

Данный файл представлен исключительно в ознакомительных целях.

Уважаемый читатель!

Если вы скопируете данный файл,

Вы должны незамедлительно удалить его сразу после ознакомления с содержанием.

Копируя и сохраняя его Вы принимаете на себя всю ответственность, согласно действующему международному законодательству .

Все авторские права на данный файл сохраняются за правообладателем.

Любое коммерческое и иное использование кроме предварительного ознакомления запрещено.

Публикация данного документа не преследует никакой коммерческой выгоды. Но такие документы способствуют быстрейшему профессиональному и духовному росту читателей и являются рекламой бумажных изданий таких документов.

**OVIDIU
IANCULESCU**

**GHEORGHE
IONESCU**

**RALUCA
RACOVÎTEANU**

**E P U R A R E A
A P E L O R U Z A T E**

**MATRIX ROM
BUCUREȘTI 2001**

© MATRIX ROM
C.P. 16 – 162
062510 – BUCUREȘTI
Tel. 021.4113617, fax 021.4114280
e-mail: office@matrixrom.ro

**Editura MATRIX ROM este acreditată de
CONSILIUL NAȚIONAL AL CERCETĂRII ȘTIINȚIFICE DIN ÎNVĂȚĂMÂNTUL SUPERIOR**

© Ovidiu Ianculescu, 2001
© Gheorghe Ionescu, 2001
© Raluca Racovițeanu, 2001

ISBN 973 - 685 - 333 - 0

Prefață

Lucrarea „Epurarea apelor uzate” este un curs universitar care se adresează, în primul rând, studenților de la specializarea „Inginerie sanitară și protecția mediului” și este structurată pe scheletul programei analitice a disciplinei, elaborată la Universitatea din Oradea.

Prin conținutul său și modul de organizare a materialului, lucrarea este utilă și studenților de la alte specializări, ca: „Instalații pentru construcții”, „Construcții hidrotehnice”, „Construcții civile, industriale și agricole”, precum și inginerilor interesați în însușirea și aplicarea cunoștințelor privind epurarea apelor uzate.

În cursul de față sunt prezentate sintetic, într-un limbaj tehnic simplu, cunoștințele necesare a fi însușite și înțelese în cadrul disciplinei, insistând asupra laturii fenomenologice și limitând folosirea aparatului matematic la strictul necesar.

În acest sens, fiecare tip de problemă este însoțit de exemplificări, de aplicații semnificative și de valori practice, cu recomandări tehnice de folosire, în scopul consolidării cunoștințelor.

Lucrarea acoperă întreaga gamă a stațiilor de epurare a apelor uzate, cu toate problemele ridicate de acestea: proiectare, execuție, exploatare și întreținere.

Autorii ar fi foarte bucuroși dacă această lucrare va fi considerată utilă și va ocupa un loc în biblioteca personală a studenților și inginerilor care se inițiază în problemele epurării apelor uzate.

Lucrarea apare într-o perioadă în care se pune un accent deosebit pe îmbunătățirea infrastructurii localităților, protecția mediului și gospodărirea cantitativă și calitativă a resurselor de apă, condiții în care epurarea apelor uzate capătă noi dimensiuni, modul de soluționare fiind măsura în care edilii asigură populației condiții civilizate de trai și o eficientă protecție a mediului înconjurător.

Suntem dispuși să primim toate sugestiile și propunerile de completare sau dezvoltare a lucrării într-o ediție viitoare, în ideea sporirii calității acesteia.

AUTORII

Cuprins

Introducere	11
Capitolul 1. Compoziția apelor uzate și de suprafață	15
1.1. Caracteristicile apelor uzate și de suprafață	15
1.1.1. Caracteristici fizice	15
1.1.2. Caracteristici chimice	16
1.1.3. Caracteristici biologice	20
1.1.4. Coeficienți de transformare în locuitori echivalenți	21
1.1.5. Recoltarea probelor de ape uzate	22
1.2. Debite de calcul	23
1.2.1. Debite hidraulice	23
1.2.2. Debite de impurități	26
Capitolul 2. Procese și procedee de epurare a apelor uzate	27
2.1. Procese caracteristice epurării apelor uzate	27
2.2. Procedee de epurare	28
Capitolul 3. Autoepurarea cursurilor de apă	31
3.1. Gradul de diluție	31
3.2. Amestecul	32
3.2.1. Distanța de amestec	34
3.3. Mineralizarea	34
3.3.1. Consumul de oxigen al cursului de apă	34
3.3.2. Împrospătarea cursului de apă cu oxigen	35
3.3.3. Autoepurarea	37
Capitolul 4. Evacuarea apelor uzate în emisari	39
4.1. Condiții de deversare a apelor uzate în emisari	39
4.1.1. Categoriile de calitate	39
4.1.2. Condiții de calitate	39
4.2. Studii și analize pentru stabilirea gradului de epurare	41
4.2.1. Stabilirea gradului de epurare prin studii și măsurători pe teren și în laborator	41
4.2.2. Prelucrări de birou ale datelor privind stabilirea gradului de epurare	42
4.3. Determinarea gradului de epurare necesar	42
4.3.1. Calculul gradului de epurare necesar din punct de vedere al suspensiilor	43
<i>Exemplul de calcul 4A</i>	43
4.3.2. Calculul gradului de epurare necesar din punct de vedere al CBO ₅	44
<i>Exemplul de calcul 4B</i>	45

4.3.3. Calculul gradului de epurare necesar din punct de vedere al O ₂	46
<i>Exemplul de calcul 4C</i>	47
4.3.4. Calculul gradului de epurare necesar din punct de vedere al pH-ului ...	48
4.3.4. Calculul gradului de epurare necesar din punct de vedere al substanțelor toxice	50
4.4. Scheme clasice de epurare a apelor uzate	50
Capitolul 5. Epurarea mecanică a apelor uzate	52
5.1. Reținerea corpurilor și suspensiilor mari	52
5.1.1. Grătare	52
5.1.2. Site	54
5.1.3. Prelucrarea substanțelor reținute pe grătare și site	55
5.1.4. Grătare tăietoare	55
<i>Exemplul de calcul 5A</i>	55
5.2. Flotarea suspensiilor mai ușoare decât apa	56
<i>Exemplul de calcul 5B</i>	58
5.3. Sedimentarea suspensiilor granulare și floculente	59
5.3.1. Deznisipatoare	60
<i>Exemplul de calcul 5C</i>	67
<i>Exemplul de calcul 5D</i>	68
5.3.2. Decantoare	70
<i>Exemplul de calcul 5E</i>	76
<i>Exemplul de calcul 5F</i>	80
<i>Exemplul de calcul 5G</i>	83
Capitolul 6. Coagularea suspensiilor din apă	84
6.1. Coagulanți	84
6.2. Construcții și instalații pentru coagularea suspensiilor din apă	85
Capitolul 7. Epurarea biologică a apelor uzate	87
7.1. Epurarea biologică naturală	89
7.1.1. Câmpuri de irigare și filtrare	90
7.1.2. Filtre de nisip	92
7.1.3. Iazuri de stabilizare	93
7.2. Epurarea biologică artificială	94
7.2.1. Filtre biologice	95
<i>Exemplul de calcul 7A</i>	105
<i>Exemplul de calcul 7B</i>	108
7.2.2. Bazine de nămol activ	109
7.2.3. Proiectarea bazinelor de nămol activ	113
7.2.4. Decantoare secundare	119
Capitolul 8. Epurarea avansată a apelor uzate orășenești	121
8.1. Necesitatea epurării avansate a apelor uzate orășenești	121
8.2. Impactul deversării apelor uzate epurate mecano-biologic în emisarii naturali	122

8.3. Modalități de eliminare a poluanților reziduali din apele uzate	123
8.4. Tehnologii de epurare avansată	128
8.4.1. Strategii de control al nutrienților	129
8.4.2. Tehnologii de îndepărtare a micropoluanților organici	154
8.4.3. Tehnologii de îndepărtare a substanțelor anorganice dizolvate	156
Capitolul 9. Tratarea nămolurilor	160
9.1. Caracteristicile și debitele nămolurilor	160
9.2. Fermentarea nămolurilor	164
9.2.1. Fosele septice	166
9.2.2. Decantoare cu etaj	166
9.2.3. Bazine pentru fermentarea nămolului	170
9.3. Fermentarea anaerobă de contact	179
9.3.1. Stabilizarea anaerobă a nămolurilor orășenești	180
9.3.2. Cinetica proceselor de fermentare metanică de contact	182
9.3.3. Ecuațiile de bilanț pentru substrat și biomasă	187
9.4. Gazul de nămol	190
9.4.1. Caracteristici și debite ale gazului de nămol	190
9.4.2. Construcții pentru înmagazinarea gazului	191
9.5. Tratarea și îndepărtarea nămolurilor	192
9.5.1. Tratări preliminare	192
9.5.2. Deshidratarea	194
<i>Exemplul de calcul 9A</i>	196
<i>Exemplul de calcul 9B</i>	198
9.5.3. Deshidratarea avansată	200
9.5.4. Îndepărtarea și valorificarea nămolurilor	201
Capitolul 10. Dezinfecția și clorarea apelor uzate și a nămolurilor	203
10.1. Dezinfecția apelor uzate	203
10.2. Clorarea apelor uzate și a nămolurilor	208
Capitolul 11. Instalații de epurare locală a apelor uzate	210
11.1. Stațiile monobloc	210
11.2. Șanțurile de oxidare	213
11.3. Stații de epurare clasice	215
11.3.1. Stații de epurare mecanică	215
11.3.2. Stații de epurare mecano-biologică naturală	215
11.3.3. Stații de epurare mecano-biologică artificială	217
11.4. Instalație autonomă pentru epurarea apelor uzate	217
Capitolul 12. Epurarea apelor uzate industriale	223
12.1. Efectele nocive ale principalelor substanțe evacuate concomitent cu apele uzate industriale	223
12.2. Procese tehnologice specifice epurării apelor uzate industriale	225
12.2.1. Uniformizarea debitelor și a calității apelor uzate industriale	226

12.2.2. Neutralizarea	227
12.2.3. Flotația	228
12.2.4. Extracția	229
12.3. Epurarea unor categorii de ape uzate industriale	230
Capitolul 13. Pomparea apelor uzate și a nămolurilor	237
13.1. Bazinul de recepție	238
13.2. Casa pompelor	240
13.3. Agregate de pompare	242
13.4. Instalații hidraulice	243
13.5. Instalații de forță și lumină	245
13.6. Instalații auxiliare	246
13.7. Instalații de comandă a pompelor	246
Bibliografie	247

Introducere

Obiectivul principal al epurării apelor uzate îl constituie îndepărtarea substanțelor în suspensie, coloidale și în soluție, a substanțelor toxice, a microorganismelor etc. din apele uzate, în scopul protecției mediului înconjurător (aer, sol, emisar etc.).

Evacuarea apelor uzate neepurate sau epurate necorespunzător poate prejudicia, printre altele, în primul rând, sănătatea publică; în această ordine de idei STAS 1481 prevede ca apele uzate să fie evacuate, întotdeauna, în aval de punctele de folosință. De asemenea, STAS 4706 stabilește o serie de categorii de calitate a emisarului, care trebuie avute în vedere la evacuarea apelor uzate.

Stațiile de epurare reprezintă ansamblul de construcții și instalații, în care apele de canalizare sunt supuse proceselor tehnologice de epurare, care le modifică în așa mod calitățile, încât să îndeplinească condițiile prescrise, de primire în emisar și de îndepărtare a substanțelor reținute din aceste ape.

În prezent, stațiile de epurare pot fi clasificate în două mari categorii:

- orășenești;
- industriale.

Stațiile de epurare orășenești primesc spre epurare ape uzate menajere, industriale, meteorice, de drenaj și de suprafață, în proporții variabile. O dată cu industrializarea puternică a centrelor populate, se poate considera că nu mai există stații de epurare care tratează numai ape uzate menajere.

Stațiile de epurare industriale tratează numai ape uzate industriale.

Epurarea în comun a apelor uzate orășenești cu cele industriale este avantajoasă uneori, mai ales atunci când ultimele sunt în cantități mult mai mari decât cele ce intră, în mod normal, în apele uzate orășenești.

Dintre aceste avantaje, menționăm:

- desfășurarea optimă a procesului de epurare, datorită substanțelor nutritive conținute în unele ape uzate industriale;
- existența unei singure stații de epurare, în care se tratează ambele feluri de ape uzate, poate conduce la reducerea costului de producție al epurării apei și la o cooperare mai eficientă între industrie și centrul populat, în vederea epurării apelor uzate;
- existența unui singur responsabil pentru epurarea apelor uzate de pe întreg teritoriul centrului populat, ceea ce asigură și o eficiență mai mare a exploatării.

Epurarea în comun poate fi împiedicată de existența unor substanțe inhibitoare, în suspensie, din apele uzate industriale; în numeroase cazuri, acestea pot fi îndepărtate în stații de preepurare, făcându-se astfel posibilă epurarea lor în comun.

În vederea epurării apelor uzate și a micșorării costului de epurare, în afară de măsurile luate prin preepurarea unor ape uzate, care conduc, în final, la ușurarea epurării acestora, mai trebuie avute în vedere:

- folosirea la irigații a apelor uzate orășenești sau industriale, procedeu de epurare care conduce la sporirea recoltelor;
- recircularea apelor uzate epurate, care are ca rezultat reducerea investițiilor aferente stațiilor de tratare și de epurare a apelor;
- reținerea și re folosirea unor substanțe valoroase, antrenate de apele uzate (fibre de lemn, produse petroliere etc.) sau rezultate la epurarea apelor (nămoluri, gaze etc.);
- înlocuirea unor substanțe greu degradabile, care fac parte din procesul tehnologic al unor industrii, cu altele, mai ușor degradabile, pentru simplificarea procesului de epurare și reducerea costurilor de epurare;
- folosirea capacității de autoepurare a emisarilor, în scopul reducerii instalațiilor de epurare etc.

Reglementări suplimentare pentru protecția apelor

Una dintre problemele majore de interes mondial ale sfârșitului de secol este cea a protecției mediului. În aproape toate țările se iau măsuri pentru limitarea poluării; s-au semnat o serie de convenții internaționale care armonizează aceste măsuri la nivel mondial. În România, problemele legate de protecția mediului se pun cu acuitate mai ales ca urmare a poluării locale intense a factorilor de mediu de către industrie și agricultură sau de către centrele populate, precum și a existenței unei poluări transfrontieră, ce au condus la dereglarea unor ecosisteme și la înrăutățirea condițiilor de viață ale oamenilor în unele zone.

În intervalul de timp de după 1989, mai ales în ultimii ani, în România au fost luate măsuri pe plan legislativ, organizatoric, instituțional și material în vederea monitorizării calității factorilor de mediu. România este de asemenea angajată în Programul Națiunilor Unite pentru Protecția Mediului și are obligații care decurg din Convențiile Internaționale pentru Mediu, convenții la care țara noastră este parte.

Date fiind problemele extrem de complexe pe care le implică existența poluanților reziduali în efluenții stațiilor de epurare mecano-biologică a apelor uzate și eforturile financiare deosebite pe care le presupune rezolvarea acestor probleme, sunt impuse o serie de condiții, reglementate pe plan local, în România prin Normele Tehnice de Protecția Apelor (NTPA 001, NTPA 002), iar pe plan european, pentru țările membre, prin Directivele Consiliului Comunității Economice Europene, nr. 271/91, nr. 676/91 și prin Programul de Acțiune pentru Protecția Mediului în Europa.

Pe plan național, în urma eforturilor susținute, depuse pentru o mai bună protecție a calității apelor, au fost impuse o serie de condiții restrictive cu privire la evacuarea apelor în emisari. Aceste condiții sunt stipulate prin „Normativul privind stabilirea limitelor de încărcare cu poluanți a apelor uzate evacuate în resursele de

apă, NTPA – 001” și prin „Normativul privind condițiile de evacuare a apelor uzate în rețelele de canalizare ale localităților, NTPA – 002”.

Aceste normative au drept scop stabilirea atât a condițiilor de calitate a apelor uzate înainte de evacuarea lor în resursele de apă sau în rețelele de canalizare ale localităților, cât și a valorilor limită admisibile ale principalilor indicatori de calitate.

NTPA 001 – 97 se referă la ape uzate de orice natură și anume ape uzate menajere, ape uzate industriale, agrozootehnice, de mină sau de zăcământ, evacuate prin sisteme amenajate, de incendiu, provenite din procese tehnologice proprii, precum și ape uzate mixte, care au fost sau nu epurate. Valorile prevăzute de acest normativ sunt valori maxime admisibile. Normativul prevede și restricții privind evacuarea apelor.

NTPA 002- 97 se referă la calitatea apelor uzate, provenite atât din activități sociale sau cu caracter economic, ce urmează a fi evacuate în rețelele de canalizare ale localităților, cât și la cele evacuate direct în stațiile de epurare. Valorile prevăzute de acest normativ sunt valori maxime admisibile. NTPA 002 – 97 stabilește în plus condițiile de evacuare a apelor uzate în rețelele de canalizare ale localităților și restricțiile privind evacuarea apelor uzate în aceste rețele de canalizare.

Directiva Consiliului CEE 91/271 se referă la colectarea, tratarea și deversarea apelor uzate orășenești și la tratarea și descărcarea apelor uzate din anumite sectoare industriale.

Directiva Consiliului CEE 91/676 vizează reducerea poluării apelor provocată sau indusă de nitrați, plecând de la surse agricole, precum și prevenirea unei noi poluări de acest tip.

În tabelul 1 sunt prezentate limitele maxime admisibile ale indicatorilor de calitate ai apelor uzate. Se observă că limitele maxime admisibile pe plan național, cu privire la calitatea apelor uzate la deversarea în resursele de apă sau canalizările localităților, corespund în general directivelor elaborate de către Comisia Comunității Economice Europene.

Tabelul 1

Limitele maxime admisibile ale indicatorilor de calitate ai apelor uzate

Nr. crt.	Indicator de calitate	u.m.	Limite maxime admisibile		
			NTPA 001	NTPA 002	91/271 EEC
0	1	2	3	4	5
1	Temperatura	°C	30	40	--
2	pH		6,5-8,5	6,5-8,5	--
3	pH pentru fl. Dunărea		6,5-9,0	--	--
4	Materii totale în suspensie MTS	mg/l	60	300	35 (>10000 p.e.)
					60 (2000 – 10000 p.e.)
5	CBO ₅	mg/l	20	300	25
6	CCO-Mn	mg/l	40	--	--
7	CCO-Cr	mg/l	70	500	125
8	Azot amoniacal NH ₄ ⁺	mg/l	2	30	--

0	1	2	3	4	5
9	Azot total N	mg/l	10	-	15 (10000-100000 p.e.) 10 (>100000 p.e.)
10	Azotați NO ₃ ⁻	mg/l	25	-	-
11	Azotiți NO ₂ ⁻	mg/l	1	-	-
12	Sulfuri și hidrogen sulfurat H ₂ S	mg/l	0,1	0,5	-
13	Sulfizi SO ₃ ²⁻	mg/l	1,0	10	-
14	Sulfazi	mg/l	-	400	-
15	Fenoli C ₆ H ₅ OH	mg/l	0,05	30	-
16	Subst. extractibile cu eteri de petrol	mg/l	5,0	20	-
17	Produse petroliere	mg/l	1,0	-	-
18	Fosfați PO ₃ ⁻	mg/l	4,0	-	-
19	Fosfor total P	mg/l	1,0	5	2 (10000-100000 p.e.) 1 (>100000 p.e.)
20	Deterg. sintetici anion activi biodegr.	mg/l	0,5	30	-
21	Arsen As ⁺	mg/l	0,05	-	-
22	Aluminiu Al ³⁺	mg/l	8,0	-	-
23	Calciu Ca ²⁺	mg/l	300	-	-
24	Plumb Pb ²⁺	mg/l	0,2	0,5	-
25	Cadmium Cd ²⁺	mg/l	0,1	0,1	-
26	Crom trivalent Cr ³⁺	mg/l	1,0	1	-
27	Crom hexavalent Cr ⁶⁺	mg/l	0,1	0,1	-
28	Fier total ionic Fe ²⁺ + Fe ³⁺	mg/l	5,0	-	-
29	Cupru Cu ²⁺	mg/l	0,1	0,1	-
30	Nichel Ni ²⁺	mg/l	0,1	1	-
31	Zinc Zn ²⁺	mg/l	0,5	1	-
32	Mercur Hg ²⁺	mg/l	0,005	-	-
33	Argint Ag ⁺	mg/l	0,1	-	-
34	Fluoruri F	mg/l	0,5	-	-
35	Molibden Mo ²⁺	mg/l	0,1	-	-
36	Seleniu Se ²⁺	mg/l	0,1	-	-
37	Mangan Mn ²⁺	mg/l	31,0	1	-
38	Magneziu Mg ²⁺	mg/l	100	-	-
39	Cobalt Co ²⁺	mg/l	1,0	-	-
40	Cianuri CN	mg/l	0,05	0,5	-
41	Clor liber Cl ₂	mg/l	0,05	1	-
42	Cloruri Cl	mg/l	500	-	-
43	Reziduu filtrat 105°C	mg/l	2000	-	-
44	Bact. coliforme totale	nr./100 cm ³	1 mil.	-	-
45	Bact. coliforme fecale	nr./100 cm ³	10 000	-	-
46	Streptococi fecali	nr./100 cm ³	5000	-	-
47	Salmonella	nr./100 cm ³	absent	-	-

Compoziția apelor uzate și de suprafață

Compoziția apelor uzate determină, în mare măsură, atât dimensiunile stațiilor de epurare, cât și calitatea apelor de suprafață (emisarii cei mai des folosiți), care pot interveni la alegerea procedurii și a schemei de epurare.

Compoziția apelor uzate și a celor de suprafață se stabilește prin analize de laborator, care:

- a) determină cantitatea și starea materiilor, de orice fel, conținute în apă și, în special, prezența materiilor specifice apelor uzate (materii în suspensie, azot, grăsimi, cloruri etc.);
- b) ajută la urmărirea procesului de descompunere a apelor uzate sau de suprafață (prin determinarea CBO₅, O₂, pH etc.);
- c) stabilește prezența și felul organismelor din apă, în scopul cunoașterii stadiului epurării, în diferite trepte ale stației de epurare.

1.1. Caracteristicile apelor uzate și de suprafață

1.1.1. Caracteristici fizice

Turbiditatea apelor uzate și a emisarilor indică numai în linii mari conținutul de materii în suspensie ale acestora, deoarece nu există un raport bine definit între turbiditate și conținutul în suspensii. Turbiditatea se măsoară în grade pe scara silicei și se determină, în principal, pentru apa emisarilor și, numai uneori, pentru apele uzate. Apele uzate orășenești au, în general, o turbiditate cuprinsă între 400 – 500 grade în scara silicei.

Culoarea apelor uzate proaspete este cenușiu deschis; prin fermentarea materiilor organice din apă, culoarea apelor uzate devine mai închisă. Pătrunderea în rețeaua de canalizare a unor ape industriale puternic uzate, colorate, conduce la schimbarea totală a culorii apelor uzate.

Mirosul apelor uzate proaspete este aproape inexistent. Apele în curs de fermentare au miros, mai mult sau mai puțin pronunțat, de ouă clocite, în funcție de stadiul de fermentare în care se găsesc. Cantități importante de ape uzate industriale pot produce mirosuri neplăcute.

Temperatura apelor uzate orășenești este, de obicei, cu 2 – 3°C mai ridicată decât cea a apelor de alimentare. Unele ape uzate industriale, precum și apele subterane, pot influența, într-un sens sau altul, temperatura apelor uzate, care constituie un factor hotărâtor în epurarea apelor uzate. Coagularea substanțelor în suspensie, procesele biologice etc. sunt influențate în mod deosebit de temperatură.

1.1.2. Caracteristici chimice

Materiile solide totale reprezintă suma dintre materiile solide în suspensie și materiile solide dizolvate.

În tabelul 1.1 sunt date, comparativ, valori privind materiile în suspensie, valabile pentru un oraș german (după K. Imhoff, specialist de origine germană) și pentru un cartier din municipiul București.

Studiind cele două cazuri, se constată că, în general, valorile sunt comparabile, cu deosebirea că, pentru cartierul din municipiul București, substanțele minerale sunt în cantitate mai mare decât cele organice, deși, în general, așa cum se precizează în literatura de specialitate, situația este inversă. Această inversare a valorilor se datorează industriei, care evacuează cantități masive de substanțe minerale și demonstrează, încă o dată, influența apelor uzate industriale asupra compoziției apelor uzate orășenești.

Tabelul 1.1

Caracteristicile substanțelor solide din apele uzate

Substanțe	Substanțe solide [mgf/dm ³]/[gf/loc și zi]			CBO ₅
	Minerale	Organice	Total	[mgf/dm ³]/ [gf/loc, zi]
Materii solide în suspensie:				
– separabile prin decantare	A 130/20	270/40	400/60	130/19
	B 20/10	30/10	50/20	55/20
– neseperabile prin decantare	A 70/10	130/20	200/30	80/12
	B 40/15	40/15	80/30	40/15
Materii solide dizolvate	A 330/50	330/50	660/100	150/23
	B 280/100	90/35	370/135	80/30
Total	A 530/80	730/110	1260/190	360/54
	B 340/125	160/60	500/185	175/65

A – oraș german, canalizat în sistem divizor, ape uzate în special menajere, consum specific al apei de alimentare 150 dm³/loc și zi.

B – cartier industrializat din București, canalizat în sistem unitar, consum specific al apei de alimentare 350 – 400 dm³/loc și zi.

Consumul specific de apă pe cap de locuitor influențează, în mare măsură, compoziția apelor uzate; cu cât consumul de apă este mai mare, cu atât apa uzată este mai diluată și invers, deoarece cantitățile de materii, sub orice formă, evacuate cu apele uzate, sunt în general de același ordin de mărime.

Ținând seama că în timpul ploii apele amestecate (ape uzate și de ploaie) sunt aproape tot la fel de murdare ca și apele uzate din timp uscat, valorile din tabelul 1.1, linia A, se recomandă a fi mărite cu 15 – 20 %, pentru a ține seama de suspensiile aduse de ploaie, provenite de pe străzi, curți sau antrenate din canale etc.

În funcție de cantitatea și calitatea lor, apele subterane care pătrund în rețeaua de canalizare influențează caracteristicile apelor uzate.

Analizele pentru stabilirea caracteristicilor apelor uzate, necesare proiectării stațiilor de epurare, furnizează suficiente detalii referitoare la aspectele deosebite

menționate; trebuie însă avută în vedere și dezvoltarea de viitor a centrului populat, care poate influența semnificativ caracteristicile apelor uzate.

Materiile solide în suspensie, separabile prin decantare, sunt de o deosebită importanță în dimensionarea decantoarelor și a bazinelor de fermentare a nămolurilor. Materiile solide organice dizolvate constituie impurificarea organică și, pe baza ei, se dimensionează treapta de epurare biologică, din stațiile de epurare.

Oxigenul dizolvat (O_2) se găsește în cantități mici în apele uzate ($1 - 2 \text{ mgf/dm}^3$), dar numai când sunt proaspete și după epurarea biologică. În funcție de gradul de poluare, apele de suprafață conțin cantități mai mari sau mai mici de oxigen. La saturare și la diferite temperaturi, cantitățile de oxigen – conținute în apa curată, sunt date în tabelul 1.2.

Tabelul 1.2

Cantitățile de oxigen în apă, la saturare, în funcție de temperatura apei

Temperatura [°C]	0	5	10	12	14	16	18
O_2 în apă [mgf/dm ³]	14,23	12,80	11,33	10,83	10,37	9,95	9,64
Temperatura [°C]	20	22	24	26	28	30	
O_2 în apă [mgf/dm ³]	9,17	8,83	8,53	8,22	7,92	7,63	

Dacă o apă conține cantitățile de oxigen din tabelul 11.2, acea apă se consideră *saturată*; peste aceste valori, apa este *suprasaturată*, iar sub aceste valori, *subsaturată*.

În general, o apă curată, neimpurificată, conține o cantitate de oxigen care corespunde saturării ei; suprasaturarea apare foarte rar, când apa se găsește într-o turbulență excesivă, când este în prezența unor cantități mari de plante acvatice, care consumă bioxidul de carbon și elimină oxigenul etc.; subsaturarea se produce când apa este impurificată.

Deficitul de oxigen este cantitatea de oxigen care lipsește unei ape pentru a atinge valoarea de saturare.

Pentru a putea stabili gradul de murdărire al unei ape de suprafață, este de mare importanță cunoașterea conținutului de oxigen al acesteia.

Consumul biochimic de oxigen (CBO) al apelor uzate sau al emisarului, reprezintă cantitatea de oxigen consumată pentru descompunerea biochimică, în condiții aerobe, a materiilor solide organice totale, la temperatura și timpul standard – 20°C, respectiv, 5 zile; în acest caz, valoarea respectivă se notează cu CBO_5 – consumul biochimic de oxigen la 5 zile.

Consumul biochimic de oxigen reprezintă gradul de impurificare a apei uzate sau de suprafață; cu cât valoarea acestuia este mai mare, cu atât apa este mai murdară.

Descompunerea biochimică a apelor uzate, respectiv consumul biochimic de oxigen, se produce în două faze:

- *faza primară (a carbonului)*, în care oxigenul se consumă pentru oxidarea substanțelor organice, care începe imediat și are, pentru apele uzate menajere, o

durată de circa 20 de zile, la temperatura de 20°C. În urma descompunerii materiilor organice – în al căror conținut intră carbon, azot și fosfor – se formează, în principal, bioxidul de carbon (CO₂), care rămâne sub formă de gaz în soluție sau se degajă;

- *faza secundară (a azotului)*, în care oxigenul se consumă mai ales pentru transformarea amoniacului în nitriți (NO₂⁻) și; apoi, în nitrați (NO₃⁻); începe după aproximativ 10 zile și durează 100 sau chiar mai multe zile; Transformarea constituie "procesul de nutrificare a materiilor organice".

Toate aceste transformări se realizează în conformitate cu legea stabilită de Wilhelmy, încă înainte de anul 1900: *viteza consumului de oxigen de către o materie în transformare – notată cu K₁ – este, în orice moment, proporțională cu cantitatea de materie în transformare, încă neintrată în reacție și se exprimă prin ecuația diferențială:*

$$\frac{dx}{dt} = K_1(a - x), \quad (1.1)$$

în care:

a este cantitatea de materie în transformare, la începutul procesului;

x – cantitatea de materie transformată în timpul *t*;

K₁ – viteza consumului de oxigen (constantă), care depinde de natura reacției în condițiile în care se desfășoară.

În urma unor experiențe de laborator, Streeter și Phelps – mai târziu și Theriault – au arătat că legea exprimată de Wilhelmy este aplicabilă și materiilor organice (materii în transformare) din apele uzate, oxidate în faza primară.

Integrând ecuația lui Wilhelmy de la timpul 0 până la *t*, rezultă:

$$K_1 = \frac{1}{t} \ln \frac{a}{a-x}. \quad (1.2)$$

Dacă se măsoară cantitatea de materie organică (materie în transformare) prin oxigenul consumat în faza primară (oxigenul primar) și se fac notațiile:

L_t – consumul primar de oxigen care mai este necesar apei, după ce s-a scurs timpul *t*, până la 20 de zile;

X_t – consumul primar de oxigen, efectuat în timpul *t*;

L – consumul primar total de oxigen (în timp de 20 de zile), *L = L_t + X_t*,

înlocuind acești parametri în ecuația lui Wilhelmy, după integrare, rezultă:

$$K_1 = \frac{1}{t} \ln \frac{L}{L_t}. \quad (1.3)$$

Transformând logaritmul natural în logaritm zecimal și notând

$$k_1 = 0,4343 \cdot K_1, \quad (1.4)$$

se obține:

$$k_1 = \frac{1}{t} \lg \frac{L}{L - X_t} = \frac{1}{t} \lg \frac{L}{L_t}. \quad (1.5)$$

Din această ecuație mai rezultă alte două ecuații, care sunt foarte importante pentru procesul de transformare a materiei organice din apele uzate și naturale:

$$\begin{cases} X_t = L(1 - 10^{-k_1 t}); \\ L_t = L \cdot 10^{-k_1 t}. \end{cases} \quad (1.6)$$

Viteza consumului de oxigen, k_1 , se determină în laborator; pentru apele uzate orășenești, ea variază între 0,1 – 0,3 (zile⁻¹), limitele fiind însă mult mai largi pentru apele uzate industriale.

Pentru consumul biologic de oxigen la 5 zile al apelor uzate orășenești, unele valori medii au fost date în tabelul 1.1; pentru apele uzate industriale, valorile CBO₅ sunt, uneori, mai mari, putând atinge chiar 50.000 mgf/dm³.

Se poate admite că, între consumul biologic de oxigen la 5 zile și cel la 20 de zile (consumul primar, L), există relația:

$$CBO_5 = 0,684 \cdot CBO_{20}. \quad (1.7)$$

Consumul chimic de oxigen (CCO) măsoară conținutul de carbon din toate categoriile de materie organică, prin stabilirea oxigenului consumat de bicarbonatul de potasiu în soluție acidă.

Azotul total este alcătuit din amoniac liber, azot organic, nitriți și nitrați. Azotul organic și amoniacul liber sunt luați ca indicatori ai substanțelor organice azotoase, prezente în apa uzată, iar amoniacul albuminoidal ca indicator al azotului organic, care se poate descompune. Amoniacul liber este rezultatul descompunerii bacteriene a substanțelor organice.

Cantități de amoniac liber mai mari de 0,2 mgf/dm³ indică existența unei impurificări a apei uzate analizate.

Apele uzate proaspete au un conținut ridicat de azot organic și unul scăzut de amoniac liber, iar apele mai puțin proaspete conțin aceste substanțe în proporții inverse, respectiv – conținut mai mare de amoniac și mai scăzut de azot organic.

Nitrații reprezintă cea mai stabilă formă a materiilor organice azotoase și, în general, prezența lor indică o apă stabilă din punct de vedere al transformării. În apa uzată proaspătă, nitriții și nitrații sunt în concentrații mai mici (sub 1/1 mil.).

Sulfurile sunt rezultatul descompunerii substanțelor organice sau anorganice și provin, de cele mai multe ori, din apele uzate industriale.

Clorurile pot proveni din diferite surse (de exemplu, urină); de aceea, cantități de 8 – 15 g clorură de sodiu, cât elimină un om pe zi, nu pot constitui indici de impurificare.

Acizii volatili indică progresul fermentării anaerobe a substanțelor organice. Din acești acizi, prin fermentare, iau naștere bioxidul de carbon și metanul. În cazul unei bune fermentări, pentru apele uzate menajere, acizii volatili, exprimați în acid acetic, trebuie să fie în jur de 500 mgf/dm³ (peste 300 mgf/dm³ și sub 2.000 mgf/dm³).

Grăsimile și uleiurile, vegetale sau minerale, în cantități mari, formează o peliculă pe suprafața apei, care poate împiedica aerarea, colmata filtrele biologice, inhiba procesele anaerobe din bazinele de fermentare etc.

Gazele cel mai des întâlnite la epurarea apelor sunt hidrogenul sulfurat, bioxidul de carbon și metanul. Hidrogenul sulfurat indică o apă uzată ținută un timp mai îndelungat în condiții anaerobe. Metanul și bioxidul de carbon sunt indicatori ai fermentării anaerobe. În amestec cu aerul, în proporție de 1:5 – 1:15, metanul este exploziv.

Concentrația de ioni de hidrogen (pH) este un indicator al mersului epurării; de el depinde activitatea microorganismelor, precipitățile chimice etc. Valoarea pH-ului trebuie să fie în jur de 7.

Potențialul de oxidoreducere (potențialul Redox, rH) furnizează informații asupra puterii de oxidare, sau de reducere, a apei sau nămolului, în scara Redox; notația rH exprimă inversul logaritmului presiunii de oxigen. Scara de măsură a potențialului Redox are ca valori extreme 0 și 42. Valorile sub 15 caracterizează faza de oxidare (fermentare) anaerobă, iar valorile peste 25, faza de oxidare aerobă.

Putrescibilitatea este o caracteristică a apelor uzate care indică posibilitatea ca o apă să se descompună mai repede sau mai încet.

Stabilitatea este inversul putrescibilității.

Stabilitatea relativă este exprimată (în procente) de raportul dintre oxigenul disponibil în proba de analizat (sub formă dizolvată, sau sub formă de nitriți și nitrați) și cererea de oxigen pentru satisfacerea fazei primare de consum a oxigenului. Ca determinare, stabilitatea relativă este folosită foarte rar, deoarece unele substanțe coloidale dizolvate în apă, precipită culoarea (dată de albastru de metilen), iar pe de altă parte, valorile stabilității relative sunt nesigure, ele variind în funcție de natura apei uzate.

1.1.3. Caracteristici biologice

În majoritatea cazurilor, diferitele organisme care se întâlnesc în apele uzate au dimensiuni foarte mici. Cele mai mici sunt virusurile și phagii, urmate de bacterii. Organismele mai mari sunt reprezentate de ciuperci, alge, protozoare, rotiferi, larve de insecte, viermi, melci etc.

În scopul determinării concentrației diferitelor tipuri de bacterii din apă, pentru a se putea aprecia gradul de impurificare a apei și pericolul de infectare, analizele bacteriologice se fac de obicei în paralel cu cele chimice.

Absența bacteriilor dintr-o apă poate fi un indiciu clar al prezenței unor substanțe toxice.

Totalitatea organismelor din apă constituie așa-numitul *plancton*, iar cele de pe patul râului, *bentosul*.

În ultimul timp, în privința organismelor din emisar, își găsește o aplicare din ce în ce mai mare *sistemul saprobilor*, care cuprinde speciile de organisme caracteristice apelor impurificate cu substanțe organice.

Cunoașterea speciilor din sistemul saprobiilor conduce la stabilirea gradului de impurificare a emisarului, diversele calități ale apei corespunzând diferitelor tipuri de organisme, și la cunoașterea procesului de autoepurare.

Speciile de animale și vegetale din sistemul saprobiilor sunt grupate în următoarele patru categorii:

- *specii polisaprobe*, caracteristice apelor cu impurificare organică puternică (în număr foarte mic);
- *specii α -mezosaprobii*, caracteristice apelor cu impurități organice (în număr mic);
- *specii β -mezosaprobii*, caracteristice apelor cu impurificare organică mai mică (în număr mai mare decât cele din categoria α -mezosaprobii);
- *specii oligosaprobii*, caracteristice apelor curate, neimpurificate (în număr mare).

1.1.4. Coeficienți de transformare în locuitori echivalenți

În scopul dimensionării obiectelor din stația de epurare, aportul unor cantități importante de ape uzate industriale trebuie, uneori, evaluat separat. Evaluarea exactă se poate face numai pe baza unor determinări de laborator.

Pentru calcule aproximative, literatura de specialitate recomandă folosirea așa-numiților coeficienți de echivalență în locuitori sau *coeficienți de transformare în locuitori echivalenți* (L.E.). Ei pot fi stabiliți luând ca bază, diferite caracteristici ale apelor uzate orășenești medii; materiile organice, exprimate prin CBO_5 , materiile în suspensie etc. sunt cele mai folosite caracteristici pentru stabilirea coeficienților de transformare în locuitori echivalenți.

Coeficienții de echivalență, corespunzători unor ape uzate industriale, luându-se ca bază materiile organice - $CBO_5 = 54$ gf/loc și zi (vezi tabelul 1.1), sunt arătați în tabelul 1.3.

Tabelul 1.3

Coeficienți de echivalență

Tipul de industrie	Coeficient de echivalență [nr. loc./unitate]
0	1
Fabrici de prelucrarea laptelui, fără fabricarea brânzei, pentru 1000 l lapte	30 - 80
Idem, cu fabricarea brânzei, pentru 1000 l lapte	50 - 250
Abatoare pentru 1 bou = 2,5 porci	70 - 200
Abatoare pentru 1 tf carne	150 - 450
Grajduri de vaci, pentru o vacă	5 - 10
Grajduri de porci, pentru 1 porc	3
Crescătorii de păsări, pentru o pasăre	0,13 - 0,25
Fabrici de zahăr, pentru 1 tf sfeclă	50 - 75
Fabrici de maț, pentru 1 tf cereale	10 - 100

Tabelul 1.3 (continuare)

0	1
Fabrici de bere, pentru 1000 l bere	150 – 400
Distilerii, pentru 1 tf cereale	2000 – 4000
Fabrici de drojdie, pentru 1 tf drojdie	6000 – 8000
Fabrici de amidon, pentru 1 tf porumb	500 – 1000
Crame (prepararea vinului), pentru 100 l vin	100 – 150
Idem, pentru 1 ha vie	40 – 60
Tăbăcării, pentru 1 tf piele	1000 – 4000
Spălătorii de lână, pentru 1 tf lână	2000 – 5000
Albitorii, pentru 1 tf marfă	1000 – 4000
Fabrici de coloranți cu culori de sulf, pentru 1 tf marfă	2000 – 3500
Topitorii de cânepă, pentru 1 tf cânepă	750 – 1150
Fabrici de celuloză sulfat, pentru 1 tf celuloză	4000 – 6000
Fabrici de hârtie, pentru 1 tf hârtie	100 – 300
Fabrici de lână sintetică (din celuloză), pentru 1 tf lână sintetică	200 – 1000
Spălătorie, pentru 1 tf lenjerie	300 – 1000
Evacuări de ulei mineral, pentru 1 tf ulei	12000

Într-un centru populat cu N locuitori, dacă acesta are – spre exemplu – o fabrică de prelucrare a laptelui, fără fabricarea brânzei, cu o capacitate de prelucrare de 10.000 l lapte, se mai adaugă un număr de 300 – 800 locuitori, la numărul de locuitori ai centrului populat; stația de epurare se dimensionează pentru numărul total de locuitori ($N + 300 \dots 800$).

1.1.5. Recoltarea probelor de ape uzate

Conform normativelor în vigoare, probele de apă uzată sau din emisari trebuie recoltate și prelucrate în anumite condiții. Rezultatele obținute trebuie să fie corespunzătoare scopului urmărit și, în același timp, să poată fi comparabile cu cele obținute în alte stații sau puncte pe emisari.

Recoltarea probelor de apă se începe prin cercetarea:

- provenienței surselor de apă;
- stadiului canalizării;
- eficienței instalațiilor etc.

Într-un anumit punct de recoltare, atât cantitatea cât și calitatea apei pot avea uneori variații foarte mari, motiv pentru care se recomandă să se ia probe momentane din oră în oră (chiar mai des, dacă este necesar), timp de 24 de ore; aceste probe trebuie să fie proporționale cu debitul și să se păstreze într-un vas mai mare, de unde, la finele recoltării, se iau cantitățile de apă necesare fiecărei determinări. Probele momentane trebuie să aibă cel puțin 250 cm³ și să fie recoltate manual, sau automat, cu ajutorul unui dispozitiv, care recoltează probe proporționale cu debitul. Apa uzată din vas constituie o probă medie. Pentru a împiedica apariția fenomenelor de descompunere a substanțelor organice este necesar ca vasul să fie ținut la o temperatură scăzută, deoarece calitatea apei uzate, colectate în vas, poate

varia în timpul celor 24 de ore; în același sens, se pot folosi inhibitori (cloroform, formaldehidă etc.).

Câteodată, sunt suficiente și probe medii, pe 8 ore, perioadă în care apa, respectiv substanțele organice, nu încep să se descompună. Numărul de recoltări se stabilește de la caz la caz.

Vasele pentru recoltarea probelor trebuie să fie din sticlă, iar cantitatea de apă uzată, necesară analizelor, să varieze în general între valorile 1 – 2 dm³.

Locul cel mai indicat pentru recoltarea probelor de apă din emisari se găsește, pe verticală, la 10–15 cm sub suprafața apei, unde, datorită vitezei mai mari a acesteia, calitatea ei este omogenă. Pentru a asigura posibilitatea corelării calității cu cantitatea, se recomandă ca punctele de recoltare să fie dispuse în apropierea posturilor hidrometrice.

În stațiile de epurare trebuie să se ia probe de apă, atât la intrarea, cât și la ieșirea din fiecare instalație; în stațiile mici, probele se iau numai la intrarea și ieșirea din stație.

Majoritatea determinărilor pot fi efectuate în laboratoarele de analiză, chiar dacă acestea se găsesc la distanțe mari față de stația de epurare sau punctul de recoltare.

Unele determinări însă, trebuie făcute la locul de recoltare, ca de exemplu: temperatura, transparența, pH-ul, culoarea, gustul, CO₂ liber, fixarea oxigenului și a hidrogenului sulfurat (nu și pentru apele uzate) etc.

O atenție deosebită, la recoltarea probelor de apă, trebuie acordată normelor de protecție a muncii, pentru prevenirea unor accidente: căderi de la înălțime, înec, loviri la manipularea capacelor, asfixieri, intoxicații etc.

În scopul evitării acestor accidente se vor folosi materiale de protecție adecvate: colaci de salvare, centuri de siguranță, mănuși de protecție, măști de gaze etc.

1.2. Debite de calcul

1.2.1. Debite hidraulice

Debitele de calcul (inclusiv variațiile acestora) pentru stațiile de epurare sunt identice cu cele stabilite pentru rețelele de canalizare.

La proiectarea unei canalizări, debitele rezultă pe baza luării în considerare a dezvoltării de perspectivă a centrului populat, pe o durată de 25 de ani, conform schiței planului de sistematizare și a planului de dezvoltare industrială.

De la caz la caz, debitele de ape uzate industriale vor fi determinate separat, având în vedere faptul că literatura de specialitate furnizează valori medii, informative.

Prin intermediul rețelei de canalizare, dimensionată în sistem unitar, în stația de epurare pătrund și ape meteorice, ape al căror debit nu depășește debitul orar maxim, motiv pentru care stația de epurare primește cel mult două debite orare maxime.

În tabelul 1.4 este dat debitul de calcul hidraulic al obiectelor din stația de epurare, iar secțiunile de calcul corespunzătoare acestora sunt prezentate în figura 1.1.

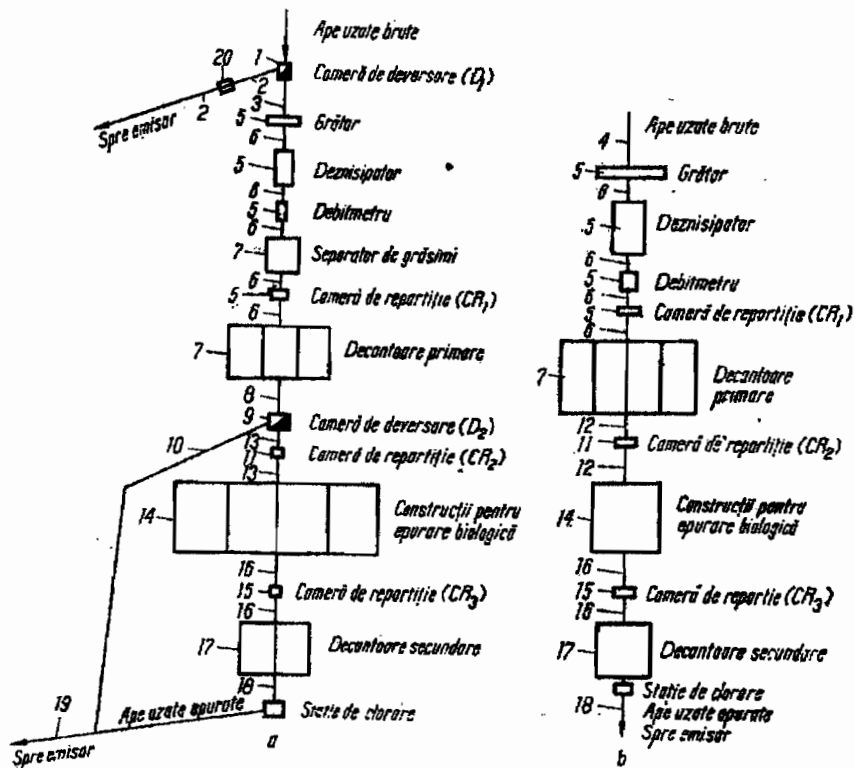


Figura 1.1. Secțiuni de calcul pentru obiectele din stația de epurare: a – în sistem unitar; b – în sistem divizor.

Tabelul 1.4

Debitele de calcul hidraulic ale construcțiilor din stația de epurare

Nr. crt. (fig.1.1)	Obiect tehnologic	Sistem de canalizare			
		Separativ		Unitar	
		Debit de dimensionare	Debit de verificare	Debit de dimensionare	Debit de verificare
0	1	2	3	4	5
1.	Deversorul camerei de deversare, dinaintea stației de epurare (D_1)	–	–	$Q_c - 2Q_{n0 \max}$	Q_c
2.	Canalul deversor spre emisar, bazinul de retenție a apelor de ploaie	–	–	$Q_c - 2Q_{n0 \max}$	Q_c
3.	Canalul dintre camera de deversare și grătar	–	–	$2Q_{n0 \max}$	$Q_{n0 \min}$
4.	Canalul amonte grătar	$Q_{s0 \max}$	$Q_{s0 \min}$	–	–

Tabelul 1.4 (continuare)

0	1	2	3	4	5
5.	Grătar, deznisipator, debitmetru, camera de repartiție (CR1), distribuitor	$Q_{s0 \max}$	$Q_{s0 \min}$	$2Q_{H0 \max}$	$Q_{H0 \min}$
6.	Canalele dintre grătar, deznisipator, debitmetru-separator de grăsimi, cameră de repartiție (CR1), decantor primar	$Q_{s0 \max}$	$Q_{s0 \min}$	$2Q_{H0 \max}$	$Q_{H0 \min}$
7.	Separator de grăsimi, decantor primar	$Q_{sz \max}$	$Q_{s0 \max}$	$Q_{Hsz \max}$	$2Q_{H0 \max}$
8.	Canalul dintre decantorul primar și camera de deversare (D2), din fața treptei biologice de epurare	—	—	$2Q_{H0 \max}$	$Q_{H0 \min}$
9.	Deversorul camerei de deversare din fața treptei biologice de epurare (D2)	—	—	$Q_{H0 \max}$	$2Q_{H0 \max}$
10.	Canalul deversor între D2 și emisar	—	—	$Q_{H0 \max}$	$2Q_{H0 \max}$
11.	Camera de repartiție (CR2)	$Q_{s0 \max}$	$Q_{s0 \min}$	$Q_{H0 \max}$	$Q_{H0 \min}$
12.	Canalul dintre decantorul primar, camera de repartiție (CR2) și treapta de epurare biologică	$Q_{s0 \max}$	$Q_{s0 \min}$	—	—
13.	Canalul dintre camera de deversare (D2), dinaintea treptei de epurare biologică, camera de repartiție (CR2) și treapta biologică	—	—	$Q_{H0 \max}$	$Q_{H0 \min}$
14.	Construcții și instalații de epurare biologică, bazine cu nămol activ, filtre biologice etc.	$Q_{sz \max}$	$Q_{s0 \max}$	$Q_{Hsz \max}$	$Q_{H0 \max}$
15.	Camera de repartiție (CR3)	$Q_{s0 \max}$	$Q_{s0 \min}$	$Q_{H0 \max}$	$Q_{H0 \min}$
16.	Canalul dintre treapta de epurare biologică, camera de repartiție (CR3) și decantorul secundar	$Q_{s0 \max}$	$Q_{s0 \min}$	$Q_{H0 \max}$	$Q_{H0 \min}$
17.	Decantorul secundar	$Q_{sz \max}$	$Q_{s0 \min}$	$Q_{Hsz \max}$	$Q_{H0 \max}$
18.	Canalul de evacuare a apei din decantorul secundar până la emisar	$Q_{s0 \max}$	$Q_{H0 \min}$	$Q_{H0 \max}$	$Q_{H0 \min}$
19.	Canalul de evacuare a apelor decantate primar, trecute peste D2 și a apelor decantate din decantorul secundar	—	—	$2Q_{H0 \max}$	$Q_{H0 \min}$
20.	Bazinul de retenție a apelor de ploaie	—	—	$Q_c - 2Q_{H0 \max} - Q_{adm}$	Q_c

Observații:

- indicii s și u arată că apele uzate provin dintr-o rețea dimensionată în sistem separativ, respectiv unitar;
- Q_c este debitul de calcul al rețelei dimensionate în sistem unitar, în amonte de deversorul din fața stației de epurare;
- Q_u este debitul de calcul al rețelei dimensionate în sistem unitar, în care sunt incluse diferite categorii de ape uzate, de suprafață, subterane (adică debitul pe timp uscat), conform STAS 1846;
- verificarea la Q_c a deversorului (D1) este necesară când canalul deversor servește și de canal de ocolire a stației;
- la separatorul de grăsimi, verificarea la debitul respectiv are scopul de a stabili dacă la debitul maxim al apei nu se depășește creasta de deversare a jgheburilor de colectare a grăsimilor;
- la decantoare, înălțimea de siguranță se va lua corespunzător nivelului maxim al apei pentru debitul de verificare. De asemenea, jghebul de colectare se va dimensiona astfel încât să transporte debitul de verificare, menținând neînecată curgerea apei peste marginea deversoare a jghebului;
- la bazinul cu nămol activ se urmărește asigurarea scurgerii debitului de verificare, astfel încât înălțimea de siguranță să nu fie depășită și să se obțină evacuarea neînecată a apei peste crestele deversoarelor;
- în sistemul separativ, apa meteorică din canalul de apă meteorică ce nu poate fi evacuată direct în emisar trebuie înmagazinată în bazine de retenție a apei de ploaie, trecută, eventual prin stația de epurare, ceea ce poate conduce la suplimentarea debitului de calcul al acesteia;
- stațiile de pompare care intervin în diferite puncte ale schemei tehnologice se calculează în funcție de debitele maxime sosite din obiectele care le deservesc.

1.2.2. Debite de impurități

Parametrii de dimensionare hidraulică sunt astfel stabiliți, încât au valabilitate numai pentru ape uzate cu concentrații medii de impurități, caracteristice apelor uzate menajere, specifice centrelor populate puțin industrializate.

Pentru centrele populate puternic industrializate și pentru industrii este necesar să se ia în considerare cantitățile reale de impurități. Astfel, pentru filtrele biologice se dau parametrii de dimensionare hidraulică valabili pentru ape uzate cu caracter menajer predominant și, în același timp, parametrii în funcție de impurificarea organică, exprimată în CBO_5 , pentru ape puternic impurificate, ale căror caracteristici diferă mult de cele obișnuite, medii. Acestea sunt valabile și pentru instalațiile de tratare a nămolurilor din stația de epurare, pentru care se dau parametrii de dimensionare hidraulică și în funcție de impurități.

Procese și procedee de epurare a apelor uzate

2.1. Procese caracteristice epurării apelor uzate

În timpul epurării apelor uzate intervin procese de natură:

- mecanică;
- chimică;
- biochimică.

Procesele de natură mecanică au aplicare în cadrul decantării apelor uzate; datorită acestora, cea mai mare parte din materiile solide în suspensie, sunt îndepărtate din apele uzate.

Procesele de natură chimică intervin în timpul clorinării apelor uzate sau al coagulării materiilor solide în suspensie, din acestea.

Procesele de natură biochimică rezultă din interacțiunea proceselor chimice și biologice. În timpul acestor procese se produce descompunerea (mineralizarea) materiilor organice din apele uzate, care sunt combinații ale carbonului cu diferite elemente și care, după cum se știe, reprezintă cea mai mare parte a materiilor conținute în apele uzate orășenești.

Toate procesele biologice, care intervin în timpul descompunerii substanțelor organice, sunt – din punct de vedere chimic – de două categorii și iau direcții opuse:

1. *procese aerobe*, în cadrul cărora se produce combinarea substanțelor organice cu oxigenul (oxidarea), cu eliminare de căldură;

2. *procese anaerobe*, caracterizate prin dezintegrarea oxigenului (reducția) și consum de căldură. Oxidarea substanțelor organice este specifică proceselor anaerobe și se dezvoltă în bazinele de fermentare a nămolurilor.

Epurarea biologică implică numai procese aerobe, care depind de existența bacteriilor aerobe, iar acestea, la rândul lor, de prezența oxigenului furnizat de atmosferă sau de apă. La epuizarea oxigenului își încep activitatea bacteriile anaerobe, cărora le este suficient oxigenul din materiile organice sau din nitrați, nitriți, sulfați etc.

Bacteriile aerobe se găsesc în bazinele cu nămol activ sub formă de flocoane. În filtrele biologice, ele constituie membrana biologică ce acoperă elementele constitutive ale stratului filtrant. Pentru a trăi, bacteriile consumă substanța organică din apa uzată, prin absorbție, eliminând-o în mod continuu sub formă lichidă sau gazoasă, prin celule. Cele mai importante produse ale oxidării substanțelor organice, care conțin, în principal, carbon, oxigen, hidrogen și azot sunt bioxidul de carbon, acidul azotic și anhidrida sulfurică. Deoarece apele uzate conțin o cantitate suficientă de substanțe alcaline, acești acizi se transformă, imediat după

formarea lor, în săruri solubile în apă (nitrați, sulfati, carbonați), cu excepția unei părți din bioxidul de carbon, care rămâne în soluție sau se degajă.

Bacteriile anaerobe produc mineralizarea nămolului din rezervoarele de fermentare a nămolului, din decantoarele cu etaj, fosele septice etc. Dacă nu se intervine asupra operației de fermentare a nămolului, aceasta are, la început, un caracter acid (fermentare acidă) și, numai după un anumit timp (circa 6 luni), devine alcalină (fermentare mecanică). În timpul fermentării acide, oxigenul necesar procesului este luat din materiile organice și din compușii solubili ai azotului. Producții descompunerii sunt bioxidul de carbon, cantități limitate de metan, hidrogenul sulfurat și acizii organici volatili (acid acetic și butiric). Fermentarea puternic acidă durează circa 2 săptămâni. În cursul fermentării metanice, care urmează după o perioadă de maturizare de circa 6 luni (la 15°C), azotul este transformat în amoniac; acesta, fiind puternic alcalin, anihilează acțiunea acizilor formați anterior și procesul devine complet alcalin. Acizii grași (acetic și butiric), formați în cadrul fermentării alcaline, se descompun în bioxid de carbon și metan. Hidrogenul rezultat se combină cu carbonul și formează metanul. După circa 30 de zile de la începerea fermentării metanice, nămolul este complet stabilizat, are culoare cenușie și miros de gudron. În stațiile de epurare se caută, pe cât posibil, să se evite fermentarea acidă, deoarece aceasta conduce la mineralizarea lentă a nămolului.

După ce s-a produs fermentarea anaerobă a nămolului, acesta este întins pe sol, unde intervin din nou bacteriile aerobe, completând mineralizarea substanțelor organice.

În cadrul proceselor aerobe, sub acțiunea bacteriilor de nitrificare (bacterii aerobe), se produce oxidarea compușilor azotului (în special a amoniacului), transformându-i în nitriți (NO_2^-), care ulterior se transformă în nitrați (NO_3^-).

Compușii azotului se transformă în nitriți prin intermediul bacteriilor de tip *nitrosomonas*, iar aceștia în nitrați, prin intermediul *nitrobacteriilor*. Acest proces se numește **nitrificare**. Când toți compușii azotului s-au oxidat, epurarea apelor uzate se consideră completă (vezi paragraful 1.1.2, faza secundară).

În cadrul proceselor anaerobe, oxigenul legat de azotul din nitriți și nitrați este dezintegrat cu ajutorul *bacteriilor de denitrificare* (bacterii anaerobe), oxigenul eliberat fiind folosit pentru oxidarea materiilor organice. Acest proces se numește **denitrificare**.

2.2. Procedee de epurare

Procedeele de epurare, corespunzătoare proceselor caracteristice arătate, precum și instalațiilor respective de epurare, sunt de trei categorii:

- procedee de epurare mecanică;
- procedee de epurare mecano-chimică;
- procedee de epurare mecano-biologică.

Procedeele de epurare mecanică, bazate pe procese de epurare mecanică, au ca scop:

- reținerea corpurilor și suspensiilor mari, operație realizată în instalații ca grătare, cominutoare și dezintegratoare;
- flotarea (separarea) grăsimilor și uleiurilor, realizată în separatoare de grăsimi și în decantoare, cu dispozitive de reținere a grăsimilor și uleiurilor;
- sedimentarea sau decantarea pentru separarea materiilor solide în suspensie din apa uzată, prin instalații de deznisipare, decantare, fose septice și decantoare cu etaj;
- prelucrarea nămolurilor, după cum se arată la procedeele de epurare mecano-biologice.

Procedeele de epurare mecano-chimică se bazează, în special, pe acțiunea substanțelor chimice asupra apelor uzate și au ca scop:

- epurarea mecanică, așa cum a fost descrisă anterior;
- coagularea suspensiilor din apă, realizată în camerele de preparare și dozare a reactivilor, de amestec și de reacție;
- dezinfectarea apelor uzate, realizată în stațiile de clorinare și bazinele de contact.

Procedeele de epurare mecano-biologică, care se bazează pe acțiunea comună a proceselor mecanice și biologice, având ca scop:

- epurarea mecanică, așa cum s-a arătat mai înainte;
- epurarea naturală a apelor uzate și a nămolurilor, realizată pe câmpuri de irigare și filtrare, iazuri biologice etc., pentru apele uzate, și în bazine deschise, de fermentare naturală a nămolurilor, pentru nămoluri;
- epurarea artificială a apelor uzate și a nămolurilor, realizată în filtre biologice, bazine cu nămol activ, aerofiltre, filtre biologice scufundate și turn etc. (pentru apele uzate), iar pentru nămoluri, în fose septice, concentratoare sau îngroșătoare de nămol, platforme pentru uscarea nămolului, filtre vacuum și presă, incineratoare etc.

Randamentul sau eficiența diferitelor instalații se exprimă, de obicei, conform tabelului 2.1, prin posibilitatea acestora de reducere a substanțelor în suspensie, a substanțelor organice (exprimate prin reducerea CBO_5) și a bacteriilor.

Tabelul 2.1

Eficiența construcțiilor de epurare

Obiecte tehnologice în care au loc procedee de epurare	CBO_5 (%)	Materii solide în suspensie, separabile prin decantare (%)	Bacterii (%)
0	1	2	3
<i>Mecanice</i>			
- grătare, site etc.	5 - 10	5 - 20	10 - 20
- deznisipatoare, decantoare	25 - 40	40 - 70	25 - 75

Tabelul 2.1 (continuare)

0	1	2	3
<i>Mecano-chimice</i>			
- instalații de coagulare și decantare	50 - 85	70 - 90	40 - 80
- stații de clorinare (apă brută sau decantată)	15 - 30	-	90 - 95
- stații de clorinare (apă epurată biologic)	-	-	98 - 99
<i>Mecano-biologice naturale</i>			
- decantoare primare și câmpuri de irigare și filtrare	90 - 95	85 - 95	95 - 98
<i>Mecano-biologice artificiale</i>			
- decantoare primare și secundare, filtre biologice de mare încărcare	65 - 90	65 - 92	70 - 90
- decantoare primare și secundare, filtre biologice de mică încărcare	80 - 95	70 - 92	90 - 93
- decantoare primare și secundare, bazine cu nămol activ de mare încărcare	50 - 75	75 - 85	70 - 90
- decantoare primare și secundare, bazine cu nămol activ de mică încărcare	75 - 95	85 - 95	90 - 98

Autoepurarea cursurilor de apă

Ansamblul proceselor autonome, de natură fizico-chimică și biologică, ce redau unei ape infestate cu materii de orice fel (organice, minerale, toxice etc.) puritatea inițială – se numește autoepurare.

Prin autoepurare se completează, de cele mai multe ori, procesul de epurare a apelor uzate.

Fenomenele cele mai importante, care intervin în timpul autoepurării cursurilor de apă, sunt:

- diluția;
- amestecul;
- mineralizarea.

Autoepurarea cursurilor de apă se realizează în mod natural, nefiind folosite, în acest scop, instalații sau construcții speciale. Astfel, spre exemplu, oxigenul necesar proceselor aerobe este luat din apa emisarului, în timp ce în instalațiile de epurare biologică, el este furnizat artificial.

3.1. Gradul de diluție

Gradul de diluție sau diluția, d , este reprezentată de raportul dintre debitul emisarului, Q , și debitul apelor uzate, q :

$$d = \frac{Q}{q}. \quad (3.1)$$

În cazul unui amestec incomplet al celor două feluri de apă, se determină diluția reală d' .

În cazul unui amestec complet, cantitatea de materie, de un anumit tip (suspensii, substanțe toxice etc.), se determină cu ecuația:

$$C^{am} = \frac{C \cdot Q + c \cdot q}{Q + q}, \quad (3.2)$$

în care:

C^{am} este concentrația medie de materie, în apa amestecului (ape emisar și ape uzate);

C – concentrația medie de materie, în apa emisarului;

c – concentrația medie de materie, în apa uzată;

Q – debitul emisarului;

q – debitul apelor uzate.

3.2. Amestecul

Diluția, în conformitate cu ecuația (3.1), poate fi folosită, în calcule, numai în cazul amestecului complet al celor două feluri de ape. Amestecul complet se realizează după un anumit timp, respectiv la o distanță mai mare sau mai mică, în aval de secțiunea de evacuare a apei uzate.

În general, amestecul se datorează turbulenței apei, realizându-se complet pe distanțe cu atât mai scurte, cu cât gradul de diluție este mai mic. Pentru a se realiza un amestec rapid și cât mai complet se recurge la instalații de dispersie a apelor uzate; după asemenea instalații, la numai câteva sute de metri, se poate conta pe un amestec complet.

Diluția reală, sau gradul de diluție între secțiunea de evacuare și secțiunea de amestec complet, se stabilește cu formula:

$$d' = a \cdot \frac{Q}{q}, \quad (3.3)$$

în care a este *coeficientul de amestec* al celor două feluri de ape. Acest coeficient este subunitar și crește pe măsură ce punctul de calcul se apropie de cel de amestec complet, unde teoretic are valoarea 1.

Coeficientul de amestec se determină, de obicei, cu formula lui I.D. Rodziler:

$$a = \frac{1 - e^{-\alpha\sqrt{L}}}{1 + \frac{Q}{q} \cdot e^{-\alpha\sqrt{L}}}, \quad (3.4)$$

în care:

L este distanța dintre secțiunea de evacuare a apelor uzate și secțiunea de calcul [m];

α – coeficient care ia în considerare condițiile hidraulice de amestec.

Coeficientul α se determină (după V.A. Frolov) cu formula:

$$\alpha = \xi \cdot \varphi \cdot \sqrt[3]{\frac{D_T}{q}}, \quad (3.5)$$

în care:

ξ este un coeficient, care depinde de construcția de evacuare a apei uzate. Pentru evacuări la mal, concentrate, $\xi = 1,0$; pentru evacuări în zona de viteză maximă a emisarului, în talveg, $\xi = 1,5$; pentru evacuări prevăzute cu instalații de dispersie (conducte orizontale cu orificii, așezate transversal pe direcția de curgere a apei), $\xi = 3,0$;

$\varphi = L/l$ este *coeficientul de sinuozitate* al râului, egal cu raportul dintre distanța între secțiunea de evacuare a apei uzate și secțiunea de calcul, L și distanța între aceleași secțiuni, dar în linie dreaptă, l ;

D_T – *coeficientul de difuzie turbulentă*, care se determină cu ecuația:

$$D_T = \frac{V \cdot H}{200}, \quad (3.6)$$

în care:

V este viteza medie, exprimată în m/s, a cursului de apă, în zona considerată;

H – adâncimea medie a cursului de apă, în zona considerată, exprimată în m.

Practic, pentru calcul se folosesc valorile termenului $e^{-\alpha\sqrt[3]{L}}$, furnizate de tabelul 3.1.

Tabelul 3.1

Mărimea $e^{-\alpha\sqrt[3]{L}}$, în funcție de valoarea $\alpha\sqrt[3]{L} = x$

x	e^{-x}	x	e^{-x}	x	e^{-x}	x	e^{-x}
0	1	0	1	0	1	0	1
0,50	0,614	1,50	0,223	3,25	0,0389	5,00	0,00675
0,52	0,595	1,55	0,212	3,30	0,0371	5,10	0,00614
0,54	0,583	1,60	0,202	3,35	0,0352	5,20	0,00555
0,56	0,571	1,65	0,192	3,40	0,0335	5,30	0,00503
0,58	0,560	1,70	0,183	3,45	0,0319	5,40	0,00457
0,60	0,549	1,75	0,174	3,50	0,0303	5,50	0,00415
0,62	0,538	1,80	0,165	3,55	0,0289	5,60	0,00372
0,64	0,528	1,85	0,159	3,60	0,0275	5,70	0,00337
0,66	0,517	1,90	0,155	3,65	0,0262	5,80	0,00304
0,68	0,507	1,95	0,144	3,70	0,0249	5,90	0,00276
0,70	0,497	2,00	0,136	3,75	0,0236	6,00	0,00249
0,72	0,487	2,05	0,129	3,80	0,0225	6,10	0,00224
0,74	0,477	2,10	0,123	3,85	0,0214	6,20	0,00204
0,76	0,468	2,15	0,117	3,90	0,0204	6,30	0,00185
0,78	0,459	2,20	0,111	3,95	0,0194	6,40	0,00167
0,80	0,450	2,25	0,106	4,00	0,0184	6,50	0,00151
0,82	0,441	2,30	0,1005	4,05	0,0175	6,60	0,00138
0,84	0,433	2,35	0,0958	4,10	0,0167	6,70	0,00124
0,86	0,425	2,40	0,0911	4,15	0,0159	6,80	0,00112
0,88	0,416	2,45	0,0865	4,20	0,0151	6,90	0,00102
0,90	0,407	2,50	0,0824	4,25	0,0144	7,00	0,00092
0,92	0,399	2,55	0,0781	4,30	0,0138	7,10	0,00083
0,94	0,392	2,60	0,0745	4,35	0,0130	7,20	0,00076
0,96	0,384	2,65	0,0709	4,40	0,0123	7,30	0,00068
0,98	0,376	2,70	0,0675	4,45	0,0118	7,40	0,00062
1,00	0,368	2,75	0,0644	4,50	0,0112	7,50	0,00056
1,05	0,350	2,80	0,0610	4,55	0,0107	7,60	0,00050
1,10	0,333	2,85	0,0580	4,60	0,0101	7,70	0,00046
1,15	0,317	2,90	0,0552	4,65	0,0096	7,80	0,00042
1,20	0,301	2,95	0,0525	4,70	0,00915	7,90	0,00037
1,25	0,286	3,00	0,0500	4,75	0,00872	8,00	0,00034
1,30	0,272	3,05	0,0477	4,80	0,00830	8,50	0,000204
1,35	0,259	3,10	0,0454	4,85	0,00791	9,00	0,000124
1,40	0,247	3,15	0,0430	4,90	0,00749	9,50	0,000076
1,45	0,235	3,20	0,0408	4,95	0,00717	10,00	0,000046

$$x = \alpha\sqrt[3]{L}; \quad e^{-x} = e^{-\alpha\sqrt[3]{L}}$$

3.2.1. Distanța de amestec

Rezolvând ecuația (3.4) în raport cu L , se poate determina distanța dintre secțiunea de evacuare a apelor uzate și o secțiune oarecare, corespunzătoare unui anumit grad de amestec al celor două feluri de ape. În acest mod rezultă formula de calcul a distanței de amestec, L_a :

$$L_a = \left[2,3 \frac{1}{\alpha} \lg \frac{a \cdot Q + q}{(1-a)q} \right]^3. \quad (3.7)$$

Pentru amestecul complet ($\alpha = 1$), valoarea distanței de amestec devine $L_a = \infty$; de aceea, I.D. Rodziler apreciază că, pentru practică, este suficient dacă se consideră $\alpha = 0,7 - 0,8$ și numai în cazuri excepționale 0,85.

Uneori, distanța de amestec complet poate avea valori relativ mari, chiar zeci de km, ceea ce conduce la formarea unei benzi de apă uzată în lungul emisarului, care dă un aspect neplăcut apei acestuia, împiedicând și întârziind, în același timp, dezvoltarea normală a procesului de autoepurare, care s-ar putea realiza în cazul unui amestec complet, chiar imediat după evacuarea apelor uzate.

Din această cauză, existența instalațiilor de dispersie a apelor uzate apare ca o necesitate obligatorie, deoarece, numai în acest mod amestecul se realizează imediat și se poate folosi, în întregime, posibilitatea de autoepurare a emisarului.

3.3. Mineralizarea

Transformările care conduc la autoepurarea emisarului sunt, așa cum s-a arătat, de natură fizico-chimică și biologică, dar cele mai importante sunt cele biologice-biochimice, care contribuie în măsura cea mai mare la epurare și respectiv la mineralizarea materiilor organice din apă.

Flora bacteriană se dezvoltă rapid în zona unde se produce mineralizarea, formând depozite imense, care la ape mari sunt transportate pe zeci de kilometri, unde descompunerea continuă. Această mișcare a masei în descompunere dă naștere la noi zone de murdărie a emisarului, constituind așa-numitele zone de *impurificare secundară*.

Factorii care acționează și influențează în mare măsură transformările biologice din apa emisarului sunt: temperatura, luminozitatea, pH-ul, oxigenul.

3.3.1. Consumul de oxigen al cursului de apă

Ecuațiile lui Wilhelmy, Streeter și Phelps sunt valabile și în cazul emisarilor. Astfel, în conformitate cu formulele pentru calculul valorilor X_t și L_t , dacă între două puncte pe râu, a și b , situate unul de altul la o distanță corespunzătoare unui

drum de 1 – 3 zile, nu intervin factori care să influențeze oxidarea biochimică normală, ecuațiile amintite mai sus devin:

$$\begin{aligned} X_b &= L_a \cdot (1 - 10^{-k_1 t}) \\ L_b &= L_a \cdot 10^{-k_1 t}, \end{aligned} \quad (3.8)$$

în care:

X_b este consumul primar de oxigen în punctul b , efectuat în timpul t ;

L_b – consumul primar de oxigen în punctul b , care mai este necesar apei, după ce s-a scurs timpul t , până la 20 de zile;

L_a – consumul primar total de oxigen în punctul a , în timp de 20 de zile; între acești parametri există relația: $L_a = X_b + L_b$;

k_1 – viteza consumului de oxigen, care variază între 0,1 – 0,6, fiind în general mai mică pentru emisari cu debite și adâncimi mari și mai apropiată de 0,6 – pentru emisari mici și viteze mari.

Pentru apele de suprafață, valorile vitezei consumului de oxigen depind de o serie de factori:

– când viteza de curgere a apei emisarului este mare, aceasta poate duce la mărirea valorii vitezei consumului de oxigen, deoarece se produce o antrenare a nămolurilor de pe patul emisarului, nămoluri care au nevoie de oxigen pentru mineralizarea materiilor organice pe care le conțin;

– adâncimea medie a apei emisarului acționează în sensul creșterii vitezei consumului de oxigen la adâncimi mici și invers, pentru adâncimi mari. La râuri cu adâncime mică, influența plantelor de fund și a bacteriilor este cu mult mai puternică decât la râuri cu adâncime mare, deoarece acestea se dezvoltă mai rapid, necesitând o cantitate sporită de oxigen, ceea ce conduce la mărirea vitezei consumului de oxigen;

– organismele din apă, plante și animale, consumă o cantitate variabilă de oxigen (prin procesul de respirație), care influențează, într-un sens sau altul, valoarea vitezei consumului de oxigen.

3.3.2. Împrospătarea cursului de apă cu oxigen

Reaerarea – absorbția oxigenului – influențează în mare măsură procesele biochimice din emisari, contribuind la regenerarea oxigenului dizolvat în apă, consumat de materiile organice, în cadrul procesului de mineralizare.

Spre deosebire de instalațiile de epurare artificială (unde reaerarea se realizează prin instalații pneumatice sau mecanice), în râuri, lacuri etc. reaerarea se produce prin dizolvarea oxigenului la suprafața apei și într-o măsură mai mică prin absorbția oxigenului degajat de vegetația acvatică, în timpul asimilării clorofiliene.

Absorbția oxigenului se realizează în conformitate cu două legi (exprimate prin relațiile matematice, stabilite de Streeter și Phelps), și anume:

• viteza de oxidare biochimică a substanței organice este proporțională cu cantitatea de materii organice rămase neoxidate (legea lui Wilhelmy);

• viteza cu care apa curată este reaerată, în condiții de temperatură constantă și amestec turbulent, este direct proporțională cu deficitul de oxigen existent, față de saturație.

Celor două legi le corespund următoarele ecuații:

$$\begin{aligned} \frac{dL}{dt} &= \frac{dD_1}{dt} = K_1 \cdot L \\ \frac{dD_2}{dt} &= K_2 \cdot D, \end{aligned} \quad (3.9)$$

în care:

L este consumul primar total de oxigen, în timp de 20 de zile – CBO_{20} , exprimat în mgf/dm^3 ;

K_1 – viteza consumului de oxigen, în baza e;

K_2 – coeficientul de reaerare, în baza e;

D_1 – deficitul de oxigen, față de saturație, rezultat prin consumul oxigenului de către materiile organice, exprimat în mgf/dm^3 ;

D_2 – deficitul de oxigen, față de saturație, rezultat în urma completării oxigenului prin oxigenul atmosferic, prin reaerare, exprimat în mgf/dm^3 ;

D – deficitul total de oxigen, exprimat în mgf/dm^3 .

Deficitul total real de oxigen rezultă din suma algebrică a ecuațiilor (3.9):

$$\frac{dD}{dt} = \frac{dD_1}{dt} + \frac{dD_2}{dt} = K_1 \cdot L - K_2 \cdot D \quad (3.10)$$

care este o ecuație diferențială de tip Leibniz:

$$\frac{dy}{dz} + P \cdot y = Q. \quad (3.11)$$

Prin integrare și transformare în logaritmi zecimali, rezultă:

$$D_t = \frac{k_1 \cdot L_a}{k_2 - k_1} (10^{-k_1 \cdot t} - 10^{-k_2 \cdot t}) + D_a \cdot 10^{-k_2 \cdot t}, \quad (3.12)$$

în care:

L_a este consumul primar total de oxigen – CBO_{20} , la începutul procesului (în punctul a pe râu), $[mgf/dm^3]$;

k_1 – viteza consumului de oxigen, în baza 10, $[zile^{-1}]$;

k_2 – coeficientul de reaerare, în baza 10, $[zile^{-1}]$;

D_t – deficitul de oxigen, față de saturație, la timpul t , $[mgf/dm^3]$;

D_a – deficitul de oxigen inițial (în punctul a pe râu), $[mgf/dm^3]$.

