

EPURAREA ANAEROB-AEROBĂ A APELOR UZATE

*Prof. univ. Dumitru Ungureanu
Dr., conf. univ. Ion Ioneț
Lect. sup. Ion Șaragov
Ing. Elena Isac
Ing. Vitalie Ioneț*

Universitatea Tehnică a Moldovei

ABSTRACT

A few new technologies have appeared in the field of biological wastewater treatment during the last few years. Combined anaerobic and aerobic wastewater treatment can be considered one of them. Such an integrated system appears to be one of the possible ways for treatment of wastewater, including from small sources. This paper presents a generalized assessment of when anaerobic pretreatment can be cost-effectively applied, following brief overviews of the contrast between aerobic and anaerobic biological treatment and of anaerobic treatment alternatives.

1. Introducere

Epurarea biologică aerobă este cea mai frecvent aplicată, ea asigurând o epurare completă cerută. Epurarea biologică anaerobă nu poate atinge asemenea performanțe, însă ea este mai cost-eficientă fiind folosită în calitate de pretratare înaintea epurării aeriene avansate, îndeosebi pentru apele uzate industriale de mare încărcare cu poluanți organici biodegradabili.

Mecanismul de bază și forțele motrice ale proceselor de epurare sunt aceleași atât pentru epurarea anaerobă cât și cea aerobă:

- Bacteriile au nevoie de energie pentru dezvoltare, susținere pentru menținerea funcțiilor celulare și de mobilitate;
- Bacteriile necesită substrat/hrană pentru obținerea energiei și înmulțire.

Diferența dintre procesele aeriene și anaerobe rezultă din diferența condițiilor de mediu impuse sistemelor de epurare. Celulele bacteriene, ca toate reacțiile biologice, voiesc să încerce obținerea unei creșteri maxime cu un consum minim de energie [1].

În condițiile aeriene oxigenul liber dizolvat este acceptorul final de electroni. Acesta este procesul cu cea mai înaltă eficiență. Din fiecare unitate de masă de substrat consumat (CBO_5), aproximativ 70% sunt utilizate pentru creșterea celulelor bacteriene și 30% în scopuri energetice.

În condițiile anoxice (lipsei de oxigen) oxigenul este dobândit din azotul nitraților, ceea ce este cel mai puțin eficient deoarece energia este utilizată pentru separarea moleculei de oxigen din compușii nitraților.

În condițiile anaerobe oxigenul molecular nu este prezent și mediul se schimbă din starea oxidabilă în starea reductibilă. Această condiție poate fi măsurată prin potențialul de oxido-reducere. Valorile acestuia în sistemele anaerobe variază între aproximativ -490 și -550 mV [2] în comparație cu $+50$ până la $+150$ mV pentru sistemele aerobe. De obicei atomii de carbon asociați cu/în substanțe organice devin acceptori de electroni și sunt reduși în timp ce celelalte substanțe organice sunt oxidate în CO_2 și acizi volatili. Aceste reacții rezultă în produși finali care întotdeauna au valori importante de energie (adică potențial înalt de acceptare de electroni) în formă de metan.

Aceasta înseamnă că o cantitate mare de substrat este procesată de celulele bacteriene pentru a obține energia suficientă pentru creșterea celulară și susținerea activității vitale. În consecință reproducerea celulară este mai joasă în condiții anaerobe în raport cu cele aerobe.

Una din posibilitățile de a sublinia avantajele și a combate dezavantajele ambelor tehnologii – de epurare anaerobă și cea aerobă – este de a le integra/combina într-o singură tehnologie: preepurare anaerobă și postepurarea aerobă. Această tehnologie combinată/integrată se caracterizează cu următoarele proprietăți:

- Eficiență înaltă de eliminare a poluanților organici (CCO/CBO) precum și a substanțelor nutritive (N și P);
- Cerințe energetice joase;
- Timp de retenție/epurare relativ scurți ceea ce conduce la reducerea relativă a volumelor bioreactoarelor;
- Producerea biogazului – sursă de energie neconvențională;
- Producție specifică joasă de nămol biologic în exces.

Unele din diferențele specifice epurării aerobe și celei anaerobe sunt descrise în cele ce urmează [1].

