

ANEXA C 2: Tehnologii de tratare a apei uzate

1 REZUMAT

Anexa C2 cuprinde o descriere a proceselor generale de tratare, care par a fi cele mai adecvate având în vedere concentrațiile necesare de efluenți conform Directivei privind tratarea apei uzate urbane 91/271/EEC și având în vedere aspectele operaționale și economice. În sfârșit, și ca urmare a trecerii generale în revistă a diferitelor opțiuni de tratare, se va face o recomandare pentru procesele de tratare, care trebuie alese, în funcție de capacitățile necesare ale diferitelor instalații de tratare a apei uzate.

2 PRINCIPII DE BAZĂ

2.1 Cerințe privind tratarea

În general, există o gamă largă de procese de tratare a apei uzate care au fost dezvoltate în ultimele decade. Acestea pot fi clasificate după

- a.) diferitele cerințe privind tratarea,
- b.) diferitele soluții de proiectare a proceselor în vederea realizării acestor cerințe privind tratarea
- c.) diferitele tehnologii în vederea realizării acestor cerințe privind tratarea

Pentru identificarea proceselor de tratare care par a fi adecvate pentru diversele aplicații, trebuie verificate mai întâi cerințele privind tratarea.

Cerințele privind tratarea sunt în funcție de liniile directoare legale. În cazul de față este relevantă Directiva privind tratarea apei uzate urbane 91/271/CEE. Aici, diferitele cerințe privind tratarea au fost definite în funcție de a.) sensibilitatea zonei în care apa uzată tratată va fi descărcată și b.) capacitatea selectată a stației de tratare a apei uzate.

Directiva privind tratarea apei uzate urbane face distincția între I) Zonele sensibile, II) Zonele normale și III) zonele mai puțin sensibile (apele de coastă). Regiunea în cauză se încadrează în zona sensibilă.

Capacitatea stației de tratare a apei uzate este clasificată în funcție de numărul de locuitori care sunt legați la stația de tratare a apei uzate. Încărcările de apă uzată provenite din industrie vor fi avute în vedere prin convertirea acestor încărcări în echivalenți ai populației.

Având în vedere aceste principii ale cerințelor privind tratarea apei uzate, descrisă ca concentrații de efluenți sau în procent de reducere, sunt următoarele, în funcție de capacitatea stației de tratarea a apei uzate.

Capacitatea WWTP [p.e.]	0 – 1.999 *)		2.000 – 10.000		10.001 – 100.000		> 10.0000	
	c_e [mg/l]	η [%]	c_e [mg/l]	η [%]	c_e [mg/l]	η [%]	c_e [mg/l]	η [%]
CBO ₅			25	70-90	25	70-90	25	70-90
CCO			125	75	125	75	125	75
TSS			60	70	35	90	35	90
Total fosfor					2	80	1	80
Total azot					15	70-80	10	70-80

*) exclusiv „tratate adecvate”

Definiții:

e.p.	=	Echivalent populație
c_e	=	Concentrație maximă de efluenți
η	=	Procent minim de reducere
CBO ₅	=	Cerere Biologică de Oxigen
CCO	=	Cerere Chimică de Oxigen
TSS	=	Total solide suspendate

2.2 Cerințe operaționale

Pe lângă randamentul necesar al stației de tratare a apei uzate conform cerințelor privind efluenții, există aspecte operaționale care trebuie avute în vedere la compararea diferitelor stații de tratare a apei uzate.

Aceste aspecte sunt cel puțin:

- Tehnologia stabilă a procesului

Disfuncționalitățile stațiilor de tratare a apei uzate pot provoca pagube majore pentru mediu la primirea apelor precum moartea peștilor, creșterea masivă a algelor etc. Aceste pagube pot fi la rândul lor cauza acțiunilor legale precum cererea de despăgubire etc.

În plus, trebuie avut în vedere faptul că procesele biologice care constituie de obicei baza opțiunilor adecvate de tratare a apei uzate municipale, au nevoie de perioade relativ mai mari de revenire după defectări și de recuperare a întregii capacități de tratare.

Și în sfârșit, stațiile de tratare a apelor uzate trebuie să funcționeze în mod corespunzător chiar și în absența personalului operator.