Literatura de specialitate furnizează o serie de valori ale coeficientului de reaerare (tabelul 3.2), în funcție de viteza de curgere a apei emisarului și de adâncimea ei.

Valori ale coeficientului de aerare, în funcție de viteza și temperatura apei emisarului

Caracteristicile emisarului	Valoarea k_1 la temperatura apei [°C]					
	5	10	15	20	25	30
- cu viteză foarte mică de curgere, ≈ staționară	-	-	0,11	0,15	-	-
- cu viteză mică de curgere	0,16	0,17	0,18	0,20	0,21	0,24
- cu viteză mare de curgere	0,38	0,42	0,46	0,50	0,54	0,58
- cu viteză foarte mare de curgere	-	0,68	0,74	0,80	0,86	0,92

Se recomandă ca, pentru țara noastră, coeficientul de aerare să se determine cu următoarea relație (stabilită de M. Negulescu):

$$k_2 = 4,74 \cdot \left(\frac{V}{h}\right)^{0,85}, \quad (3.13)$$

în care:

V este viteza medie a apei, [m/s];

h – adâncimea medie a apei, [m];

k_2 – coeficientul de reaerare, [zile⁻¹].

Formula este aplicabilă pentru râuri a căror adâncime medie a apei, h , nu depășește 0,5 m, iar viteza medie, V , nu este mai mare de 1,5 m/s. Menționăm că, în țara noastră, pentru debitele de calcul, la care se stabilește posibilitatea de autoepurare pe emisari, numai la maximum 5% din cazuri adâncimea apei trece peste 0,5 m.

3.3.3. Autoepurarea

Relația (3.12) oferă posibilitatea de a cunoaște, la diferite intervale de timp, care este deficitul de oxigen, respectiv cantitatea de oxigen rămasă în emisar, deci, însuși mersul procesului de autoepurare.

Pentru diferite temperaturi și consumuri primare totale de oxigen, L_a , dacă se cunosc deficitul total de oxigen, D_a și valorile constantelor k_1 și k_2 se pot trasa curbele rezultate din aplicarea ecuației (3.12), constatându-se că, la o oarecare distanță de origine, prezintă un maxim.

Această valoare maximă corespunde deficitului maxim (critic) de oxigen, D_{cr} , și timpului critic, t_{cr} , ambele valori variind în funcție de temperatură și consumul primar total de oxigen, L_a .

În mod practic, s-a constatat că timpul critic, corespunzător deficitului critic, se produce între a doua și a treia zi de la evacuarea în emisar a apelor uzate.

Valoarea timpului critic, rezultată din anularea derivatei ecuației lui D_t , este:

$$t_{cr} = \frac{\lg \left\{ \frac{k_2}{k_1} \left[1 - \frac{D_a(k_2 - k_1)}{k_1 \cdot L_a} \right] \right\}}{k_2 - k_1}. \quad (3.14)$$

Deficitul maxim de oxigen se obține prin introducerea valorii timpului critic în ecuația (3.12).

Deficitul maxim de oxigen poate atinge uneori valori egale cu oxigenul care ar putea exista în apă, la temperatura respectivă, adică, în apa râului, după un parcurs de câteva zile, nu mai rămâne oxigen. Dar, prin reaerare, poate apărea din nou oxigen în apă și, atunci, deficitul scade, iar oxigenul tinde să atingă valoarea de saturație.

Valorile deficitului și timpului critic sunt de o importanță deosebită pentru realizarea condițiilor în care se poate produce autoepurarea deoarece, acestea reprezintă valorile limită cele mai dezavantajoase, față de care se efectuează toate calculele de autoepurare.

Evacuarea apelor uzate în emisari

4.1. Condiții de deversare a apelor uzate în emisari

Evacuarea apelor uzate în emisari nu trebuie să afecteze folosințele din aval; de aceea, după amestecul cu apa uzată, este necesar ca apa emisarului să îndeplinească o multitudine de condiții de calitate, conform Normelor Tehnice de Protecția Apelor (NTPA).

4.1.1. Categoriile de calitate

Categoriile de calitate a apei emisarilor, sau a unor tronsoane de pe aceștia, sunt în funcție de folosința apei în aval de secțiunea de evacuare a apelor uzate. În conformitate cu STAS 4706, există trei categorii de calitate:

Categoria I, ape care se folosesc pentru:

- alimentări centralizate cu apă potabilă;
- alimentarea cu apă a întreprinderilor din industria alimentară sau alte ramuri industriale, precum și a unităților agrozootehnice, dacă anumite procese tehnologice sau folosințe importante necesită apă de calitate a celei potabile;
- reproducerea și dezvoltarea salmonidelor, în anumite zone ale cursurilor de apă, precum și alimentarea cu apă a amenajărilor piscicole salmonicole;
- ștranduri organizate.

Categoria a II-a, ape care se folosesc pentru:

- piscicultură (în afară de salmonicultură), în anumite zone ale cursurilor de apă, precum și pentru alimentarea cu apă a amenajărilor piscicole, în afara celor salmonicole;
- scopuri urbanistice și de agrement.

Categoria a III-a, ape care se folosesc pentru:

- alimentarea cu apă a sistemelor de irigație;
- alimentarea cu apă a industriilor, în scopuri tehnologice.

4.1.2. Condiții de calitate

În scopul satisfacerii diverselor folosințe, înscrise în STAS 4706, condițiile de calitate pe care trebuie să le îndeplinească apa emisarului, după evacuarea apelor uzate, se referă la caracteristicile organoleptice, fizice, chimice și bacteriologice ale apei. În acest sens, corespunzător celor trei categorii de folosință, se dau o serie de valori limită pentru aceste caracteristici.

Imediat după evacuarea apelor uzate în emisar, conform STAS 4706, rezultă că trebuie îndeplinite condițiile de calitate corespunzătoare categoriei a III-a, deci, nu poate fi luat în considerare amestecul pe distanțe prea lungi, deoarece amestecul prelungit formează în emisar fâșii de apă uzată, unde valorile limită nu se încadrează în cele corespunzătoare categoriei a III-a. Ca o consecință a prevederilor standardului, rezultă obligativitatea construcției instalațiilor de dispersie a apelor uzate în emisar, astfel încât cele două feluri de ape să se amestece pe o distanță cât mai scurtă, de ordinul sutelor de metri, față de secțiunea de evacuare.

Dintre valorile limită trebuie menționate, în primul rând, cele legate de fenomenele biologice, care au loc de-a lungul unui curs de apă, fenomene care contribuie în cea mai mare măsură la autoepurarea apei. Astfel, condițiile de calitate, privind consumul biochimic de oxigen la cinci zile, CBO_5 și oxigenul dizolvat, O_2 , sunt prezentate în tabelul 4.1.

Tabelul 4.1

Condiții de calitate pentru CBO_5 și O_2 , în apele de suprafață

Caracteristicile apei	Categorii de folosință		
	I	II	III
O_2 , [mgf/dm ³], minim	6	5	4
CBO_5 , [mgf/dm ³], maxim	5	7	12

Când emisarul corespunde din punct de vedere al calității apei, pe o anumită porțiune, unei categorii inferioare față de cea care trebuie să fie în aval, realizarea condițiilor de calitate trebuie să se producă până la cel puțin 1 km în amonte de secțiunea de folosință.

Înainte de a fi evacuate în emisar, suspensiile (o altă caracteristică importantă a apelor uzate), trebuie să se încadreze între anumite limite stabilite în funcție de gradul de diluție (tabelul 4.2).

Tabelul 4.2

Cantitățile maxime de suspensii, posibile a fi evacuate în emisari, în funcție de gradul de diluție

Categorii de folosință			Grade de diluție
I	II	III	
Cantitatea maximă de suspensii [mgf/dm ³]			
20 – 40	25 – 60	30 – 100	0 – 20
40 – 100	60 – 150	100 – 250	20 – 50
100 – 300	150 – 450	250 – 750	50 – 150
300 – 1.000	450 – 1.500	750 – 2.500	150 – 500

După amestecul cu apele uzate, apele emisarului trebuie să aibă pH-ul cuprins între valorile 6,5 – 9,0.

În standard, în funcție de categoria de calitate, se dau valori maxime pentru un număr mare de substanțe, care pot exista în apele de suprafață, ca de exemplu: metale, acizi, metale grele etc.

În privința debitelor care intervin în cadrul diferitelor calcule, menționăm:

- pentru debitul emisarului se folosesc debitele medii lunare minime, cu asigurarea de 95 %, determinate dintr-un șir de date culese pe parcursul a 20 de ani;
- pentru debitul apelor uzate se iau în considerare debitele zilnice maxime, stabilite în conformitate cu STAS 1846.

Realizarea valorilor limită, prevăzute de STAS 4706, trebuie să se facă:

- la 1 km de secțiunea de folosință, pentru CBO_5 ;
- în secțiunea de vărsare, pentru suspensii și categoria a III-a a emisarului;
- în secțiunea de calcul, pentru categoria I și a II-a a emisarului;
- în orice secțiune a emisarului, aval de vărsarea apelor uzate, pentru O_2 .

4.2. Studii și analize pentru stabilirea gradului de epurare

Stabilirea schemei de principiu a unei stații de epurare constituie faza premergătoare a proiectării acesteia. În acest scop, se determină gradul de epurare, care trebuie realizat de stația de epurare, în baza unor date, parametri etc., obținuți prin studii și cercetări aprofundate. STAS 1481 furnizează precizări în legătură cu aceste studii necesare la stabilirea schemei. De cele mai multe ori, culegerea tuturor acestor date devine o operație laborioasă și de durată, datorită faptului că studiile și măsurătorile din teren trebuie prelucrate în birouri, cercetate în laborator etc.

4.2.1. Stabilirea gradului de epurare prin studii și măsurători pe teren și în laborator

Studiile și măsurătorile pe teren și în laborator se referă la:

- determinarea caracteristicilor fizico-chimico-bacteriologice, privind calitatea apei emisarului și a apelor uzate (O_2 , CBO_5 , CBO_{20} , temperatura, viteza consumului de oxigen, k_1 , coeficientul de reaerare, k_2 etc.);
- determinări fizico-chimice și bacteriologice asupra nămolurilor provenite din apele uzate;
- determinarea caracteristicilor fizico-chimico-bacteriologice ale apelor meteorice, colectate din rețeaua de canalizare;
- studii hidrologice asupra emisarului (debit, viteze, adâncimi de apă etc.);
- măsurători de debite pentru apele uzate;
- studii topografice și geotehnice pe amplasamentele posibile ale stației de epurare și la punctele de evacuare a apei epurate;
- date privind sistematizarea centrului populat;
- date privind canalizarea existentă;

- folosințele și restituțiile în amonte și în aval de viitorul amplasament al stației de epurare și categoria de calitate a acestora;
- date privind folosințele viitoare, prevăzute în planurile de perspectivă ale gospodăririi apelor (de la instituțiile de resort);
- studii meteorologice în zona viitorului amplasament al stației de epurare, cu referire la direcția vânturilor dominante; se vor evita amplasamentele de pe care vânturile dominante pot transporta mirosurile neplăcute spre centrul populat;
- analiza posibilităților de alimentare cu apă potabilă, gaze și energie, de transport ușor al personalului și utilajelor;
- analiza posibilităților de folosire a unor substanțe, rezultate ca urmare a epurării apelor uzate: nămoluri, gaze, ape uzate pentru irigații etc.

4.2.2. Prelucrări de birou ale datelor, privind stabilirea gradului de epurare

Pentru stabilirea gradului de epurare, prelucrările de birou ale studiilor și datelor privesc următoarele aspecte:

- stabilirea mediilor, maximelor și minimelor pentru caracteristicile fizico-chimice, bacteriologice, biologice, precum și pentru debitele emisarilor și apelor uzate;
- întocmirea de grafice, diagrame etc.;
- datele geologice, geotehnice, hidroenergetice etc., în scopul furnizării parametrilor necesari proiectării;
- alte caracteristici sau parametri, necesari proiectării; uneori, pentru apele uzate orășenești și în special pentru cele industriale este necesar să se efectueze studii pe modele de laborator sau în stații pilot.

4.3. Determinarea gradului de epurare necesar

Gradul de epurare necesar, eficiența pe care trebuie să o realizeze stația de epurare sau obiectele acesteia, reprezintă procentul de reducere a unei părți dintr-o anumită substanță, ca urmare a epurării, astfel încât, după evacuarea apelor uzate în emisar și amestecul cu apele acestuia, apa emisarului să respecte condițiile de calitate impuse de STAS 4706.

Gradul de epurare se stabilește cu relația:

$$\beta = \frac{M - m}{M} \cdot 100 \quad [\%], \quad (4.1)$$

în care:

M este concentrația inițială a substanței pentru care se determină gradul de epurare;

m – concentrația aceleiași substanțe, după epurarea apelor uzate, stabilită în așa fel încât, după amestecul cu apa emisarului, valoarea acesteia să rămână sub cea limită, prevăzută în NTPA.

De obicei, când trebuie să se determine gradul de epurare necesar, substanțele sau caracteristicile apelor emisarilor, care se iau în considerare, sunt:

- suspensiile;
- CBO_5 ;
- O_2 ;
- pH-ul;
- substanțele toxice.

4.3.1. Calculul gradului de epurare necesar din punct de vedere al suspensiilor

Pentru efectuarea acestui calcul se parcurg următoarele etape:

- se determină diluția, cu ecuația (3.1);
- se verifică dacă amestecul se face complet, până la secțiunea de calcul (la 1 km amonte de cea de folosință), cu ecuația (3.4);
- se determină diluția reală d' , cu ecuația (3.3);
- se stabilește cantitatea maximă admisibilă de suspensii, în funcție de diluția reală, cu ajutorul tabelului 4.2;
- se determină gradul de epurare, cu ajutorul ecuației (4.1);
- se verifică dacă gradul de epurare rezultat este satisfăcător pentru condițiile categoriei a III-a, în secțiunea de evacuare a apelor uzate, considerând că amestecul se face complet, în această secțiune.

Exemplul de calcul 4A: Să se determine gradul de epurare din punct de vedere al materiilor în suspensie, cunoscându-se următoarele date: debitul emisarului $Q = 10 \text{ m}^3/\text{s}$; $q = 0,2 \text{ m}^3/\text{s}$; cantitatea de suspensii din apele uzate, $M = 250 \text{ mg}/\text{dm}^3$; emisarul, la $L' = 15 \text{ km}$ în aval de secțiunea de evacuare a apelor uzate, este folosit pentru scopuri de agrement; la debitul de calcul al emisarului dat, viteza $V = 0,4 \text{ m/s}$, iar adâncimea medie a apei $H = 0,9 \text{ m}$, evacuarea apelor uzate făcându-se prin dispersie; distanța în linie dreaptă, între punctul de evacuare a apelor uzate și cel de folosință, $l = 13 \text{ km}$.

Gradul de diluție, conform relației (3.1) este: $d = 50$.

Se verifică dacă amestecul se face complet, calculându-se coeficientul de amestec a , cu ecuația (3.4); se determină, în prealabil, coeficientul de difuzie turbulentă, cu ajutorul relației (3.6): $D_T = 0,0018$, și cu relația (3.5), coeficientul $\alpha = 0,67$; rezultă: $a \approx 1$; rezultă că, până în secțiunea de calcul, amestecul se face complet și, deci, $a = 0,8$ (vezi §.3.2.1); în acest caz, diluția reală este: $d' = 0,8 \times 50 = 40$ (condițiile de calitate trebuie îndeplinite la 1 km amonte de secțiunea de folosință, deci $L = 14 \text{ km}$).

Cantitatea maximă de suspensii, m , ținând seama de $d' = 40$, categoria a II-a de calitate (scopuri de agrement) și de tabelul 4.2, rezultă $m = 120 \text{ mg}/\text{dm}^3$.

Gradul de epurare, conform relației (4.1), $\beta = 52 \%$.

Verificarea pentru condițiile categoriei a III-a: $\beta = 100(250-200)/250 = 20\%$, deci gradul de epurare de 50% este suficient.

4.3.2. Calculul gradului de epurare necesar din punct de vedere al CBO₅

A. *Funcție de posibilitățile de aerare*, se face în secțiunea de calcul situată la 1 km amonte de secțiunea de folosință, cu ajutorul ecuației:

$$\begin{aligned} & \text{CBO}_5^{ap, uz, adm} \cdot q \cdot 10^{-k_1^{ap, uz} \cdot t} + \\ & + a \cdot Q \cdot \text{CBO}_5^r \cdot 10^{-k_1^r \cdot t} = (a \cdot Q + q) \cdot N, \end{aligned} \quad (4.2)$$

în care:

$\text{CBO}_5^{ap, uz, adm}$ este consumul biochimic de oxigen la cinci zile al apelor uzate, în secțiunea de evacuare;

$k_1^{ap, uz}$ – viteza consumului de oxigen al apelor uzate, înainte de evacuarea acestora în emisar;

CBO_5^r – consumul biochimic de oxigen la cinci zile al apelor emisarului, în secțiunea de evacuare a apelor uzate;

k_1^r – viteza consumului de oxigen al apelor emisarului, în amonte de secțiunea de evacuare a apelor uzate;

N – cantitatea de CBO₅ maxim admis, conform STAS 4706 (vezi tabelul 4.1), în amestecul apă uzată și de râu, în secțiunea de calcul;

t – temperatura la care se determină gradul de epurare necesar, [°C].

Din ecuația (4.2), rezultă:

$$\begin{aligned} \text{CBO}_5^{ap, uz, adm} = & \frac{a \cdot Q}{q} \cdot \frac{1}{10^{-k_1^{ap, uz} \cdot t}} (N - \text{CBO}_5^r \cdot 10^{-k_1^r \cdot t}) + \\ & + \frac{N}{10^{-k_1^{ap, uz} \cdot t}}. \end{aligned} \quad (4.3)$$

Cu ajutorul valorii $\text{CBO}_5^{ap, uz, adm}$ se determină gradul de epurare, folosind ecuația (4.1).

Folosind graficul din figura 4.1, se determină valorile termenului 10^{-kt} .

De asemenea, considerând că amestecul se face complet, se verifică dacă gradul de epurare rezultat este satisfăcător pentru condițiile de calitate a III-a, în secțiunea de evacuare.

În acest caz, CBO₅ în secțiunea de evacuare se determină cu ecuația:

$$\begin{aligned} & \text{CBO}_5^{am} (a \cdot Q + q) = \\ & = \text{CBO}_5^r \cdot a \cdot Q + \text{CBO}_5^{ap, uz} \cdot q, \end{aligned} \quad (4.4)$$

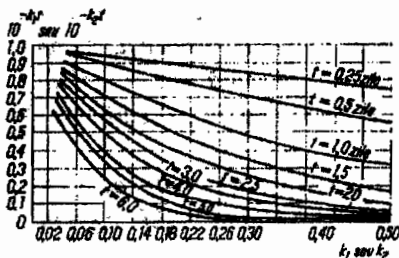


Figura 4.1. Grafic pentru determinarea termenului 10^{-kt} .

de unde rezultă:

$$CBO_5^{adm} = \frac{CBO_5^r \cdot a \cdot Q + CBO_5^{ap, uz} \cdot q}{a \cdot Q + q}, \quad (4.5)$$

în care CBO_5^{adm} este consumul biochimic de oxigen la cinci zile al amestecului de ape uzate, după epurare și din râu; CBO_5^{adm} trebuie să fie mai mic decât cel maxim prevăzut de STAS 4706 (vezi tabelul 4.1), pentru categoria a III-a (12 mgf/dm^3).

Verificarea menționată se poate face și cu ajutorul ecuației (4.6).

B. *Funcție de diluție*, se face cu ecuația:

$$CBO_5^{ap, uz, adm} = \frac{a \cdot Q}{q} (N - CBO_5^r) + N, \quad (4.6)$$

care rezultă din ecuația (4.2), dacă se are în vedere că nu intervine viteza consumului de oxigen, k_1 .

În ambele cazuri, gradul de epurare se determină cu ecuația (4.1).

Exemplul de calcul 4B: Să se determine gradul de epurare necesar din punct de vedere al CBO_5 și să se arate care sunt instalațiile de epurare pentru evacuarea unui debit de ape uzate $q = 0,60 \text{ m}^3/\text{s}$, cu $CBO_5 = 250 \text{ mgf/dm}^3$ și $k_1^{ap, uz} = 0,1$; la distanța $L = 10 \text{ km}$ de secțiunea de evacuare, apa emisarului trebuie să îndeplinească condițiile de calitate corespunzătoare categoriei a II-a; debitul emisarului este $Q = 15 \text{ m}^3/\text{s}$; $V = 0,4 \text{ m/s}$; $H = 1,0 \text{ m}$; $CBO_5^r = 3 \text{ mgf/dm}^3$; $O_2 = 8 \text{ mgf/dm}^3$; $k_1^r = 0,17$ și $k_2^r = 0,32$, ambele în amonte de evacuarea apelor uzate. Distanța, în linie dreaptă, între secțiunea de evacuare și secțiunea de folosință a apei este $l = 9 \text{ km}$. Toate caracteristicile de mai sus sunt date pentru temperatura de 20°C ; descărcarea apelor uzate este prevăzută cu dispozitive de difuzare a apei.

Se determină coeficientul de amestec, pentru a se constata dacă amestecul este complet în secțiunea de calcul; astfel, se determină, în primul rând, coeficientul de difuzie turbulentă, cu ecuația (3.6): $D_T = 0,0025$ și coeficientul α , cu ecuația (3.5): $\alpha = 0,49$. Deoarece $a \approx 1$, rezultă că, până în secțiunea de calcul, amestecul se face complet și, conform §.3.2.1, se va considera $a = 0,8$.

Timpul de parcurgere a apei până în secțiunea de calcul este:

$$t = 9000/86400 \times 0,4 = 0,26 \text{ zile};$$

$$CBO_5^{ap, uz, adm} = 95,62 \text{ mgf/dm}^3.$$

Gradul de epurare este: $\beta = 61,7 \%$.

Conform tabelului 2.1, sunt necesare instalații de epurare mecano-biologică.

Cu ajutorul ecuației (4.5) se verifică dacă gradul de epurare rezultat este suficient și pentru condițiile de calitate a categoriei a III-a, în secțiunea de evacuare a apelor uzate, unde se consideră că amestecul este complet.

$\Rightarrow CBO_5^{adm} = 7,40 \text{ mgf/dm}^3 < 12 \text{ mgf/dm}^3$, deci gradul de epurare de $61,7 \%$ este suficient.

4.3.3. Calculul gradului de epurare necesar din punct de vedere al O₂

Cu ajutorul ecuației (3.14) se determină timpul critic t_{cr} , pentru care se obține în emisar deficitul maxim de oxigen, astfel:

$$t_{cr} = \frac{\lg \left\{ \frac{k_2^r}{k_1^r} \left[1 - \frac{D_a(k_2^r - k_1^r)}{k_1^r \cdot L_a} \right] \right\}}{k_2^r - k_1^r}, \quad (4.7)$$

în care:

k_1^r – este viteza consumului de oxigen al apei râului, în amonte de deversarea apelor uzate;

k_2^r – coeficientul de reaerare a apei râului, în amonte de deversarea apelor uzate;

D_a – deficitul inițial de oxigen din apa râului, în amonte de deversarea apelor uzate;

L_a – consumul primar total de oxigen, al amestecului de apă de râu și apă uzată CBO_{20}^{am} , în secțiunea de deversare a apelor uzate.

Mai întâi se determină deficitul inițial de oxigen D_a , cu relația:

$$D_a = O_2^s - O_2^r, \quad (4.8)$$

în care:

O_2^s este oxigenul dizolvat la saturație din apa râului, la debitul și temperatura de calcul;

O_2^r – oxigenul dizolvat real din apa râului, la debitul și temperatura de calcul (conform măsurătorilor de pe teren).

Apoi, se determină $L_a = CBO_{20}^{am}$ al amestecului de ape uzate și de râu, în secțiunea de evacuare a apelor uzate, cu ecuația (3.2), completată cu coeficientul de amestec, α :

$$L_a = CBO_{20}^{am} = \frac{q \cdot CBO_{20}^{ap, uz, adm} + \alpha \cdot Q \cdot CBO_{20}^r}{q + \alpha \cdot Q}. \quad (4.9)$$

Timpul critic, t_{cr} , se determină, în mod practic, cu diagrama din figura 4.2, calculând, în prealabil, următoarele elemente:

$$\frac{k_2^r}{k_1^r}, \quad \frac{D_a}{L_a}, \quad k_2^r - k_1^r, \quad (4.10)$$

cu care se intră în diagramă.

Conform ecuației (3.12), debitul critic este:

$$D_{cr} = \frac{k_1^r \cdot L_a}{k_2^r - k_1^r} (10^{-k_1^r \cdot t_{cr}} - 10^{-k_2^r \cdot t_{cr}}) + D_a \cdot 10^{-k_2^r \cdot t_{cr}}. \quad (4.11)$$

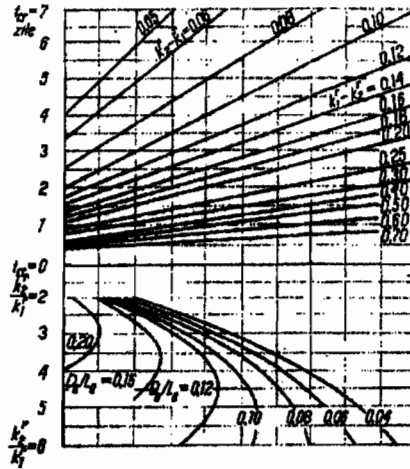


Figura 4.2. Grafic pentru determinarea timpului critic.

Pentru stabilirea valorilor $10^{-k_1 t}$ și $10^{-k_2 t}$ se recomandă folosirea diagramei din figura 4.1.

Se face, apoi, diferența O_2^r , dintre oxigenul de saturație și cel critic:

$$O_2^r = O_s - D_{cr}, \quad (4.12)$$

verificându-se dacă diferența este mai mare sau mai mică decât valoarea oxigenului indicată de STAS 4706 sau tabelul 4.1; dacă diferența este mai mare, calculul din punct de vedere al oxigenului dizolvat este terminat; dacă este mai mică, se procedează în felul următor:

- se determină, în primul rând, o valoare D_{cr}^{max} , astfel încât diferența din relația (4.12) să fie mai mare sau egală cu valoarea oxigenului dată de STAS 4706;
- se alege o valoare t_{cr} și apoi se calculează L_a , cu relația:

$$L_a = CBO_{20}^{am} = \frac{(k_2^r - k_1^r)(D_{cr}^{max} - D_a \cdot 10^{-k_2^r t_{cr}})}{k_1^r (10^{-k_1^r t_{cr}} - 10^{-k_2^r t_{cr}})}; \quad (4.13)$$

- rezultatul se înlocuiește în ecuația (3.14), pentru a vedea dacă t_{cr} , rezultat din aplicarea acestei condiții, corespunde cu cel ales; se fac încercări până se ajunge la corespondență;
- se transformă, apoi, CBO_{20}^{am} în CBO_5^{am} , care trebuie să rămână sub valoarea limită, prevăzută în STAS 4706;
- se determină, apoi, $CBO_5^{ap,uz,adm}$, cu relația (4.6);
- se determină gradul de epurare și se compară cu cel rezultat la calculul referitor la CBO_5 , alegându-se valoarea cea mai mare.

Exemplul de calcul 4C: Folosind datele din exemplul 4B, să se determine volumul de oxigen al emisarului.

Se calculează timpul critic t_{cr} cu ecuația (3.14). În acest scop, se stabilește deficitul de oxigen D_a cu ecuația (4.7); conform tabelului 1.2, la 20°C, $O_2 = 9,17 \text{ mgf/dm}^3$, deci: $D_a = 1,17 \text{ mgf/dm}^3$.

Se calculează, apoi, CBO_{20}^{am} , cu ecuația (4.9):

$$CBO_{20}^{am} = 10,82 \text{ mgf/dm}^3.$$

Timpul critic t_{cr} se determină cu diagrama din figura 4.2, calculând raporturile (4.10): $k_2^r/k_1^r = 1,88$; $D_a / CBO_{20}^{am} = 0,11$; $k_2^r - k_1^r = 0,15$, adică: $t_{cr} = 1,7$ zile.

Deficitul critic se determină cu ecuația (4.11): $D_{cr} = 2,97 \text{ mgf/dm}^3$.

Oxigenul dizolvat pe emisar, unde se produce deficitul critic, este:

$O_2^r = 9,17 - 2,97 = 6,20 \text{ mgf/dm}^3 > 5 \text{ mgf/dm}^3$, adică atât cât trebuie să fie minim pe râu, în conformitate cu STAS 4706.

Gradul de epurare și instalațiile respective au fost prezentate în exemplul 4B.

4.3.4. Calculul gradului de epurare necesar din punct de vedere al pH-ului

Efectuarea acestui calcul pornește de la ecuația:

$$pH = 6,52 + \lg CO_2^{bic} - \lg CO_2^{lib}, \quad (4.14)$$

în care:

$6,52 = \lg k_s$ este logaritmul constantei de disociere a acidului carbonic;

CO_2^{bic} – cantitatea de CO_2 legat, [milivali] sau [mgf/dm^3];

CO_2^{lib} – cantitatea de CO_2 liber, [milivali] sau [mgf/dm^3].

Când conținutul de acid carbonic este exprimat în mgf/dm^3 , pentru trecerea lui în concentrație molară, numărul de $\text{mg } CO_2$ se împarte la 44.

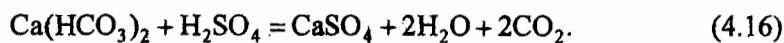
Dacă bicarbonații se exprimă în mgf/dm^3 (HCO_3), recalcularea se face prin introducerea raportului greutateilor moleculare:

$$\frac{61}{44} = 1,39. \quad (4.15)$$

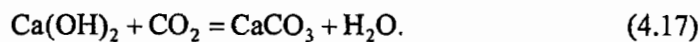
Duritatea permanentă, exprimată în carbonat, este egală cu alcalinitatea (mlN/dm^3) înmulțită cu 2,8.

Pentru calcule, unde sunt necesare aceleași caracteristici, rezultatele analizelor pot fi transformate cu ajutorul datelor din tabelul 4.3.

Când în apă se introduc acizi, neutralizarea se face pe seama bicarbonaților din apă, prin punerea în libertate a acidului carbonic, astfel:



Când în apă se introduc alcali, apa este neutralizată de acidul carbonic liber, astfel:



Coeficienți de transformare a unor determinări

Determinări	Valori echivalente celor determinate			
	Duritate [°]	Alcalinitate [mN/dm ³]	HCO ₃ [mgf/dm ³]	CO ₂ rezultat din bicarbonați [mgf/dm ³]
0	1	2	3	4
1° duritate carbonat	1,0	1,357	21,80	15,70
1 ml alcalinitate normală	2,8	1,000	61,00	44,00
1 mg/dm ³ (HCO ₃)	0,046	0,0164	1,00	0,723
1 mg/dm ³ bicarbonat	0,063	0,0227	1,39	1,00

Neutralitatea alcaliilor se face pe seama distrugerii bicarbonaților, în limitele echilibrului acidului carbonic, astfel:



În literatura de specialitate se subliniază că pH-ul apei emisarului trebuie să rămână cuprins între 6,5 – 8,5. Cercetările efectuate au relevat faptul că, pentru neutralizare, este indicat să se utilizeze o cantitate de cel mult 1/3 din fondul de bicarbonați ai emisarilor.

Ținând cont de cele prezentate mai sus, cantitatea de acid A_c , exprimată în mgf/dm³ (CO₂), se poate stabili cu ajutorul următoarelor ecuații:

$$6,52 - 6,50 = \lg \frac{\text{CO}_2^{lib} + A_c}{\text{CO}_2^{bic} - A_c} = 0,2 \quad (4.19)$$

$$\frac{\text{CO}_2^{lib} + A_c}{\text{CO}_2^{bic} - A_c} = 1,047 \quad (4.20)$$

$$A_c = 0,511 \cdot \text{CO}_2^{bic} - 0,488 \cdot \text{CO}_2^{lib} < 1/3 \text{CO}_2^{bic}. \quad (4.21)$$

Pentru a stabili cantitatea de alcali evacuată A , se folosesc relațiile:

$$6,52 - 8,50 = -1,98 = \lg \frac{\text{CO}_2^{lib} - A}{\text{CO}_2^{bic} + A} \quad (4.22)$$

$$\text{CO}_2^{lib} = 0,0105 \cdot \text{CO}_2^{bic} + 1,0105 \cdot A \quad (4.23)$$

$$A = 0,99 \cdot \text{CO}_2^{lib} - 0,0104 \cdot \text{CO}_2^{bic}. \quad (4.24)$$

4.3.5. Calculul gradului de epurare necesar din punct de vedere al substanțelor toxice

Acest calcul se face cu ajutorul următoarelor ecuații:

$$q \cdot C_{uz} = a \cdot Q \cdot d_{lim} + q(b + d_{lim}) \quad (4.25)$$

$$C_{uz} = d_{lim} \cdot \left(\frac{a \cdot Q + q}{2} \right) + b, \quad (4.26)$$

sau, cu aproximație:

$$C_{uz} = d_{lim} \cdot d' + b, \quad (4.27)$$

în care:

C_{uz} este concentrația maximă de substanță toxică admisă a fi evacuată în emisar, [mgf/dm³];

a – coeficientul de amestec (vezi §.3.2);

d_{lim} – limita maximă admisă de substanță toxică, conform STAS 4706, [mgf/dm³];

b – concentrația de substanță toxică în apa emisarului, înainte de evacuarea apelor uzate, [mgf/dm³];

d' – gradul de diluție (vezi §.3.1);

Q, q – debitul emisarului, respectiv al apelor uzate, [dm³/s].

4.4. Scheme clasice de epurare a apelor uzate

Schema unei stații de epurare reprezintă succesiunea în plan a obiectelor principale din stația de epurare, cu arătarea pozițiilor relative dintre ele. Schema trebuie să pună în evidență, atât circuitul apei, cât și cel al nămolului, indicându-se cotele acestora (în punctele principale).

Schemele de epurare se aleg în funcție de:

- gradul de epurare necesar;
- spațiul disponibil pentru construcția stației de epurare;
- modul de tratare a nămolului;
- felul utilajului care urmează să fie folosit în stația de epurare;
- condițiile locale (geotehnice, aprovizionare cu energie electrică, transport etc.).

Epurarea apelor uzate poate fi mecanică (fig. 4.3), mecano-chimică (fig. 4.4), mecano-biologică naturală (fig. 4.5) și mecano-biologică artificială (fig. 4.6).

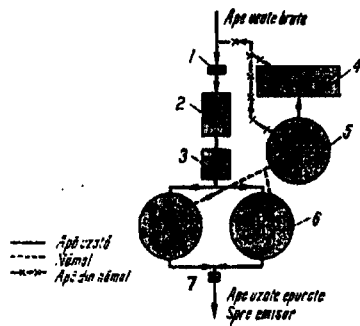


Figura 4.3. Schema epurării mecanice:
 1 – grătare; 2 – deznisipator; 3 – separator de grăsimi; 4 – construcție pentru deshidratarea nămolului; 5 – rezervoare pentru fermentarea nămolului; 6 – decantoare; 7 – stație de clorare.

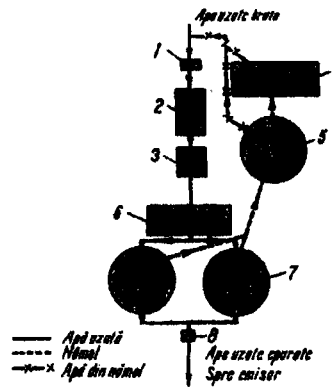


Figura 4.4. Schema epurării mecano-chimice:
 1 – grătare; 2 – deznisipator; 3 – separatoare de grăsimi; 4 – construcții pentru deshidratarea nămolului; 5 – rezervoare pentru fermentarea nămolului; 6 – construcții pentru preparare, dozare, amestec și reacție a reactivilor de coagulare; 7 – decantoare; 8 – stație de clorare.

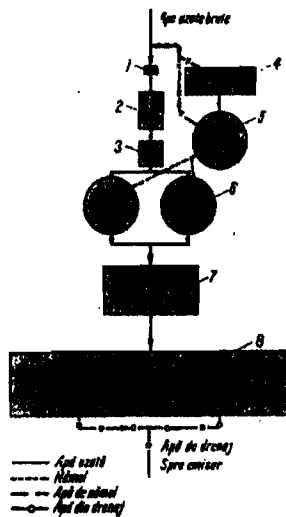


Figura 4.5. Schema epurării mecano-biologice naturale:
 1 – grătare; 2 – deznisipatoare; 3 – separatoare de grăsimi; 4 – construcții pentru deshidratarea nămolului; 5 – rezervoare pentru fermentarea nămolului; 6 – decantoare; 7 – bazin de acumulare; 8 – câmpuri de irigare și filtrare.

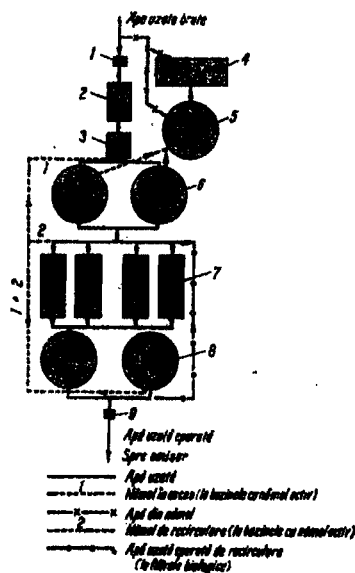


Figura 4.6. Schema epurării mecano-biologice artificiale:
 1 – grătare; 2 – deznisipatoare; 3 – separatoare de grăsimi; 4 – construcții pentru deshidratarea nămolului; 5-1 rezervoare pentru fermentarea nămolului; 6 – decantoare primare; 7 – construcții pentru epurarea biologică artificială (filtre biologice, bazine cu nămol activ etc.); 8 – decantoare; 9 – stație de clorare

Epurarea mecanică a apelor uzate

Epurarea mecanică a apelor uzate vizează:

- reținerea corpurilor și a suspensiilor mari (în grătare, site etc.);
- flotarea suspensiilor mai ușoare decât apa (în separatoare de grăsimi);
- sedimentarea suspensiilor floculente și a celor granulare (în decantoare, respectiv deznisipatoare).

5.1. Reținerea corpurilor și a suspensiilor mari

Construcțiile specifice reținerii corpurilor și suspensiilor mari sunt grătarele și sitele, în care se rețin hârtii, cârpe, materiale plastice etc. Dacă apa uzată este pompată în stația de epurare, sitele și grătarele sunt așezate înaintea stațiilor de pompare.

5.1.1. Grătare

Grătarele sunt alcătuite din bare metalice și sunt de două tipuri:

- rare;
- dese.

La grătarele rare, distanța dintre bare este de 2,5+8,0 cm, iar la cele dese, între 1,5 și 2,5 cm. Grosimea barelor este de 8+12 cm.

Grătarele rare sunt curățate manual, iar cele dese, mecanic.

După forma în plan, grătarele pot fi:

- plane;
- radiale;
- curbe etc.

La stațiile de epurare mici (sub 5000 de locuitori), grătarele sunt așezate de obicei în canalul de aducțiune, curățarea putându-se efectua prin scoaterea grătarului din canal și îndepărtarea depunerilor.

La stațiile de epurare mari, unde se folosesc grătare cu curățare mecanică, acestea sunt așezate, de obicei, în camere special amenajate, pentru protejarea mecanismelor.

Se recomandă ca grătarele cu curățare manuală să fie așezate cu o înclinare, față de orizontală, de 30–45°, atât pentru o mai ușoară curățare, cât și pentru realizarea unei suprafețe mai mari de traversare a apei prin grătar.

Grătarele cu curățare mecanică sunt așezate, față de orizontală, cu înclinări de 60–75°, uneori chiar 90°.

Pentru curățarea manuală a grătarelor se folosesc greble sau alte scule, confecționate în acest scop. Pentru a evita deversarea apei în zona grătarului peste

pereții acestuia, datorită înfundării lui, se execută un by-pass, accesul în acesta fiind protejat cu bare așezate la distanță de 10 cm, unele de altele.

Grătarele cu curățare mecanică acționează, de obicei, intermitent, fiind comandate de un plutitor, care pune în mișcare mecanismul, când pierderea de sarcină prin grătar a depășit o anumită valoare. Materialul colectat este vehiculat, printr-o rigolă, către o platformă de colectare sau către un dezintegrator.

Camera grătarelor trebuie să aibă o lățime mai mare decât canalul de acces, iar, imediat în aval de grătar, radierul trebuie să fie coborât cu 7,5÷15 cm. Îndeosebi la grătarele cu curățare manuală, la capătul de sus al acestora se construiește o pasarelă sprijinită de pereții canalului cu o lățime de minimum 1,5 m, de pe care se face curățarea.

Pentru debitele mari, curățarea se face automat.

În ceea ce privește *proiectarea*, debitele de calcul ale grătarelor sunt prezentate în tabelul 1.4.

Viteza apei în amonte de grătar, V_a , trebuie să fie suficient de mare, pentru a nu se produce depunerea suspensiilor din apă și, în același timp, să nu depășească anumite limite, pentru a nu disloca reținerile de pe grătar. Limita inferioară se ia 0,4 m/s, iar cea superioară, 0,6 m/s; unele tratate de specialitate admit viteze mai mari, chiar până la 0,9 m/s, pentru debite maxime și de ploaie.

Viteza apei printre interspațiile grătarului, V_g , trebuie să fie de maximum 0,7 m/s pentru debitul zilnic mediu și maximum 1,0 m/s – pentru debitul orar maxim.

Pierderea de sarcină prin grătare, h_g , trebuie aleasă astfel încât să nu se producă un remuu prea mare, care să pună sub presiune canalul de ape uzate, care intră în stație.

Pierderea de sarcină se calculează cu relația:

$$h_g = \beta \cdot \left(\frac{a}{b}\right)^{\frac{4}{3}} \cdot \sin \theta \cdot \frac{V_a^2}{2g} \quad [\text{m}], \quad (5.1)$$

în care:

β este un coeficient de formă a barelor și se ia conform tipului de secțiune al barei (2,42 – pentru dreptunghi; 1,79 – pentru cerc);

a – lățimea barelor, egală cu 8 – 12 mm, [mm] (în general, lățimile și alte detalii sunt date de firmele furnizoare);

b – lățimea interspațiilor dintre bare, [m];

V_a – viteza apei, în amonte de grătar, [m/s];

θ – unghiul pe care îl face grătarul cu orizontala, [°].

Pierderile de sarcină nu trebuie să depășească 15 cm – pentru grătarele cu curățare manuală, iar la cele cu curățare mecanică – acestea se reglează; în calcule, nu trebuie considerată niciodată o pierdere de sarcină mai mică de 10 cm.

Pentru o bună funcționare, camera grătarului trebuie să aibă o pantă de cel puțin 0,001.

Lățimea camerei grătarului, B_c , care este mai mare decât cea a canalului amonte, se stabilește cu formula:

$$B_c = \sum b \cdot \left(\frac{a+b}{b} \right) + C \quad [\text{m}], \quad (5.2)$$

în care:

$\sum b$ este suma lățimii interspațiilor dintre barele grătarului, [m]:

$$\sum b = \frac{Q_c}{V_{g \max} \cdot h_{\max}}, \quad (5.3)$$

în care:

$V_{g \max}$ – viteza maximă a apei, printre interspațiile grătarului, [m];

h_{\max} – adâncimea maximă a apei, în fața grătarului, corespunzătoare vitezei și debitului maxim, [m];

Q_c – debitul de calcul al grătarului, [dm³/s];

a – lățimea unei bare, [mm];

b – lățimea interspațiilor dintre barele grătarului, [mm];

C – lățimea pieselor de prindere a grătarului în pereții camerei, [m], de obicei 0,25 – 0,30 m

Cantitatea de rețineri pe grătar (tabelul 5.1) depinde de:

- mărimea interspațiilor;
- sistemul de canalizare;
- volumul apelor uzate industriale etc.

În medie, pentru apele uzate orășenești, aproximativ 85% din substanțe sunt organice, iar restul sunt de natură minerală; greutatea specifică a reținerilor este de circa 750 kgf/m³.

Tabelul 5.1

Cantități de rețineri pe grătare

Lățimea interspațiilor între bare [mm]	Cantitatea de rețineri la curățare [dm ³ /om și an]	
	manuală	mecanică
16	5,0	6,0
20	4,0	5,0
25	3,0	3,5
30	2,5	3,0
40	2,0	2,5
50	1,5	2,0

5.1.2. Site

Sitele constau din discuri perforate, împletituri de sârmă inoxidabilă sau grătare cu interspații foarte mici între bare. În mod normal, deschiderile sunt cuprinse între 1,0 – 1,5 mm. În prezent, sitele sunt folosite foarte rar, mai ales când se consideră necesară îndepărtarea corpurilor și suspensiilor mai fine.

Reținerile pe site variază între 6 – 30 dm³/om și an, depinzând de dimensiunile ochiurilor.

5.1.3. Prelucrarea substanțelor reținute pe grătare și site

Substanțele reținute la stațiile mici de epurare sunt depozitate în depresiuni, gropi de gunoi etc., iar la stațiile mari sunt deshidratate și apoi incinerate sau fermentate, uneori împreună cu gunoiul menajer.

În prezent, în multe stații de epurare, reținerile se fărâmițează și apoi se reintroduc în apa brută, cu ajutorul *dezintegratoarelor* (mori de fărâmițare). Acestea folosesc pentru fărâmițare, ciocane, cuțite sau alte dispozitive asemănătoare.

5.1.4. Grătare tăietoare

Grătarele tăietoare se mai numesc și cominutoare; acestea au, încorporat în ele, mecanisme de tăiere (fărâmițare) a reținerilor pe care, apoi, le antrenează în celelalte instalații ale stației de epurare. Folosirea cominutoarelor evită producerea de mirosuri neplăcute în apropierea grătarelor, mirosuri degajate de intrarea în fermentație a reținerilor.

Cominutoarele constau dintr-un tambur cu fante, pe care se găsesc o serie de dinți și bare de fărâmițare, care se rotesc în fața unor dinți așezați în interiorul unui cilindru, având diametrul mai mare decât cel al tamburului.

Când apa are nisip, cominutoarele se defectează destul de repede, astfel că, în cazul epurării apelor uzate provenite din sistemul unitar, ele sunt așezate după deznisipatoare.

Exemplul de calcul 5A: Să se dimensioneze grătarele unei stații de epurare pentru un oraș cu 25.000 de locuitori, canalizat în sistem unitar (fig. 5.1).

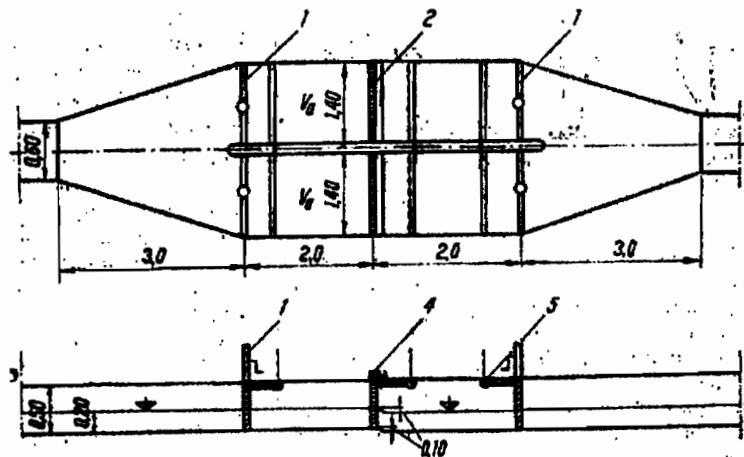


Figura 5.1. Secțiune prin grătar:

1 – stăvilar; 2 – grătar; 3 – balustradă; 4 – jgheab; 5 – platformă.

Debitele de calcul, conform tabelului 1.4, sunt: de dimensionare $2Q_{u o \max}$, de verificare $Q_{u o \min}$. Debitele caracteristice, calculate în conformitate cu STAS 1343 și 1846, sunt: $Q_{u zi \text{ med}} = 80 \text{ dm}^3/\text{s}$; $Q_{u zi \text{ max}} = 100 \text{ dm}^3/\text{s}$; $Q_{u o \text{ max}} = 130 \text{ dm}^3/\text{s}$; $Q_{u o \text{ min}} = 35 \text{ dm}^3/\text{s}$. Se recomandă proiectarea a două grătare active; în consecință, fiecare grătar va trebui să prelucreze un debit de $130 \text{ dm}^3/\text{s}$.

Tipul grătarului ales: curățire mecanică, perpendicular pe radierul camerei, $\theta = 90^\circ$.

Dimensiunile camerei grătarului se aleg ținând seama că în canalul de aducțiune a apei, la debitul orar maxim, nivelul apei este de 0,20 m, nivel care urmează a se păstra și în camera grătarului. Pentru o viteză a apei prin grătar $V_g = 0,9 \text{ m/s}$, din ecuația (5.3), suma lășimii spașiiilor între grătare este: $\sum b = 0,72$; pentru un grătar cu bare rotunjite la partea amonte, de grosime $s = 10 \text{ mm}$ și cu interspașii de $b = 20 \text{ mm}$, lășimea camerei B_o , conform ecuașiei (5.2) este: $B_c = 1,40 \text{ m}$.

Viteza apei în amonte de grătar rezultă din ecuașia: $V_a = 74 \times R^{2/3} \times I^{1/2}$; $R = (1,4 \times 0,20) (1,4 + 2 \times 0,20) = 0,15$; $R^{2/3} = 0,28$; luând panta recomandată $I = 0,001$, rezultă $I^{1/2} = 0,032$ și, deci, $V_a = 74 \times 0,28 \times 0,32 = 0,66 \text{ m/s}$, viteză care se încadrează în limitele recomandate.

Pierderea de sarcină prin grătar este, conform ecuașiei (5.1), $h_g = 0,03 \text{ m}$; se va considera o pierdere de sarcină de minimum 0,1 m.

Verificarea la debitul minim, ($Q_{u o \text{ min}} = 0,035 \text{ m}^3/\text{s}$) este necesară pentru ca viteza apei în amonte de grătar, la acest debit, să nu coboare sub 0,4 m/s; din ecuașia $Q = A \times V$, rezultă $h = 0,06 \text{ m}$, înălșimea apei în amonte de grătar, la debitul minim; $V_a = 0,035 / 0,06 \times 1,40 = 0,416 \text{ m/s}$, cu puțin mai mare decât viteza minimă recomandată.

Cantitatea de reșineri, conform tabelului 5.1, rezultă a fi:

$$25.000 \times 5 = 125.000 \text{ dm}^3/\text{om și an.}$$

5.2. Flotarea suspensiilor mai ușoare decât apa

Scopul flotării este separarea din apele uzate, a uleiurilor, grăsimilor sau a altor substanșe, mai ușoare decât apa, care se ridică la suprașafa acesteia, în zonele liniștite și cu viteză orizontală mică.

Modul de îndepărtare, de la suprașafa apei, a substanșelor separate poate fi:

- manual;
- mecanic.

Flotarea se realizează în bazine de flotare (separatoare de grăsimi și uleiuri).

Amplasarea separatoarelor de grăsimi se face astfel:

– după deznisipatoare, în cazul reșelelor de canalizare construite în sistem unitar;

– după grătare, în sistem divizor, când lipsește din schemă deznisipatorul.

Construcșia separatoarelor de grăsimi este obligatorie în cazul când apele conșin mai mult de 150 mgf/dm^3 substanșe extractibile în eter de petrol, care nu

sunt separabile la suprafața apei și nici posibil de evacuat, în mod obișnuit, prin decantare primare.

În cazul în care epurarea mecanică este urmată de o epurare biologică, realizată în filtre biologice sau câmpuri de irigare, se prevăd de asemenea, în mod obligatoriu, separatoare de grăsimi, independent de concentrație.

Eficiența flotării poate fi îmbunătățită prin introducerea – ca agent de flotare – de aer, difuzat prin intermediul plăcilor poroase, al tuburilor găurite etc.; de asemenea, uneori, împreună cu aerul, se adaugă clor gazos.

În figura 5.2 este prezentat un separator de grăsimi cu insuflare de aer și pereți despărțitori în secțiune transversală. În compartimentul central se produce amestecul aerului cu apa, iar în cele două compartimente laterale, unde suprafața apei rămâne liniștită, se realizează separarea substanțelor ușoare. Remarcăm că ieșirea apei din bazin se face pe la partea inferioară a acestuia, printr-un canal de dimensiuni mici, în zona unde cantitatea de substanțe ușoare este mai mică. Datorită vitezelor mari ale apei, toate suspensiile sunt antrenate prin canalul de evacuare către instalațiile următoare. Substanțele ușoare, separate la suprafața apei, sunt îndepărtate din bazinul de flotare prin jgheabul aval, prin ridicarea nivelului apei, din timp în timp.

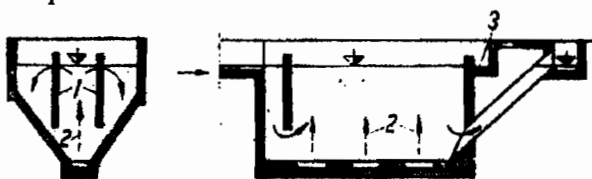


Figura 5.2. Separator clasic de grăsimi:

1 – pereți despărțitori; 2 – aer; 3 – jgheab.

Îndepărtarea substanțelor separate în bazinele de flotare se poate face și prin intermediul unor conducte, găurite la partea superioară, reglabile din punct de vedere al imersiei, prin jgheaburi plutitoare etc.

Datorită poluării accentuate a substanțelor separate în bazinele de flotare, acestea nu pot fi recuperate, ele fiind îngropate, arse sau fermentate în bazinele de fermentare ale stației de epurare.

Proiectarea bazinei de flotare, care tratează ape uzate provenite din sistemul separativ de canalizare, se face la debitul zilnic maxim $Q_{z1 \max}$ și se verifică la debitul minim; pentru sistemul unitar de canalizare, aceste debite se dublează.

În privința eficienței separării, respectiv a dimensiunilor bazinei, este de mai mare importanță suprafața de separare, decât timpul de rămânere a apei în bazin.

Astfel, suprafața de separare se calculează cu relația:

$$A_0 = \frac{Q_c}{V_a}, \quad (5.4)$$

în care:

Q_c este debitul de calcul ($Q_{z1 \max}$);

V_a – viteza ascensională minimă.

Cea mai mică viteză ascensională corespunde ajungerii, la suprafața apei, a celei mai mici particule, dacă se dorește o anumită eficiență. Această viteză se stabilește prin determinarea timpului cerut pentru ca o parte din totalul de substanțe ușoare să se ridice la suprafața apei, într-un cilindru înalt. Astfel, cea mai mică viteză ascensională este dată de ecuația:

$$V_a = \frac{h_c}{t_s}, \quad (5.5)$$

în care:

h_c este înălțimea cilindrului, [m];

t_s – timpul de staționare, [h].

Pentru o eficiență de 95%, normele elvețiene pentru dimensionarea separatoarelor, în care se separă grăsimi cu particule mai mici de 0,25 mm, sunt date în tabelul 5.2.

Tabelul 5.2

Norme pentru dimensionarea separatoarelor

Greutatea specifică a grăsimilor, [kgf/dm ³]	Viteza ascensională minimă V_a [m/h]	Suprafața separatorului pentru $Q = 1$ dm ³ /s, [m ²]
0	1	2
0,75	22,5	0,16
0,80	18,0	0,20
0,85	13,5	0,27
0,90	9,0	0,40

Pentru o încărcare superficială de 8,0 – 14,0 m³/m²/h, normativele prevăd un timp de separare de 5 – 10 min; timpul mai mic se consideră în cazul insuflării de aer în bazin. Imhoff și Fair recomandă ca timp maxim de separare 3 minute.

Lățimea bazinelor de separare se recomandă a fi de 2,0–4,0 m, adâncimea de 1,20–2,75 m, iar lungimea sub 20 m.

Pentru distribuția prin plăci poroase, cantitatea de aer insuflată prin radier se ia 0,3 m³ aer/m³ apă uzată și oră, iar în cazul distribuției prin tuburi perforate, 0,6 m³ aer/m³ apă uzată și oră.

Cantitatea de clor se ia 1,0–1,5 mgf/dm³.

Volumul substanțelor separate se apreciază la 1 – 5 dm³/om și an.

Exemplul de calcul 5B: Să se dimensioneze separatorul de grăsimi, folosind datele din exemplul 5A și considerând greutatea specifică a grăsimilor de 0,9 kgf/dm³ (fig. 5.3).

Secțiunea orizontală a separatorului, conform prevederilor Normativului C 90, pentru $V_a = 10$ m³/m²/h este $A_0 = Q_0/V_a = 0,100 \times 3600/10 = 36$ m²; ținând cont de valorile din tabelul 5.2, $A_0 = 0,40 \times 100 = 40$ m².

Se alege secțiunea transversală din figura 5.3, ale cărei dimensiuni se încadrează în cele recomandate anterior ($A_{tr} = 2,25$ m²).

Lungimea separatorului este:

$$L = A_0 / B = 40 / 2 = 20 \text{ m.}$$

Volumul separatorului este:

$$V_{sep} = A_{tr} \times L = 2,25 \times 20 = 45 \text{ m}^3.$$

Timpul de traversare a separatorului este:

$$t = V_{sep} / Q_c = 45 / 0,1 = 450'' = 7,5 \text{ min.}$$

Timpul de traversare fiind destul de mare, nu se prevede insuflare de aer.

Volumul de grăsimi separate este:

$$V_g = 25000 \times 1 \text{ dm}^3/\text{loc și an} = 25000 \text{ dm}^3/\text{an.}$$

Colectarea grăsimilor se propune să se realizeze

prin conducte găurite, reglabile pe verticală (din punct de vedere al submersiei).

Verificarea la $2Q_{u o \text{ max}}$ conform tabelului 1.2, datorită posibilității de reglare a conductelor găurite, nu mai este necesară.

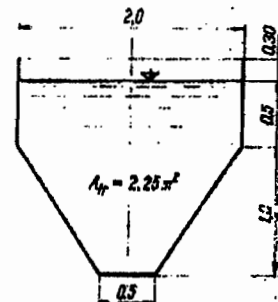


Figura 5.3.

5.3. Sedimentarea suspensiilor granulare și floculente

Sedimentarea este procesul de tratare a apei, în scopul depunerii (reținerii) particulelor din apă, cu greutate specifică mai mare decât a apei.

În scopul sedimentării, apa este trecută prin bazine de sedimentare sau decantare.

Procesul de sedimentare, pentru apele uzate, se realizează în:

– deznisipatoare, unde se separă suspensiile granulare (nisip, particule minerale etc.), sub formă de particule discrete, care sedimentează independent unele de altele;

– decantare primare, unde se separă suspensiile floculente, constituite din particule ce formează aglomerații mari sau flocoane (materii organice în suspensie – din apele uzate, flocoane de fier sau alaun, nămol activ etc.);

– decantare finale sau secundare, unde se rețin, de asemenea, suspensii floculente (nămol activ, peliculă biologică etc.), ca rezultat al epurării biologice a apei uzate;

– bazine pentru apele de ploaie, care sunt, de fapt, tot bazine de sedimentare în care se realizează o decantare grosieră.

De cele mai multe ori, pentru proiectarea deznisipatoarelor și decantoarelor trebuie să se facă studii de laborator, în conformitate cu STAS 4162, sau să se folosească date obținute de la alte stații de epurare, similare. Apa uzată, folosită pentru aceste studii, reprezintă media unor probe de apă, luate de obicei din oră în oră, pe o perioadă de maximum 8 ore.

La fel ca pentru apele de alimentare, în cadrul studiilor de laborator trebuie să se stabilească relația între:

- cantitatea de suspensii depuse, [%] și timpul de sedimentare;
- cantitatea de suspensii depuse, [%] și viteza de sedimentare.

5.3.1. Deznisipatoare

Deznisipatoarele sunt folosite, în prezent, în mod curent, pentru apele uzate provenite din rețelele dimensionate atât în sistem divizor, cât și unitar. Deznisipatoarele care tratează ape uzate provenite din sistemul unitar sunt folosite, de obicei, numai pentru debite care depășesc $3.000 \text{ m}^3/\text{zi}$ (circa 10.000 loc.).

Deznisipatoarele se amplasează după grătare și înaintea separatoarelor de grăsimi, decantoarelor primare sau stației de pompare a apei uzate, în cazul când aceasta intră în componența stației de epurare; amplasarea deznisipatoarelor după stația de pompare se face numai în cazul stațiilor de pompare echipate cu pompe melc.

După direcția de curgere a apei în ele, deznisipatoarele sunt de două tipuri:

- orizontale;
- verticale.

Alegerea tipului de deznisipator se face în funcție de:

- debitul apelor uzate;
- cantitatea nisipului;
- spațiul disponibil în stația de epurare;
- pierderea de sarcină, admisibilă prin deznisipatoare;
- echipamentele folosite etc.

Pierderea de sarcină poate varia între 6 și 60 cm. Pierderile de sarcină mai mari sunt datorate, îndeosebi, necesității de a instala dispozitive de menținere constantă a vitezei ($\approx 0,3 \text{ m/s}$), la deznisipatoarele orizontale. La variațiile de debit, menținerea constantă a vitezei este necesară, atât pentru a evita depunerea substanțelor în suspensie floculente (cu conținut de substanțe organice putrescibile), când viteza scade sub valoarea de $0,3 \text{ m/s}$, cât și pentru a împiedica antrenarea nisipului depus, când viteza depășește această valoare.

Deznisipatoarele orizontale sunt folosite în special în stațiile mici de epurare (fig. 5.4.). Menținerea vitezei constante la variațiile de debit se realizează la acest tip de deznisipatoare, prin forma secțiunii transversale (trapez), iar curățarea nisipului se face manual, prin oprirea câte unui compartiment, din când în când; în acest scop, la intrarea și ieșirea din fiecare compartiment se găsesc stăvilare, manevrate manual. Pentru curățare, se închid stăvilarele compartimentului care trebuie curățat, se deschide vana de pe tubul de drenaj și se evacuează apa din deznisipator. Pentru ca, o dată cu evacuarea apei, să nu fie antrenat și nisipul depus, de jur-împrejurul drenului se așază un filtru invers de pietriș. Evacuarea nisipului se face cu lopata. Deoarece este impurificată, apa evacuată din deznisipator este întoarsă în stație.

Pentru înmagazinarea nisipului, acumulat între două curățări, se lasă un spațiu corespunzător, în funcție de cantitatea de nisip, care se presupune că se acumulează. Uscarea și depozitarea temporară a nisipului evacuat se face pe platforme betonate, așezate lângă deznisipator, apa rezultată fiind – de asemenea – retrimisă în stația de epurare.

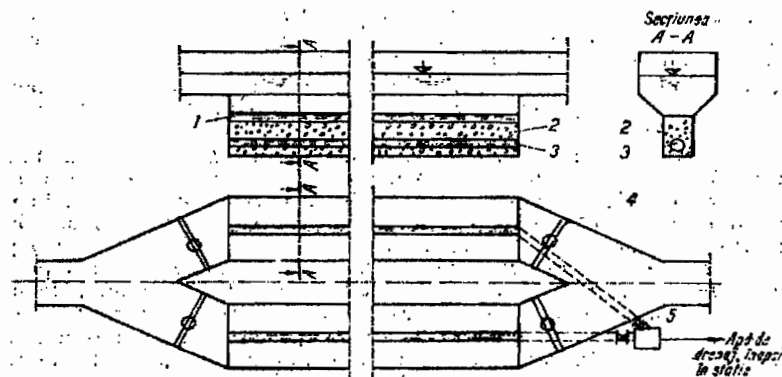


Figura 5.4. Deznisipator orizontal cu curățire manuală:

1 – spațiu pentru acumularea nisipului între două curățiri; 2 – filtru invers;
3 – dren; 4 – stăvilar; 5 – vană.

Grătarul și deznisipatorul se racordează prin intermediul unei camere de racordare, care realizează – în deznisipator – o liniștire și o distribuție uniformă a apei.

Pentru stațiile mari de epurare, deznisipatoarele se caracterizează prin:

- prezența unor dispozitive de menținere constantă a vitezei;
- echipamentul de curățare mecanică a nisipului.

La deznisipatoarele care trebuie să prelucreze debite importante, pentru menținerea constantă a vitezei se folosesc mai multe compartimente, care intră sau ies din funcțiune (uneori, automat), în funcție de debitul care trebuie tratat. Tot pentru debite mari, la deznisipatoarele ale căror secțiune transversală este dreptunghiulară, se folosesc, la capătul aval, deversoare astfel dimensionate (fig. 5.5), încât la variația înălțimii apei în deznisipator, ca urmare a variației debitului, să se mențină o viteză constantă.

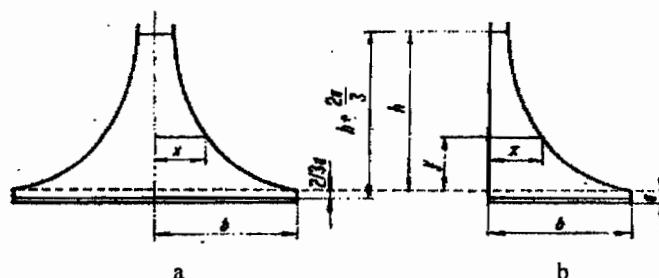


Figura 5.5. Deversoare tip proporțional (a) și Suto (b).

În prezent, la numeroase deznisipatoare mari, având, în mod obligatoriu, o secțiune transversală parabolică, pentru menținerea vitezei constante se folosesc canale cu secțiunea strangulată, așezate în aval de deznisipator și care servesc, în același timp, pentru stabilirea debitului care trece prin deznisipator. Aceste canale cu secțiunea strangulată sunt cunoscute sub numele de canale sau debitmetre tip

bazinului (sau fundul cilindrului de sticlă, în care s-au făcut determinările, în perioada de timp afectată pentru sedimentare). Datorită vâscozității apei, sedimentarea particulelor, în special a celor ușoare, întâmpină o rezistență, care este cu atât mai mare, cu cât vâscozitatea apei este mai mare. Se știe că vâscozitatea apei crește o dată cu micșorarea temperaturii, deci eficiența sedimentării crește o dată cu micșorarea temperaturii.

Vitezele de sedimentare V_s ale particulelor de diferite dimensiuni, după K. Imhoff, sunt date în tabelul 5.3, datele fiind stabilite pentru temperatura de 15°C.

Tabelul 5.3

Viteze de sedimentare, [mm/s], în funcție de diametrul granulelor

Diametrul granulei, [mm]	1,0	0,5	0,2	0,1	0,05	0,01	0,005
Nisip ($\gamma = 2,65 \text{ tf/m}^3$)	140	72	23	7	1,7	0,08	0,02
Cărbune ($\gamma = 1,6 \text{ tf/m}^3$)	42	21	7	2	0,4	0,02	0,0004
Solide din apele uzate orășenești ($\gamma = 1,20 \text{ tf/m}^3$)	34	17	5	0,8	0,2	0,008	0,002

În general, în deznisipatoare se rețin particule de nisip cu dimensiuni mai mici de 0,20–0,25 mm, până la maximum 1,00 mm.

Legat de eficiența deznisipatoarelor, în afară de viteza de sedimentare există încă două viteze semnificative, și anume:

- viteza orizontală V_0 , cu care apa uzată se mișcă în bazin;
- viteza de antrenare critică V_{cr} a depunerilor de pe radierul bazinului.

Viteza orizontală cu care se mișcă apa uzată în bazin trebuie să fie mai mică sau egală cu viteza critică, pentru care sunt antrenate substanțele organice depuse pe radier, nu însă și sedimentele. În tabelul 5.4 sunt prezentate vitezele critice (stabilite de Camp și Shields) care pot fi luate în calcul ca viteze orizontale.

Tabelul 5.4

Viteze orizontale, [mm/s], în funcție de diametrul granulelor

Diametrul granulelor, [mm]	1,0	0,5	0,2	0,1	0,05	0,01	0,005
Nisip ($\gamma = 2,65 \text{ tf/m}^3$)	410	300	190	130	90	41	30
Cărbune ($\gamma = 1,6 \text{ tf/m}^3$)	230	160	100	70	50	23	16
Solide din apele uzate orășenești ($\gamma = 1,20 \text{ tf/m}^3$)	180	130	80	55	40	18	13

Viteza orizontală V_0 în deznisipator se ia 0,3 m/s, pentru debitul orar maxim și 0,05 m/s, pentru debitul orar minim (conform normativului C90).

Debitele de dimensionare și verificare a deznisipatoarelor sunt indicate în tabelul 1.4.

Durata de trecere (traversare) a apei uzate prin deznisipator trebuie să fie de 30–50 s.

La un deznisipator, trebuie prevăzute minim 2 compartimente, ele fiind exploatate periodic, alternativ. Se recomandă ca lățimea unui compartiment să nu depășească 3,0 m (unii autori admit lățimi de până la 5,0 m). Adâncimea deznisipatoarelor nu va depăși 1,5 m. Lungimea deznisipatoarelor poate varia între 12 și 36 m. Radierul deznisipatorului trebuie să fie cu 15–45 cm mai jos decât cel al canalului amonte și, totodată, orizontal, pentru a se împiedica reținerea substanțelor floculente.

Secțiunea transversală a deznisipatoarelor orizontale se determină cu relația:

$$A_{tr} = \frac{Q_c}{V_o} \quad [\text{m}^2], \quad (5.6)$$

în care:

Q_c este debitul de calcul al deznisipatorului, [m^3/s] (vezi tabelul 1.4);

V_o – viteza orizontală, [m/s] (vezi tabelul 5.4).

Secțiunea orizontală a deznisipatorului rezultă în urma împărțirii debitului de calcul la viteza de sedimentare, dar ținând seama de curenții care se formează în deznisipator (datorită vântului și turbulenței), ea trebuie mărită cu 30–50%, uneori chiar mai mult:

$$A_o = (1,3 + 1,5) \frac{Q_c}{V_s} \quad [\text{m}^2], \quad (5.7)$$

în care V_s este viteza de sedimentare, [m/s] (vezi tabelul 5.3).

Lungimea deznisipatorului se calculează cu relația:

$$L = V_o \cdot t \quad [\text{m}], \quad (5.8)$$

în care t este timpul de rămânere a apei în deznisipator (30÷50 s).

Ținând cont de factorii care contribuie la neuniformitatea mișcării apei în deznisipator, lungimea rezultată din ecuația (5.8) trebuie mărită cu 50%, uneori chiar cu mai mult.

Se recomandă ca raportul între lungimea și lățimea deznisipatorului să fie cuprins între 10 și 15.

La debitul orar minim, în spațiul de împreunare a grătarului cu deznisipatorul, viteza apei va fi de cel puțin 0,4 m/s.

La proiectarea deznisipatoarelor, trebuie să se aibă în vedere că nivelul apei în acestea se transmite în spațiul de împreunare și, mai departe, în grătare.

Dispozitivele de menținere a vitezei constante implică o serie de calcule pentru dimensionarea secțiunii transversale a deznisipatorului, canalelor cu secțiunea strangulată (tip Venturi sau Parshall), deversoarelor proporționale sau Sutro etc.

Cel mai des utilizate sunt deznisipatoarele cu secțiuni parabolice, urmate de canale strangulate tip Venturi (debitmetre Venturi).

Forma parabolei secțiunii transversale a deznisipatorului este dată de ecuația:

$$\left(\frac{B}{2}\right)^2 = 2 \cdot p \cdot h, \quad (5.9)$$

în care:

B este lățimea secțiunii parabolei, la partea superioară;

h – înălțimea secțiunii parabolei;

p – parametrul parabolei.

Pentru dimensionarea canalelor și debitmetrelor, literatura de specialitate recomandă următoarea succesiune a calculelor, cu ecuațiile și notațiile aferente:

- se alege lățimea canalului B , amonte (fig. 5.7), în funcție de debit (de exemplu: 0,6; 0,8; 1,0);

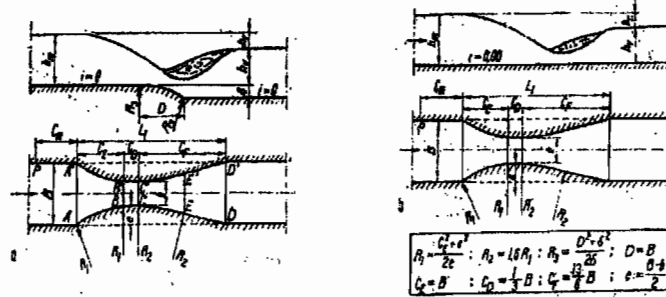


Figura 5.7. Plan și secțiune printr-un canal tip Venturi:

a – cu fundul coborât; b – cu fundul horizontal.

- se stabilește raportul de similitudine, cu ecuația:

$$\alpha_e = \frac{B_n}{B_m}, \quad (5.10)$$

în care:

B_n este lățimea canalului B , ales ca mai sus;

B_m – lățimea canalului folosit ca model hidraulic, care a stat la baza stabilirii diagramelor și ecuațiilor respective (fig. 5.8÷5.10);

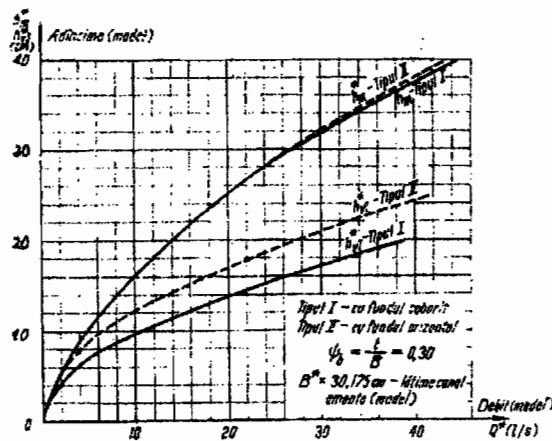


Figura 5.8. Caracteristicile de debit pentru canalele Venturi cu $\Psi_b = 0,3$.

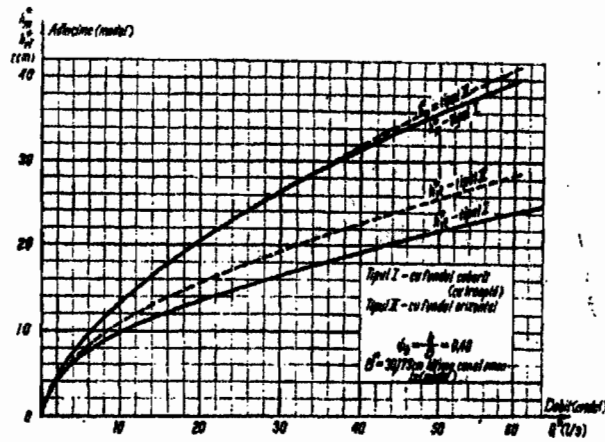


Figura 5.9. Caracteristicile de debit pentru canalele Venturi cu $\Psi_b = 0,4$.

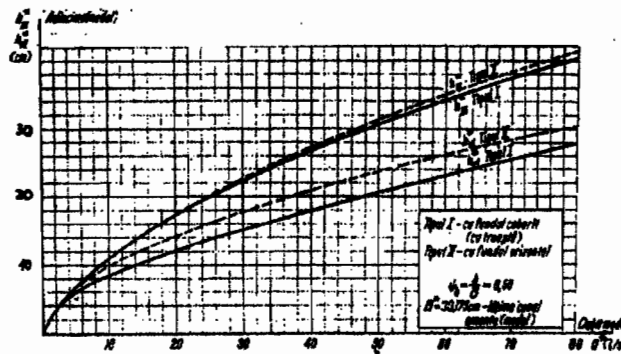


Figura 5.10. Caracteristicile de debit pentru canalele venturi cu $\Psi_b = 0,5$.

- se alege coeficientul de strangulare Ψ , în funcție de debit (fig. 5.8+5.10):

$$\Psi = \frac{b}{B_n}, \quad (5.11)$$

în care b este lățimea canalului în zona strangulată (vezi fig. 5.7);

- se calculează valoarea lui b , cu relația:

$$b = \Psi \cdot B_n; \quad (5.12)$$

- cu ajutorul ecuației:

$$Q_n = (\alpha_z)^{5/2} \cdot Q_m^*, \quad (5.13)$$

în care:

Q_n este debitul de calcul al canalului;

Q_m^* – debitul de calcul al modelului care a stat la baza cercetărilor; se calculează Q_m^* și, folosind diagramele din figurile 5.8+5.10, se obțin h_{model} av (h_{vl}^*)

și $h_{model\ am} (h_m^*)$, care sunt înălțimile în amonte și în aval de strangulare, pe model, din ecuația:

$$h_n = \alpha_e \cdot h_{model}^* \quad (5.14)$$

în care $h_n = h_{natură}$.

Folosind valorile $h_{model\ av}^*$ și $h_{model\ am}^*$, rezultă $h_{natură\ av}$ și $h_{natură\ am}$, care sunt înălțimile de apă în aval și în amonte de secțiunea strangulată în natură, pe canalul care se dimensionează.

Dimensiunile canalului în zona strangulată se stabilesc cu ajutorul următoarelor ecuații:

$$e = \frac{B - b}{2}; \quad (5.15)$$

$$C_E = B; \quad (5.16)$$

$$R_1 = \frac{C_E^2 + e^2}{2e}; \quad (5.17)$$

$$R_2 = 1,6 \cdot R_1; \quad (5.18)$$

$$C_D = \frac{1}{3}B; \quad (5.19)$$

$$C_F = \frac{13}{6}B. \quad (5.20)$$

Cantitatea de nisip care poate fi colectată de deznisipator depinde de felul pavajului și modul de întreținere a acestuia, condițiile climatice, sistemul de canalizare, tipul apelor industriale etc. Literatura de specialitate admite, în general, o cantitate de nisip de $5 \div 12 \text{ dm}^3/\text{om}$ și an.

Debitmetrele Venturi trebuie amplasate pe un canal, în aliniament, care trebuie să aibă o lungime de $(6 \div 16) h_{natură\ am}$, iar în aval, $10 \div 15 \text{ m}$.

Exemplul de calcul 5C: Să se dimensioneze deznisipatorul orizontal din figura 5.11, folosind datele de bază din exemplul 5A; granulele de nisip au dimensiunea de $0,2 \text{ mm}$.

Debitul de dimensionare, conform tabelului 1.4, este $2Q_{u_0\ max} = 2 \times 130 \text{ dm}^3/\text{s}$.

