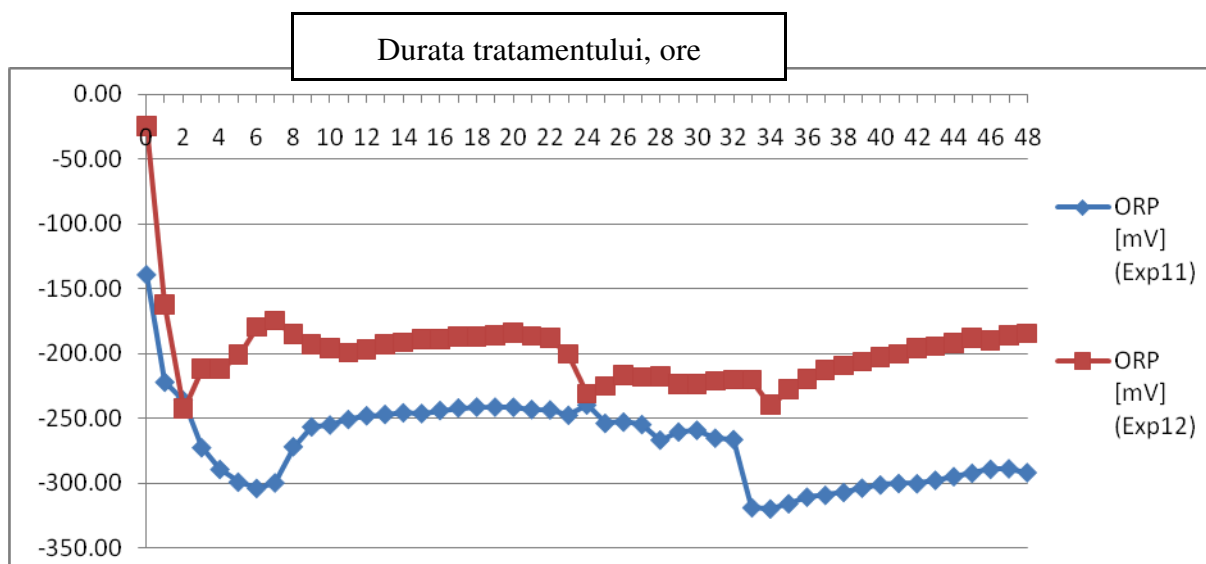


Figura 3.74. Variatia potentialului redox la epurarea biologica aeroba, in sistem continuu, a apelor reziduale a apelor reziduale din industria berii, corelata cu raportul C/N in mediul de epurare

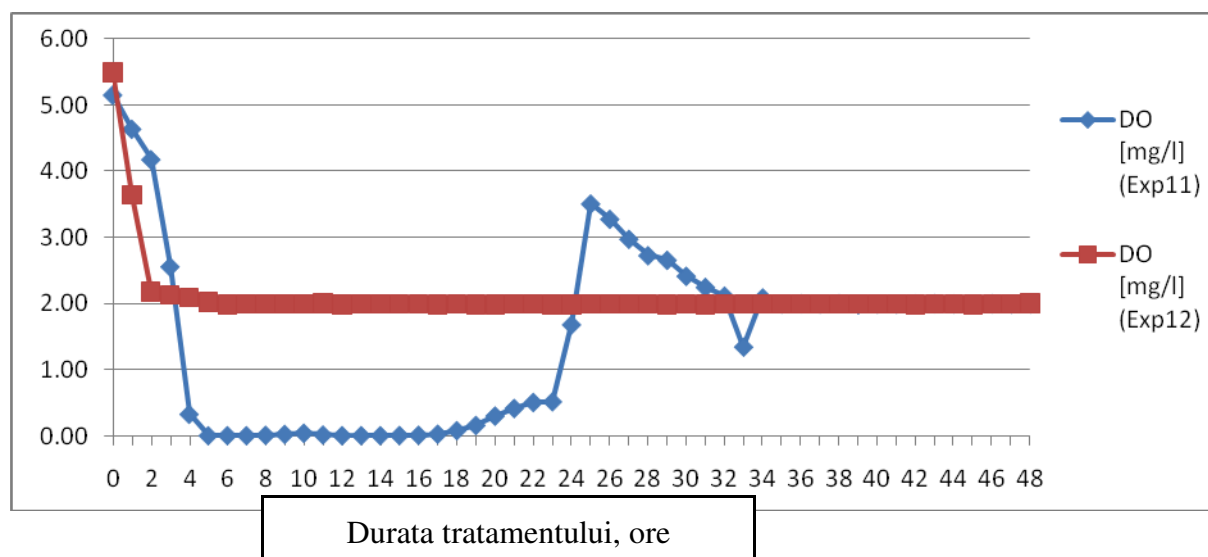


Figura 3.75. Dimanica concentratiei de biomasa in sistem, la epurarea biologica aeroba, in sistem continuu, a apelor reziduale din industria berii, corelata cu raportul C/N in mediul de epurare