Din aceste motive, procesul de tratare selectat trebuie să fie unul de tip stabil, ceea ce înseamnă că diferitele debite și încărcări nu au nici o influență asupra randamentului stației de tratare.

- Alcătuirea modulară

Pentru a răspunde la modificările în ceea ce privește calitatea și compoziția apei uzate și creșterea randamentului tratării în cazul cerințelor regionale specifice, instalația trebuie concepută modular.

Pe lângă aceasta, alcătuirea modulară permite scoaterea din funcțiune a liniilor unice în caz de urgență sau pentru reparații de întreținere.

În plus, pentru instalațiile mai mari de tratarea a apei uzate, alcătuirea modulară poate fi utilizată pentru exploatarea diferitelor linii cu parametri diferiți în vederea comparării acestora și optimizării randamentului tratării și a costurilor pentru tratare.

- Procesul de tratare stabilit și bine cunoscut

În final, procesul de tratare ales trebuie să fie stabilit și bine cunoscut, ceea ce înseamnă că ar trebui să existe numeroase instalații de referință cu randament de tratare aprobat pentru aplicări similare.

Personalul de operare trebuie să fie în stare să facă schimb de experiențe cu colegii în cazul unor disfuncționalități sau în vederea optimizării instalațiilor. Poate fi chiar interesant să se utilizeze în comun piese de schimb și – dacă este cazul – să se combine contractele de servicii pentru echipamente speciale.

2.3 Cerințe economice

Desigur proiectul de tratare selectat trebuie să conducă la o exploatare economică, întrucât costurile operaționale sunt legate de tarifele pentru apa uzată.

Această cerință generală nu este legată doar de costurile de investiții care au un impact asupra costurilor de finanțare ci și asupra costurilor operaționale.

Costurile operaționale pot fi și ele împărțite pe următoarele grupe:

- Costuri energetice
- Costuri de personal
- Costuri de întreținere și piese de schimb
- Costuri de chimicale sau furnituri suplimentare

Din acest motiv trebuie acordată o atenție specială gradului de echipare mecanică și electrică și eficienței echipamentelor care se vor instala.

Adesea, echipamentele mecanice și electrice cu costuri de investiții scăzute corespund unei eficiențe scăzute, prin care echipamentele cu costuri de investiții mai ridicate pot atinge o eficiență mai mare, ceea ce duce la costuri operaționale mai scăzute. În funcție de dimensiunea instalației de tratare a apei, trebuie apoi să se decidă dacă costurile investiției vor fi compensate prin costurile operaționale mai scăzute.

3 OPTIUNI DE TRATARE

3.1 Procese biologice aerobe suspendate de creștere

3.1.1 Lagune aerate

Scurtă descriere

Lagunele aerate sunt bazine de pământ relativ superficiale prevăzute cu echipamente de aerare sub formă de aeratoare sau ventilatoare mecanice de suprafață și difuzoare cu bule fine scufundate. Echipamentele de aerare se utilizează pentru a furniza oxigenul necesar procesului și menținerii solidelor biologice în suspensie pentru realizarea contactului apei uzate și a nămolului biologic.

Datorită materiilor organice care fac parte din apa uzată, se va forma un nămol biologic în interiorul lagunelor aerate. Acest nămol se utilizează pentru eliminarea biologică a compușilor apei uzate.

Lagunele aerate sunt concepute fie pe bază de scurgere fără reciclarea nămolului biologic fie cu reciclarea biomasei din bazinul de sedimentare extern, similar procesului nămolului activat (vezi mai jos).

Concentrația biomasei este relativ scăzută comparativ cu procesul nămolului activat (vezi mai jos). Din acest motiv timpul necesar de reținere a apei uzate care trebuie tratată biologic este relativ lung.

În funcție de alegerea fie a bazei de scurgere fie a reciclării solidelor biologice, nămolul care se va produce ca urmare a procesului biologic trebuie înlăturat din sedimentarea unei lagune externe (bază de scurgere) sau din unitatea de reciclare a solidelor.

3.1.2 Procesul nămolului activat

Scurtă descriere

Procesul nămolului activat este relativ similar cu procesul lagunelor aerate cu reciclarea biomasei după cum s-a descris mai sus.