Conform recomandărilor anterioare, se proiectează un deznisipator cu două compartimente, fiecare prelucrând un debit de $130 \text{ dm}^3/\text{s}$.

Secțiunea transversală a unui compartiment, pentru o viteză orizontală $V_o = 190 \text{ mm/s}$ (vezi tabelul 5.4), este: $A_{tr} = 0,130 / 0,19 = 0,68 \text{ m}^2$.

Secțiunea orizontală a unui compartiment, pentru $V_s = 23 \text{ mm/s}$ (vezi tabelul 5.3), este: $A_o = 1,3 \times 0,130 / 0,023 = 7,3 \text{ m}^2$.

Se alege lățimea parabolei, $B = 1,0 \text{ m}$; înălțimea parabolei va fi:

$$h = 3 \times 0,68 / 2 \times 1,0 \approx 1,0 \text{ m}.$$

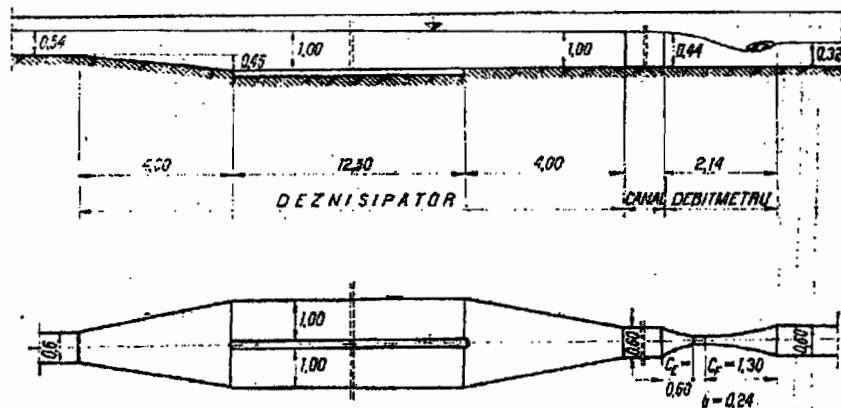


Figura 5.11.

Timpul de traversare, $t = 1,0 / 0,023 = 43 \text{ s}$, se încadrează în limitele recomandabile.

Lungimea unui compartiment, $L = 1,5 \times 0,19 \times 43 = 12,3 \text{ m}$, se încadrează în limitele de mai sus.

Volumul unui compartiment este: $V_c = 0,68 \times 12,3 = 8,4 \text{ m}^3$.

Volumul de nisip depus este: $V_n = 25.000 \times 6 \text{ dm}^3/\text{om și an} = 150 \text{ m}^3/\text{an}$.

Forma parabolei se determină cu ecuația (5.9): $(1,0 / 2)^2 = 2 \times p \times 1$, de unde $p = 0,125$; dând diferite valori lui h , se obține B și se poate trasa parabola.

Canalul Venturi cu radier orizontal urmează să fie folosit pentru ambele compartimente; pentru o lățime a a canalului amonte, $B = 0,6$, raportul de similitudine (5.10) este $\alpha_e = 0,6 / 0,3 = 2$; pentru un coeficient de strângere $\Psi = 0,4$, din ecuația (5.12) rezultă $b = 0,4 \times 0,6 = 0,24 \text{ m}$; din ecuația (5.12) rezultă $Q_m^* = 0,130 / 2^{5/2} = 0,0225 \text{ m}^3/\text{s}$; considerând curba de tipul II, din figura 5.9, rezultă $h_{m\text{av}}^* = 16 \text{ cm}$; $h_{m\text{am}}^* = 22 \text{ cm}$; rezultă, deci:

$h_{\text{natură av}} = 2 \times 16 = 32 \text{ cm}$ și $h_{\text{natură am}} = 2 \times 22 = 44 \text{ cm}$.

Cu ecuațiile (5.15)÷(5.20) se stabilesc dimensiunile canalului în zona strângută: $e = 0,18$; $C_E = 0,6$; $R_1 = 1,09 \text{ m}$; $R_2 = 1,74 \text{ m}$; $C_D = 0,2 \text{ m}$; $C_F = 1,3 \text{ m}$.

Verificarea la debitul orar minim se face astfel: pentru un compartiment, debitul orar minim este $35 / 2 = 17,5 \text{ l/s}$; conform relației (5.13.), $Q_m^* = 0,0031 \text{ m}^3/\text{s}$; conform diagramei din figura 5.9, rezultă: $h_{\text{model am}} = 6 \text{ cm}$; $h_{\text{natură am}} = 2 \times 6 = 12 \text{ cm}$; acest nivel se transmite, cu oarecare aproximație, în deznisipator, rezultând: $(B/2)^2 = 0,03$; $B = 0,35 \text{ m}$; secțiunea transversală $A_{tr} = 0,028 \text{ m}^2$; $V_o = 0,017 / 0,028 = 0,6 \text{ m/s}$.

Exemplul de calcul 5D: Să se dimensioneze deznisipatorul orizontal din figura 5.12, care face parte dintr-o stație de epurare ce primește apele uzate provenite dintr-o rețea de canalizare dimensionată în sistem unitar; numărul locuitorilor este de 8.000; debitul orar maxim este de $50 \text{ dm}^3/\text{s}$, iar cel minim, de $24 \text{ dm}^3/\text{s}$; panta canalului de aducțiune este $I = 0,0036$; ținând seama de debitul mic, se va proiecta un deznisipator cu secțiune trapezoidală.

Debitul de dimensionare este $2 \times 50 \text{ dm}^3/\text{s}$, deci se va proiecta un deznisipator cu două compartimente trapezoidale.

Secțiunea transversală a canalului de acces, pentru o viteză $V = 0,8 \text{ m/s}$, este:

$$A_{trc} = 0,05 / 0,8 = 0,062 \text{ m}^2.$$

Lățimea canalului se ia $0,3 \text{ m}$.

Înălțimea de apă în canal este:

$$h_c = 0,062 / 0,3 = 0,20 \text{ m}.$$

Viteza efectivă în canal este: $V_{ef} = 0,05 / (0,3 \times 0,2) = 0,83 \text{ m/s}$.

Se verifică viteza, ținând seama de panta canalului, cu ecuația:

$$V_c = 74 \times R^{2/3} \times I^{1/2}.$$

Raza hidraulică fiind $R = 0,062 / (2 \times 0,2 + 0,3) = 0,088$, rezultă $V_c = 0,85 \text{ m/s}$, apropiată de viteza efectivă determinată.

Secțiunea transversală a unui compartiment este: $A_{tr} = 0,05 / 0,3 = 0,167 \text{ m}^2$ (s-a considerat o viteză orizontală $V_o = 0,3 \text{ m/s}$); după încercări, a rezultat o secțiune ca cea din figura 5.12, $A_{tr} = 0,6 \times 0,15 + [(0,6 + 0,4) \times 0,15] / 2 = 0,165 \text{ m}^2$.

Lungimea deznisipatorului, pentru un timp de traversare de 30 s , este: $L = 1,5 \times 0,3 \times 30 = 13,5 \text{ m}$.

Secțiunea orizontală este: $A_o = 13,5 \times 0,6 = 8,10 \text{ m}^2$.

Verificarea la debitul orar minim, $Q_{o \text{ min}} = 0,024 / 2 = 0,012 \text{ m}^3/\text{s}$; din încercări a rezultat că înălțimea apei în canalul de acces, pentru debitul minim, este $h_{\text{min}} = 0,07 \text{ m}$. Această înălțime verifică debitul de $0,012 \text{ m}^3/\text{s}$, astfel: $A_{trc} = 0,07 \times 0,3 = 0,021 \text{ m}^2$; raza hidraulică, $R = 0,047$; $Q = 0,012 \text{ m}^3/\text{s}$; secțiunea transversală a unui compartiment, A_{tr} este: $0,6 \times 0,07 + (0,6 + 0,4) / 2 \times 0,15 = 0,117 \text{ m}^2$; viteza la debitul orar minim este deci, de: $V' = 0,012 / 0,117 = 0,103 > 0,05$, cât prevede normativul C 90.

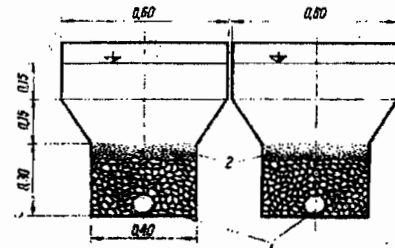


Figura 5.12.

Deznisipatoarele verticale sunt folosite foarte rar, numai pentru debite care

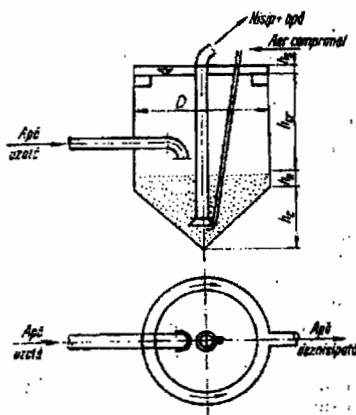


Figura 5.13. Deznisipator vertical.

nu depășesc $100 \text{ dm}^3/\text{s}$. Datorită faptului că necesită adâncimi mari de construcție, ele sunt neeconomice. De obicei, într-un deznisipator vertical (fig. 5.13), intrarea apei se face printr-o conductă, care transportă apa uzată până în apropierea radierului deznisipatorului; de aici, apa se ridică pe verticală cu o viteză mai mică decât cea de depunere a suspensiilor, fiind evacuată printr-o rigolă periferică. Nisipul depus este evacuat periodic, cel mai adesea folosind aer comprimat.

Înclinarea radierului se recomandă să fie de 45° .

Proiectarea se face ținând cont de următoarele recomandări:

- suprafața orizontală a deznisipatorului se calculează cu relația:

$$A_o = \frac{Q_c}{V_v}, \quad (5.21)$$

în care V_v este viteza ascensională a apei în deznisipator; $V_v = 0,02 \div 0,05$ m/s;

- diametrul deznisipatorului va rămâne sub 6–8 m;
- timpul de trecere a apei prin deznisipator trebuie să fie cuprins între 0,5 și 3,0 min;

- înălțimea utilă a deznisipatorului se determină cu relația:

$$h_u = V_v \cdot t \cdot 60; \quad (5.22)$$

- volumul de nisip se determină la fel ca la deznisipatoarele orizontale;
- înălțimea totală a deznisipatorului este dată de relația:

$$H = h_u + h_d + h_c + h_s, \quad (5.23)$$

în care:

h_u este înălțimea utilă a deznisipatorului;

h_d – înălțimea stratului de depunere în partea cilindrică;

h_c – înălțimea conului de bază;

h_s – înălțimea de siguranță (0,03 ÷ 0,5 m).

5.3.2. Decantoare

Au scopul de a reține suspensiile floculente din apele uzate.

Decantoarele se clasifică astfel:

- după direcția de curgere a apei uzate și după felul de alcătuire tehnologică:
 - decantoare orizontale longitudinale, în care sunt incluse și jgheburile de decantare ale decantoarelor cu etaj și partea de decantare a foselor septice; direcția de curgere a apei este orizontală;
 - decantoare orizontale radiale, cu direcția de curgere a apei orizontală;
 - decantoare verticale, în care direcția de curgere a apei este verticală;
- după modul de îndepărtare a depunerilor:
 - decantoare cu curățare manuală;
 - decantoare cu curățare mecanică;
 - decantoare cu curățare hidraulică;
- după amplasarea lor în schema stației de epurare:
 - decantoare primare, amplasate înainte de instalațiile de epurare biologică;
 - decantoare secundare, amplasate după instalațiile de epurare biologică.

De obicei, elementele constitutive și de proiectare ale decantoarelor primare sunt valabile și pentru decantoarele secundare. În ultimii ani, s-a început studierea și execuția decantoarelor tubulare, în care apa circulă printr-o serie de tuburi așezate în bazinul de decantare, care au eficiență sporită din punct de vedere tehnic și economic.

Cei mai importanți parametri care intervin la *proiectarea decantoarelor* (STAS 4162) sunt viteza orizontală de curgere a apei, viteza de sedimentare (numită și încărcare superficială) și timpul de decantare. Este recomandabil ca aceste elemente să fie determinate în laborator; numai când acest lucru nu este posibil se vor folosi indicațiile de mai jos.

Vitezele orizontale V_o și verticale V_v , precum și timpii de decantare recomandați sunt prezentați în tabelul 5.5.

Tabelul 5.5

Vitezele de curgere a apei în decantoare

Poziția decantoarelor în schema tehnologică	t_d [ore]	Viteza maximă de curgere a apei, [mm/s]	
		Decantoare	
		orizontale, V_o	verticale, V_v
Decantoare primare	1,5	10,0	0,7
Decantoare secundare:			
– după filtre biologice de mică încărcare	1,0	5,0	0,5
– după filtre biologice de mare încărcare	1,5	5,0	0,5
– după bazine cu nămol activ de mică încărcare	1,5	5,0	0,5
– după bazine cu nămol activ de mare încărcare	1,0	5,0	0,5

Timpii de decantare (t_d) variază în funcție de caracteristicile apelor uzate (conținutul de substanțe toxice, ape industriale în cantitate mare, ape de ploaie etc.), modul de tratare ulterioară, emisarul sau folosințele posibile ale apei decantate etc. STAS 4162 indică 1,5 ore pentru apele uzate care conțin o cantitate de suspensii mai mare de 200 mgf/dm^3 și 1 oră, pentru cantități mai mici.

Vitezele de sedimentare V_s , sau încărcările superficiale în funcție de eficiență și concentrația în substanțe în suspensie c , a apelor uzate, sunt date în tabelul 5.6. Aceste viteze variază în funcție de factorii menționați la vitezele de curgere a apei în decantoare.

Tabelul 5.6

Viteze de sedimentare V_s , în decantoare

Reducerea suspensiilor în decantor	V_s , [m/h] (încărcare superficială, [m^3/m^2 și h])		
	$c \leq 200$ [mgf/dm ³]	$200 < c \leq 300$ [mgf/dm ³]	$c > 300$ [mgf/dm ³]
	40+45%	2,3	2,7
45+50%	1,8	2,3	2,6
50+55%	1,2	1,5	1,9
55+60%	0,7	1,1	1,5

Pentru obținerea unei bune eficiențe, o condiție importantă, care trebuie asigurată decantoarelor, este realizarea unor *dispozitive de intrare a apei în decantare*, cât mai adecvate, pentru distribuirea curenților de apă cât mai uniform în bazin, în toate direcțiile. În acest sens, la decantoarele orizontale longitudinale se folosesc pereți semiînecați, pereți găuriți, deflectoare etc.

La decantoarele orizontale radiale sau verticale, apa trebuie să pătrundă în bazin la o adâncime de cel puțin 1,80 m, față de nivelul apei și 1,50 m, față de radier. În cazul în care curentul de lichid se împarte în mai multe bazine de decantare, trebuie luate toate măsurile necesare pentru a realiza o uniformitate, din punct de vedere hidraulic, pe toate traseele de curgere a apei (aceleași rezistențe, pierderi de sarcină etc.).

Ieșirea apei din decantare trebuie să fie, de asemenea, cât mai uniformă. În acest scop, muchia superioară a jgheabului în care se colectează apa decantată va fi amenajată în formă de deversor continuu sau secționat (de obicei, creștături triunghiulare, cu distanțele între centre de 30 cm). Literatura de specialitate recomandă ca la 14÷28 m² de bazin să corespundă 1 m de deversor sau la 60÷120 m³ de apă uzată să corespundă 1 m de deversor.

În cazul în care suprafața deservită de unitatea de lungime a deversorului și încărcarea acestuia sunt prea mari, bazinele trebuie să fie proiectate cu lungimi sau diametre mai mari sau trebuie echipate cu mai multe rigole de evacuare. În bazinele longitudinale, rigolele pot fi așezate transversal direcției curentului, iar în cele circulare, concentric sau radial. De asemenea, așezarea de pereți semiînecați în fața deversoarelor conduce tot la o evacuare uniformă a apei.

Decantare orizontale longitudinale. În figura 5.14 sunt prezentate două decantare orizontale: cu curățare cu pod raclor (fig. 5.14,a) și cu lanț fără sfârșit (fig. 5.14,b). La ambele tipuri, se constată că radierul coboară către amonte decantorului (circa 1%), spre pâlnia de nămol, așezată la intrarea apei în decantor; de asemenea, la ambele tipuri, intrarea apei se face prin fante, deflectoare etc., iar ieșirea apei se realizează peste deversoare în timp ce nămolul este evacuat prin presiune hidrostatică.

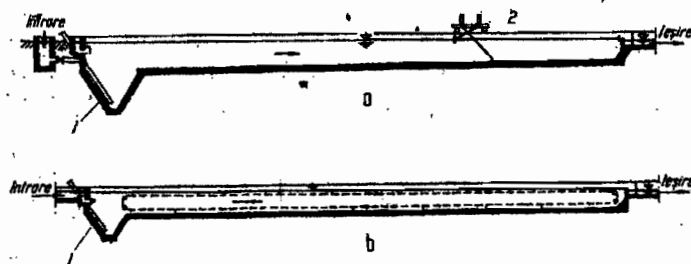


Figura 5.14. Decantor orizontal:

1 – conductă de evacuare a nămolului; 2 – dispozitiv de curățare a nămolului.

Decantorul orizontal (fig. 5.15); STAS 4162, este alcătuit, în principal, din:

- dispozitive de distribuție a apei, cu orificii și deflector;
- jgheab (pâlnie) pentru colectarea substanțelor plutitoare;
- perete semiînecat;
- deversor triunghiular;
- jgheab pentru colectarea apei decantate;
- pod raclor;
- pâlnie colectoare pentru nămol.

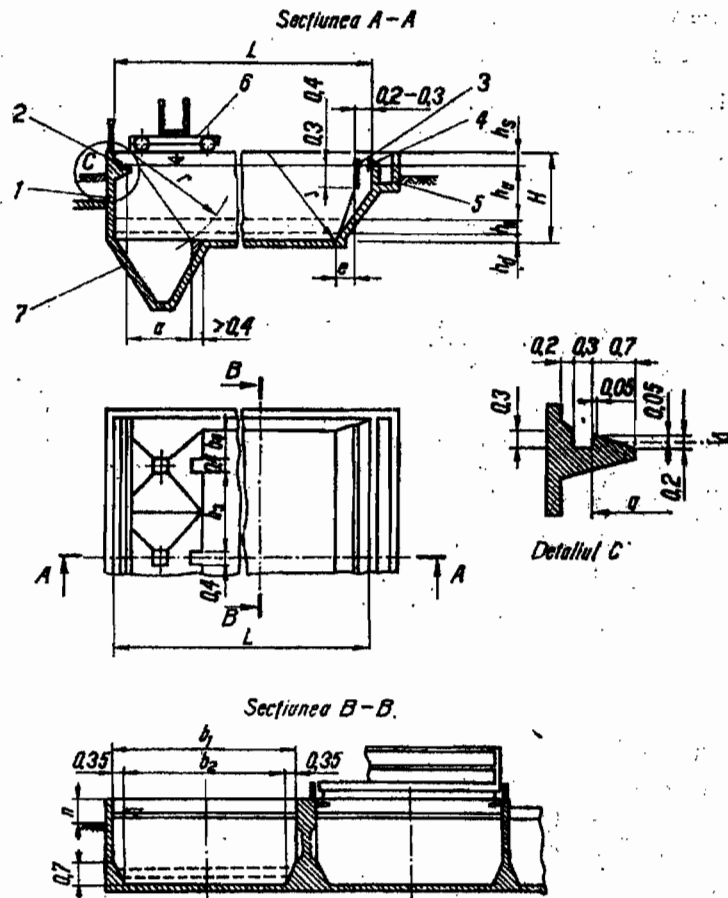


Figura 5.15. Decantor orizontal:

- 1 – dispozitiv de distribuție a apei; 2 – jgheab; 3 – perete semiînecat;
 4 – deversor triunghiular; 5 – jgheab de colectare; 6 – pod raclor;
 7 – pâlnie colectoare de nămol.

De cele mai multe ori, pentru a preîntâmpina o execuție necorespunzătoare, deversorul de la ieșire, care este neînecat, se realizează dintr-o lamă metalică reglabilă, cu deschideri triunghiulare.

Pâlnia de nămol, de la capătul amonte al decantorului, are o capacitate de înmagazinare corespunzătoare colectării a 30+40% din nămolul rezultat între două evacuări (dacă evacuarea se face intermitent). În general, la o lățime de decantor de 5 m trebuie să existe o pâlnie, iar înclinarea pereților acesteia să fie de cel puțin 45°.

Evacuarea nămolului din pâlnii se poate face:

- *intermitent* (cel puțin de două ori pe zi);
- *continuu* (obligatoriu pentru decantoarele secundare, pentru ca nămolul trimis înapoi, în bazinele cu nămol activ, să fie cât mai proaspăt).

Colectarea nămolului în pâlnii și îndepărtarea lui se poate face:

- *gravitațional*, când panta radierului este de cel puțin 5%. Pentru a nu se adânci prea mult decantorul, datorită pantei mari, se construiesc mai multe pâlnii. Uneori, pentru a împinge nămolul în pâlnie, este necesară golirea decantorului. Evacuarea nămolului din pâlnie se poate face prin:

- gravitație;
- pompare;
- presiune hidrostatică (când diametrul minim al conductelor este de 200 mm).

Practic, acest sistem este întâlnit numai la stațiile de epurare mai vechi;

- *mecanic*, folosind poduri mobile, prevăzute cu lame răzuitoare sau lanțuri fără sfârșit, prevăzute, de asemenea, cu lanțuri răzuitoare, care funcționează în mod continuu. Panta radierului se recomandă să fie $\approx 1\%$. În funcție de calitatea nămolului, viteza de mișcare a podurilor mobile este de 0,60+3,20 m/min, iar viteza de mișcare a lanțurilor fără sfârșit este de 0,60+0,90 m/min. Nămolul colectat în pâlnie este evacuat prin:

- gravitație;
- pompare;
- presiune hidrostatică.

Pentru antrenarea dispozitivelor de curățare a nămolurilor este necesară o putere de aproximativ 1 CP, pentru 1.000 m² de bazin, putere care este, însă, de circa 10 ori mai mare la pornire.

Lama de colectare a grăsimilor (substanțelor plutitoare) de la suprafața apei se fixează pe podurile mobile. Grăsimile sunt descărcate într-un jgheab, la partea amonte a decantorului (vezi fig. 5.15), făcând, de multe ori, corp comun cu peretele semi-înecat. Grăsimile, colectate într-un rezervor alăturat decantorului, pot fi utilizate direct (mai rar) sau sunt tratate, mai întâi, împreună cu nămolul din decantoare.

Pentru proiectarea decantoarelor orizontale longitudinale (STAS 4162), debitele de calcul Q_0 , de dimensionare și verificare, sunt date în tabelul 1.4, iar succesiunea calculelor este următoarea:

- se alege încărcarea superficială V_s , pentru cantitatea de suspensii din apa uzată c , dată prin temă (vezi tabelul 5.6), și reducerea necesară;
- se alege timpul de decantare t_d (vezi tabelul 5.5) și viteza orizontală V_0 ;
- se calculează, cu ecuațiile corespunzătoare, următoarele elemente:
 - volumul de decantare: $V_{dec} = Q_c \cdot t_d$; (5.24)

$$- \text{secțiunea orizontală: } A_o = \frac{Q_c}{V_s}; \quad (5.25)$$

$$- \text{secțiunea transversală: } A_{tr} = \frac{Q_c}{V_o}; \quad (5.26)$$

$$- \text{înălțimea medie a decantorului: } h_u = V_s \cdot t_d; \quad (5.27)$$

$$- \text{lungimea decantorului: } L = V_o \cdot t_d; \quad (5.28)$$

- concomitent, se verifică dacă este respectată relația:

$$4b_1 \leq L < 10b_1, \quad (5.29)$$

în care b_1 este lățimea decantorului (vezi fig. 5.15);

- se stabilește numărul de decantoare, respectiv lățimea lor, astfel încât acestea să se înscrie în dimensiunile date în tabelele 5.7 și 5.8;

Tabelul 5.7

Decantoare orizontale

Dimensiuni geometrice	Dimensiuni [m]						
	b_1	b_2	b_3	b_4	L		
b_1	3,5	4,0	5,0	6,0	7,0	8,0	9,0
b_2	2,8	3,3	4,3	5,3	6,3	7,3	8,3
b_3	1,35	1,6	2,1	2,6	3,1	3,6	4,4
b_4	0,325	0,45	0,7	0,85	1,2	1,45	1,7
L	20+35	25+40	30+45	35+55	40+65	45+70	50+80

Tabelul 5.8

Decantoare orizontale

Dimensiuni geometrice	Dimensiuni [m]								
	H	$a = 0,7\exists H$	r	$e = 0,52\exists H$					
H	2,4	2,6	2,8	3,0	3,2	3,4	3,6	3,8	4,0
$a = 0,7\exists H$	1,7	1,8	1,95	2,1	2,25	2,4	2,5	2,65	2,8
r	2,95	3,15	3,4	3,65	3,9	4,15	4,4	4,65	4,9
$e = 0,52\exists H$	1,25	1,35	1,46	1,56	1,66	1,77	1,87	1,98	2,08

- se verifică încărcarea deversorului, ținând cont de lățimea decantorului, egală practic cu lățimea deversorului de la ieșire;

- se determină volumul de nămol depus într-o zi, cu ecuația:

$$V_d = \frac{r_s}{\gamma_n} \cdot c \cdot Q_{z/\max} \cdot \frac{100}{100 - p}, \quad (5.30)$$

în care:

r_s este procentul de reducere a suspensiilor;

γ_n - greutatea specifică a nămolului, egală cu 1,1+1,2 tf/m³, pentru umiditatea nămolului de 95%;

p - umiditatea nămolului decantat, 95%;

c – concentrația inițială a depunerilor.

Menționăm că pentru decantoarele care urmează după instalațiile de coagulare, cantitățile de nămol trebuie mărite de 2+3 ori, în funcție de cantitatea de coagulant folosită.

Înălțimea totală a decantorului se determină cu ajutorul relației:

$$H = h_u + h_d + h_n + h_s, \quad (5.31)$$

în care:

h_u este înălțimea zonei utile de decantare, care trebuie să satisfacă relația:

$$\frac{L}{10} \geq h_u \geq \frac{L}{25}, \quad (5.32)$$

h_d – înălțimea zonei de depunere a nămolului (0,2+0,5 m);

h_n – înălțimea zonei neutre (0,30 m);

h_s – înălțimea zonei de siguranță (0,3+1,0 m).

Exemplul de calcul 5E: Să se dimensioneze decantoarele orizontale longitudinale, folosind datele din exemplul 5A, știind că $c = 350 \text{ mgf/dm}^3$ și $r_s = 53\%$.

Debitul de dimensionare (vezi tabelul 1.4) este: $Q_{uzi \max} = 100 \text{ dm}^3/\text{s}$.

Încărcarea superficială (vezi tabelul 5.6), pentru $c > 300 \text{ mgf/dm}^3$ și o reducere a suspensiilor de 53%, este: $V_s = 1,9 \text{ m/h}$.

Timpul de decantare (vezi tabelul 5.5), pentru decantare primare, $t_d = 1,5 \text{ h}$.

Viteza orizontală (vezi tabelul 5.5) se ia $V_o = 10 \text{ mm/s}$.

Volumul decantorului, conform relației (5.24.) este: $V_d = 540 \text{ m}^3$.

Secțiunea orizontală, conform relației (5.25) este: $A_o = 189,47 \text{ m}^2$.

Secțiunea transversală, conform relației (5.26) este: $A_{tr} = 10 \text{ m}^2$.

Înălțimea medie a decantorului, conform relației (5.27) este: $h_u = 2,85 \text{ m}$.

Lungimea decantorului, conform ecuației (5.28.) este: $L = 54 \text{ m}$; se verifică dacă este respectată relația (5.32): $54/10 \geq 2,85 \geq 54/25$.

Dimensiunile decantoarelor (tabelele 5.7, 5.8 și fig. 5.15) vor fi: $L = 54 \text{ m}$; $b_1 = 6,0 \text{ m}$; $H = 2,8 \text{ m}$; $h_s = 0,4$; $h_n = 0,3$; $h_d = 0,3$; $h_u = 2,8 - 1,0 = 1,80 \text{ m}$.

Secțiunea orizontală a unui decantor va fi, deci: $A_o' = 54 \times 6 = 324 \text{ m}^2$; secțiunea transversală $A_{tr}' = 6 \times 1,80 = 10,8 \text{ m}^2$, iar volumul $V' = 10,8 \times 54 = 583,2 \text{ m}^3$, apropiat de cel necesar; se verifică dacă este respectată relația (5.29):

$$4 \times 6 \leq 25 \leq 10 \times 6.$$

Înălțimea totală a decantorului a fost stabilită cu ajutorul relației (5.31): $H = 2,8 \text{ m}$.

Volumul de nămol depus într-o zi, conform ecuației (5.30), $V_d = 26,58 \text{ m}^3/\text{zi}$; respectiv $13,29 \text{ m}^3/\text{zi}$, pentru un decantor; evacuarea nămolului se propune a se face continuu, prin presiune hidrostatică.

Încărcarea deversorului de la ieșire, lungimea lui fiind considerată egală cu lățimea decantorului, este $60 \text{ m}^3/\text{m}$ și h ; se recomandă executarea, în paralel, a unui jgheab deversor.

Verificarea la debitul de verificare (vezi tabelul 1.4) $2Q_{u o \text{ max}}$, pentru un decantor de $0,26 \text{ m}^3/\text{s}$, se face astfel: se determină înălțimea lamei deversante pentru debitul de dimensionare al unui decantor, folosind ecuația lui Poleni pentru deversoare neîncate: $Q = 2/3 \times \mu \times L \times c' \times (2g)^{1/2} \times h^{3/2}$, în care μ este un coeficient de debit; L – lungimea deversorului; $c' = 1$, coeficient de încercare, care ține seama de adâncimea apei în canalul deversor; h – înălțimea lamei deversante. Deoarece $Q = 0,0083 \text{ m}^3/\text{s}$, rezultă $h = 0,026 \text{ m}$; deci, înălțimea de siguranță a decantorului ($h_s = 0,4 \text{ m}$) nu este depășită.

Decantoare orizontale radiale. Decantoarele radiale (fig. 5.16) se caracterizează prin forma circulară în plan și direcția orizontală de curgere a apei.

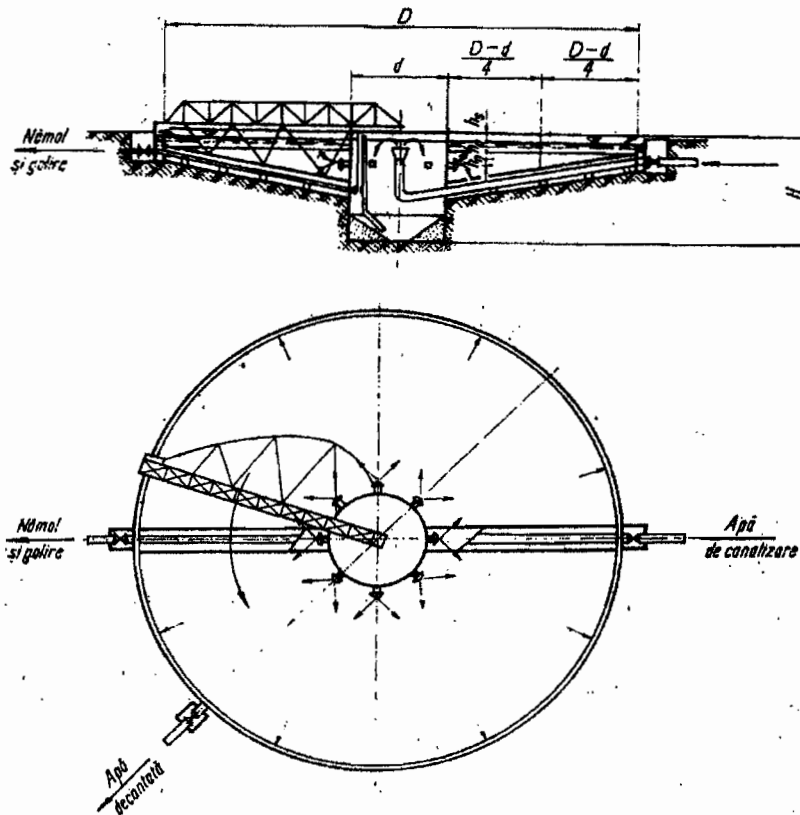


Figura 5.16. Decantor radial.

Aceste decantoare, cunoscute și sub numele de decantoare Dorr, au diametre maxime de 50 m și medii de 30 m; înălțimile maxime sunt de 4,0 m, iar cele medii, de 2,5 m.

Accesul apei se face prin centrul decantorului, printr-o conductă al cărui capăt este așezat la 20+30 cm sub nivelul apei. Distribuția uniformă a apei se realizează printr-un perete plin, de formă cilindrică, cufundat în apă până la nivelul inferior al peretelui exterior al decantorului, apa care trece pe sub acest perete se distribuie, apoi, în decantor, în mod uniform. Uneori, pentru distribuția uniformă a apei, se folosesc orificii cu deflectoare, așezate pe peretele plin, cilindric.

Evacuarea apei decantate se face printr-un jgheab periferic, care face corp comun cu peretele decantorului sau care se așează la 1 – 2 m de acesta. În ambele cazuri, accesul apei în rigolă se face numai pe o singură parte și prin intermediul unui deversor reglabil, cu creștături în formă de triunghi; în cazul jgheabului situat la o oarecare distanță de peretele decantorului; deversorul este amplasat pe latura dinspre perete. Pentru evitarea antrenării substanțelor plutitoare se folosesc și aici pereți semiscufundați, așezați la distanță de 3+4 m de peretele deversor; în cazul jgheabului așezat la o oarecare distanță de perete, în locul peretelui semiscufundat se supraînălță peretele jgheabului opus deversorului.

Grăsimile de la suprafața apei sunt colectate cu o lamă fixată pe podul curățător, având de obicei o lungime egală cu o jumătate de rază. Prin intermediul unei pâlnii, grăsimile sunt descărcate într-un colector, așezat alături de decantor.

Colectarea nămolului depus pe radierul decantorului se face cu ajutorul unui pod curățător, care se deplasează cu o viteză periferică de 10+60 mm/s, astfel încât să se realizeze 1–2 rotiri complete într-o oră. La partea de jos, podul curățător are o serie de palete reglabile, care conduc nămolul către pâlnia centrală de colectare a nămolului.

Evacuarea nămolului din decantor se face prin conducte care funcționează prin:

- gravitație;
- pompare;
- presiune hidrostatică.

La fel ca la decantoarele orizontale, și aici se practică evacuarea continuă sau intermitentă.

Radierul decantorului trebuie să aibă o pantă minimă de 2%, ea fiind cuprinsă, de obicei, între 6+8%.

Proiectarea decantoarelor radiale se face ținând seama de STAS 4162 (fig. 5.17 și tabelul 5.9), precum și de indicațiile de mai jos.

Debitele de dimensionare și verificare sunt date în tabelul 1.4.

Din tabelele 5.5 și 5.6, în funcție de cantitatea de suspensii c și de eficiența necesară, se aleg V_o , V_s și t_d .

Volumul de decantare V_{dec} , *secțiunea orizontală* A_o și *înălțimea medie* h_u rezultă din ecuațiile (5.24), (5.25) și (5.27).

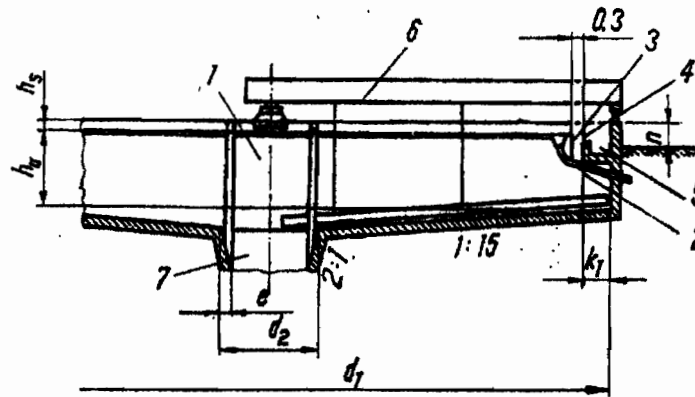


Figura 5.17. Decantor radial:

1 – camera de distribuție a apei; 2 – pâlnie pentru colectarea materiilor plutitoare; 3 – perete semicircular; 4 – deversor triunghiular; 5 – jgheab pentru colectarea apei decantate; 6 – pod raclor; 7 – pâlnie de colectare a nămolului.

Tabelul 5.9

Elemente geometrice și dimensiuni ale decantoarelor radiale

E.G.*	Dimensiuni [m]											
d_1	16	18	20	22	25	28	30	32	35	40	45	50
d_2	3,0 ; 4,0						4,0 ; 6,0					
e_{min}	0,2						0,3			0,4		
K_{1max}	1,0						1,5			2,0		
h_s	0,4 ; 0,6 ; 0,8 ; 1,0 ; 1,2											
n_{min}	0,2											
A_{or} [m ²]	201	254	314	380	491	616	707	804	962	1257	1590	1964
h_w	VOLUMUL DECANTORULUI, [m ³]											
1,2	241	305	376	456	589	739	848	964	1154	1508	1908	2356
1,4	281	355	440	532	687	862	989	1125	1346	1760	2260	2750
1,6	322	406	502	608	785	985	1131	1286	1539	2011	2544	3142
1,8	362	457	565	684	883	1108	1272	1447	1731	2262	2862	3535
2,0	402	508	628	760	982	1232	1414	1608	1924	2514	3810	3928
2,2	442	558	690	836	1080	1355	1555	1768	2116	2765	3498	4320
2,5	502	635	785	950	1227	1540	1767	2010	2405	3142	3975	4910
2,8		711	879	1064	1374	1724	1980	2251	2693	3520	4452	5500
3,0		762	942	1140	1473	1848	2121	2412	2886	3711	4770	5892
3,2			1005	1216	1511	1911	2262	2572	3078	4022	5088	6284
3,6				1368	1767	2217	2545	2894	3463	4525	5724	7070
4,0					1964	2404	2828	3216	3848	5028	6360	7856

* E.G. = elemente geometrice

Rezultatele obținute se introduc în tabelul 5.9 și se stabilesc dimensiunile principale: V_{dec} , A_o , d_1 , h_u , respectiv numărul decantoarelor, urmărind, totodată, și respectarea relațiilor:

$$6 < \frac{d_1}{h_u} < 10, \quad (5.33)$$

pentru decantoarele cu diametre cuprinse între 16 și 30 m; cu relația:

$$15 < \frac{d_1}{h_u} < 20, \quad (5.34)$$

pentru decantoarele cu diametre cuprinse între 30 și 50 m; și cu relația:

$$20 < \frac{d_1}{h_u} < 25, \quad (5.35)$$

pentru decantoarele care tratează ape uzate cu pondere mare de suspecții de natură organică (viteze mari de sedimentare).

Ținând seama de recomandările făcute anterior, se verifică încărcarea deversorului de pe rigola periferică.

Volumul de nămol se stabilește cu ajutorul relației (5.30).

Se determină, apoi, dimensiunile rigolei (jgheabului) periferice, forma deversorului de pe rigolă și dimensiunile pâlniei. Înălțimea totală a unui decantor se calculează cu relația (5.31).

Exemplul de calcul 5F: Să se dimensioneze decantoarele orizontale radiale pentru datele din exemplul 5E.

Debitul de dimensionare, volumul de decantare, secțiunea orizontală și înălțimea medie de decantare sunt aceleași ca în exemplul 5E.

Se proiectează un decantor pentru care, din tabelul 5.9, rezultă: $d_1 = 18$ m; $h_u = 2,2$ m; $V = 558$ m³; $A_o = 254$ m²; $d_2 = 3,0$; raportul d_1/h_u este: $6 < 18/2,2 < 10$, deci, condiția este respectată.

Încărcarea deversorului de la ieșire: $I_d = 0,1 \times 3600/2 \times 3,14 \times 9 = 6,36$ m³/h, om se încadrează în recomandări (30-50 m³/h și om).

Jgheabul de colectare a apei decantate (fig. 5.18) se dimensionează la $2Q_{o\ max} = 2 \times 0,130 = 0,260$ m³/s; dacă se ia o lățime de jgheab de 0,6, lungimea jgheabului, $L_j = 2 \times 3,14(9,0-0,6) = 52,75$ m; debitul pe 1 m este, deci: $0,260/52,75 = 0,005$ m³/s și m; viteza minimă în jgheab fiind de 0,7 m/s, suprafața transversală a apei în jgheab, în secțiunea 1-1, este: $A_{j1} = 0,260/2 \times 0,75 = 0,17$ m²; înălțimea apei în jgheab, $h_{j1} = 0,17/0,6 = 0,28$ m; panta jgheabului rezultă din ecuația $V = 74R^{2/3}I^{1/2}$; raza hidraulică, $R = 0,15$; $I = 0,001$; în consecință, radiul jgheabului în secțiunea 3-3 trebuie să fie mai ridicat decât în secțiunea 1-1 cu $h' = (52,75/2) \times 0,001 = 0,026$ m; în secțiunea 2-2, lățimea jgheabului, pentru viteza de 0,7 m/s și înălțimea apei de 0,28 m, pentru a evita remuurile, va fi: $b_{j2} = 0,260/0,7 \times 0,28 = 1,32$ m.

Deversorul de pe jgheabul de colectare se prevede reglabil în dinți de fierăstrău, laturile făcând un unghi de 90° ; debitul pe 1 m este de $0,005 \text{ m}^3/\text{s}$ și m; din ecuația $q_1 = 0,01418 \times h_1^{1/2}$, în care q_1 , $[\text{dm}^3/\text{s}]$, este debitul între doi dinți, este egal cu $5/10$ (înălțimea dinților fiind de 5 cm); h_1 , înălțimea apei dintre dinți, va fi: $h_1 = 4,16 \text{ cm}$.

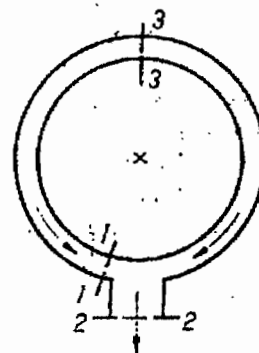


Figura 5.18.

Decantoare verticale. La fel ca și deznisipatoarele verticale, acestea sunt folosite numai când:

- suprafața terenului, destinat stației de epurare, este de dimensiuni reduse;
- nivelul apei subterane nu este prea aproape de suprafața solului;
- se dispune de utilaje pentru executarea unor săpături, la adâncimi care pot ajunge până la 10 m.

Utilizarea decantoarelor verticale este limitată la debite care nu depășesc $10.000 \text{ m}^3/\text{zi}$.

În secțiune orizontală, decantoarele verticale pot fi:

- pătrate;
- circulare (de cele mai multe ori).

Așa cum se poate observa și din figura 5.19, apa pătrunde, printr-o conductă, într-un tub central, coboară până la partea de jos a acestuia, se ridică apoi în spațiul destinat decantării, ajunge în jgheabul periferic și, printr-o altă conductă, apa decantată este evacuată.

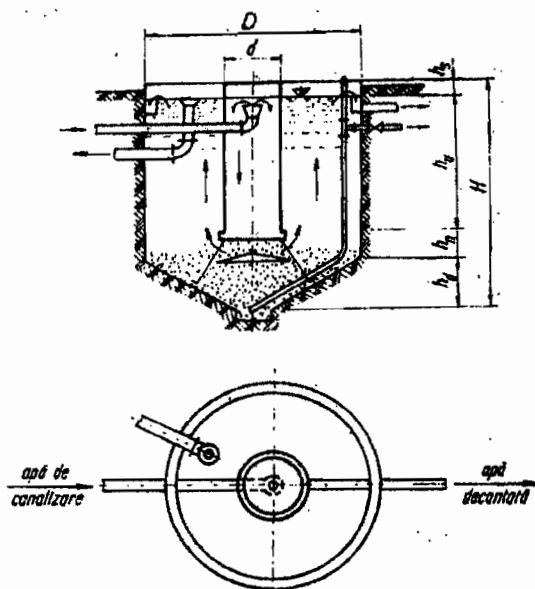


Figura 5.19. Decantor vertical.

Ca și la celelalte decantoare, evacuarea nămolului se poate face prin:

- gravitație;
- pompare;
- presiune hidrostatică.

Nămolul, datorită înclinării mari a radierului (45° , de obicei), cade la partea de jos a acestuia.

Pentru reținerea substanțelor plutitoare sunt prevăzuți pereți semiscufunțați.

În spațiul de decantare, în scopul unei distribuții cât mai eficiente a apei, tubul central este, uneori, evazat, la partea inferioară, iar în fața evazării se așază un deflector.

Pentru proiectarea decanțoarelor verticale, debitele de calcul sunt date în tabelul 1.4. Diametrul maxim al decanțoarelor verticale trebuie să rămână sub 10 m.

Volumul de decantare, secțiunea orizontală a decantorului și înălțimea medie a acestuia se determină cu relațiile (5.24), (5.25) și (5.27); în ultimele ecuații, în locul lui V_s se consideră V_v din tabelul 5.5.

Înălțimea medie h_u , a cărei valoare trebuie să depășească 4,0 m, se verifică cu ajutorul relației:

$$\frac{h_u}{D-d} \geq 0,8 \quad (5.36)$$

în care:

D este diametrul decantorului;

d – diametrul tubului central.

Secțiunea tubului central A_{tc} se determină cu relația:

$$A_{tc} = \frac{Q_c}{V_{tc}}, \quad (5.37)$$

în care V_{tc} este viteza descendentă în tubul central (≈ 100 mm/s).

Înălțimea tubului central, sub nivelul apei, este dată de relația:

$$H_t = 0,8 \cdot h_u. \quad (5.38)$$

Înălțimea totală a decantorului se calculează cu relația:

$$H = h_u + h_d + h_n + h_s, \quad (5.39)$$

în care:

h_u este înălțimea utilă;

h_d – înălțimea zonei de depunere a nămolului în con, care se stabilește în funcție de volumul depunerilor și modul de evacuare;

h_n – înălțimea zonei neutre (0,4+0,6 m);

h_s – înălțimea zonei de siguranță (0,3+1,0 m).

În jgheabul de colectare și în conducta de evacuare a apei decantate, viteza trebuie să fie de minimum 0,7 m/s.

Diametrul evazării de la capătul inferior al tubului central se ia cu 50% mai mare decât cel al tubului central.

Diametrul deflectorului se ia de 1,2÷2,0 ori mai mare decât diametrul evazării. Distanța între evazare și deflector nu coboară, în mod obișnuit, sub 0,5 m, dar se creează posibilitatea reglării ei. Teoretic, distanța între capătul de jos al tubului central și suprafața deflectorului se determină din condiția ca viteza de curgere să fie egală cu 0,03 m/s.

STAS 4162 recomandă proiectarea unei rețele de jgheaburi pentru colectarea apei de la decantoarele care au o suprafață mai mare de 12 m².

Exemplul de calcul 5G: Să se dimensioneze decantoarele verticale pentru datele din exemplul 5F.

Debitul de dimensionare și volumul de decantare sunt aceleași cu cele din exemplul 5F, și anume: $Q_{uzi\ max} = 100\ l/s$ și $V_{dec} = 540\ m^3$.

Secțiunea orizontală a decantorului, ținând cont de datele tabelului 5.5, este: $A_o = 142,85\ m^2$.

Se proiectează 4 decantoare cu o secțiune orizontală $A_o' = 36\ m^2$ fiecare; diametrul unui decantor $D = (4 \times 36 / 3,14)^{1/2} = 6,80\ m$.

Secțiunea tubului central, $A_{o\ ic} = 0,025 / 0,1 = 0,25\ m^2$; diametrul tubului central este $d = (4 \times 0,25 / 3,14)^{1/2} = 0,56\ m$.

Înălțimea utilă a decantorului, $h_u = V_v \times t_d = 0,0007 \times 3600 \times 1,5 = 3,8\ m$; se ia 4,0 m, conform celor de mai sus.

Se verifică relația (5.36), determinându-se o nouă înălțime utilă, $h_u = 0,8(6,80 - 0,56) = 4,99 \approx 5,0\ m$.

Înălțimea tubului central $H_t = 0,8 \times h_u = 4,0\ m$.

Încărcarea deversorului de la ieșire este:

$I_d = 0,025 \times 3600 / (3,14 \times 6,8) = 4,2\ m^3/h$ și m, admisibil, conform recomandărilor anterioare.

Diametrul evazării de la partea inferioară a tubului central este:

$D' = 1,5 \times 0,56 = 0,84\ m$.

Diametrul deflectorului este $D'' = 2,0 \times 0,84 = 1,68\ m$; deflectorul se construiește reglabil, astfel încât viteza apei în spațiul de curgere a apei să fie 0,03 m/s.

Secțiunea transversală a jgheabului de colectare a apei decantate, înainte de intrarea apei în rigola de evacuare a apei din decantor, pentru debitul de verificare $2Q_{uo\ max} = 2 \times 0,130\ m^3/zi$ este: $A_j = (2 \times 0,130) / (3 \times 2 \times 0,7) = 0,062\ m^2$; pentru o lățime a jgheabului $b = 0,30\ m$, $h = 0,21\ m$. Deversorul jgheabului se dimensionează după indicațiile din exemplul 5F.

Adâncimea totală a unui decantor, considerând că fundul conic are pereți înclinați la 45° și că diametrul inferior al conului este 0,5 m, rezultă din ecuația (5.39): $H_t = 8,70\ m$.

Verificarea la debitul de verificare s-a făcut cu ocazia dimensionării jgheabului de colectare a apei decantate.

Coagularea suspensiilor din apă

Precipitarea chimică sau coagularea suspensiilor din apă este o operație ajutătoare a procesului de decantare a apelor uzate, care intervine înaintea decantării.

În scopul coagulării, sunt folosiți coagulanți – substanțe chimice – care se dispersează în apă și conduc la aglomerarea particulelor fine, sub formă de flocoane, care, sub efectul greutatei, cad pe fundul bazinului de decantare.

Coagulanții acționează asupra particulelor fine și coloidale, din apa uzată, care nu sedimentează prin simpla decantare.

Deși este mai puțin practică pentru apele uzate, în comparație cu apele de alimentare – folosirea coagulării este recomandată:

- când apele uzate au variații sezoniere mari (de debite și concentrații) sau se cer grade diferite de epurare;
- când este necesar să se realizeze un grad de epurare mai mare decât cel obținut prin sedimentarea simplă;
- pentru evitarea degajării unor mirosuri neplăcute, în jurul stației de epurare;
- în cazul apelor uzate cu conținut mare de ape uzate industriale.

6.1. Coagulanți

Coagulanții cei mai des folosiți sunt sărurile de fier și cele de aluminiu.

Sărurile de fier folosite sunt:

- clorura ferică $[\text{FeCl}_3]$ sub formă de soluție, cristale și pudră;
- sulfatul feric $[\text{Fe}(\text{SO}_4)_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}]$ sub formă de granule;
- sulfatul feros $[\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}]$ sub formă de granule, cristale și pulbere.

Dintre sărurile de aluminiu, cel mai des folosit este sulfatul de aluminiu, $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$ – sub formă de bulgări, plăci și pudră.

În țara noastră, printre coagulanții folosiți trebuie menționat și coagulantul TI – extras sulfurat din zgure metalurgice, preparat după rețeta prof. Tudor Ionescu. Prețul acestui coagulant este foarte redus, deoarece zgurele metalurgice sunt deșeurile industriale.

Cu rezultate bune, în numeroase cazuri este folosit varul, sub formă de:

- oxid de calciu $[\text{CaO}]$;
- hidroxid de calciu $[\text{Ca}(\text{OH})_2]$.

În general, coagularea suspensiilor se realizează prin folosirea a doi sau chiar trei coagulanți, în același timp.

De obicei, alegerea coagulanților se face prin cercetări de laborator, când se determină și *doza optimă de coagulant*.

Atât coagulantul, cât și doza optimă depind de:

- cantitatea de suspensii care trebuie reținută;
- natura suspensiei;
- gradul de epurare necesar;
- debitul apelor uzate etc.

Cercetările privind coagularea apei sunt realizate după metoda „Jar test”, într-un aparat care constă dintr-un suport pentru 4–6 cilindri de 1 litru, în care se introduce apa de studiat, împreună cu doze de coagulant cunoscute, variind, de exemplu, din 5 în 5 mgf/dm³. Aparatul dispune de un motor pentru agitarea probelor. La început, timp de 3–5 minute, apa din cilindri se agită cu o viteză mare (≈ 150 ture/min), perioadă necesară amestecului coagulantului cu apa, apoi, cu o viteză mai mică (40–50 ture/min), timp de circa 5 minute, perioadă necesară floclării suspensiilor. Apoi, timp de 30 de minute, se lasă să se sedimenteze conținutul cilindrilor, determinându-se turbiditatea apei limpezite. Proba în care turbiditatea este mai mică determină doza optimă de coagulant.

6.2. Construcții și instalații pentru coagularea suspensiilor din apă

Procesul de coagulare a suspensiilor din apă cuprinde trei operații distincte:

- prepararea și dozarea;
- amestecul;
- reacția propriu-zisă.

În prima etapă a procesului de coagulare – *prepararea și dozarea coagulanților* – coagulanții sunt furnizați sub formă lichidă sau solidă. Uneori, fiind livrați sub formă de bulgări sau plăci, este necesară transformarea lor în stare lichidă sau solidă. În acest scop, se folosesc vase, butoaie etc., confecționate din materiale rezistente la coroziune, în care se prepară soluții de coagulant cu concentrații cunoscute. Dozarea coagulanților, care are ca scop trimiterea unor cantități bine dozate de coagulant în apa uzată, se poate face pe cale:

- uscată – folosind aparate de dozare;
- umedă – folosind pompe dozatoare.

În funcție de debitul apei uzate și cantitatea de suspensii, atât aparatele de dozare, cât și pompele dozatoare posedă dispozitive de dozare.

Transportul coagulanților, de la magazie până la instalațiile de dozare se poate face:

- manual – pentru cantități mici;
- mecanic – pentru cantități mari, folosind:
 - benzi transportoare sau tuburi pneumatice (pentru coagulanți în pulbere sau granule);
 - conducte (pentru coagulanți lichizi), care trebuie să fie rezistente la coroziune.

Amestecarea coagulantului cu apa uzată se realizează în bazine de amestec, care au scopul de a dispersa, cât mai uniform, coagulantul sau soluția de coagulant în apa uzată, pentru obținerea unei omogenități cât mai bune.

De obicei, amestecul durează 0,5 – 3,0 min.

Bazinele pentru amestec sunt de mai multe tipuri:

- *cu amestec gravitațional*, în care mișcarea apei se face printr-o serie de pereți înclinați sau perpendiculari pe direcția de curgere a apei;
- *cu amestec pneumatic*, în care aerul sub presiune este răspândit pe radierul bazinului, prin tuburi găurite sau plăci poroase;
- *cu amestec mecanic*, în care amestecul este realizat de agitatoare mecanice cu palete, al căror ax poate fi vertical sau orizontal.

Reacția sau floclarea, realizată în bazine de reacție, are scopul de a forma flocoane, care aglomerează substanțele fine și coloidale; acestea se depun în decantoare, deoarece sunt mai grele decât substanțele inițiale.

Flocularea se realizează tot prin amestecul apei, la început, când flocoanele sunt mici – mai rapid, iar când flocoanele sunt mai mari, către avalul bazinului de floclare – mai încet. Viteza de amestec nu trebuie să fie nici prea mare, pentru a sfărâma flocoanele, și nici prea mică, pentru a permite depunerea lor în bazinul de reacție. În general, pentru o bună floclare sunt necesare 20–40 de minute.

Flocularea se poate realiza în bazine:

– *de tip gravitațional*, sub forma unor camere cu pereți în șicană, perpendiculari pe direcția de curgere a apei, cu mișcarea apei pe verticală sau pe orizontală;

– *de tip pneumatic*, care folosesc pentru distribuția aerului (care ajută la floclare) plăci poroase sau tuburi găurite, așezate pe radierul bazinului, de obicei lângă un perete al bazinului, pentru a produce un curent în spirală;

– *de tip mecanic*, care folosesc, pentru amestecul apei, palete cu ax vertical sau orizontal. De obicei, dispozitivul de amestec este prevăzut cu reductor, pentru a putea regla viteza, în funcție de calitatea apei. Apele uzate, împreună cu flocoanele formate, ajung în decantoare, unde se produce sedimentarea particulelor mai mari, precum și a celor fine și coloidale, care au fost coagulate.

De obicei, când se folosesc coagulanți, volumul sedimentelor din bazinele de decantare este dublu; când se folosește var, poate fi chiar mai mare.

Nămolul care conține coagulanți fermentează în condiții bune, aceștia fiind de un real folos în operațiile de deshidratare a nămolului (din filtrele-presă sau cu vid).

Pentru a evita depunerea nisipului în bazinele de floclare, înaintea coagulării este necesară – ca pretratare – deznisiparea.

Înapoierea nămolului, rezultat după operația de coagulare, în decantoarele primare sau în instalațiile de coagulare, în scopul măririi eficienței clarificării apei sau pentru a obține un nămol mai dens, nu constituie o operație eficientă; totuși, pentru unele ape industriale, înapoierea nămolului este recomandabilă.

Epurarea biologică a apelor uzate

Cea de-a doua fază de epurare a apelor uzate este cunoscută și sub denumirea de *epurare biologică*.

În prezent, realizarea ei a devenit necesară, aproape în toate stațiile de epurare, datorită numărului mare de industrii și creșterii numărului populației la orașe.

Epurarea biologică se efectuează prin construcții și instalații de:

- *epurare biologică naturală* – câmpuri de irigare și filtrare, iazuri de stabilizare etc.;

- *epurare biologică artificială* – filtre biologice, bazine cu nămol activ etc.

Epurarea mecanică este obligatorie înaintea epurării biologice, având ca scop îndepărtarea materiilor solide în suspensie, decantabile, deoarece, treapta a doua de epurare are ca sarcină principală, îndepărtarea materiilor dizolvate și coloidale.

Procesul de epurare biologică este un proces complex, pentru dezvoltarea căruia intervin o serie de factori. Astfel, în momentul când apa uzată întâlnește o suprafață adecvată, pe suprafața de separație dintre apa uzată și cea de contact se dezvoltă bacterii și alte multe microorganisme. Acestea dau naștere la membrane biologice (în cazul filtrelor biologice, al câmpurilor de irigare etc.) și la flocoane biologice (în cazul bazinelor cu nămol activ etc.), în care se dezvoltă microorganisme unicelulare sau complexe, constituind *biomasa*; aceasta transformă materiile solide din apa uzată, ia (din materiile solide) energia sau hrana necesară membranei sau flocoanelor, pentru întreținerea și dezvoltarea lor, transferă înapoi în apa uzată, produsele finale ale descompunerii (nitrații, sulfații, bioxidul de carbon etc.) și, în final, se transformă în materii solide, separabile prin decantare.

Pentru ca organismele să dezvolte o activitate maximă, biomasa trebuie să fie alimentată ritmic și în cantități suficiente. Activitatea microorganismelor este mai intensă atunci când au cantități mai mari de materii organice; de aceea, activitatea acestora este mai intensă în straturile superioare (la filtrele biologice, de exemplu), decât în cele inferioare. În procesul de transformare, cea mai mare parte a materiilor minerale necesare este adusă de apele uzate; în general, fosforul și azotul sunt în cantități insuficiente, astfel că, se recurge la completarea (alimentarea) lor artificială. Cerințele minime de fosfor și azot sunt exprimate prin relația:

– CBO:N:P = 150:5:1, în apa uzată;

– CBO:N:P = 90:5:1, pentru nămol.

Procesul de epurare poate fi prejudiciat prin dezvoltarea peste măsură a biomasei; astfel, prin îngroșarea membranei sau prin mărirea volumului de flocoane, scade atât capacitatea de oxidare, cât și gradul de epurare a apelor uzate. Menținerea biomasei în limitele normale se realizează prin evacuarea acesteia; la filtrele biologice se evacuează, în permanență, o parte din membrană, care se desprinde de

pe stratul filtrant, în timp ce, la bazinele cu nămol activ, se evacuează o parte din flocoane. Biomasa evacuată sub formă de materii solide în suspensie, separabile prin decantare, este reținută în decantoarele secundare, de unde, prin intermediul decantoarelor primare, ajunge în rezervoarele de fermentare a nămolului.

Oxidarea azotului organic sau a amoniacului constituie una din cele mai importante probleme ale epurării biologice, deoarece, uneori, aceasta poate fi atât de avansată, încât efluentul stației de epurare să conțină cantități de azotați peste limitele normale. Prezența acestora poate stimula vegetația din emisari într-o asemenea măsură, încât echilibrul oxigenului din aceștia să fie deranjat, adică, în anumite perioade, oxigenul să scadă mult sub limitele normale. Astfel, se produce *fenomenul de eutrofizare*, care, în afară de micșorarea capacității de autoepurare a emisarului, are drept urmare colmatarea filtrelor pentru tratarea apei și a conductelor, cu vegetația adusă de apa captată.

Cei mai importanți factori de care depinde epurarea biologică sunt:

- temperatura;
- oxigenul;
- încărcarea organică și hidraulică;
- timpul de traversare a instalației;
- diverse organisme.

Temperatura apelor uzate este apropiată de cea a apelor de alimentare, dacă nu intervin ape uzate industriale, cu temperaturi diferite de cele ale apelor uzate orășenești, ape subterane etc. La schimbările de temperatură, datorită introducerii în rețea a unor ape cu temperaturi diferite de cele normale, procesul de epurare se desfășoară în condiții normale, însă, cu unele scăderi ale eficienței. O mare influență a temperaturii se manifestă în momentul amorsării, în special la filtrele biologice, deoarece, în timpul iernii, amorsarea durează 2-3 luni, iar vara, 2-3 săptămâni; bazinele cu nămol activ – indiferent de anotimp – necesită o perioadă de amorsare de 2-3 săptămâni.

Cea mai evidentă și semnificativă influență a temperaturii apelor uzate se manifestă pe câmpurile de irigare și filtrare, deoarece căldura se pierde foarte repede.

Oxigenul este necesar atât apelor uzate, cât și biomasei. Numai o parte foarte mică (5+15%) din oxigenul adus de aerul care pătrunde în filtrele biologice sau în bazinele cu nămol activ este folosit în acestea; de aceea, aerarea trebuie să fie foarte puternică și asigurată continuu, orice întrerupere putând prejudicia procesul de epurare.

Încărcarea organică și hidraulică, respectiv cantitatea de materie organică ce trebuie mineralizată și de apă care trece prin instalație, sunt parametri care condiționează gradul de epurare al epurării biologice. Cantitățile mari de materii organice conduc la scăderea eficienței și, uneori, chiar la întreruperea procesului de epurare; același efect îl are și încărcarea hidraulică prea mare sau prea mică. În primul caz se produce desprinderea membranei biologice peste limitele normale și deci, prin micșorarea numărului de organisme care condiționează epurarea, scade eficiența; acumularea mare de organisme acționează în același sens.

Timpul de traversare a instalației constituie, de asemenea, un factor hotărâtor al procesului de epurare.

Organismele principale, care acționează la epurarea apelor uzate și la autoepurarea apelor emisarilor sunt:

- insectele;
- protozoarele;
- bacteriile;
- ciupercile.

Dintre insecte menționăm, în primul rând, musca *Psychoda*, caracteristică filtrelor biologice; ea pătrunde în urechile, nările și ochii oamenilor și animalelor. Raza de zbor este destul de mică, dar vântul o transportă la distanțe mari. Infestarea cu această insectă este cu atât mai mare, cu cât membrana biologică este mai groasă și temperatura – la interiorul filtrelor biologice – este mai ridicată. În stadiul de larvă, poate fi distrusă prin inundarea filtrului biologic, la fiecare repetare a ciclului (între 7 și 22 de zile), prin clorare, administrare de substanțe toxice etc. Insecta *Achorutes* preferă suprafețe de apă întinse, cum ar fi iazurile de stabilizare.

Dintre protozoare, grupul Ciliatelor este cel mai important pentru epurarea apelor uzate, având rolul de reglare a dezvoltării populației bacteriene; distrugerea bacteriilor stimulează înmulțirea lor și utilizarea stratului hrănitor. Dominarea Ciliatelor în biomasă (membrană și flocoane), în special în bazinele cu nămol activ, indică o bună desfășurare a procesului biologic. De o importanță secundară în epurarea apelor uzate, dar de o deosebită importanță din punct de vedere sanitar este funcțiunea protozoarelor în distrugerea bacteriilor din apa uzată (în special a celor patogene).

Dintre bacterii menționăm, îndeosebi, *Sphaerotilus* și *Beggiatoa* (bacteria sulfului), care pot colmata conductele, vanele etc.

Spre deosebire de filtrele biologice, unde ecologia variază cu adâncimea, în bazinele cu nămol activ există, în permanență, un mediu acvatic uniform, deoarece flocoanele sunt antrenate de curentul de apă și răspândite în mod uniform în bazin. Organisme ca muște, viermi, păianjeni, sunt aproape absente; prezența bacteriei *Sphaerotilus* produce umflarea nămolului, respectiv distrugerea lui; în același sens se comportă și insecta *Chironomus*.

În ecologia iazurilor de stabilizare, algele albastre și verzi ocupă locul cel mai important. Bacteriile aerobe alimentează cu bioxid de carbon algele care eliberează oxigenul necesar apei uzate, păstrând – astfel – iazul în condiții aerobe.

7.1. Epurarea biologică naturală

Epurarea biologică naturală se realizează:

- pe câmpurile de irigare și filtrare;
- în filtrele de nisip;
- pe câmpurile de filtrare subterane;

- în iazurile de stabilizare (iazuri biologice) etc.

Din punct de vedere al îndepărtării materiilor în suspensie, eficiența epurării biologice naturale variază între 95 și 98%; ea este recomandată când emisarul trebuie să primească o apă cât mai curată. Suprafețele mari, necesare unor asemenea construcții, le face de multe ori neeconomice.

7.1.1. Câmpuri de irigare și filtrare

Datorită substanțelor fertile conținute, câmpurile de irigare și filtrare au următoarele scopuri:

- epurarea apelor uzate;
- valorificarea acestora.

Câmpurile de filtrare rezolvă doar epurarea apelor uzate.

Câmpurile de irigare sunt, de obicei, asociate cu câmpurile de filtrare, ultimele fiind folosite în perioadele de ploi abundente, în perioadele de îngheț etc.

Câmpurile de irigare și filtrare se recomandă a fi folosite:

- în zonele cu precipitații slabe (sub 600 mm/an);
- acolo unde folosirea substanțelor fertilizante din apele uzate este avantajoasă;
- pentru localități care nu depășesc 10.000 de locuitori;
- când substanțele fertilizante din apele uzate sunt în cantități mari (cazul unor ape uzate industriale).

În tabelul 7.1 este prezentat conținutul în substanțe fertilizante al apelor uzate și al nămolurilor fermentate (după Sierp):

Tabelul 7.1

Conținutul în substanțe fertilizante al apelor uzate și al nămolurilor

Felul apei sau nămolului	Tipul substanței [gf/loc și zi]			
	Azot	Fosfat (P ₂ O ₅)	Potasiu (K ₂ O)	Materii organice
Ape uzate brute	12,8	5,3	7,0	55,0
Ape uzate epurate biologic	10,0	2,8	6,7	19,0
Nămoluri fermentate	1,3	0,7	0,2	20,0

La 1 ha, plantele au nevoie de:

- 120 kgf/azot;
- 40 kgf/fosfor;
- 170 kgf/potasiu.

Apele uzate pot fi folosite atât la irigarea culturilor de orice fel (cereale, plante industriale etc.), cât și la pășuni și livezi.

Din punct de vedere agrotehnic, la irigarea cu ape uzate se preferă plantele care folosesc bine atât apa, cât și substanțele dizolvate (din apa uzată) și pot suporta excese trecătoare de umiditate (trifoiul, lucerna, sfecla, mai puțin porumbul, cartoful și cânepa).

Pentru o bună folosire a apelor uzate, se recomandă ca în vecinătatea centrelor populate să se cultive, din întreaga suprafață:

- 50% legume;
- 30% făină;
- 20% rădăcinoase.

Schema câmpurilor de irigare și filtrare include, în primul rând, un bazin de decantare necesar reținerii substanțelor solide în suspensie, care după o anumită perioadă de timp, ar putea colmata solul, a helmiților și ouăle acestora; în acest fel, din punct de vedere sanitar, se protejează personalul de exploatare și recoltele. Urmează, apoi, un bazin de egalizare, care are și scopul de înmagazinare, în anumite perioade, a apelor uzate.

Terenurile destinate irigației se împart în parcele, cu dimensiunile de 1.000×150 m+1.200×250 m. Se recomandă, dacă este posibil, ca parcelelor să li se asigure o pantă de 0,001+0,005.

Transportul apei până la parcele și în interiorul acestora se face cu ajutorul unei rețele de distribuție, care constă din:

- un canal principal;
- canale de distribuție;
- canale de irigație.

Canalele principale și cele de distribuție se execută, de obicei, închise, iar cele de irigație – deschise, acestea având un caracter sezonier.

Răspândirea apei uzate pe parcele se face:

- prin brazde;
- prin inundare;
- prin aspersiune;
- la suprafață.

La alegerea modului de răspândire a apei uzate se va ține cont de:

- felul culturii;
- natura terenului;
- panta terenului etc.

Colectarea apei infiltrate în sol se face printr-o rețea de desecare, ce constă din:

- drenuri;
- canale secundare;
- canale principale;
- guri de vărsare în emisar.

Drenurile asigură menținerea unui anumit nivel al apelor freatice (corespunzător culturilor și aerării solului, necesar dezvoltării bacteriilor aerobe) și constau din tuburi găurite, așezate unele față de altele la distanțe care variază în funcție de natura solului. Rețeaua de desecare este necesară numai în soluri argiloase.

Pentru buna funcționare a câmpurilor de irigare și filtrare, acestea sunt dotate cu :

- stăvilare, vane, cămine – pe conducte și canale;
- drumuri de acces între parcele (cu lățimi de 2,5+3,0 m);

- diguri de separare a parcelelor, plantațiilor etc.

În privința *exploatării câmpurilor de irigare și filtrare*, menționăm că, pe timp de iarnă, când solul este înghețat și nu are nevoie de apă, nefiind cultivat, apele uzate pot fi utilizate sau îndepărtate în mai multe feluri:

- apele uzate pot fi trimise pe câmpurile de filtrare, care datorită permeabilității mari permit și debite de infiltrare mari, iar căldura apelor uzate împiedică înghețarea solului;

- pe câmpurile cu suprafețe mari, irigarea poate fi continuată și pe timp de iarnă, pe aproximativ 75% din suprafață, formându-se un strat de gheață, care se dezgheață primăvara și furnizează astfel solului, în perioade scurte, debite mari de apă (acest procedeu este cunoscut sub numele de „irigare de aprovizionare”);

- irigarea de gheață este o metodă des practică; în acest scop, câmpul se inundă cu o cantitate mare de apă, la suprafața acestuia formându-se un acoperiș de gheață, sub care se continuă irigarea, cu debite obișnuite.

În timp de ploaie, când câmpurile nu au nevoie de apă, aceasta poate fi trimisă pe câmpurile de filtrare sau reținută în bazinele de egalizare.

În anumite perioade ale anului, când precipitațiile sunt abundente, iar emisarul nu poate primi ape uzate neepurate, este necesar să se construiască o stație de epurare artificială mecanică sau chiar biologică, cu funcționare temporară sau permanentă; aceasta, însă, face ca soluția epurării apelor uzate pe câmpuri de irigare și filtrare să nu mai fie economică.

Un aspect caracteristic irigației cu ape uzate se referă la măsurile de protecție sanitară, care trebuie luate pentru a împiedica transmiterea germenilor patogeni și a viermilor intestinali la oameni și animale. În acest scop, se recomandă ca amplasamentul câmpurilor de irigare și filtrare să fie ales la o distanță de cel puțin 300–500 m de centrele populate. De asemenea, în vecinătatea centrului populat:

- canalele de irigație vor fi închise;
- se vor cultiva numai plante care nu se consumă în stare crudă;
- ultima udare se va face cu cel puțin 15 zile înainte de recoltare;
- personalul de exploatare va fi supravegheat periodic din punct de vedere sanitar, va fi dotat cu echipament de protecție, va dispune de dușuri, săli de mese etc.

Chiar la o bună exploatare, fertilitatea câmpurilor de irigare și filtrare descrește o dată cu trecerea timpului, astfel că după 20–25 de ani este necesară o pauză pentru regenerarea solului.

7.1.2. Filtre de nisip

Filtrele de nisip sunt construcții destinate epurării apelor uzate și pot fi construite numai în soluri nisipoase.

Apa uzată traversează filtrul de sus în jos, la intervale egale de timp, lăsând terenul să se aereze natural, în scopul desfășurării proceselor aerobe în condiții cât mai bune.

Terenul destinat filtrelor se împarte în parcele de 0,4–0,5 ha.

Solul natural de la suprafață este îndepărtat până se ajunge la nisip, iar din materialul îndepărtat se execută diguri între parcele.

Alimentarea cu apă a parcelelor se face prin conducte îngropate în digurile dintre parcele și, mai departe, printr-o serie de jgheaburi. Pentru evacuarea apelor uzate, care nu pot rămâne în sol, se folosesc drenuri (\varnothing 50÷100 mm), așezate la aproximativ 1,0 m față de nivelul solului și la 10 m distanță unele de altele.

În tabelul 7.2 este prezentată încărcarea hidraulică a filtrelor de nisip cu ape uzate, în funcție de dimensiunea eficace, d_e , a granulelor (după Imhoff):

Tabelul 7.2

Încărcarea hidraulică cu ape uzate a filtrelor de nisip

Dimensiunea eficace (d_e) [mm]	Încărcarea hidraulică [m ³ /m ² și h]
0,2	0,8 – 2,1
0,3	2,1 – 4,2
0,4	4,2 – 8,4
0,5	8,4 – 12,5

Răspândirea apelor uzate se face prin umplerea rapidă a fiecărei parcele, în 5–15 minute, până se atinge o grosime de apă de 5–10 cm, ceea ce corespunde la o încărcare de 500–1.000 m³/ha, de cele mai multe ori o dată pe zi. Pentru concentrații mai mici ale apelor uzate, parcela poate fi umplută de mai multe ori pe zi. Dacă, după un timp de 4 ore, apa uzată nu s-a infiltrat în nisip, se scoate parcela din funcțiune, se așteaptă uscarea stratului de nămol care s-a acumulat deasupra nisipului, se îndepărtează și, apoi, parcela se poate da, din nou, în folosință.

După câțiva ani de funcționare, stratul de nisip de deasupra (15–20 cm) trebuie îndepărtat și înlocuit; după 10–15 ani, filtrul trebuie abandonat, deoarece este complet colmatat și nu mai poate fi repus în funcțiune.

În timpul iernii se folosește irigarea sub gheață; pentru aerarea stratului de nisip, se recomandă să se practice deschideri în stratul de gheață.

7.1.3. Iazuri de stabilizare

Iazurile de stabilizare (iazurile biologice) sunt bazine deschise în pământ, construite, de cele mai multe ori, în depresiuni naturale, foste gropi de cărămidă etc. În acestea se realizează epurarea apelor uzate brute sau epurate într-o oarecare măsură, folosind în acest scop numai factori naturali, care contribuie la epurare. Oxigenul necesar procesului aerob de epurare, care are loc în iazuri, este luat din:

- apa uzată;
- compușii organici (nitrați, sulfați);
- atmosferă;
- ca urmare a fotosintezei algelor din iaz etc.

La iazurile cu adâncimi mai mari de 1,0 m intervin și procese anaerobe, care acționează asupra nămolului de pe fund, producând (în vecinătatea iazurilor) mirosuri neplăcute.

Iazurile de stabilizare pot fi utilizate atât pentru epurarea apelor uzate rășenești, cât și a celor industriale, cu condiția absenței substanțelor toxice.

În privința *proiectării iazurilor*, menționăm că dimensiunea acestora depinde de:

- gradul de epurare cerut de la acestea;
- calitatea apei uzate;
- condițiile climatice (mai ales temperatura și luminozitatea);
- adâncimea iazului etc.

În tabelul 7.3 sunt dați câțiva parametri de dimensionare a iazurilor.

Deși există iazuri cu adâncimi mai mari de 2,0 m, iazurile cu adâncimi de 0,6–1,2 m sunt cele mai frecvente.

Tabelul 7.3

Parametrii de dimensionare a iazurilor de stabilizare

Adâncimea iazului [m]	Încărcarea în locuitori [loc./ha]	Încărcarea organică [gf CBO ₅ /zi, m ²]	Timp de rămânere a apei în iaz [luni, zile]
1,5÷1,2	250	0,6÷1,0	luni
1,2÷0,6	1.000	5,5	cca 30 zile
sub 0,6	2.000÷5.000	11 (iarna) 25 (vara)	2+10 zile

Uneori, pentru menținerea condițiilor aerobe în iazuri, acestea sunt prevăzute cu stații de pompare pentru recircularea apei (de 1,5 ori debitul) sau sunt dotate cu aeratoare mecanice cu rotor, asemănătoare celor folosite la bazinele cu nămol activ.

Unele iazuri se compartimentează prin diguri, pe care se poate și circula. Taluzurile se perează, iar radierul, uneori, se impermeabilizează.

Pentru a evita formarea de zone moarte, respectiv zone anaerobe, se recomandă ca accesul apei în iaz să se facă prin mai multe puncte.

Construcțiile pentru evacuarea apei din iaz trebuie în așa fel proiectate, încât să poată descărca efluentul de la diferite niveluri.

De cele mai multe ori, iazurile biologice se execută în serie, apa circulând dintr-un compartiment în altul; ultimul compartiment, unde apa este epurată într-o proporție destul de mare, se populează cu pești.

7.2. Epurarea biologică artificială

În comparație cu construcțiile pentru epurarea biologică artificială a apelor uzate, cele pentru epurarea biologică naturală prezintă o serie de dezavantaje, dintre care le vom aminti pe cele mai influențabile:

- suprafețe mari de construcție;
- dependența eficienței de epurare de natura solului, climă etc.;
- greutatea de exploatare în timpul iernii și în perioadele cu ploi abundente;
- imposibilitatea reglării procesului de epurare.

Datorită acestor aspecte, s-a trecut la construirea de instalații de epurare artificială, dintre care, cele mai importante sunt:

- filtrele biologice;
- bazinele cu nămol activ.