Temperatura proceselor afectează atât reacțiile aerobe cât și cele anaerobe, dar procesele anaerobe necesită temperaturi mai înalte de operare decât cele aerobe pentru a atinge aceleași viteze practic aplicabile/realizabile. Reducerea cu 10°C a temperaturii conduce la reducerea vitezei de epurare de 2 ori atât pentru procesele aerobe cât și cele anaerobe. Pierderea eficienței proceselor urmare reducerii temperaturii poate fi compensată cu creșterea biomasei microflorei atât pentru procesele aerobe cât și cele anaerobe. Procesele anaerobe pot fi mai cost-eficiente prin utilizarea biogazului generat de procesul anaerob de epurare pentru încălzirea bioreactoarelor, obținând astfel menținerea eficienței performante.

pH și alcalinitatea. Procesele arobe au loc mai eficient la pH de ordinul $6,5 - 8,5$, iar cele anaerobe au un interval optim între $6,5 - 7,5$. Este de dorit a

avea o alcalinitate de bicarbonat între 2500 și 5000 mg/l pentru a menține o capacitate tampon în scopul administrării/manipulării creșterii acizilor volatili ca să descrească cât mai puțin pH-ul. Alcalinitatea și pH sunt cel mai des dirijate/controlate prin adaosul în bioreactor a bicarbonatului.

Producția de biomasă a microflorei în exces și necesarul de nutrienți. Pentru majoritatea de ape uzate, producția netă de nămol activ în exces în procesele aerobe de epurare constituie în jur de 0,5 kg substanță volatilă/kg CCO înlăturat. Spre deosebire, în procesele anaerobe producția de biomasă este aproximativ de 0,1 kg/kg CCO înlăturat. Bacteriile anaerobe au aproape aceeași componență ca a altor bacterii și prin urmare au nevoie de aceeași proporție de nutrienți ca să se dezvolte normal cât este necesar pentru bacteriile aerobe.

Diferența constă într-o producție mai joasă în sistemele anaerobe și, deci necesitatea în substanțe nutritive este proporțional mai joasă. În general, producția de biomasă a microflorei anaerobe și, respectiv, necesitatea de nutrienți constituie în jur de 1/5 de cea a microflorei aerobe.

2. Compararea proceselor anaerobe și celor aerobe

La modul general procesele anaerobe și aerobe pot fi caracterizate prin parametrii prezentați în tab. 1 și fig. 1.

Tabelul 1

Compararea metodelor de epurare biologică aerobă și anaerobă [5]

Procese	Epurare aerobă	Epurare anaerobă
Modelarea substratului mineralizat	$\text{CH}_3\text{COOH} + 2\text{O}_2 \rightarrow 2\text{CO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$	$\text{CH}_3\text{COO}^- + \text{H}^+ \rightarrow \text{CO}_2 + \text{CH}_4$
Timpul de înmulțire a microorganismelor	Scurt (cîteva zeci de minute), permite viteze înalte ale procesului	Lung, datorită căruia este durată lungă a procesului
Caracteristici ale mersului proceselor de epurare	Consum ridicat de substanțe nutritive, CBO:N:P=100:5:1	Consum redus de substanțe nutritive, CBO:N:P=100:2,5:0,5
	Epurarea apelor uzate cu conținut redus de poluanți	Epurarea apelor cu conținut mediu și înalt de poluanți ($\text{CCO} > 1500 \text{ mgO}_2/\text{dm}^3$)
	Capacitate înaltă a instalațiilor	Capacitate relativ mică a bioreactoarelor
	Eliminarea nutrienților poate fi realizată în procesul tehnologic	Nutrienții nu se elimină în procesul tehnologic și este nevoie de o epurare avansată, complementară
	Producția înaltă de biomasă în exces (400 – 600 kg/t CCO eliminat)	Producție mică a nămolului în exces (2 – 150 kg/t CCO eliminat)

Continuare tab. 1

	Posibilitatea epurării apelor uzate cu temperaturi joase	Apele uzate supuse epurării trebuie să aibă temperaturi > 20°C
	Posibilitatea eliminării substanțelor toxice	Substanțele toxice pot inhiba procesul de epurare
	Instalațiile tehnologice necesită suprafețe mari	Suprafețe mici ocupate de instalațiile tehnologice
Bilanțul energiei	50 – 60 % de energie este înmagazinată în biomasa nouă 40 – 50 % este degajată sub formă de căldură	90 % este degajată sub formă de biogaz, 3 – 5 % se pierde sub formă de căldură, 5 – 7 % este înmagazintă sub forma de biomasă nouă
Bilanțul carbonului organic	50 – 60 % este transformat în CO ₂ , 40 – 50 % este transformat în biomasă celulară nouă	90 – 95 % se transformă în biogaz, 5 – 10 % este încorporată în celulele noi ale biomasei
Costuri	Investiții – reduse, cheltuieli mari de exploatare, îndeosebi pentru aerare	Investiții – medii, de exploatare - mici