Datorită compușilor organici și anorganici ai apei uzate, creșterea nămolului biologic va fi inițializată. Această biomasă, așa numitul nămol activat, intră în contact cu apa uzată în condiții aerobe. Oxigenul necesar condițiilor aerobe poate fi livrat fie prin aeratoare fie prin ventilatoare de suprafață în combinație cu difuzoarele cu bule fine scufundate.

După procesul de purificare biologică, nămolul activat trebuie separat de apa uzată tratată biologic. Acest proces se realizează într-un rezervor de sedimentare în care nămolul activat se va depune și apa uzată tratată va fi înlăturată prin baraje deversoare.

În vederea menținerii procesului biologic și obținerii unei concentrații mai mult sau mai puțin constantă a biomasei în interiorul rezervorului de aerare, nămolul activat trebuie să fie reciclat la rezervorul de aerare ca așa numitul nămol activat de revenire. Datorită alimentării constante cu materii organice a apei uzate, cantitatea de nămol va crește. Acest surplus de nămol trebuie înlăturat ca așa numitul nămol activat rezidual, în scopul menținerii unei cantități constante de nămol activat în interiorul sistemului.

În locul utilizării lagunelor, acest proces se desfășoară în rezervoare de oțel sau beton armat. Aplicarea unui rezervor de sedimentare tehnică cu sau fără raclor mecanic de nămol permite

concentrații sensibil mai mari ale biomasei. Din acest motiv, volumul specific al rezervorului de aerare pentru tratarea apei uzate este mult mai mic comparativ cu lagunele aerate.

După cum s-a descris mai sus, procesul nămolului activat este legat de continua producere de nămol activat rezidual. La condițiile aerobe, acest nămol prezintă o activitate biologică ridicată. Pentru tratarea adecvată a nămolului și evacuarea nămolului, nămolul activat rezidual trebuie stabilizat ceea ce înseamnă că conținutul materiilor organice este relativ scăzut iar activitatea biologică este și ea scăzută.

Aerarea extinsă

O soluție de stabilizare a nămolului este așa numita aerare extinsă. Aici se combină două procese: procesul de tratarea aerobă a apei uzate după cum s-a descris mai sus și stabilizarea nămolului. Acest lucru se va obține prin extinderea timpului de reținere a nămolului activat în interiorul rezervorului de aerare în acest fel, care – pe lângă procesul de purificare – are loc un proces biologic de stabilizare prin încărcarea relativ redusă specifică a nămolului și prin aerarea extinsă a nămolului activat.

Stabilizarea anaerobă separată a nămolului

Aerarea extinsă este un simplu instrument de stabilizare a nămolului fără rezervoare separate, prin lărgirea volumului rezervorului de aerare. Totuși, aceasta înseamnă costuri de investiție mai mari și costuri operaționale mai mari din cauza surplusului de aer necesar pentru procesul de stabilizare.

Stabilizarea anaerobă separată a nămolului este un proces alternativ. Aici nămolul va fi înlăturat din sistemul biologic aerob și va fi transportat în rezervoare anaerobe separate, așa numitele bazine de fermentare. Păstrând nămolul activat în condiții anaerobe pentru o anumită perioadă de timp și la o anumită temperatură, se va instala procesul de digestie. Materiile organice vor fi înlăturate de micro-organisme anaerobe. Acest proces este legat de producerea biogazului care se poate utiliza pentru generarea căldurii necesare menținerii temperaturii necesare în interiorul digestiei și – dacă este cazul – pentru recuperarea energiei electrice.

3.2 Procese biologice aerobe fixe de creștere

3.2.1 Biofiltre

Spre deosebire de procesele susmenționate în care materialul biologic este suspendat, biofiltrele se bazează pe micro-organisme fixe care cresc pe materialul de etanșare instalat în interiorul biofiltrului.

Apa uzată care urmează a fi tratată va fi distribuită mai mult sau mai puțin omogen peste materialul de etanșare. Pentru aceasta se utilizează de obicei distribuitori rotativi cu conducte perforate. Pentru biofiltrele dreptunghiulare, se utilizează de obicei un sistem de distribuție prin conducte perforate. Procesul de tratare are loc în timp ce apa uzată curge peste biopelícula atașată, care va crește pe suprafața materialului de etanșare.