O caracteristică deosebită a construcțiilor pentru epurarea biologică artificială a apelor uzate este aceea că, după ele sunt amplasate întotdeauna decantoare secundare, care au scopul de a reține *pelicula biologică* desprinsă de pe stratul filtrant, din filtrele biologice, sau *flocoanele de nămol activ*, din bazinele cu nămol activ.

7.2.1. Filtre biologice

Filtrele biologice (fig. 7.1) au forma unor spații închise, umplute cu material filtrant, traversat de apa uzată de sus în jos.

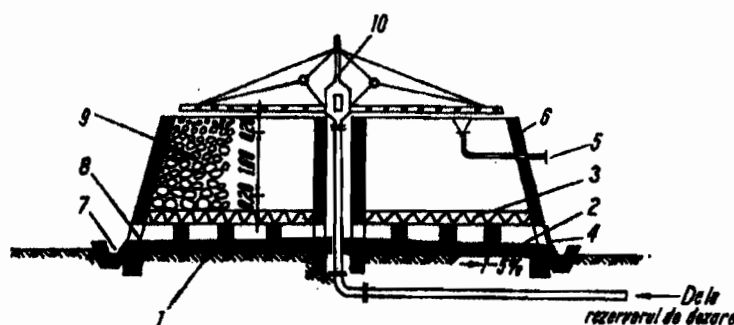


Figura 7.1. Filtru biologic:

- 1 – grinzi de susținere a radierului drenant; 2 – radier compact; 3 – radier de susținere a stratului filtrant; 4 – stăvilă; 5 – conductă de preaplin; 6 – peretele filtrului biologic; 7 – rigolă periferică; 8 – orificii pentru ventilație; 9 – material filtrant; 10 – distribuitor rotativ.

Filtrele biologice necesită suprafețe de construcție mult mai mici, în comparație cu câmpurile de irigare și filtrare (de 50+200 de ori), dar au dezavantajul că necesită diferențe de nivel mari, între intrarea și ieșirea apei (3+4 m), diferențe care în majoritatea cazurilor, determină executarea unei stații de pompare.

Cele mai uzuale tipuri de filtre biologice, precum și unele caracteristici, mai importante, ale acestora sunt prezentate în tabelul 7.4. Din punct de vedere constructiv, toate filtrele indicate în tabel au o serie de părți comune. Astfel:

- *forma în plan* depinde de tipul distribuitorului de apă uzată ales:
 - dreptunghiulară, pentru distribuitoare du-te-vino;
 - circulară, pentru distribuitoare rotative;

Filtre biologice

Felul filtrului biologic	Alimentare	Aerare	Recirculare
Filtru de contact	periodică	naturală	nu
Filtru de mică încărcare	continuă	naturală	cu și fără
Filtru de mare încărcare	continuă	naturală	cu și fără
Filtru cu două trepte	continuă	naturală	cu și fără
Filtru turn	continuă	naturală	nu
Filtru scufundat	continuă	artificială	nu
Aerofiltru	continuă	artificială	nu

– *pereții de susținere a materialului filtrant* sunt executați din beton armat, cu grosimi de 20+30 cm; pentru dimensiuni mai mici ale filtrelor se renunță la pereți, materialul așezându-se la taluzul natural. Pereții au și rolul de a proteja contra frigului materialul filtrant, favorizând tirajul necesar ventilării filtrului. Între cele două radieri (vezi fig. 7.1) pereții au o serie de deschideri, necesare ventilării, care pot fi etanșate cu stăvilare;

– *stratul de material filtrant* este caracterizat de natura, dimensiunile granulelor și înălțimea lui. Ca material filtrant se poate folosi zgură de cazane, cocs, rocă spartă – de natură diferită (se preferă scoria bazaltică), cărămidă, materiale plastice, inele Raschig etc. Materialul filtrant trebuie să îndeplinească o serie de condiții:

- să reziste la variațiile de temperatură și de compoziție ale apelor uzate;
- granulele să aibă o suprafață de contact mare (deci, suprafața acestora să fie cât mai poroasă și rugoasă);
- să fie rezistent la acțiunea mecanică a stratului superior;
- să fie lipsit de substanțe care ar putea degrada fauna bacteriană;
- să aibă o constituție uniformă;
- să nu conțină părți fine,
- să nu fie acoperit cu pământ;
- să nu fie așezat în filtru prin presare.

Dimensiunile părților constitutive ale materialului filtrant variază într-o gamă limitată. Astfel, în Anglia, dimensiunile granulelor sunt cuprinse între 20 și 50 mm; în S.U.A. se preferă dimensiuni mai mari, recomandându-se ca minimum 95% din granule să fie cuprinse între 60+100 mm; în Rusia se obișnuiește ca, la partea superioară a filtrului, să se așeze un strat de repartiție cu înălțimea de 0,20 m, având granule cu dimensiunile de 20+30 mm, la mijloc se așează un strat de lucru cu înălțimea de 1,60 m și dimensiuni ale granulelor de 30+50 mm, iar stratul de susținere de la partea inferioară are granule cu dimensiuni de 50+70 mm și înălțimea de 0,20 m; literatura de specialitate germană recomandă ca dimensiunile granulelor să fie cuprinse între 40+80 mm, pentru a asigura o bună ventilare a filtrului;

– *înălțimea stratului filtrant* depinde, în mare măsură, de concentrația apelor uzate, fiind cu atât mai mare, cu cât concentrația este mai mare.

Dimensiunile folosite sunt: în Anglia – 1,8 m; în S.U.A. – 1,5+2,4 m; în Rusia – 1,6 m;

– *radierul de susținere a stratului filtrant și radierul compact* creează un spațiu necesar pentru ventilarea filtrului. Pe radierul compact se scurge apa filtrată, către rigola periferică de evacuare a apei filtrate. Radierul de susținere a stratului filtrant se execută de obicei din prefabricate, plăci de dimensiuni $1,0 \times 1,0 \times 0,08$ m, cu fante de 0,03 m lățime, așezate pe grinzi de susținere, care la rândul lor se sprijină pe radierul compact. Radierul compact se execută din beton sau beton armat și se așează pe o fundație de pietriș sau nisip. Pentru o bună ventilare a filtrului, precum și pentru a permite spălarea depunerilor (membranei) de pe radierul compact, înălțimea între cele două radiere trebuie să fie de cel puțin 0,30 m în axul filtrului și de 0,7+1,0 m la periferie (ținând seama și de panta radierului compact – 1÷5%). Deschiderile prin care iese apa epurată din radierul compact (care servesc și pentru ventilație) sunt prevăzute cu stăvilare, pentru a putea etanșa filtrul, când se inundă, în scopul distrugerii muștei *Psychoda*;

– *ventilarea filtrelor biologice* asigură oxigenul necesar proceselor aerobe și, în același timp, îndepărtează și bioxidul de carbon, rezultat din mineralizarea substanțelor organice. Datorită diferenței de temperatură între interiorul și exteriorul filtrului, se produce o ventilare naturală în toate filtrele biologice. Curentul de aer intră sau iese pe la suprafața filtrului și prin deschiderile dintre cele două radiere. În timpul iernii, datorită faptului că temperatura la interiorul filtrului este mai mare decât la exterior și, în același timp, aerul este mai ușor, curentul de aer circulă de jos în sus; vara, curentul circulă invers. În timpul verii direcția curentului se schimbă destul de rapid, deoarece temperaturile la exterior și interior se pot inversa ușor. În urma unor cercetări, a rezultat că diferența de temperatură de 4°C este suficientă pentru producerea unui curent de aer de 0,3 m/min, îndeajuns pentru ventilarea filtrelor; pentru aceasta, deschiderile dintre radiere trebuie să reprezinte cel puțin 15% din suprafața orizontală a filtrului. Ventilația artificială este mai rar folosită, ea fiind aplicată numai în cazul filtrelor biologice închise (așezate în încăperi);

– *distribuția apei uzate la suprafața filtrelor biologice* se face prin distribuitoare fixe și mobile. În majoritatea cazurilor, distribuitoarele fixe răspândesc apa uzată printr-o serie de duze (sprinklere), alimentate de o rețea de conducte, în timp ce distribuitorii mobile împrăștiu apa uzată prin conducte care se rotesc sau fac o mișcare de du-te-vino deasupra filtrului. Distribuția apei la filtre poate fi continuă sau intermitentă; în primul caz, apa de la decantare ajunge în distribuitoare prin gravitație sau pompare, iar în cel de-al doilea caz prin pompare și prin intermediul unui rezervor de dozare. La începutul punerii în aplicare a rezervoarelor de dozare, acestea aveau scopul de a asigura filtrelor perioade de repaus. În prezent, ele sunt prevăzute:

- pentru a asigura funcționarea filtrelor biologice de mică încărcare, ce au distribuitoare fixe;

- la filtrele biologice de mică și mare încărcare, ce au distribuitoare autopropulsate, mai ales pentru stații mici, pentru a asigura înălțimea minimă de propulsare, în special noaptea, la debite mici, care ajung în stație prin gravitație;
- la filtrele biologice de mare încărcare cu recirculare, în special pentru perioadele cu debite mici;
- la unele filtre biologice de mică încărcare cu recirculare.

Rezervoarele de dozare se proiectează, în prezent, pentru o perioadă cât mai mică de repaus al filtrului și un cât mai scurt ciclu de dozare, corespunzând unei capacități de înmagazinare de circa 2 min, a debitului de calcul. Reducerea timpului până la 2 min este consecința constatărilor făcute asupra membranei biologice și anume, că aceasta trebuie să fie păstrată în permanență umedă, pentru a fi eficientă.

Rezervorul de dozare constă dintr-un bazin în formă de trunchi de piramidă și dintr-un sifon, care este astfel dimensionat, încât să se amorseze sau să se dezamorseze automat, la atingerea nivelului maxim, respectiv minim (fig. 7.2).

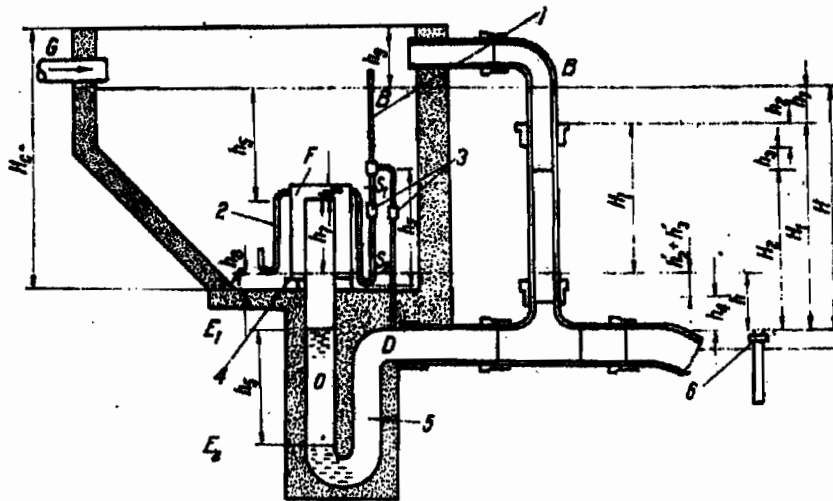


Figura 7.2. Rezervor de dozare:

- 1 – regulator de presiune; 2 – tub de aer; 3 – garnitură de reglare; 4 – suport;
5 – obturator hidraulic; 6 – sprinklere.

Uneori, rezervorul de dozare alimentează alternativ mai multe compartimente; alteleori, pentru instalații mai mari, se construiesc rezervoare de dozare perechi, fiecare rezervor fiind aferent unui compartiment al instalației de filtrare, plecarea apei făcându-se pe aceeași conductă, pentru ambele compartimente.

Pentru instalații mici de epurare, trimiterea intermitentă a apei uzate deasupra filtrului, în locul rezervorului de dozare, se face cu vase metalice de dozare construite în așa fel, încât prin modificarea centrului de greutate, la umplerea sau golirea lor, se asigură o alimentare intermitentă.

Distribuitoarele fixe se folosesc pentru filtrele biologice de dimensiuni mici și constau:

- dintr-un strat de repartiție de 0,2 m grosime, cu material ale cărui dimensiuni variază între 2,0 și 3,0 cm;
- jgheaburi sau conducte găurite (fig. 7.3), care se așează deasupra stratului filtrant, la o distanță de 1,2+2,0 m unele de altele; au diametrul sau secțiunea transversală de 0,2+0,3 m, iar găurile au diametrul de 1+2 cm și sunt așezate la distanțe de 50+100 cm unele de altele.



Figura 7.3. Jgheaburi și conducte găurite.

Dintre distribuitoarele fixe, cea mai răspândită în prezent este instalația de sprinklere, care necesită filtre dreptunghiulare în plan și existența unui rezervor de dozare. Instalația de sprinklere constă dintr-o rețea de conducte din fontă, pentru a fi rezistente la coroziune, așezate de cele mai multe ori sub stratul filtrant, pe care sunt montate sprinklerele (duze), situate la 10+20 cm deasupra stratului filtrant. Sprinklerele sunt executate dintr-un ajutor (cap) fixat pe conducta de distribuție și dintr-o pâlnie deflectoare, cu posibilități de reglare. Sprinklerele sunt fabricate din materiale rezistente la coroziune.

Distribuitoarele mobile sunt de tipul distribuitorului rotativ și du-te-vino.

Distribuitorul rotativ (fig. 7.4) constă dintr-o parte fixă și o coloană rotativă, la care sunt fixate 2-4 conducte de distribuție a apei pe filtru, prevăzute cu orificii în care, uneori, sunt fixate sprinklere.

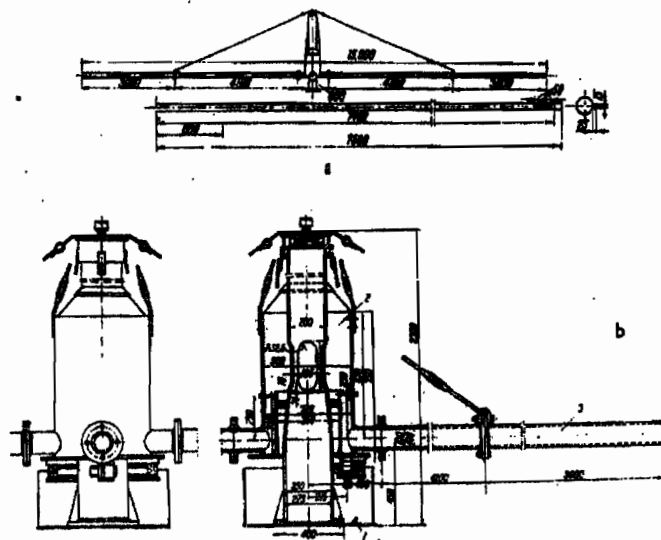


Figura 7.4. Distribuitor rotativ:

a – ansamblu; b – detalii; 1 – parte fixă; 2 – coloană rotativă; 3 – conductă de distribuție a apei.

Distanța între orificiile de pe conductele de distribuție și suprafața stratului filtrant trebuie să fie de 25 cm, cu un minim de 15 cm, pentru a evita distrugerea membranei de la suprafața granulelor. Distribuitorii rotative necesită existența unor filtre biologice, circulare în plan, al căror diametru nu trebuie să depășească 60 cm. Rotirea distribuitorului se face prin autopropulsare, ca urmare a reacției jeturilor din orificii, sau cu ajutorul unui motor electric. Pentru autopropulsare este necesară o diferență de nivel de 30÷75 cm între intrarea și ieșirea apei, deci, mult mai mică decât în cazul distribuitorilor fixe, prevăzute cu rezervor de dozare. Numărul de rotații la distribuitorii mari este de 0,5 rot/min, iar la cele mici, de 2 rot/min.

Distribuitorii du-te-vino (fig. 7.5) sunt folosiți pentru filtre biologice dreptunghiulare în plan și constau dintr-un cilindru gol la exterior, fixat pe un ax pe care sunt jgheaburi cu secțiune dreptunghiulară, asemănătoare celor folosite la roțile hidraulice. Axul se sprijină pe două perechi de roți așezate pe șine, fixate pe pereții longitudinali ai filtrului. Deasupra cilindrului este așezată o conductă, cu diametrul de 100 mm, cu găuri de 3÷5 cm, care se termină cu un sifon al cărui capăt este coborât în jgheabul longitudinal, plin cu apă uzată. Prin sifon, apa este aspirată în conductă și prin orificiile acesteia deversează pe o suprafață metalică, intrând apoi în jgheaburile cilindrului, pe care îl pune în stare de rotație. Această mișcare se transmite roților și întregului dispozitiv, care capătă astfel o mișcare de translație. Când distribuitorul ajunge la capăt, suprafața metalică se lovește de niște tamponuri și, cu ajutorul unor dispozitive, se rotește astfel încât apa din conducta perforată deversează în cealaltă parte a cilindrului și distribuitorul se deplasează invers. De obicei, distribuitorii de acest tip nu depășesc lungimea de 6 m, lungimea filtrelor atingând, în acest caz, dimensiunea de 35÷40 m. În timpul iernii, distribuitorii sunt protejați împotriva înghețului.

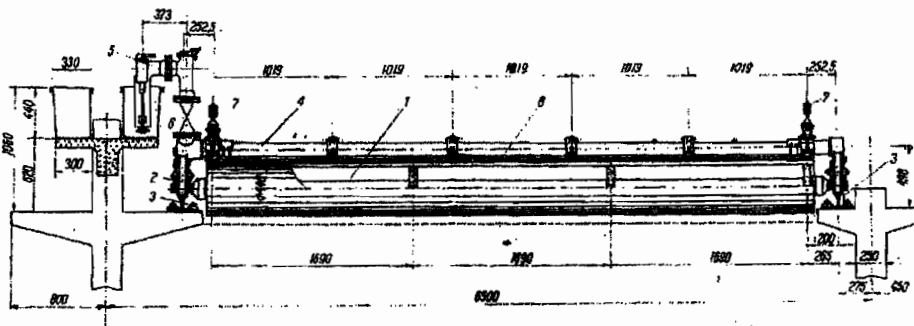


Figura 7.5. Distribuitor du-te-vino:

- 1 – cilindru gol; 2 – roți; 3 – șine; 4 – conductă; 5 – sifon; 6 – jgheab longitudinal;
7 – dispozitive de rotire; 8 – suprafață metalică.

Proiectarea filtrelor biologice

Filtrele biologice de mică și mare încărcare sunt numite astfel, în funcție de cantitatea de impurificări organice (încărcare organică) și de ape uzate (încărcare hidraulică), care le solicită.

În figura 7.1 au fost prezentate părțile componente ale unui filtru biologic de mică sau mare încărcare. Înălțimea stratului filtrant variază între 1,5 și 2,5 m, la cele de mică încărcare, și între 1,0 și 2,0 m, la cele de mare încărcare. Filtrele biologice de mică încărcare produc un efluent aproape stabil, conținând cantități mari de nitrați și având o cantitate de oxigen de circa 50% din cel de saturație.

Metodele obișnuite de funcționare ale filtrelor de mică și mare încărcare sunt:

- fără recirculare, cu perioade de repaus determinate de variațiile de debit care nu trebuie să depășească 5 min;
- cu recircularea apei decantate secundar, pentru ca perioadele de repaus să fie minime;
- cu recircularea apei decantate secundar, pentru a reduce concentrația apelor uzate care sunt primite pe filtrul biologic.

La filtrele biologice de mare încărcare, metodele uzuale de funcționare sunt:

- fără recirculare, când debitul nu trebuie să coboare sub o valoare minimă de circa $10 \text{ m}^3/\text{m}^2$ și zi, iar în perioadele de repaus, să nu depășească 15 s;
- cu recircularea excesului de apă decantată secundar, față de valoarea minimă a încărcării (circa $10 \text{ m}^3/\text{m}^2$ și zi), la filtre;
- cu recircularea excesului de apă filtrată, față de valoarea minimă a încărcării (circa $10 \text{ m}^3/\text{m}^2$ și zi), la decantoarele primare, restul apei trecând la decantoarele secundare.

În ceea ce privește recircularea, ea constă în înapoierea unei părți din apa trecută prin filtrul biologic și prin decantorul secundar sau numai prin filtrul biologic. Prin recirculare se mărește eficiența filtrelor biologice, obținându-se:

- reducerea perioadei de repaus la minimum, distribuitoarele auto-propulsate funcționând un timp cât mai îndelungat;
- micșorarea grosimii membranei filtrante și împiedicarea dezvoltării muștelor *Psychoda*, prin forțarea evacuării membranei biologice;
- prevenirea mirosului, prin înprospătarea apei;
- însămânțarea apei, ce trebuie să fie tratată, cu organisme și enzime;
- încărcarea mai eficientă a straturilor inferioare ale filtrului;
- îmbunătățirea distribuției deasupra filtrului, deoarece apa este mai curată.

Parametrii de bază care intervin la dimensionarea filtrelor cu recirculare sunt:

- raportul de recirculare, $R_{ec} = Q_r/Q_c$, reprezentând raportul dintre debitul de recirculare și debitul de calcul al filtrului biologic;
- factorul hidraulic al recirculării, dat de relația: $F_h = 1 + Q_r/Q_c$;
- factorul biologic al recirculării, dat de relația: $F_b = 1 + f \times Q_r/Q_c$, care depinde de produsul dintre debitul de recirculare Q_r și proporția de materie organică îndepărtată (f , exprimată în CBO) la fiecare trecere a apei prin filtru, împărțit la debitul de calcul Q_c .

În tabelul 7.5 sunt date o serie de valori ale acestor raporturi, rezultând că factorul hidraulic al recirculării crește în același ritm cu creșterea raportului de recirculare, în timp ce factorul biologic al recirculării crește foarte lent pentru valori ale raportului de recirculare mai mari decât 2+3; de aceea, raporturile de recirculare nu trebuie să depășească valoarea 3.

Tabelul 7.5

Valori ale raportului factorului hidraulic și biologic al recirculării

Raportul de recirculare, R_{ec}	0,5	1	2	4	8	16
Factorul hidraulic al recirculării, F_h	1,5	2	3	5	9	17
Factorul biologic al recirculării, F_b	1,4	1,7	2,1	2,6	2,8	2,5

Literatura de specialitate recomandă ca CBO_5 al apelor uzate trecute prin decantorul primar, amestecate eventual cu cele de recirculare, care urmează să intre în filtrele biologice, să fie mai mic sau egal cu de trei ori CBO_5 -ul celor care au trecut prin decantorul secundar. Deci, raportul de recirculare se va calcula cu relația:

$$R_{ec} = \frac{CBO_5^{in\ f.\ b.} - 3CBO_5^{ie\ d.\ s.}}{2CBO_5^{ie\ d.\ s.}}, \quad (7.1)$$

în care prescurtările au următoarea semnificație:

in f. b. – intrare filtru biologic;

ie d. s. – ieșire decantor secundar.

Pentru filtrele biologice cu două trepte, la treapta a doua, inclusiv recircularea, se admit ape cu CBO_5 egal cu maximum de două ori cel al apei după decantorul secundar al ultimei trepte.

În tabelul 7.6 este prezentată atât încărcarea filtrelor biologice de mică încărcare, cât și a celor de mare încărcare.

Tabelul 7.6

Încărcările filtrelor biologice de mică și mare încărcare

Filtre biologice	I_o [gf CBO_5/m^3 material filtrant și zi]	I_h [m ³ ape uzate/m ² filtru și zi]	I_l [loc/m ³ material filtrant]
De mică încărcare	80÷400 recomandat 175	1÷4 recomandat 2,5	2÷12 recomandat 5
De mare încărcare	400÷4.800 recomandat 700	10÷40 recomandat peste 20	12÷140 recomandat 20

Observații: I_o – încărcare organică; I_h – încărcare hidraulică; I_l – încărcare locuitori.

Volumul filtrelor biologice de mică și mare încărcare se determină cu relația:

$$V_{ol} = \frac{C_o}{I_o}, \quad (7.2)$$

în care:

C_o este cantitatea totală de CBO_5 intrată în filtrul biologic, în timp de 1 zi;

I_o – încărcarea organică, conform tabelului 7.6.

Se stabilesc, apoi: natura materialului filtrant, dimensiunile granulelor constitutive, înălțimea stratului filtrant etc.

Suprafața orizontală a filtrelor rezultă din relația:

$$A_0 = \frac{V_{0l}}{H}, \quad (7.3)$$

în care H este înălțimea stratului filtrant.

De obicei, pentru o unitate de filtrare, suprafața trebuie să rămână sub 1.000 m^2 . Se verifică apoi dacă încărcarea hidraulică se încadrează în valorile date în tabelul 7.6.

La dimensionarea instalației de ventilare a filtrelor biologice de mică și mare încărcare se vor asigura deschideri pentru ventilare, între cele două radiere, de circa 15% din suprafața orizontală a filtrului biologic.

Distribuția apei se poate face fie prin intermediul unui rezervor de dozare, fie continuu. *Dimensiunile rezervorului de dozare* rezultă din luarea în considerare a debitelor de intrare și ieșire din acesta, a numărului de sprinklere, a duratei ciclului de umplere și golire a rezervorului (maximum 5 min) etc.

Instalația de sprinklere se dimensionează ținând seama, în primul rând, de debitul care poate fi furnizat de un sprinkler q_s și de suprafața pe care acesta stropește apă uzată A_s .

Diametrul sprinklerului se alege din diagrama din figura 7.6, de unde rezultă și suprafața A_s . Raza de influență, cores-punzătoare suprafeței, se determină cu relația:

$$R_s = \frac{A_s}{1,61}. \quad (7.4)$$

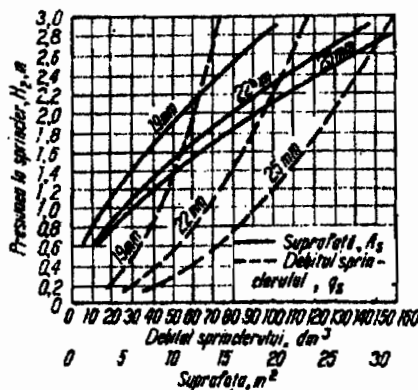


Figura 7.6. Diagramă pentru dimensionarea sprinklerelor.

Sprinklerele se așează astfel încât suprafețele să se interfereze numai parțial, conturul înscriindu-se într-un poligon. Distanța între șirurile de sprinklere se determină cu ecuația:

$$l_1 = R_s + 0,5 \cdot R_s = 1,5 \cdot R_s, \quad (7.5)$$

iar distanța între sprinklere, cu ecuația:

$$l_2 = 2\sqrt{R_s^2 - 0,25 \cdot R_s^2} = 1,732 \cdot R_s. \quad (7.6)$$

Numărul total de sprinklere rezultă din ecuația:

$$n = \frac{A_0}{A_s}. \quad (7.7)$$

Rețeaua de distribuție a apei uzate, constând din conducta sifon a rezervorului de dozare, conductele de distribuție, vane etc., se dimensionează astfel încât să se asigure o viteză de curgere a apei de circa 1,0 m/s, iar pierderea de sarcină să nu depășească limitele impuse de funcționarea normală a sifonului de la rezervorul de dozare.

Distribuitorul rotativ se alege în funcție de dimensiunile filtrului biologic și de caracteristicile date de fabrica furnizoare. Diametrele conductelor orizontale sunt cuprinse între 0,15 și 0,20 m. Distanța între orificiile de pe conducte este variabilă, mai mare către centru (circa 300 mm) și mai mică la periferie (circa 75 mm). Diametrele orificiilor sunt cuprinse între 10 și 20 mm; numărul de orificii pe un braț rezultă din ecuația:

$$m = \frac{1}{1 - \left(1 - \frac{a}{D_f'}\right)^2}, \quad (7.8)$$

în care:

a este dublul distanței între ultimele orificii (≈ 100 mm);

D_f' – dublul lungimii brațului distribuitorului, egal cu diametrul filtrului din care se scad 200 mm.

Distanța unui orificiu față de ax se determină cu ecuația:

$$d_i = \frac{D_f'}{2} \sqrt{\frac{i}{m}}, \quad (7.9)$$

în care i este numărul orificiului față de ax.

Numărul de ture/min al distribuitorului rezultă din ecuația:

$$n = \frac{34,78 \cdot q \cdot 1000^2}{m \cdot d^2 \cdot D_f'}, \quad (7.10)$$

în care:

d este diametrul orificiilor, [mm];

q – debitul care alimentează un braț, [dm³/s].

Presiunea necesară autopropulsării distribuitorului rezultă din ecuația:

$$h = q^2 \left(\frac{236 \cdot 1000^2}{m^2 \cdot d^4} - \frac{81 \cdot 1000^2}{D_b^4} + \frac{294 \cdot D_f'}{K^2 \cdot 1000} \right), \quad (7.11)$$

în care toate dimensiunile sunt în mm, respectiv dm^3/s ; valorile modului de debit K , $[\text{dm}^3/\text{s}]$, sunt date în tabelul 7.7. Se recomandă ca viteza apei în conducte să fie de circa 1,20 m/s.

Tabelul 7.7

Valorile modului de debit, K

D_b , [mm]	50	63	75	100	125	150	175	200	250
K , $[\text{dm}^3/\text{s}]$	6	11,5	19	43	86,5	134	209	300	560

Exemplul de calcul 7A: Să se dimensioneze filtrele biologice de mare încărcare, dacă $Q_{o \max} = 10 \text{ dm}^3/\text{s}$, $Q_{zi \text{ med}} = 800 \text{ m}^3/\text{zi}$, CBO_5 la ieșirea din decantorul primar este de $150 \text{ mgf}/\text{dm}^3$, iar la ieșirea din decantorul secundar, acesta trebuie să rămână sub $15 \text{ mgf}/\text{dm}^3$.

Volumul filtrelor biologice de mare încărcare, conform ecuației (7.2) și datelor din tabelul 7.6, este: $V_{o1} = 0,100 \times 86400 \times 150/700 = 1851,42 \text{ m}^3$.

Suprafața orizontală a filtrelor, pentru o înălțime de strat filtrant, $H = 1,5 \text{ m}$, este: $A_0 = 1851,42 / 1,5 = 1234,28 \text{ m}^2$; se proiectează, deci, patru filtre circulare de 310 m^2 , având diametrul de 20 m.

Încărcarea hidraulică $I_h = 0,100 \times 86400/1234,28 = 7,00 \text{ m}^3/\text{m}^2$ și zi, mai mică decât cea recomandată în tabelul 7.6.

Recircularea poate îmbunătăți condițiile de funcționare și, respectiv, eficiența. Raportul de recirculare R_{ec} , conform ecuației (7.1) este: $R_{ec} = (150 - 3 \times 15)/2 \times 15 = 3,5$; conform indicațiilor anterioare, se ia egal cu 2; în acest caz, încărcarea hidraulică $I_h = 3 \times 0,100 \times 86400/1234,28 = 22,85$, se încadrează în recomandările din tabelul 7.6.

Distribuția apei uzate pe filtrele biologice se propune să se facă prin distribuitoare rotative, ale căror condiții de funcționare, din punct de vedere hidraulic, sunt date de întreprinderea furnizoare.

Verificarea la debitul de verificare, conform tabelului 1.4, este:

$$Q_{o \max} = 0,130 \text{ m}^3/\text{s}.$$

Conform tabelului 7.6, pentru debitul de verificare, care este cu 30% mai mare decât cel de dimensionare, atât încărcarea hidraulică, cât și cea organică, rămân în limitele admisibile.

Filtrele biologice cu două trepte realizează așa-numita „dublă filtrare”. Înălțimea filtrelor, care, de obicei, sunt de tipul filtrelor biologice de mare încărcare, variază între limitele 1,0÷1,5 m. Împărțirea filtrării apei în două trepte conduce la suplimentarea aerării apei, prin dubla ei distribuție, realizându-se, în același timp,

și o mai bună distribuție a apei în corpul filtrului. Datorită înălțimii mici a stratului filtrant, se obține o aerare mai bună, în comparație cu filtrele biologice de mică încărcare. Alternarea distribuției apei în cele două trepte de filtrare, la intervale regulate, este avantajoasă când apele uzate orășenești sunt încărcate cu cantități mari de ape uzate industriale. CBO_5 -ul apelor uzate orășenești, epurate în filtrele biologice cu două trepte este, de obicei, mai mic decât 30 mgf/dm^3 , dacă CBO_5 -ul apei (inclusiv cea de recirculare), ce intră în treapta a doua, nu depășește de două ori CBO_5 -ul apei uzate ce iese din decantorul secundar.

Dimensionarea filtrelor biologice cu două trepte se face pe baza parametrilor din tabelul 7.6, ținând cont de tipul filtrului (de mică sau mare încărcare).

Filtrele biologice turn (fig. 7.7) sunt executate, de regulă, din beton armat, având în plan secțiune circulară. Materialul filtrant (granule de $4+10 \text{ cm}$) este așezat în straturi a căror înălțime variază între $2,0$ și $4,5 \text{ m}$, cu interspații de $0,4+0,5 \text{ m}$, pentru o aerare corespunzătoare a filtrului. Aceste filtre se folosesc pentru localități care nu depășesc 50.000 de locuitori, la ape uzate cu încărcări organice mari.

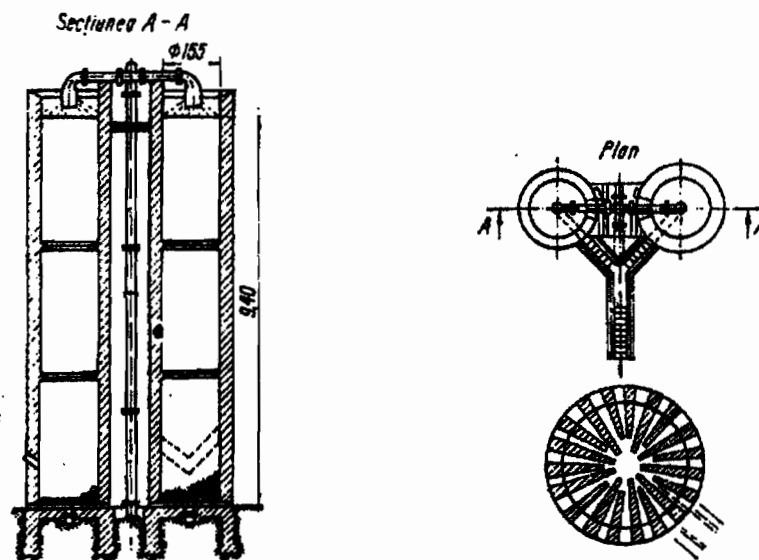


Figura 7.7. Filtru biologic turn.

Volumul filtrelor biologice se determină cu relația (7.2), în care încărcarea organică $I_o \approx 3500 \text{ gf} \cdot CBO_5/\text{m}^3 \text{ și zi}$.

Suprafața orizontală rezultă din condiția ca între înălțime și diametrul filtrului să existe raportul $1/6+1/8$. Se recomandă ca, pentru ape uzate care au CBO_5 de circa 350 mgf/dm^3 , înălțimea totală a filtrului să fie de cel puțin 15 m .

Încărcarea hidraulică I_h este de circa $120 \text{ m}^3/\text{m}^2 \text{ și zi}$. Apa este distribuită continuu, răspândirea la suprafața filtrului făcându-se cu sprinklere. Recircularea apei este rar folosită.

Filtrele biologice scufundate sunt tipuri foarte vechi de filtre biologice, caracterizate prin aerare artificială și prin menținerea, în permanență, sub apă a stratului filtrant.

Asemenea instalații au fost folosite doar pentru localități mici (10.000–20.000 locuitori), datorită, în special, greutăților de exploatare.

În prezent, s-a trecut la folosirea *filtrelor biologice scufundate cu discuri*, care au în componența lor o serie de discuri din plastic, cu grosimea de 1÷15 mm, așezate la distanțe de 1,5–2,0 cm unul față de altul, pe un ax, formând 3÷4 fascicole, fiecare având câte 20–25 de discuri.

Axul cu discuri este așezat în bazine în care apa circulă perpendicular pe ax.

La aceste instalații, s-a constatat că membrana se desprinde ușor de pe discuri, eliminându-se, astfel, dezavantajul colmatării filtrului, fenomen caracteristic vechilor tipuri de filtre scufundate.

La un diametru al discurilor de 3,0 m, numărul de rotații al acestora este de 2 – 3 ture/min, iar imersarea optimă a discurilor variază între 10 și 15 cm.

Conform cercetărilor făcute de specialiștii germani, a rezultat că filtrele biologice cu discuri, scufundate, așezate în mai multe trepte, dau randamente mai bune. Nămolul reținut în decantoarele secundare se caracterizează printr-o mare viteză de sedimentare.

Pentru *dimensionarea filtrelor biologice cu discuri, scufundate* se vor calcula următorii parametri:

– suprafața discurilor A_d se stabilește cu diagrama din figura 7.8; în funcție de procentul de reducere a CBO_5 -ului și de durata de încărcare se determină reducerea specifică r_s , pe abscisă, în CBO_5/m^3 și zi.

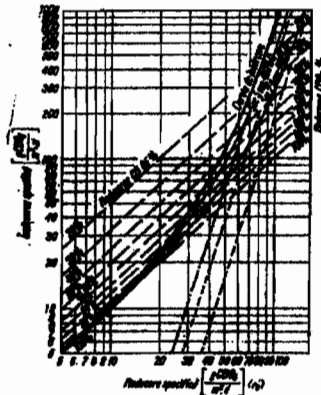


Figura 7.8. Grafic pentru dimensionarea filtrelor biologice cu discuri.

Suprafața discurilor rezultă din ecuația:

$$A_d = \frac{C_o}{r_s}, \quad (7.12)$$

în care C_o este cantitatea totală de CBO_5 intrată în filtru, într-o zi.

Diametrul discurilor D se alege între limitele arătate.

– numărul discurilor rezultă din relația:

$$m = 0,636 \frac{A_d}{D^2}; \quad (7.13)$$

– lungimea axului, pentru fiecare linie de fascicule de discuri, este:

$$L = m(w + d) \cdot k, \quad (7.14)$$

în care:

w este distanța între discuri, de obicei 0,02 m;

d – grosimea discurilor (0,01÷0,012 m);

k – coeficient care ține seama de circulația apei între discuri; se ia, de obicei 1,2.

– volumul net al jgheabului (canalului) în care se așează discurile, rezultă din ecuația:

$$V_{net} = 0,32 \cdot D^2 (L - m \cdot d); \quad (7.15)$$

– numărul de rotații făcute de discuri, pe minut, este:

$$n = \frac{6,37}{D} \left(0,9 - \frac{V_{net}}{Q_c} \right), \quad (7.16)$$

în care Q_c este debitul de calcul, [m³/h].

Pentru diametre de circa 3,0 m se recomandă $n > 1,4$ ture/min, iar pentru diametre de circa 2,0 m, $n > 2$ ture/min.

– timpul de trecere a apei prin jgheabul cu discuri este:

$$t = \frac{V_{net}}{Q_c}. \quad (7.17)$$

Exemplul de calcul 7B: Să se dimensioneze filtrele biologice scufundate cu discuri, care trebuie să epureze un debit zilnic maxim, $Q_{zi\ max} = 10 \text{ dm}^3/\text{s}$, având la ieșirea din decantoarele primare CBO_5 -ul de 160 mgf/dm^3 ; la ieșirea din filtrul cu discuri, apa uzată trebuie să aibă un CBO_5 de circa 15 mgf/dm^3 (gradul de epurare în filtrul cu discuri este de circa 90%).

Cantitatea de CBO_5 care trebuie îndepărtat pe zi este:

$$C_o = 0,9 \times 160 \times 0,01 \times 86.400 = 124.416 \text{ gf/zi.}$$

Suprafața discurilor, conform graficului din figura 7.8 și ecuației (7.7) este:
 $A_d = 124416 / 18 = 6.912 \text{ m}^2$, se aleg discuri de 3 m diametru.

Numărul discurilor, conform ecuației (7.13), este $m = 0,636 \times A_d / D^2 = 0,636 \times 6.912 / 3^2 = 488,4$ discuri; se proiectează 20 de fascicule de discuri, cu câte 25 de discuri fiecare, așezate pe cinci linii.

Lungimea axului la fiecare linie de discuri, conform ecuației (7.14), este:

$$L = 100 \times (0,02 + 0,01) \times 1,2 = 3,60 \text{ m.}$$

Volumul net al jgheaburilor, conform ecuației (7.15), este:

$$V_{net} = 0,32 \times 3,0^2 \times (3,6 - 100 \times 0,01) \times 5 = 37,5 \text{ m}^3, \text{ deci: } 5 \text{ linii a } 7,5 \text{ m}^3.$$

Numărul de rotații ale discurilor, conform ecuației (7.16), pentru o linie de 100 de discuri, este: $m = (6,37 / 3,0) \times (0,9 - 7,5 / 0,01 \times 3.600) = 1,48 \text{ ture/min}$; corespunde recomandării de mai sus.

Timpul de trecere a apei, conform ecuației (7.17) este: $t = 37,5 / 0,01 = 3.750 \text{ s} \approx 1 \text{ h}$.

Aerofiltrele prezintă anumite particularități, cum ar fi aerarea artificială, înălțimea mare a stratului filtrant (circa 4 m) și existența unor obturatoare hidraulice, care au drept scop evacuarea apei epurate și, în același timp, împiedicarea pierderii aerului insuflat, la partea de jos a aerofiltrului, unde se colectează și apa epurată. Granulele stratului filtrant au dimensiuni de 30+40 mm.

Pentru o bună funcționare a aerofiltrelor, cantitatea de materie organică din apele uzate, care trece prin acestea, nu trebuie să fie prea mare, respectiv CBO_5 să varieze între 100 și 200 mg/l.

Volumul aerofiltrelor se stabilește cu relația (7.2), în care I_o este de 200+300 gf CBO_5/m^3 material filtrant și zi.

Suprafața orizontală rezultă din ecuația (7.3), în care H este înălțimea aerofiltrului, de obicei 4,0 m.

Încărcarea hidraulică I_h trebuie să rămână în jur de 4 m^3 ape uzate/ m^2 aerofiltru și zi.

Cantitatea de aer necesară rezultă din relația:

$$V_{aer} = \frac{\text{CBO}_{5i} - \text{CBO}_{5e}}{21} \text{ [m}^3 \text{ aer/m}^3 \text{ ape uzate]}, \quad (7.18)$$

în care:

CBO_{5i} este CBO_5 -ul apelor uzate la intrarea în aerofiltru, [mgf/dm³];

CBO_{5e} – idem, la ieșirea din aerofiltru.

Aerofiltrele au, de cele mai multe ori, forme dreptunghiulare în plan, apa uzată fiind distribuită prin sprinklere. La aerofiltre, recircularea apei nu este folosită.

7.2.2. Bazine cu nămol activ

În bazinele cu nămol activ, epurarea apelor uzate are loc în prezența unui amestec de nămol activ cu apă uzată, agitat în permanență și aerat. În comparație cu filtrele biologice, bazinele cu nămol activ sunt mult mai flexibile din punct de vedere al eficienței la aerare. De asemenea, acestea nu produc miros neplăcut în jurul lor, și nu constituie un mediu propice pentru dezvoltarea muștelor.

Comparativ cu filtrele biologice, bazinele cu nămol activ nu necesită diferențe mari de nivel între intrarea și ieșirea apelor din ele, însă au nevoie de puteri importante pentru punerea în mișcare a utilajului de furnizare a aerului, necesar procesului de epurare.

Dintre factorii de bază, care condiționează buna desfășurare a procesului de epurare din bazinele cu nămol activ, trebuie menționați:

- nămolul activ, sub formă de:
 - nămol de recirculare;
 - nămol în exces;
- oxigenul, necesar desfășurării proceselor aerobe;
- durata de traversare a bazinelor etc.

Desfășurarea normală a procesului de epurare este împiedicată, uneori, de așa-numita „umflare a nămolului”, care este un rezultat al îmbolnăvirii lui, datorită:

- unor concentrații mari de ape uzate;
- unui timp mare de aerare;
- unor șocuri produse de apele uzate industriale, care conțin substanțe toxice etc.

Îmbolnăvirea nămolului este caracterizată prin:

- miros de ouă clocite (în vecinătatea bazinelor);
- separarea dificilă a nămolului;
- tendința de ridicare a acestuia la suprafață (în decantoarele secundare) etc.

Îmbolnăvirea nămolului este cel mai bine caracterizată prin:

• indicele nămolului, care, în acest caz, atinge valori mari, de aproximativ 200–400 ml/gf;

- viteza mică de sedimentare a nămolului, în decantoarele secundare;
- apariția bacteriei filamentoase *Sphaerotilus*.

Pentru redresarea nămolului se folosesc următoarele metode:

- se introduc nitrați;
- se clorează nămolul de recirculare cu doze de circa 5 mgf/dm³;
- se trimite o parte din efluentul decantoarelor primare direct în emisar;
- se mărește cantitatea de aer;
- se reduce cantitatea de nămol de recirculare și se mărește cantitatea de nămol în exces etc.

Ca urmare a transportului, de către apele uzate, a unor mari cantități de detergenți, spuma care se formează la suprafața apei din bazinul cu nămol activ poate prejudicia buna desfășurare a procesului de epurare, prin:

- împiedicarea aerării apei, pe la suprafața acesteia;
- îmbolnăvirea muncitorilor;
- răspândirea (prin vânt) în toată stația etc.

Distrușgerea spumei se poate face:

- cu jeturi de apă epurată;
- cu ajutorul antispumanților.

O caracteristică deosebit de importantă a procesului de epurare în bazinele cu nămol activ, în comparație cu filtrele biologice, constă în uniformitatea desfășurării procesului de epurare, în orice punct al bazinului, datorită (mai ales) formei alungite a bazinelor, care permite o distribuție uniformă a apei uzate, a nămolului și a oxigenului și, respectiv, uniformizarea amestecului din acestea.

Epurarea apei cu nămol activ este precedată (la fel ca și la epurarea apei uzate în filtrele biologice) de o epurare mecanică în decantoarele primare și este urmată de o limpezire finală în decantoarele secundare.

Bazinele cu nămol activ pot fi:

- de mare încărcare (fig. 7.9,a);
- de mică încărcare (fig. 7.9,b - f).

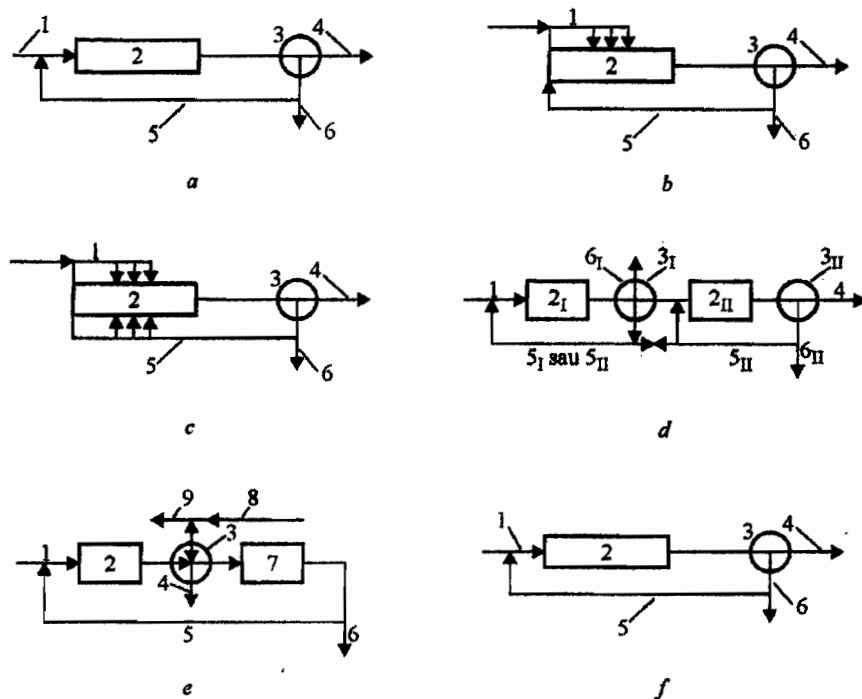


Figura 7.9. Schemele epurării apelor uzate cu nămol activ:

1 - apă decantată; 2 - bazin cu nămol activ; 3 - decantor secundar; 4 - apă epurată biologic; 5 - nămol de recirculare; 6 - nămol în exces; 7 - bazin pentru reacerarea nămolului; 8 - supernatant din bazinul de fermentare a nămolului; 9 - evacuare preaplin;
I - treapta întâi; II - treapta a doua.

Schema epurării clasice (convențională) este prima schemă utilizată pentru epurarea apei cu nămol activ, la Manchester, în 1916 (fig. 7.9,a).

Schema distribuției în etape a încărcării organice din apă (fig. 7.9,b) se caracterizează prin distribuția apei în mai multe puncte, de-a lungul bazinului, realizându-se astfel, în parte, anularea efectului variației în concentrație a apei uzate și a nămolului. Imhoff a demonstrat că, prin adoptarea acestei scheme, volumul bazinului de aerare se poate reduce cu 25-30%.

Schema distribuției în etape a încărcării organice din apă și nămol (fig. 7.9,c) realizează o distribuție egală a încărcării organice provenite din apă și nămol, prin amestecul complet care se stabilește între cele două feluri de lichide. Prin accesul apei sau al nămolului la suprafața apei din bazin se produce o aerare

suplimentară a acesteia, care distruge și spuma de la suprafața bazinului, produsă (în special) de detergenți.

Schema epurării în două trepte (fig. 7.9,d) se realizează prin trecerea apei printr-o pereche de bazine de aerare și de decantare secundară. Nămolul rezultat din decantarea secundară este în parte înapoiat ca nămol de recirculare, în parte îndepărtat ca nămol în exces, în fiecare treaptă; uneori, nămolul în exces dintr-o treaptă este recirculat în cealaltă, de unde este apoi îndepărtat cu nămolul în exces al treptei a doua.

Schema de epurare cu reaerare (regenerare) a nămolului (fig. 7.9,e) a fost realizată, pentru prima dată, pentru îmbunătățirea calității nămolului, în vederea recirculării. În bazinele de reaerare, unde nămolul era ținut un timp mai îndelungat, el își micșora volumul fiind astfel mai ușor de pompat. La aerarea nămolului a trebuit, însă, să se adauge și hrana corespunzătoare, scop în care s-a introdus supernatantul (apa din nămol) din bazinele de fermentare a nămolului. Pentru o aceeași eficiență, deși timpul de aerare era de 12–14 ore, volumul construcțiilor (bazine de aerare și bazine de reaerare) era, în general, mai mic decât al bazinului de aerare, din schemele fără regenerare a nămolului. În prezent, în urma cercetărilor efectuate, a rezultat că, în bazinele de aerare, eficiența maximă se realizează practic, în primele 30–45 min; continuarea mineralizării este bine să se facă în bazine de reaerare, al căror volum trebuie să corespundă numai nămolului colectat din decantoarele secundare. Nămolul din bazinele de reaerare este înapoiat în bazinele cu nămol activ. Această schemă este aplicată, cu rezultate bune, pentru ape care nu au CBO_5 mare.

Schema de epurare cu stabilizarea nămolului sau cu aerare prelungită (fig. 7.9,f) are scopul principal de a stabili nămolul care se formează în bazinul cu nămol activ, ceea ce conduce la obținerea de cantități mici de nămol în exces.

Schema epurării apei în bazine cu nămol activ de mare încărcare (fig. 7.9,a) este asemănătoare celei pentru epurarea clasică. În cadrul acestei scheme, din punct de vedere al CBO_5 -ului, eficiența este mică (60–80%) deoarece:

- timpul de aerare este mic (maximum 2 ore);
- se utilizează fie concentrații mari de materii solide în suspensie, de peste 5 gf/dm^3 , fie concentrații mici de astfel de materii, sub $0,6 \text{ gf/dm}^3$.

La toate schemele prezentate mai sus se poate aplica așa-numita „aerare treptată”.

În funcție de felul cum se face aerarea apei, construcțiile și instalațiile bazinelor cu nămol activ se grupează în trei categorii:

- bazine cu aerare pneumatică;
- bazine cu aerare mecanică;
- bazine cu aerare combinată.

Construcțiile și instalațiile trebuie să corespundă unor funcțiuni, dintre care cele mai importante sunt următoarele:

- să transfere cât mai bine către apa uzată și nămolul activ, oxigenul necesar procesului de epurare;

- să faciliteze circulația flocoanelor în apa uzată, astfel încât, între apa uzată și flocoane să se creeze un contact mai intim;
- să împiedice sedimentarea flocoanelor.

La *aerarea pneumatică*, oxigenul necesar procesului este rezultatul transferului care se realizează în bazine, ca urmare a insuflării de aer comprimat. De asemenea, o parte din oxigen este luată din aer, pe la suprafața apei din bazin.

La *aerarea mecanică*, absorbția oxigenului se realizează prin circulația apei uzate peste nivelul suprafeței apei din bazin, prin introducerea aerului prin tuburi de aspirație, prin ridicarea apei la suprafață și răspândirea ei, sub formă de picături mici.

Din punct de vedere tehnico-economic, ambele procedee sunt egale, mai ales în privința consumului de energie și al aportului de oxigen.

La *aerarea combinată*, oxigenul este adus atât prin dispozitive de aerare pneumatică, cât și mecanică.

7.2.3. Proiectarea bazinelor cu nămol activ

Parametrii de proiectare a bazinelor cu nămol activ depind, în mare măsură, de eficiența epurării, care este funcție de condițiile de evacuare impuse.

Eficiența epurării în complexul „bazin cu nămol activ – decantor secundar” este definită după tipul epurării, după încărcarea bazinului, precum și după gradul de epurare, conform tabelului 7.8.

Tabelul 7.8

Eficiența epurării

După tipul epurării	După încărcarea bazinului	După gradul de epurare [%]
Bazine cu nămol activ, cu stabilizarea nămolului	$I_{ob}^{**} = 0,25 \text{ kgf CBO}_5/\text{m}^3 \text{ bazin, zi}$	98
Bazine cu nămol activ, cu nitrificarea tuturor sărurilor de amoniu*	$I_{ob} = 0,50 \text{ kgf CBO}_5/\text{m}^3 \text{ bazin, zi}$	93 – 96
Bazine cu nămol activ, cu reducerea CBO_5 la cel mult 20 mgf/dm^3	Bazine cu nămol activ de mică încărcare, clasice, convenționale $I_{ob} = 1,0 \text{ kgf CBO}_5/\text{m}^3 \text{ bazin, zi}$	60 – 85
Bazine cu nămol activ, cu reducerea CBO_5 la cel mult 30 mgf/dm^3	Bazine cu nămol activ de mare încărcare (epurare parțială) $I_{ob} = 2,0 \text{ kgf CBO}_5/\text{m}^3 \text{ bazin, zi}$	60 – 80

Parametrii de proiectare comuni tuturor tipurilor de bazine cu nămol activ sunt aceia care conduc la stabilirea volumului bazinelor, cantităților de nămol de recirculare și în exces, cantității de oxigen necesare etc. (tabelul 7.9).

Parametrii de proiectare a bazinelor cu nămol activ

Parametrii	U.M.	Epurare cu stabilizarea nămolului	Epurare cu nitrificare	Epurare pentru evacuarea în emisar a unui CBO ₅	
				< 20 mgf/dm ³	< 30 mgf/dm ³
0	1	2	3	4	5
Încărcarea organică a bazinului, I_{ob}	kgf CBO ₅ /m ³ de bazin și zi	0,25	0,5	1,0	2,0
Încărcarea organică a nămolului, I_{on}	kgf CBO ₅ /kgf de ma- terii solide în suspen- sie, uscate, în greutate și zi	0,05	0,15	0,3	0,6
Încărcarea hidraulică a bazinului, I_h	m ³ apă uzată/m ³ bazin și zi	0,83	2,5	5,0	10,8
Concentrația în materii solide, în sus pense, uscate, în greutate, a amestecului din bazin, C	gf/m ³	5,0	3,3	3,3	3,0
	%	0,5	0,33	0,33	0,30
Indicele nămolului, I_n	ml/gf	100	150	150	150
Procentul de nămol de recirculare, P_{nr}	%	100	100	100	100
Nămol în exces, N_{ex}	kgf materii solide în suspensie, în greutate în nămolul în exces/m ³ bazin și zi	0,20	0,37	0,85	1,8
Oxigenul necesar, O_n	kgf O ₂ /m ³ de bazin și zi	0,47	0,79	1,12	1,44
Capacitatea de oxigenare, CO(10): – pentru exploatare, CO(10) _e – pentru proiectare, CO(10) _p	kgf O ₂ /kgf CBO ₅	2,0	2,0	1,43	0,92
		2,5	2,5	2,0	1,5
Timpul (durata) de aerare, t_a	ore	–	4	2	1
Vârsta nămolului, V_n	zile	25	9	4	2

Încărcarea organică a bazinului I_{ob} , [kgf], reprezintă cantitatea de CBO₅, care poate fi îndepărtată dintr-un m³ de bazin, într-o zi. Valorile încărcării organice variază în funcție de gradul de epurare solicitat, de timpul de aerare, de cantitatea de nămol de recirculare, de concentrația în materii solide în suspensie, uscate, în greutate C etc.

Încărcarea organică a nămolului I_{on} , reprezintă cantitatea de CBO₅, exprimată în kg, care poate fi îndepărtată din bazin în timp de 1 zi, de 1 kgf/materii solide în suspensie, uscate, în greutate C ; ea depinde de gradul de epurare solicitat, de timpul de aerare etc.

Încărcarea hidraulică a bazinului I_h , reprezintă raportul dintre cantitatea de apă introdusă în bazinul de aerare și volumul bazinului de aerare în timp de o zi. Este un parametru folosit la verificarea rezultatelor obținute.

Concentrația în materii solide în suspensie, uscate, în greutate C , a amestecului din bazin, dată în tabelul 7.9.

Indicele nămolului I_n , numit și indexul Mohlman, reprezintă volumul flocoanelor de nămol activ din bazin (în ml), corespunzător unui gram de materii solide în suspensie, uscate, la o decantare de 30 min; acest index se calculează cu relația:

$$I_n = \frac{P_v}{C} \quad [\text{ml/gf}], \quad (7.19)$$

în care:

C este concentrația în materii solide în suspensie, uscate, în greutate, a amestecului din bazin; C , [gf/dm³];

P_v – procentul de materii solide în suspensie, în volum, din bazin; el reprezintă raportul, [%], dintre volumul de nămol rezultat din decantare, timp de 30 min, a amestecului din bazinul cu nămol activ, într-un cilindru de 1 dm³, și volumul probei (1 dm³); acest raport variază între 10 și 25%, ceea ce reprezintă 100–250 ml/dm³ de nămol depus; P_v , [ml/dm³].

În cazul bazinelor cu nămol activ, cu stabilizarea nămolului, unii specialiști admit pentru I_n valori mai mici față de cele indicate în tabelul 7.9 (de exemplu, 50 ml/gf).

Procentul de nămol de recirculare P_{nr} reprezintă raportul dintre volumul de nămol de recirculare și volumul de apă uzată introdusă în bazin:

$$P_{nr} = \frac{100 \cdot C \cdot I_n}{100 - C \cdot I_n} \quad [\%], \quad (7.20)$$

relație cu ajutorul căreia s-au stabilit și valorile din tabelul 7.9.

Nămolul în exces N_{ex} reprezintă 1,5–3,0% din cantitatea de apă care intră în bazinul cu nămol activ.

Umiditatea nămolului în exces, provenit din decantoarele secundare, este în medie de 99,3%. Volumul nămolului fiind mare, el nu poate fi trimis direct în bazinele de fermentare, fiind pompat în decantoarele primare. Umiditatea medie a amestecului de nămol din decantoarele primare (95%) și al celui în exces (99,3%) este de 95,5%.

Pomparea nămolului în exces în decantoarele primare conduce la o mai bună decantare a apelor uzate din acestea (flocoanele de nămol au efect de coagulare), iar pe de altă parte, cantitatea de gaz din bazinele de fermentare crește.

Oxigenul necesar O_n , respectiv aerul, este furnizat cu echipamentele descrise anterior, realizându-se așa-numita „aerare prin bule” – la aerarea pneumatică și „aerare de suprafață” – la aerarea mecanică. În ambele cazuri, amestecului din bazin trebuie să i se asigure o cantitate de oxigen de 1–3 mgf/dm³; s-a constatat, însă, un consum de oxigen mai mare în partea amonte a bazinului, care se reduce treptat spre

ieșire, deoarece la intrarea în bazin cantitatea de materie organică este mai mare, ea oxidându-se pe măsură ce ajunge spre ieșire. Din acest motiv, s-a recurs la aerarea mai intensă a capătului amonte al bazinului, în comparație cu cel aval, căutându-se să se păstreze, în permanență, cele 1 – 3 mgf/dm³ oxigen, în toate punctele bazinului. Procedul de introducere a aerului, în cantități variabile, de-a lungul bazinului este cunoscut sub numele de *aerare treptată*, în cadrul căruia aportul de oxigen este mai mare de 4 – 5 ori la intrare, decât la ieșire. Procedul de aerare treptată nu se aplică la schemele cu aerare prelungită și nici la cele care folosesc bazine cu nămol activ de mare încărcare, deoarece, datorită încărcării hidraulice mari, atât amestecul, cât și omogenizarea în bazine se realizează foarte repede. Oxigenul necesar variază cu cantitatea de materii solide în suspensie, uscate, în greutate, cu temperatura, cu forma bazinului etc. În tabelul 7.9 sunt date o serie de valori pentru diferite tipuri de epurare. În unele cazuri, la dimensionare, în locul oxigenului necesar se are în vedere cantitatea de aer necesară, ținând însă seama că doar un procent destul de mic din oxigenul din aer (5–15%) este utilizat. Cantitatea de aer se exprimă în m³ aer normal, la 0°C și o presiune de 760 mm col. Hg.

Capacitatea de oxigenare CO(10), unul din parametrii importanți pentru dimensionarea bazinelor de aerare, reprezintă cantitatea de oxigen care se poate introduce într-un m³ de apă curată, timp de 1 h, la temperatura de 10°C, la o presiune atmosferică de 760 mm col. Hg și la o absență constantă de oxigen. În general, capacitatea de oxigenare se consideră egală cu de două ori cantitatea de oxigen necesar (CO(10) ≈ 2 O_n) și poate fi stabilită cu o serie de formule sau determinată în laborator și în instalații la scară naturală. În tabelul 7.9 sunt date o serie de valori valabile pentru unele calcule necesare proiectării și exploatării.

Timpul sau durata de aerare t_a variază, în principal, în funcție de CBO₅ și CBO₂₀-ul apelor uzate, gradul de epurare, încărcarea hidraulică etc. Valorile recomandate pentru dimensionare sunt date în tabelul 7.9.

Vârsta nămolului V_n indică, la fel ca și indicele nămolului, dacă nămolul din bazin are sau nu o acțiune benefică în privința epurării apelor uzate. Se consideră că vârsta nămolului reprezintă timpul mediu în care o particulă în suspensie rămâne sub aerare, adică raportul dintre concentrația de materii solide în suspensie, uscate, în greutate, în amestecul din bazinul de nămol activ, și concentrația de materii solide în suspensie, separabile prin decantare, a apelor uzate, care intră zilnic în bazinul cu nămol activ:

$$V_n = \frac{C \cdot t_a}{24 \cdot c} \quad [\text{zile}], \quad (7.21)$$

în care *c* este concentrația în materii solide în suspensie, separabile prin decantare, la intrarea în bazinul cu nămol activ. Valorile recomandate pentru dimensionare sunt date în tabelul 7.9.

Încărcarea în locuitori I_l este un parametru cu totul aproximativ pentru determinarea volumului bazinelor cu nămol activ. Astfel, pentru grade de epurare de 95–98, 80–90 și 60–70% încărcarea în locuitori se poate lua 50, respectiv 75 și 100 locuitori/m³ de bazin și zi. Aceste valori sunt valabile pentru un CBO₅ intrat în

bazinul de nămol activ de circa 35 gf/loc și zi și un consum specific de apă de circa 150 dm³/loc și zi.

Volumul bazinului cu nămol activ V_{ol} se determină cu ecuația:

$$V_{ol} = \frac{C_o}{I_{ob}} \quad [m^3] \quad (7.22)$$

în care:

C_o este cantitatea totală de CBO₅ intrată în bazin în timp de o zi, [kgf];

I_{ob} – încărcarea organică a bazinului, [kgf CBO₅/m³ de bazin și zi].

Parametrii specifici proiectării bazinelor cu nămol activ cu aerare pneumatică. În majoritatea stațiilor de epurare, volumul bazinelor cu nămol activ și al decantoarelor este împărțit în două sau mai multe baterii independente, pentru o exploatare mai ușoară. Bazinului de aerare din fiecare baterie este și el împărțit, prin pereți longitudinali, în compartimente, realizându-se astfel un fel de canale, a căror lățime nu trebuie să depășească de două ori înălțimea, care variază între 3,0 și 5,0 m. În unele situații, bazinele au lățimea egală cu înălțimea. Pentru reducerea la minimum a pericolului scurtcircuitării bazinului, raportul între lungimea și lățimea canalelor trebuie să fie cuprins între 5/1 și 10/1. Lungimile canalelor variază între 30 – 120 m, adâncimea medie de apă fiind de 3,0÷3,5 m, iar lățimea – de 3,0 m. În tabelul 7.10 sunt date capacitățile de oxigenare CO(10) și eficiențele de aerare E(10)_{net} ale bazinelor cu nămol activ cu aerare pneumatică, în funcție de mărimea bulelor, respectiv de echipamentul de introducere a aerului (difuzoare poroase sau tuburi găurite). Se dau valori corespunzătoare, atât pentru apa uzată, cât și pentru cea curată. Se observă că oxigenul introdus trebuie să fie cu atât mai mult, cu cât adâncimea de scufundare este mai mare și cu cât bulele sunt mai mici, și invers.

Tabelul 7.10

Capacități de oxigenare CO(10) și eficiențele de aerare E(10)_{net} ale bazinelor cu nămol activ cu aerare pneumatică

Felul aerării	Condiții de lucru	Valori bune		Valori medii	
		O ₂ introdus CO(10) [gf O ₂ /m ³ aer/m adâncime bazin	O ₂ folosit E(10) _{net} [kgf O ₂ /kWh]	O ₂ introdus CO(10) [gf O ₂ /m ³ aer/m adâncime bazin	O ₂ folosit E(10) _{net} [kgf O ₂ /kWh]
Aerare cu bule fine	Apă curată	12	2,2	10	1,7
	Exploatare (apă uzată)	10	1,8	8	1,3
Aerare cu bule medii	Apă curată	7 (9)	1,4 (1,8)	6 (8)	1,1 (1,5)
	Exploatare (apă uzată)	5,5 (7,5)	1,1 (1,5)	4,5 (6,5)	0,8 (1,2)
Aerare cu bule mari	Apă curată	7	1,2	5	0,9
	Exploatare (apă uzată)	4,5	0,9	4	0,7

*Valori care se folosesc la proiectare.

Se recomandă ca viteza apei prin stăvilarele bazinului cu nămol activ să fie de 0,15 m/s, pentru a nu distruge flocoanele, în timp ce viteza orizontală a apei în bazinele cu nămol activ să fie mai mare de 0,15 m/s, pentru a se împiedica depunerea flocoanelor. Viteza nămolului în canale sau conducte trebuie să fie mai mare de 0,45 m/s. Pentru dimensionarea conductelor și canalelor de apă uzată se folosesc diagramele din anexele 1+6. Vitezele uzuale în conductele de aer, aproximativ orizontale, variază între 10–15 m/s; în conductele verticale, viteza nu trebuie să depășească 5,0 m/s.

Presiunea aerului, respectiv presiunea la compresor H_c , necesară bazinelor cu nămol activ, cu aerare pneumatică, rezultă însumând: pierderile de sarcină pe conductele de distribuție și piesele anexe (vane, teuri etc.); pierderile de sarcină prin difuzoarele poroase (plăci sau conducte) sau prin tuburile găurite, care pot fi luate egale cu 0,3–0,4 m col.apă; pierderile de sarcină prin filtrele de aer (0,003 – 0,01 m col. apă – pentru filtrele vâscoase și circa 0,012 m col. apă – pentru filtrele uscate); pierderile de sarcină prin contorul de aer, egale cu 0,025 – 0,05 m col. apă și înălțimea apei din bazin. Pierderile de sarcină sunt, în general, limitate la 25% din înălțimea apei din bazin. În acest caz, presiunea la compresor $H_c = 1,25 \cdot H$, H fiind înălțimea apei în bazin.

Puterea necesară compresoarelor care alimentează cu aer bazinele cu nămol activ se stabilește cu relația:

$$P = \frac{34000 \cdot (P_2^{0,29} - 1) \cdot Q}{75 \cdot \eta} \quad [\text{CP}], \quad (7.23)$$

în care:

$$P_2 = (10,3 + H_c) / 10,3;$$

Q – cantitatea de aer necesară, $[\text{m}^3/\text{s}]$;

H_c – presiunea la compresor, $[\text{m}]$;

η – coeficient de randament, egal cu 65–80%.

Parametrii specifici bazinelor cu nămol activ cu aerare mecanică. Bazinele cu aeratoare mecanice cu perii sau palete au forme alungite în plan, asemănătoare celor cu aerare pneumatică. Pentru bazine care nu depășesc 30–50 m, dimensiunile cele mai uzuale sunt: lățimi de 3–9 m și adâncimi de 3–5 m.

Dimensiunile bazinelor sunt definite de patru elemente importante: înălțimea apei în bazin H_0 , latura pătratului L , diametrul rotorului D_2 și imersia h_i . Între aceste elemente trebuie să existe următoarele relații:

$$L/D_2 = 8 \div 10; H_0/D_2 = 3 \div 5; L/H_0 = 2 \div 4 \quad (\text{media} - 3,5)$$

$$\text{și } h_i/D_2 = 0,05 \div 0,15.$$

În tabelul 7.11 sunt prezentate valorile eficienței de aerare $E(10)_{\text{net}}$, a aeratoarelor mecanice cu perii și cu rotor (după W. Triebel).

Eficiența de aerare corelează consumul de energie cu capacitatea de oxigenare.

Eficiența de aerare a aeratoarelor mecanice

Tipul aeratorului	Condiții de lucru	E(10) _{net} [kgf O ₂ /kWh]	
		Valori bune	Valori medii
Aerator mecanic cu perie	Apă curată	1,9	1,9
	Exploatare* (apă uzată)	1,6	1,4
Aerator mecanic cu rotor	Apă curată	1,8 – 2,2	1,3 – 1,8
	Exploatare* (apă uzată)	1,8 – 2,2	1,3 – 1,8

*Valori folosite la proiectare.

7.2.4. Decantoare secundare

Decantoarele secundare sunt o parte componentă deosebit de importantă a treptei de epurare biologică și au scopul de a reține nămolul, materiile solide în suspensie, separabile prin decantare (membrana biologică sau flocoanele de nămol activ, evacuate o dată cu apa uzată din filtrele biologice, respectiv din bazinele cu nămol activ).

Nămolul din decantoarele secundare are următoarele caracteristici:

- este puternic floclat;
- are un conținut mare de apă;
- este ușor;
- intră repede în descompunere.

Dacă nămolul rămâne un timp mai îndelungat în decantoarele secundare, bulele mici de azot care se formează prin procesul chimic de reducere, îl aduc la suprafață și, astfel, nu mai poate fi evacuat.

În comparație cu filtrele biologice, unde evacuarea nămolului este necesar să se facă într-un mod mai mult sau mai puțin continuu, la bazinele cu nămol activ această operație trebuie să se facă, în mod obligatoriu, continuu, pentru a asigura cantitatea și calitatea corespunzătoare de nămol în bazine, aspect de care depinde eficiența epurării.

Cele mai recomandate sunt decantoarele verticale; la stațiile mari de epurare se recurge la decantoare radiale sau longitudinale. Din punct de vedere constructiv, decantoarele secundare sunt asemănătoare cu cele primare (vezi §.5.3.2).

În tabelele 5.5 și 5.6 sunt prezentați timpii uzuali de rămânere a apei în decantoare și vitezele de trecere prin acestea, respectiv încărcările superficiale.

Imhoff – Fair recomandă următorii parametri pentru decantoarele secundare, așezate după filtrele biologice:

- încărcarea superficială pentru decantoarele secundare verticale, așezate după filtrele biologice de mică încărcare – circa 1,7 m/h, iar pentru cele așezate după filtrele biologice de mare încărcare – circa 1,3 m/h;

- încărcarea deversorului peste care este evacuată apa uzată decantată secundar – circa $200 \text{ m}^3/\text{zi}$ și m;
- la stabilirea volumului de decantare, trebuie să se țină seama de debitul de calcul, la care se adaugă debitul de recirculare.

În scopul stabilirii încărcării superficiale, la determinarea suprafeței orizontale a decantorului, trebuie să se scadă suprafața de sub jgheabul de colectare a apei decantate.

La decantoarele secundare radiale sau longitudinale, se recomandă ca raportul dintre lungime (sau diametru) și adâncimea apei la perete să fie de circa 7:1, respectiv circa 10:1.

Epurarea avansată a apelor uzate orășenești

8.1. Necesitatea epurării avansate a apelor uzate orășenești

Obiectivele tradiționale legate de epurarea apelor reziduale (orășenești sau industriale) au fost inițial legate de îndepărtarea materiilor în suspensie (sedimentabile sau flotabile), realizată prin ceea ce numim epurare primară sau mecanică, apoi de reducerea substanțelor organice în treapta biologică sau secundară. Problema a devenit mult mai complexă, datorită substanțelor reziduale existente în apele uzate care, extrem de puțin îndepărtate sau practic neschimbate prin treptele de epurare clasică mecano-biologică (detergenți, fosfați, compuși pe bază de azot, săruri anorganice, compuși organici persistenti, pesticide, diverși compuși chimici), creează probleme deosebit de grave mediului înconjurător.

În scopul reținerii acestor substanțe rezistente, a fost nevoie de introducerea unei tehnologii de epurare care să completeze epurarea clasică în scopul protecției mediului și al oamenilor, obținând o apă care să poată fi utilizată în diverse alte scopuri. Această tehnologie se numește *terțiară*, *avansată* sau *de finisare*.

Încercările de a îndepărta poluanții reziduali din efluentul epurat mecano-biologic, au fost inițial denumite „*epurare terțiară*”. Numele s-a dovedit a fi nesatisfăcător, dat fiind că la fel era denumită, cu ani în urmă, filtrarea intermitentă pe nisip a efluentului secundar. A doua denumire, „*recondiționarea apei*” a fost de asemenea folosită pentru o perioadă de timp și are încă o utilizare restrânsă, limitată la cazurile în care este cerută recondiționarea apei la o calitate corespunzătoare apei de alimentare. Termenul preferat la ora actuală este cel de „*epurare avansată*” a apei uzate. Denumirea este una generală și acoperă toate formele de epurare suplimentară aplicate după treapta de oxidare biologică a substanței organice. Denumirea este sugestivă, lăsând să se înțeleagă că este vorba despre o îmbunătățire substanțială a calității efluentului, peste cea asigurată de epurarea secundară. În această denumire generală sunt cuprinse o varietate de tipuri de procese și procedee, variind de la simpla clorare sau filtrare, la precipitarea chimică, adsorbția și oxidarea chimică, la osmoza inversă sau alte forme de desalinizare.

O dată cu dezvoltarea cunoașterii științifice a elementelor poluante găsite în apa uzată, precum și disponibilitatea unei baze informaționale extinse, provenită din studiile de monitorizare a mediului, cerințele impuse pentru calitatea efluentului epurat descărcat în emisari, au devenit tot mai stricte. În cele mai multe situații, sunt impuse condiții severe în privința reținerii substanțelor organice, a suspensiilor, a nutrienților și a compușilor toxici specifici, condiții ce nu pot fi respectate numai cu ajutorul tehnologiilor clasice de epurare convențională. În

zonele în care emisarul ce preia efluentul stației de epurare, constituie sursă de alimentare cu apă potabilă pentru folosințele din aval, în mod cert, cerințele impuse prin standardele de calitate sunt extrem de severe.

8.2. Impactul deversării apelor uzate epurate mecano-biologic în emisarii naturali

La momentul actual, majoritatea stațiilor de epurare din țara noastră dispun numai de trepte de epurare mecanică și biologică. Treapta mecanică permite reținerea substanțelor în suspensie, decantabile și grăsimile, în timp ce treapta biologică asigură îndepărtarea parțială a substanței organice aflată fie sub formă dizolvată, fie sub formă coloidală. Din nefericire, nu sunt reținute o serie de substanțe denumite rezistente sau refractare, ca de exemplu compuși ai azotului (N), fosforului (P), metale grele, micropoluanți organici persistenți, pesticide, anumiți germeni patogeni, precum și alte substanțe nebiodegradabile. Aceste substanțe sunt prezente în efluentul epurat mecano-biologic și ajung în emisar. Dacă acesta constituie sursă de alimentare cu apă pentru comunitățile din aval de punctul de deversare, efectul lor cumulativ și expunerea continuă a oamenilor la aceste substanțe, poate avea efecte negative (uneori chiar letale) asupra sănătății umane. În plus, unele dintre ele constituie hrană ideală pentru alge și plante acvatice.

Impactul descărcării apelor uzate epurate mecano-biologic (conținând poluanți reziduali de tipul celor amintiți anterior) în emisarii naturali se manifestă pe planuri diverse, de la afectarea sănătății umane, până la probleme complexe de natură ecologică, tehnică și economică.

Germenii patogeni, virușii, compușii azotului din efluentul epurat mecano-biologic periclitează sănătatea oamenilor. Gazul amoniac este toxic, având efecte cumulative sub-letale, încetinind creșterea și dezvoltarea copiilor și a adolescenților. Cei mai periculoși sunt azotiții, atât pentru oameni (produce cancerul gastric), cât și pentru fauna acvatică. Azotații reprezintă o formă mai puțin periculoasă, nederanjantă pentru adulți (poate determina anumite afecțiuni gastrice); pentru nou-născuți însă, provoacă methemoglobinemia (boala albastră).

Existența poluanților reziduali în efluentul epurat mecano-biologic are efecte negative și asupra mediului, asupra peisajului, deoarece:

- se produce eutrofizarea lacurilor și a râurilor cu curgere lentă (fenomen datorat compușilor de azot și de fosfor, substanțe nutritive pentru alge și microplancton, constând în dezvoltarea accelerată și masivă a microplanctonului și vegetației acvatice);
- consumă oxigenul dizolvat din apa lacurilor și a râurilor cu curgere lentă, conținutul în oxigen al straturilor de adâncime fiind și așa foarte sărac. Nămolul căzut pe fundul lacurilor intră în fermentație anaerobă și la fluctuații de nivel se produc mirosuri neplăcute;

- variația de pH modifică echilibrul ionic din apa emisarilor, apa devenind toxică pentru fauna piscicolă;
- se modifică culoarea apei emisarilor cu toate consecințele (în special asupra peisajului) care decurg din aceasta.