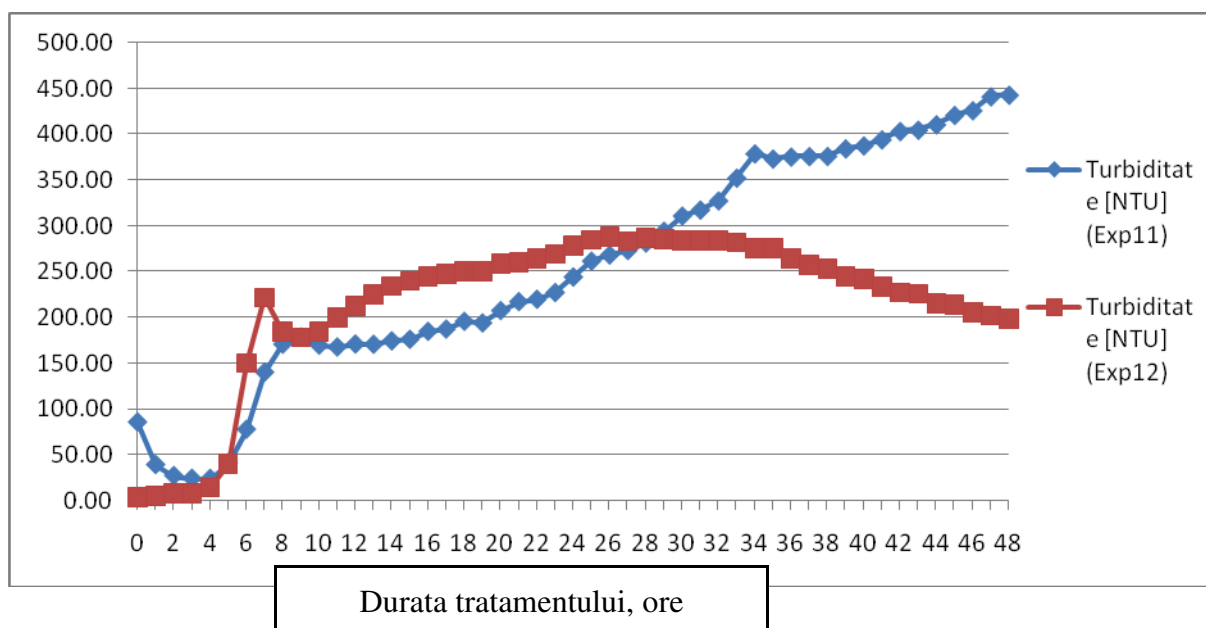


Figura 3.76. Variatia turbiditatii la epurarea biologica aeroba, in sistem continuu, a apelor reziduale din industria berii, corelata cu raportul C/N in mediul de epurare

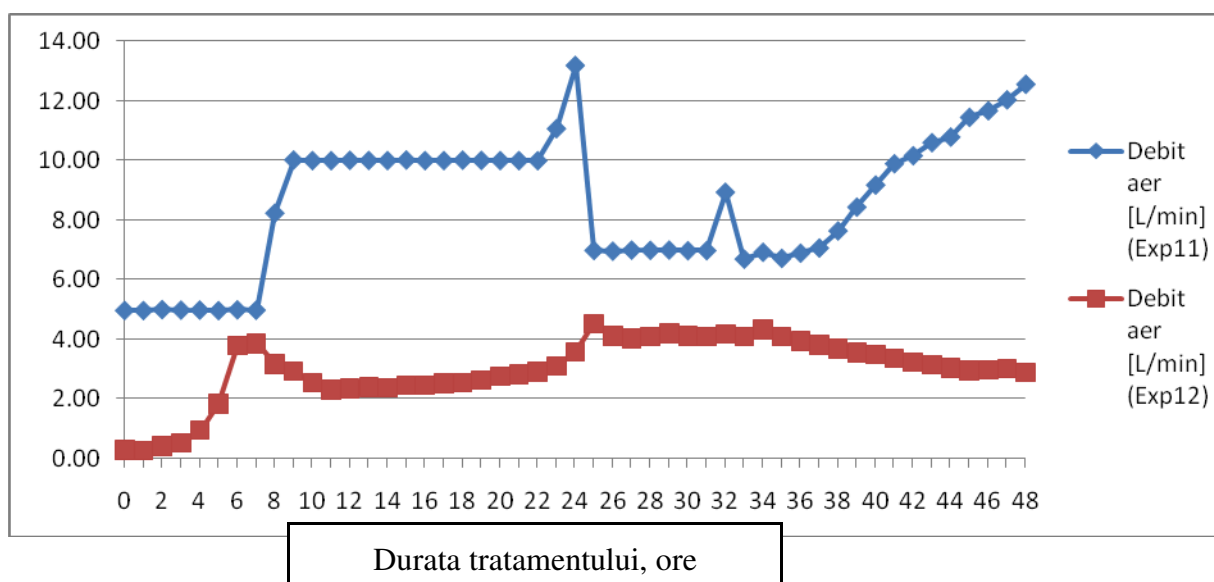


Figura 3.77. Variatia debitului de alimentare cu aer la epurarea biologica aeroba, in sistem continuu, a apelor reziduale din industria berii, corelata cu raportul C/N in mediul de epurare

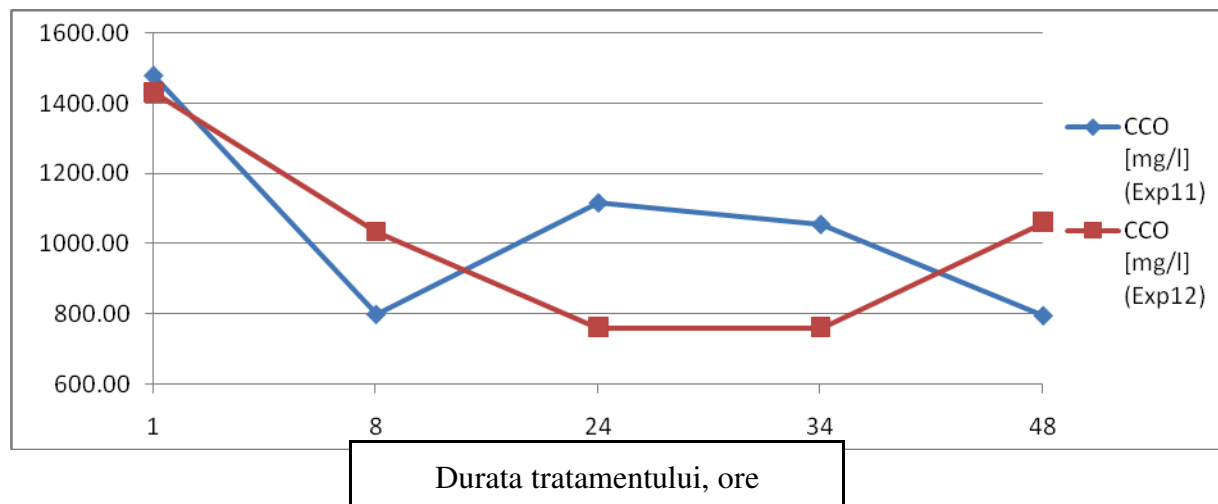


Figura 3.78. Dinamica consumului chimic de oxigen la epurarea biologică aerobă, în sistem continuu, a apelor reziduale din industria berii, corelată cu raportul C/N în mediul de epurare