Materialele de etanșare obișnuite sunt pietrele sau modulele de plastic.

Oxigenul necesar pentru acest proces aerob va fi transmis prin orificii situate la baza biofiltrului. Prin acesta aerul se va scurge în direcția opusă a apei uzate.

După trecerea biofiltrului, apa uzată tratată conține parte din biomasă care va fi spălată de pe materialul de etanșare. Din acest motiv trebuie prevăzut un rezervor de sedimentare similar acelor

rezervoare de sedimentare ale procesului nămolului activat după biofiltru pentru a separa nămolul biofiltrului, care este egal cu surplusul de nămol al acestui proces, de la apa uzată tratată.

Nămolul biofiltrului fiind înlăturat din rezervorul de sedimentare trebuie stabilizat separat.

Pentru a evita blocarea materialului de etanșare a biofiltrului de solidele apei uzate brute biofiltrele pot fi utilizate doar în combinație cu rezervoarele de sedimentare primară. Aceste structuri sunt pentru înlăturarea solidelor înainte de tratarea biologică prin simplul proces de sedimentare.

3.2.2 Contactori biologici rotativi

Un alt tip de proces biologic aerob fix de creștere este procesul așa numiților contactori biologici rotativi. Un contactor biologic rotativ conține dintr-o serie de discuri circulare de plastic puțin distanțate care se scufundă în apa uzată și se rotesc prin aceasta. Discurile sunt scufundate doar parțial. Din acest motiv și datorită rotației acționate de un motor electric, conectat la axa discurilor, se va realiza aerarea apei uzate și a biopeliculei.

Discurile sunt instalate fie în rezervoare de beton armat fie în rezervoare de oțel, ceea ce se obișnuiește în special pentru stațiile de tratarea apei uzate de dimensiuni mai mici, întrucât aceste unități pot fi furnizate ca module prefabricate.

Ca și biofiltrele, nămolul biologic fiind spălat trebuie îndepărtat prin rezervoarele de sedimentare care trebuie prevăzute după contactorii biologici rotativi.

Și în mod similar biofiltrelor, contactorii biologici rotativi necesită pre-tratare mecanică prin rezervoarele de sedimentare pentru evitarea blocajelor dintre discuri.

3.3 Altele

3.3.1 Procese biologice anaerobe suspendate de creștere

3.3.1.1 Bazine facultative de apă uzată

Bazinele anaerobe de apă uzată sunt lagune fără echipamente tehnice de aerare. Oxigenul va fi introdus doar prin procese naturale, care depind de condițiile climatice și meteorologice. Termenul facultativ derivă din observația că conversia biologică care are loc în lagune este parțial aerobă și parțial anaerobă.

O parte a solidelor care sosesc ale apei uzate brute se va depune împreună cu o parte a solidelor biologice produse în urma conversiei substratului organic solubil.

După o anumită perioadă de timp, bazinele trebuie asecate iar solidele acumulate trebuie îndepărtate.

Pentru a obține un anumit nivel de intrare de oxigen prin suprafață, bazinele facultative de apă uzată sunt relativ plate. Pe de altă parte timpul de reținere necesar este relativ mare datorită randamentului limitat al procesului însă în schimb zona specifică necesară pentru acest proces de tratare este relativ mare.

Din cauza lipsei de echipamente mecanice există o abilitate limitată de conducere a procesului de tratare, în special în cazul diverselor încărcări ale apei uzate și cantităților de apă uzată. Utilizarea lagunelor facultative a scăzut, îndeosebi acolo unde limitele de descărcare trebuie să fie respectate în mod sigur.

În plus, bazinele facultative sunt de obicei asociate cu producerea de mirosuri neplăcute, în special la temperaturi ridicate.

Din aceste motive procesul de tratare a bazinelor anaerobe de apă uzată nu vor fi luate în considerare la acest punct.

3.3.1.2 Procesul UASB

Acest proces de tratare anaerobă a apei uzate poartă numele de pat de nămoluri granuloase (upflow anaerobic sludge blanket). Această denumire se referă la faptul că apa uzată va fi distribuită la fundul unui reactor și circulă într-un mod ascendent prin patul de nămol, care se va crea în cadrul procesului biologic de tratare. Apa uzată tratată va fi îndepărtată la suprafața reactorului prin baraje deversoare, în vreme ce patul de nămol rămâne în interiorul reactorului.