Nu trebuie omise efectele tehnico-economice ale deversării efluenților epurați mecano-biologic, conținând substanțe reziduale, în emisarii naturali, în sensul că:

- se impun tehnologii de tratare a apei pentru potabilizare, complicate tehnic și costisitoare din punct de vedere economic;
- apele sunt îmbogățite cu uleiuri eterice care imprimă gust neplăcut și sunt foarte greu de îndepărtat în procesele de tratare pentru potabilizare;
- datorită eutrofizării sunt împiedicate activitățile legate de navigație și agrement.

8.3. Modalități de eliminare a poluanților reziduali din apele uzate

Apa uzată conține o serie de poluanți, dintre care unii sunt îndepărtați mai mult sau mai puțin în treptele de epurare convențională, iar alții sunt reținuți extrem de puțin sau deloc, în stațiile de epurare clasice. Problemele acute legate de protecția apelor au condus la impunerea unor condiții severe legate de concentrațiile limită admise în efluentul epurat deversat în emisarii naturali, condiții ce au fost prezentate în tabelul 4.3.

Cunoașterea poluanților existenți în efluentul epurat mecano-biologic și a efectelor pe care le au aceștia asupra mediului este deosebit de importantă în stabilirea modalităților de epurare avansată, în scopul respectării standardelor de calitate în vigoare. Tabelul 8.1 prezintă poluanții caracteristici apelor uzate epurate mecano-biologic, precum și efectele pe care le au asupra mediului și sănătății umane.

Tabelul 8.1

Poluanții caracteristici apelor uzate epurate mecano-biologic și efectele lor

Nr. crt.	Poluant	Efecte
0	1	2
1	Suspensii solide	Pot cauza depuneri de nămol sau pot interacționa cu apa emisarului.
2	Compuși organici biodegradabili	Pot sărăci resursele de oxigen ale emisarului.
3	Nemetale, metale, compuși organici, compuși halogenați, pesticide, ierbicide, insecticide	Sunt toxici pentru oameni (cancerigeni) și pentru mediul acvatic.
4	Compuși organici volatili	Sunt toxici pentru oameni, cancerigeni.

Tabelul 8.1 (continuare)

0	1	2
NUTRIENȚI		
5	Amoniac	Crește consumul de clor; poate fi transformat în nitrați și în procesele de epurare poate sărăci resursele de oxigen; împreună cu fosforul conduce la dezvoltarea de culturi acvatice parazitare. Este toxic pentru pești.
6	Nitrați	Stimulează dezvoltarea algelor și a culturilor acvatice. Pot cauza methemoglobinemia la copii (boala albastră).
7	Fosfor	Stimulează dezvoltarea algelor și a culturilor acvatice. Interferează cu coagularea.
ALTE SUBSTANȚE ANORGANICE		
8	Calciu și magneziu	Cresc duritatea apei și solidele totale dizolvate.
9	Clorurile	Imprimă gust sărat apei. Interferă cu procesele agricole și industriale.
10	Sulfați	Acțiune catarctică
ALTE SUBSTANȚE ORGANICE		
11	Surfactanți	Cauzează spumarea și interferă cu coagularea.

Trebuie menționat că efectele potențiale ale substanțelor reziduale existente în efluenții mecano-biologici pot varia considerabil. Deși suspensiile solide și compușii organici biodegradabili sunt reținuți în special prin epurare mecano-biologică, sunt unele situații în care pot fi impuse rețineri suplimentare. Inițial, pe la mijlocul anilor '60, compușii azotului și fosforului din deversările de ape uzate au atras atenția datorită efectului lor în accelerarea eutrofizării lacurilor și stimularea culturilor acvatice. La ora actuală, pentru statele în care domeniul epurării este deosebit de avansat, controlul nutrienților a devenit o parte obișnuită a epurării apelor uzate, mai ales în preocupările de refacere a proviziei de apă subterană. Nitrificarea debitelor de apă uzată este de asemenea necesară în multe cazuri pentru reducerea toxicității amoniacului sau reducerea impactului asupra resurselor de oxigen în cursuri de apă sau estuare. Din anii '80, se acordă o atenție deosebită nemetalelor, metalelor, compușilor organici, compușilor halogenați, pesticidelor, ierbicidelor, insecticidelor și compușilor organici volatili, toți acești poluanți fiind considerați toxici pentru oameni și mediul acvatic.

Deși în România problema epurării avansate a apelor uzate a luat amploare mai ales în ultimii 10 ani, pe plan mondial au fost cercetate o serie de tehnici și tehnologii menite să asigure efluentului unei stații de epurare, caracteristici corespunzătoare limitelor admisibile stabilite prin standardele de calitate. De peste 40 de ani, în lume, o mare varietate de tehnologii de epurare au fost studiate, dezvoltate și aplicate pentru reținerea poluanților existenți în apele uzate (suspensii, substanțe organice biodegradabile, germeni patogeni, nutrienți, compuși organici sau anorganici cu acțiune cancerigenă, mutagenă, teratogenă sau cu toxicitate

acută, substanțe refractare, metale grele, substanțe anorganice dizolvate). În tabelul 8.2 sunt prezentate modalitățile de reducere a poluanților reziduali prin procedee de epurare avansată a apei uzate.

Tabelul 8.2

**Modalități de reducere a poluanților reziduali
prin procedee de epurare avansată a apei uzate**

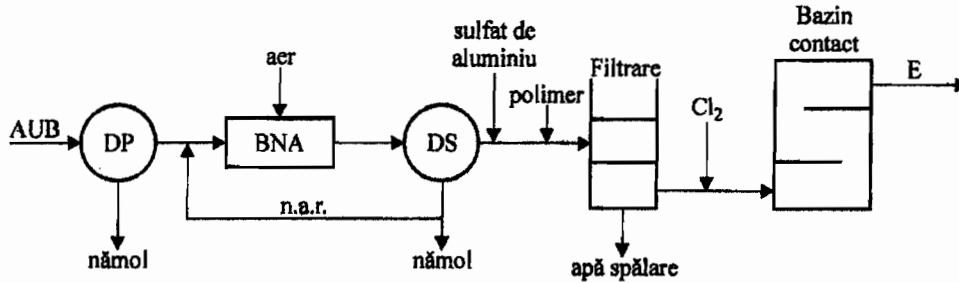
Nr crt	Obiectiv	Procedeu	Tip efluent supus tratării avansate
0	1	2	3
1	Reținerea suspensiilor	Filtrare	EM, EBD
		Micrositare	EBD
2	Oxidarea amoniacului	Nitrificare în treapta biologică	EM, EBD, EBND
3	Reducerea azotului	Nitrificare/denitrificare în treapta biologică	EM, EBND
4	Reducerea nitraților	Etapă separată de denitrificare în treapta biologică	EBND și nitrificare
5	Reducerea P pe cale biologică	Reducerea P pe linia apei	AUB, EM
		Reducerea P pe linia nămolului	NAR
6	Metode biologice de reținere simultană a N și P	Reducerea P și nitrificare/denitrificare în treapta biologică	AUB, EM
7	Reducerea N prin metode fizice sau chimice	Stripare	EBND
		Clorare la breakpoint	EBND și filtrare
		Schimbători de ioni	EBND și filtrare
8	Reducerea P prin adiție chimică	Precipitare chimică cu săruri metalice	AUB, EM, EBND, EBD
		Precipitare chimică cu var	AUB, EM, EBND, EBD
9	Reducerea componentilor organici toxici și a substanțelor organice refractare	Adsorbție pe cărbune activ	EBND și filtrare
		Nămol activat-cărbune activ praf	EM
		Oxidare chimică	EBND și filtrare
10	Reducerea substanțelor anorganice dizolvate	Precipitare chimică	AUB, EM, EBND, EBD
		Schimbători de ioni	EBND și filtrare
		Ultrafiltrare	EBND și filtrare
		Osmoză inversă	EBND și filtrare
		Electrodializă	EBND, filtrare și adsorbție pe cărbune
11	Compuși organici volatili	Volatilizare și stripare cu gaz	AUB, EM

EM – efluentul treptei de epurare mecanică;
EBD – efluentul decantat al treptei de epurare biologică;
EBND – efluentul nedecantat al treptei de epurare biologică;
AUB – apă uzată brută;
NAR – nămol activat recirculat.

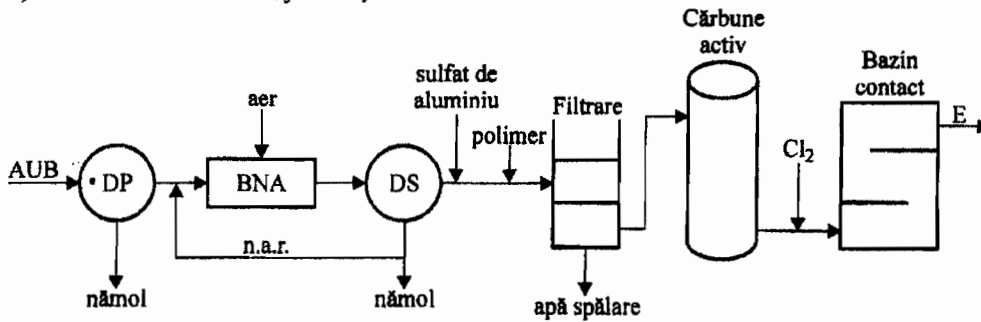
În figura 8.1 sunt prezentate exemple de scheme de epurare avansată a apelor uzate. S-au folosit următoarele notații:

AUB – apă uzată brută; DP – decantor primar; BNA – bazin cu nămol activat; DS – decantor secundar; E – efluent; BNA cu nitrif. – nitrificare în bazinul cu nămol activat; D interm. – bazin de decantare intermediară; DS final – bazin de decantare finală; n.a.r. – nămol activ recirculat; Bazin denitrif. – bazin în care se realizează etapa de denitrificare.

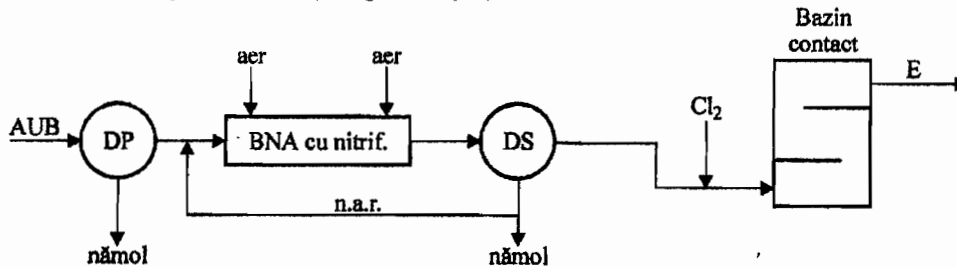
a) Schema cu nămol activat și filtrare



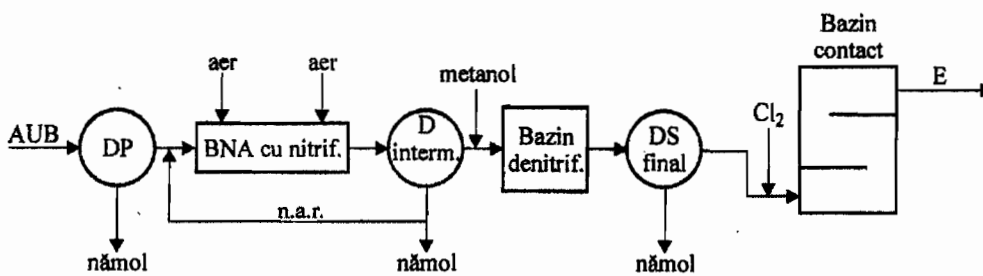
b) Schema cu nămol activat, filtrare și cărbune activ



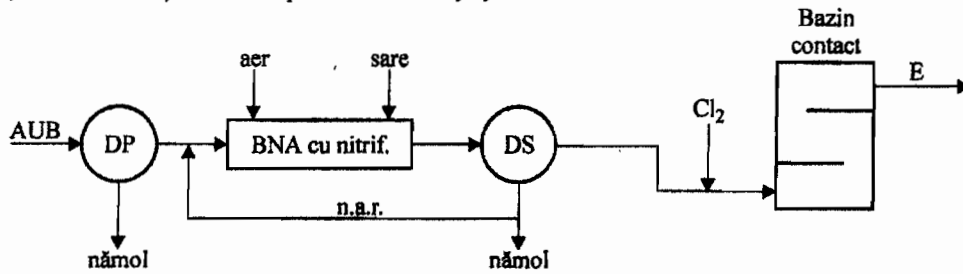
c) Schema cu nitrificare în BNA (o singură treaptă)



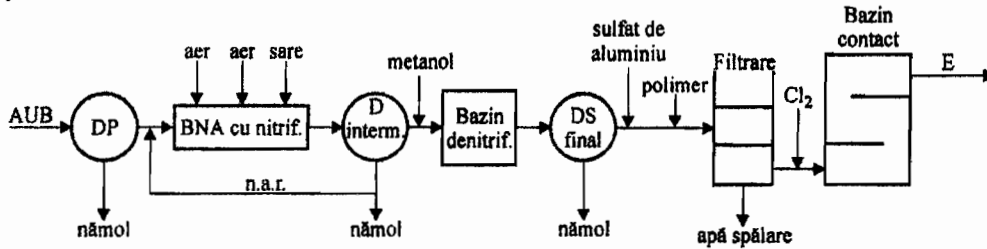
d) Schema cu nitrificare în BNA și denitrificare folosind metanol



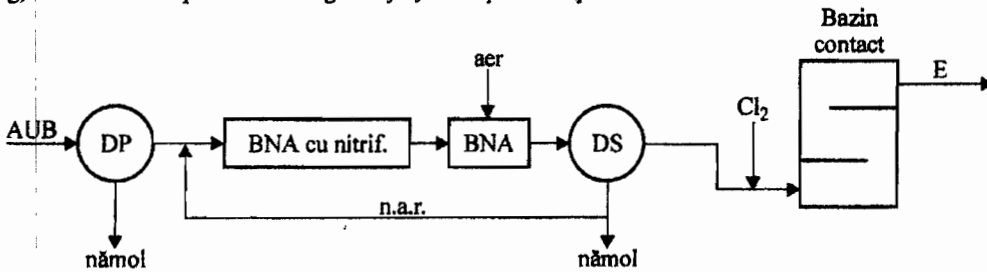
e) Schema cu aditie de săruri pentru reducerea fosforului



f) Schema cu nitrificare și aditie de săruri în BNA pentru reducerea fosforului și denitrificare folosind metanol



g) Schema cu îndepărtarea biologică a fosforului pe linia apei



h) Schema cu reducerea biologică a azotului și fosforului și filtrare

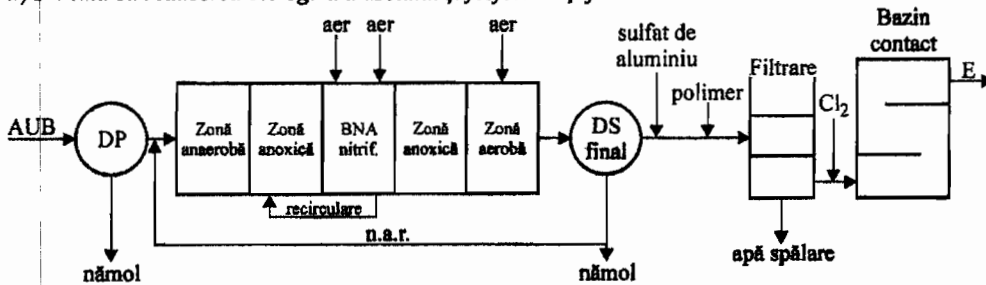


Figura 8.1. Exemple de scheme de epurare avansată a apelor uzate.

Funcție de procedeu ales sau de combinația de procedee aleasă, se pot obține diverse performanțe în ceea ce privește reținerea poluanților reziduali în treapta de epurare avansată. Tabelul 8.3 prezintă nivelurile de epurare (exprimate prin concentrațiile diverșilor poluanți reziduali în efluentul „terțiar”), atinse cu

diverse combinații de procedee și operații utilizate pentru epurarea avansată a apei uzate (respectiv combinațiile prezentate în figura 8.1).

Tabelul 8.3

Niveluri de epurare atinse cu diverse combinații de procedee și operații individuale utilizate pentru epurarea avansată a apelor uzate

Nr crt	COMBINAȚIE	CALITATEA EFLUENTULUI						
		susp. (mg/l)	CBO ₅ (mg/l)	CCO (mg/l)	N total (mg/l)	N-NH ₃ (mg/l)	fosfați (mg/l)	turbiditate (NTU)
0	1	2	3	4	5	6	7	8
a	Nămol activat și filtrare pe mediu granular	4-6	<5-10	30-70	15-35	15-25	4-10	0,3-5
b	Nămol activat, filtrare pe mediu granular și adsorbție pe cărbune	< 3	< 1	5-15	15-30	15-25	4-10	0,3-3
c	Nămol activat și nitrificare într-o singură treaptă	10-25	5-15	20-45	20-30	1-5	6-10	5-15
d	Nămol activat, nitrificare și denitrif. în trepte sep.	10-25	5-15	20-35	5-10	1-2	6-10	5-15
e	Nămol activat și adădire de săruri	10-20	10-20	30-70	15-30	15-25	< 2	5-10
f	Nămol activat, adădire de săruri, nitrificare, denitrificare și filtrare	<5-10	<5-10	20-30	3-5	1-2	< 1	0,3-3
g	Reducerea biologică a P pe linia apei	10-20	5-15	20-35	15-25	5-10	< 2	5-10
h	Reducerea biologică a N și P pe linia apei	< 10	< 5	20-30	< 5	< 2	< 1	0,3-3

Funcție de poluanții reziduali care trebuie îndepărtați și de analizele tehnico-economice ale soluțiilor, sunt posibile o multitudine de combinații de procedee și operații individuale.

8.4. Tehnologii de epurare avansată

N și P sunt principalii nutrienți existenți în efluenții epurați mecano-biologic, care interesează în ceea ce privește epurarea avansată. Deversările de ape uzate epurate conținând N și P pot accelera eutrofizarea lacurilor și a acumularilor și pot stimula dezvoltarea algelor și a plantelor acvatice. În afara faptului că dau aspecte estetice neplăcute, prezența algelor și a vegetației acvatice poate afecta utilizarea benefică a resurselor de apă, mai ales în situațiile când ele sunt folosite ca resurse de apă de alimentare, de înmulțire a peștilor și agrement. Concentrații semnificative ale N în efluentul epurat mecano-biologic pot avea efecte adverse incluzând

consumarea oxigenului dizolvat în emisari, conducând la un mediu acvatic toxic, afectând eficiența dezinfecției cu clor, punând în pericol sănătatea publică și afectând posibilitatea de reutilizare a apei uzate epurate. Controlul nutrienților a devenit un obiectiv important în ceea ce privește managementul calității apei și în proiectarea stațiilor de epurare.

8.4.1. Strategii de control al nutrienților

În alegerea strategiei de control al nutrienților este important a se stabili: caracteristicile apei uzate brute, tipul stației de epurare existente, concentrațiile impuse în privința N și P pentru efluent și necesitatea reducerii nutrienților sezonier sau permanent. Modalitățile de control al nutrienților pot implica introducerea unui proces individual pentru controlul unui anumit nutrient (de exemplu, adaosul de $Al_2(SO_4)_3$ pentru precipitarea P) sau pot implica integrarea procesului de îndepărtare a nutrienților în treapta de epurare biologică. De modul și tehnologia aleasă, depind îndeplinirea cerințelor impuse referitoare la calitatea efluentului, flexibilitatea în funcționare și costul. Inițial, diverse variante de epurare au utilizat sisteme chimice, fizice și biologice pentru limitarea sau controlul cantităților sau formelor de nutrienți din efluentul stațiilor de epurare. Cele mai utilizate procedee au fost:

- nitrificarea în treapta biologică pentru oxidarea amoniacului;
- denitrificarea biologică folosind metanol pentru reținerea N;
- precipitarea chimică a P.

În ultimii ani, au fost dezvoltate o serie de procedee biologice, axate fie pe reținerea individuală a azotului sau a fosforului, fie pe reținerea simultană a N și P. Aceste procedee s-au bucurat de o atenție deosebită din partea specialiștilor din domeniu, dat fiind faptul că utilizarea masivă a reactivilor chimici a fost eliminată sau redusă substanțial, cu toate consecințele economice care decurg din aceasta.

Controlul și îndepărtarea N

În apa uzată netratată, N se găsește în principal ca amoniac sau azot organic, ambele solubile, și ca microparticule. Azotul organic solubil este adesea întâlnit sub forma ureei sau a aminoacizilor. Apa uzată netratată conține puțin sau deloc nitriți sau nitrați. O parte din particulele organice sunt reținute prin decantare primară. În timpul epurării biologice, cele mai multe particule care conțin substanțe pe bază de azot organic se transformă în amoniu sau alte forme anorganice. O parte din amoniu este asimilat în celulele biomasei. Cel mai mult N din efluentul secundar se găsește sub formă de amoniu. În tabelul 8.4 este prezentat efectul diferitelor operații și procedee de epurare asupra azotului organic, amoniacului și nitraților conținuți în apa uzată.

Tabelul 8.4

Efectul diferitelor operații și al procedeelor de epurare asupra compușilor pe bază de azot

Operația sau procedeul de epurare		Compuși pe bază de N			N total reținut %
		N organic	$\text{NH}_3\text{-NH}_4^+$	NO_3^-	
0	1	2	3	4	5
EPURARE CONVENȚIONALĂ					
1	Epurare mecanică	10-20%	fără efect	fără efect	5-10%
2	Epurare biologică	15-50%**	< 10%	efect slab	10-30%
EPURARE BIOLOGICĂ					
1	Asimilare bacteriană	fără efect	40-70%	slab	30-70%
2	Denitrificare	fără efect	40-70%	80-90%	70-95%
3	Nitrificare	efect limitat	→ NO_3^-	fără efect	5-20%
4	Iazuri de oxidare	transformare parțială în $\text{NH}_3\text{-NH}_4^+$	parțial redus prin stripare	parțial redus prin nitrificare/denitrificare	20-90%
PROCEDEE CHIMICE					
1	Clorare la breakpoint	nesigur	90-100%	fără efect	80-95%
2	Coagulare chimică	50-70%	efect slab	fără efect	20-30%
3	Schimbători de ioni selectivi pentru amoniu	slab, nesigur	80-97%	fără efect	70-95%
4	Schimbători de ioni selectivi pentru nitrați	efect slab	efect slab	75-90%	70-90%
5	Adsorbție pe cărbune	30-50%	efect slab	efect slab	10-20%
OPERAȚII FIZICE					
1	Filtrare	30-95% din N organic în suspensie	efect slab	efect slab	20-40%
2	Stripare	fără efect	60-95%	fără efect	50-90%
3	Electrodializă	100% pentru N organic în suspensie	30-50%	30-50%	40-50%
4	Osmoză inversă	60-90%	60-90%	60-90%	80-90%

* funcție de concentrația inițială în N total a influentului.

** N organic solubil, ca uree sau amino-acizi, se reduce substanțial prin treapta de epurare secundară.

Controlul și îndepărtarea P

La cele mai multe ape uzate, circa 10% din concentrația în P corespunzând părții insolubile este în mod normal reținut prin decantare primară. Excepție pentru cantitățile încorporate în țesutul celular; în treapta biologică, reducerea este minimă, dat fiind că tot P prezent în apa uzată după sedimentarea primară este solubil. Tabelul 8.5 prezintă efectele epurării convenționale sau ale altor procedee de epurare în ceea ce privește reducerea P.

Efectele diferitelor operații și procedee de epurare asupra reținerii fosforului

Operații sau procedee de epurare		Reducerea P în sistem, %
0	1	2
EPURARE CONVENȚIONALĂ		
1	Epurare mecanică	10 – 20%
2	Nămol activat	10 – 25%
3	Biofiltre	8 – 12%
4	Filtre biologice cu discuri	8 – 12%
REDUCERE BIOLOGICĂ A FOSFORULUI		
1	Reducerea P pe linia apei	70 – 90%
2	Reducerea P pe linia nămolului	70 – 90%
REDUCERA BIOLOGICĂ COMBINATĂ A AZOTULUI ȘI FOSFORULUI		
1	Reducerea biologică combinată a N și P	70 – 90%
ÎNDEPĂRTARE CHIMICĂ		
1	Precipitare cu sare	70 – 90%
2	Precipitare cu var	70 – 90%
ÎNDEPĂRTARE FIZICĂ		
1	Filtrare	20 – 50%
2	Osmoză inversă	90 – 100%
3	Adsorbție pe cărbune	10 – 30%

Îndepărtarea P poate fi realizată prin metode fizice, chimice și biologice. Precipitarea chimică (utilizând săruri de Fe sau Al, sau var) a fost deja folosită pentru reducerea P. Metodele de epurare biologică se bazează pe stimularea microorganismelor care vor lua mai mult P decât au nevoie pentru dezvoltarea celulară. În ultimii ani, s-a preferat dezvoltarea și aplicarea tehnicilor biologice de reducere a P, în detrimentul precipitării chimice.

În situațiile când este necesară obținerea unui efluent cu concentrații scăzute în privința P (în general sub 1 mg/l), filtrarea se folosește în combinație cu alte procedee biologice sau chimice. Alte procedee fizice, cum ar fi ultrafiltrarea și osmoza inversă sunt importante în reținerea P dar sunt aplicate în principiu, mai mult pentru îndepărtarea substanțelor anorganice dizolvate.

8.4.1.1. Nitrificarea biologică

Nitrificarea biologică

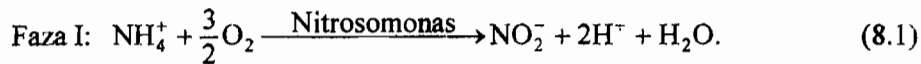
Procedeul prin care azotul din apa uzată brută sau decantată este transformat în nitrați se numește „nitrificare biologică”.

Nitrificarea este un proces autotrof (de exemplu, energia necesară dezvoltării bacteriene (fiind vorba de bacteriile autotrofe chimio-sintetizante) derivă din oxidarea compușilor de N, în primul rând a amoniacului).

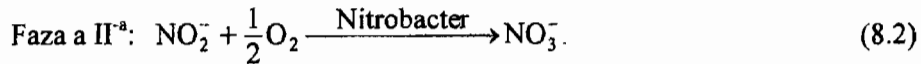
Spre deosebire de bacteriile heterotrofe, nitrifcatorii folosesc CO₂ (C anorganic) și nu C organic pentru sintetizarea noilor celule.

Nitrificarea amoniacului este un proces în două faze care implică două tipuri de microorganisme: *Nitrosomonas* și *Nitrobacter*.

În prima etapă, amoniul este transformat în nitriți:

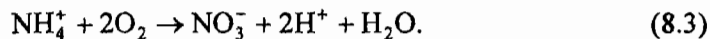


În etapa a II-a, nitriții sunt transformați în nitrați:



(8.1) și (8.2) sunt reacții producătoare de energie. *Nitrosomonas* și *Nitrobacter* consumă energia derivată din aceste reacții pentru dezvoltarea celulară și supraviețuire.

Reacția energetică totală este:



În același timp cu producerea energiei, câte un ion de amoniu este asimilat în țesutul celular.

Clasificarea procedeelor de nitrificare

Procedeele de nitrificare pot fi clasificate în funcție de modul de separare al proceselor de oxidare a carbonului (C) și nitrificare. Oxidarea C și nitrificarea pot avea loc într-un singur bazin (procedeu denumit „într-o singură treaptă”) sau pot avea loc în bazine diferite („nitrificare în treaptă separată”). În cele ce urmează sunt prezentate exemple de nitrificare în aceeași treaptă în care se produce oxidarea substanței organice sau în treaptă diferită de cea în care se produce faza de C.

Nitrificarea într-o singură treaptă (fig. 8.2) este procedeul cu oxidarea carbonului și nitrificarea în bazinul cu biomasă în suspensie, într-o singură treaptă.

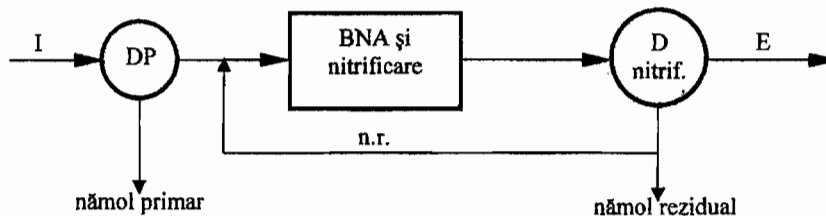


Figura 8.2. Schemă tehnologică pentru nitrificare într-o singură treaptă:

DP – decantor primar; BNA – bazin cu nămol activat; D nitrif. – decantor pentru efluentul nitrificat.

Nitrificarea poate fi realizată în orice procedeu cu nămol activat cu biomasă în suspensie. Procedecele cele mai des utilizate sunt aerarea convențională, și o varietate de modificări ale șanțului de oxidare.

Realizarea nitrificării presupune asigurarea și menținerea tuturor condițiilor necesare dezvoltării organismelor de nitrificare. De exemplu, în zonele cu climat cald, intensificarea nitrificării se poate face prin creșterea timpului mediu de retenție a celulelor și insuflare de aer. Această tehnică este cel mai des utilizată pentru realizarea temporară a nitrificării.

Biofiltrul și filtrul biologic cu discuri sunt procedee cu biomasă fixată, care pot asigura oxidarea C și nitrificarea.

Nitrificarea în treaptă separată (fig. 8.3) este un procedeu cu oxidarea carbonului și nitrificarea în bazine cu biomasă în suspensie, în trepte distincte.

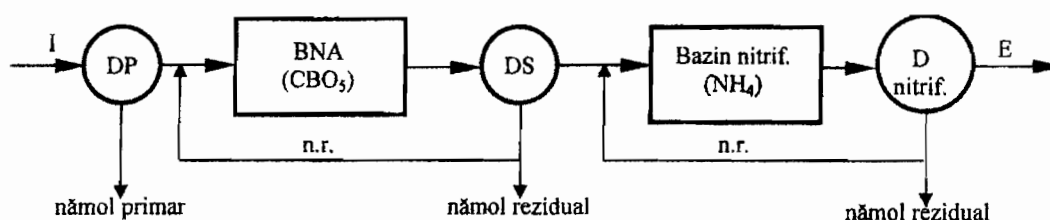


Figura 8.3. Schemă tehnologică pentru nitrificare în treaptă separată:

DP – decantor primar; BNA – bazin cu nămol activat; DS – decantor secundar; D. nitrif. – decantor pentru efluentul nitrificat; n.r. – nămol de recirculare; I – influent; E - efluent.

Pentru nitrificarea în treaptă separată sunt utilizate atât procedeul cu biomasă în suspensie cât și procedeul cu biomasă fixată. Nitrificarea în bazin separat permite flexibilitate mai mare și fiabilitate (siguranță în funcționare), iar fiecare proces (oxidarea C și nitrificarea), poate fi operat independent, pentru a se atinge performanțe optime. Efectele toxice potențiale datorate materiilor organice biodegradabile asupra bacteriilor nitrificante pot fi reduse în faza de oxidare a C.

Avantajele și dezavantajele alternativelor de nitrificare

Tabelul 8.6 prezintă avantajele și dezavantajele diverselor procedee de nitrificare. Alegerea unei anumite scheme tehnologice depinde de o serie de factori, incluzând:

- modul în care treapta de nitrificare poate fi încorporată în stația de epurare existentă sau într-o stație de epurare nouă;
- caracteristica sezonieră sau permanentă a concentrației limită ce trebuie atinsă pentru efluent;
- domeniul temperaturilor de lucru;
- concentrația dorită a amoniacului în efluentul stației de epurare;
- valori standard pentru alți parametri;
- costuri.

Avantajele și dezavantajele alternativelor de nitrificare

0	1	2	3
Procedeu	Avantaje		Dezavantaje
COMBINAȚIE DE NITRIFICARE CU OXIDAREA CARBONULUI			
1	Procedeu cu biomasă în suspensie	Combină îndepărtarea C și a amoniacului într-o singură treaptă; este posibilă realizarea unei concentrații reduse în amoniac a efluentului.	Fără protecție asupra toxicității; stabilitate moderată în funcționare; stabilitate dependentă de funcționarea decantorului secundar pentru biomasa recirculată; necesită bazine întinse pe vreme rece.
2	Procedeu cu biomasă fixată	Combină oxidarea C și nitrificarea într-o singură treaptă; stabilitatea nu este legată de funcționarea decantorului secundar, organismele fiind atașate mediului.	Fără protecție împotriva toxicității; stabilitate moderată în funcționare; concentrația amoniacului în efluent este 1-3 mg/l, cu excepția filtrelor biologice cu discuri; în cele mai multe cazuri, funcționarea este imposibilă în perioadele reci.
NITRIFICAREA ȘI OXIDAREA CARBONULUI ÎN TREPTE SEPARATE			
1	Procedeu cu biomasă în suspensie	Bună protecție împotriva toxicității; regim stabil de funcționare; posibilă concentrație scăzută a amoniacului în efluent.	Stabilitatea în funcționare este dependentă de funcționarea decantorului secundar pentru biomasa recirculată; necesită mai multe procese unitare decât procedeu combinat.
2	Procedeu cu biomasă fixată	Bună protecție împotriva toxicității; stabilitatea nu este legată de decantorul secundar deoarece organismele sunt fixate pe mediu.	Concentrația în amoniac a efluentului este 1-3 mg/l; necesită mai multe procese unitare decât procedeu combinat.

8.4.1.2. Nitrificare/denitrificare în treapta biologică

Nitrificarea/denitrificarea biologică este cea mai bună metodă de reținere a azotului, deoarece:

- are o eficiență ridicată în privința reducerii azotului;
- stabilitatea funcțională și fezabilitatea sunt ridicate;
- proces relativ ușor de supravegheat;
- necesită suprafețe restrânse de teren;
- costul este moderat.

Reducerea N prin nitrificare/denitrificare biologică este un proces care are loc în două etape. În prima etapă, amoniacul este transformat în nitrat (NO_3^-), în mediu aerob (prima fază este deci de nitrificare). În etapa a doua, nitratul este transformat în azot gazos (faza de denitrificare).

Reținerea nitratului prin transformarea în azot gazos poate fi îndeplinită biologic, în condiții anoxice. În reducerea azotului ca nitrat sunt implicate două

tipuri de sisteme enzimatic: asimilatoare și dezasimilatoare. În procesul asimilator al reducerii nitrului, azotul ca nitrat este transformat în azot amoniacal pentru utilizarea lui de către celule în biosinteză și are loc când azotul ca nitrat este singura formă de N disponibil. În procesul dezasimilator de îndepărtare a nitrului, N gazos este format din nitrat; în acest proces constă denitrificarea apei uzate. În majoritatea sistemelor biologice de nitrificare/denitrificare, apa uzată ce trebuie denitrificată trebuie să conțină suficient C (materie organică) pentru a asigura sursa de energie pentru transformarea nitrului la N gazos de către bacterii. Necesarul de C poate fi asigurat de surse interioare, cum ar fi apa uzată și materialul celular, sau de surse exterioare (de exemplu, metanol). Viteza de denitrificare scade liniar la valoarea 0 atunci când concentrația oxigenului dizolvat atinge valoarea de 1 mg/l.

Clasificarea procedelor de denitrificare

Procedeele de nitrificare / denitrificare pot fi procedee anoxice cu biomasă în suspensie sau procedee anoxice cu biomasă fixată. Se preferă utilizarea termenului „anoxic” și nu „anaerob” pentru descrierea procesului de denitrificare, deoarece principalele procese bio-chimice nu sunt procese anaerobe, ci numai modificări ale proceselor aerobe.

Clasificarea se bazează pe modul în care are loc denitrificarea:

- sisteme combinate de oxidare a C și nitrificare/denitrificare utilizând surse interne și endogene de C;
- în bazine separate, folosind metanol sau alte surse similare de C organic.

Nitrificare/denitrificare în treapta biologică

Datorită costului ridicat al surselor externe de C organic, s-au căutat tehnologii în care etapele de oxidarea C și nitrificarea/denitrificarea sunt combinate într-un singur proces, utilizând C natural existent în apa uzată. Avantajele specifice acestui procedeu includ:

- reducerea debitului necesar de aer pentru asigurarea nitrificării și reducerii CBO₅;
- eliminarea necesității surselor de C organic suplimentar pentru denitrificare;
- eliminarea decantoarelor intermediare și sistemelor de recirculare a nămolului.

Cele mai multe dintre aceste sisteme sunt capabile să îndepărteze între 60 și 80% din azotul total; au fost înregistrate chiar valori de 85–95%.

Procedeu Bardenpho (fig. 8.4) este un procedeu combinat nitrificare/denitrificare în patru trepte.

Procedeu BARDENPHO utilizează atât C din apa uzată, cât și C din descompunerea endogenă pentru asigurarea denitrificării. Zonele separate de reacție sunt utilizate pentru oxidarea C și denitrificare anoxică. Inițial, apa uzată intră într-o zonă de denitrificare în mediu anoxic în care este recirculat amestec nitrificat din compartimentul următor, ce combină oxidarea C cu nitrificarea.

C prezent în apa uzată este utilizat la denitrificarea nitratului recirculat. Deoarece încărcarea organică este crescută, denitrificarea se produce rapid. În apa uzată, amoniacul trece neschimbat prin primul bazin anoxic și este nitrificat în primul bazin de aerare.

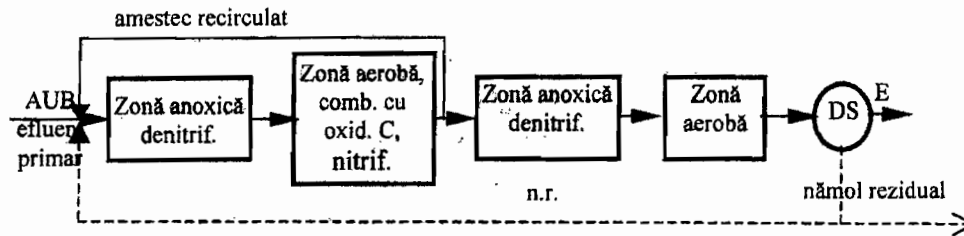


Figura 8.4. Schemă tehnologică pentru procedeul Bardenpho.

AUB – apă uzată brută; DS – decantor secundar; E – efluent; n.r. – nămol activat de recirculare

Amestecul nitrificat din primul bazin de aerare trece în a doua zonă anoxică, unde denitrificarea se produce pe baza consumului sursei de C endogen. A doua zonă aerobă este relativ mică și este utilizată mai ales la striparea N gazos intrat, înainte de limpezire. Amoniacul eliberat din nămol în a doua zonă anoxică este de asemenea nitrificat în ultima zonă aerobă.

O modificare a procedurii BARDENPHO (prin adăugarea celei de-a cincea trepte) este utilizată la reducerea simultană a N și P.

Procedeul cu șanț de oxidare (fig. 8.5) este o combinație de nitrificare – denitrificare în treapta biologică.

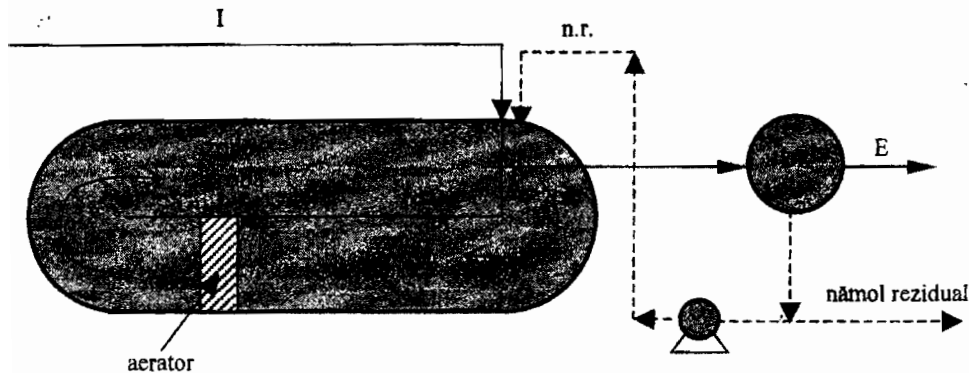


Figura 8.5. Schemă tehnologică pentru procedeul cu șanț de oxidare:

I – influent; E – efluent; n.r. – nămol de recirculare; DS – decantor secundar

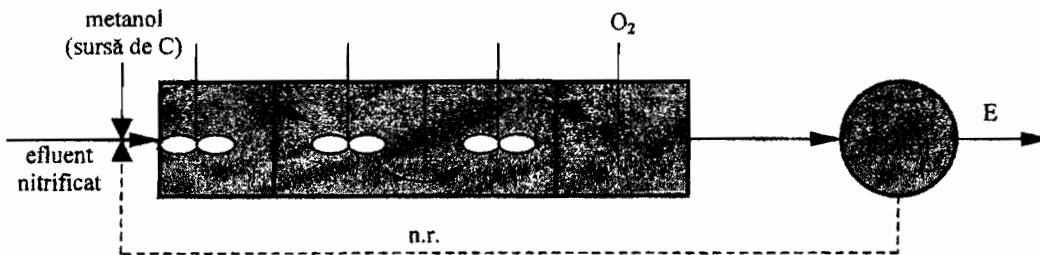
Șanțul de oxidare schematizat mai sus a fost utilizat pentru realizarea nitrificării și a denitrificării. Într-un șanț de oxidare, amestecul curge în jurul unui canal cu coturi, acționat și aerat prin dispozitive mecanice de aerare. Pentru aplicațiile de nitrificare/denitrificare, imediat aval de aerator este amplasată o zonă aerobă, iar

amonte de aerator o zonă anoxică. La descărcarea debitului de apă uzată influență la limita amonte a zonei anoxice, o parte din sursa de C a apei uzate este consumată pentru denitrificare. Efluentul bazinului este luat de la sfârșitul zonei aerobe pentru limpezire. Deoarece sistemul are numai o zonă anoxică, eficiența în privința reținerii N este mai scăzută decât în procedeul BARDENPHO.

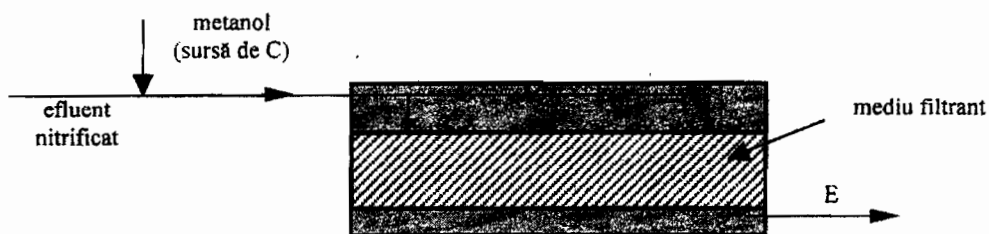
Nitrificare-denitrificare în trepte separate

O variantă acceptabilă a denitrificării biologice este considerată adăugarea unui sistem biologic separat utilizând metanol ca sursă externă de C pentru îndepărtarea nitratului. Figura 8.6 prezintă câteva sisteme alternative de denitrificare în treaptă separată.

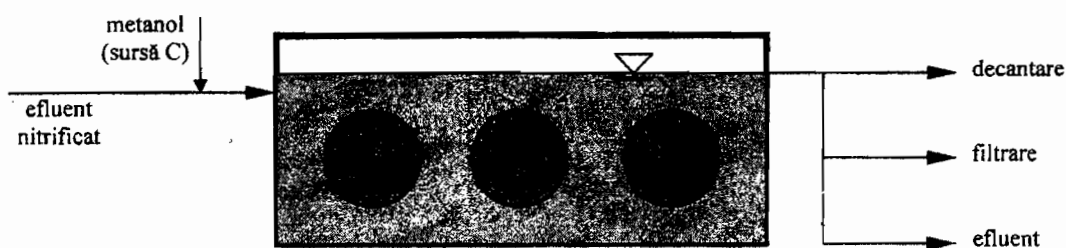
a) Sistem cu biomasă în suspensie



b) Sistem cu filtru descendent



c) Sistem cu filtru biologic cu discuri



d) Sistem cu pat fluidizant

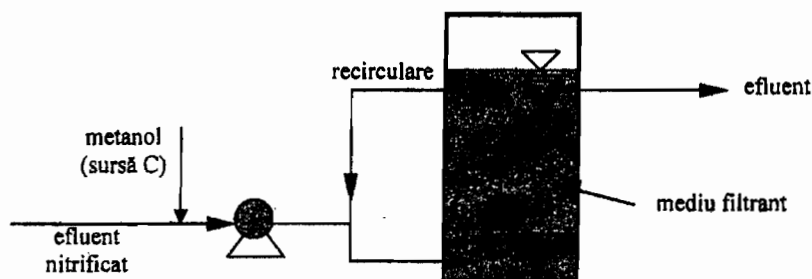


Figura 8.6. Sisteme alternative de denitrificare.

Deoarece oxidarea C și nitrificarea/denitrificarea au loc în bazine separate, nămolul este generat separat în fiecare bazin.

Avantajele și dezavantajele alternativelor de denitrificare

În tabelul 8.7 este făcută o comparație generală a diverselor procedee de denitrificare. Unele procedee au fost limitate ca utilizare, motiv pentru care se adoptă în general o poziție reticentă în ceea ce privește recomandarea unui anumit procedeu. În cele mai multe situații se recomandă studii pe stații pilot.

Tabelul 8.7

Avantajele și dezavantajele alternativelor de denitrificare

Nr crt	Tip sistem	Avantaje	Dezavantaje
0	1	2	3
1	Bazin combinat: oxidarea C, nitrificare/denitrificare, în procedeul cu biomasă în suspensie și sursă endogenă de C	Nu necesită metanol; număr redus de unități individuale; posibil bun control al organismelor filamentoase în procesele cu nămol activat; poate fi folosit un singur bazin; este adaptabil la un bazin cu curgere secvențială (sezonieră); procesul poate fi adaptat pentru reținerea P	Denitrificarea are loc la viteze foarte mici; necesită timp lung de retenție și construire de dimensiuni mai mari decât la sistemul bazat pe metanol; stabilitatea în funcționare este cuplată cu D pentru recircularea biomasei; dificultăți în optimizarea proceselor de nitrificare și denitrificare în trepte individuale; biomasă necesită o concentrație suficientă de O_d pentru ca nitrificarea să aibă loc; mai puțin N îndepărtat decât la sistemul pe bază de metanol.
2	Bazin combinat: oxidarea C, nitrificare/denitrificare, în procedeul cu biomasă în suspensie folosind apa uzată ca sursă de C	Nu necesită metanol; număr redus de unități individuale; posibil bun control al organismelor filamentoase în procesele cu nămol activ; poate fi folosit un singur bazin; este adaptabil la un bazin cu curgere secvențială; procesul poate fi adaptat pentru reținerea P	Denitrificarea are loc la viteze foarte mici; necesită timp lung de retenție și construire de dimensiuni mai mari decât la sistemul bazat pe metanol; stabilitatea în funcționare este cuplată cu D pentru recircularea biomasei; dificultăți în optimizarea proceselor de nitrificare și denitrificare în trepte individuale; biomasă necesită o concentrație suficientă de O_d pentru ca nitrificarea să aibă loc; mai puțin N îndepărtat decât la sistemul pe bază de metanol.

Tabelul 8.7 (continuare)

0	1	2	3
3	Procedeul cu biomasă în suspensie folosind metanol după treapta de nitrificare	Denitrificare rapidă; necesită construcții mici; stabilitate în funcționare; puține limitări în opțiunile de funcționare sezonieră; metanolul în exces din pasul de oxidare poate fi ușor încorporat; fiecare proces din sistem poate fi optimizat separat; posibil grad ridicat de reținere a N	Necesită metanol; stabilitatea în funcționare este legată de decantor pentru recircularea biomasei; număr mai mare de unități individuale necesare pentru nitrificare/denitrificare decât la sistemele combinate.
4	Procedeul cu biomasă fixată (coloană), utilizând metanol după etapa de nitrificare	Denitrificare rapidă; necesită construcții mici; stabilitate demonstrată în funcționare; stabilit. nu este legată de decantor pentru org. mediului; puține limitări în opțiunile de funcționare sezonieră; fiecare proces din sistem poate fi optimizat separat; grad posibil ridicat de reținere a N	Necesită metanol; excesul de metanol în procesul de oxidare nu poate fi ușor încorporat; necesită un număr mai mare de unități individuale pentru nitrificare/denitrificare decât în sistemul combinat.

8.4.1.3. Îndepărtarea azotului prin procedee fizice și chimice

Principalele procedee fizice și chimice folosite pentru îndepărtarea azotului sunt:

- striparea;
- clorarea la breakpoint;
- schimbători de ioni selectivi.

a) Striparea amoniacului

Azotul amoniacal poate fi îndepărtat din apa uzată prin volatilizarea amoniacului gazos. Procedeul este conceptual simplu însă are o serie de neajunsuri care îl fac din punct de vedere practic, costisitor ca funcționare și întreținere. Viteza de transfer a amoniacului este crescută de transformarea a cât mai mult amoniac în formă gazoasă la un pH ridicat, uzual în domeniul 10,5–11,5 prin adaos de var.

Datorită costurilor ridicate de funcționare și mentenanță, aplicarea practică a stripării amoniacului este limitată la cazuri speciale (cum ar fi necesitatea unui pH ridicat și pentru alte motive). În cele mai multe cazuri unde a fost aplicată striparea s-au constatat performanțe reduse în perioadele de funcționare la temperaturi scăzute.

b) Clorarea la breakpoint

Implică adăugarea de clor în apa uzată pentru oxidarea azotului amoniacal în soluție la azot gazos și alți compuși stabili. Este utilizat ca metodă alternativă pentru controlul azotului. Unul dintre cele mai importante avantaje ale acestui

procedeu este că, cu un control adecvat, poate fi oxidat tot azotul amoniacal din apa uzată. Dezavantajele procedurii (v. tabelul 8.8) limitează aplicarea sa în practică. Procedul poate fi deci aplicat pentru îndepărtarea azotului amoniacal din efluenții stațiilor de epurare, fie singur, fie în combinație cu alte procedee.

Tabelul 8.8

Avantajele și dezavantajele procedurilor fizice și chimice de îndepărtare a azotului

Nr. crt.	Procedeu	Avantaje	Dezavantaje
0	1	2	3
1	Stripare	Procesul poate fi comandat pentru reținerea selectivă a amoniacului. Este procedeu cel mai des aplicat când este necesară îndepărtarea sezonieră a amoniacului; se combină cu îndepărtarea fosforului prin utilizarea varului. Se poate asigura o concentrație în azot a efluentului, în limitele admise. Nu este sensibil la substanțe toxice.	Procesul este influențat de temperatură. Solubilitatea amoniacului crește cu scăderea temperaturii. Necesarul de aer variază. Aburire și înghețare la temperaturi scăzute. Reacția amoniacului cu oxidul de sulf poate provoca probleme de poluare a aerului. Procesul utilizează uzual varul pentru controlul pH-ului, ceea ce conduce la creșterea costului de epurare și la probleme de mentenanță. Potențiale probleme referitoare la emisia de noxe.
2	Clorare la brekpoint	Cu un control corespunzător, poate fi oxidat tot azotul amoniacal. Poate fi utilizat după alte procedee de reținere a azotului cu rol de finisare (reglare fină). Concură cu dezinfectarea efluentului. Necesită spațiu limitat. Nu este sensibil la substanțe toxice sau temperatură. Costuri capitale mici, adaptabil la stațiile de epurare existente.	Poate produce clor rezidual în cantități mari, care este toxic pentru organismele acvatice. Apa uzată conține o varietate mare de substanțe necesitând clor, ceea ce crește costul tratamentului. Procesul este sensibil la pH, care afectează dozajele necesare. Cresc costurile de exploatare. Formarea trihalometanilor afectează calitatea surselor de apă. Este posibil să nu poată fi asigurată concentrația admisă a efluentului în privința azotului total. Necesită un control atent al pH-ului pentru prevenirea formării azotului triclorurat gazos. Necesită operatori cu calificare înaltă.
3	Schimbători de ioni	Poate fi folosit unde condițiile climatice inhibă nitrificarea biologică și unde sunt impuse condiții severe pentru efluent. Realizează un produs reciclabil (amoniac apos). Poate asigura un efluent cu concentrația în azot total, conform cerințelor standard. Ușor de urmărit calitatea.	Este necesară pretratarea prin filtrare pentru a preveni încărcarea excesivă datorată acumulărilor de flocoane. Concentrațiile crescute ale altor cationi vor reduce performanța de reținere a amoniacului. Regenerarea completă poate necesita existența unei unități funcționale suplimentare. Costurile inițiale și de funcționare sunt mari. Necesită operatori cu pregătire superioară.

Pentru reducerea dozajelor de clor, se poate utiliza clorarea la breakpoint urmând nitrificării biologice, pentru obținerea unei concentrații mici în amoniac a efluentului. Pentru optimizarea performanțelor procedeului și minimizarea echipamentelor și facilităților este necesară egalizarea debitelor. Datorită problemelor legate de potențialul toxic dat al subprodusilor rezultați, este necesară declorarea efluentului.

c) Schimbători de ioni

Procedeul cu schimbători de ioni este un proces individual în care ioni de o anumită categorie sunt deplasați dintr-un material de schimb insolubil de către ioni de diferite categorii în soluție. Se poate realiza fie într-un bazin, fie în mod continuu sau discontinuu. În mod discontinuu, rășina este agitată cu apa de epurat într-un reactor până când reacția este completă. Rășina uzată este îndepărtată prin limpezire, regenerată și refolosită. În procesul continuu, materialul de schimb este localizat în patul sau coloana stratificată iar apa ce urmează a fi tratată trece prin el. Pentru controlul azotului, ionul specific îndepărtat din apa uzată este ionul amoniu, NH_4^+ .

Ionul care schimbă amoniul este variabil cu natura soluției utilizate la regenerarea patului. Se preferă utilizarea rășinilor sintetice schimbătoare de ioni, în detrimentul celor naturale, dată fiind durabilitatea lor. Unele rășini naturale (zeoliți) au fost utilizate pentru îndepărtarea amoniacului, iar clinoptilolitul este una dintre cele mai bune rășini naturale schimbătoare de ioni. Pe lângă faptul că are o afinitate mai mare pentru ionii amoniu decât alte medii de schimbători de ioni, este relativ ieftin în comparație cu mediile sintetice.

După uzare, zeolitul este regenerat cu var $\text{Ca}(\text{OH})_2$ iar ionul de amoniu îndepărtat din zeolit este transformat în amoniac. Figura 8.7 prezintă o schemă tehnologică a acestui proces.

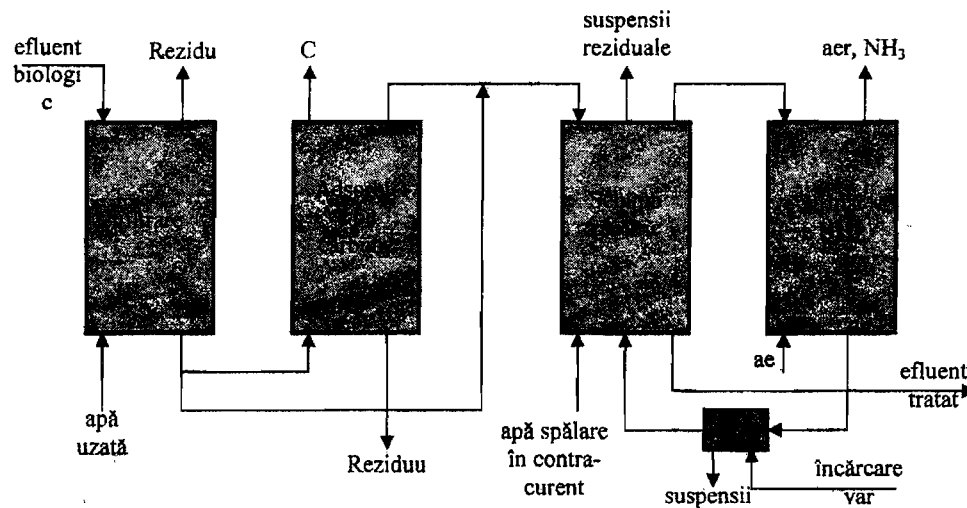


Figura 8.7. Schemă tehnologică pentru îndepărtarea amoniacului prin schimb zeolitic.

Pentru a face ca schimbul ionic să fie avantajos din punct de vedere economic pentru epurarea apelor uzate, este necesară utilizarea unor materiale regenerante care să îndepărteze atât anionii anorganici, cât și materialul organic din rășina uzată. Aplicarea procedurii cu schimbători de ioni a fost limitată datorită necesității atât a unui pretratament extensiv, în legătură cu asigurarea durabilității mediului schimbător de ioni cât și a unui sistem complex de regenerare.

Avantajele și dezavantajele alternativelor fizice și chimice de îndepărtare a azotului

Procedeele de îndepărtare a azotului pe cale fizică sau chimică au utilizare restrânsă în stațiile de epurare datorită costurilor pe care le implică, performanțelor incompatibile și problemelor de funcționare și mentenanță pe care le ridică. Tabelul 8.8 prezintă avantajele și dezavantajele acestor procedee.

8.4.1.4. Îndepărtarea fosforului pe cale biologică

În ultimii ani s-a acordat o atenție deosebită procedurilor de îndepărtare biologică a P, ca alternativă la metodele chimice. P este reținut în treapta biologică prin procedee de incorporare a ortofosfaților, polifosfaților și a fosforului legat organic în țesutul celular. Cantitatea totală de P îndepărtată este funcție de flocoanele produse efectiv. P conținut în țesutul celular este de cinci ori mai mic decât conținutul în N al țesutului. Conținutul real de P este de 7 până la 3 ori mai mic decât conținutul de N din țesutul celular, funcție de condițiile locale de mediu. În medie, cantitatea de P îndepărtat în cadrul epurării secundare prin nămolul rezidual poate varia între 10–30% din cantitatea influentă. Prin utilizarea unui procedeu biologic de îndepărtare a P, se pot obține performanțe semnificative în afara acestui domeniu.

Conceptul îndepărtării biologice a P este expunerea microorganismelor la condiții alternativ anaerobe și aerobe. Expunerea la condiții alternante determină suprasolicitarea microorganismelor, astfel încât capacitatea de adsorbție depășește nivelurile normale. P nu este utilizat numai pentru supraviețuire, sinteză și energie ci este stocat și folosit ulterior de către microorganisme. Nămolul conținând P în exces este fie rezidual, fie îndepărtat în fluxul de epurare lateral (linia nămolului). Expunerea alternativă la condiții anaerobe și aerobe poate fi realizată fie pe linia apei, fie în procesul de recirculare a nămolului.

Procedeele specifice de epurare biologică utilizate pentru îndepărtarea P sunt:

- procedeu A/O – care presupune îndepărtarea P pe linia apei, în treapta biologică;
- procedeu PHOSTRIP – implică îndepărtarea P pe linia nămolului;
- procedeu cu bazin secvențial (B.S.) – utilizat pentru debite mici de apă uzată, cu condiția flexibilității funcționale, permite reținerea N și a P.

Procedeu A/O (reținerea P pe linia apei)

Procedeu A/O (fig. 8.8) este folosit pentru reținerea P combinată cu oxidarea C din apa uzată. Este un sistem cu biomasă în suspensie „single-sludge” (un singur bazin, deci nămol unic), care combină zone anaerobe și aerobe consecutive.

Pentru nitrificare, aprovizionarea poate fi făcută prin suplimentarea timpului de retenție necesar în zona aerobă. Nămolul depus este returnat influentului pe la capătul bazinului și amestecat cu apa uzată influentă.

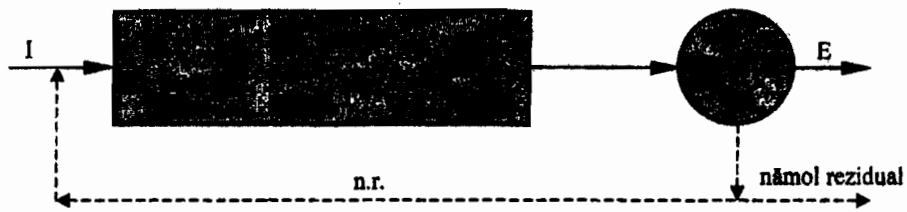


Figura 8.8. Schemă tehnologică pentru procedeul A/O:

I – influent; D – decantor; E – efluent; n.r. – nămol de recirculare

Sub condiții anaerobe, P conținut în apa uzată și în masa celulară recirculată este eliberat ca fosfați solubili. În acest stadiu se poate realiza parțial reducerea substanțelor organice (ca CBO_5). P este absorbit de masa celulară în zona aerobă și este reținut din debitul de fluid în nămolul activat. Concentrația P în efluent depinde în mare măsură de raportul $CBO_5 : P$ al apei uzate. La rapoarturi mai mari de 10 : 1, se pot obține concentrații ale P solubil în efluent sub 1 mg/l. Când valorile raportului sunt mai mici de 10 : 1, pentru obținerea unei concentrații scăzute a efluentului în P trebuie adăugate săruri metalice.

Procedeul Phostrip (îndepărtarea P pe linia nămolului)

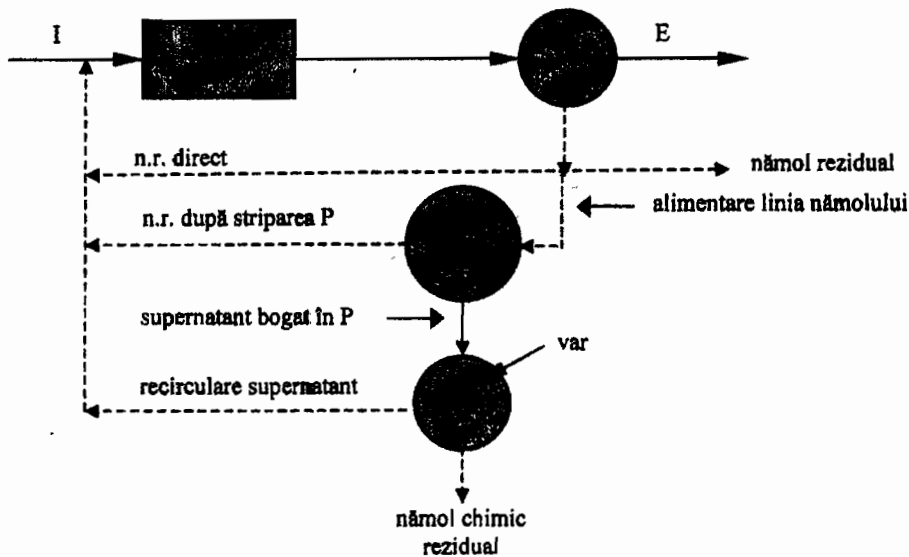


Figura 8.9. Schemă tehnologică pentru procedeul Phostrip:

I – influent; D – decantor; E – efluent

În acest procedeu (fig. 8.9), parte din nămolul activat recirculat din epurarea biologică este dirijat într-un rezervor anaerob de stripare a P. Timpul de retenție în acest bazin variază în general între 8 și 12 ore. P eliberat în bazinul de stripare iese din bazin ca supernatant iar nămolul activat sărac în P este returnat în bazinul de aerare. Supernatantul bogat în P este tratat cu var sau alt coagulant într-un bazin separat și descărcat în DS sau într-un rezervor separat de floculare decantare pentru separarea suspensiilor solide. P este îndepărtat din sistem prin precipitare chimică. Sistemele de tip PHOSTRIP asociate cu cele cu nămol activat pot asigura un efluent cu un conținut total de P sub 1,5 mg/l, înainte de filtrare.

Procedeu cu bazine cu funcționare secvențială

Sistemul (fig. 8.10) poate funcționa asigurând orice combinație a oxidării C, cu reducerea N și îndepărtarea P. O reprezentare simplificată a acestui sistem este arătată în figura de mai jos.

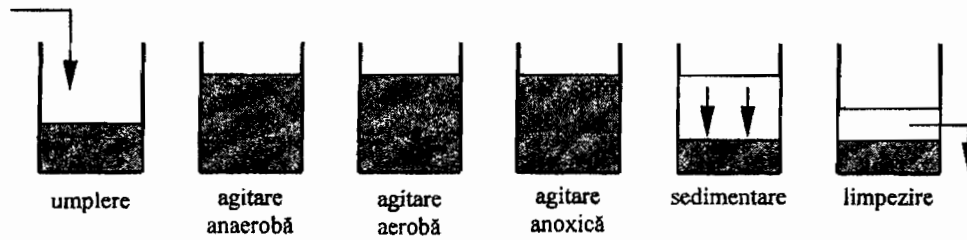


Figura 8.10. Sistem cu bazine cu încărcare secvențială.

Reducerea acestor constituenți poate fi realizată cu sau fără adăugare chimică la schimbarea funcționării bazinului. P poate fi îndepărtat prin adăugare chimică cu reactivi de coagulare sau biologic, fără adăugare de reactivi de coagulare. În configurația prezentată în figura de mai sus, eliberarea P și reducerea CBO₅ pot avea loc în faza de amestecare anaerobă, iar reducerea P în faza următoare de amestecare aerobă. Modificând timpii de reacție se poate obține nitrificarea sau îndepărtarea N. Timpul total al unui ciclu complet poate varia de la 3 la 24 ore. În faza anoxică este necesară o sursă de C ca suport al denitrificării, reprezentată fie de o sursă externă, fie de respirația endogenă a biomasei existente.

Avantajele și dezavantajele alternativelor biologice de îndepărtare a fosforului

În tabelul 8.9 este prezentată o comparație generală a procedeelelor alternative de îndepărtare a P pe cale biologică. Procedeele biologice oferă mai multe avantaje în ceea ce privește integrarea în procesul de îndepărtare a nutrienților în stațiile de epurare. Deoarece multe dintre performanțele procedeelelor analizate depind mai ales de condițiile locale specifice, se recomandă realizarea testărilor pe stații pilot.

Avantajele și dezavantajele alternativelor de îndepărtare biologică a fosforului

Nr crt	Procedeu	Avantaje	Dezavantaje
0	1	2	3
1	A/O	Funcționare relativ simplă în comparație cu celelalte procedee. Nămolul rezidual are o concentrație relativ ridicată în P, 3 – 5% și are valoare fertilizantă. Timp de retenție hidr. relativ scurt. În cazurile când este cerut un nivel redus de îndepărtare a P, poate fi completat cu nitrificare.	Nu are capac. de a asigura simultan indep. unor cant. ridicate de N și P. Performanțe îndoielnice ale funcționării la temperaturi scăzute. Necesită valori ridicate ale raportului $CBO_5 : P$. Cu scăderea timpului de retenție a celulelor în mediul aerob, poate fi necesară o valoare mai mare a transferului de oxigen. Flexibilitate limitată în funcționare.
2	PHOSTRIP	Poate fi încorporat în stațiile de epurare cu n.a. existente. Proces flexibil. Procesul de îndepărtare a P nu este condiționat de raportul $CBO_5 : P$. Există multe astfel de instalații în SUA. Consum de r. chimici semnificativ mai mic decât la precipitarea chimică în treapta biologică. Poate conduce la conc. în ortofosfați ale efluentului, sub 1,5 mg/l.	Necesită adădire de var pentru precipitarea P. Necesită o concentrație crescută a amestecului în O_d pentru a preveni eliberarea P în decantorul final. Necesită tancare suplimentară pentru stripare. Curățarea depozitelor de var poate fi considerată o problemă de întreținere.
3	B.S.	Procesul este foarte flexibil pentru combinarea îndepărtării N cu cea a P. Procesul funcționează simplu. Suspensiile din amestec nu trebuie spălate în contra-curent hidraulic.	Convenabil numai pentru debite mici. Sunt necesare unități suplimentare. Calitatea efluentului depinde de facilitarea decantării. Datele de proiectare disponibile sunt limitate.

8.4.1.5. Îndepărtarea fosforului prin adădire chimică

Adăugarea anumiților reactivi chimici în apele uzate conținând fosfați, determină producerea de săruri solubile sau cu solubilitate scăzută. Principalii reactivi chimici folosiți sunt alaunul, aluminatul de sodiu, clorura ferică sau sulfatul feric și varul. Se mai utilizează uneori sulfatul feros și clorura feroasă. Pentru îmbunătățirea floculării, se utilizează în combinație cu alaunul și varul, polimeri. Factorii care afectează performanțele procesului de îndepărtare pe cale chimică a fosforului sunt:

- concentrația în fosfor a influentului;
- concentrația în suspensii a apei uzate;
- alcalinitatea;
- costul reactivilor chimici;

- fiabilitatea sistemului de alimentare cu reactivi chimici;
- instalațiile de prelucrare a nămolului;
- metodele de evacuare finală;
- compatibilitatea cu alte procedee de epurare.

Îndepărtarea fosforului utilizând săruri și polimeri

Sărurile de fier sau aluminiu pot fi adăugate în diferite puncte ale proceselor de epurare însă, deoarece polifosfații și fosforul organic sunt mai ușor de îndepărtat decât ortofosfații, pentru performanțe mai bune ale procedeeului, se adaugă săruri de aluminiu sau fier, după treapta de epurare biologică (unde fosforul organic și polifosforul sunt transformați în ortofosfați).

Datorită sedimentării mai bune, are loc îndepărtarea suplimentară a azotului, însă se reduc cantități nesemnificative de amoniac fără adăugarea chimică în treapta de epurare primară, reducând concentrația în substanțe organice biodegradabile până la un punct unde poate avea loc nitrificarea. Datorită adăugării chimice se așteaptă creșterea concentrației în suspensii totale dizolvate.

Adiția de reactivi chimici în decantorul primar (fig. 8.11)

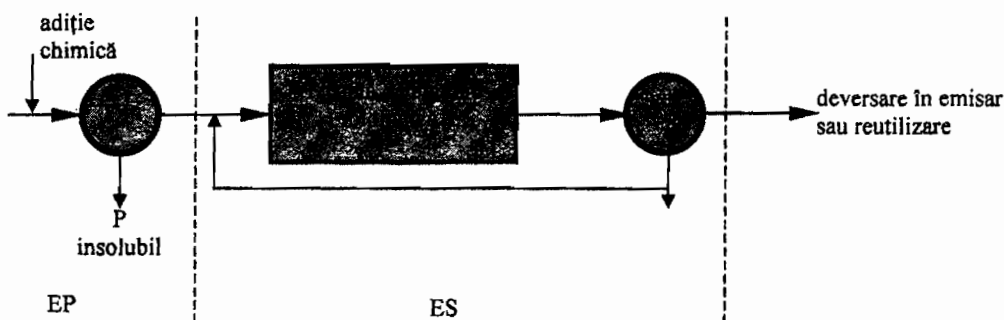


Figura 8.11. Schemă tehnologică pentru adăugarea de reactivi în decantorul primar:

DP – decantor primar; DS – decantor secundar; EP – epurare primară; ES – epurare secundară

Sărurile de aluminiu sau fier adăugate într-o apă uzată netratată reacționează cu ortofosfații, formând precipitate. Fosforul organic și polifosfatul sunt îndepărtate prin reacții complexe. Fosforul insolubilizat, împreună cu cantități considerabile de substanțe organice și suspensii solide sunt eliminate din sistem ca nămol primar. Este necesară realizarea adecvată a operațiilor de amestecare și floculare amonte de instalațiile de decantare primară, pentru care, fie se amenajează bazine separate, fie se modifică cele existente. Uneori este necesară adăugarea de polimeri în decantor. De asemenea, în apele cu alcalinitate redusă este necesară adăugarea unei baze pentru menținerea unui pH între 5 și 7. Clorura de aluminiu sau clorura ferică se aplică în general într-un raport molar în domeniul 1+3 ioni metalici la un ion de fosfor. Dozajul exact se determină prin teste on-site și variază cu caracteristicile apei uzate și concentrația cerută a fosforului în efluent.

Adaosul de reactivi chimici în treapta de epurare secundară (fig. 8.12)

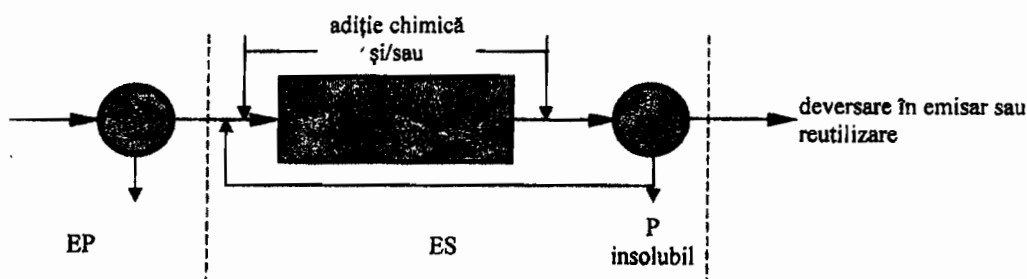


Figura 8.12. Schemă tehnologică pentru adaosul de reactivi chimici în treapta biologică:

DP – decantor primar; DS – decantor secundar; EP – epurare primară; ES – epurare secundară

Sărurile metalice pot fi adăugate fie apei uzate netratate în bazinele cu nămol activat, fie în influentul decantoarelor secundare. În biofiltre, sărurile sunt adăugate fie apei uzate netratate, fie efluentului filtrat. Cel mai adesea s-au utilizat adăuțiile multipunctuale. Fosforul este îndepărtat din faza lichidă prin o combinație de procese: precipitare, adsorbție, schimb și floculare și îndepărtat din sistem fie în nămurile primare sau în cele secundare, fie în ambele. Teoretic, solubilitatea minimă a $AlPO_4$ are loc la $pH = 6,3$ iar a $FePO_4$ la $pH = 5,3$; aplicațiile practice au arătat că îndepărtarea bună a fosforului are loc oriunde în domeniul de $pH 5,5-7,0$ care este compatibil cu majoritatea procedeele de epurare biologică. Utilizarea sărurilor feroase este limitată, deoarece produc un efluent cu concentrații scăzute în fosfor, numai la valori ridicate ale pH -ului. În apele cu alcalinitate scăzută se folosesc pentru menținerea pH -ului peste 5,5 fie aluminatul de sodiu și alaunul, fie feric plus var, sau ambele. Îmbunătățirea decantării și conținutul scăzut în substanțe organice a efluentului rezultă din adăuția chimică, mai ales dacă se adaugă polimeri în decantorul final. Dozajele se găsesc în general în raportul 1:3 (ion metalic:fosfor).

Adaosul de reactivi chimici în decantorul secundar (fig. 8.13)

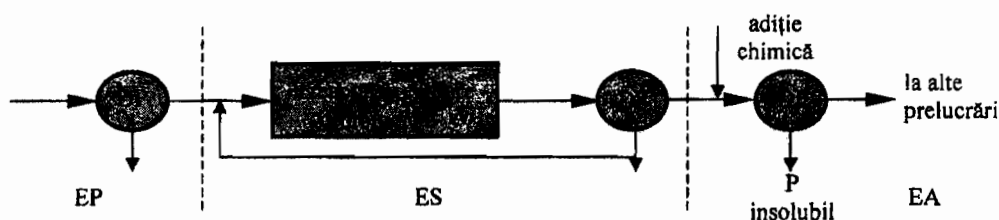


Figura 8.13. Schemă tehnologică pentru adaosul de reactivi chimică în decantorul secundar:

DP – decantor primar; DS – decantor secundar; DF – decantor final; EP – epurare primară;
ES – epurare secundară; EA – epurare avansată

În anumite cazuri, cum ar fi filtrarea prin percolare și procedeele cu nămol activat cu aerare prelungită, substanțele nu trebuie flocluate și sedimentează bine în decantorul secundar. În stațiile supraîncărcate, problema decantării poate deveni acută. Adiția de săruri de aluminiu sau fier poate cauza precipitarea fie a hidroxi-zilor metalici sau a fosfaților, fie a amândurora. Se pot utiliza sărurile de fier sau de aluminiu împreună cu polimeri organici, pentru coagularea particulelor coloidale și îmbunătățirea performanțelor filtrelor. Rezultatul este coagularea coloizilor și precipitarea lor rapidă în decantoarele secundare, reducând concentrația în suspensii a efluentului și realizând îndepărtarea efectivă a fosforului. Dozajele sărurilor de aluminiu sau fier sunt uzual de 1:3 ion metalic:fosfor, dacă concentrația fosforului rezidual în efluent este mai mare de 0,5 mg/l. Pentru asigurarea unei concentrații în fosfor a efluentului sub 0,5 mg/l, sunt necesare: un dozaj semnificativ mai mare de sare metalică și filtrarea. Polimerii pot fi adăugați în zona de amestec sau debitului decantat de recirculare internă, precedând un amestec static sau dinamic ori pe un canal aerat. Se utilizează timpi de amestec de 10-30 s, fiind mai favorabili timpii scurți. Polimerii nu trebuie excesiv sau insuficient amestecați, deoarece aceasta va diminua eficiența procesului, cu rezultat în caracteristici de filtrare și decantare deficitare.

Se mai poate aplica în cadrul unei scheme de epurare sistemul „split treatment” sau adiția chimică multipunctuală (fig. 8.14).

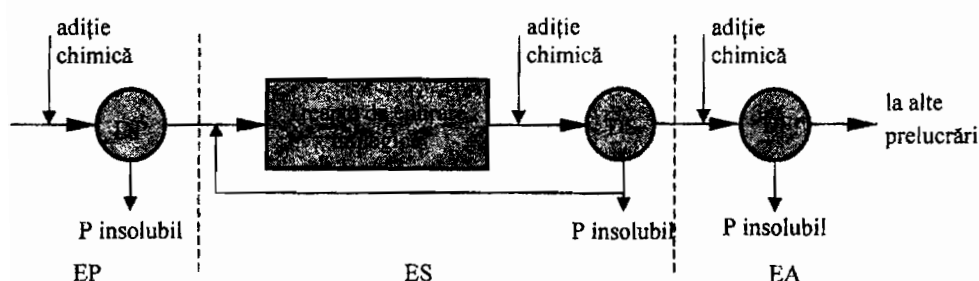


Figura 8.14. Schemă tehnologică pentru adaos multipunctual de reactivi:

DP – decantor primar; DS – decantor secundar; DF – decantor final; EP – epurare primară;
ES – epurare secundară; EA – epurare avansată

Îndepărtarea fosforului utilizând varul

Utilizarea varului la îndepărtarea fosforului din apa uzată este foarte rar utilizată, deoarece conduce la creșterea substanțială a cantității de nămol, în comparație cu procedeul folosind săruri metalice, ridică probleme de funcționare și de mentenanță asociate tratării, stocării și alimentării cu var. La acest procedeu, principalele variabile care influențează dozajul de var sunt concentrația în privința

fosforului cerută pentru efluent și alcalinitatea apei uzate. Dozajul trebuie determinat prin testare on-site. Varul a fost utilizat fie ca precipitant în decantoarele primare, fie urmând decantoarelor din treapta de epurare secundară.