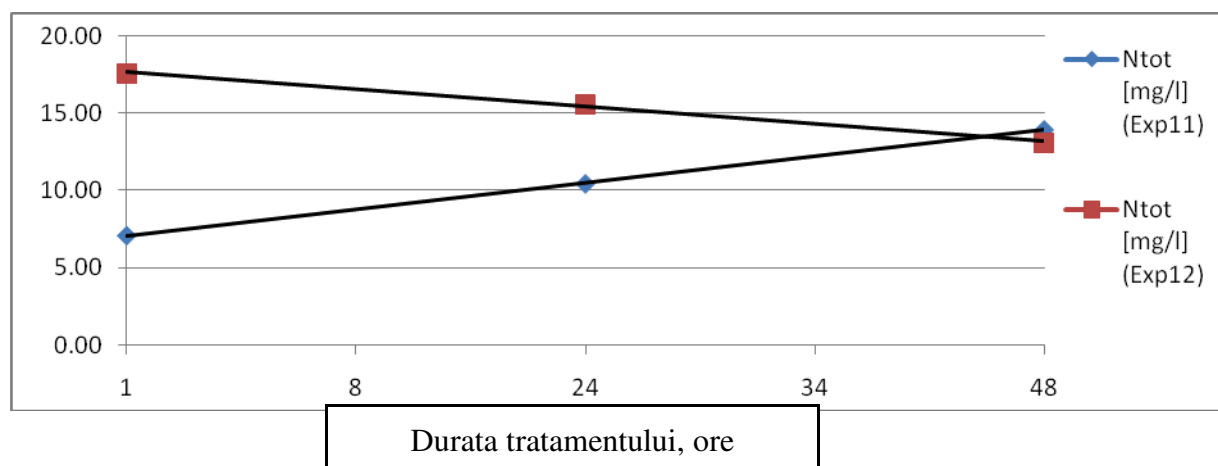


Figura 3.79. Modificarea cantitativă a compusilor cu azot (organici și anorganici) la epurarea biologică aerobă, în sistem continuu, a apelor reziduale din industria berii, corelată cu raportul C/N în mediul de epurare

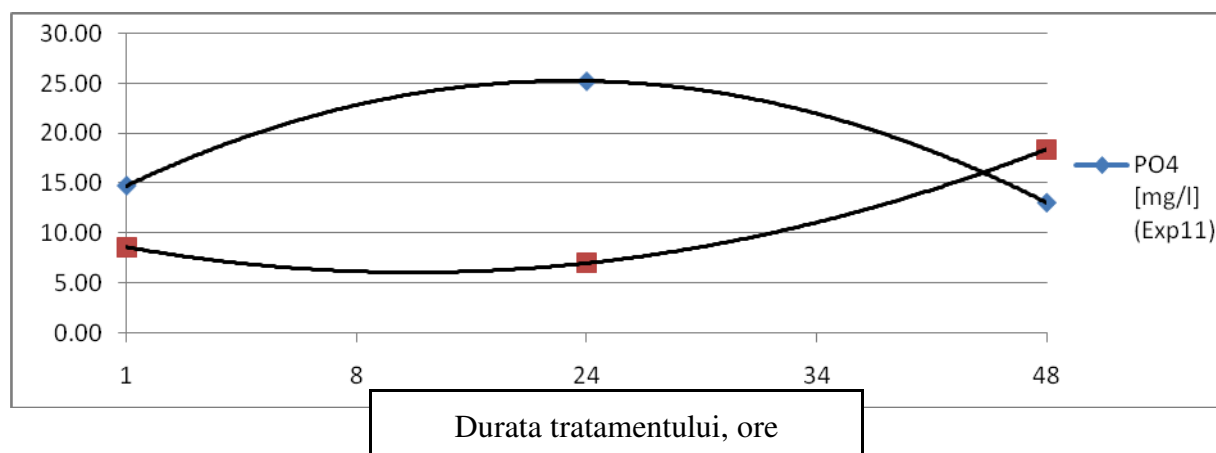


Figura 3.80. Modificarea cantitativa a compusilor cu fosfor la epurarea biologica aeroba, in sistem continuu, a apelor reziduale din industria berii, corelata cu raportul C/N in mediul de epurare

Dupa cum se observa din figura 3.76 turbiditatea mediului de epurare in experimentul 12 scade din momentul sistarii dozarii clorurii de amoniu. Azotul reprezinta un element foarte important in activitatea metabolica a microorganismelor in calitatea sa de component al macromoleculelor esentiale (proteine, enzime, acizi nucleici etc) iar lipsa acestuia a determinat nonformarea sau autoliza unei parti din biomasa.

In opozitie se afla experimentul 11 in care microorganismele s-au adaptat la conditiile initiale, minimale, pe un mediu sarac in azot, iar atunci cand s-a administrat suplimentar azot turbiditatea a continuat sa creasca exponential. Curba evolutiei oxigenului dizolvat de la experimentul 11 a inregistrat o crestere brusca atunci cand a inceput administrarea clorurii de amoniu. Din acest moment s-au activat microorganismele aerotolerante (in special fungi) concurand cu bacteriile aerobe.

Profilele potentialului redox sunt foarte asemanatoare ca evolutie pentru ambele experimente putandu-se trasa un model comun. Diferenta dintre cele doua este faptul ca in experimentul 11 ORP s-au atins valori mult mai mici comparativ cu experimentul 12. Ioni de amoniu (din clorura de amoniu administrata) sunt oxidati la ioni de nitrit si apoi nitrat, reactie catalizata de bacterii cu activitatea nitrificatoare. Aceste reactii de oxidare a determinat obtinerea de valori mai ridicate pentru potentialul redox.