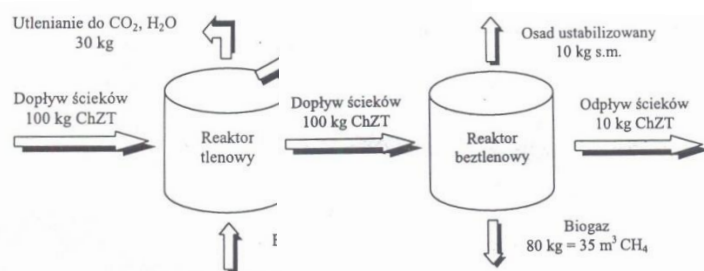
Tabelul 2

Tipurile de ape uzate epurate în condiții anaerobe [5]

Tipuri de industrie	Eficiența eliminării CCO, %	Eficiența eliminării CBO ₅
Producția de băuturi alcoolice	70 – 90	>90
Recuperarea hârtiei	65 – 80	80 – 90
Prelucrarea cartofilor	80 – 90	80 – 95
Producerea produselor lactate	80 – 90	>90
Producerea amidonului	70 – 85	80 – 95
Producerea substanțelor chimice	60 – 90	>90
Pruducerea produselor farmaceutice	50 – 80	>90
Producerea drojdiilor	55 – 75	>90
Producerea zahărului	80 – 90	>90
Filtratul gropilor de gunoi	70 – 90	>90

Epurarea anaerobă este aplicabilă în situațiile când apele uzate conțin cantități mari de poluanți ușor biodegradabili. Carbohidrații cu conținutul lor înalt

de oxigen sunt ușor metabolizați. Apele uzate din industria alimentară și de băuturi conțin carbohidrați și de obicei, sunt favorabile pentru epurarea anaerobă. Epurarea anaerobă este însă tot mai frecvent aplicată pentru tratarea apelor uzate industriale cu conținut de substanțe chimice organice complexe (tab. 2).



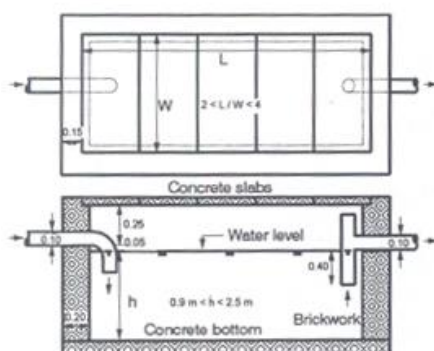
b
a) și anaerobe (b)

5. Metode alternative de epurare anaerobă

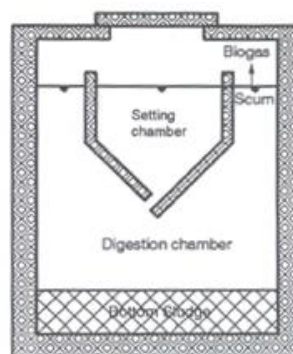
Obstacolele majore pentru aplicarea sistemelor anaerobe de epurare a apelor uzate industriale cu conținut de substanțe organice solubile sunt:

- Separarea dificilă a solidelor biologice (microflorei) de apa uzată epurată;
- Susceptibilitatea procesului la șocurile substanțelor toxice ;
- Durata mare de amorsare a procesului.

În timp a fost elaborat un număr diferit de sisteme care încearcă să depășească una sau mai multe din aceste probleme (fig. 2). Astfel, sau depus multe eforturi de a reduce timpul hidraulic de retenție pentru a minimiza/reduce respectiv și volumele bioreactoarelor și costul sistemelor. Selecția unui sistem mai potrivit pentru diferite situații particulare depinde de caracteristica apelor uzate și de gradul de epurare necesar. Există trei tipuri de sisteme de epurare anaerobă – cu creșterea microflorei dispersată, în straturi fluidizate și fixe. În cele ce urmează se prezintă o scurtă descriere a fiecărei din aceste sisteme [1].