Unde apare necesitatea unui sistem de recuperare pentru justificarea costurilor efective de funcționare, sistemul include o instalație de regenerare termică care convertește carbonatul de calciu din nămol în var prin încălzire la 980°C. Dioxidul de carbon din acest proces sau alte gaze generate în proces (conținând 10+15% CO₂) se utilizează în general ca sursă de recarbonatare pentru ajustarea pH-ului apei uzate.

La realizarea unui procent de reducere a fosforului de 65+80%, se pot utiliza fie tratamentele cu cantități mari de var fie cele cu cantități scăzute. Atât calciul, cât și hidroxidul reacționează cu ortofosfații, formând un hidroxiapatit insolubil [Ca₂(PO₄)₃OH]. O concentrație în fosfor rezidual de 1 mg/l poate fi asigurată pe baza adăstiei unor reactivi în instalațiile de filtrare a efluentului. În sistemul cu mult var, se adaugă var până la asigurarea unui pH în jur de 11.

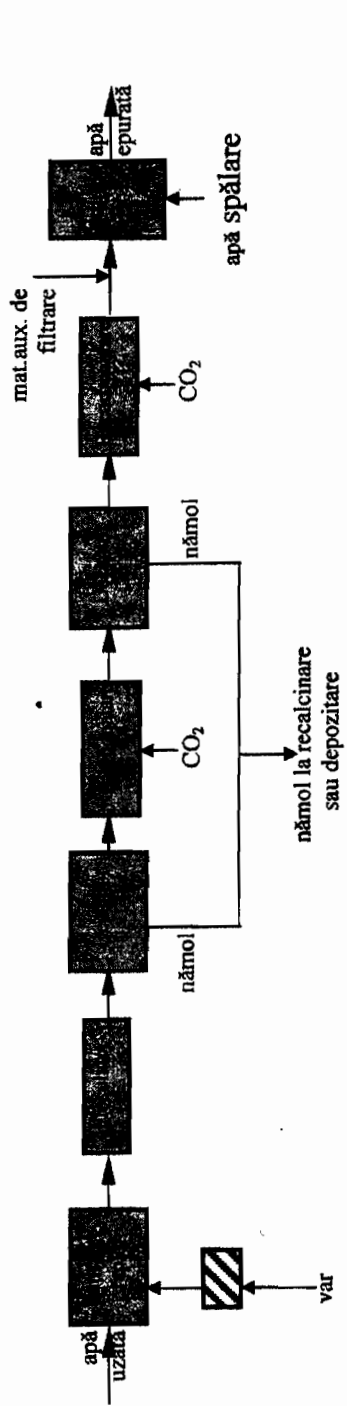
După precipitare, efluentul trebuie recarbonat înainte de tratarea biologică. În sistemele cu nămol activat, pH-ul efluentului primar nu va depăși valoarea 9,5 (sau 10); valori ridicate ale pH-ului pot conduce la procese biologice defectuoase. În sistemele cu biofiltre, dioxidul de carbon generat în timpul epurării, este în general suficient pentru un pH scăzut, fără recarbonatare.

Îndepărtarea substanțelor organice și a suspensiilor, oferite suplimentar de adăstia chimică în treapta de epurare primară poate rezolva problemele de supraîncărcare a treptei biologice sau poate permite sezonier sau în tot timpul anului, realizarea nitrificării, în funcție de configurația treptei de epurare biologică. Procentul de îndepărtare a substanțelor organice biodegradabile prin decantarea primară este de 50+60% la un pH de 9,5. Cantitatea de nămol primar va crește semnificativ.

Figura 8.15 prezintă principalele procedee de epurare cu var. În decantorul primei trepte de epurare al procedului în două trepte (v. fig. 8.15,b) se adaugă suficient var pentru menținerea pH-ului la valoarea 11 pentru precipitarea fosforului solubil ca apatit (fosfat de calciu bazic). Precipitatul de carbonat de calciu format în proces se manifestă ca un coagulant pentru îndepărtarea suspensiilor.

Calciul solubil în exces este îndepărtat în decantorul celei de-a doua trepte ca precipitat de carbonat de calciu prin adăstia de dioxid de carbon gazos pentru reducerea pH-ului la 10. Pentru îndepărtarea încărcărilor reziduale de suspensii și fosfor, efluentul decantat trebuie filtrat printr-un mediu multiplu, însă trebuie limitat calciul în exces pentru a se evita cimentarea mediului filtrant.

a) Sistem într-o singură treaptă



b) Sistem în două trepte

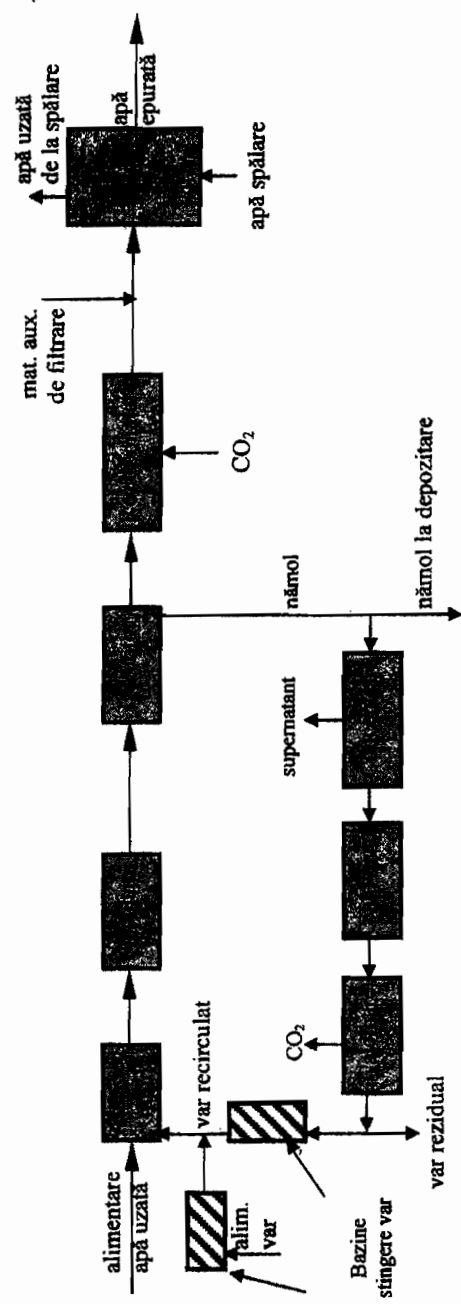


Figura 8.15. Scheme tehnologice pentru îndepărtarea fosforului utilizând var.

Avantajele și dezavantajele procedeelelor chimice de îndepărtare a fosforului
 Avantajele și dezavantajele procedeelelor de îndepărtare a fosforului prin adaos de reactivi chimici în diverse puncte ale schemei de epurare, sunt prezentate în tabelul 8.10.

Tabelul 8.10

Avantajele și dezavantajele adității chimice pentru îndepărtarea fosforului, în diverse trepte ale stației de epurare

Nr crt	Treapta de epurare	Avantaj	Dezavantaj
0	1	2	3
1	Primară	Aplicată la majoritatea stațiilor de epurare; crește procentul de îndepărtare a substanțelor organice și a suspensiilor; se poate recupera varul.	Necesită polimeri pentru floculare; nămol mai dificil de deshidratat decât nămolul primar.
2	Secundară	Costuri reduse; dozaj chimic scăzut în comparație cu aditia în treapta mecanică de epurare; stabilitate îmbunătățită a nămolului activat; nu necesită polimeri.	Doze suplimentare de metal pot cauza toxicitate prin scăderea pH-ului; la ape cu alcalinitate scăzută, este necesar controlul pH-ului; nu se poate utiliza varul datorită pH-ului excesiv; în amestecul de nămol activ se adună suspensii inactive, reducând procentul de suspensii volatile.
3	Avansată	Asigură o concentrație scăzută a fosforului în efluent; utilizarea metalului mai eficientă; se poate recupera varul.	Costuri capitale ridicate; pierderi importante de metal.

8.4.1.6. Reținerea simultană a azotului și fosforului pe cale biologică

În ultimii ani au fost dezvoltate o serie de procedee biologice care vizează reducerea simultană a azotului și fosforului. Multe dintre acestea utilizează procedeul cu nămol activat, introducând suplimentar combinații de zone sau compartimente anaerobe, anoxe și aerobe pentru asigurarea reținerii azotului și fosforului. Unele dintre aceste procedee s-au dezvoltat pe baza unor sisteme a căror destinație inițială a fost de îndepărtare a fosforului.

Procedeele de îndepărtare simultană a azotului și fosforului cele mai des utilizate sunt:

- procedeul A²/O;
- procedeul Bardenpho în 5 stadii;
- procedeul UCT;
- procedeul VIP.

Procedeul A²/O

Acest sistem (fig. 8.16) este o modificare a procedeului A/O, având prevăzută în plus o zonă anoxică pentru denitrificare. Perioada de retenție hidraulică în zona anoxică este de aproximativ 1 h. Zona anoxică este deficitară în oxigen dizolvat, dar oxigenul legat chimic în forma nitraților sau nitriților este introdus prin recircularea amestecului nitrificat în zona aerobă.

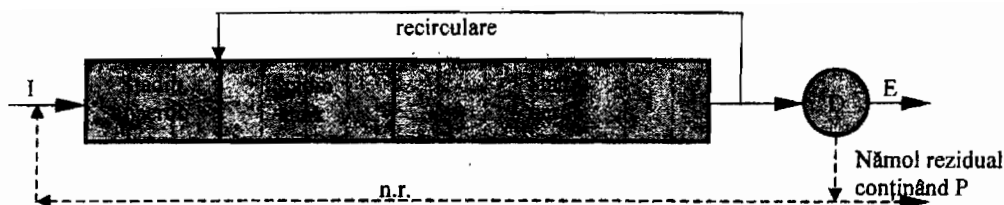


Figura 8.16. Schemă tehnologică pentru procedeul A²/O:

I – influent; E – efluent; D – decantor; n.r. – nămol de recirculare

Se poate obține fără filtrare un efluent cu o concentrație în ceea ce privește fosforul, sub 2 mg/l. Dacă schema de epurare conține și filtrare, concentrația efluentului în P poate fi adusă sub 1,5 mg/l.

Procedeul BARDENPHO în 5 trepte

Procedeul Bardenpho (fig. 8.17) inițial proiectat pentru asigurarea nitrificării/denitrificării în treapta de epurare biologică, poate fi modificat pentru a asigura reținerea combinată a azotului și fosforului pe cale biologică.

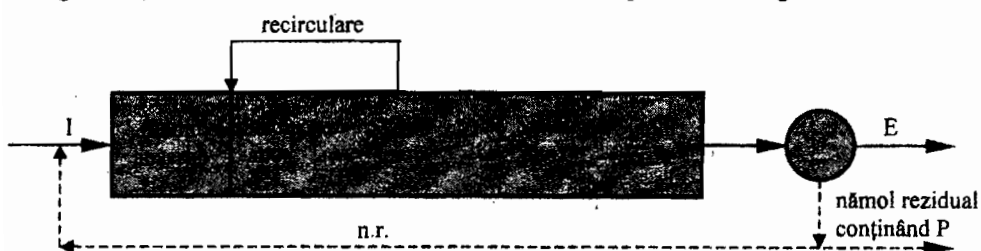


Figura 8.17. Schemă tehnologică pentru procedeul Bardenpho în cinci trepte:

I – influent; E – efluent; D – decantor; n.r. – nămol de recirculare

Modificarea făcută pentru reținerea fosforului este adăugarea celei de-a cincea zone (anaerobă). Succesiunea stadiilor și metodele de recirculare diferă față de procedeul A²/O. Succesiunea stadiilor este următoarea: trei compartimente: aerob, anoxic 1, aerob – pentru reținerea azotului, fosforului și oxidarea carbonului; compartiment anoxic 2, pentru denitrificare suplimentară, folosind nitratul produs în faza aerobă ca electron acceptor și carbonul organic endogen ca electron donor; compartiment final, aerob, utilizat pentru striparea azotului gazos rezidual din soluție și pentru diminuarea eliberării fosforului în decantorul final. Amestecul din prima zonă aerobă este recirculat în zona anoxă. Procedeul utilizează un timp mai lung de retenție a suspensiilor (10–40 zile), față de procedeul A²/O, ceea ce crește capabilitatea de oxidare a carbonului.

Procedeul UCT

Studiat de University of Cape Town (UCT), acest sistem (fig. 8.18) este similar procedei A²/O, cu două excepții: nămolul activat recirculat este returnat

zonei anoxe înainte de zona anaerobă; recircularea internă se face din zona anoxică în zona anaerobă.

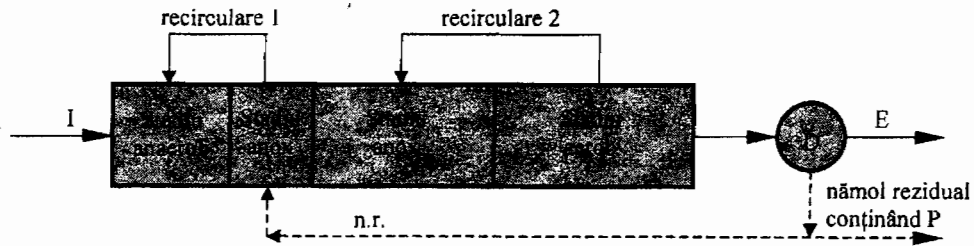


Figura 8.18. Schemă tehnologică pentru procedeul UCT:

I – influent; E – efluent; D – decantor; n.r. – nămol de recirculare

Prin returnarea nămolului activ în stadiul anox, este eliminată introducerea nitratului în zona anaerobă, prin aceasta fosforul eliminându-se în zona anaerobă. Recircularea internă caracteristică procedeeului permite creșterea utilizării organice în zona anaerobă. Amestecul din stadiul anoxic conține o concentrație substanțială de substanță organică solubilă, dar puțin nitrat. Recircularea amestecului anoxic este prevăzută pentru realizarea de condiții optime a fermentării ce are loc în stadiul anaerob.

Procedeul VIP

Sistemul VIP (Virginia Initiative Plant, Norfolk, Virginia), figura 8.19, este similar procedeeelor A^2/O și UCT, diferind metodele utilizate pentru recirculare. Nămolul activat recirculat este descărcat în zona de admisie a stadiului anoxic, împreună cu recircularea amestecului nitrificat din stadiul aerob. Amestecul din zona anoxică este returnat în zona de admisie în stadiul anaerob. Experimental, s-a constatat că o parte din materialul organic din influentul procesului este stabilizată prin mecanisme anaerobe în stadiul anaerob, ceea ce reduce necesarul de oxigen suplimentar.

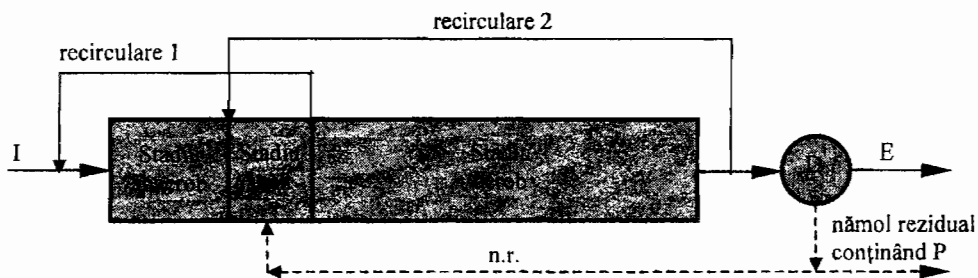


Figura 8.19. Schemă tehnologică pentru procedeul VIP:

I – influent; E – efluent; D – decantor; n.r. – nămol de recirculare

Avantajele și dezavantajele procedeeilor de reținere simultană a azotului și fosforului

O concluzie generală cu privire la avantajele tuturor acestor procedee arată că, cantitățile de nămol generate sunt comparabile cu producția de nămol caracteristică sistemelor de epurare convențională cu nămol activ și, la fel de important, necesită foarte puțini sau deloc reactivi chimici pentru îndepărtarea fosforului.

Unele dintre aceste procedee, într-o formă modificată, pot fi utilizate fie pentru reținerea numai a fosforului, fie numai a azotului.

8.4.2. Tehnologii de îndepărtare a micropoluantilor organici

Micropoluantii organici refractari sunt compuși rezistenți la degradarea bacteriană în procedeele cu epurare biologică convențională și în procesele naturale.

Pentru îndepărtarea compușilor toxici din apele uzate pot fi utilizate numeroase metode care, datorită naturii complexe a toxicității, trebuie să ia în considerare caracteristicile specifice ale apei uzate și natura compușilor chimici. Tabelul 8.11 prezintă procedeele de epurare utilizate pentru îndepărtarea compușilor chimici sau a grupurilor de compuși chimici.

Tabelul 8.11

Procedee de epurare utilizate pentru îndepărtarea compușilor chimici

Nr crt	Procedeu	Domeniu de aplicare
0	1	2
1	Adsorbție pe cărbune activ	Compuși organici sintetici și naturali, inclusiv compuși organici volatili, pesticide, metale grele
2	Nămol activat - cărbune activ pudră	Metale grele, amoniac, selectarea poluanților refractari principali
3	Stripare cu aer	Compuși organici volatili și amoniac
4	Coagulare chimică, sedimentare și filtrare	Metale grele
5	Oxidare chimică	Amoniac, compuși refractari și halogenați toxici alifatici și aromatici
6	Epurare biologică convențională (nămol activat, biofiltrare)	Fenoli, anumite hidrocarburi hidrogenate

Adsorbția pe cărbune activ

Adsorbția pe cărbune activ este o metodă de epurare avansată utilizată pentru îndepărtarea compușilor organici refractari ca și a unor compuși anorganici reziduali, cum ar fi azotul, sulfurile și metalele grele. Amonte de bazinele cu cărbune activ se utilizează filtrele cu medii granulare pentru îndepărtarea substanțelor organice asociate cu suspensiile prezente în decantoarele secundare. La concentrații ridicate în suspensii ale influentului (peste 20 mg/l) se formează depozite pe granulele de cărbune, ducând la colmatarea mediului. Dacă îndepărtarea substanțelor organice solubile nu se menține la niveluri scăzute, poate fi necesară frecvența regenerare a cărbunelui. Neîndeplinirea condițiilor de pH, temperatură și

debit, poate afecta de asemenea performanța bazinelor cu cărbune activ. Se utilizează atât cărbunele activ granular cât și cel pudră și se pare că acestea au o afinitate redusă pentru speciile organice polare cu greutate moleculară mică. Dacă activitatea biologică este scăzută în bazinul cu cărbune activ sau în altă unitate funcțională a procesului, aceste specii sunt dificil de îndepărtat cu cărbunele activ. În condiții normale, după epurarea pe cărbune activ, concentrația în substanțe organice biodegradabile a efluentului variază între 2÷7 mg/l iar consumul chimic de oxigen în efluent variază între 10÷20 mg/l (10 mg/l în condiții optime).

Procedeul de epurare cu nămol activat, cărbune activ pulbere

Procedeul (fig. 8.20) combină utilizarea cărbunelui activat pudră cu procedeul cu nămol activat.

În acest procedeu, unde cărbunele activat este adăugat direct în bazinul de aerare, oxidarea biologică și adsorbția fizică se produc concomitent. O particularitate a acestui procedeu este că poate fi integrat în sistemele cu nămol activ existente. Integrarea în schema de epurare a cărbunelui activat pudră are câteva avantaje, incluzând: stabilitatea sistemului în cazul șocurilor de încărcare; reducerea poluanților refractari; îndepărtarea culorii și amoniacului; îmbunătățirea sedimentabilității nămolului.

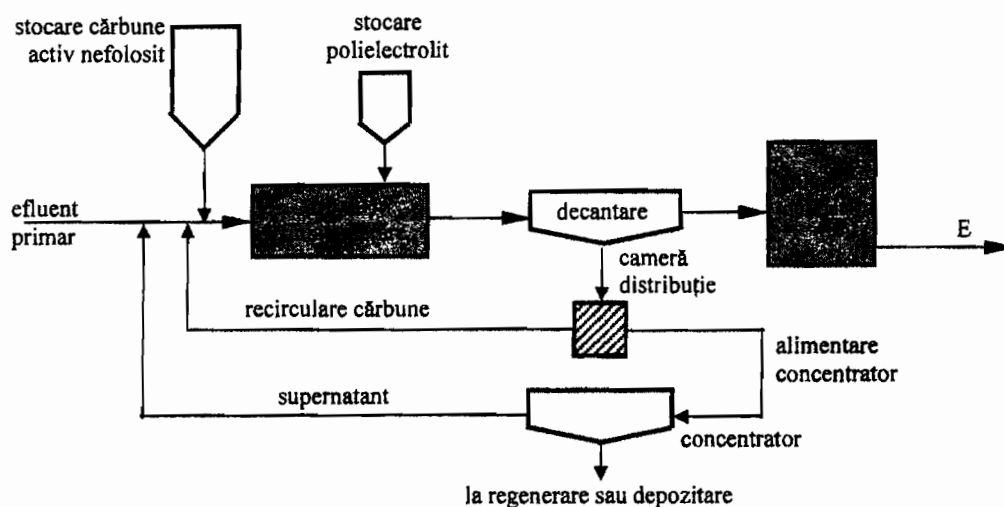


Figura 8.20. Schemă tehnologică pentru procedeul cu adsorbție pe cărbune activ.

Dozajul de cărbune activ variază de la 20 la 200 mg/l. Cu creșterea vârstei nămolului, îndepărtarea substanțelor organice pe unitatea de cărbune activ este intensificată, ceea ce îmbunătățește eficiența procedurii. Motivațiile acestui fenomen includ: biodegradarea suplimentară datorată scăderii toxicității; degradarea substanțelor în mod obișnuit nedegradabile datorită creșterii timpului de expunere a biomasei prin adsorbția pe cărbune; înlocuirea compușilor cu greutate

moleculară scăzută cu compuși cu greutate moleculară ridicată, cu rezultat în îmbunătățirea eficienței adsorbției și scăderea toxicității.

Oxidarea chimică

În aplicațiile epurării avansate a apei uzate, oxidarea chimică poate fi utilizată la îndepărtarea amoniacului, scăderea concentrației în suspensii reziduale și scăderea conținutului în bacterii și viruși a apelor uzate. Deoarece clorurile formează trihalometani când sunt adăugate apelor uzate, s-a încercat găsirea unor oxidanți alternativi care includ dioxidul de clor și ozonul. Un alt beneficiu al tratării cu ozon a apei uzate, este îndepărtarea culorii.

8.4.3. Tehnologii de îndepărtare a substanțelor anorganice dizolvate

Operațiile și procedeele aplicate în îndepărtarea substanțelor anorganice dizolvate sunt:

- precipitarea chimică;
- schimbători de ioni;
- ultrafiltrarea;
- osmoza inversă;
- electrodializa.

Precipitarea chimică

În prezentarea procedeele de îndepărtare a fosforului s-a arătat că precipitarea acestuia în apele uzate este însoțită în mod curent de adăugarea de alaun, var sau săruri ferice și polimeri organici. Simultan, adăugarea acestor reactivi chimici pentru îndepărtarea fosforului, înlătură diverși ioni anorganici, în principal ai metalelor grele. În situațiile când apele uzate industriale se epurează împreună cu cele menajere, poate fi necesară adăugarea reactivilor chimici în instalațiile de sedimentare primară, atunci când măsurile de pretratare aplicate on-site nu sunt eficiente. Fermentarea anaerobă pentru stabilizarea nămolului nu este posibilă în cazul folosirii procedeele cu precipitarea chimică, datorită toxicității metalelor grele precipitate. Unul dintre dezavantajele precipitării chimice este că în mod curent se manifestă prin o creștere netă a concentrației în substanțe dizolvate a apei ce este tratată. Un alt dezavantaj este necesitatea prelucrării unei cantități mari de nămol, care, la recirculare, poate conține compuși toxici ce pot fi dificil de tratat și recuperat.

Schimbători de ioni

Procedeul cu schimbători de ioni are cea mai largă utilizare în dedurizarea apei uzate menajere, unde ionii de sodiu dintr-o rășină de schimb cationic schimbă ionii de calciu și magneziu din apa uzată epurată, reducând duritatea. Pentru îndepărtarea substanțelor totale dizolvate trebuie utilizate atât rășinile de schimb anionic cât și cele de schimb cationic. Apa uzată este trecută mai întâi printr-un schimbător cationic, unde ionii încărcăți pozitiv sunt înlocuiți de ioni de hidrogen. Efluentul schimbătorului cationic este apoi trecut printr-o rășină de schimb anionic

unde anionii sunt înlocuiți de ioni hidroxid. Astfel, substanțele dizolvate sunt înlocuite prin ioni de hidrogen și hidroxid, care reacționează, formând molecule de apă.

Schimbătorii de ioni sunt uzual de tipul coloanelor cu umplutură în curent descendent. Apa uzată intră pe la partea de sus a coloanei sub presiune, trece descendent prin patul rășinos și este îndepărtată pe la partea de jos. Când capacitatea rășinii este mult diminuată, coloana este spălată în contra-curent, înlăturându-se substanțele captate și apoi este regenerată. Rășina de schimb cationic este regenerată cu un acid puternic, cum ar fi acidul sulfuric sau hidrocloric. Pentru rășina de schimb anionic se folosește hidroxidul de sodiu.

Demineralizarea prin schimbători de ioni poate avea loc în coloane separate de schimb amplasate în serie sau ambele rășini pot fi cuplate într-un singur reactor. Vitezele de introducere a apei variază între $0,2+0,4 \text{ m}^3/\text{m}^2, \text{min}$. Grosimea stratului variază între $0,75+2,0 \text{ m}$. La concentrații ridicate în suspensii ale influentului se poate colmata stratul schimbător de ioni, ducând la creșterea pierderilor de sarcină și funcționarea defectuoasă a sistemului. Substanța organică reziduală ce se găsește în efluentul biologic poate determina cimentarea rășinii. Înainte de demineralizarea prin schimbători de ioni este necesară realizarea unor tratamente chimice și decantarea. Nu toți ioni dizolvați sunt îndepărtați în mod egal; fiecare rășină schimbătoare de ioni este caracterizată printr-o anumită selectivitate astfel că la sfârșitul secvenței, unii ioni dizolvați sunt numai parțial îndepărtați.

În aplicațiile de reutilizare, se tratează prin schimbători de ioni numai o anumită parte din debitul de apă uzată, apoi se realizează amestecul acestei părți tratate cu partea netratată ionic, ceea ce va face posibilă reducerea substanțelor dizolvate la concentrații acceptabile.

Ultrafiltrarea

Sistemele de ultrafiltrare sunt sisteme de membrane acționate de presiune care folosesc membrane poroase pentru reținerea materiilor coloidale și dizolvate. Aceste sisteme diferă de sistemele de osmoză inversă prin presiunea de acționare relativ scăzută, în mod curent sub 1.034 kN/m^2 . Ultrafiltrarea este utilizată în mod normal pentru reținerea materiilor coloidale și a macromoleculelor cu greutatea moleculară peste 5.000. Aplicațiile pentru ultrafiltrare includ reținerea uleiurilor din apă și reducerea turbidității. Cercetările recente arată că efluentul sistemului de ultrafiltrare este convenabil ca sursă de alimentare a procesului de osmoză inversă. Ultrafiltrarea a fost de asemenea sugerată ca unitate funcțională pentru îndepărtarea fosforului.

În figura 8.21 este prezentată o schemă tehnologică pentru îmbunătățirea calității apelor uzate orășenești utilizând ultrafiltrarea și osmoza inversă.

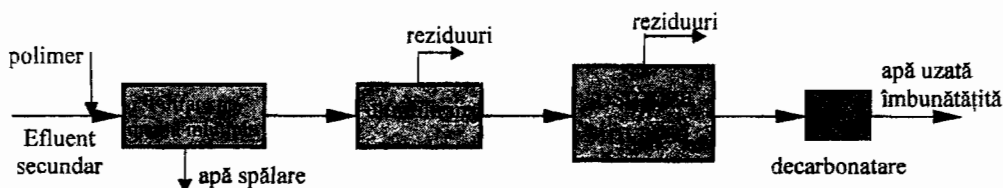


Figura 8.21. Schemă tehnologică pentru procedeul cu ultrafiltrare.

Osmoza inversă (hiperfiltrarea)

Este un proces în care apa este separată de sărurile dizolvate în soluție prin filtrarea printr-o membrană semipermeabilă la o presiune mai mare decât presiunea osmotică realizată prin dizolvarea sărurilor în apa uzată (v. fig. 8.22).

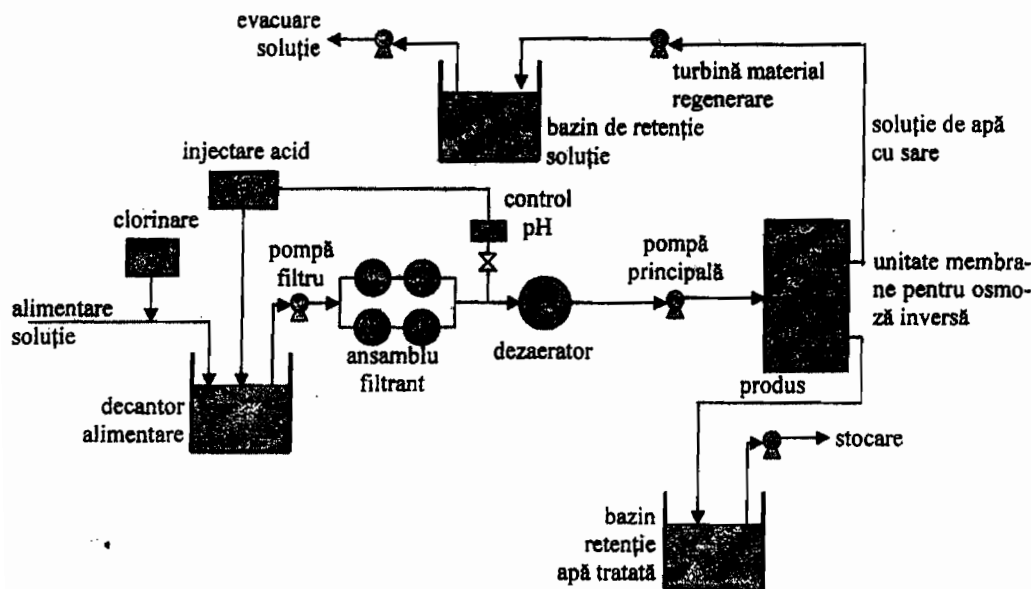


Figura 8.22. Schema tehnologică pentru un proces de osmoză inversă într-o singură treaptă.

Cu membranele și echipamentele existente, presiunea de funcționare variază de la presiunea atmosferică la 6.900 kN/m^2 . Avantajul osmozei inverse este că reduce substanțele organice dizolvate care sunt mai puțin îndepărtate selectiv decât în alte tehnici de demineralizare. Principalele dezavantaje sunt costul ridicat și experiența limitată în funcționare pentru epurarea apelor uzate orășenești. Componentele de bază ale unei unități de osmoză inversă sunt membranele, structura suport pentru membrane, un recipient de siguranță și o pompă de înaltă presiune. Ca materiale pentru membrane s-au utilizat acetatul de celuloză și nylonul. S-au utilizat patru tipuri de suporturi pentru membrane: melc înfășurat, tubular și diverse configurații de filtre cu goluri. Suportul tip melc este cel mai indicat pentru apa uzată orășenească.

Unitățile de osmoză inversă pot fi amplasate fie în paralel pentru asigurarea unei capacități hidraulice adecvate, fie în serie pentru a asigura gradul de demineralizare dorit.

Pentru o eficiență funcționare a sistemului de osmoză inversă este nevoie de un influent de calitate superioară. Membranele sistemului pot fi colmatate de materiile coloidale existente în influent. De aceea, este necesară pretratarea efluentului secundar prin clarificare utilizând reactivi chimici și filtrare pe medii

multiple, sau filtrare pe medii multiple și ultrafiltrare. De asemenea, este necesară uneori îndepărtarea fierului și manganului pentru scăderea potențialului de curățare. pH-ul influentului trebuie adus în domeniul 4,0+7,5 pentru inhibarea formării pietrei. Curățarea chimică periodică a elementelor unității de membrane (circa o dată pe lună) este necesară pentru recondiționarea fluxului membranei.

Electrodializa

În procesul electrodializei, componenții ionici ai unei soluții sunt separați prin utilizarea unei membrane selective de ioni, semipermeabilă. Aplicarea unui potențial electric între doi electrozi produce un curent electric care trece prin soluție, provocând o migrare a cationilor către electrodul negativ și a anionilor către electrodul pozitiv. Datorită alternării spațiilor de membrane cation permeabile și anion permeabile, sunt formate celule de săruri concentrate sau diluate.

Apa uzată este pompată prin membrane care sunt separate de distanțieri și asamblate în stive. Apa uzată este reținută în mod normal într-un singur stadiu pentru circa 10÷20 s. Îndepărtarea sărurilor dizolvate din apa uzată variază cu: temperatura apei uzate, valorile curentului electric, tipurile și cantitățile de ioni, permselectivitatea membranei, debitele de apă uzată și numărul și configurația stadiilor. Acest procedeu poate funcționa fie continuu, fie secvențial. Unitățile pot fi aranjate fie în paralel pentru asigurarea unei capacități hidraulice adecvate, fie în serie pentru a asigura gradul de demineralizare dorit.

Apa de spălare, în general cam 10% din debitul de alimentare, este necesară pentru curățarea continuă a membranelor. Un procent din debitul concentrat este recirculat pentru menținerea unor debite și presiuni aproximativ egale de ambele părți ale fiecărei membrane. Acidul sulfuric este adăugat debitului concentrat pentru menținerea unui pH scăzut.

Problemele asociate procedului de electrodializă pentru îmbunătățirea calității apelor uzate includ precipitarea chimică a sărurilor cu solubilitate scăzută pe suprafața membranei și colmatarea membranei datorită materiilor organice coloidale din efluentul stației de epurare a apelor uzate. Pentru reducerea problemelor membranelor, pot fi necesare pretratarea pe cărbune activ, posibil precedată de precipitare chimică și unele forme de filtrare pe medii multiple.

Tratarea nămolurilor

Scopul tratării nămolurilor este mineralizarea materiilor organice din acestea, pentru a obține, astfel, atât reducerea volumului, respectiv posibilitatea de tratare mai ușoară a acestora, precum și cantități importante de gaz metan, folosit în principal la nevoile stației de epurare. Nămolurile fermentate sunt aproape lipsite de miros și pot fi folosite ca atare sau în diferite scopuri, după ce sunt tratate.

9.1. Caracteristicile și debitele nămolurilor

Nămolurile provin din decantarea primară și secundară a apelor uzate, iar caracteristicile lor fizice, chimice, biologice și bacteriologice depind, în mare măsură, de proveniența lor.

Dintre *caracteristicile fizice*, culoarea și mirosul sunt primele care furnizează informații asupra nămolului. Nămolurile proaspete din apele uzate orășenești au culoarea cenușiu deschis și sunt aproape lipsite de miros. Nămolurile care au fermentat complet au culoarea cenușiu deschis și miros de gudron.

Umiditatea sau conținutul de apă al nămolului se determină prin stabilirea pierderii în greutate, ca urmare a evaporării în etuvă (la 105°C), până la uscarea completă și se exprimă în procente. De cele mai multe ori, în loc de umiditate se ia în considerare conținutul de materii solide totale (în suspensie și dizolvate) ale nămolului. Valorile umidității și conținutul de materii solide totale sunt prezentate în tabelul 9.1.

Tabelul 9.1

Debite de nămol în stațiile de epurare

Tipul instalațiilor	Materii solide totale		Conținutul în apă [%]	Cantitatea de nămol [dm ³ /loc,zi]
	[gf/loc,zi]	[%]		
0	1	2	3	4
<i>Epurare mecanică</i>				
- nămol din decantoare, evacuat direct de sub apă	54	2,5	97,5	2,16
- nămol din decantoare, evacuat din bazinul de recepție al stației de pompare, unde s-a separat, parțial, de apă	54	5	95,0	1,08
- nămol fermentat umed	34	13	87,0	0,26
- nămol fermentat în aer liber	34	45	55,0	0,13

Tabelul 9.1 (continuare)

0	1		2		3		4	
<i>Epurare mecano-biologică</i>	Încărcări							
	a	b	a	b	a	b	a*	b*
Filtre biologice								
– nămol din decantoare secundare	13	20	8	5	92	95	0,16	0,40
– nămol din decantoare primare și secundare, amestecat	67	74	5,5	5	94,5	95	1,22	1,48
– nămol din decantoare primare și secundare, fermentat	43	48	10	10	90	90	0,43	0,48
– nămol din decantoare primare și secundare, fermentat și uscat în aer liber	43	48	45	45	55	55	0,17	0,19
Bazine cu nămol activ								
– nămol din decantoare secundare	31	25	0,7	1,5	99,3	97,5	4,43	1,67
– nămol din decantoare secundare, după 0,5 h de decantare	31	25	1,5	2	98,5	98	2,07	1,25
– nămol din decantoare primare și secundare, amestecat	85	79	4,5	4,5	95,5	95,5	1,87	1,75
– nămol din decantoare primare și secundare, fermentat	55	52	7	10	93	90	0,79	0,52
– nămol din decantoare primare și secundare, fermentat și uscat în aer liber	55	52	45	45	55	55	0,23	0,22

* a – mică; b – mare.

Observații: În privința cantităților de nămol provenite din stațiile de epurare, care au în componența lor instalații de coagulare, a se vedea capitolul 12.

La filtrele biologice secundare, nămolul din decantoarele secundare reprezintă $1,5 \text{ dm}^3/\text{loc}$, zi și are o umiditate de 97,5%; după fermentarea nămolului provenit din amestecul din decantoarele primare și secundare, cantitatea lui este de $0,61 \text{ dm}^3/\text{loc}$, zi și umiditatea 90%.

Greutatea specifică sau volumetrică a nămolurilor, γ_n , variază, în funcție de proveniența lor, între $1,002$ și $1,118 \text{ tf/m}^3$; nămolurile din decantoarele primare, amestecate cu cele din decantoarele secundare au greutatea specifică :

$$\gamma_{nd} = 1,004 + 1,010 \text{ tf/m}^3,$$

iar nămolurile în exces au greutatea specifică:

$$\gamma_{ne} = 1,001 \text{ tf/m}^3.$$

Densitatea nămolurilor variază între $1,0 \div 1,3 \text{ gf/cm}^3$.

În ceea ce privește *variația volumului* nămolului, ca urmare a schimbării de umiditate, respectiv a conținutului de materii solide totale, se admite, în general, că, neglijând schimbările în greutatea specifică, proporția față de volumul inițial este egală cu raportul dintre procente de materii solide totale inițiale și după schimbarea volumului.

De exemplu, dacă un nămol a avut umiditatea de 95%, respectiv 5% materii solide totale și un volum de 100 m^3 , iar prin fermentare a ajuns să aibă 90%

umiditate și 10% materii solide totale, volumul său, după fermentare, este de $(5/10) \times 100 = 50 \text{ m}^3$.

Cele de mai sus se pot exprima cu relația:

$$V_2 = V_1 \frac{100 - p_1}{100 - p_2} \quad [\text{m}^3], \quad (9.1)$$

în care:

V_1 și V_2 sunt volumele de nămol;

p_1 și p_2 – umiditățile corespunzătoare ale nămolurilor, [%].

Filtrabilitatea sau capacitatea de filtrare (de a pierde apa) a nămolurilor se determină, în mod sumar, prin observarea timpului necesar nămolului pentru a deveni consistent sau să prezinte o serie de crăpături, când a fost întins, pentru uscare, în aer liber, pe o platformă de nisip sau pe hârtie de filtru. Pe baza observațiilor se poate stabili, cu aproximație, dacă nămolul cercetat:

- este proaspăt fermentat sau spălat;
- conține substanțe chimice, adăugate pentru mărirea filtrabilității;
- se poate deshidrata în filtre etc.

Pentru a determina, cu precizie, filtrabilitatea nămolurilor, laboratoarele stațiilor de epurare mai mari folosesc aparate speciale (majoritatea fiind dotate cu așa-numitele pâlnii Büchner). Cu ajutorul acestora se determină doi parametri foarte importanți pentru capacitatea de filtrare a nămolurilor:

- rezistența specifică la filtrare, r ;
- coeficientul de compresibilitate, s .

Puterea calorică a nămolurilor (tabelul 9.2) depinde de:

- proveniența lor;
- caracteristicile apelor uzate din care provin;
- cantitatea de materii solide totale organice, uscate, numite și materii volatile etc.

Tabelul 9.2

Valorile aproximative ale puterii calorice a nămolurilor

Materii solide organice totale, uscate [%]	Puterea calorică [kcal/kgf materii solide organice totale, uscate], pentru nămoluri provenite de la:	
	Sedimentarea primară	Sedimentarea secundară, după bazinele cu nămol activ
100	6650	5650
90	5850	5050
80	5100	4450
70	4300	3850
60	3600	3300
50	2800	2650
40	2150	2050
30	1400	1500

Observăm din tabelul de mai sus, că, un nămol provenit din decantoarele primare (care, conform tabelului 1.1, conține circa 70% materii solide organice totale, uscate) are o putere calorică de 4.300 kcal/kgf materii solide organice totale, uscate; după fermentare, când conținutul acestor materii scade la circa 40%, puterea calorică se reduce corespunzător, la circa 2.150 kcal/kgf materii solide organice totale, uscate. Pentru nămolurile provenite în urma folosirii de coagulanți, pentru decantarea materiilor în suspensie, puterea calorică trebuie redusă (în comparație cu cifrele din tabelul 9.2) în funcție de cantitatea de coagulant, care există în nămol.

Dintre *caracteristicile chimice*, o semnificație deosebită o are *pH-ul* nămolului care intră sau iese de la fermentare sau cel din timpul fermentării, el fiind, în același timp, și ușor de determinat; pH-ul nămolului trebuie să fie permanent în jur de 7,0; valori mai mari de 8,5 și mai mici de 6,0 indică o înrăutățire a fermentației fiind deci necesare măsuri pentru redresarea procesului.

Materiile solide totale, uscate, în greutate, reprezintă o caracteristică importantă a nămolurilor, care se determină prin uscarea nămolului în etuve, la 105°C, după care se cântărește reziduul. Cantitățile de materii solide totale ale nămolurilor, provenite din diferite obiecte ale stației de epurare, sunt arătate în tabelul 9.1. Materiile solide totale pot fi minerale și organice (volatile). Nămolurile brute, provenite din decantoarele primare, la fel ca și apa brută (vezi tabelul 1.1), conține 60–70% materii organice și 30–40% materii minerale; după fermentare, procentele se inversează: cantitatea de materii organice coboară la 40–45%, iar cea minerală urcă la 60–65%.

În mod convențional, fermentabilitatea nămolurilor se măsoară prin studierea, în laborator, a fermentării unui amestec din nămolul ce urmează a fi analizat (două părți) și nămol bine fermentat (o parte), nămoluri caracterizate prin conținutul în materii organice. Condițiile de fermentare a nămolurilor sunt definite de:

- cantitatea și calitatea gazului rezultat în timpul fermentării (la o bună fermentare se obțin 30% bioxid de carbon și 70% metan);
- raportul dintre materiile organice și minerale (la o bună fermentare raportul este de circa 2/3);
- cantitatea de acizi volatili (în medie 500 mgf/dm³) etc.

Substanțele fertilizante au o deosebită importanță pentru valorificarea nămolului fermentat în agricultură, la care conținutul de fosfor și azot se găsește în cantități suficiente; în general, potasiul este insuficient (vezi §.9.5.4).

Conținutul de substanțe toxice, grăsimi și detergenți, care împiedică fermentarea, trebuie să se stabilească prin analize chimice mai detaliate.

Determinarea chimică ce stabilește conținutul de gaze este deosebit de importantă.

Caracteristicile biologice și bacteriologice ale nămolurilor indică mersul fermentării acestora. Astfel:

- bacteria metanului ajută la formarea metanului și la distrugerea parțială a bacteriilor patogene;

– bacteriile de nitrificare dezintegrează oxigenul legat de azotul din nitriți și nitrați, contribuind astfel la realizarea fermentării anaerobe etc.

Menționăm că bacilul tuberculozei nu este distrus în timpul fermentării la 55°C (fermentare termofilă, care nu este însă practică în stațiile de epurare), dar sunt distruse, în majoritate, bacteriile și ouăle de helminți.

Debitele nămolului, în diferite etape ale fermentării și prelucrării lui, sunt date în tabelul 9.1, fiind completate cu tabelul 1.1. Aceste valori sunt stabilite pentru un consum specific de 150 dm³/loc și zi și pentru ape uzate provenite din sistemul separativ de canalizare. Valorile din tabelul 9.1 variază în funcție de:

- compoziția apelor uzate și felul epurării;
- cantitatea de ape uzate industriale și natura deșeurilor evacuate o dată cu acestea (valorile putându-se, chiar, dubla);
- conținutul de materii solide totale din apele uzate brute etc.

În cazul sistemului unitar de canalizare, dacă rețeaua dispune (pe parcurs) de numeroase deversoare, iar în amonte de stația de epurare există un deversor care lasă să intre în stație numai două debite menajere – valorile din tabelul 9.1 pot fi folosite întocmai.

Pentru nămolurile provenite din apele uzate ale unui sistem unitar de canalizare, care nu îndeplinește condițiile de mai sus – valorile tabelului 9.1 trebuie majorate; pentru rețelele de canalizare dimensionate în sistem unitar, care folosesc bazine de apă de ploaie, cu introducerea în rețea a nămolurilor, valorile trebuie majorate cu cel puțin 20%.

În S.U.A., pentru nămolurile provenite din stațiile de epurare care prelucrează ape uzate din sistemul unitar de canalizare, valorile din tabelul menționat se măresc cu 50–100%. Stațiile de epurare care folosesc coagulanți pentru decantarea apei, produc cantități de nămoluri de cel puțin două ori mai mari, decât cele care nu întrebunțează coagulanți, astfel că, în acest caz, cantitatea de materii solide totale se majorează cu 20–40 %, față de cele indicate în tabelul 9.1.

9.2. Fermentarea nămolurilor

Uneori, înainte de fermentare, pentru a micșora volumul de nămol, respectiv volumul bazinului de fermentare a nămolului, se procedează la îngroșarea nămolului în așa-numitele îngroșătoare sau concentratoare de nămol (vezi §.9.5). Pentru depășirea perioadei de fermentare acidă a nămolului, în care reducerea materiilor organice și producția de gaz sunt neesențiale, se poate interveni numai prin metode artificiale. Fermentarea metanică poate fi atinsă într-un timp scurt de la începerea procesului (40–60 de zile), dacă în bazinele de fermentare se introduce, la început, nămol fermentat, provenit de la o altă instalație (circa 15–20 dm³/loc), iar nămolul nefermentat se introduce numai în limite în care pH-ul de fermentare se menține în jurul valorii 7,0; în locul nămolului fermentat se pot introduce frunze uscate. În aceste condiții, tratarea nămolului se numește *inocularea* sau *însămânțarea nămolului*.

După amorsarea fermentării, viteza de fermentare sau viteza descompunerii anaerobe este mai slab precizată, în comparație cu cea a descompunerii aerobe a materiilor organice. Menționăm că viteza descompunerii anaerobe este mult mai mică decât a celei aerobe.

Dintre numeroșii factori care influențează procesul de fermentare menționăm, în primul rând, temperatura. Aceasta, la rândul ei, influențează timpul de fermentare și cantitatea de gaz. Ținând seama de temperatura de fermentare a nămolului, se deosebesc trei zone de fermentare:

- zona temperaturilor înalte (50–60°C), în care acționează organismele *termofile*;
- zona temperaturilor moderate (30–35°C), în care acționează organismele *mezofile*;
- zona temperaturilor joase (sub 15°C), în care acționează organismele *criofile*.

Întotdeauna, în stațiile de epurare, fermentarea nămolurilor se realizează în zona temperaturilor moderate.

Temperatura optimă de lucru, în zona mezofilă, este de 30–35°C, scop în care, nămolul este încălzit în bazinele de fermentare.

În decantoarele cu etaj sau în fosele septice se realizează o fermentare în zona temperaturilor joase, deoarece acestea nu sunt încălzite.

Încălzirea, inocularea și amestecul nămolului sunt factori care acționează în paralel cu timpul fermentării nămolului. Pentru a depăși într-un timp cât mai scurt, perioada de fermentare acidă, cei trei factori trebuie să acționeze în același timp. Scopul principal al amestecului este acela de a pune în contact și a uniformiza materialul din bazinul de fermentare, respectiv nămolul nou introdus cu cel care este în curs de fermentare. În lipsa amestecului, nămolul mai vechi, care sedimentează mai ușor, rămâne în permanență pe radierul bazinului, în timp ce nămolul proaspăt, de deasupra, lipsit de bacterii anaerobe, fermentează destul de greu. O dată cu amestecul se produce atât uniformizarea temperaturii de fermentare, cât și distrugerea spumei, care se formează la suprafața nămolului din bazin.

La anumite perioade, după ce fermentarea nămolului a atins un regim normal de lucru, nămolul fermentat trebuie evacuat din bazin, timp în care se evacuează și o mică parte din nămolul proaspăt; tehnicile de exploatare sunt însă în măsură să reducă la minimum partea de nămol proaspăt evacuat. Deranjarea fermentării poate apărea numai în condiții speciale, date de prezența unor substanțe toxice (în cantități mari), a detergenților etc. Dacă detectarea acestora nu s-a făcut la timp, bazinul de fermentare trebuie golit și amorsarea, reluată.

Produsele finale ale fermentării nămolului sunt:

- materiile solide totale;
- apa de nămol, inclusiv materiile solide coloidale;
- gaze.

Procesul de fermentare a nămolului se consideră terminat când:

- s-a obținut 90% din producția de gaz teoretică;

- nămolul și-a pierdut o bună parte din apă, este stabil și are un miros aproape imperceptibil.

Fermetarea nămolului conduce la reducerea importantă a volumului. Așa cum rezultă din tabelul 9.1, la finele fermentării, materiile solide totale se reduc de la 54 la 34 gf/loc și zi; cea mai mare parte a reducerii se referă la conținutul de apă, care, de la 95% scade la 87%, astfel încât, cantitatea de nămol (volumul) se reduce la 25%, față de cel inițial (de la 1,08 la 0,26 dm³/loc și zi).

Deși în comparație cu nămolul proaspăt, care este vâscos și aderent, s-a produs o scădere importantă a cantității de apă, nămolul fermentat este foarte fluid, pierde ușor apa și nu degajă miros.

În cele mai multe cazuri, construcțiile pentru fermentarea nămolului sunt sub forma unor bazine închise (din beton armat), așezate parțial sub nivelul solului, pentru a menține căldura necesară unei bune fermentări; bazinele deschise sunt mai rar folosite.

9.2.1. Fosele septice

Scopurile acestor construcții sunt:

- decantarea apei uzate;
- fermentarea nămolului rezultat din sedimentare.

Fosele septice sunt folosite pentru aglomerări mici (50–100 loc). Apele uzate, epurate mecanic în fosa septică, sunt evacuate apoi în emisar.

Fosele septice se execută din:

- beton armat;
- beton;
- cărămidă;
- tuburi prefabricate din beton etc.

Pentru dimensionarea fosei, s-a considerat consumul specific de apă de 85 dm³/om și zi, iar timpul de traversare, 1 zi. Fiecare compartiment este prevăzut cu guri de vizitare, prin care se realizează și o bună ventilație.

În general, fosele septice se dimensionează pentru capacitatea de 0,2 dm³/loc și durata de traversare de 1 – 2 zile, la un consum specific de apă de circa 100 dm³/loc și zi. Dimensiunile minime trebuie să corespundă unui volum de circa 3,0 m³. Evacuarea nămolului se face de două ori pe an. Dacă fosa are trei compartimente, volumul primului compartiment va reprezenta 50% din volumul total, iar celelalte două, câte 25%, fiecare. Cantitatea de nămol evacuată din fosele septice rezultă din tabelul 9.1.

În fosele septice dimensionate pentru o capacitate de 1,0 m³/loc, se poate considera că s-a realizat și epurarea biologică a apelor uzate. Capacitatea cea mai mică a unor asemenea fose este de 4,0 m³.

9.2.2. Decantoare cu etaj

Decantoarele cu etaj (decantoarele Imhoff) au următoarele scopuri:

- decantarea apelor uzate (la partea lor superioară, în jgheaburi);
- fermentarea nămolului (la partea lor inferioară).

Acestea sunt recomandate pentru localități care nu depășesc 20.000 de locuitori (respectiv un debit de calcul de circa $50 \text{ dm}^3/\text{s}$), se execută din beton armat și au, aproape întotdeauna, forme circulare în plan, al căror diametru nu depășește 8–10 m.

Decantoarele cu etaj pentru 2×1.500 de locuitori (fig. 9.1) este alcătuit din două compartimente circulare în plan. De cele mai multe ori, împrejurul decantoarelor se construiesc rigole, cu ajutorul cărora, precum și al unor stăvilare, se poate schimba sensul de curgere al apei, respectiv ordinea de introducere a ei în cele două compartimente, în scopul uniformizării depunerilor din cele două spații de fermentare. Distribuția uniformă a apei în decantoare se realizează cu ajutorul unor pereți semiscufundați, așezați la distanța de 0,5–0,7 m de la intrarea apei în jgheab. La ieșirea apei din jgheaburi sunt prevăzute deversoare reglabile, pentru a se obține evacuarea cât mai uniformă a apei, pe întreaga lățime a jgheabului. În scopul reținerii corpurilor plutitoare se prevăd pereți semiscufundați, așezați la distanța de 0,50–0,75 m, față de deversorul de la ieșirea apei din jgheab.

Jgheaburile sunt formate din două părți:

- o parte dreptunghiulară, superioară;
- o parte triunghiulară, inferioară.

Nămolul rezultat din sedimentare cade la partea inferioară a camerei de fermentare, prin fanta lată de 0,25 m, din vârful triunghiului format de laturile înclinate. Una din laturile triunghiului este mai lungă, cu circa 15 cm, pentru a forma o șicană, în scopul împiedicării gazelor de a urca, prin șicană, la suprafața apei.

Spațiul de fermentare are forma de trunchi de con, pereții având o înclinare de 1:1 sau 1:2 (verticală/orizontală). La decantoarele cu etaj cu mai multe compartimente, sub nivelul jgheaburilor, în zona în care există pereți comuni sau acolo unde unul se apropie de altul (dacă, din motive constructive, nu se fac pereți comuni), sunt prevăzute o serie de fante, pe direcția de curgere a apei, care au scopul de a uniformiza înălțimea nămolului în bazin.

Decantoarele cu etaj mai mari, sunt prevăzute cu pereți transversali curentului, a căror înălțime nu depășește nivelul inferior al jgheaburilor. Scopul acestor pereți este acela de a împiedica amestecul apei brute proaspete cu nămolul din compartimentele de fermentare, amestec care ar conduce la înrăutățirea efluentului, din punct de vedere calitativ. În același scop, se amenajează uneori și pereți longitudinali.

Diametrul conductelor din fontă, prin care este evacuat nămolul fermentat, este de minimum 200 de mm; deoarece acestea funcționează prin diferență de presiune, trebuie asigurată o diferență de nivel de 1,5 – 2,0 m. Dacă, din diferite motive, capătul inferior al conductei de evacuare s-a înfundat cu nămol, se poate interveni cu ajutorul unei conducte de apă sau de aer sub presiune, montată lângă acesta. La partea superioară, conducta de evacuare a nămolului debușează într-un cămin, de obicei, cu două compartimente:

- unul uscat, în care este plasată vana de manevră;
- altul umed, din care nămolul este trimis spre platformele de uscare.

Dacă această operație se face prin gravitație, panta conductei sau a canalului trebuie să fie mai mare de 1:8, respectiv 1:40. De cele mai multe ori însă, nămolul ajunge pe platformele de uscare prin pompare.

Întotdeauna, decantoarele cu etaj sunt dotate cu conducte de apă sub presiune, care deșează la diferite niveluri și puncte, având scopul de a distruge crusta și spuma.

Crusta se formează ca urmare a antrenării nămolului, din spațiul de fermentare, de către gaze. Ea se ridică la suprafața apei, în jgheaburile de decantare, formând așa-numitul „nămol plutitor” sau poate obtura fantele din pereții transversali sau longitudinali. Când gazele sunt în cantitate mare și se pot elibera în atmosferă, crusta se autodistrugă. Acest lucru este posibil doar atunci când apele uzate nu conțin cantități importante de grăsimi, păr sau materiale fibroase, care contribuie la menținerea crustei.

Pentru distrugerea crustei, conductele de apă sub presiune trebuie să deșeze în partea de sus a laturii triunghiului, care constituie jgheabul de decantare.

Spuma din decantoarele cu etaj este, în principal, rezultatul pătrunderii unor mari cantități de detergenți. La fel ca și în cazul formării nămolului plutitor, gazele aduc la suprafață substanțele care dau naștere spumei. Spuma din decantoarele cu etaj este asemănătoare celei care se formează în bazinele cu nămol activ. Pentru îndepărtarea ei se folosește apă sub presiune, provenită din conductele care furnizează apă pentru distrugerea crustei sau, rareori, antispumanți.

Colectarea gazului rezultat din fermentarea nămolului, din decantoarele cu etaj, este practică foarte rar.

Referitor la *proiectarea decantoarelor cu etaj*, se va determina, în primul rând, volumul de decantare (volumul jgheaburilor), cu ecuația:

$$V_{ol,j} = Q_c \cdot t_d, \quad (9.2)$$

în care:

Q_c este debitul de calcul, conform tabelului 1.3;

t_d – timpul de decantare, conform tabelului 5.5.

Suprafața transversală a unui jgheab se determină ținând seama că lățimea b a acestuia trebuie să fie de maximum 3,0 m, iar înălțimea în partea triunghiulară h_2 și dreptunghiulară h_1 să nu depășească 2,0 m. Panta pereților înclinați, pentru un decantor construit dintr-un singur jgheab, va avea valorile de 1,2–1,5 pe verticală, și 1,0 pe orizontală; pentru decantoare construite din două jgheaburi alăturate, panta va fi de 2/1.

Suprafața unui jgheab, pentru o înclinare a pereților de 1,2/1 se calculează cu formula:

$$S_j = h_1 \cdot b + 0,3 \cdot b^2. \quad (9.3)$$

Lungimea unui jgheab rezultă din relația:

$$L_j = \frac{V_{ol,j}}{S_j}. \quad (9.4)$$

Diametrul decantorului se consideră egal cu lungimea unui jgheab, dar nu trebuie să depășească 10 m; dacă se proiectează decantoare perechi, la lungimea jgheabului se adaugă 0,5–1,0 m, care reprezintă distanța dintre decantoarele perechi. Apoi se va verifica dacă suprafața liberă a decantorului, adică suprafața orizontală a acestuia, din care s-a scăzut suprafața ocupată de jgheaburi, reprezintă cel puțin 20% din suprafața orizontală.

Volumul de fermentare a nămolului se determină cu relația:

$$V_f = N \cdot m, \quad (9.5)$$

în care:

N este numărul locuitorilor deserviți de decantorul cu etaj;

m – capacitatea specifică de fermentare (tabelul 9.3).

Tabelul 9.3

Capacitatea specifică de fermentare a decantoarelor cu etaj

Temperatura medie anuală a aerului [°C]	m [dm ³ /loc]	Timp de fermentare [zile]
7	75	150
8	65	120
10	50	90

Înălțimea totală a decantoarelor cu etaj se determină cu relația:

$$H = H_s + H_u + H_n + H_d, \quad (9.6)$$

în care:

H_s este înălțimea zonei de siguranță, deasupra nivelului apei, în decantor (0,4–0,5 m);

H_u – înălțimea zonei utile de decantare ($h_1 + h_2$);

H_n – înălțimea zonei neutre (0,4–0,5 m), care separă spațiul de fermentare de cel de decantare;

H_d – înălțimea depunerilor de nămol.

Când temperatura medie anuală este mai mică decât 7°C, STAS 4162 indică sporirea capacităților specifice de fermentare cu 20% și cu 50%, când decantoarele cu etaj constituie treapta de epurare mecanică dintr-o stație de epurare mecano-biologică. În cazul unităților industriale, când debitul dușurilor întrece cu 50% pe cel menajer, debitul de calcul va fi debitul maxim orar, dar numai pentru o funcționare de 45 minute.

9.2.3. Bazine pentru fermentarea nămolului

Bazinele pentru fermentarea nămolului sunt de două tipuri:

- de tip închis;
- de tip deschis.

Bazinele închise (rezervoarele) sunt folosite pentru fermentarea unor mari cantități de nămol și sunt adaptate pentru a răspunde tuturor cerințelor necesare

unei bune fermentări și valorificării a produselor finale: încălzire, amestec, inoculare, captarea gazelor etc.

Din punct de vedere al funcționării, bazinele închise de fermentare se pot grupa în trei mari categorii:

- de mică încărcare;
- de mare încărcare;
- în două trepte.

Bazinele de fermentare de mică încărcare nu sunt încălzite. Amestecul nămolului din bazin se face doar într-o mică măsură, de către gazele care se ridică la partea superioară și prin schimbul dintre materiile solide în suspensie, din nămol și din crustă; astfel, însămânțarea nămolului nu este eficace.

Volumul bazinului este împărțit în trei zone:

- crustă;
- apă de nămol;
- nămol.

Periodic, în timpul exploatării, trebuie evacuat supernatantul și crusta adusă în zona de nămol.

Nămolul evacuat are:

- vârstă mare;
- cantități mici de apă;
- stabilitate mare.

Bazinele de fermentare de mare încărcare sau de fermentare continuă (fig. 9.2), spre deosebire de cele de mică încărcare, sunt caracterizate prin omogenitatea conținutului lor și prin faptul că sunt încălzite.

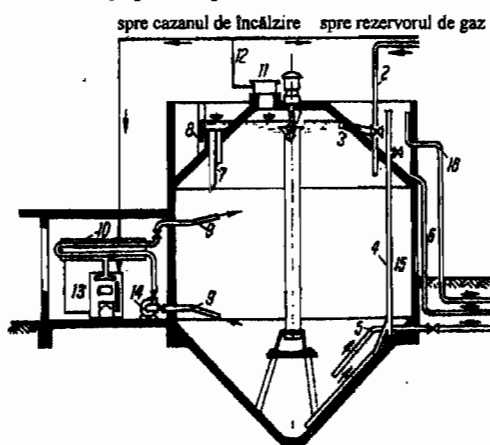


Figura 9.2. Bazin închis de fermentare a nămolului (de mare încărcare):

1 - amestecător; 2 - conductă pentru introducerea nămolului proaspăt; 3 - conductă pentru îndepărtarea nămolului plutitor din bazin; 4 - conductă pentru evacuarea nămolului fermentat; 5 - conductă pentru evacuarea nămolului de pe fundul bazinului; 6 - conductă pentru evacuarea nămolului plutitor; 7 - conductă pentru evacuarea supernatantului; 8 - deversor; 9 - conductă pentru captarea nămolului; 10 - schimbător de căldură; 11 - captator de gaz; 12 - conductă de gaz; 13 - cazan de încălzire; 14 - pompă de nămol; 15 - gură de vizitare; 16 - preaplin.

Deoarece nu există zonare, supernatantul nu se evacuează.

Amestecul, respectiv omogenizarea, se realizează prin:

- pomparea nămolului de pe radier, la partea superioară a bazinului;
- introducerea gazului de nămol la radierul bazinului;
- intensificarea formării de gaze pe unitatea de secțiune.

Pentru realizarea amestecului se practică îngroșarea nămolului (în îngroșătoare de nămol), folosindu-se bazine mai adânci și dispozitive de diferite tipuri. Pentru a se obține o bună inoculare și o fermentare rapidă, nămolul este adăugat și evacuat în mod continuu sau în șarje cât mai dese și de lungă durată.

Bazinele de fermentare în două trepte au spațiul de construcție despărțit în două. În prima treaptă (primul bazin) nămolul se menține numai în timpul activității de fermentare inițială, când el este într-o continuă agitare. Pentru a se evita zonarea, nămolul nou și cel vechi se amestecă în permanență, cu diferite dispozitive. În această treaptă, nămolul este încălzit, nu se evacuează supernatantul, iar gazul de nămol se captează numai din acest bazin. Aici, activitatea este asemănătoare cu cea din bazinele de fermentare de mare încărcare.

În treapta a doua (al doilea bazin) fermentarea continuă mult mai încet, fără a fi ajutată artificial. Bazinul nu este încălzit; de obicei este deschis și, rareori, este acoperit cu un rezervor de gaz. Însămânțarea și amestecul nu au prea mare importanță, ele ajutând doar în mică măsură la accelerarea fermentării, în această treaptă. În aceste condiții, la fel ca în bazinele de fermentare de mică încărcare, se formează aceleași trei zone:

- crustă;
- supernatant;
- nămol.

Din aceste tipuri de bazine se evacuează un nămol:

- bine stabilizat;
- cu vârstă mare.

De obicei, în fața acestor bazine se așează îngroșătoare de nămol.

Din punct de vedere constructiv, bazinele de fermentare a nămolului au forme circulare în plan, cu diametre cuprinse între 6–30 m. Pentru evitarea pierderilor de căldură, ele sunt semiîngropate și înconjurată de pământ.

În țara noastră, bazinele de fermentare de mare încărcare au înălțimi de 8–9,25 m și sunt tipizate pentru următoarele volume și diametre corespunzătoare:

volume [m ³]	750	1000	1500	3000	4000
diametre [m]	9,5	10	13	17	19

De obicei, bazinele de fermentare de mare încărcare se cuplează, având între ele camere de manevră.

Radierul, pereții și acoperișul se execută din beton armat și se izolează termic. De obicei, radierul face un unghi de 45° cu orizontala. Acoperișurile bazinelor de fermentare pot fi fixe sau plutitoare; când acestea sunt fixe, trebuie cuplate la un

rezervor de gaz. Unghiul pe care îl face acoperișul cu orizontala este, de obicei, de 30° . La acoperișurile plutitoare, pericolul de explozie a amestecului aer-gaz, în comparație cu cel pe care-l prezintă acoperișurile fixe, este mai mic. Acoperișurile plutitoare sunt executate din metal și sunt folosite, de cele mai multe ori, ca rezervoare de gaz. Pe verticală, ele au o cursă de 0,5–2,0 m.

La peretele bazinului de fermentare, înălțimea nămolului variază între valorile de 6–9 m; în axul bazinului, înălțimea totală de nămol nu depășește, de regulă, 15 m. Deasupra nămolului, până la partea cea mai de sus a acoperișului, spațiul liber are înălțimea de 30–40 cm.

Bazinele de fermentare sunt prevăzute cu o conductă de alimentare, pe la partea superioară a bazinului cu nămol proaspăt și o conductă de evacuare, pe la partea inferioară a nămolului fermentat (vezi fig. 9.2). Evacuarea nămolului se realizează prin diferența de presiune și, uneori, prin intermediul pompelor de recirculare. Conducta de presplin are capătul superior în apropiere de partea cea mai de sus a bazinului. Conductele pentru evacuarea supernatantului pot fi de tip pendulant sau sub forma unui selector de nivel (2–4 conducte, la niveluri diferite, la distanțe de 50–60 cm, una de alta, așezate pe peretele vertical, la 1,0–1,2 m sub nivelul nămolului). În figura 9.2, conductele de evacuare a supernatantului sunt plasate pe acoperișul bazinului. Pentru a stabili nivelul de la care trebuie evacuat supernatantul, pe peretele bazinului de fermentare se montează conducte pentru luarea probelor. Pentru evacuarea corpurilor plutitoare, care nu pot fi distruse prin amestecarea crustei, se prevăd conducte independente (fig. 9.2), al căror capăt superior se găsește imediat sub nivelul lichidului din bazin. Uneori, în vecinătatea captatorului de gaze se plasează conducte similare. Toate conductele trebuie să fie executate din materiale rezistente la coroziune și, pentru a evita înfundarea lor, diametrele trebuie să fie de cel puțin 150–200 de mm.

Pentru revizuirea bazinelor de fermentare se construiesc guri de vizitare circulare, cu diametrul minim de 75 de cm, amplasate atât pe acoperiș, cât și pe pereții rezervorului.

Pentru accesul la interiorul și exteriorul bazinului de fermentare sunt prevăzute scări.

Într-o *cameră de manevră*, care, de cele mai multe ori, deservește două bazine de fermentare a nămolului, sunt așezate:

- vanele;
- echipamentul de control;
- pompele de recirculare a nămolului;
- ventilatoarele;
- aparatajul electric etc.

Camera de manevră trebuie să fie bine ventilată, luminată și prevăzută cu un sistem automat de alarmare, pentru avertizarea pericolului de explozie a gazelor. Din acest punct de vedere, pentru o siguranță mai mare, întregul echipament care se utilizează sau care controlează gazul de nămol, este amplasat într-o cameră separată.

Instalațiile de amestec și recirculare a nămolului, care reprezintă una din principale anexe ale bazinelor de fermentare a nămolului, au scopul de a omogeneiza nămolul (cel proaspăt cu cel fermentat, cel cu temperatură mai mare cu cel cu temperatură mai scăzută etc.), precum și inocularea (însămânțarea) lui, distrugerea crustei etc.

Amestecul și recircularea se realizează prin:

- folosirea de agitatoare, la interiorul nămolului;
- trimiterea de apă curată sau supernatant cu presiune, în diferite puncte ale bazinului și, în special, deasupra nivelului de nămol; este preferat supernatantul, deoarece produce și o însămânțare a nămolului proaspăt, prin bacteriile care le conține, și în același timp are și o temperatură mai ridicată (temperatura de încălzire a bazinului de fermentare), decât cea a apei curate;
- trimiterea nămolului proaspăt zilnic, sub presiune, deasupra crustei, operație care contribuie și la distrugerea crustei;
- insuflarea de gaz, rezultat în timpul fermentării, cu debite de 1,0–1,5 m³/min.;
- recircularea nămolului din interiorul bazinului, cu ajutorul unei pompe de nămol (fig. 9.2); nămolul este important, în special în captarea crustei și în readucerea apei în circuit. În perioadele când se introduce nămol proaspăt, se recomandă ca acesta să fie încălzit la temperatura de fermentare și apoi, împreună cu nămolul mai vechi de recirculare, să fie introdus în bazin. Pentru a putea capta atât nămolul, cât și crusta sau apa de nămol, conductele pentru captarea nămolului trebuie să pătrundă în bazin, la diferite niveluri;
- utilizarea de agitatoare de nămol (cu elice sau cu spirală), așezate la suprafața nămolului. Spirala pătrunde la partea superioară a unui tub vertical, așezat sub nivelul nămolului, în timp ce motorul electric este așezat deasupra acoperișului; în timpul rotației, apa de sub crustă este antrenată de spirală și trimisă, sub presiune, deasupra crustei, producând astfel amestecul nămolului. Agitatoarele cu elice funcționează la fel ca și cele cu spirală, elicea fiind însă plasată la partea inferioară a tubului; elicea, care acționează ca o pompă axială, vehiculează nămolul de sus în jos, aspirând în același timp și crusta. Puterea electromotoarelor, care acționează agitatoarele cu elice sau spirală, este destul de mică, variind între 0,5–1,5 kW; capacitatea agitatoarelor trebuie să fie suficientă pentru a putea recircula lichidul din bazin, de cel puțin două ori pe zi;
- utilizarea de hidroelevatoare.

Captarea gazului de nămol se face cu ajutorul captatoarelor de gaz, plasate în punctele cele mai înalte ale acoperișului, într-un fel de turn circular, în secțiune orizontală, a cărui bază inferioară se găsește la 1,0–1,2 m deasupra nivelului nămolului, și chiar mai mult (vezi fig. 9.2). Captatorul este un cilindru metalic așezat vertical, la care se racordează ștuțul conductei de gaz. În turn, într-un spațiu izolat, se află supapa de siguranță cu gardă hidraulică, ce limitează presiunea maximă a gazului, din bazinul de fermentare, la 180 mm CA. Prin montarea supapei de siguranță în interiorul turnului, se evită, în timpul iernii, înghețarea

lichidului care formează garda hidraulică. Pentru a se putea controla starea instalațiilor interioare, pe turn se montează și o gură de vizitare, cu închidere etanșă.

Instalațiile pentru încălzirea nămolului au scopul de a realiza temperatura optimă de fermentare a nămolului. Încălzirea nămolului se poate face:

- direct;
- indirect.

Încălzirea directă a nămolului are loc prin:

– arderea gazului de nămol, fie în instalații speciale, introduse în bazinul de fermentare, fie într-un cuptor deschis, submersat, fie într-un încălzitor submersat – de asemenea – în nămol;

– introducerea în bazinul de fermentare (deasupra radierului) a apei calde, vaporilor sau nămolului încălzit, evacuându-se condensul sau apa prin conductele de evacuare a supernatantului;

– încălzirea nămolului, care intră în bazin, cu vapori sau într-un schimbător de căldură în contracurent.

Încălzirea indirectă se produce prin intermediul unor conducte fixe sau mobile, prin care circulă apă caldă sau vapori.

Metoda cea mai răspândită de încălzire a nămolului este cea care folosește schimbătorul de căldură în spirală, alcătuit dintr-un corp în formă de tambur, în care este montată o spirală dublă (în plan vertical) închisă, prin care circulă apa caldă, iar la exteriorul spiralei, nămolul este luat din bazinul de fermentare și refulat după încălzire, înapoi în bazin. O dată cu încălzirea nămolului, se realizează și omogenizarea și inocularea lui.

În comparație cu conductele folosite pentru schimbarea căldurii, așezate în interiorul bazinului, schimbătoarele de căldură sunt mult mai eficiente, datorită vitezei de schimb și coeficientului de transfer mare.

Apa caldă, necesară încălzirii nămolului se produce în boilere încălzite cu gaze arse în arzătoare. Eficiența acestora este de 60–80%, valoarea minimă corespunzând încălzirii bazinului direct, cu apă caldă, iar cea maximă, încălzirii indirecte, cu apă caldă și vapori, prin intermediul conductelor cu apă caldă, care pătrund în interiorul bazinului. Pentru încălzire se poate folosi și apa de răcire a motoarelor cu combustie internă sau vaporii proveniți din apa de răcire.

Pentru schimbul de căldură, conductele trebuie să fie executate din materiale rezistente la coroziune; ele se așează fie pe eșafodaje montate în interiorul bazinului, fie pe radier, fie pe pereții lui.

Bazinele de fermentare a nămolului sunt dotate, pentru buna lor funcționare, cu o serie de aparate:

- termometre pentru măsurarea temperaturii nămolului, apei etc.;
- indicatoare de nivel pentru nămol;
- pH-metru;
- debitmetre de gaz;
- dispozitive pentru luarea probelor de nămol, supernatant, gaze etc.;

- dispozitive pentru prepararea laptelui de var, necesar alcalinizării procesului, în momentul când pH-ul scade.

Bazinele deschise pentru fermentarea nămolului constituie fie singura treaptă de fermentare a nămolului, fie treapta a doua a bazinelor în două trepte.

În primul caz, bazinele sunt construite în pământ și sunt dotate cu un minim de instalații. Când se dispune de teren pentru construcția bazinelor și amplasamentul este destul de departe de centrul populat, pentru ca mirosul din timpul fermentării să nu se facă simțit, soluția este economică. Bazinele au adâncimi de 3–5 m, cu pereții executați în taluzul natural al solului. În locul bazinelor create artificial, uneori se pot folosi depresiunile naturale, după amenajarea lor corespunzătoare. Crusta care se formează nu trebuie să fie distrusă, deoarece ea păstrează căldura necesară fermentării nămolului și, în același timp, împiedică răspândirea mirosului neplăcut. Este recomandabilă compartimentarea acestor bazine, deoarece, o dată la câțiva ani, se golește câte un compartiment, pentru a se putea îndepărta nămolul și nisipul care nu au putut fi evacuate normal.

Bazinele deschise, care constituie treapta a doua a bazinelor de fermentare a nămolului în două trepte, sunt executate din beton armat și sunt dotate cu instalații asemănătoare bazinelor de fermentare de mică încărcare.

Proiectarea bazinelor de fermentare. Parametrii generali de proiectare sunt dați în tabelul 9.4.

Tabelul 9.4

Parametrii de proiectare a bazinelor de fermentare

Tipul bazinelor de fermentare	Timp de fermentare [zile]	m [dm ³ /loc]	I_o [kgf materii solide totale organice/m ³ de bazin și zi]
0	1	2	3
1. Bazine (rezervoare) de fermentare de mică încărcare (neîncălzite)	la temperatura nămolului de:		
a) nămol numai de la epurare mecanică	6°C – 150	150	–
b) nămol de la epurare mecanică și filtre biologice de mică încărcare	8°C – 120	180	–
c) idem, de mare încărcare	10°C – 90	220	–
d) nămol de la epurare mecanică și din bazine cu nămol activ de mică încărcare*		320	–
e) idem, de mare încărcare**		220	–
2. Bazine (rezervoare) de fermentare de mare încărcare (încălzite)	la temperatura nămolului de 30 – 35°C, 25 + 30 zile		5*; 3**; 2***
a)		20	
b)		25	
c)		30	
d)		40	
e)		35	

Tabelul 9.4 (continuare)

0	1	2	3
3. Bazine de fermentare cu 2 trepte – prima treaptă (încălzită):	la temperatura nămolului de 30 – 35°C, 12 ÷ 15 zile		idem, punctul 2
a)		6	
b)		10	
c)		13	
d)		24	
e)		19	
– a doua treaptă (neîncălzită):	la temperaturi ca la pct. 1, 3 ÷ 5 zile		
a)		–	–
b)		65	–
c)		65	–
d)		95	–
e)		95	–
4. Bazine deschise, în pământ (neîncălzite)	idem, punctul 1		
a)		150	–
b)		–	–
c)		220	–
d)		–	–
e)		220	–
5. Decantoare cu etaj (neîncălzite)	idem, punctul 1		
a)		50	–
b)		75	–
c)		100	–
d)		150	–
e)		100	–

Legendă: * Cele prevăzute la liniile 1, 2, 3 din tabelul 7.8 și la coloanele 3, 4, 5 din tabelul 7.9;

** Cele prevăzute la linia 4 din tabelul 7.8 și la coloana 6 din tabelul 7.9;

* I_0 pentru bazine mari și bine dotate;

** I_0 pentru bazine mijlocii și mediu dotate;

*** I_0 pentru bazine mici și modest dotate.

Temperatura de fermentare pentru bazinele dotate cu instalații de încălzire s-a considerat 30–35°C, corespunzătoare unui timp de fermentare de circa 25 de zile. Parametrii de proiectare din tabelul 9.4 (stabiliți pentru un consum specific de 150 dm³/loc și zi și CBO₅ de 350 mgf/dm³) variază în funcție de:

- caracteristicile apelor uzate; de exemplu, apele uzate care conțin substanțe toxice conduc la mărirea timpului de fermentare și, deci, la întârzierea ei; de asemenea, apele uzate cu concentrații mari de materii solide totale, organice, au ca rezultat o mărire a capacității specifice;

- temperatură, amestec și inoculare;

- volumul supernatantului care, la fel ca și crusta, ocupă un spațiu inutil în bazinul de fermentare; supernatantul este îndepărtat, întotdeauna, numai din bazinele de fermentare de mică încărcare, iar în cele de mare încărcare, unde amestecul este continuu, acesta rămâne, în permanență în proces, mărind în consecință volumul bazinelor. La unele bazine de mare încărcare, amestecul se oprește periodic, pe timp scurt, pentru a se produce separarea supernatantului, respectiv evacuarea lui.