Spre deosebire de experimentul 4 in care potentialul redox a avut valori pozitive, in experimentele analizate acum acesta variaza intre $-150 \div -350$ mV. Namolul activat include mai multe specii de microorganisme decat inoculul specializat obtinut in laborator si prin urmare mecanismul de biodegradare a substantelor organice este mult mai complex, reactiile de reducere fiind mult mai intense decat cele de oxidare.

La tratarea apelor reziduale model cu compozitie similara cu cele rezultate din industria berii nu se poate obtine o corelatie la fel de buna ca cea obtinuta in cazul tratarii apelor reziduale din industria laptelui, dar monitorizarea ORP ramane o buna masura a activitatii microbiene.

In cadrul experimentului 12 oxigenul dizolvat a fost mentinut constant la valoarea de 2 mg/L, comparativ cu experimentul 11 in care acest parametru s-a modifica in functie de necesitatile biomasei. Cantitatea totala de aer necesara pentru degradarea substratului in experimentul 11 este de aproximativ 25 m^3 . Pentru mentinerea constanta a oxigenului dizolvat la 2 mg/L, in experimentul 12 au fost necesar de 3 ori mai putin aer ($\sim 8,8 \text{ m}^3$), de aceea folosirea unui regulator de aer asigura rationalizarea consumului de aer si scaderea costurilor de intretinere a statiei de epurare.

Pe parcursul ambelor experimente s-a observat tendenta de flotare a namolului (ridicare la suprafata decantorului), probabil ca urmare a dezvoltare excesive a fungilor sau ca urmare a formare de gaze prin procese de fermentatie, ceea ce a condus la neomogenitati in sistem si obtinerea de rezultate nesatisfacatoare pentru calitatea efluentului epurat.

Randamentul de eliminare a substantelor organice este destul de mic la folosirea tratamentului aerob a apelor uzate din industria berii, de aceea este posibil ca alte tipuri de sisteme de epurare pot fi mai eficiente in acest sens, spre exemplu tratarea anaeroba cu obtinere de biogaz, avand si incarcatura organica mare, posibila in cazul acestor tipuri de apa.

Concluzii la experimentele 11 si 12

1. Azotul este un bioelement foarte important in metabolismul microorganismelor, corelat si cu continutul de carbon din mediul fermentativ. Un raport dezechilibrat C/N in mediu influenteaza in mod evident acumularea biomasei, exprimata prin densitatea optica si turbiditate, cu repercursiuni negative asupra randamentului de biodegradare si a eficientei procesului de epurare.
2. Controlul debitului de aer pentru a mentine o valoare constanta a oxigenului dizolvat trebuie corelat si cu compozitia mediului de epurare, evolutia concentratiei de namol activat si incarcarea apelor uzate. Un control eficient duce la rationalizarea consumului de aer si la scaderea costurilor.
3. Potentialul redox si indirect consumul chimic de oxigen este corelat cu corectia concentratiei de azot din mediu si raportul C/N.

EXPERIMENTUL 15

Experimentul 15 s-a desfasurat pe o perioada de 54 de ore timp in care s-au masurat in regim dinamic parametrii statiei de epurare. Variabilele intregistrate continuu au fost: pH-ul, potentialul redox (ORP), turbiditatea in bazinul aerat, oxigenul dizolvat, debitul de aer in bazinul de reactie si debitul de alimentare cu apa uzata. Aceste evaluari au fost prelucrate, pentru a usura exprimarea datelor, prin realizarea de medii orare.

Obiectivul acestui experiment a fost de a mentine constanta, pe diferite intervale orare, incarcarea organica a namolului (I_{on}). Acest parametru se defineste ca fiind raportul dintre cantitatea de nutrienti din substrat si cantitatea de biomasa formata. Formula de determinare a acestui indice este redata mai jos:

$$I_{on} = \frac{Q \cdot 24 \cdot CBO_5}{TSS \cdot V} [kg CBO_5/kgTSS \cdot zi]$$

Unde:

Q = debitul de alimentare cu apa uzata [L/h]

CBO₅ = concentratia de substante organice biodegradabile din apa uzata [mg/L]

TSS (din limba engleza total suspended solids) = materiile solide in suspensie din bazinul de reactie [mg/L]

V = volumul util al bazinului de epurare [L]

Apa uzata sintetica din industria laptelui utilizata in acest experiment a prezentat un consum biochimic de oxigen de 1000 mg/L, valoare folosita in calcul.

In locul valorii TSS s-a utilizat turbiditatea masurata in redim dinamic in bazinul de reactie. Off-line s-au realizat masuratori pentru a putea corela cele doua marimi. Determinarea solidelor in suspensie s-a facut prin filtrarea unei cantitati cunoscute de amestec din bazinul de reactie, iar reziduul obtinut s-a uscat la 105 °C pana la greutate constanta. In urma analizei s-a demonstrat ca TSS este de 4 ori mai mare decat turbiditatea masurata in bazinul de aerare pe criterii optice.

In literatura de specialitate sunt recomandate intervale de incarcare organica a namolului pentru diferite tehnologii:

- Sisteme aerobe conventionale cu namol activat: 0,2 ÷ 0,5 kg CBO₅/kg TSS·zi
- Sisteme cu aerare preungita: 0,02 ÷ 0,1 kg CBO₅/kg TSS·zi
- Sisteme aerobe de mare incarcare: 0,5 ÷ 2,5 kg CBO₅/kg TSS·zi

Incarcarea organica a namolului este invers proportionala fata de varsta namolului, astfel o incarcare organica mare inseamna o varsta mica a namolului, si invers.

In experimentul 15 s-au stabilit trepte diferite pentru incarcarea organica a namolului:

- I_{on}= 2,4 kg CBO₅/kg TSS·zi, in primele 34 de ore
- I_{on}= 1,2 kg CBO₅/kg TSS·zi, in urmatoarele 11 ore
- I_{on}= 0,7 kg CBO₅/kg TSS·zi, in ultimele 9 ore ale experiemntului.