a



b

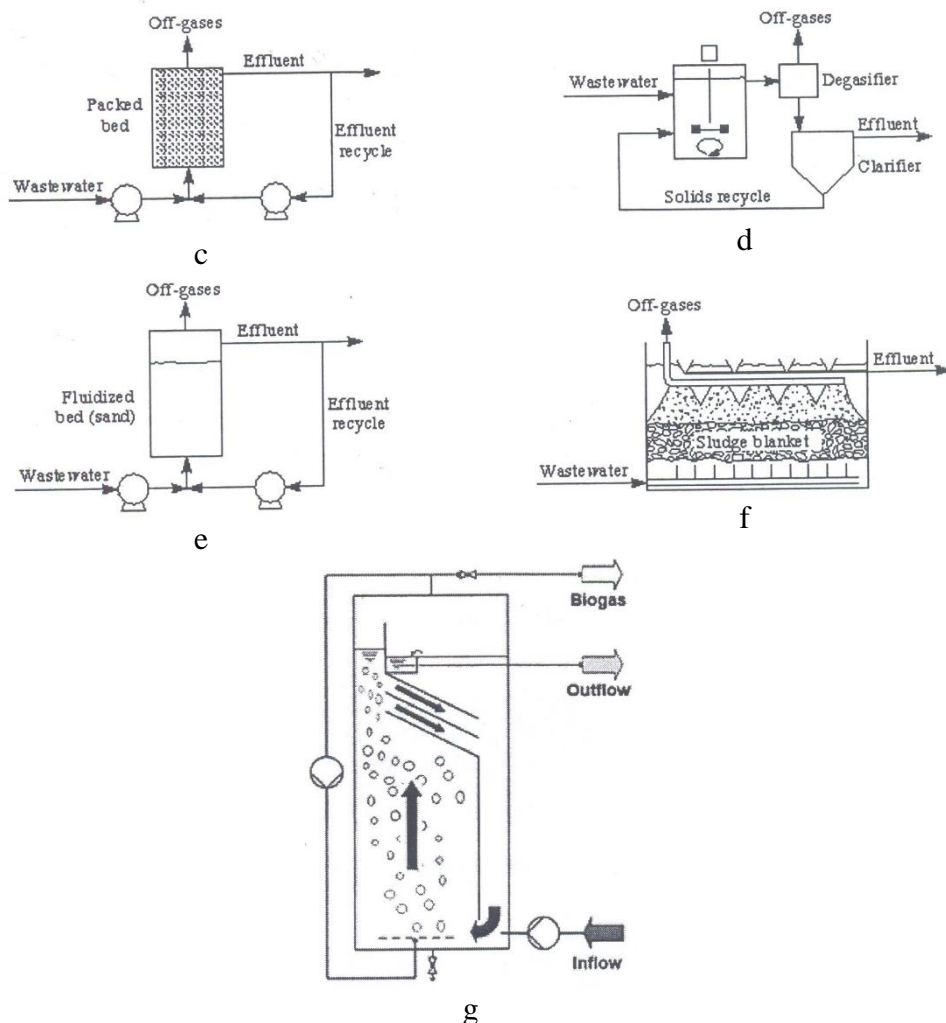


Fig. 2. Bioreactoare anaerobe: a - fose septice; b – decantoare-digestoare (etajate);
 c – filtre anaerobe; d – fermentatoare de mare încărcare, proces cu contact;
 e – fermentatoare cu strat fluidizat; f – fermentatoare cu nămol activ granulat (UASB);
 g – cu flux în lanț (loop reactor).

Sisteme de creștere dispersată. În astfel de sisteme microflora este suspendată în bioreactoare printr-un amestec mecanic sau cu biogaz. Majoritatea din aceste sisteme folosesc bioreactoare cu amestec complet urmate de decantoarele secundare/limpezitoare cu recircularea microflorei/nămolului activ, fiind denumite de mare încărcare. Acest sistem este cunoscut sub denumirea de proces anaerob de contact. Un astfel de sistem de creștere dispersată este cunoscut prin utilizarea reactoarelor separate - cu microflora acid – producătoare și cea

metan – producătoare, fiind denumit cu faze separate. Sistemele de creștere dispersată cu încărcări reduse ale proceselor (reactoare de mică încărcare) de ordinul 1 – 2 kg CCO/(m³·d), sunt mai puțin susceptibile la șocuri toxice decât cele de mare încărcare, dar necesită spații mai mari.

Sisteme cu straturi fluidizate. În aceste sisteme microflora crește pe un suport de granule (de obicei, de nisip), care este expandat/fluidizat prin intermediul unor viteze mari ale fluxului de apă uzată. În astfel de bioreactoare trebuie menținut un flux uniform hidraulic în raport cu diametrul reactorului pentru a evita scurtcircuitarea. Concentrația de biomasă a microflorei în astfel de sisteme depășește 40000 mg/l ceea ce se datorează suprafeței dezvoltate/mare a suportului granulat.

Un hibrid al stratului fluidizat cu sistemul de creștere dispersată îl prezintă sistemul cu strat anaerob de nămol activ în flux ascendent (UASB - Upflow anaerobic sludge blanket) dezvoltat în Niderlanda (CSM - Sulker). În acest sistem bacteriile anaerobe singure formează un mediu granular care crează un strat / nor dens (80 – 100 g/l) de granule prin care trece fluxul de apă uzată. Densitatea stratului descrește pe măsura mișcării spre vârful reactorului, unde este amplasat un separator solid / gaz / lichid. Pentru a menține stratul granular suspendat este necesară recircularea efluentului tratat.