Spre deosebire de procesul nămolului activat, această schemă de tratare funcționează în absența oxigenului. Totuși, randamentul tratării măsurat ca procent de înlăturare este limitat. Prin utilizarea exclusiv a reactoarelor UASB, cerințele privind efluenții nu pot fi respectate în mod sigur. Acestea trebuie să fie combinate cu alți pași de tratare pentru a garanta respectarea concentrațiilor de efluenți solicitate.

În plus, procesele anaerobe sunt cunoscute prin faptul că reacționează în mod sensibil la compozițiile schimbătoare ale apei uzate și necesită o perioadă de timp relativ lungă pentru a-și recăpăta capacitatea integrală după o defecțiune datorată supraîncărcărilor sau compușilor inhibitori ai apei uzate.

Din aceste motive procesul UASB nu va fi luat în considerare la acest punct.

3.3.1.3 Paturile de stuf

Pentru unitățile de dimensiuni mici, precum sate mici, ferme exterioare, restaurante etc. se utilizează uneori paturi de stuf pentru tratarea apei uzate. Acestea constau din canale sau șanțuri umplute cu nisip sau piatră pentru susținerea vegetației care apare. Apa uzată curge prin această vegetație și va fi tratată biologic.

După cum s-a descris mai sus, această aplicare se utilizează de obicei doar pentru unitățile de dimensiuni reduse, li prin urmare nu vor fi avute în vedere la acest punct.

3.4 Comparație

Următorul capitol conține o comparație a diferitelor procese de tratare descrise mai sus.

Randamentul tratării nu va fi comparat deoarece se vor compara doar procesele de tratare a apei uzate care și-au dovedit abilitatea de a se încadra în limitele de descărcare conform cerințelor cadrului legal.

După cum s-a descris mai sus în principiile de bază, trebuie avute în vedere următoarele aspecte:

- Aspecte operaționale
- Aspecte economice

Următorul tabel va compara eforturile operaționale ale diferitelor procese de tratare a apei uzate, precum personalul de operare necesar, numărul punctelor de deservire, care trebuie verificate și întreținute în mod regulate etc.:

Proces de tratare	Eforturi operaționale	Explicație
Lagune aerate	Scăzute	<ul style="list-style-type: none"> • Cerință relativ scăzută cu privire la echipamentele mecanice și electrice
Procesul nămolului activat – Aerare extinsă	Medii	<ul style="list-style-type: none"> • Stabilizarea nămolului combinată cu procesul de tratarea a apei uzate. • Din acest motiv nu există structuri suplimentare precum bazine de fermentare, pre-decantoare, post-decantoare etc.
Procesul nămolului activat – Digestia nămolului	Ridicate	<ul style="list-style-type: none"> • Decantoare primare necesare • Unități suplimentare precum pre-decantoare, bazine de fermentare, post decantoare necesare, rezervoare de gaz, centrală de cogenerare
Biofiltre	Ridicate	<ul style="list-style-type: none"> • Decantoare primare necesare pentru evitarea blocajelor • Similar procesului nămolului activat, este necesară o stabilizare separată a nămolului
Contactori biologici rotativi	Ridicate	<ul style="list-style-type: none"> • Decantoare primare necesare pentru evitarea blocajelor • Similar procesului nămolului activat, este necesară o stabilizare separată a nămolului

Costurile energetice specifice dintre diferitele procese de tratare pot fi comparate după cum urmează:

Proces de tratare	Costuri energetice specifice	Explicație
Lagune aerate	Medii	<ul style="list-style-type: none">• Comparativ cu procesul nămolului activat, eficiență de aerare relativ redusă datorită concentrației mai scăzute a biomasei• Prin urmare o cerere de energie specifică mai mare
Procesul nămolului activat – Aerare extinsă	Ridicate	<ul style="list-style-type: none">• Procesul de stabilizare a nămolului este unul aerob, care necesită alimentarea unui surplus de oxigen.• Prin urmare costuri energetice suplimentare pentru stabilizarea nămolului
Procesul nămolului activat – Digestia nămolului	Medii	<ul style="list-style-type: none">• Energia se va recupera de la procesul de stabilizare anaerobă a nămolului
Biofiltre	Scăzute	<ul style="list-style-type: none">• Fără aerare artificială• Dacă procesul este combinat cu stabilizarea anaerobă a nămolului, energia se va recupera de la procesul de digestie
Contactori biologici rotativi	Scăzute	<ul style="list-style-type: none">• Fără aerare artificială