Asadar, pentru a determina o multiplicare rapida a biomasei s-a aplicat o incarcare ridicata, aceasta fiind micsorata in momentul cresterii excesive a turbiditatii si implicit a debitului de alimentare cu cu apa uzata.

In conditiile in care incarcarea organica a namolului (I_{on}), consumul biochimic de oxigen (CBO_5) si volumul bazinului sunt constante, se va obtine o relatie de genul:

$$Q = f(Turbiditate)$$

Aplicand aceasta lege de control, debitul de alimentare va avea acelasi profil cu turbiditatea, va creste sau va scadea odata cu aceasta.

Rezultatele inregistrate in sistem dinamic sunt prezentate in cele ce urmeaza (tabelul 3.13, figurile 3.81÷3.87).

Tabelul 3.13. Evolutia cantitatii de CCO eliminate, la epurarea apelor reziduale din industria laptelui, in sistem continuu, in functie de incarcarea organica a namolului

Parametrii	Momentul epurarii, ora								
	0	5	21	24	29	32	43	49	53
Incarcarea organica a namolului, kg CBO_5 /kg TSS·zi	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	1,2	0,7	0,7
CCO, mg/L	2410	2237	1286	1267	1216	1210	864	755	717
CCO eliminat, g/h	0,00	0,18	7,46	7,77	10,08	11,77	13,86	9,67	10,21

Universitatea „Dunarea de Jos” Galati – Capitolul 3: Analiza pe substraturi model si reale, folosind bioreactoarele existente in cadrul Fac. SIA, a speciilor de microorganisme cele mai eficiente pt. reducerea substantelor organice provenite din procese specifice industriei alimentare.

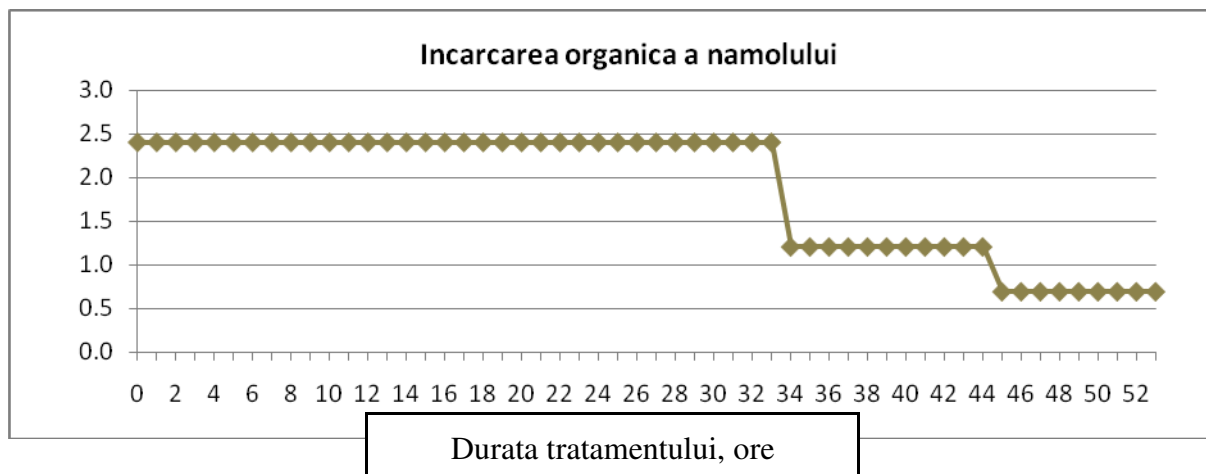


Figura 3.81. Evolutia incarcarii organice a namolului la epurarea apelor reziduale din industria laptelui, in sistem continuu

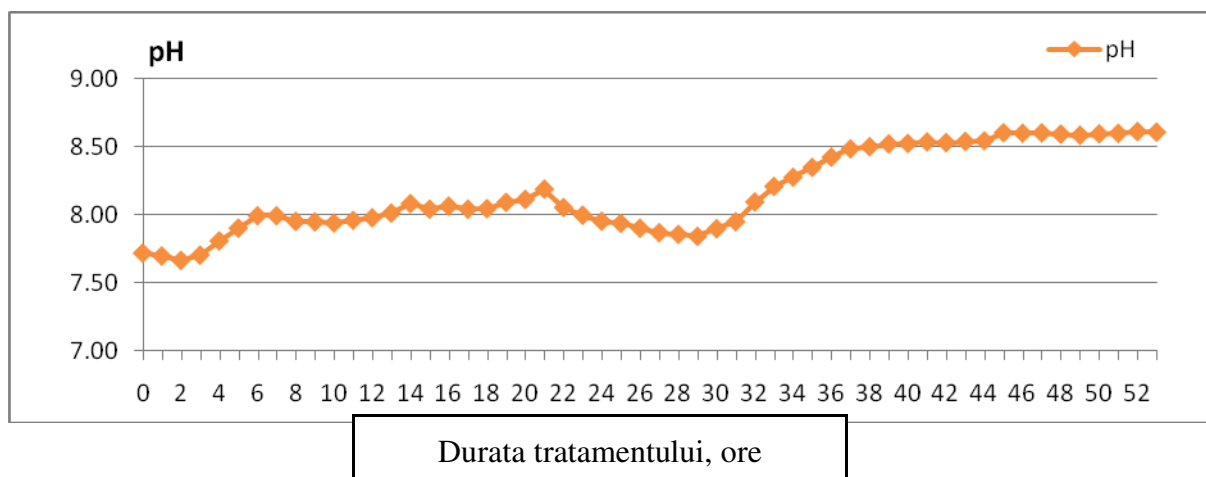


Figura 3.82. Variatia pH-ului la epurarea apelor reziduale din industria laptelui, in sistem continuu, si controlul incarcarii organice a namolului