Acest tip de bioreactoare contribuie la dezvoltarea granulelor datorită geometriei (configurației) respective a reactorului, puterea înaltă de tăiere, intensificarea turbulenței fluxului de apă în reactor, alimentarea ciclică cu ape uzate, spălarea granulelor microflorei, durata scurtă de sedimentare precum și menținerea unei încărcări mari cu poluanți organici. Pentru comparație în tabelul ce urmează este prezentată caracteristica granulelor anaerobe și aerobe.

Tabelul 3

Caracteristica comparativă a tehnologiei de granule anaerobe și aerobe [5]

Parametri	Granule anaerobe UASB	Granule aerobe GSBR
Durata amorsării bioreactoarelor	3 luni	Câteva zile
Concentrația nămolului activ granulat, g/dm ³	15 - 25	8
Încarcarea organică aplicată, g CCO/(dm ³ ·d)	10	4
Concentrația CCO în efluentul epurat, mg/dm ³	>100	< 30
Producția de biomasă (exces), mg subst. uscată volatilă/mgCCO	0,04 – 0,10	0,20

Din cele prezentate reiese clar că optimizarea proceselor de epurare prin intermediul microflorei granulate are perspectivă și merită continuarea investigațiilor experimentale.

Despre proprietățile sistemelor anaerobe de epurare a apelor uzate ne vorbesc datele prezentate în tabelul următor, în care diferite tipuri de bioreactoare sunt aranjate în ordinea ce li se poate atribui.

Tabelul 4

Ordinea amplasării bioreactoarelor anaerobe în dependență de simplitatea exploatării, eficiența energetică și costuri [5]

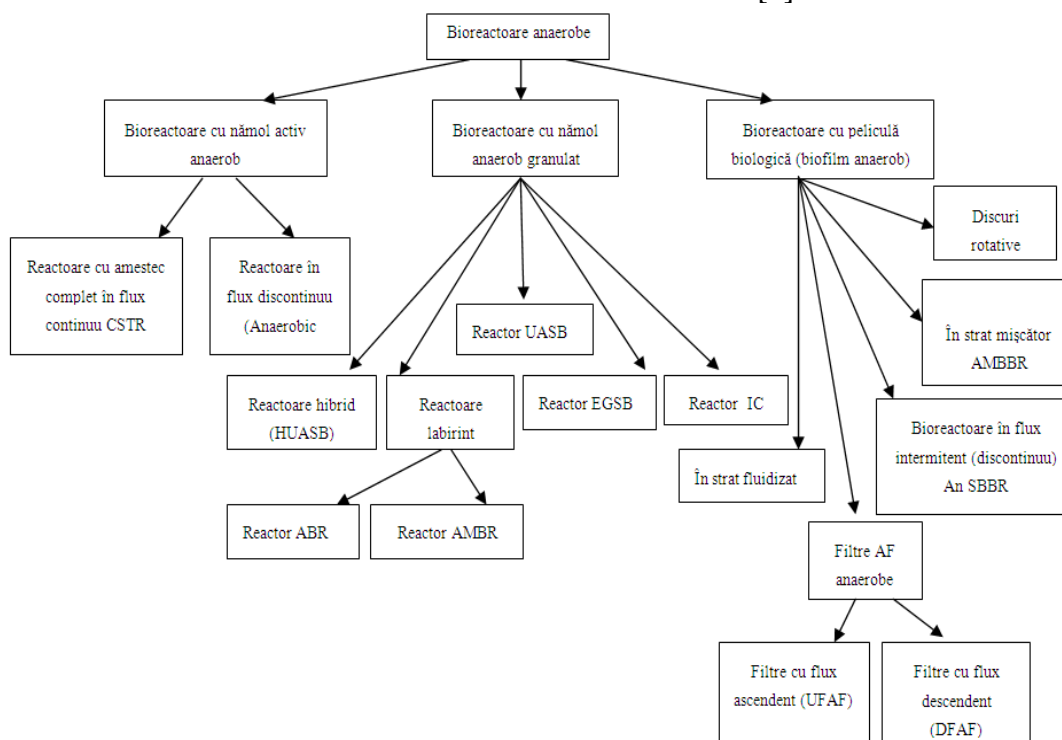
Simplitatea exploatării	AF < UASB < ARBC < FBR
Eficiența energetică	UASB < AF < EGSB < FBR < RBC
Costuri	ARBC < AF < UASB < EGSB < FBR

Sisteme în strat fix. În aceste sisteme microflora crește pe un suport solid similar cu umplutura filtrelor biologice. Suportul poate fi atât sub formă de umplutură vrac, în care caz este folosit fluxul ascendent, sau împachetată rigid, în care caz poate fi utilizat fluxul descendent.