Cantitatea de supernatant poate fi evaluată la 0,8–1,6 dm³/loc și zi sau 12–24 dm³/kgf materii solide totale organice, introduse în bazinul de fermentare. Supernatantul are un conținut de circa 1.500 mgf/dm³ materii solide în suspensie, decantabile și un CBO₅ destul de mare (1.000–1.500 mgf/dm³);

- metoda de tratare a apelor uzate; volumul de fermentare trebuie suplimentat cu 50% pentru localități sub 5000 de locuitori, de 2,5+3 ori dacă nămolul activ în exces nu a fost amestecat cu nămolul din decantoarele primare, de circa 2 ori când pentru decantare se folosesc coagulanți și cu 20% când se folosesc, în sistemul separativ, bazine de retenție pentru apele de ploaie;

- înmagazinarea sezonieră; valorile din tabelul 9.4 sunt stabilite în ipoteza că nămolul fermentat este continuu evacuat pe platformele de nămol, în filtrele presă sau cu vacuum etc. Atât pe timpul iernii, cât și în perioadele cu ploi abundente nămolul nu poate fi evacuat pe platforme și, deci, este nevoie să se prevadă un spațiu pentru înmagazinare, corespunzător unui timp de depozitare de circa 2 luni.

Volumul de fermentare se determină cu ecuația (9.5) și datele din tabelul 9.4, la care se adaugă (de la caz la caz) volumele rezultate din considerentele arătate.

Cu ajutorul datelor din tabelul 9.4 se vor aplica diferite metode de calcul, făcându-se apoi, media volumelor de fermentare rezultate; pentru calcule de detaliu, se ține seama și de bilanțul încărcărilor (suspensii și organice); volumele de fermentare rezultate se compară cu cele de mai sus.

Înălțimea bazinului de fermentare rezultă din ecuația:

$$H = H_v + H_s, \quad (9.7)$$

în care:

H_v este înălțimea utilă (în partea cilindrică, conică și în cupolă) ocupată de nămol;

H_s – înălțimea de siguranță, sub nivelul captatorului de gaze (1,0+1,2 m).

Instalațiile de încălzire a nămolului trebuie să asigure cererea de căldură necesară nămolului care se introduce în bazin pentru a ajunge la temperatura nămolului în curs de fermentare; de asemenea, aceste instalații trebuie să compenseze pierderile de căldură care se produc prin evaporarea apei (pierderi practic neglijabile).

Cantitatea de căldură necesară încălzirii nămolului proaspăt se stabilește cu relația:

$$C_1 = V_n \cdot c_s \cdot (t_i - t_n), \quad (9.7)$$

în care:

C_1 este cantitatea de căldură necesară încălzirii bazinului de fermentare, [kcal/h];

V_n – volumul nămolului care trebuie încălzit, [dm³/h];

c_s – căldura specifică medie a nămolului brut, aproximativ aceeași cu a apei, pentru concentrații solide în nămol de 5–10%, care se poate lua circa 1,0;

t_i – temperatura interioară a nămolului, care – pentru calcule – se recomandă a se lua 35°C;

t_n – temperatura nămolului introdus în bazin iarna, [°C].

Cantitatea de căldură necesară acoperirii pierderilor prin pereți și radiator se determină cu ajutorul relației:

$$C_2 = k \cdot S_2 \cdot (t_i - t_e), \quad (9.9)$$

în care:

C_2 este cantitatea de căldură necesară acoperirii pierderilor prin pereți și radiator;

k – coeficient de transmisie prin pereți, radiator și acoperiș din beton, zidărie, metal etc., [kcal/h și m²], indicat în STAS 1907;

S_2 – mărimea suprafeței de contact între pereți și radiator;

t_i – temperatura interioară a nămolului (35°C);

t_e – temperatura mediului exterior (pământ, aer etc.).

Cantitatea de căldură necesară acoperirii pierderilor prin acoperiș:

$$C_3 = k \cdot S_3 \cdot (t_i - t_a), \quad (9.10)$$

în care t_a este temperatura minimă a aerului, în zona respectivă, conform STAS 1907.

Cantitatea totală de căldură $C_t = C_1 + C_2 + C_3$ trebuie transferată în mod artificial, fie direct, fie indirect.

Dacă se folosește *încălzirea directă prin schimbătoare*, capacitatea acestora se alege în funcție de cantitatea de căldură C_t ; dacă se folosește *încălzirea indirectă*, cantitatea totală de căldură C_t trebuie să fie furnizată de suprafața A , conform ecuației:

$$C_t = k_1 \cdot A \cdot (t_{ac} - t_i), \quad (9.11)$$

în care:

k_1 este coeficientul de transmisie prin conducte, [kcal/h și m²] și care pentru conducte așezate pe pereții bazinului are valoarea 150; pe radiator 50 și la interior 300;

A – suprafața de încălzit, [m²];

t_{ac} – temperatura apei din conducte, egală cu temperatura suprafeței de încălzit, [°C];

t_i – temperatura interioară a nămolului.

Temperatura apei la intrarea în bazinul de fermentare se recomandă să fie de 60°C, iar la evacuare de 50°C. Pentru conductele mobile, apa poate fi încălzită până aproape de punctul de fierbere. În interiorul bazinului de fermentare se vor folosi conducte din fontă, crom-nichel sau alt material cu rezistență mare la coroziune.

9.3. Fermentarea anaerobă de contact

Creșterea demografică, de la 3 miliarde în 1960 la 5,7 miliarde în 1994, cu șanse de a depăși 6 miliarde în anul 2000 și 8 miliarde în 2025, cât și migrarea populației către orașe, fac ca apele uzate și nămolul din marile aglomerări urbane să constituie un puternic factor poluant. Se impune deci, dezvoltarea capacităților și

modernizarea tehnologiilor din stațiile de epurare orășenești, pentru prelucrarea nămolului, precum și găsirea soluțiilor ecologice de încadrare a lui în mediul natural.

Se apreciază că, la noi în țară, se evacuează anual peste 10 mii km³ ape uzate, din care 5.500 km³ ape de răcire, poluate termic și restul – poluate chimic sau biologic, iar cantitatea de nămol uscat este de circa 150 mii tone, anual.

Deoarece nămolul orășenesc conține cantități importante de elemente fertilizante, în medie, 40 kg azot, 40 kg fosfor (P₂O₅), 2 kg potasiu (K₂O), raportat la 1 m³ de nămol deshidratat, se recomandă utilizarea acestui îngrășământ pentru terenurile agricole. Cercetările făcute atât în țările cu tehnologii avansate, cât și în țara noastră, au dus la concluzia că aplicarea lui, ca îngrășământ, pe terenurile agricole reprezintă cel mai rațional și economic mod de folosire.

Una din condițiile necesare pentru împrăștierea nămolurilor pe terenurile agricole, precum și pentru depozitarea sa, este stabilizarea cu rol de descompunere a compușilor organici, pentru eliminarea riscurilor generate de procesele de putrefacție necontrolată.

Între procedeele de stabilizare a nămolului, potrivit tehnologiilor actuale, se citează fermentarea aerobă și fermentarea anaerobă, ultima fiind utilizată în majoritatea stațiilor de epurare. În ultima perioadă, între tehnologiile de fermentare anaerobă se citează, ca procedeu nou, dar negeneralizat în practică, fermentarea anaerobă de contact.

9.3.1. Stabilizarea anaerobă a nămolurilor orășenești

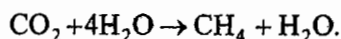
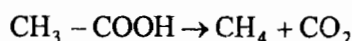
Pentru stabilizarea nămolurilor în stațiile mari de epurare se folosește în mod frecvent procedeul anaerob mezofil, la o temperatură de 30–35°C, în digestoare dimensionate pentru un timp hidraulic de 15–20 zile, specific vitezelor mici de dezvoltare a biocenozii metanogene.

Bioconversia anaerobă metanică se desfășoară, potrivit lui McCarty (fig. 9.3), în trei etape.

În prima etapă, cea de „hidroliză + acidogeneză”, moleculele organice mari sunt solubilizate și scindate în unități mici (acizi grași volatili, alcooli, aldehide), accesibile la rândul lor microorganismelor de fermentație acidogenă.

În faza a doua, „acetogeneza”, moleculele mici, obținute în faza anterioară, sunt transformate în acetați sau hidrogen și bioxid de carbon.

În faza a treia, „metanogeneza”, compușii acetat, hidrogen și bioxid de carbon sunt bioconverșiți în metan, potrivit relațiilor:



Dacă bacteriile specifice primelor două etape sunt facultativ anaerobe, cele metanice sunt strict anaerobe, necesitând un potențial redox scăzut, de -400 ÷ -500 mV și un pH optim de 7,0÷7,5 cu valori limită de 6,6÷8. În funcție de temperatura ecosistemului, bacteriile metanogene au un timp de generare (dublare) foarte lung, de

4-35 zile. Acest parametru are și un efect selectiv asupra biocenezei metanogene. Din acest punct de vedere se evidențiază trei regimuri dependente de temperatură:

- *criofil*, cu temperatura optimă de 17°C și durata de dublare de 35 zile;
- *mezofil*, cu 35°C și, respectiv 10 zile;
- *termofil*, cu 55°C și, respectiv 4 zile.

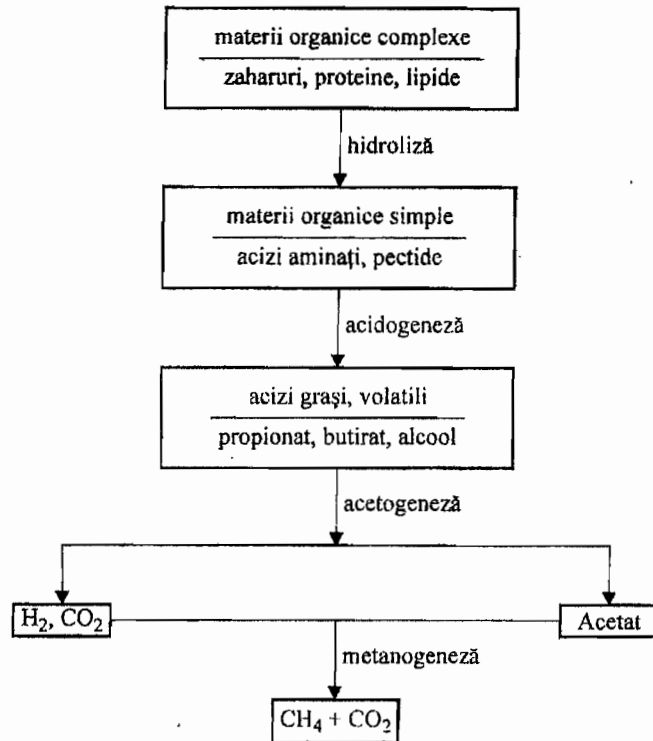


Figura 9.3. Stadiile bioconversiei anaerobe a substanțelor organice.

Spre deosebire de bacteriile metanogene, care au o viteză de dezvoltare redusă, bacteriile nemetanogene au o viteză de dezvoltare de 5-6 ori mai mare, fapt ce face ca rata de dezvoltare a metanogenelor să fie considerată ca factor limitativ al vitezei de mineralizare, determinând în mod practic durata procesului de stabilizare și, ca urmare, volumul digestoarelor. Cunoașterea, chiar și parțială, a biologiei proceselor de fermentare metanică a condus la promovarea în practică a următoarelor procedee de stabilizare anaerobă a nămolurilor:

- *fermentarea criofilă în fose septice sau în decantoare etajate*, tip Imhoff, cu o încărcare de 0,25-1,5 kg s.v./m³ și zi;
- *fermentarea de mică încărcare, în regim criofil sau mezofil*, dar cu aport energetic exterior, cu agitare, pentru încărcări de până la 3,0 kg s.v./m³ și zi;
- *fermentarea de mare încărcare, într-o singură treaptă*, nămolul fiind menținut la o temperatură constantă de 30-35°C, pe o durată egală cu timpul de retenție celulară, cu omogenizare continuă. Încărcarea

digestorului poate oscila între 0,8 și 4,0 kg s.v./m³ și zi, conducerea procesului făcându-se prin reglarea vitezei de alimentare cu nămol brut, în funcție de viteza dezvoltării și menținerii concentrației optime de floră metanogenă;

- *fermentarea în două trepte*, prima treaptă fiind destinată reacțiilor de hidroliză și acidizare, iar cea de-a doua, reacției de metanogeneză.

Cel mai frecvent procedeu folosit în practică, pentru instalații mari, este cel de mare încărcare, cu o singură treaptă, exploatat la temperaturi de 30–35°C.

Pornind de la faptul că descompunerea metanică a substratului se produce în timpi de reacție mari și, deci, în volume mari, care necesită atât fonduri importante de investiție, cât și consumuri energetice mari pentru menținerea temperaturii, asemănător procedurii de epurare aerobă cu nămol activ, se propune analiza fermentării metanice de contact, deci cu recircularea nămolului metanogen după separarea supernatantului, prezentată în figura 9.4.

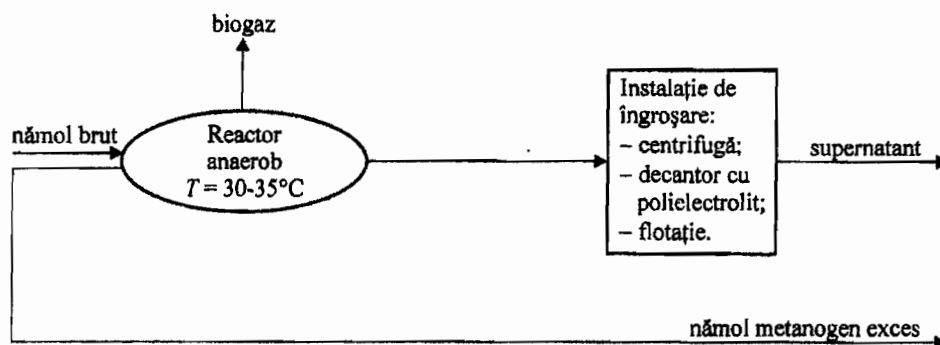


Figura 9.4. Schema tehnologică a fermentării anaerobe de contact.

9.3.2. Cinetica proceselor de fermentare metanică de contact

Spre deosebire de procesele de epurare la care substratul este caracterizat prin CBO₅ sau CCO, iar biomasa este în mod convențional acceptată ca fiind egală cu concentrația în substanță volatilă din nămolul activ, în cazul fermentării metanice de contact concentrația de substanță volatilă, singurul indicator care se poate determina pentru nămol, exprimă atât substratul, cât și masa biologică. Din acest motiv, se propune ca, în continuare, substratul să se exprime prin indicatorul „substanță volatilă”, iar masa anaerobă metanică prin producția de gaz (exprimată în mod indirect). Rata de producere a biogazului se consideră (aprioric) ca fiind proporțională cu concentrația în masa biologică metanică x , cu volumul digestorului și cu rata de transformare a substratului, potrivit relației:

$$r_b = k_b \cdot x \cdot V \cdot r_L \quad (9.12)$$

Substituind r_b și r_L prin relațiile de definiție:

$$r_b = \frac{dV_b}{dt}; \quad r_L = \frac{dL}{dt}, \quad (9.13)$$

rezultă:

$$\frac{dV_b}{dt} = k_b \cdot x \cdot V \cdot \frac{dL}{dt}, \quad (9.14)$$

unde:

k_b – factor de proporționalitate, specific condițiilor de lucru.

Studiul procesului de fermentare anaerobă, în laborator, implică urmărirea următorilor parametri:

• **producția zilnică de biogaz și volumul cumulat în timp.** Din curba integrată a producției de biogaz (fig. 9.5,a) rezultă viteza de producere a biogazului, V_b :

$$r_b = \operatorname{tg} \alpha = \frac{dV_b}{dt}. \quad (9.15)$$

• **reducerea substratului**, exprimată prin evoluția parametrului „substanță volatilă”, determinat în procente de substanță uscată, respectiv în mg/l (fig. 9.5,b), potrivit relației:

$$r_L = \operatorname{tg} \beta = \frac{dL}{dt}. \quad (9.16)$$

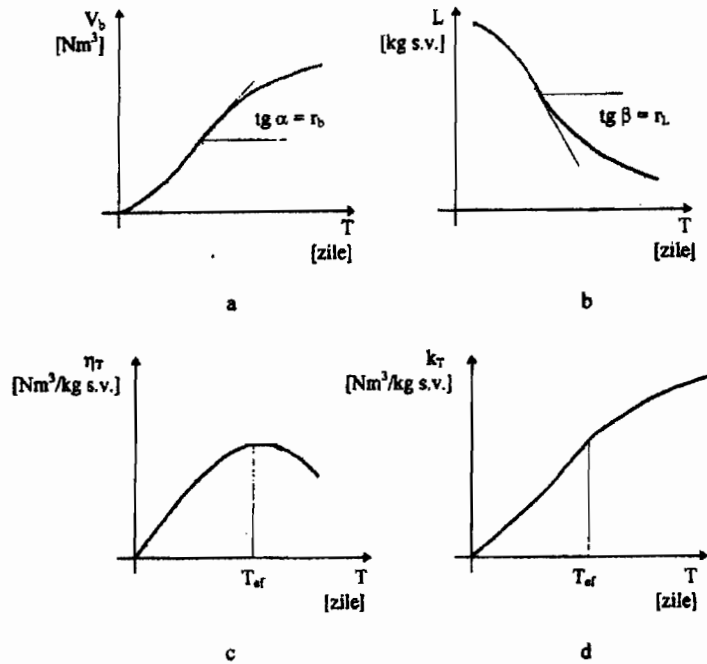


Figura 9.5. Curbele de variație ale indicatorilor:

a – curba de volum integrat de biogaz, $\Sigma V_b = f(t)$; b – curba de variație a concentrației substratului, $L = f(t)$; c – curba de variație a randamentului de transformare; d – curba coeficientului global de transformare $k_T = V_b / [V(L_0 - L_1)]$, pentru regim static, sau $k_T = V_b / (\Sigma L_0 - \Sigma L_1)$, pentru regim dinamic.

Pe baza elementelor de mai sus se poate exprima:

- raportul dintre rata (viteza) de producere a biogazului și rata (viteza) de reducere a substratului, raport care poate fi interpretat ca un randament momentan de transformare a substratului în biogaz, pentru unitatea de timp dt (fig. 9.5,c), potrivit relației:

$$\frac{\frac{dV_b}{dt}}{\frac{dL}{dt}} = \frac{r_b}{r_L} = \eta_T = x \cdot k_b \quad (9.17)$$

- raportul dintre volumul integral de biogaz, din momentul de referință T_0 , până la timpul T_1 și cantitatea de substanță volatilă redusă în intervalul analizat ($T_0 \dots T_1$), (fig. 9.5,d), potrivit relației:

$$k_T = \frac{V_b}{V(L_0 - L_1)} \quad (9.18)$$

exprimat în $[\text{Nm}^3/\text{kg s.v.redusă}]$, unde k_T este denumit coeficient total de transformare a substratului în biogaz.

Analizând alura curbelor din figura 9.5 pentru un nămol supus fermentării în regim static, deci fără să vehiculăm nămol proaspăt prin reactor, se pot face următoarele observații:

a) viteza specifică de producere a biogazului ($\text{tg } \alpha = dV_b/dt$), potrivit teoriei lui Monod, are o creștere lentă la începutul procesului, apoi o creștere accentuată, corespunzătoare fazei de dezvoltare logaritmică a metanogenelor, după care, ca urmare a reducerii substratului, are loc o reducere a vitezei (fig. 9.5,a);

b) viteza de reducere a substratului dL/dt (fig. 9.5,b) pune, din nou, în evidență, trei zone specifice: prima, cu o viteză de reducere mică ($\text{tg } \alpha = dL/dt$), a doua, cu o viteză mare, iar a treia, din nou cu viteză redusă. Cele de mai sus scot în evidență relația directă care există între viteza de producere a biogazului și cea de dezvoltare a metanogenelor, respectiv de reducere a substratului, relație marcată în ipoteza inițială, prin relația $r_b = k_b \cdot x \cdot V \cdot r_L$;

c) raportul $r_b/r_L = \eta_T$ arată că viteza de transformare a substratului are loc la o viteză maximă, la un timp T bine determinat, corespunzător fazei de creștere logaritmică a biocenozei (fig. 9.5,c);

d) coeficientul total de transformare urmărește o curbă ascendentă în timp, până la o valoare limită determinată de epuizarea reacției. Panta maximă se înregistrează în zona creșterii logaritmice (fig. 9.5,d).

Coeficientul global de transformare a substratului, k_T , are două valori importante:

- $k_{T_{\max}}$ – care dă o imagine asupra producției maxime de biogaz, posibilă prin digestia anaerobă;
- $k_{T_{ec}}$ – care exprimă valoarea economică (practică) a coeficientului.

Pentru procedeele clasice de fermentare în regim mezofil, coeficientul de transformare, k_T , a atins valori de 0,6–0,9 Nm³/kg s.v. red., pentru un timp de fermentare de 15–20 zile.

Pentru exprimarea matematică a procesului de fermentare anaerobă de contact, transformările substratului și biomasei din reactor sunt reprezentate în figura 9.6, folosindu-se următoarele notații:

- V_i – volumul reactorului;
- X_i – concentrația biomasei metanogene;
- Q_i – debitul de nămol brut influent;
- Q_R – debitul de nămol îngroșat recirculat;
- Q_W – debitul de nămol îngroșat evacuat în exces;
- X_E – concentrația de nămol activ în supernatant;
- L_0 – concentrația substratului în influent;
- L_1 – concentrația substratului în efluent, egală cu concentrația substratului în reactor;
- Y – factorul de creștere a nămolului, egal cu raportul: $Y = r_x/r_L$;
- r_x – creșterea biomasei (dX/dt);
- V_B – volumul de biogaz produs.

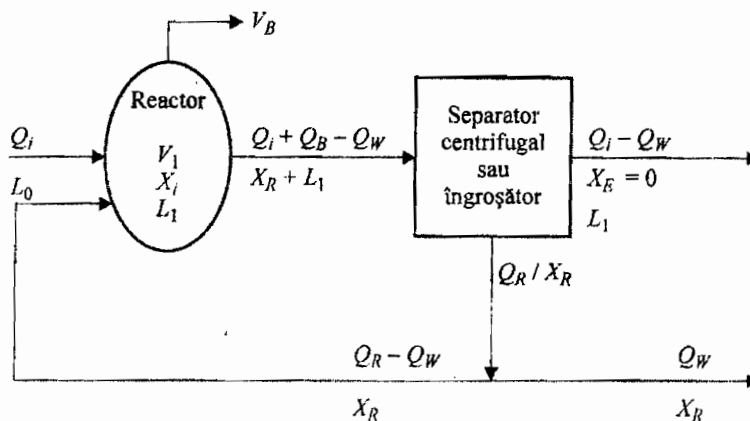


Figura 9.6. Diagrama sistemului de descompunere a substratului organic din nămol, prin procedeul de contact.

Urmărind realizarea unui model matematic, care să descrie global fenomenul de descompunere metanogenă, se adoptă următoarele ipoteze simplificatoare:

a) reducerea substratului în reactor, atât pe seama creșterii biomasei, cât și pe seama producerii biogazului, exclusiv pe cale enzimatică, potrivit relațiilor:

$$r_L = \frac{r_x}{Y} + \frac{r_b}{x \cdot V \cdot k_b} \quad (9.19)$$

$$r_L = \frac{r_x}{Y} + \frac{r_b}{k_r}, \quad (9.20)$$

unde:

r_L – rata de reducere a substratului;

r_x – rata de creștere a biomasei;
 Y – factorul de creștere = $(dx/dt)/(dL/dt)$;
 V – volumul digesterului.

În calcule se folosește, de obicei, cea de-a doua relație, deoarece metodologia de lucru în laborator permite determinarea coeficientului k_T în regim de fermentare statică a nămolului, considerându-se valoarea economică corespunzătoare vitezei maxime de transformare a substratului.

b) biomasa din reactor se dezvoltă pe seama transformării substratului și se reduce simultan prin respirație endogenă. Bacteriile metanogene epuizate trec în stare de liză, fără să influențeze producția de biogaz.

Rata de creștere a celulei, potrivit teoriei lui Monod, este:

$$r_x = \frac{dx}{dt} = \mu x, \quad (9.21)$$

unde μ este viteza specifică de creștere:

$$\mu = \frac{dx}{dt} \cdot h^{-1}. \quad (9.22)$$

Viteza specifică de creștere, μ , se exprimă prin relația lui Monod, conform relației:

$$\mu = \mu_{\max} \cdot \frac{L}{k_s + L}, \quad (9.23)$$

unde:

μ_{\max} – viteza specifică maximă de creștere (h^{-1});
 k_s – constanta de saturație.

Dacă se ia în considerație respirația endogenă, conform relației lui Monod, ecuația de bilanț de masă biologică este:

$$\frac{r_x}{x} = \mu_{ef} = \mu_{\max} \cdot \frac{L}{k_s + L} \cdot k_D, \quad (9.24)$$

unde k_D este coeficientul de viteză al ratei de cădere sau coeficientul respirației endogene.

c) nămolul recirculat, $Q_R - Q_W$, și nămolul evacuat în exces, Q_W , nu conțin substrat.

Ipoteza poate fi susținută dacă îngroșarea nămolului fermentat are loc astfel încât supernatantul să prezinte o încărcare organică redusă ($CCO < 2000$ mg/l). Însă, în aceste condiții se poate considera că substanța volatilă din sediment reprezintă masa biologică metanică, X_R , care se poate accepta ca fiind egală cu substanța organică cuprinsă în nămolul îngroșat și recirculat sau evacuat în exces.

Cunoscând valoarea X_R , rezultă implicit, valoarea X_i din ecuația de bilanț:

$$X_i(Q_i + Q_R - Q_W) = Q_R \cdot X_R \quad (9.25,a)$$

sau

$$X_i = \frac{Q_R \cdot X_R}{Q_i + Q_R - Q_W} \quad (9.25, b)$$

d) nămolul proaspăt nu conține biomasă metanogenă ($X = 0$), iar substanța volatilă, conținută de acesta, reprezintă exclusiv substratul;

e) supernatantul, $Q_i - Q_W$, separat prin decantare cu polielectrolit sau prin centrifugare nu conține nămol activ ($X_E = 0$).

Indicatorul L_1 se exprimă prin CCO sau substanță organică și se exprimă în mg/l. Indicatorul L_0 se determină prin substanța volatilă și se exprimă în procente de substanță uscată sau în mg/l.

9.3.3. Ecuațiile de bilanț pentru substrat și biomasă

• Substratul

Descrescerea substratului din influent, exprimată prin termenul $VC(dL/dt)$, rezultă din:

- cantitatea de substrat influent - $Q_i \cdot L_0$, din care se scade;
- cantitatea de substrat îndepărtată prin metabolizare și producție de biogaz:

$$r_L \cdot V = \left(\frac{r_x}{Y} + \frac{r_b}{k_T} \right) \cdot V; \quad (9.26)$$

- cantitatea de substrat evacuat în efluent - $(Q_i - Q_W) \cdot L_1$, sau:

$$V \cdot \left(\frac{dL}{dt} \right) = Q_i \cdot L_0 - r_L \cdot V - (Q_i - Q_W) \cdot L_1. \quad (9.27)$$

Prin explicitarea termenilor, ecuația ia forma:

$$V \cdot \left(\frac{dL}{dt} \right) = Q_i \cdot L_0 - \frac{\mu \cdot X_i \cdot V}{Y} - \frac{dV_b}{dt} \cdot \frac{V}{k_T} - (Q_i - Q_W) \cdot L_1, \quad (9.28)$$

iar prin regrupare:

$$V \cdot \left(\frac{dL}{dt} \right) = Q_i \cdot (L_0 - L_1) + Q_W \cdot L_1 - \frac{\mu \cdot X_i \cdot V}{Y} - \frac{dV_b}{dt} \cdot \frac{V}{k_T}. \quad (9.29)$$

• Biomasă

Creșterea de biomasă din reactor, exprimată prin termenul $V(dX/dt)$, rezultă din:

- creșterea de biomasă formată din degradarea substratului, $r_x \cdot V = \mu \cdot X_i \cdot V$, din care se scade;
- cantitatea de biomasă pierdută prin respirație endogenă, $k_D \cdot X_i \cdot V$;
- cantitatea de biomasă evacuată din reactor, $(Q_i - Q_W) \cdot X_E + Q_R \cdot X_R$, cu $X_E = 0$;

– cantitatea de biomasă din nămolul recirculat, $(Q_R - Q_W) \cdot X_R$, respectiv:

$$V \cdot \frac{dX}{dt} = \mu \cdot X_i \cdot V - k_D \cdot X_i \cdot V - Q_R \cdot X_R + (Q_R - Q_W) \cdot X_R \quad (9.30)$$

Prin regrupare, ecuația devine:

$$V \cdot \frac{dX}{dt} = \mu \cdot X_i \cdot V - k_D \cdot X_i \cdot V - Q_W \cdot X_R \quad (9.31)$$

Din această ecuație, la limită, pentru $(dX/dt) = 0$, rezultă:

$$\mu = \frac{Q_W \cdot X_R}{X_i \cdot V} + k_D \quad (9.32)$$

Deoarece vârsta nămolului este reprezentată de relația:

$$\theta = \frac{X_i \cdot V}{Q_W \cdot X_R} \quad (9.33)$$

rezultă:

$$\mu = \frac{1}{\theta} + k_D \quad (9.34)$$

Din expresia finală a substratului, la limită pentru $dL/dt = 0$, rezultă:

$$Q \cdot (L_0 - L_1) + Q_W \cdot L_1 = \frac{\Delta V_b \cdot V}{k_T} + \frac{\mu \cdot X_i \cdot V}{Y} \quad (9.35)$$

sau

$$\mu = \frac{Q_i \cdot (L_0 - L_1) + Q_W \cdot L_1}{X_i \cdot V} \cdot Y - \frac{\Delta V_b}{X_i \cdot k_T} \cdot Y \quad (9.36)$$

Combinând cele două expresii ale lui μ , rezultă:

$$\frac{1}{\theta} + k_D = \frac{Q_i(L_0 - L_1) + Q_W \cdot L_1}{X_i \cdot V} \cdot Y - \frac{\Delta V_b}{X_i \cdot k_T} \cdot Y \quad (9.37)$$

sau

$$\frac{1}{\theta \cdot Y} + \frac{k_D}{Y} = \frac{Q_i(L_0 - L_1) + Q_W \cdot L_1}{X_i \cdot V} - \frac{\Delta V_b}{X_i \cdot k_T} \quad (9.38)$$

Prin definiție:

$$\theta = \frac{X_i}{\frac{\Delta X_i}{\Delta t}} \quad \text{sau} \quad \frac{1}{\theta} = \frac{\Delta X_i}{X_i \cdot \Delta t} \quad (9.39)$$

Considerând că timpul hidraulic

$$T_h = \frac{V}{Q_i} \quad (9.40)$$

și exprimând debitul de nămol îngroșat în exces ca fracție „a” din debitul Q_i , respectiv:

$$Q_w = a \cdot Q_i, \quad (9.41)$$

rezultă:

$$\begin{aligned} \frac{\Delta X_i}{X_i \cdot \Delta t} \cdot \frac{1}{Y} - \frac{k_D}{Y} &= \frac{\frac{Q_i}{V} \cdot L_0 - \frac{Q_i}{V} \cdot L_1 + \frac{a \cdot Q_i}{V} \cdot L_1}{X_i} - \frac{\Delta V_b}{X_i \cdot k_T} \\ \frac{\Delta X_i}{X_i \cdot \Delta t} \cdot \frac{1}{Y} + \frac{k_D}{Y} &= \frac{L_0 - L_1 + a \cdot L_1}{T_h \cdot X_i} - \frac{\Delta V_b}{X_i \cdot k_T} \\ \frac{\Delta X_i}{X_i \cdot \Delta t} &= \frac{Y}{T_h \cdot X_i} [L_0 - L_1(1-a)] - \frac{\Delta V_b}{X_i \cdot k_T} \cdot Y - k_D \\ \frac{\Delta X_i}{X_i \cdot \Delta t} &= \frac{Y}{X_i} \left[\frac{L_0 - L_1(1-a)}{T_h} - \frac{\Delta V_b}{k_T} \right] - k_D. \end{aligned} \quad (9.42)$$

Exprimând viteza specifică de creștere a biomasei μ , în funcție de concentrația substratului din efluent L_1 , rezultă:

$$\mu = \mu_{\max} \cdot \frac{L_1}{k_s + L_1} \quad (9.43)$$

sau, prin inversarea termenilor:

$$\frac{1}{\mu} = \frac{1}{\mu_{\max}} \cdot \frac{k_s + L_1}{L_1}. \quad (9.44)$$

Exprimat în funcție de θ , raportul $1/\mu$ devine:

$$\frac{1}{\mu} = \frac{\theta}{1 + k_D \cdot \theta}. \quad (9.45)$$

Prin echivalarea ecuațiilor anterioare, rezultă:

$$\frac{k_s + L_1}{L_1} \cdot \frac{1}{\mu_{\max}} = \frac{\theta}{1 + k_D \cdot \theta} \quad (9.46)$$

sau

$$\frac{1}{L_1} \cdot \frac{k_s}{\mu_{\max}} + \frac{1}{\mu_{\max}} = \frac{\theta}{1 + k_D \cdot \theta}. \quad (9.47)$$

Concluzii:

a) Pentru construcția modelului matematic propus pentru reprezentarea proceselor de fermentare anaerobă de contact a nămolurilor orășenești, s-a propus acceptarea unui parametru specific metanogenezei, denumit coeficient de transformare, k_T , care exprimă volumul specific de biogaz, rezultat din descompunerea unității de substanță volatilă conținută în substrat.

b) În scopul eliminării dificultăților generate de reprezentarea substratului și a biomasei în anaerobioză, prin același parametru, substanța volatilă, se formulează unele ipoteze simplificatoare.

c) Modelul matematic, procedeele și metodele de analiză propuse, constituie un instrument util pentru studiul fermentării anaerobe de contact, precum și a proceselor de epurare anaerobă a apelor uzate cu încărcare organică mare, prin procedeul de contact.

9.4. Gazul de nămol

Gazul de nămol este produsul cel mai important al fermentării nămolului.

Utilizarea lui în stația de epurare conduce la satisfacerea, aproape în totalitate, a energiei necesare epurării.

9.4.1. Caracteristici și debite ale gazului de nămol

Gazul de nămol conține aproximativ 30% bioxid de carbon și 70% metan și, în cantități mici, câteva procente de azot, oxigen, hidrogen sulfurat, vapori de apă etc.

El este greu de identificat, deoarece nu are miros; amestecat cu mercaptan, care îi dă un miros specific, devine ușor detectabil.

Considerând greutatea specifică a aerului 1,0 greutatea specifică a metanului este 0,553 kgf/m³, iar a bioxidului de carbon 1,529 kgf/m³.

Aerul necesar combustiei metanului este de 9,5 m³/m³ de gaz metan.

Hidrogenul sulfurat conținut în gazul de nămol este foarte toxic; prin miros pot fi sesizate cantități de 0,001%, iar la concentrații de 0,1% este otrăvitor. În urma fermentării unor nămoluri provenite din unele ape industriale (cum ar fi cele de la fabricile de celuloză și hârtie), rezultă cantități mari de hidrogen sulfurat, cazuri în care este necesară îndepărtarea lui, operația realizându-se cu ajutorul epuratoarelor de gaz, filtre pe mai multe niveluri, având ca material filtrant hidroxidul de fier (pilitura de fier).

Debitele de gaz depind, în mare măsură, de temperatura de fermentare; cu cât temperatura este mai mare, cu atât și cantitatea de gaz este mai mare. Puterea calorică, corespunzătoare gazului metan, este cu atât mai mare cu cât cantitatea de materii solide organice totale este mai mare. În tabelul 9.5 sunt prezentate debitele de gaz și puterile calorice respective, rezultate în urma fermentării nămolurilor menajere, provenite din diferite trepte de epurare.

În cea mai mare parte, gazul rezultat se folosește pentru încălzirea din bazinele de fermentare, cu apă caldă, abur etc.; el se mai utilizează pentru încălzirea încăperilor din stație, pentru becurile de gaz ale laboratoarelor etc.

Una din folosințele principale ale gazului este producerea de putere prin intermediul motoarelor cu gaz cu combustie internă, necesară pentru punerea în funcțiune a generatoarelor de curent electric, a pompelor, compresoarelor de aer sau a altor motoare din stația de epurare. La motoarele cu gaz se consumă

aproximativ $0,7 \text{ m}^3 \text{ gaz/kWh}$. În același scop este utilizat și gazul rezultat în stațiile mari, din incinerarea reținerilor de pe grătare sau din bazinele de flotare, precum și a nămolului fermentat.

Tabelul 9.5

Debite și puteri calorice ale gazului provenit din bazinele de fermentare care tratează nămoluri menajere

Specificări	Epurare mecanică	Epurare mecano-biologică, cu:	
		filtre biologice	bazine cu nămol activ
Materii solide organice totale, [gf/loc, zi]	37,8	50	58
Cantități de gaz, [$\text{dm}^3/\text{loc, zi}$]	20	37,5	43,6
Idem, [dm^3/kgf materii solide organice totale]	500	760	760
Putere calorică, [kcal/loc, zi]	110	210	245
Idem, [kcal/kgf materii solide organice totale]	2900	4200	4200

9.4.2. Construcții pentru înmagazinarea gazului

În urma fermentării nămolului rezultă gaze care sunt înmagazinate în rezervoare de gaz. Acestea pot fi:

- separate;
- așezate alături de bazinul de fermentare;
- făcând corp comun cu bazinul de fermentare, când constituie acoperișul plutitor al bazinului.

Rezervoarele de gaz constau dintr-o cuvă circulară de beton armat, în care se așază un clopot metalic cilindric, a cărui bază superioară este închisă. Cuvă se umple cu apă. Sub presiunea gazului, clopotul se mișcă în sus și în jos, în cuvă, cursa acestuia fiind ghidată de un eșafodaj metalic. În poziția cea mai ridicată, baza inferioară a clopotului trebuie să se găsească sub nivelul minim al nămolului din bazinul de fermentare, cu cel puțin 2,0 m pentru a evita pătrunderea aerului în clopot și, respectiv producerea de explozii. Presiunea gazelor sub clopot variază între 150 și 320 mm CA, limite între care trebuie să se încadreze variațiile zilnice ale volumului de nămol, ca urmare a evacuării nămolului fermentat și introducerii celui nou. Capacitatea clopotului se stabilește în funcție de cantitatea de gaz maximă, pe timp de 6 – 12 ore, sau se ia 0,3 din capacitatea bazinului de fermentare.

Cuvă este prevăzută cu o conductă de golire și una de preaplin, care intră în funcțiune când presiunea din interiorul clopotului de gaz o depășește pe cea maximă, apa putând fi aruncată din cuvă.

Conductele pentru transportul gazelor au diametre sub 200 mm, iar vitezele în acestea, nu depășesc 4 m/s. Pentru a se putea colecta apa de condens, ele se construiesc în pantă (10 – 25 mm/m).

Pentru măsurarea debitelor de gaz sunt prevăzute rotametre sau Venturimetre, executate la fel ca și clopotul, din materiale rezistente la coroziune, deoarece bioxidul de carbon este coroziv. În diferite puncte ale circuitului, pentru măsurarea presiunii din sistemul de colectare și distribuție a gazului sunt montate manometre.

Din punct de vedere al protecției muncii, trebuie acordată o atenție deosebită instalării de dispozitive speciale contra flăcării, în toate zonele unde există acest pericol, în special în punctele alimentării motoarelor cu gaz, boilerelor și arzătoarelor.

9.5. Tratarea și îndepărtarea nămolurilor

Principalele obiective ale tratării nămolului sunt:

- reducerea volumului acestuia, în continuare, prin deshidratare;
- stabilizarea, micșorarea sau reducerea completă a pericolului prezentat de nămolul fermentat, din punct de vedere sanitar;
- realizarea unor condiții corespunzătoare utilizării lui etc.

Cantitatea de nămol care trebuie tratat, precum și cea rezultată ca urmare a diferitelor tratări, sunt prezentate în tabelul 9.1.

În procesul de tratare a nămolurilor se deosebesc trei faze sau tipuri de tratare: preliminară, în scopul pregătirii (îngroșării) nămolului, în vederea tratării ulterioare; deshidratare și deshidratare avansată.

9.5.1. Tratări preliminară

Acestea se realizează prin următoarele procedee: îngroșare, elutriere, coagulare, centrifugare.

Îngroșarea se produce în așa-numitele îngroșătoare sau concentratoare de nămol și este practică uneori, și înainte de a se introduce nămolul în bazinele de fermentare. Îngroșătoarele de nămol sunt asemănătoare decantoarelor radiale, având prevăzute, pentru accelerarea îngroșării, o serie de bare metalice, perpendiculare pe radier, care se rotesc cu o viteză de 1 rot/h. În lungul lor, barele favorizează îngroșarea nămolului prin facilitarea circulației apei spre suprafață, împiedicând formarea pungilor de gaze de fermentație. Îngroșătoarele pot reduce volumul de nămol inițial, până la jumătate.

Îngroșătoarele de nămol se dimensionează pentru o încărcare superficială de maximum $0,75 \text{ m}^3/\text{m}^2$ și h sau 50 kg materii solide în suspensie, decantabile/ m^2 și zi. Adâncimea la perete a îngroșătoarelor de nămol radiale nu trebuie să depășească 3,0 m iar radierul trebuie să aibă o înclinare către centru mai mare ca a decantoarelor radiale (adâncimea la centru este de maximum 6,0 m). Timpul de decantare la îngroșătoare este de circa 3 ore.

Elutrierea nămolului are scopul de a îndepărta din nămolul fermentat, coloizii și particulele fin dispersate, ceea ce conduce la scăderea rezistenței specifice la filtrare, respectiv la o eficiență mai mare a filtrării nămolului. De asemenea, prin elutriere se micșorează alcalinitatea nămolului, necesară în special când se prevede folosirea de coagulanți pentru condiționarea nămolului (cazul vacuumfiltrelor). În acest caz, elutrierea conduce la reducerea cantității de

coagulant. În timpul fermentării nămolului, ca o consecință a formării de amoniac, acizi organici și bicarbonați, se constată creșterea alcalinității.

Procedeele de elutriere a nămolului sunt:

- într-o singură treaptă, respectiv un singur bazin, unde are loc și sedimentarea nămolului, procesul fiind intermitent;
- în două sau mai multe trepte, respectiv mai multe bazine, folosindu-se apă curată, pentru spălare, în fiecare treaptă;
- în contracurent, proces continuu de spălare, în care apa circulă în contracurent cu nămolul, apa proaspătă de spălare introducându-se în cea de-a doua treaptă, de unde se scoate și nămolul elutriat.

Ca apă de spălare se utilizează apă uzată, epurată biologic, apă de râu, de rețea etc.

Apa de spălare, împreună cu nămolul, se amestecă într-o cameră de amestec, prevăzută cu amestecător mecanic, timp de 20 – 90 s; amestecul trebuie să fie suficient de puternic, pentru a ține în suspensie nămolul, evitând în același timp distrugerea flocoanelor naturale, care se formează. Un amestec bun se poate realiza și în timpul pompării apei și a nămolului spre bazinele de elutriere.

Forma în plan a bazinelor de elutriere este circulară sau pătrată, fiind asemănătoare cu îngroșătoarele de nămol, având de cele mai multe ori și bare metalice verticale. Pentru evitarea aglomerărilor de nămol, care depășesc mai mult de jumătate din înălțimea bazinului, este necesar ca evacuarea nămolului elutriat să se facă cu regularitate.

În funcție de natura nămolului, de alcalinitatea sa și a agentului de elutriere, precum și de metoda de elutriere se va stabili cantitatea de apă de spălare.

Dimensiunile bazinelor de elutriere depind de numeroși factori. Astfel, tratarea prin elutriere a nămolului primar fermentat necesită bazine mai mici decât cele folosite, de exemplu pentru nămolurile primare fermentate în amestec cu nămoluri fermentate în exces. Nămolurile cu procente mici de materii solide totale, organice, au densitatea inițială mai mare decât cele cu procente mari și, de aceea, elutrierea este mai dificilă. În comparație cu celelalte metode, cele mai mici cantități de apă de spălare, sunt necesare folosind metoda în contracurent. Modul de exploatare, continuu sau intermitent, influențează de asemenea dimensiunile bazinelor de elutriere.

Încărcarea maximă a unui bazin de elutriere trebuie să rămână sub $32 \text{ m}^3/\text{m}^2$ și zi, iar timpul de staționare a apei în bazin este de circa 4 ore și nu trebuie să coboare sub 3 ore.

Coagularea sau condiționarea chimică a nămolului are drept scop modificarea structurii nămolului, aceasta conducând la micșorarea rezistenței specifice la filtrare și ușurarea sarcinii de deshidratare a nămolului în filtrele presă sau cu vacuum.

Pentru condiționarea chimică a nămolului se utilizează, în general, coagulanți similari celor folosiți pentru apele uzate, adică săruri de aluminiu (sulfat de aluminiu, clorură de aluminiu), săruri de fier (sulfat feros, sulfat de fier clorurat,

clorură ferică) ș.a. Acești electroliți se utilizează singuri sau asociați cu var. Rezultate bune s-au obținut și cu polielectroliți organici anionici și cationici.

Dozele de coagulant se stabilesc pentru fiecare tip de nămol, prin cercetări de laborator. Cercetări efectuate asupra diferitelor tipuri de nămoluri au arătat că dozele de coagulant depind, în principal, de proveniența și caracteristicile chimice ale nămolurilor și că acestea variază între 1 – 10% (procente în greutate, față de materiile solide totale, uscate, din nămol).

Dozele optime de coagulant pentru nămoluri, la fel ca și pentru apele uzate, se determină în laborator și, uneori, cu ajutorul diferitelor formule, recomandate de literatura de specialitate.

Polielectroliții organici, cationici sau ionici, produc la doze mici, o floclare rapidă a nămolurilor, turtele de nămol, rezultate în urma filtrării acestuia, având umiditatea mai mică decât în cazul folosirii coagulanților chimici. În prezent, aceștia au dezavantajul unui preț de cost ridicat.

9.5.2. Deshidratarea

Deshidratarea nămolurilor continuă procesul de reducere a procentului de umiditate a nămolurilor.

Deshidratarea se realizează prin:

– procedee naturale (pe platforme de uscare și iazuri de nămol); sunt folosite când cantitățile de nămol nu sunt prea mari și se dispune de suprafețe mari de teren;

– procedee artificiale (pe filtre presă, pe filtre cu vacuum, în centrifuge etc.); sunt aplicate în cazul tratării unor cantități mari de nămol și necesită, întotdeauna, tratări preliminare.

Platformele pentru uscarea nămolului sunt construcții executate la suprafața solului, caracterizate prin natura stratului de susținere. Din acest punct de vedere, se deosebesc:

- platforme cu strat de susținere impermeabil, executate în cazul unor soluri permeabile, a căror infestare ar putea produce prejudicii;
- platforme cu strat de susținere permeabil.

Deshidratarea se realizează ca urmare a infiltrării (drenării) în sol și evaporării apei din nămol. Platformele de nămol trebuie așezate la distanțe de cel puțin 60 m de locuințe, deoarece mirosul care rezultă în timpul deshidratării este neplăcut.

Alegerea procedurii de deshidratare pe platforme este condiționată de posibilitatea obținerii de suprafețe mari pentru construcția acestora; pentru un număr de 15.000 – 20.000 de locuitori deserviți, suprafețele necesare sunt atât de mari, încât folosirea filtrelor presă sau vacuum este mai avantajoasă. Platformele sunt recomandate, în același sens, în zonele cu precipitații mici, cu perioade scurte de îngheț, pentru a putea fi folosite aproape tot timpul anului, acolo unde nivelul apei subterane nu este prea aproape de suprafața solului, unde există posibilitatea trimiterii nămolului pe platforme, prin gravitație etc.

Platformele impermeabile se execută pe straturi de argilă de 20 – 30 cm grosime sau din beton, în grosime de 10 cm, peste care se aşează stratul de susţinere drenant.

Pentru platformele cu curăţare manuală, lăţimea platformelor de uscare trebuie să rămână sub 4 – 6 m, iar pentru cele cu curăţare mecanică, maximum 20 m. Lungimea uzuală a platformelor, deşi nu este limitată, variază între 15 şi 45 de metri. Compartimentarea platformelor pentru obţinerea lăţimilor şi lungimilor de mai sus se realizează prin diguri de pământ, înalte de 30 – 40 cm şi, de obicei, prin garduri de beton prefabricate. Pentru exploatarea eficientă a platformelor, când suprafaţa depăşeşte 150 m², acestea trebuie să aibă cel puţin două compartimente (de obicei, există trei compartimente).

Accesul nămolului pe platformele de dimensiuni mai mari se face prin tuburi de oţel cu diametre de cel puţin 150 mm; pentru platforme cu dimensiuni mai mici, accesul se poate face şi prin jgheaburi cu secţiune semicirculară. Viteza nămolului în jgheaburi şi conducte trebuie să fie mai mare de 1,0 m/s.

Nămolul de pe platforme poate fi curăţat manual, cu lopata, iar evacuarea lui se poate realiza cu roaba sau vagonetul, şi mecanic, cu ajutorul excavatoarelor, a maşinilor speciale etc. Transportul se face cu canioane, electrocare etc.

La fiecare umplere a platformei de uscare, înălţimea nămolului este de circa 20 cm, considerându-se, în medie, 9 umpleri pe an; dacă platformele sunt acoperite, numărul de umpleri poate creşte până la 15.

Referitor la *proiectarea platformelor de uscare a nămolului*, menţionăm că suprafaţa acestora este în funcţie de felul nămolului şi condiţiile climatice, sistemul de canalizare din care provin apele uzate şi caracteristicile acestor ape, alcătuirea staţiei de epurare etc. Timpul de deshidratare a nămolului pe platforme depinde, în cea mai mare măsură, de grosimea stratului de nămol stabilit la fiecare umplere. Acest timp este mai mic în zonele cu însorire puternică, ploi puţine şi umiditate relativă mică. La stabilirea suprafeţei platformelor trebuie să se ţină seama şi de influenţa vântului, care condiţionează evaporarea apei din nămol. Umiditatea nămolului evacuat de pe platforme este de 55 – 75%.

În tabelul 9.6 sunt prezentate suprafeţele necesare platformelor de uscare, pentru toate categoriile de nămoluri fermentate.

Tabelul 9.6

Suprafaţa platformelor de uscare pentru diferite categorii de nămoluri

Felul nămolului fermentat	Cantitatea de nămol fermentat [dm ³ /loc, zi]	Suprafaţa platformei [m ² /loc]	Încărcarea în locuitori [loc/m ² platf]
Nămol de la decantarea primară	0,26	0,05	20
Nămol de la epurarea mecano-biologică, efectuată în:	0,43	0,09	11
– filtre biologice de mică încărcare	0,48	0,10	10
– bazine de nămol activ de mică încărcare	0,79	0,16	6
– bazine de nămol activ de mare încărcare	0,52	0,10	10

Exemplul de calcul 9A: Să se dimensioneze platformele de uscare a nămolului provenit din stația de epurare a unei localități cu 25.000 de locuitori, a cărei epurare biologică se realizează în bazine cu nămol activ de mare încărcare. Caracteristicile nămolului sunt: coeficientul de vâscozitate dinamică, $\eta = 1,0$ centipoise; umiditatea inițială, $C_1 = 90\%$; rezistența specifică la filtrare, $r = 10 \times 10^{10}$ cm/gf; rezistența specifică convențională, $R = 10$ cm/gf; greutatea specifică a nămolului, $\gamma = 1,1$ gf/cm³.

Cantitatea de nămol fermentat pe zi, conform tabelului 9.6, este:

$$V_{nf} = 25.000 \times 0,52 = 13 \text{ m}^3/\text{zi}.$$

Suprafața platformelor de uscare, conform tabelului 9.6, este:

$$A_p = 0,1 \times 25.000 = 2.500 \text{ m}^2.$$

Se proiectează 10 platforme, cu lungimea de 50 m și lățimea de 5 m, sau, 5 platforme, cu dimensiunile de 100 × 5 m.

Iazurile de nămol se execută în depresiunile naturale, foste cariere de nisip, gropi de cărămidă etc.

Dacă solul nu este suficient de permeabil, pentru ca o parte din apa de nămol să se infiltreze prin radierul iazului, se execută preaplinuri, care conduc apa de nămol în emisarul învecinat sau, dacă acest lucru nu este posibil, în stația de epurare.

Iazurile se golesc de nămol la câțiva ani o dată; însă, dacă volumele de acumulare sunt mari și există în apropiere și alte posibilități de construire a unor iazuri noi, se renunță la golirea iazului și, după umplere, terenul este dat în folosință agricolă. În S.U.A., nămolurile provenite din stațiile de epurare ale mai multor orașe importante (Chicago, Philadelphia, Baltimore etc.) sunt deshidratate în iazuri de nămol.

Uneori, iazurile de nămol sunt folosite și pentru fermentarea nămolului. De asemenea, când se renunță la golirea lor, în aceste iazuri se produce fermentarea, deshidratarea și îndepărtarea nămolului.

La **proiectarea iazurilor de nămol** trebuie să se țină cont de următoarele aspecte: descărcarea nămolului să se facă sub suprafața nămolului din iaz; iazurile de nămol să fie amplasate la suficientă distanță de locurile și șoselele importante, pentru a evita mirosurile neplăcute; apa de nămol se înapoiază în stația de epurare și, când este posibil, se evacuează în emisar; se va evita poluarea apei subterane; adâncimea iazurilor va rămâne în jur de 1,5 m.

Iazurile care servesc numai pentru fermentarea nămolului, care de altfel sunt bazine deschise, în pământ (vezi §.9.2 și tabelul 9.4), se dimensionează astfel încât la o încărcare de 1 kgf materii solide totale pe an să corespundă 0,010 m³ volum de iaz.

În cazul în care iazurile sunt folosite atât pentru fermentarea nămolului, cât și pentru deshidratarea acestuia, pentru 1 kgf materii solide pe an trebuie să corespundă 0,25 m³ volum de iaz. Unele cărți de specialitate recomandă ca volumul iazurilor pentru deshidratare să fie de 2 – 3 ori mai mare decât cel al nămolului prelucrat pe platformele de uscare, pe timp de un an.

Vacuumfiltrele constau dintr-un tambur cu diametrul de 1,5 – 2,0 m sau chiar mai mult, pe a cărei suprafață laterală este așezat filtrul.

Tamburul este scufundat într-o baie de nămol, în proporție de 15 – 40% din suprafața lui laterală, și se rotește orizontal, cu o viteză de 1 rot/min. Nămolul din baia de nămol este agitat mecanic, cu o viteză de 10 – 15 rot/min, împiedicându-se astfel depunerea lui în baie. Spațiul din interiorul tamburului este compartimentat în lungul acestuia, formând o serie de celule longitudinale, care pot fi supuse la diferite presiuni. Vacuumul format în interiorul celulelor face ca nămolul din baie să se prindă la exteriorul filtrului, de unde este îndepărtat de un răzuitor. Dacă, la acțiunea răzuitorului, nămolul nu se desprinde ușor de filtru, se creează în interiorul tamburului, o presiune care împinge și dezlipește turta. În funcție de vacuumul care se realizează în interior, turtele de nămol au grosimi de 4 – 10 mm. Transportul turtelor la exterior, se face cu ajutorul unei bande transportoare. Apa rezultată din filtrare este evacuată printr-o conductă așezată în axul tamburului și trebuie înapoiată în stația de epurare, deoarece are un CBO_5 mare.

Vacuumul necesar (400 – 500 mm CA) este realizat de pompe de vacuum, care consumă aproximativ $1,5 \text{ kW/m}^2$ de suprafață filtrantă. În funcție de dimensiunile tamburului, puterea de antrenare a acestuia variază între 4 – 6 kW, iar a agitatorului între 2 și 4 kW.

Consumul total de energie al vacuumfiltrelor este de aproximativ 6 kW/m^3 de nămol supus filtrării.

În prealabil, nămolul supus filtrării trebuie tratat. Se recomandă ca această operație să se realizeze astfel:

- cu 2,5% clorură de fier, pentru nămolul proaspăt fermentat;
- cu 7% clorură de fier, pentru nămolul în exces.

Nămolul și clorura de fier sunt considerate în cantități uscate.

Uneori, este necesar să se adauge 7 – 10% var. Dacă, în prealabil, se procedează la elutrierea nămolului, cantitatea de clorură de fier se micșorează.

Filtrul este executat dintr-o țesătură de bumbac, lână, fibre sintetice etc. Durata de utilizare a unei pânze filtrante este de 1 – 2 luni, perioadă după care aceasta trebuie curățată prin periere, cu ajutorul aburilor sau a diferitelor soluții chimice.

Productivitatea vacuumfiltrelor se situează între 10 și 30 kgf substanțe solide în suspensie, uscate, în greutate/h și m^2 .

Umiditatea nămolului (a turtei) ajunge, după vacuumfiltrare, la 65 – 70%. Când provin din nămolul fermentat, turtele sunt fără miros; cele provenite din nămol nefermentat, dacă apele uzate au avut un pronunțat caracter industrial (de exemplu, din industria anorganică), sunt de asemenea lipsite de miros.

Vacuumfiltrele fabricate la noi în țară au suprafețele de 5, 10, 40 și 80 m^2 .

Pentru *dimensionarea* vacuumfiltrelor se determină, mai întâi, *productivitatea* acestora, folosind relația:

$$L = \frac{k \cdot \tau \cdot \delta}{\sqrt{R}}, \quad (9.48)$$

în care:

L este productivitatea filtrului, [kg materii solide separabile prin decantare, uscate, în greutate/m² și h];

k – coeficient, egal cu 0,75 (se apreciază că rezultatele din laborator sunt mai bune decât cele la scară industrială);

R – rezistența specifică convențională, determinată pentru o presiune $P = 4,9 \times 10^5$ dyne/cm² (500 daN/cm²); $R = r \cdot 10^{-10}$ cm/gf, r fiind rezistența specifică la filtrare; R și r se determină în laborator;

τ , δ – sunt date de relațiile:

$$\tau = 0,25 \sqrt{\frac{(100 - C_i)(100 - C_f)}{C_i - C_f}} \quad (9.49)$$

$$\delta = \sqrt{\frac{m \cdot \Delta P}{\eta \cdot M}}, \quad (9.50)$$

în care:

C_i este umiditatea inițială a nămolului, înainte de filtrare, [%];

C_f – umiditatea finală, după filtrare, a turtei, [%];

m – imersia tamburului, [%];

ΔP – gradientul de presiune, [mm col. Hg];

η – coeficientul de vâscozitate dinamică a filtratului, [centipoise];

M – durata unei rotații a tamburului, [min].

În general, pentru temperatura de 20°C și $\eta = 1$ cP, $m = 30\%$, deci, ecuația (9.50) devine:

$$\delta = \sqrt{\frac{30 \cdot P}{M}}. \quad (9.51)$$

Pentru o durată de funcționare a vacuumfiltrelor de 16 ore, suprafața de filtrare se calculează cu relația:

$$A = \frac{10 \cdot Q \cdot \gamma \cdot (100 - C_i)}{16 \cdot L}, \quad (9.52)$$

în care:

A este suprafața de filtrare, [m²];

Q – debitul de nămol, [m³/zi];

γ – greutatea specifică a nămolului, [gf/cm³];

C_i – umiditatea inițială a nămolului, [%];

L – productivitatea filtrului.

Se recomandă ca vacuumfiltrele să fie folosite pentru o rezistență specifică la filtrare, $r < 100 \cdot 10^{10}$ cm/gf (sau $R < 100$) și un coeficient de compresibilitate, $s > 1$; de asemenea, pentru $r \leq 5 \cdot 10^{10}$ cm/gf este necesară condiționarea nămolului.

Exemplul de calcul 9B: Să se dimensioneze filtrele-vacuum, folosind ca date de bază cele din exemplul 18A și considerând $\Delta P = 400$ mm col. Hg, $M = 2$ min,

$C_i = 90\%$, $C_f = 70\%$, $r = 5 \times 10^{10}$ cm/gf, $R = 5$ cm/gf, $\gamma = 1,1$ gf/cm³; $\eta = 1,0$ cP. Deoarece $r < 100 \cdot 10^{10}$ cm/gf, se pot adopta vacuumfiltre; de asemenea, deoarece $r = 5 \cdot 10^{10}$ cm/gf, este necesară condiționarea nămolului.

Productivitatea vacuumfiltrelor se calculează cu relația (9.48); conform relațiilor (9.49) și (9.50), $\tau = 0,970$, $\delta = 77,5$, deci $L = 25,17$ kgf materii solide în suspensie, separabile prin decantare/m² și h.

Suprafața de filtrare se determină cu ecuația (9.52), deci $A = 3,55$ m².

Se alege două vacuumfiltre (unul de rezervă) cu suprafața de 5 m² fiecare.

Filtrele presă au fost primele instalații artificiale folosite pentru deshidratarea nămolului fermentat. O perioadă de timp, datorită consumului mai mare de coagulanți, în comparație cu vacuumfiltrele, precum și datorită numeroaselor manevre de încărcare și descărcare a filtrelor, acestea au fost mai puțin folosite. O dată cu automatizarea manevrelor, ele și-au recâștigat importanța, în special datorită umidității mai mici a turtelor obținute în aceste filtre (50 – 65%), în comparație cu cele obținute cu ajutorul vacuumfiltrelor (65 – 70%).

Un filtru presă este constituit dintr-o serie de camere, formate din cadre metalice, pătrate sau circulare, pe care se așază filtrul propriu-zis. Dimensiunile cadrelor pot fi, de exemplu, de 1,5 × 1,5 m. Un filtru este format din 30, 40, 50 și chiar 100 de camere.

Volumul util pentru 100 de camere, de exemplu, poate ajunge la 10 m³, respectiv o suprafață de filtrare de circa 400 m².

Presiunea de filtrare variază între 6 și 8 at, în funcție de caracteristicile nămolului și durata ciclului de filtrare, care, la rândul ei, depinde de natura nămolului, presiunea necesară etc., variind între 1 și 2 ore (inclusiv timpul de filtrare și de încărcare-descărcare a nămolului). Nămolul, introdus printr-un tub central, intră în spațiile de presare și, apoi, în camere. După trecerea timpului de filtrare, camerele se desfac, iar turtele cad pe o bandă transportoare sau în buncăre.

Capacitatea de filtrare a filtrelor presă variază între 5 și 15 kgf substanțe solide în suspensie/m² și h.

Necesarul de energie electrică este de 3 kWh/m³ nămol introdus în filtru, pentru prelucrare.

Pentru **dimensionarea** filtrelor presă se determină, în primul rând, **durata de presare (filtrare)**, cu relația:

$$t_p = \frac{1,42 \cdot \eta \cdot R \cdot d^2 \cdot \gamma \cdot (100 - C_f) \cdot (C_i - C_f)}{10^4 \cdot P \cdot (100 - C_i)}, \quad (9.53)$$

în care:

t_p este timpul de presare, [h];

d – distanța între pereții filtranți ai camerei, [cm];

γ – greutatea specifică a nămolului, [gf/cm³];

P – presiunea de lucru, [at];

η – coeficientul de vâscozitate dinamică, [cP];

R – rezistența specifică convențională de filtrare, [cm/gf].

Durata de presare nu include timpii necesari alimentării, descărcării și curățirii plăcilor filtrante, care depind de tipul instalației. Timpul total de presare T , corespunzător unui ciclu, este egal cu timpul de presare propriu-zis t_p , la care se adaugă timpii necesari operațiilor auxiliare t_a , deci $T = t_p + t_a$. În cazul curățirii manuale a plăcilor filtrante, t_a poate fi considerat egal cu t_p . La instalațiile moderne, automatizate, t_a este de numai 10 – 15 min.

Se recomandă ca filtrele de presă să fie folosite în condițiile în care $r < 50 \cdot 10^{10}$ cm/gf ($R < 50$) și $s > 1$; pentru $r \leq 10 \cdot 10^{10}$ cm/gf se recomandă condiționarea nămolului.

9.5.3. Deshidratarea avansată

Problema tratării și îndepărtării nămolurilor, mai ales în stațiile mici de epurare, este rezolvată doar parțial, atât prin procedeele naturale, cât și prin cele artificiale de deshidratare a nămolurilor. După deshidratare, în instalațiile menționate nămolul mai conține cantități importante de materii organice, umiditate, respectiv volumul acestuia este mare și periculos din punct de vedere sanitar.

Instalațiile moderne de deshidratare și îndepărtare a nămolurilor urmăresc o reducere mai mare a materiilor organice, în comparație cu reducerea obținută prin metodele clasice și chiar reducerea completă a acestora. Reducerea avansată a materiilor organice se obține prin tratarea termică a nămolului și prin oxidarea umedă, în timp ce reducerea completă a materiilor organice se realizează prin arderea pe pat fluidizat și prin incinerare. La primele trei procedee se tratează nămol nefermentat (se elimină, deci, instalațiile de fermentare a nămolului), iar la ultimul procedeu – nămol fermentat și deshidratat în filtre.

Tratarea termică a nămolului se face, îndeosebi, prin procedeul Porteous. După tratare, nămolul brut, cu umiditate de 96%, are un volum de numai 8% din cel inițial, umiditatea 90%, este consistent și ușor de manevrat. În timpul procesului de tratare, nămolul:

- este supus la temperaturi înalte;
- își pierde calitățile inițiale;
- sedimentează foarte ușor în îngroșătorul de nămol final.

Dacă, după tratare, nămolul este trecut prin filtre presă, umiditatea este de 50 – 55%. Întregul proces de tratare termică, inclusiv filtrarea, durează circa 4 ore.

Oxidarea umedă a nămolului se realizează după procedeul Zimpro, care se bazează pe faptul că toate substanțele combustibile aflate în apă, în suspensie sau dizolvate, se pot oxida în intervalul de temperaturi 120 – 130°C. Procesul de oxidare umedă se desfășoară în trei faze:

- a) în prima fază se realizează prelucrarea nămolului;
- b) în faza a doua, nămolul adus la o presiune de 20 at, este încălzit până la temperatura de 160°C, pentru a fi oxidat;
- c) în faza a treia are loc filtrarea nămolului în filtre cu vacuum.

Turtele de nămol:

- au o umiditate de 60 – 65%;
- sunt sterile;
- nu conțin germeni patogeni;
- nu au miros.

Arderea nămolului pe pat fluidizat se realizează, de cele mai multe ori, după procedeul Fluo-Solid. Patul fluidizat, aplicat de mult timp în industrie, este constituit din nisip de siliciu cu granule uniforme; el este încălzit și ținut în suspensie printr-un curent de gaz (de obicei, aer). *Într-o primă fază de preparare*, se realizează deznisiparea nămolului și îngroșarea lui. *În faza a doua*, nămolul este deshidratat în vacuumfiltre sau centrifuge. *În faza a treia*, a combustiei, nămolul este ars pe pat fluidizat, folosindu-se, la început, pentru încălzire, un combustibil, apoi procesul continuă prin autocombustie. *În faza a patra*, tratarea gazelor și separarea substanțelor solide se realizează cu ajutorul unei instalații de spălare, în care se produce separarea gazului de cenușă.

Incinerarea nămolului, practică de peste 50 de ani, se realizează în furnale de tip Nichols Herreshoff, având diametre de 5 – 7 m, înălțimi de 10 – 12 m și capacități de prelucrare a nămolului de 6 – 9 m³/h. Turtele de nămol fermentat, rezultate de la filtre, sunt concasate și apoi introduse în furnale, pe la partea superioară. Nămolul de aici cade pe o serie de cuptoare (6 – 9), unde este ars la temperaturi de 400 – 650°C. Gazele rezultate în timpul combustiei trec, de sus în jos, prin turnuri și scrubere de răcire și ajung, apoi, în atmosferă. Cenușa rezultată la incinerare este transportată în afara stației de epurare.

9.5.4. Îndepărtarea și valorificarea nămolurilor

Nămolurile rezultate în urma deshidratării sunt îndepărtate din stația de epurare, putând fi depozitate în gropi (foste cariere de cărămidă sau nisip), în depresiuni, în mare sau pot fi răspândite pe terenurile agricole, pentru fertilizarea acestora. În Marea Britanie, în orașe mari (Manchester, Glasgow, Liverpool), nămolul deshidratat se evacuează în mare, la 15 – 20 km de coastă, fără a prejudicia viața acvatică.

Deși valoarea ca îngrășământ necesar solului este destul de mică, întrebuințarea nămolului în agricultură este practică în numeroase ocazii. Azotul, fosforul sub formă de acid fosforic (P₂O₅) și potasiul sub formă de oxid de potasiu (K₂O) au acțiuni fertilizatoare asupra solului; nămolul mai conține, în plus, și o bună parte din substanțele organice inițiale. Azotul ajută, în special, la dezvoltarea frunzelor și a tulpinei, fosforul – la formarea rădăcinilor, iar potasiul – la producerea de clorofilă. Humusul format de substanțele organice mărește capacitatea solului de a reține apa, de a rezista la eroziune și de a constitui un substrat pentru bacterii.

Valoarea fertilizatoare a nămolului depinde, în mare măsură, de stadiul de tratare, respectiv de proveniența lui. Nămolul nefermentat conține organisme patogene și, din acest punct de vedere trebuie luate măsuri de protecție sanitară la

manipularea și folosirea lui; însă, are valoare fertilizatoare mai mare decât nămolul fermentat (de exemplu, nămolul fermentat conține 40 – 50% mai puțin azot decât nămolul proaspăt). După răspândirea nămolului (atât fermentat, cât și proaspăt) pe terenurile agricole, acestea trebuie arate, folosirea lor fiind interzisă pentru plante ale căror rădăcini, frunze etc. se consumă în stare proaspătă. Din punct de vedere sanitar, nămolurile deshidratate prin tratare termică sau oxidare umedă sunt mai puțin periculoase.

Folosirea compostării nămolului fermentat sau nefermentat conduce la obținerea unui produs de calitate superioară, din punct de vedere fertilizator, adăugându-se, eventual, și producția de metan. La compostarea nămolului trebuie să se adauge materii uscate, care favorizează trecerea aerului prin straturile de compost. În acest sens se folosește, de obicei, un amestec de 0,5 m³ nămol și 75 kgf turbă. O compostare mult mai bună se realizează amestecând nămolul cu gunoi menajer, astfel încât, umiditatea amestecului să fie de 40 – 50%. Gunoiul asigură amestecului o proporție favorabilă de carbon și azot, de circa 15:1, furnizând carbonul care lipsește nămolului.

În mod natural, compostarea nămolului se realizează în grămezi-depozite, în care temperatura se ridică, spontan, la 70°C. În timpul fermentării, conținutul de apă scade, iar germenii sunt distruși.

Uneori, se preferă compostarea artificială, realizată într-un tambur stabilizator, în care nămolul este ținut timp de o zi, la temperatura de 120°C. Materialul rezultat este mărunțit și așezat în grămezi de 1,5 m înălțime, de unde, după câteva zile de fermentare anaerobă, poate fi folosit ca îngrășământ.

Nămolul mai poate fi valorificat pentru producerea de proteine (sub forma unor turte de nămol cu 10% umiditate, folosite pentru hrana păsărilor și a altor animale), fabricarea drojdiei furajere, producerea vitaminei B 12, producerea de brichete pentru încălzire etc.

Dezinfectarea și clorarea apelor uzate și a nămolurilor

Clorul, sub formă de clorură de var, a fost folosit pentru prima dată la Londra, în anul 1887, pentru îndepărtarea mirosului din apele uzate. În prezent, clorul este întrebuințat pentru dezinfectarea apelor uzate, precum și pentru o multitudine de folosințe din stația de epurare (îndepărtarea mirosului, reducerea CBO₅-ului etc.).

10.1. Dezinfectarea apelor uzate

Dezinfectarea apelor uzate nu este sinonimă cu sterilizarea acestora, deoarece prin dezinfectare nu se distrug toate organismele din apă, așa cum se produce prin sterilizare.

Pentru apele uzate, dezinfectanții trebuie să îndeplinească următoarele condiții:

- să distrugă în totalitate bacteriile patogene;
- la concentrații uzuale, să nu fie toxici pentru om sau animale;
- să se manipuleze și să se înmagazineze ușor;
- să aibă un preț rezonabil;
- concentrația lor în apa uzată să poată fi determinată rapid;
- într-o concentrație mică, sub formă reziduală, să persiste o anumită perioadă de timp, pentru a preveni o eventuală contaminare.

Dintre dezinfectanții chimici utilizați frecvent, menționăm:

- clorul;
- bromul;
- iodul;
- ozonul;
- permanganatul de potasiu etc.

Clorul și compușii lui îndeplinesc cel mai bine condițiile prezentate anterior, ceilalți dezinfectanți fiind neeconomici.

Dezinfectarea prin căldură sau prin raze ultraviolete poate fi luată în considerare numai ocazional și doar pentru cantități mici de ape uzate, deoarece acest procedeu este, de asemenea, costisitor.

Factorii care influențează în cea mai mare măsură dezinfectarea chimică sunt:

– *natura organismelor, concentrația și distribuția lor*. Bacteriile nesporiforme sunt mai puțin rezistente la dezinfecție, decât cele sporiforme. Dintre bacteriile enterice, *Escherichia coli* este mult mai rezistentă decât bacteriile

patogene; unii viruși enterici sunt, totuși, mult mai rezistenți decât *Escherichia coli* (virusul de poliomielită, de exemplu); virusul de hepatită este foarte rezistent la dezinfecțanți. De multe ori, concentrațiile puternice de organisme pot face ineficace dozele de dezinfecțanți, considerate normale;

– *natura, distribuția și concentrația dezinfecțanților în apă* influențează, în mare măsură, procesul de dezinfecțare;

– *proveniența și caracteristicile apelor uzate care trebuie dezinfecțate*. În anumite condiții, materiile în suspensie din apă, pot să protejeze organismele de distrugere. În cantități mai mari decât cele normale, materiile organice conduc la creșterea necesarului de clor. Pe de altă parte, cu cât temperatura apelor uzate este mai mare, cu atât distrugerea organismelor este mai rapidă;

– *timpul de contact* acționează în sensul măririi eficienței, pe măsură ce el crește. Pentru ca dezinfecțarea să aibă loc, trebuie asigurat un timp minim de contact.

Clorul este furnizat sub formă:

- lichidă;
- gazoasă.

Prin comprimare la 5+10 at și răcire, clorul gazos este lichefiat. Pentru tratarea apelor uzate (dezinfecțare, reducerea CBO₅-ului, îndepărtarea mirosului) este preferat clorul lichid, deoarece are cel mai mic cost, în comparație cu ceilalți dezinfecțanți.

În stare naturală, clorul este de culoare galben-verzui și are următoarele proprietăți:

- greutatea atomică este 35,46;
- greutatea specifică este 3,12 gf/dm³, la 15°C și 760 mm CA;
- punctul de lichefiere este la -34,1°C;
- 1 kgf clor produce 314 dm³ clor gazos, la 15°C și 760 mm CA; 1 dm³ clor lichid corespunde la 456 dm³ clor gazos;
- solubilitatea în apă a clorului depinde de temperatură:
 - la 20°C există 7,3 gf clor într-un dm³ de apă;
 - la 10°C, 10 gf clor/dm³;
 - la 0°C, 14,6 gf clor/dm³;
- este un gaz iritant și sufocant;
- este necorosiv în stare pură și în mediu uscat;
- este foarte corosiv în mediu umed, datorită degajării de oxigen și acid clorhidric.

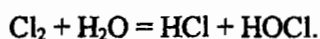
În aer, mirosul de clor este detectat la concentrații de 3,5 p.p.m. (părți pe milion), în volume; gazul devine foarte iritant la concentrații de 40+60 p.p.m.; inhalarea de clor gazos, în concentrații de 40+60 p.p.m., timp de 30+40 minute, este periculoasă; la concentrații de 1.000 p.p.m., gazul este fatal.

Clorul lichid este de 1,5 ori mai greu decât apa; este foarte coroziv în mediu umed (la fel ca și clorul gazos). Clorul lichid se păstrează în containere de diferite dimensiuni sau în butelii de oțel, la presiunea de 6+8 at, cu conținut de 25 – 45 kg clor, care trebuie manipulate cu mare precauție.

Dintre compușii clorului, care pot fi folosiți pentru dezinfectare, cei mai des utilizați sunt:

- clorura de var (CaOCl_2);
- hipocloritul de calciu;
- hipocloritul de sodiu.

Sub formele de mai sus, clorul se dezvoltă în apă, producând o serie de reacții, astfel:



Acidul hipocloros se descompune după relația:



Oxigenul format este un puternic oxidant, producând dezinfectarea apei. În același timp, clorul acționează asupra bacteriilor, distrugându-le.