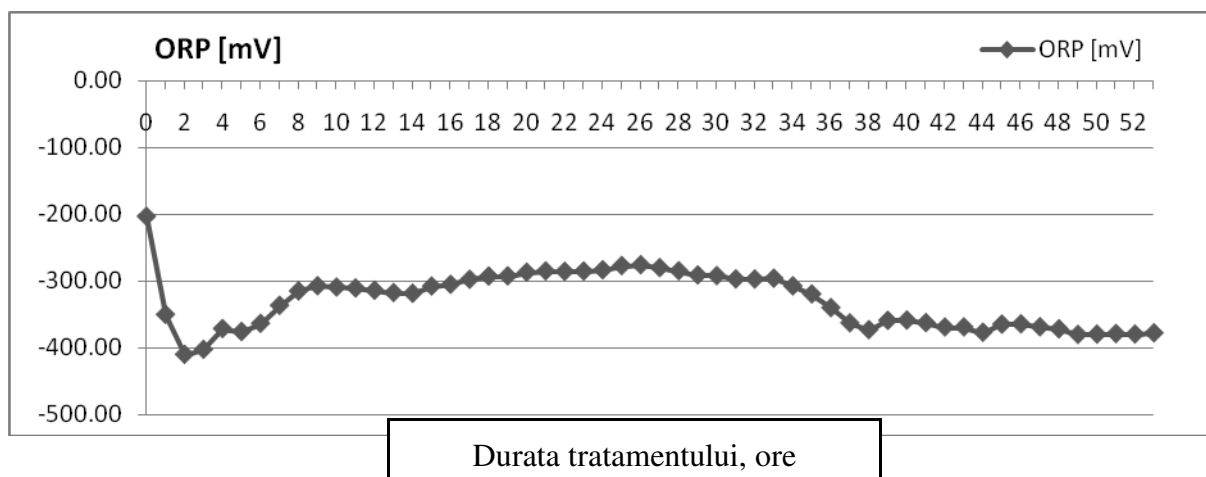


Figura 3.83. Variatia potentialului redox la epurarea apelor reziduale din industria laptelui, in sistem continuu, si controlul incarcarii organice a namolului

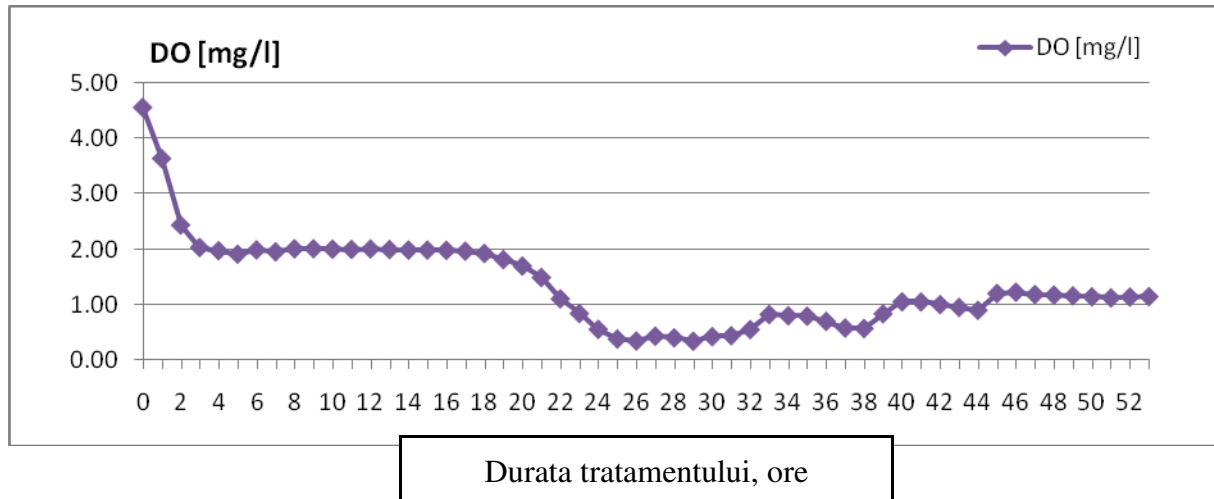


Figura 3.84. Dimanica concentratiei de biomasa la epurarea apelor reziduale din industria laptelui, in sistem continuu, si controlul incarcarii organice a namolului

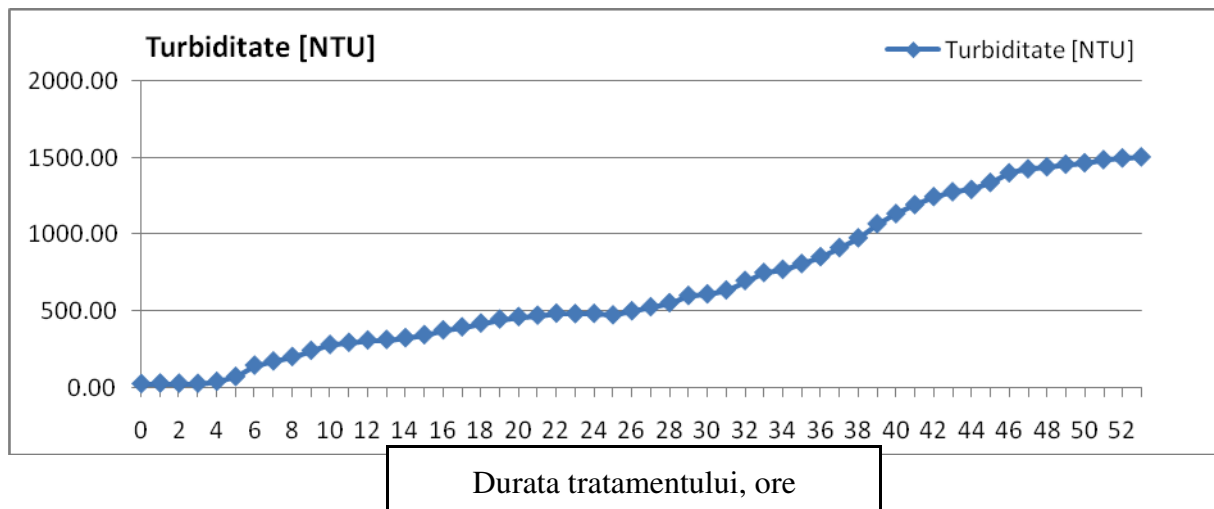


Figura 3.85. Variatia turbiditatii la epurarea apelor reziduale din industria laptelui, in sistem continuu, si controlul incarcarii organice a namolului