Imobilizarea bacteriilor sub formă de biofilm contribuie la reținerea în bioreactoare a celulelor cu creștere înceată și asigură separarea timpului de retenție a microflorei și a timpului hidraulic [6]. Atât timp cât bacteriile nu sunt evacuate împreună cu efluentul se asigură/are loc o dezvoltare microbiană substanțială în interiorul bioreactoarelor. Prin urmare, deoarece în bioreactoare se află mai multe bacterii, în comparație cu microflora suspendată, este nevoie de mai puțin timp pentru degradarea poluanților conținuți în apa uzată.

Bioreactoarele anaerobe cu microflora imobilizată/fixată sunt mai practicabile pentru epurarea/tratarea unor debite mai mare de ape uzate, chiar și mai puțin poluate, datorită timpului de retenție hidraulică mai mic necesar pentru obținerea gradului de epurare necesar și, în consecință, volumele bioreactoarelor fiind mai mici, ocupând și suprafețe mai mici pentru stațiile de epurare, în comparație cu cele care utilizează tehnologii convenționale de epurare biologică cu microflora suspendată/nămol activ.

Clasificarea bioreactoarelor anaerobe [5]



Notății: CSTR – Continuously Stirred Tank Reactor

ABR – Anaerobic Baffled Reactor

AMBR – Anaerobic Migrating Blanket Reactor

UASB – Upflow Anaerobic Sludge Blanket

EGSB – Expanded Granular Sludge Bed

IC – Internal Circulation

FBR – Fluidized Bed Reactor

AE – Anaerobic Filter (Upflow – și Downflow – UFAF, DFAF)

SBR – Sequencing Batch Reactor

HUASB – Hybrid Upflow Anaerobic Sludge Blanket

An SBBR – Anaerobic Sequencing Biofilm Batch Reactor

ARBC – Anaerobic Rotating Biological Contact Reactor

Tabelul 5

Caracteristica tehnologică a sistemelor de epurare anaerobă [5]

Parametri/Sisteme	CSTR	UASB	EGSB	ABR	FBR	AF
Structura biomasei	flocoane	granule	granule	granule	biofilm	biofilm
Concentrația biomasei, kg/m ³	5 - 20	60 - 100	60 - 100	4 - 18	30 - 50	10 - 20
Suprafața specifică a umpluturii, m ² /m ³	-	-	-	-	2000 - 3000	100 - 300
Încărcarea cu poluanți, kg/(m ³ ·d)	0,25 - 8	5 - 30	≤ 40	0,4 - 30	20 - 70	0,25 - 20
Timpul de retenție hidraulică, d	0,5 - 12	0,5 - 7	0,12 - 2,5	0,7 - 15	0,25 - 5	0,5 - 20
Eficiența eliminării CCO, %	50 - 90	> 70	> 80	> 70	> 70	70 - 90

Utilizarea sistemelor de epurare anaerobă într-o singură treaptă deseori întâmpină diferite dificultăți. Din această cauză sunt multe cazuri de epurare anaerobă în 2 trepte în diferite compilații tehnologice, cum ar fi CSTR + UFAF, CSTR + UASB, UFAF + UASB, UASB + UASB. De cele mai multe ori se folosește în sistemele în două trepte separarea fazelor acidproducătoare și metanogenă, îndeosebi când apele uzate sunt slab acidulate.

4. Epurarea anaerob – aerobă

Bioreactoarele anaerobe se folosesc deasemenea în combinație cu cele aerobe – așa zisa epurare anaerob – aerobă datorită cărui fapt se obțin rezultate stabile chiar și la variații puternice ale CCO, precum și eficiențe înalte de eliminare a nutrienților (N și P). În calitate de bioreactoare aerobe pot fi folosite bazinele de aerare cu nămol activ, care funcționează atât în flux continuu cât și intermitent (reactoarele SBR). Astfel de exemple prezentate în literatura de specialitate sunt combinațiile tehnologice AF – SBR, IC – SBR, UASB – SBR, An SBR – SBR.

În ultimul timp s-au intensificat cercetările științifice în domeniul aplicării microflorei granulare în sistemele de epurare biologică aerobă, îndeosebi în bioreactoarele SBR – GSB (Granular Sequencing Batch Reactor).