În sfârșit, costurile specifice ale investiției pot fi stabilite ca raport după cum urmează:

Proces de tratare	Costuri specifice ale investiției	Explicație
Lagune aerate	Medii	<ul style="list-style-type: none"> Doar lucrări minore de consolidare, datorită lagunelor Necesită un spațiu mare
Procesul nămolului activat – Aerare extinsă	Medii	<ul style="list-style-type: none"> Stație de tratare compactă Nu sunt necesare unități suplimentare precum pre-decantoare, bazine de fermentare, post decantoare, rezervoare de gaz, centrală de cogenerare
Procesul nămolului activat – Digestia nămolului	Ridicate	<ul style="list-style-type: none"> Decantoare primare necesare Sunt necesare unități suplimentare precum pre-decantoare, bazine de fermentare, post decantoare, rezervoare de gaz, centrală de cogenerare
Biofiltre	Scăzute	<ul style="list-style-type: none"> Decantoare primare necesare pentru evitarea blocajelor Similar procesului nămolului activat, este necesară o stabilizare separată a nămolului
Contactori biologici rotativi	Scăzute	<ul style="list-style-type: none"> Decantoare primare necesare pentru evitarea blocajelor Similar procesului nămolului activat, este necesară o stabilizare separată a nămolului

3.5 Recomandare

Ca urmare a diverselor comparații între procesele de tratare a apei uzate, următorul tabel cuprinde recomandarea privind schema de tratare care trebuie aleasă în funcție de capacitatea selectată sau necesară a stațiilor de tratare a apei uzate.

Capacitatea WWTP	Nivel de tratare	Procesul adoptat
2.000 - 10.000	Secundar	Contactori biologici rotativi
10.000 - 25.000	Terțiar	Aerare extinsă
> 25.000	Terțiar	Procesul nămolului activat cu digestie anaerobă

Acest tabel nu este doar un rezultat al considerațiilor teoretice. Acesta reflectă de asemenea rezultatul obișnuit al procedurilor de licitație, în care diferitele sisteme se află în competiție și sunt comparate din punct de vedere economic luând în calcul costurile investiției precum și costurile operaționale.

Pentru stațiile de tratare a apei uzate de dimensiuni mai reduse, contactorii biologici rotativi sunt o soluție adecvată întrucât pot fi livrați ca unități prefabricate. În plus, datorită faptului că aerarea apei uzate se va realiza natural, costurile energetice sunt relativ mici. Cu cât capacitatea unei instalații de tratare a apei uzate este mai mare cu atât mai mult se diminuează șansa de aplicare a contactorilor biologici, întrucât dimensiunea acestora este limitată, ceea ce ar trebui să se compenseze prin adăugarea unui număr mare de unități.

Pentru stațiile de tratare a apei uzate de dimensiuni medii, aerarea extinsă este utilizată la scară largă. Motivul este acela că aceste instalații pot fi construite relativ compacte, întrucât procesul de stabilizarea a nămolului este inclus și nu sunt necesare structuri suplimentare de stabilizare a nămolului precum bazine de fermentare, decantoare etc. Din acest motiv eforturile operaționale privind personalul de operare și întreținere etc. sunt relativ scăzute. Totuși, dezavantajul este acela că nu se utilizează potențialul energetic al apei uzate și al nămolului activat produs ca urmare a încărcărilor de apă uzată.

Acest dezavantaj major devine mai important atunci când crește capacitatea aleasă a stației de tratare a apei uzate. Peste o anumită capacitate a stației este mai economic să se investească într-o instalație de digestie a nămolului și recuperarea energiei prin acest pas de tratare suplimentară a nămolului. Costurile investiției pentru unitățile de tratare suplimentară vor fi compensate prin energia recuperată de la biogazul obținut din digestie.