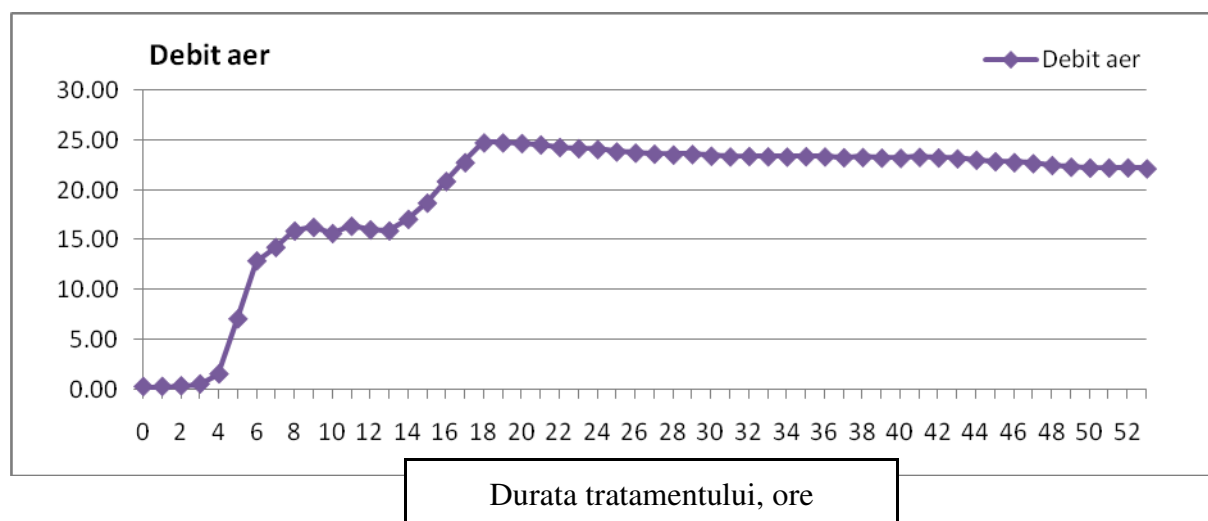


Figura 3.86. Variatia debitului de alimentare cu aer a bazinului aerat, la epurarea apelor reziduale din industria laptelui, in sistem continuu, si controlul incarcarii organice a namolului

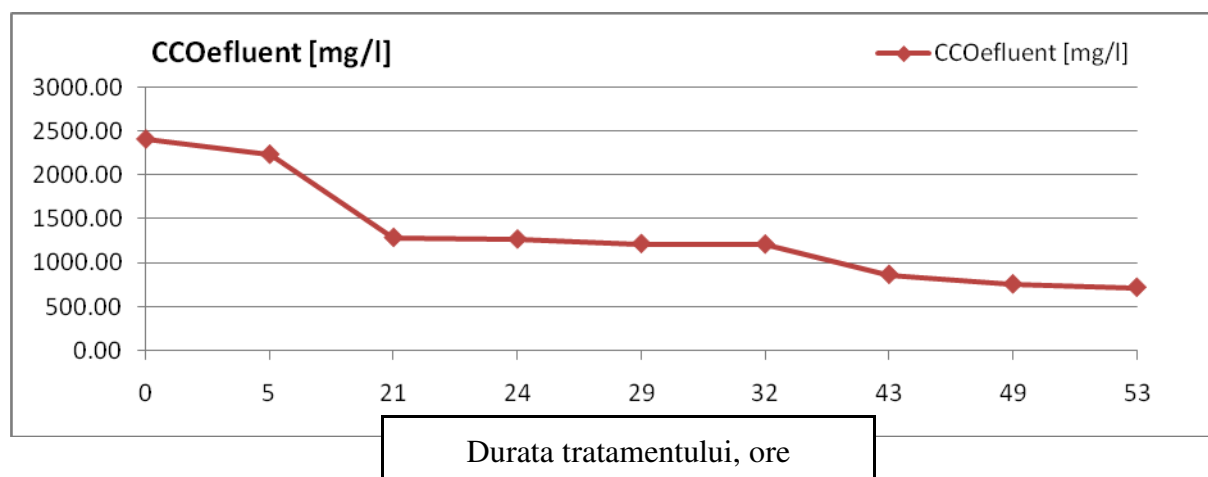


Figura 3.87. Dimanica consumului chimic de oxigen in efluent, la epurarea apelor reziduale din industria laptelui, in sistem continuu, si controlul incarcarii organice a namolului

Utilizand aceasta lege de control se observa (figurile 3.82 si 3.83) ca pH-ul si potentialul redox au profile mult mai liniare decat in experimentele anterioare.

In acest sens, se poate evidientia ca potentialul redox este dependent de CCO, turbiditate si pH in acelasi timp.

Oxigenul dizolvat s-a intentionat a fi mentinut constant la 2 mg/L, dar in acelasi timp debitul de aer s-a limitat la maxim 24 L/min. Incepand cu ora a 14-a, debitul maxim de aer nu

este suficient pentru a mentine oxigenul dizolvat constant el inregistrand o scadere accentuata. Aceasta scadere coincide cu momentul cresterii turbiditatii peste 500 NTU. La micsorarea incarcarii organice a namolului valoarea oxigenului dizolvat a inceput sa creasca usor chiar daca turbiditatea a continuat sa creasca.

Randamentul CCO la finalul procesului a fost de 70%, atins la o incarcare organica a namolului de 0.7. Este cert ca in cazul prelungirii procesului s-ar fi obtinut valori chiar mai mici. Pentru a urmari cantitatea de substante organice eliminate s-a calculat cantitatea orara de CCO eliminat, exprimat in grame pe ora (tabelul 3.14).