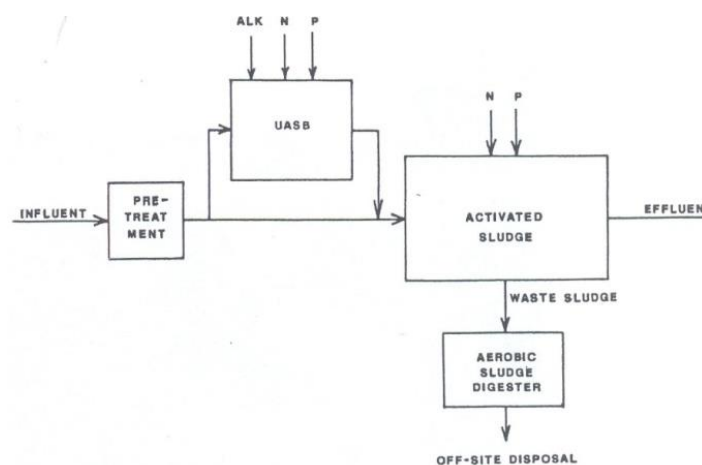


Fig. 3. Schema tehnologică generalizată a aepurării combinate anaerob – aerob

Tabelul 6

Epurarea anaerobă a apelor uzate în diferite sisteme de bioreactoare [5]

Sistemul de bioreactoare	Tipul de ape uzate	Încărcarea cu poluanți, kgCCO/(m ³ ·d)	Timpul de retenție hidraulică, ore/zile	Eficiența eliminării CCO, %
CSTR	de la fabricarea zahărului	18,0	8 ore	45
	farmaceutice	6,0	2,5 zile	92
UFAF	de la produsele lactate – I	6,0	-	> 85
	idem - II	5,0 – 6,0	-	> 90
DFAF	de la vitărit	8,5 – 9,7	72 ore	55
	de la abatoare	20,82	1,5 zile	93,4
UASB	de la lactate	7,5	-	85 – 90
	idem	1 – 28,5	2,3 – 11,6 zile	95 - 99
	idem	31,0	17 ore	90
	comunale	0,78 – 3,12	6 – 72 ore	71
	comunale	0,62	12 ore	48
	comunale	1,81	24 ore	94
	mase plastice sintetice	22,5	8,0	97
HUASB	comunale	0,2 – 6,8	2,6 – 29 ore	30 - 99
	comunale	-	110 zile	76 – 85
EGSB	producerea berii	10	18 ore	85
	de la abatoare	15	5 ore	67
	fenolice	5	-	91,2
	comunale	1,4	4 ore	48
IC	producerea berii	4 - 36	8 – 24 ore	70 – 90

Continuare tab. 6

FBR	textile	13	4 ore	98
AMBBR	distilari alcool	29,6	1,55 zile	89,2
An SBR	lactate	0,78	-	98
	lactate	0,6 – 4,8	-	90
	rafinare măsline	5,3	3 zile	83
	de la laboratoare	4,93	2 zile	93
	papetărie	-	12 zile	62 – 75
An SBBR	produse cosmetice	9,4	-	91
CSTR + UFAF	produse lactate	5	48 ore	90
UFAF + UASB	papetărie	11	21 ore	90
CSTR + UAS	producerea cafelei	16	12 ore	77
UASB + UASB	comunale	1,7 – 6,2	4 – 8 ore	74 – 82
UASB + UFAF	de la Żywności	19,2	-	80
ASBR + UASB	produse lactate	19,2	-	80

5. Rezultate ale epurării anaerob – aerobe

La epurarea combinată anaerob – aerobă a apelor uzate din industria textilă în bioreactoare cu microflora suspendată au fost obținute următoarele eficiențe:

Eliminarea azotului amoniacal – 84,62 %; CBO – 63,64%; CCO – 60%; materii în suspensie – 98%.

Concentrațiile azotului amoniacal, CBO și CCO în efluentul epurat constituiau, respectiv, 13 și 109 mg/l [4].

Din 1996 au fost efectuate investigații intense focusate pe utilizarea tehnologiei de epurare anaerob – aerobă a apelor uzate menajere.

Tabelul 7

Rezultatele obținute în urma epurării apelor uzate în instalațiile pilot AN – I și AN – II timp de 2 ani [3]

(Departamentul Ingineriei Mediului, Universitatea Tehnică Bratislava)

Prămetri, mg/l	Influent, mediu	Efluent AN – I (inoculat)		Efluent AN – II (neinoculat)	
		Mediu	Eficiență, %	Mediu	Eficiență, %
CCO	410 (140 - 915)	78,1 (18 - 185)	78,0	78,9 (18 - 227)	78,3
CBO ₅	202 (54 - 420)	14,9 (3,0 - 59)	91,2	13,8 (3 - 43)	92,4
Materii în suspensie	226 (30 - 760)	29,5 (2 - 100)	85,3	26,5 (0,5 - 120)	82,5
NH ₄ – N	44,2 (20,8 – 48,6)	15,8 (0,2 – 48,6)	62,4	18,2 (0 - 48)	59,7
NO - N	-	14,7 (0 – 45,1)	-	10,9 (0 – 46,3)	-

Notă: Eficiența treptei anaerobe a constituit 51% pentru CCO și 58% pentru materiile în suspensie.

6. Concluzii

În baza analizei tehnico-economice a epurării biologice combinate anaerob-aerob [1] într-un diapason de CBO de la 200 până la 5000 mg/l a fost stabilită o fezabilitate economică. Costurile capital a epurării aerobe sunt mai sensibile la creșterea concentrației poluanților decât cele ale epurării anaerobe. Aceeași situație este și cu cheltuielile de exploatare, îndeosebi cele care se referă la consumul de energie. Așa, epurarea aerobă este foarte sensibilă la creșterea concentrațiilor de poluanți, în primul rând din cauza sistemului de aerare. Pentru epurarea anaerobă consumul de energie rămâne constant, cu excepția costului pompărilor, în schimb biogazul produs creditează cheltuielile pentru încălzirea fermentatoarelor, iar producția de biogaz este proporțională cu încărcarea organică a apelor uzate supuse epurării. Având în vedere progresul tehnologiilor de epurare anaerobă, se constată o creștere a fiabilității acestui proces urmare căruia epurarea anaerobă este considerată o alternativă atractivă în calitate de tehnologie aplicată în stațiile de epurare.

Sistemul integrat de epurare anaerob-aerobă este studiat de mulți autori [7, 8, 9, 10, 11] care indică cert operabilitatea acestei tehnologii, ea dovedindu-se eficientă atât pentru eliminarea materiilor în suspensie și CBO-C, cât și a nutrienților. Consumul de energie se reduce considerabil față de tehnologia convențională de epurare biologică cu nămol activ și constituie în jur de 25 – 40%. Concomitant, această tehnologie de epurare anaerob-aerobă conduce la

reducerea producției specific de nămoluri cu 40%. Afară de această, fluctuația apelor uzate nu mai perturbază eficiența epurării într-o măsură mare.

Bibliografie

1. Eckenfelder W.W., Patoczka J.B., Pulliam G.W. Anaerobic versus aerobic treatment in the USA. Accesibil: www.patcezca.net/jurek.Pages/Papers/AnaerobicvsAerobicTreatment.pdf;
2. Malina J.F., Jr. Variables affecting anaerobic digestion. Public Works, 1962, 93 (9), p.113;
3. Gasparikova E. et al. Evaluation of Anaerobic – Aerobic Wastewater Treatment Plant Operations. Polish Journal of Environmental Studies, 2005, 14 (1), p.p. 29 – 34;
4. Mahdi Ahmed, Azni Idris Adam. Combined anaerobic – aerobic system for treatment of textile wastewater. Journal of Engineering Science and Technology, 2007, 2 (1), p.p. 55 – 69;
5. Luczyszyn J., Maslon A., Tomaszek J.A. Anaerobowe oczyszczanie sciekow. Zeszyty Naukowe Politechniki Rzeszowskiej, 2011, Nr. 276. Budownictwo: Inzynieria Srodowiska, z. 58 (4/11), p.171 – 187;
6. Arbel T. et al. Utilization of biomass carriers in anaerobic reactors. Accesibil: arbel@aqwise.com;
7. Irwin Th. A primer on anaerobic reactors. Fundamentals applications. Accesibil: www.AnaerobicReactors.com, 8 pages;
8. Knodel J., Geissen S. – U. Anaerobic loop – reactors: development of novel concepts and desing criteria for airlift and agitated suspended sludge system for industrial wastewater treatment. Chemie Ingenieur Technik, 2012, 84 (7), p.p. 1005 – 1017;
9. Саблий Л.А., Козарь М.Ю. Эффективная биотехнология очистки промышленных сточных вод. Вода, Экология, 2014, 3р. Accesibil: wpt.kpi.ua/ru/tag/biological-treatment/;
10. Huandel A. et al. Anaerobic reactor design concepts for the treatment of domestic wastewater. Reviews in Environmental Science and Bio/Technology, 2006, 5, p.p. 21-38;
11. Guimaraes R. et al. Anaerobic – aerobic sewage treatment using the combination UASB – SBR activated sludge. J. Env. Sci. and Health. Part A., 2003, 38 (11), p.p. 2633 – 2641.