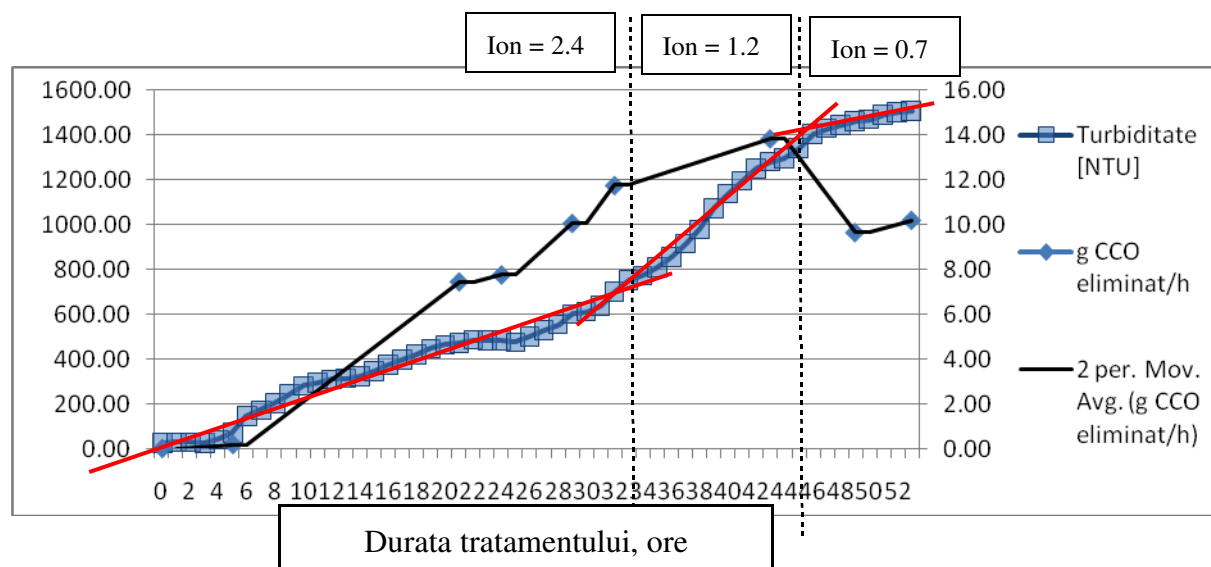


Figura 3.88. Corelatia turbiditatii si a consumului chimic de oxigen la epurarea apelor reziduale din industria laptelui, in sistem continuu, si controlul incarcarii organice a namolului

In primele 34 ore turbiditatea a atins valoarea de 650 NTU crescand liniar si odata cu aceasta si cantitatea de CCO eliminata. La sfarsitul celor 34 ore de tratament randamentul de eliminare a CCO din apa uzata este de numai 50%.

In urmatoarele 11 ore incarcarea organica a namolului a fost modificata de la 2,4 kg CBO₅/kg TSS·zi la 1,2 kg CBO₅/kg TSS·zi. Micsorarea I_{on} a dus la o crestere si mai rapida a turbiditatii atingandu-se intr-un interval de timp de 3 ori mai mic o valoare a turbiditatii de 2 ori mai mare (~1300 NTU). In consecinta o incarcare foarte mare a apei uzate in CCO are un efect usor inhibitor asupra dezvoltarii biomasei, lucru explicabil prin efectul inhibitor al unor

compusi aflati in concentratii mai mari decat valoarea optima sau prin efectul negativ creat de presiunea osmotica ridicata in mediu, fapt datorat tot incarcaturii chimice ridicate a mediului de epurare. In acelasi timp, la sfarsitul aceleiasi perioadei s-a atins cea mai mare cantitate de CCO eliminata, iar randamentul de eliminare a CCO a crescut cu 14 procente.

Pentru a obtine valori mai bune pentru randamentul de eliminare a CCO, I_{on} a fost modificat la valoarea de 0,7 kg CBO_5/kg TSS·zi. In acest caz, randamentul de eliminare a CCO a crescut cu 6%, dar cantitatea de CCO eliminata a scazut. Se observa ca pe acest palier turbiditatea creste cu doar 150 NTU. Acest fenomen poate fi explicat prin consumul excesiv si rapid al substratului si competitia creata intre specii pentru un anumit substrat in cazul in care conentratia de biomasa in sistem depaseste valoarea optima care sa asigure un echilibru intre agentii implicati in biodegradarea substratului si viteza de epurare.

Valoarea CCO pentru apa uzata este foarte importanta existand limite stricte de eliminare in receptorii naturali sau in statiile de epurare orasenesti, de aceea un compromis in favoarea randamentului si in defavoarea cantitatii de CCO eliminate este impus. Cantitatea zilnica de CCO eliminata este o caracteristica a fiecarei statii de epurare de aceea trebuie determinata empiric pentru fiecare sistem in parte, si mod de operare, valoarea incarcarii organice a namolului.

Concluzii experiment 15:

1. Incarcarea organica a namolului reprezinta un parametru foarte important in controlul unei statii de epurare care aplica trataamentul biologic aerob, conducand la cresterea eficientei de biodegradare a compusilor chimici din apele reziduale prin bioconversia optima a substratului de catre microorganismele ce formeaza namolul activat.
2. I_{on} este un parametru care se poate impune sau determina in timp real prin controlul debitului de alimentare cu apa uzata in functie de evolutia turbiditatatii in sistemul de epurare.

Universitatea „Dunarea de Jos” Galati – Capitolul 3: Analiza pe substraturi model si reale, folosind bioreactoarele existente in cadrul Fac. SIA, a speciilor de microorganisme cele mai eficiente pt. reducerea substantelor organice provenite din procese specifice industriei alimentare.

3. La o incarcare organica a namolului constanta, pH-ul si potentialul redox se mentin constante.
4. Potentialul redox variaza in functie de incarcarea organica a namolului, deci depinde in egala masura de CCO si turbiditate.
5. Cea mai mare crestere a turbiditatii si cea mai mare cantitate de CCO eliminata s-a obtinut la o incarcare organica a namolului de $1.2 \text{ kg CBO}_5/\text{kg TSS} \cdot \text{zi}$.