Este necesar ca, după introducerea clorului în apa uzată, acesta să rămână în contact timp de 30 de minute (în unele țări, se consideră suficient timpul de 15 min). Doza de clor este considerată suficientă dacă în apa uzată, după trecerea timpului de contact, mai există o cantitate de clor, numită *clor rezidual*, de 0,5 – 1,0 mgf/dm³ (în S.U.A. – 2,0 mgf/dm³).

Dozele de clor, necesare apelor uzate și nămolurilor, astfel încât, după timpul de contact, clorul rezidual să fie de 0,5 – 1,0 mgf/dm³, sunt date în tabelul 10.1.

Tabelul 10.1

Doze de clor pentru ape uzate și nămoluri

Felul apei sau nămolului	Doza de clor [mgf/dm ³]
Apă uzată brută	6 – 24
Apă uzată decantată	3 – 18
Apă uzată, după coagulare	3 – 12
Apă uzată, după filtrele biologice	3 – 9
Apă uzată, după bazinele cu nămol activ	3 – 9
Apă uzată, după filtrele cu nisip	1 – 6
Apă uzată, pentru îndepărtarea mirosului	max. 20
Apă uzată brută, pentru împiedicarea coroziunii	2 – 10
Apă uzată decantată, pentru împiedicarea colmatării filtrelor biologice (se administrează periodic, timp de 8 h)	20 – 50
Apă uzată brută, care intră în decantoarele Imhoff, pentru împiedicarea formării spumei	3 – 15
Apă uzată brută, pentru mărirea eficienței separatoarelor de grăsimi	1,0 – 1,5
Nămol de recirculare, pentru împiedicarea umflării lui (timpul de contact = 2 – 3 min)	1 – 10
Nămol din concentratoarele de nămol, amonte de bazinele de fermentare a nămolului, pentru a se obține în apa de nămol din concentrator o doză de clor rezidual de 1 mgf/dm ³	max. 20

Din cantitatea de clor necesară dezinfectării, s-a constatat că circa 30% se consumă de către materiile solide în suspensie coloidale, separabile prin decantare,

40% de către materiile solide coloidale și circa 30% de către materiile solide dizolvate. Din acest motiv, chiar dacă nu se procedează la epurarea apelor uzate, ci se recurge numai la clorarea apelor uzate brute, materiile în suspensie mari trebuie îndepărtate din apă, prin grătare sau site, pentru a micșora cantitatea de clor necesară, cu atât mai mult cu cât clorul pătrunde destul de greu în interiorul materiilor în suspensie de dimensiuni mari.

Introducerea clorului în apa uzată (alimentarea cu clor) se poate face direct sau sub formă de soluție, asigurându-se furnizarea unei cantități de clor de $4 - 30 \text{ mgf/dm}^3$.

Alimentarea directă cu clor gazos se realizează cu ajutorul unor aparate simple, care nu necesită consum de apă pentru prepararea soluției de clor și nici aer pentru amestec, sau alte instalații electrice. În prezent, utilizarea acestui procedeu este limitată, aplicându-se doar în cazul stațiilor de epurare mici.

Alimentarea sub formă de soluție, necesită în prealabil prepararea unei soluții de clor în apă, care se realizează cu ajutorul cloratoarelor, acestea funcționând sub presiune sau sub vacuum. Deoarece sunt construite în așa fel încât pot preîntâmpina accidente, sunt preferate în prezent cloratoarele care funcționează sub vacuum.

Schema de funcționare a aparatului de clorare cu vacuum, de tip Wallace & Tiernan, este prezentată în figura 10.1.

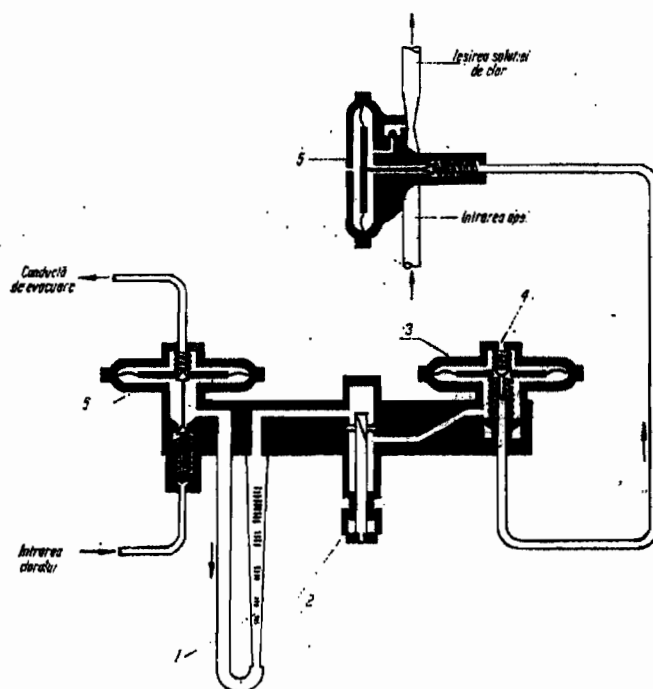


Figura 10.1. Schema de funcționare a unui aparat de clor cu vacuum:

- 1 – dozator-indicator; 2 – dozator-evacuare; 3 – regulator de vacuum și ventil de evacuare; 4 – evacuare-vacuum; 5 – injector-membrană cu ventil; 6 – regulator de presiune pentru clor și ventil de evacuare.

Clorul, soluția de apă de clor și vacuumul sunt reglate cu membrane mecanice, care realizează o funcționare sigură a distribuției clorului, preîntâmpinând accidentele.

Reglarea cantității de clor, în funcție de calitatea apelor uzate și de clorul rezidual necesar, se poate face:

- manual;
- automat.

Reglarea manuală se face prin deschiderea sau închiderea robinetului de pe conducta de clor și de pe conducta de apă pentru soluție. Această variantă de reglare este aplicată, mai ales, la stațiile de epurare mari.

Reglarea automată se realizează fie în funcție de debitul apelor uzate, fie în funcție de debitul și calitatea acestor ape.

Pentru stabilirea cantității de clor consumate, instalațiile de clor sunt prevăzute cu dispozitive de măsurare a cantității de clor rămase în butelii sau containere, astfel încât, cantitatea totală de clor, pe o anumită perioadă de timp, să poată fi determinată imediat. În acest scop, la multe instalații, buteliile de clor sunt cântărite.

Transportul clorului gazos sau lichid, de la butelii la clorator, se realizează prin conducte de oțel, în timp ce conductele care transportă soluția de clor trebuie să fie din cauciuc, sticlă sau plastic, deoarece soluția de clor este foarte corozivă.

Instalația de dozare trebuie să fie prevăzută cu conducte de alimentare cu apă de la rețeaua de apă potabilă sau din canalul de evacuare a apei epurate. Cantitatea de apă necesară, în funcție de tipul cloratorului, variază între 4 și 5 l/min, iar presiunea necesară, între 1 și 2 at.

De obicei, stațiile de clorare sunt construcții independente, executate din zidărie de cărămidă și planșee de beton armat, a căror suprafață depinde de numărul de cloratoare folosite.

Ventilația stației (întotdeauna necesară) se poate face:

– în mod natural, printr-o serie de deschideri practicate la nivelul pardoselii;

– mecanic, prin exhaustoare plasate la același nivel.

Se recomandă ca aerul din stație să fie schimbat la fiecare 3 minute.

Pentru funcționarea în condiții normale a alimentării cu clor, temperatura minimă din stație trebuie să fie de 20 – 25°C.

În stația de clorare, o cameră separată este destinată depozitării buteliilor de clor, care trebuie să asigure necesarul pe 30 de zile. Introducerea buteliilor de clor în camera cloratoarelor trebuie să se facă direct din exterior.

În fața cloratoarelor, în scopul protecției muncii, se recomandă să fie prevăzută o fereastră, pentru a se putea urmări din exterior modul lor de funcționare. În același sens, la ușa de intrare în stație se găsește o mască de gaze.

Bazinele de contact, care au scopul de a realiza contactul dintre soluția de clor și apele uzate, constau din rezervoare de beton armat, îngropate, cu volume corespunzătoare rămânerii apei în ele, timp de 30 de minute. Ele sunt prevăzute cu

posibilități de evacuare a depunerilor și, uneori cu dispozitive de amestec (cu palete sau pereți în șicană). Cantitățile de nămol, care se depun în aceste bazine, sunt de circa 0,1 dm³/om și zi.

10.2. Clorarea apelor uzate și a nămolurilor

Îndepărtarea mirosului (dezodorizarea) este una din folosințele principale ale clorului în stația de epurare. Mirosul neplăcut din stațiile de epurare, se datorează în special fermentării anaerobe, în timpul căreia *indolul*, *hidrogenul sulfurat*, *scatolul*, *mercaptanul* etc., produc cele mai puternice mirosuri. Dintre toate aceste substanțe menționate, hidrogenul sulfurat produce mirosul cel mai neplăcut și mai toxic. Când în apele uzate se introduc ape uzate industriale cu sulfati, cantitatea de hidrogen sulfurat crește. Clorul poate distruge hidrogenul sulfurat într-o proporție egală cu raportul greutateilor lor:

$$\frac{\text{Cl}_2}{\text{H}_2\text{S}} = \frac{70,9}{34,1}$$

sau

$$2,1 \text{ mg Cl}_2 \quad \text{pentru} \quad 1 \text{ mg H}_2\text{S}.$$

În canalele parțial pline, hidrogenul sulfurat se oxidează la suprafața apei, trecând în acid sulfuric sau sulfuros, care atacă betoanele, mortarele, oțelul etc.

Clorarea apelor uzate înaintea bazinelor de decantare nu dereglează procesul de fermentare a nămolului, deoarece cantitățile de clor rămase sunt mici și pot fi absorbite ușor, până la sosirea nămolului în bazinele de fermentare.

Cantitatea de clor necesară îndepărtării mirosului din apa brută nu va depăși 20 mgf/dm³, în apa uzată brută.

Uneori, este necesar să se cloreze apa din nămol, provenită din bazinele de fermentare sau din procesul de deshidratare sau condiționare a nămolului; de asemenea, clorarea gazelor (în special, a celor utilizate la deshidratarea nămolului prin încălzire) poate constitui o măsură de siguranță în exploatare.

Reducerea consumului biochimic de oxigen, în diferite puncte ale stației de epurare și în emisari, poate ajuta procesele de epurare și de autoepurare. Clorinarea întârzie descompunerea materiilor organice din apele uzate și din nămoluri, respectiv reduce, pentru un anumit timp, consumul biochimic de oxigen. Astfel, poate fi prevenită începerea formării condițiilor anaerobe, în rețeaua de canalizare, care conduce la dezvoltarea de miros neplăcut și degradarea betoanelor, construcțiilor metalice etc. Spre exemplu, întârziind descompunerea materiilor organice în decantare se previne și formarea mirosului neplăcut în filtrele biologice.

Prin clorinare:

- se reglează activitatea nămolului de recirculare;
- se încetinește procesul de descompunere în timpul îngroșării nămolului;
- se reduce și se întârzie consumul biochimic de oxigen în emisari;

– se reduce cererea imediată de oxigen a apei din nămol etc.

Reducerea consumului biochimic de oxigen depinde de:

- calitatea apei uzate;
- cantitatea de clor folosită.

Clorarea apei uzate brute (astfel încât, după 15 min, să rămână clor rezidual sub formă de urme) poate reduce consumul biochimic de oxigen cu circa 10%. Clorarea cu 100 mgf/dm³ reduce consumul biochimic de oxigen cu circa 35%.

În emisari, clorarea poate întârzia începerea procesului de autoepurare și, prin aceasta, consumul de oxigen, până la un punct în aval, unde intervenția unui afluent asigură condiții corespunzătoare autoepurării, fără coborârea oxigenului sub limite care periclitează organismele acvatice.

Distrușgerea și reglarea dezvoltării organismelor dăunătoare din rețeaua de canalizare, din stația de epurare și din emisar se poate realiza – de asemenea – cu ajutorul clorului. În acest mod:

- se distrușg organisme filamentoase *Sphaerotilus natans*, *Leptomit* și *Beggiatoa*, care înfundă canalele sau micșorează secțiunea de curgere a acestora și măresc, peste măsură, flocoanele de nămol activ (vezi §.7.2);
- se reglează dezvoltarea muștei *Psychoda* și formarea de nămol în cantități mari, care conduce la înmlăștinirea filtrelor biologice;
- se reglează dezvoltarea algelor din apele de suprafață.

Prin clorare, se mai evită:

- corozia, datorită acidului sulfuric rezultat din procesul de descompunere;
- umflarea nămolului, produsă de *Sphaerotilus natans*;
- îndepărtarea greoaie a grăsimilor din separatoarele de grăsimi.

Instalații de epurare locală a apelor uzate

Stațiile de epurare descrise anterior, respectiv obiectele componente ale acestora, satisfac în cea mai mare parte necesitățile unor localități cu număr mare de locuitori, nefiind economice pentru aglomerări al căror număr de locuitori nu depășește câteva mii. Din acest motiv, în prezent, pe plan mondial, există o continuă preocupare pentru găsirea unor soluții economice pentru stațiile de epurare necesare micilor aglomerări.

Nu există o delimitare riguroasă între stațiile mici, mijlocii sau mari. De exemplu, în Germania, sunt considerate stații de epurare foarte mici cele care deservește un număr de până la 50 de locuitori, mici: între 50 și 500 de locuitori și mijlocii: între 500 și 5.000 de locuitori. Trebuie menționat faptul că, numărul de locuitori nu este suficient pentru a defini mărimea unei stații de epurare, deoarece, în unele stații mici și mijlocii pot intra ape provenite de la unități industriale, agro-zootehnice etc., care pot influența calitatea apelor, respectiv clasificarea menționată.

Vom considera, în cuprinsul prezentărilor ulterioare:

- *stații foarte mici*, care tratează apele uzate de la un număr mai mic de 50 de locuitori;
- *stații mici*, care tratează apele uzate de la un număr mai mic de 1.000 de locuitori;
- *stații mijlocii*, cele care tratează apele uzate de la un număr mai mic de 5.000 de locuitori.

Stațiile de epurare pentru localități mici și mijlocii sunt de tipul:

- monobloc;
- șanțurilor de oxidare;
- clasic, cu unele caracteristici speciale, adecvate epurării unor efluenți mici.

11.1. Stațiile monobloc

Stațiile monobloc unesc într-o singură construcție, atât instalațiile de epurare biologice, cât și pe cele de epurare mecanică. Deși sunt folosite pentru localități mici și mijlocii, s-au executat astfel de stații și pentru localități cu 25.000 de locuitori.

Schema unei stații de epurare monobloc, tip Degremont, este prezentată în figura 11.1. Prin pompare, apa brută intră într-un decantor primar, apoi în filtrul biologic și de aici într-un decantor secundar. Apa epurată este evacuată printr-un canal. Fermentarea nămolului se realizează într-un bazin de fermentare. Nămolul

din decantorul secundar este trecut în bazinul de fermentare prin intermediul unei stații de pompare.

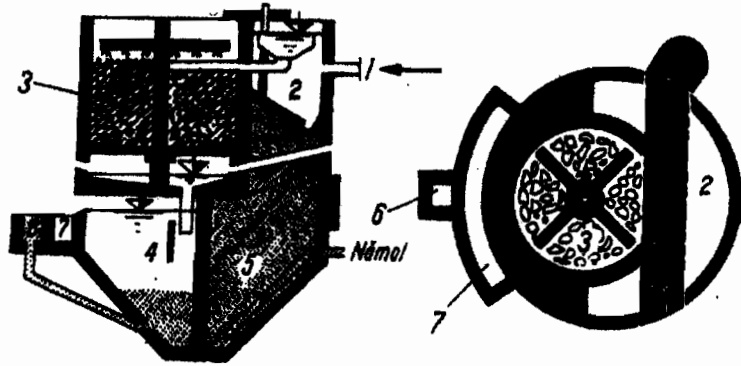


Figura 11.1. Stație de epurare monobloc, tip Degremont:

1 – apă brută; 2 – decantor primar; 3 – filtru biologic; 4 – decantor secundar;
5 – bazin de fermentare a nămolului; 6 – recirculare; 7 – apă epurată.

În Marea Britanie se folosește stația de epurare „Biodisc” (fig. 11.2), complet închisă și transportabilă, care poate deservi aglomerații sub 500 de locuitori. Stația constă dintr-un rezervor metalic, care are câte un compartiment pentru decantare și epurare biologică, în care sunt o serie de discuri, care se rotesc în contact cu apa uzată, imersate până la nivelul axului. Nămolul în exces este înmagazinat într-un compartiment, care este golit periodic.

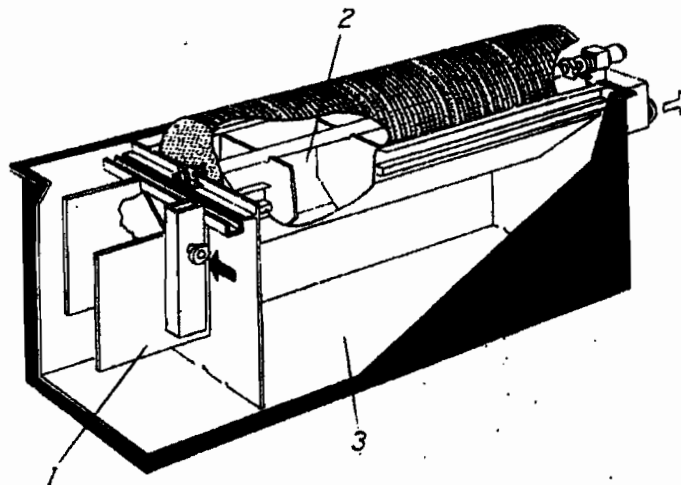


Figura 11.2. Biodisc:

1 – compartiment de decantare; 2 – compartiment pentru epurare biologică;
3 – compartiment de nămol.

În țara noastră, în anul 1965, a fost aprobat proiectul unei stații de epurare monobloc, întocmit de ing. Gh. Vladimirescu (fig 11.3).

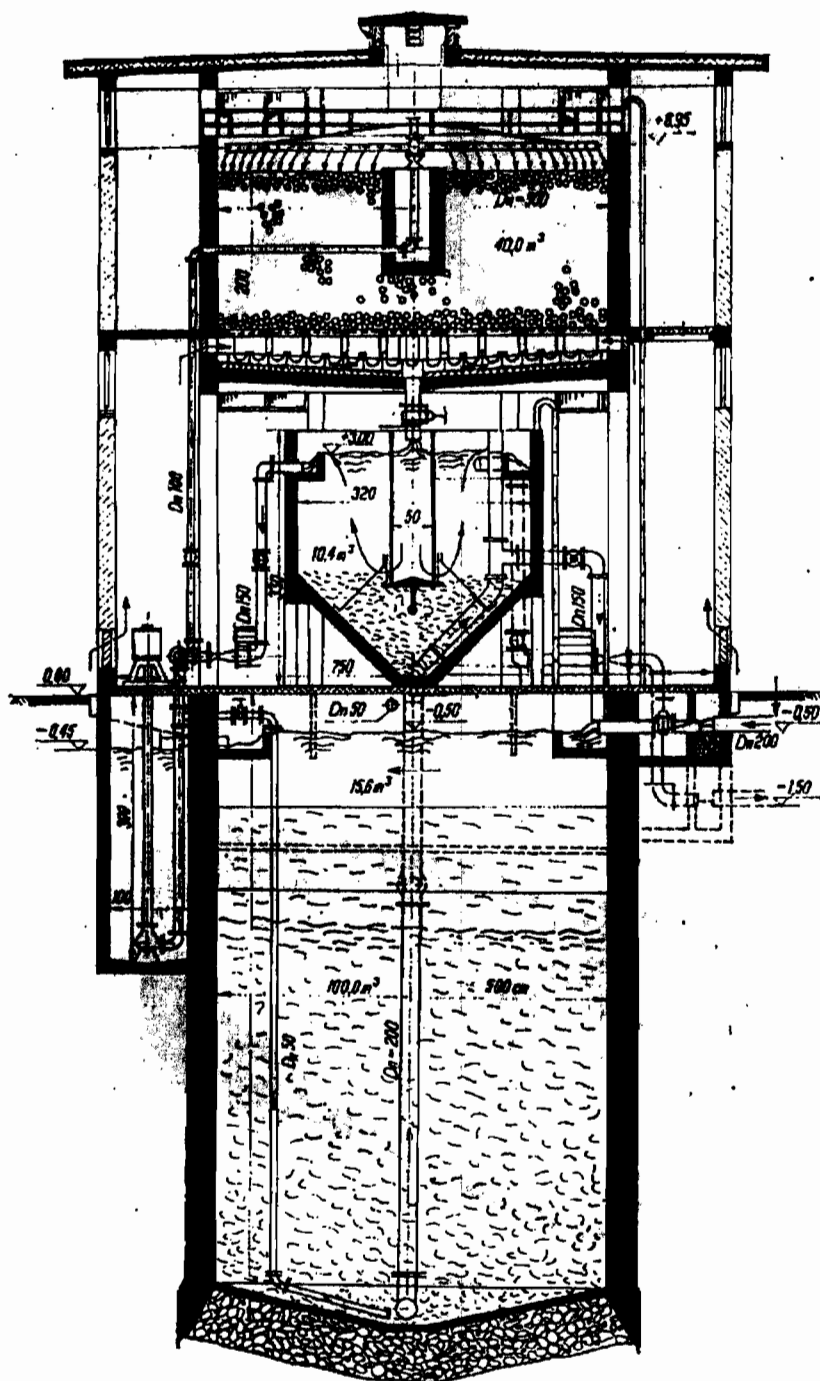


Figura 11.3. Stație monobloc, proiect tip ing. Gh. Vladimirescu.

Această stație, proiectată pentru deservirea unui număr de 1.000 de locuitori, este alcătuită dintr-un decantor cu etaj, un filtru biologic, așezat deasupra decantorului cu etaj și un decantor secundar.

Caracteristicile principale ale stației sunt:

- consumul specific este de $250 \text{ dm}^3/\text{loc.}$;
- volumul de fermentare este de $100 \text{ dm}^3/\text{loc.}$;
- încărcarea organică a filtrului biologic este de $875 \text{ gf CBO}_5/\text{zi}$ și material filtrant;
- încărcarea hidraulică este de $1,1 \text{ m}^3 \text{ ape uzate/zi}$ și m^2 de suprafață.

Pentru egalizarea variațiilor de debit și calitate, stația este prevăzută cu un rezervor de înmagazinare și uniformizare.

11.2. Șanțurile de oxidare

Șanțurile de oxidare sunt construcții simple pentru epurarea apelor uzate, folosind procedeele de epurare mecanică și biologică.

Primul șanț de oxidare a fost construit de către Pasveer, în anul 1955, la Voorschoten (Olanda), fiind alcătuit dintr-un șanț cu secțiune trapezoidală, în care se trata, zilnic, un debit de aproximativ 40 m^3 de apă uzată, neepurată mecanic, provenită de la un număr de circa 500 de locuitori.

Șanțul era echipat cu o perie Kessener, cu diametrul de 42 cm, care se rotea cu o viteză de 110 rot/min. Volumul total al șanțului era de 120 m^3 , iar adâncimea în ax, de 80 cm. Capacitatea de oxidare a periei era de $620 \text{ gf O}_2/\text{m}$ lungime, la o adâncime de imersare de 8 cm. Șanțul funcționa intermitent, alternând perioadele de aerare, cu cele de decantare a nămolului activ și de evacuare a apei epurate.

După doi ani de funcționare, parametrii de regim erau:

- volumul de nămol din șanț – $180 \text{ cm}^3/\text{dm}^3$;
- umiditatea nămolului din șanț – $97,5 - 98,5\%$;
- indicele de nămol – 40 ml/gf ;
- CBO_5 , la intrare – 220 mgf/dm^3 ;
- CBO_5 , la ieșire – 9 mgf/dm^3 .

În Europa, până în prezent, funcționează peste 2.000 de șanțuri de oxidare.

Avantajele șanțurilor de oxidare constau în:

- costuri de investiție reduse;
- condiții ușoare de execuție;
- stabilitatea mare a procesului de epurare;
- sensibilitate redusă la șocurile de încărcare organică și hidraulică;
- eficiența mare a epurării;
- întreținere și exploatare reduse.

Dezavantajele șanțurilor de oxidare se concretizează în următoarele aspecte:

- necesită suprafețe mari de teren;
- consum mare de energie, pentru acționarea periei de aerare.

Din punct de vedere al modului de funcționare, șanțurile de oxidare pot fi cu *funcționare continuă și intermitentă*.

Șanțurile de oxidare cu *funcționare continuă* pot fi:

– cu decantor secundar (fig. 11.4,a), care intră în funcțiune după formarea nămolului activ. Apa epurată este trimisă în emisar, o parte din nămol este recirculat, iar nămolul în exces se pompează direct pe platformele de uscare a nămolului;

– duble (fig. 11.4,b), cu exploatare alternativă (foarte des folosit în Germania). Apa uzată, neepurată, este condusă prin intermediul unui distribuitor fie în șanțul din dreapta, fie în cel din stânga. În figură, este în funcțiune peria din șanțul din stânga. O parte din apă, trece în șanțul din dreapta prin canalul de legătură, unde se depune nămolul, iar apa epurată este trimisă la emisar. După câteva ore de funcționare, se pune în mișcare peria din dreapta, cea din stânga oprindu-se, astfel încât circuitul apei se inversează;

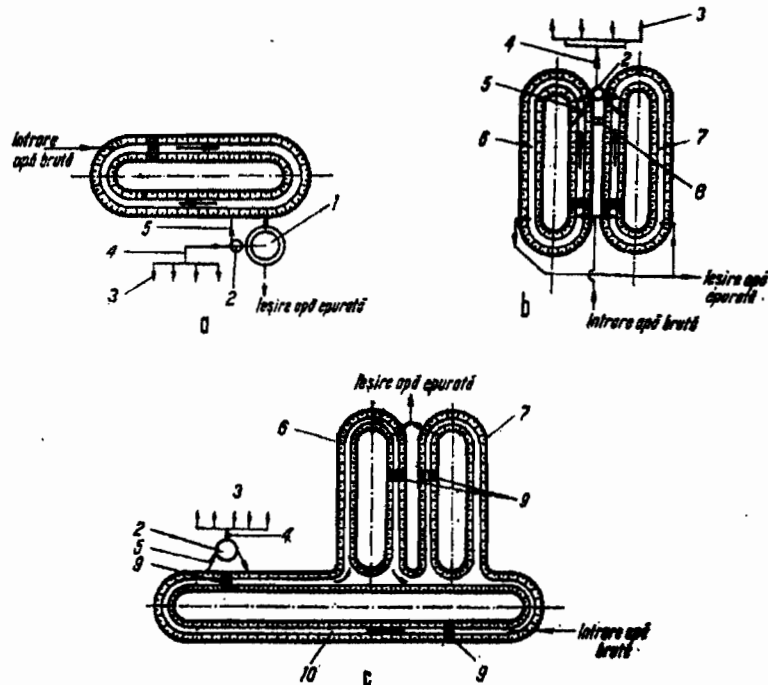


Figura 11.4. Șanț cu funcționare continuă:

1 – decantor secundar; 2 – stație de pompare a nămolului; 3 – platforme de uscare; 4 – nămol în exces; 5 – nămol de recirculare; 6 – șanț în lucru; 7 – șanț în repaus; 8 – canal de legătură; 9 – perie; 10 – șanț principal.

– triple (fig. 11.4,c), cu exploatare alternativă, construit dintr-un șanț principal și două șanțuri secundare (acest tip de șanț este folosit în multe localități din Olanda). Volumul șanțului principal este $2/3$ din volumul total al șanțurilor. Periile din șanțul principal funcționează în permanență, iar cele din șanțurile secundare, alternativ. În figură, este în funcțiune peria din șanțul din stânga și, deci, circulația

apei se face prin acest șanț și prin șanțul principal. În acest timp, în șanțul din dreapta se decantează nămolul activ, iar apa epurată este evacuată. După câteva ore, se pune în funcțiune peria din șanțul secundar din dreapta și se oprește peria din cel din stânga.

La șanțurile de oxidare cu *funcționare intermitentă*, apa se acumulează până la atingerea unui nivel maxim, corespunzător adâncimii maxime de imersie a periei, când este oprită pentru o perioadă de sedimentare de 20+40 min. După acest interval de timp, se deschide dispozitivul de evacuare și apa decantată este trimisă spre emisar. Când s-a atins nivelul maxim stabilit, se oprește evacuarea apei uzate și peria începe, din nou, să funcționeze.

Este recomandabil ca șanțurile cu funcționare continuă să fie folosite pentru apele uzate provenite din rețelele dimensionate în sistem separativ, iar cele cu funcționare intermitentă pentru apele uzate provenite din sistemul unitar. Cu rezultate foarte bune, șanțurile de oxidare sunt folosite și pentru apele uzate industriale, provenite de exemplu din industria laptelui, zahărului, berii etc.

Pentru o epurare cât mai eficientă, în cadrul exploatării șanțurilor de oxidare trebuie împiedicată, pe cât posibil, depunerea nămolului activ pe radierul șanțurilor. Acest lucru se poate obține dacă viteza apei în șanț rămâne, în permanență, mai mare de 0,3 m/s. Depunerile de nămol produc o fermentare anaerobă și dereglează procesul de fermentare aerobă, cu nămol activ.

Cu toate măsurile luate în exploatare, se produc, totuși, depuneri, astfel că, o dată pe an sau la doi ani o dată, acestea trebuie evacuate.

Din punct de vedere al eficienței, funcționarea în timpul iernii se desfășoară normal, dacă se iau unele măsuri de protecție împotriva zăpezii sau înghețului utilajelor (perii, motoare electrice etc.).

11.3. Stații de epurare clasice

În anumite condiții, stațiile de epurare clasice, descrise anterior, pot fi folosite pentru localități mici și mijlocii.

11.3.1. Stații de epurare mecanică

Pentru localități foarte mici sunt recomandate *fosele septice*.

Pentru localitățile mici și mijlocii sunt recomandate *decantoarele cu etaj*. În ultimul timp, eficiența tratării nămolului din decantoarele cu etaj a fost îmbunătățită prin dotarea acestora cu amestecătoare mecanice pentru nămol, de tip orizontal sau vertical.

11.3.2. Stații de epurare mecano-biologică naturală

Puțurile absorbante sunt adecvate pentru epurarea apelor uzate provenite de la aglomerări sub 50 de locuitori.

Acestea pot fi săpate sau forate și prezintă următoarele caracteristici:

- au diametre cuprinse între 0,80 și 1,50 m;
- capătul lor inferior se oprește în straturile de nisip;
- pe înălțimea pe care puțul pătrunde în stratul acvifer, pereții sunt prevăzuți cu fante, prin care apa uzată pătrunde în stratul acvifer;
- pentru a nu se produce colmatarea puțului, încărcarea în locuitori nu trebuie să depășească 1 loc./m^2 suprafață de infiltrație;
- uneori sunt precedate de fose septice.

Câmpurile de infiltrație subterană sunt des folosite pentru epurarea biologică a unor debite mici și foarte mici. Procedeu de epurare constă în răspândirea apelor uzate în sol, prin intermediul unei rețele de drenaj, care este alcătuită din tuburi de beton sau gresie, cu diametre de 10 – 15 cm, având fante numai la treimea superioară. Drenurile sunt așezate în tranșee, la adâncimi de 0,6 – 0,9 m, sub nivelul terenului, spațiul din jurul tuburilor fiind umplut cu piatră spartă sau pietriș. Distanța între tuburi variază între 2 și 3 m, iar panta tuburilor – între 1: 400 și 1: 500; capetele tuburilor sunt prevăzute cu ventilație. Pentru debite mai mari, se execută o conductă principală etanșă, din care, la 45° se ramifică drenurile. În terenurile în pantă, conducta principală este așezată după linia de cea mai mare pantă.

Câmpurile de irigare și filtrare, precum și *iazurile de stabilizare* sunt preferabile pentru localități care depășesc 2.000 – 3.000 de locuitori, deoarece:

- cheltuielile de investiție sunt reduse;
- necesită lucrări simple de pământ;
- nu necesită personal cu calificare deosebită, pentru exploatare;
- apa iazurilor de stabilizare poate constitui o rezervă pentru agricultură.

Dezavantajul acestora constă din necesitatea scoaterii unei suprafețe mari de teren din circuitul agricol.

Metoda combinării iazurilor de stabilizare cu filtrele biologice conduce la realizarea unei substanțiale reduceri a suprafețelor ocupate, chiar până la 80 – 90%. Într-o asemenea instalație, apa uzată intră în două iazuri anaerobe, cu o capacitate corespunzătoare unui timp de rămânere în iaz de 2,15 zile, unde se realizează o reducere a CBO_5 -ului de 68%; de aici, apa trece în filtrul biologic, care este dimensionat pentru o încărcare organică $I_0 = 0,74 \text{ kgf CBO}_5/\text{m}^3$ material filtrant și zi și o încărcare hidraulică $I_h = 16,8 \text{ m/zi}$.

În filtrul biologic intră și o parte din efluentul iazului de stabilizare, fiind astfel îmbogățit cu oxigen și microorganisme; eficiența filtrului biologic este de 83% (din punct de vedere al CBO_5 -ului).

Din filtrul biologic, apa uzată intră într-un iaz de stabilizare, de unde trece apoi în emisar.

Încărcarea organică a iazului de stabilizare este de $14 \text{ kgf CBO}_5/\text{zi}$, iar timpul de traversare este de 1,1 zile.

În funcție de CBO_5 , eficiența totală a instalației este de 98%.

11.3.3. Stații de epurare mecano-biologică artificială

Filtrele biologice, mai ales cele cu discuri, sunt recomandate bazinelor cu nămol activ, datorită faptului că instalațiile mecanice sunt mai puțin complexe.

Bazinele cu nămol activ clasice sunt folosite destul de rar, preferându-se bazinele în care sunt incluse și alte faze ale epurării, bazinele combinate, de exemplu, în care, în cadrul aceluiași bazin, se realizează atât epurarea cu nămol activ, cât și decantarea secundară.

Deoarece tehnicitatea stațiilor de epurare mici și mijlocii necesită personal cu calificare deosebită, greu de obținut, exploatarea acestora prezintă unele particularități și, uneori, dificultăți. Depășirea acestor greutăți se poate face prin cooperarea între mai multe stații mici și mijlocii, cu stațiile mari sau întreprinderile specializate din vecinătate.

11.4. Instalație autonomă pentru epurarea apelor uzate

Situația canalizărilor locale începe să devină din ce în ce mai actuală, având în vedere și realizarea tot mai numeroasă a clădirilor izolate, cum ar fi casele de vacanță, stațiile de distribuție a carburanților, cu anexele lor, din afara localităților etc.

În cadrul complexului general de măsuri, privind protecția mediului ambiant, este necesar ca și pentru apele uzate, provenite de la unități izolate și vehicule de transport, care nu se pot racorda la o rețea publică de canalizare, să se prevadă instalații de epurare simple, ieftine și eficiente sub aspectul reducerii factorilor poluanți, asigurându-se astfel prevenirea răspândirii maladiilor infecțioase, a mirosurilor neplăcute și a gazelor vătămătoare.

În această direcție, se menționează conceperea unei instalații autonome, conținând filtre de autocurățare, pentru epurarea apelor reziduale din clădiri și vehicule de transport (trenuri, case mobile, ambarcațiuni etc.), precum și a unei instalații de mici dimensiuni pentru epurarea apelor uzate menajere de la casele izolate sau a apelor uzate de la întreprinderi industriale cu stații proprii de epurare, de capacitate redusă.

Instalația autonomă pentru recuperarea apelor reziduale include: un vas de closet, un rezervor de nivel constant, o cameră de tratare a reziduurilor, conținând un strat filtrant rezistent la deteriorare și un filtru de autocurățare, constituit din două elemente conductoare, poroase, în general metalice, separate printr-un material filtrant, cum ar fi nisipul. Acest filtru prezintă posibilitatea stabilirii unui potențial electric pentru producerea unui curent electrolitic între elementele metalice.

Primul dintre elementele metalice poroase, prin care trece apa uzată, acționează ca o membrană, producându-se o încărcare negativă a elementului și degajându-se bule de hidrogen gazos, care dislocă părți semisolide din materialul care se filtrează. Degajarea hidrogenului produce un pH relativ ridicat, ce conduce la coagularea materiei coloidale și sedimentarea nămolului, care este apoi

îndepărtat sau, preferabil, recirculat în camera de tratare pentru activarea sedimentelor și sporirea eficienței absorbției reziduurilor solide.

La al doilea element metalic, încărcat pozitiv, se emană oxigenul și clorul necesare oxidării reziduurilor solide și dezinfecției apei, care poate fi, apoi, recirculată la rezervorul de nivel constant sau evacuată.

Instalația (fig. 11.5) cuprinde, ca elemente principale:

- camera de tratare a reziduurilor;
- filtrul de autocurățare.

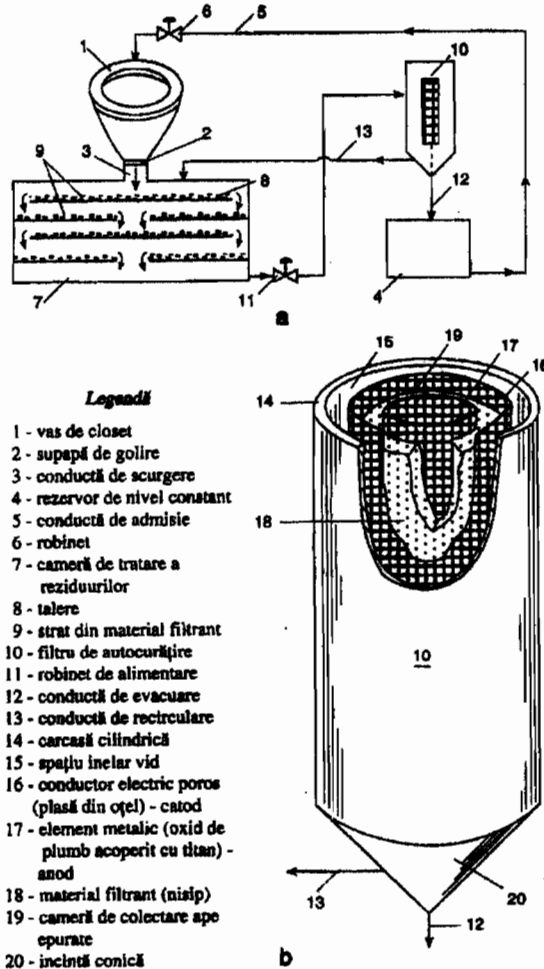


Figura 11.5. Instalație autonomă pentru epurarea apelor reziduale:

a - schema instalației; b - filtru de autocurățare.

Camera de tratare a reziduurilor conține mai multe rânduri de talere din material plastic, cu fundul perforat, fiecare având câte un strat de material filtrant, rezistent la deteriorare, care are rolul unui filtru cu scurgere redusă.

În același timp, mediul de filtrare joacă rolul de mediu de absorbție a acestor reziduuri, iar apa uzată, trecând prin filtrul de scurgere redusă, este supusă acțiunii de descompunere a bacteriilor, producându-se absorbția sedimentelor și conversia din reziduu solid în efluent lichid.

Apa supusă epurării, din camera de tratare, trece la filtrul de autocurățare, de unde, după filtrare, este evacuată la rezervor, pentru a fi recirculată în sistem. Materialul solid (nămolul), colectat prin intermediul filtrului, se evacuează înapoi, la partea superioară a camerei de tratare.

Filtrul de autocurățare (fig. 11.5,b) este alcătuit dintr-o carcasă cilindrică, ce înconjoară un spațiu inelar vidat, în care pătrunde apa din camera de tratare a reziduurilor și trece către interior, printr-un prim conductor electric poros, confecționat dintr-o plasă de oțel, de formă cilindrică, dispus pe un ax comun, cu un al doilea element metalic, de diametru mai mic, constând din oxid de plumb acoperit cu titan, între care se află un material filtrant (nisip), izolator electric (în general, nemetalic și anorganic).

Pe axa filtrului este dispusă o cameră centrală de colectare a apei epurate, care comunică cu conducta de evacuare, iar la fundul carcasei este prevăzută o incintă conică, în comunicație cu spațiul inelar de admisie, pentru colectarea nămolului, de unde acesta se evacuează.

Filtrul de autocurățare include și un rezervor (nereprezentat), pentru producerea unui curent electrolitic, datorită diferenței de potențial electric între elementul exterior, încărcat cu sarcină negativă și jucând rol de catod, și elementul interior, având o sarcină pozitivă și lucrând astfel, rolul de anod.

Aplicarea unui potențial electric de circa 5 – 30 V, între anod și catod, produce degajarea hidrogenului la elementul exterior și a oxigenului și clorului, la elementul interior. Hidrogenul emanat tinde să înlăture materialul solid, colectat pe elementul de filtrare, înainte de aplicarea potențialului electric și produce coagularea particulelor coloidale, conducând deci la sedimentarea nămolului în incinta conică. Această acțiune de sedimentare este intensificată prin mărirea pH-ului apei de către emanarea de hidrogen în spațiul inelar de admisie.

Efectul combinat al degajării oxigenului și clorului la elementul filtrant interior este oxidarea materiilor solide rămase în efluentul lichid filtrat și clorinarea apei epurate, care, împreună cu efectul curentului electrolitic, elimină activitatea bacteriilor. În plus, degajarea acestor gaze tinde să scadă pH-ul efluentului filtrat, astfel încât, apa epurată poate fi reutilizată în cadrul sistemului de tratare a reziduurilor.

Folosirea instalației prezentate aduce următoarele avantaje:

- introducerea filtrului cu autocurățare sporește mult eficacitatea și eficiența filtrării efluentului, putând fi utilizat perioade îndelungate de timp și eliminând bacteriile din efluent, fără adăugarea clorului sau a altor bactericide chimice;
- reducerea costului de investiție și exploatare;
- simplificarea exploatării instalației;

• filtrul de autocurățare poate fi folosit și în afara domeniului de epurare a apelor reziduale, și anume, oriunde este necesară filtrarea fluidului electrolitic sau sedimentarea, concentrarea și îndepărtarea din soluție a particulelor solide greu separabile.

Instalația de mici dimensiuni pentru epurarea apelor uzate are ca scop realizarea unei construcții din material plastic, care să permită așezarea, într-un volum redus, a diferitelor aparataje, necesare pentru o funcționare corespunzătoare, atât a ansamblului, cât și a diferitelor componente.

În figura 11.6 este redată schema acestei instalații, cuprinzând, în esență, un recipient paralelipipedic, care prezintă în partea superioară o gură de acces și are dispuse, pe părțile laterale, o conductă de alimentare și una de evacuare.

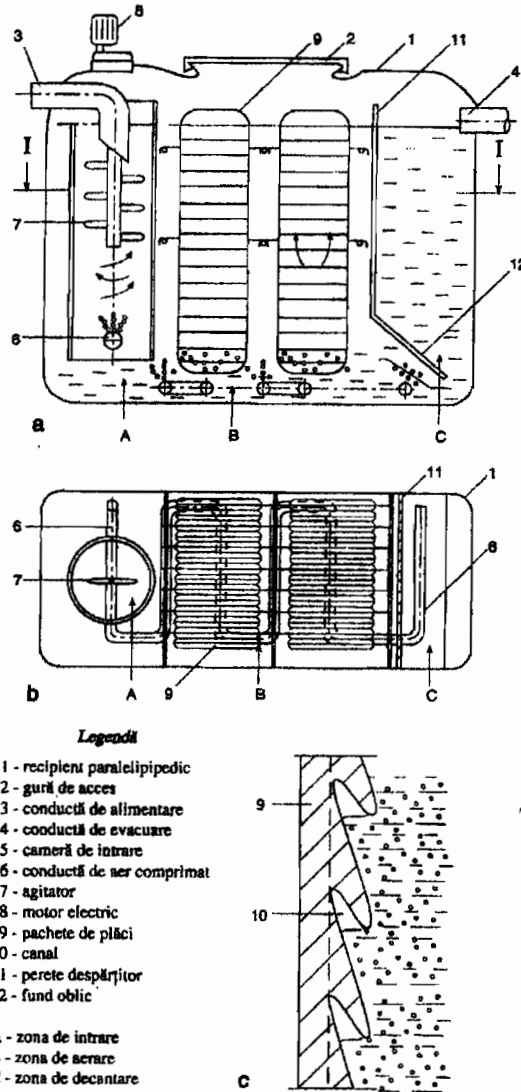


Figura 11.6. Instalație de mici dimensiuni pentru epurarea apelor uzate:
a - schemă; b - secțiune orizontală I-I; c - detaliu.

Interiorul recipientului este subdivizat în trei zone, care se află în intercomunicare: zona de intrare, zona de aerare și zona de decantare.

În zona de intrare se găsește o **cameră de intrare**, formată dintr-un tub deschis la bază și sus. Capătul inferior al tubului este traversat de o conductă de distribuție a aerului comprimat, iar în interiorul tubului este dispus un agitator, antrenat de un motor electric.

În zona de aerare se găsesc pachetele de plăci realizate din material sintetic, dispuse înclinat, cu un unghi de circa 3° , cu spații egale între ele, sub care sunt dispuse orificiile de ejecție. Plăcile sunt netede pe o față și prezintă, pe fața cealaltă, profile în formă de canale deschise spre bază și dirijate orizontal.

Zona de decantare este separată de zona de aerare printr-un perete, care se întinde pe toată lățimea recipientului și care, la partea inferioară este înclinat la 45° , creând o secțiune liberă, față de baza recipientului, cu ajutorul căreia se realizează legătura între cele două zone.

Recipientul este umplut permanent, cu apă uzată, până la nivelul conductei de evacuare. Cu ajutorul unui compresor (nefigurat), se refulează constant aer, străbătând orificiile de ejecție și parcurgând zona de aerare, de la bază în sus. Bulele de aer rămase sunt reținute de plăci, prin intermediul canalelor, pentru ca, după un timp scurt, să fie împinse de bulele de aer următoare.

Apa uzată, conținută în camera de aerare, intră în contact intensiv cu aerul, iar în caz de aflux al apelor uzate, apa tratată din zona de aerare este refulată în zona de decantare, unde aceasta urcă lent.

Aerul care străbate tronsonul conductei de distribuție, plasat direct dedesubtul fundului oblic al peretelui despărțitor, produce o aspirație, ceea ce face ca nămolul activ care alunecă pe perete să fie adus în zona de aerare.

Când prin conducta de alimentare sosește o cantitate de apă uzată, ea pătrunde imediat în camera de intrare, fără a fi perturbat procesul de epurare aerobic din zona de aerare, iar reziduurile grosiere (de exemplu, grămezi de fecale) din această apă sunt fărâmițate în camera de intrare, acțiunea de fărâmițare putând fi asigurată prin turbulența produsă de curentul ascendent de bule de aer, care ies prin conducta de distribuție.

Agitatorul, înzestrat cu un braț amestecător, contribuie la o fărâmițare rapidă și intensivă. Prin intermediul unui întrerupător, agitatorul este acționat fie doar puțin timp, ori de câte ori se produce un aflux de apă uzată către camera de intrare, fie din timp în timp, cu ajutorul unui cronometru.

Realizarea și folosirea instalației descrise anterior aduce următoarele avantaje:

– fărâmițarea impurităților grosiere din apa uzată, în camera de intrare, conduce la mărirea notabilă a suprafeței de acțiune a bacteriilor aerobe în zona de aerare, obținându-se o epurare rapidă;

- plăcile cu care este înzestrată camera de aerare constituie obstacole ce măresc considerabil timpul de contact între apa supusă epurării și bulele de aer, grație acestui fapt, reducându-se puterea necesară comprimării aerului și, deci, se asigură o economie apreciabilă de energie electrică;
- valorificarea avantajoasă a spațiilor și asamblarea tuturor aparatelor într-un singur recipient, care poate fi ușor montat, asigură o bună epurare a apei uzate, într-o unitate complexă de volum, sensibil mai redus, decât cel pe care-l necesită instalațiile tradiționale;
- reducerea consumului de metal și a volumului de beton armat (ciment, oțel beton).

Epurarea apelor uzate industriale

Epurarea apelor uzate industriale se poate realiza:

- în comun cu apele uzate orășenești, recomandată ori de câte ori condițiile locale o fac posibilă;
- separat, cu evacuarea efluentului în emisarul cel mai apropiat, care depinde de o serie de factori, cum ar fi:
 - așezarea industriei față de oraș;
 - raportul dintre debitele orășenești și cele industriale;
 - costul instalațiilor de preepurare și al racordului de canalizare;
 - natura apelor uzate industriale etc.

În țara noastră, aproape toate marile întreprinderi sau combinate industriale, așezate în apropierea orașelor, își epurează separat apele uzate, pe care apoi le evacuează în emisarii învecinați.

12.1. Efectele nocive ale principalelor substanțe evacuate concomitent cu apele uzate industriale

În emisari, o dată cu apele uzate industriale sunt evacuate și numeroase substanțe, cu caracteristici foarte variate, care pot conduce la infestarea emisarului, făcându-l astfel impropriu altor folosințe (piscicultură, agricultură, alimentare cu apă).

Substanțele organice consumă oxigenul din apă, într-o măsură mai mare sau mai mică, în raport cu cantitatea evacuată, provocând distrugerea fondului piscicol și, în general, a tuturor organismelor acvatice. Cantitatea de oxigen reprezintă una din condițiile principale ale vieții acvatice și este normată de STAS 4706, variind între 4 și 6 mgf/dm³.

Pe de altă parte, așa cum se știe, oxigenul este necesar proceselor aerobe, respectiv bacteriilor aerobe, care oxidează substanțele organice și care, în final, conduc la autoepurarea emisarului. Lipsa oxigenului, ca urmare a consumului de către substanțele organice, duce la oprirea oxidării acestora și, respectiv, continuarea tuturor consecințelor produse de prezența substanțelor organice în apă.

Substanțele în suspensie, care se depun pe patul emisarilor, formează acumulări (bancuri), care îngreunează navigația, precum și captarea și tratarea apei. Când sunt de natură organică, aceste substanțe consumă oxigenul din apă.

Substanțele în suspensie plutitoare (țițeiul, produsele petroliere, uleiurile etc.) formează, uneori, la suprafața apei, o pojghiță compactă, producând numeroase prejudicii:

- dau apei un miros și un gust neplăcut;
- împiedică autoepurarea (absorbția de oxigen pe la suprafața apei);

- colmatează filtrele pentru tratarea apei;
- sunt toxice pentru flora și fauna acvatică;
- se depun pe diferite instalații, murdărindu-le sau, chiar, obturându-le;
- împiedică folosirea apei pentru irigații, agrement etc.

Acizii și alcalii produc următoarele neajunsuri:

- conduc la distrugerea faunei și florei acvatice;
- degradează construcțiile hidrotehnice, precum și vasele și instalațiile

necesare navigației;

- stânjenesc folosirea apei pentru alimentarea cu apă (acizii sau alcalii împiedică formarea flocoanelor în instalațiile de tratare a apei cu coagulant).

Pentru fauna piscicolă, toxicitatea acidului sulfuric depinde de valoarea pH-ului (de exemplu, peștii mor la $\text{pH} < 4,5$). De asemenea, hidroxidul de sodiu, folosit în numeroase procese tehnologice (tăbăcării, textile, cauciuc etc.), care este foarte solubil în apă, mărește rapid pH-ul și alcalinitatea apei, producând folosințelor numeroase prejudicii. Apele de râu, care conțin peste 25 mgf/dm^3 hidroxid de sodiu, distrug fauna piscicolă.

Sărurile anorganice, prezente în multe ape uzate industriale, măresc salinitatea emisarului, unele dintre ele putând provoca creșterea durității. Astfel, apele cu duritate mare produc depuneri pe conducte, mărindu-le rugozitatea și micșorându-le capacitatea de transport. De asemenea, depunerile din tuburile boilerelor micșorează capacitatea de transfer a căldurii. De obicei, apele dure interferează cu vopselele din industria textilă, înrăutățind calitatea produselor în fabricile de zahăr, bere etc.

Sulfatul de magneziu, constituent principal al durității apei, are efect cataric asupra oamenilor, iar bicarbonații și carbonații solubili, produc neplăceri în procesul de producție al fabricilor de zahăr. Pe de altă parte, lipsa durității nu este de dorit, deoarece apa are un gust neplăcut și coroziunea poate acționa mai bine în conducte.

Clorurile, peste anumite limite, fac apa improprie pentru alimentarea cu apă potabilă și industrială, pentru irigații etc.

Fierul produce neplăceri în secțiile de albire din fabricile de textile și hârtie.

Metalele grele (Pb, Cu, Cr, Zn) care sunt evacuate o dată cu apele uzate, au acțiune toxică asupra organismelor acvatice, inhibând în același timp și procesele de autoepurare.

Substanțele toxice, organice sau anorganice, chiar și în concentrații foarte mici, pot distruge fauna și flora emisarului, într-un timp destul de scurt. Multe dintre aceste substanțe nu pot fi reținute în instalațiile de tratare a apei și, o parte din ele, care sunt reținute de sistemul digestiv uman, pot produce îmbolnăviri.

Substanțele fitofarmaceutice au efecte negative deosebite asupra faunei și florei, mai ales după ploaie, când sunt antrenate în apa emisarului.

Procesele tehnologice industriale, care s-au dezvoltat în ultimii ani, folosesc substanțe toxice noi (fitofarmaceutice, nitroclorbenzen, monoditritroderivați aromatici ș.a.), greu de determinat cu metodele actuale. Limitele admisibile pentru o serie de substanțe toxice sunt indicate în STAS 4706.

Substanțele radioactive, folosite tot mai mult în medicină, tehnică etc., precum și în centralele atomoelectrice, creează noi probleme protecției apelor. Astfel, substanțele radioactive cu timp lung de înjumătățire (de ordinul a câtorva generații umane), sunt cu atât mai periculoase, cu cât metodele uzuale de determinare a radiațiilor nu sunt încă puse la punct. Cantitățile de substanțe radioactive admise în apa emisarilor sunt stabilite de STAS 4706.

Apele calde evacuate de unele industrii aduc multe prejudicii, atât instalațiilor de alimentare cu apă potabilă și industrială, cât și în folosirea apei pentru răcire, împiedicând dezvoltarea normală a faunei piscicole (deoarece, apa caldă stă deasupra, iar peștii se retrag spre patul râului, dezvoltându-se în mod necorespunzător). De asemenea, în condițiile unei temperaturi exterioare ridicate, creșterea temperaturii apei determină scăderea cantității de oxigen din apă și dezvoltarea excesivă a bacteriilor aerobe.

Apele uzate colorate, datorate, îndeosebi, apelor uzate provenite din fabricile de textile, hârtie, tăbăcărie etc. – împiedică absorbția oxigenului și dezvoltarea normală a fenomenelor de autoepurare, precum și a celor de fotosinteză. Apa emisarilor, colorată de diferite substanțe evacuate de industrii, nu poate fi folosită pentru agrement, alimentări cu apă etc.

Microorganismele din diferite ape uzate (cum sunt cele provenite de la tăbăcării, abatoare, industrii de prelucrare a unor produse vegetale) pot conține numeroase bacterii. Unele dintre acestea sunt patogene (*Bacillus anthracis*) și produc infectarea puternică a emisarului, făcându-l inutilizabil; altele sunt mai puțin vătămătoare și, chiar, inofensive și utile, contribuind la mineralizarea substanțelor organice sau la alte procese, care au loc în emisar.

12.2. Procese tehnologice specifice epurării apelor uzate industriale

Procedeele clasice de epurare a apelor uzate, valabile în majoritatea cazurilor pentru apele uzate orășenești, oferă posibilități limitate pentru epurarea apelor uzate industriale. Astfel, ele nu sunt capabile să micșoreze conținutul în impurități minerale dizolvate al apei uzate, iar unele substanțe organice, mai ales cele obținute prin sinteză, nu sunt degradate de către microorganismele, trecând neschimbate prin stațiile de epurare. Aceste impurități rămân și în apa emisarilor, nefiind eliminate nici în cursul proceselor naturale de autoepurare.

Necesitatea îndepărtării unui număr cât mai mare de substanțe nocive din apele uzate a impus adoptarea unor metode noi de epurare, care să le completeze pe cele clasice, cum ar fi:

- neutralizarea;
- flotația;
- absorbția;
- extracția;

- evaporarea, arderea și aerarea, pentru eliminarea impurităților volatile;
- spumarea;
- electrodializa;
- osmoza inversă;
- schimbul ionic etc.

În afara metodelor noi, menționate mai sus, de mare importanță pentru epurarea apelor uzate industriale este egalizarea și uniformizarea debitelor și a calității apelor uzate industriale.

12.2.1. Uniformizarea debitelor și a calității apelor uzate industriale

Egalizarea și uniformizarea debitelor și a calității apelor uzate industriale se realizează în așa-numitele „bazine de uniformizare a debitelor și a calității apelor uzate industriale”, în conformitate cu STAS 10686.

În afară de funcțiile tehnologice principale, menționate deja, bazinele de uniformizare pot îndeplini și alte funcții secundare, cum ar fi:

- eliminarea parțială a gazelor conținute în apă;
- oxidarea parțială a materiilor organice din apele uzate etc.

Clasificarea bazinelor de uniformizare se face, ținând cont de diferite criterii, astfel:

- după direcția de circulație a apei:
 - longitudinale;
 - radiale;
- după modul în care se realizează amestecul:
 - cu agitare mecanică;
 - cu agitare pneumatică.

Dimensionarea tehnologică a bazinelor de uniformizare se face pe baza cronogramelor (diagrama variației în timp), debitelor și caracteristicilor fizico-chimice ale apelor uzate. Cronogramele se stabilesc pe baza unor măsurători și determinări fizico-chimice. Volumul util total V_t , al compartimentului de uniformizare, se stabilește cu relația:

$$V_t = V_f + V_o, \quad (12.1)$$

în care:

V_f este volumul fluctuant, reprezentând volumul necesar pentru uniformizarea debitelor, determinat analitic sau grafic, prin metoda diferenței valorilor cumulate ale debitului influent și efluent, $[m^3]$;

V_o – volumul de omogenizare, reprezentând volumul necesar pentru uniformizarea calității apelor uzate, $[m^3]$.

Pentru dimensionarea preliminară a volumului de omogenizare V_o , STAS 10686 indică folosirea următoarei relații:

$$V_o = n \cdot Q_{med\ max}, \quad (12.2)$$

în care:

n este durata medie a ciclului de evacuare a apelor uzate, $[h]$;

$Q_{med\ max}$ – cel mai mare dintre debitele medii orare ale ciclurilor de evacuare a apelor uzate, [m^3/h].

Pentru creșterea preciziei în stabilirea volumului de omogenizare, pentru fiecare dintre caracteristicile fizico-chimice care trebuie uniformizate, se determină cronograma, după care se va aplica metoda indicată de STAS 10686. Volumul de omogenizare va fi cel mai mare dintre volumele rezultate prin calcul, pentru fiecare caracteristică fizico-chimică.

Cantitatea de aer necesară uniformizării și omogenizării se poate lua, în lipsa posibilității efectuării unor cercetări de laborator, $6\ m^3/m^2$ și h.

De obicei, bazinele de uniformizare se execută din beton armat.

În baza unor cercetări de laborator, cantitatea de aer necesară uniformizării și omogenizării este de $6\ m^3/m^2$ și h.

La fel ca pentru toate bazinele în care se tratează ape uzate, la stabilirea dimensiunilor bazinelor se va asigura, pe verticală, înălțimea utilă aglomerării depunerilor și înălțimea de siguranță.

La bazinele longitudinale, se recomandă evacuarea apei cu dispozitiv cu plutitor.

Pentru uniformizarea mecanică, podurile racloare sunt prevăzute cu utilaje de agitare mobile, pe verticală.

În general, conductele, canalele și celelalte dispozitive sunt asemănătoare celor descrise la decantoare.

12.2.2. Neutralizarea

Neutralizarea este operația care se aplică apelor uzate, acide sau alcaline, care ar putea dereglă procesele de epurare din stație.

Apele impurificate cu *acizi minerali* sunt cele mai nocive.

Prezența acestor acizi în apă conduce la degradarea materialelor, construcțiilor și instalațiilor din stația de epurare, iar în emisar, la distrugerea faunei piscicole.

Apele acide sunt evacuate de fabricile de acizi din industria metalurgică (secțiile de decapări, acoperiri metalice etc.), rafinăriile de petrol, fabricile de îngrășăminte etc.

Înainte de a trece la neutralizarea apelor acide, trebuie să se analizeze, în primul rând, posibilitatea de a micșora cantitatea lor, și abia apoi pe cea a neutralizării lor cu ape alcaline.

Neutralizării cei mai des folosiți sunt:

- piatra de var (carbonatul de calciu);
- dolomita (carbonatul de calciu și magneziu);
- varul, ca atare (oxidul de calciu);
- hidroxidul de calciu (lapte de var praf, stins);
- dolomita calcinată.

Piatra de var este recomandată pentru debite mici de ape uzate și concentrații reduse de acizi, nefiind indicată pentru apele care conțin acid sulfuric.

Neutralizarea apelor acide se face în filtre, în care:

- granulele au dimensiuni de 3 – 8 cm;
- stratul filtrant este de aproximativ 1,5 m înălțime;
- circulația apei acide se face de jos în sus;
- încărcarea superficială este de circa 5 m/h;
- timpul de contact este de 5 min.

Laptele de var, cu o concentrație de 5 – 10% oxid de calciu (CaO), este folosit pe scară largă la neutralizarea apelor acide.

După adăugarea laptelui de var, timpul de reacție trebuie să fie de minimum 5 min.

În general, pentru toți neutralizantii, timpul de contact nu depășește 15 min.

Instalațiile de neutralizare se compun din:

- depozit pentru înmagazinarea neutralizantului;
- instalații de pregătire a neutralizantului (de exemplu, stingerea varului);
- rezervoare pentru înmagazinarea soluției (de exemplu, laptele de var);
- dispozitive de dozare;
- bazine de amestec;
- bazin de reacție-neutralizare;
- decantoare sau iazuri de decantare-depozitare;
- terenuri pentru uscarea nămolurilor.

Decantoarele se dimensionează pentru un timp de traversare de 2 h, iar terenurile de uscare a nămolurilor – pentru 10 – 15 m³ nămol/m² teren de uscare.

Toate elementele stației de neutralizare, care vin în contact cu apele uzate acide, trebuie construite din materiale antiacide sau protejate contra coroziunii.

Apele uzate alcaline sunt în cantități mai mici, comparativ cu cele acide, iar neutralizarea lor se realizează în condiții bune și economic, cu acizi reziduali, proveniți de la diferite procese industriale, instalațiile fiind asemănătoare celor pentru apele acide.

Pentru apele uzate alcaline, un neutralizant ieftin îl constituie apele de arde-re, bogate în bioxid de carbon (CO₂), care rezultă de la centralele de forță ale fabricilor, sau de la alte instalații de încălzire cu combustibili.

12.2.3. Flotația

Flotația este procedeul de antrenare a particulelor în suspensie, dintr-un lichid, la suprafața acestuia, cu ajutorul bulelor de gaz aderente la aceste particule.

După felul particulelor, flotația decurge diferit:

- la *particulele grele*, cu greutate specifică mare, care cad repede la fund (de exemplu, minereurile), flotația este posibilă doar pentru granule fine (sub 0,4 mm). La astfel de particule se lucrează cu aer difuzat în bule mari, pe care aderă particulele solide. Pentru a ușura aderarea, se adaugă agenți de flotație, care, fixându-se pe suprafața particulelor, le fac hidrofobe, ceea ce are ca efect eliminarea lor din masa de apă, pe la suprafața de separare aer-apă, deci pe la suprafața bulelor de aer. Pentru colectarea particulelor ridicate la suprafață o dată cu

bulele de aer, trebuie să fie împiedicată spargerea acestora, scop în care se adaugă un spumant, care permite formarea unei spume stabile, la suprafață. Spumanții sunt substanțe superficial active, care micșorează tensiunea superficială a apei, prin proprietatea lor de a se acumula pe interfața lichid-gaz. Datorită faptului că este costisitor, acest procedeu se aplică mai rar, în special la prepararea minereurilor;

- la *particulele ușoare*, care plutesc la suprafață sau în straturi, sau care se depun foarte greu, fiind formate din materiale cu densitate mică (produse fibroase, flocoane sau grăsimi). Forța ascensională pentru ridicarea particulelor este mai mare și, de cele mai multe ori, nu este necesară adăugarea de agenți de flotație. Datorită faptului că este economic, procedeu este aplicat aproape întotdeauna pentru epurarea apelor uzate.

Metodele uzuale folosite pentru flotația apelor uzate sunt:

- *flotația prin barbotare*, care utilizează bule cu diametre mari (peste 1 mm), aplicabilă apelor menajere;

- *flotația sub vid*, care constă din saturarea apei cu aer și, apoi, introducerea ei într-un spațiu închis, cu presiune redusă. La scăderea presiunii, o parte din aerul dizolvat se degajă în apă, sub formă de bule fine, care asigură flotarea materiilor în suspensie. Metoda este aplicată pentru apele menajere, cele de la abatoare, de la fabricile de conserve etc. Cantitatea de bule fine, care se degajă sub efectul scăderii presiunii din apa saturată, este mică, astfel încât în cele mai multe cazuri, metoda flotației sub vid nu este economică;

- *flotația sub presiune* este eficientă pentru un număr mare de categorii de ape uzate industriale (abatoare, fabrici de săpun, hârtie, conserve, rafinării etc.). Apa este pusă în contact cu un aer sub presiune mai mare decât cea atmosferică; astfel, are loc solubilizarea unei cantități de aer, corespunzătoare suprapresiunii aplicate. Prin destinderea bruscă a apei (saturată cu aer) la presiunea atmosferică, în camera de flotație, are loc degajarea, sub formă de bule fine, a aerului dizolvat suplimentar, față de solubilitatea la presiunea atmosferică.

12.2.4. Extracția

Extracția este operația de separare a unor substanțe, bazată pe solubilizarea componentilor unui amestec în unul sau mai mulți solvenți.

Această operație se aplică la epurarea apelor uzate industriale, când componentul care trebuie separat urmează a fi valorificat (de exemplu, la extracția fenolului din apele uzate de la cocserii).

Principiul extracției poate fi reprezentat prin schema:

$$\underbrace{(A + B) + S}_{\text{amestec initial}} = \underbrace{[(A - a) + b + s]}_{\text{rafinat}} + \underbrace{[a + (B + b) + (S - s)]}_{\text{extract}}, \quad (12.3)$$

unde:

A este un component al amestecului;

B – componentul de extras;

S – solventul;

a, b, s – cantitățile mai mici ale acestora.

În amestecul omogen al componentilor A și B, care este pus în contact cu solventul selectiv S, A are solubilitate mică, iar B solubilitate cât mai ridicată.

După agitare și sedimentare, rafinatul conține aproape toată cantitatea de component A și cantitățile a și S, iar extractul este format din a și aproape toată cantitatea de component B și de solvent S.

După separarea celor două straturi, urmează recuperarea solventului (de obicei, prin distilare), cu rezultatul final:

$$\underbrace{(A + B)}_{\text{amestec inițial}} = \underbrace{[(A - a) + b]}_{\substack{\text{fracțiune bogată în A} \\ \text{(apa epurată)}}} + \underbrace{[a + (B - b)]}_{\substack{\text{fracțiune bogată în B} \\ \text{(impuritatea separată)}}} . \quad (12.4)$$

După modul în care apa este pusă în contact cu solventul, deosebim următoarele procedee de extracție:

- extracția simplă, cu un singur contact;
- extracția simplă, cu contacte multiple etc.

Extracția simplă, cu un singur contact, se realizează într-un bazin, în care se face agitarea (amestecul) apei uzate cu solventul, timp de câteva minute, lichidul trecând într-un bazin de decantare, iar apa și extractul separându-se, după densitate, în două straturi distincte.

Solventul din extract este recuperat prin distilare.

De obicei, procedeul este discontinuu.

Deși la o agitare de durată suficientă eficacitatea extracției se apropie de cea teoretică, pentru o separare avansată a impurităților sunt necesare cantități foarte mari de solvent. Agitarea se face cu agitatoare cu elice sau cu turbine, puterea medie a acestora fiind de $0,2 \text{ kW/m}^3$.

Decantoarele se dimensionează pentru un timp de decantare de 2 h.

12.3. Epurarea unor categorii de ape uzate industriale

Epurarea apelor uzate industriale trebuie realizată astfel încât, după amestecul cu apele emisarului, efluentul să îndeplinească cerințele de calitate prevăzute în STAS 4706.

Schemele de epurare a unor ape uzate industriale se pot stabili, cu o oarecare aproximație, dacă se ține cont de numărul locuitorilor echivalenți.

Astfel, spre exemplu, pentru apele provenite de la crescătoriile de păsări, dacă o asemenea crescătorie are 100.000 de capete, numărul mediu de locuitori echivalenți va fi $LE = 0,19 \times 100.000 = 19.000$; cu aproximație, stația de epurare a crescătoriei se poate dimensiona pentru un număr de 19.000 de locuitori.

Deoarece acest mod de dimensionare este cu totul aproximativ, el poate fi aplicat doar pentru unele categorii de ape uzate industriale; în majoritatea cazurilor, alegerea schemei de epurare se face pe baza unor cercetări de laborator, care au ca scop principal stabilirea parametrilor de proiectare.

În cele ce urmează, se vor prezenta posibilitățile de epurare a unor categorii de ape uzate industriale, ținând seama atât de procesele clasice de epurare a apelor uzate, cât și de cele specifice unor ape uzate industriale.

Apele uzate de la fabricile de prelucrare a laptelui provin de la prepararea unor produse (zară – de la unt, zer – de la brânză etc.), de la spălarea bidoanelor, vaselor etc. Decantarea apelor este împiedicată de intrarea rapidă a apelor uzate în fermentare acidă; într-o oarecare măsură, clorul poate opri fermentarea acidă. Epurarea biologică poate fi realizată în bazine cu nămol activ, în mai multe trepte, sau în filtre biologice cu recirculare.

De asemenea, o soluție de epurare a acestor ape este și răspândirea ei pe terenurile agricole dar, din punct de vedere sanitar, aceasta prezintă unele riscuri.

Apele uzate provenite de la fabricile de conserve (de legume și fructe) conțin materii plutitoare mai mari, reținute de grătare și folosite ca hrană pentru animale sau pentru fabricarea alcoolului. Pentru o decantare mai bună a materiilor solide în suspensie se folosesc, deseori, coagulanți.

Epurarea biologică, în iazuri de stabilizare, are mare eficiență, dar produce miros neplăcut. În prezent, sunt preferate filtrele biologice și bazinele cu nămol activ.

Apele uzate de la fabricile de zahăr, provenite de la spălarea și transportul sfeclei, sunt readuse în circuit după decantare care se realizează de obicei în decantoare radiale. Pentru a evita descompunerea materiilor organice din acestea, apele uzate se clorează. Apele de la difuzie, presare, condens etc. sunt epurate după procedeul „dublei fermentări” (Nolte), în care, după o primă fază de fermentare, apele uzate sunt neutralizate și, apoi, supuse unei a doua faze de fermentare, care are un caracter metanic. Filtrele biologice și bazinele cu nămol activ dau, de asemenea, rezultate satisfăcătoare pentru epurarea acestor ape.

Când condițiile locale permit construcția de iazuri de stabilizare cu volume mari, eficiența epurării este foarte ridicată, deoarece poate fi înmagazinată aproape toată apa uzată dintr-o campanie de lucru (septembrie-decembrie).

Apele uzate de la abatoare trebuie în prealabil trecute prin grătare și site, pentru reținerea corpurilor plutitoare, iar apoi prin separatoarele de grăsimi, pentru reținerea acestora; cantitatea de grăsimi reținute se poate evalua la 0,1% din greutatea vitelor tăiate. Epurarea biologică se poate face în filtre biologice, cu un raport mare de recirculare a apei uzate, sau în bazinele de nămol activ, cu o cantitate mare de nămol de recirculare.

Apele uzate de la fabricarea alcoolilor de fermentație. Borhoturile rezultate din prelucrarea materiilor prime (cereale, cartofi etc.), trebuie recuperate și folosite ca hrană pentru animale. Procedeele biologice de epurare, precedate de decantarea apelor uzate, se pretează foarte bine la epurarea acestor ape uzate, datorită temperaturii lor ridicate (în cele mai multe cazuri). Borhoturile pot fi epurate prin fermentare anaerobă, în bazine de fermentare închise sau deschise.

Apele uzate provenite de la tăbăcării sunt puternic impurificate. Pe lângă substanțele organice (în cantități mari), ele conțin și substanțe toxice (săruri de crom). În vederea epurării lor, ca o primă măsură, trebuie să se rețină (în grătare) substanțele plutitoare: păr, carne etc. Apoi, se trece la uniformizarea-egalizarea apelor uzate, din punct de vedere calitativ și cantitativ. În final, se realizează decantarea, ajutată de coagulanți. Este preferabil ca epurarea biologică să se facă în bazine cu nămol activ, dar uneori sunt folosite și iazurile de stabilizare. Deoarece din punct de vedere sanitar, nămolurile rezultate în urma epurării apelor uzate sunt periculoase, acestea trebuie incinerate, după deshidratarea lor artificială.

Apele uzate provenite de la prelucrarea fibrelor vegetale sunt epurate în funcție de natura fibrei vegetale.

Astfel, *epurarea apelor uzate provenite de la prelucrarea bumbacului* (țesere, finisare) constă în uniformizare-egalizare, preaerare, neutralizare, precipitare chimică (pentru îndepărtarea culorii și reducerea concentrațiilor unor substanțe chimice) și oxidare chimică (cu aer și clor, pentru apele uzate care conțin coloranți și substanțe chimice). Epurarea biologică se realizează, de cele mai multe ori, în bazine cu nămol activ.

Epurarea apelor uzate provenite de la prelucrarea inului și a cânepii necesită, în prima fază, tratarea apelor uzate rezultate de la topirea inului și a cânepii. Datorită faptului că aceste ape conțin substanțe fertilizante, este recomandată folosirea lor pentru irigarea terenurilor agricole. Apele rezultate din procesul tehnologic al filaturii, țeserii sau finisării materiei brute sunt epurate în același mod ca apele uzate provenite de la prelucrarea bumbacului.

Apele uzate provenite de la prelucrarea fibrelor animale (lâna) au, ca primă treaptă de epurare, pentru apele de la spălarea lânii, separatoare de fibre și separatoare de grăsimi, grăsimile constituind materia primă pentru obținerea lanolinei. În continuare, apele uzate sunt tratate împreună cu cele rezultate de la țesere și finisare, după recomandările prezentate la apele uzate provenite de la prelucrarea bumbacului.

Apele uzate provenite de la fabricile de celuloză necesită, ca primă operație de epurare, recuperarea fibrelor de celuloză, care se realizează în vacuumfiltre, pâlnii separatoare sau decantoare (de tip radial). Soluțiile sulfite reziduale, rezultate de la procedeul celuloză-sulfite, sunt folosite pentru fabricarea drojdiei furajere. Apele rezultate de la procedeul sulfat, folosit în prezent la toate fabricile noi, sunt, în primul rând, neutralizate cu un acid și apoi decantate. Pentru a fi epurate biologic (în filtre biologice sau bazine cu nămol activ), apele uzate sunt îmbogățite cu săruri biogene. Leșiile provenite din autoclave sunt tratate prin evaporare, reziduul sec fiind, apoi, calcinat. Nămolurile rezultate de la epurarea mecanică sunt deshidratate pe platforme de uscare sau în vacuumfiltre. În prezent, nămolurile rezultate din treapta biologică sunt stabilizate aerob și apoi deshidratate.

Apele uzate provenite de la fabricarea hârtiei, deoarece au un volum foarte mare, accentul se pune – în primul rând – pe recuperarea fibrelor și recircularea apelor limpezite. Epurarea biologică se practică în condițiile descrise la epurarea apelor uzate provenite de la prepararea celulozei.

Apele uzate provenite de la extracția și prepararea cărbunilor conțin cantități importante de materii solide în suspensie, separabile prin decantare (argile, steril, reactivi de flotație etc.), pentru reținerea cărora se folosesc iazuri de decantare sau decantoare radiale (la Lupeni și Petrila, pe Valea Jiului). Uneori, se recurge și la tratarea cu coagulanți. La preparațiile de cărbune de pe Valea Jiului, rezultatele cele mai bune au fost date de amidonul caustificat, sulfatul de calciu și amestecul de amidon caustificat cu poliacrilamida. Nămolul se tratează chimic, cu sulfat de aluminiu, apoi se introduce în îngroșătoare de nămol, după care, se trece pentru deshidratare în vacuumfiltre. Apele decantate vor fi recirculate (pe cât posibil).

Apele uzate de la extracția și prepararea minereurilor, pentru apele de mină, decantarea și coagularea sunt uneori suficiente.

Apele uzate provenite de la prepararea minereurilor sunt în cantități foarte mari, deoarece majoritatea proceselor tehnologice de concentrare a substanțelor minerale utile se realizează în mediu umed. Sterilul rezultat în urma preparării minereurilor reprezintă 5 – 33% din apa uzată (numită turbureală). Reținerea sterilului se face prin decantare, adăugându-se uneori și coagulanți. Când condițiile locale sunt favorabile, se pot construi iazuri de decantare, care, după umplerea lor, sunt amenajate și transformate în terenuri agricole (procedeul este aplicat la unele preparații de minereuri din țară). Uneori, efluentul provenit de la decantare mai conține și substanțe nocive, ca fenoli și cianuri, provenite de la procesul tehnologic de preparare a minereurilor. Defenolarea se realizează prin trecerea apelor uzate prin substanțe adsorbante (zgură de cărbuni arși în locomotive, semicocs granulat, cenușă rezultată de la termocentrale etc.). Ioni de CN, în cantitate mare, provin de la cianurarea minereurilor auro-argentifere și pot fi îndepărtați prin recuperare sau prin transformarea lor în complecși mai puțin toxici. Concomitent cu studierea posibilităților de epurare, trebuie avută în vedere și recircularea apelor uzate, după prealabila lor decantare.

Apele uzate de la cocsificaera și semicocsificarea cărbunilor, cocsificarea reprezintă procesul de fabricare a cocsului prin descompunerea termică a cărbunelui, în absența aerului, la temperaturi de 1.000 – 1.400°C. În urma cocsificării apar ape uzate fenolice, care, în afară de fenol, mai conțin gudroane, uleiuri, cianuri, sulfocianuri (rodanuri, amoniac) etc. Apele uzate fenolice se epurează mecanic și biologic. Ele sunt epurate în primul rând mecanic, în grătare, deznisipatoare sau decantoare, pentru îndepărtarea materiilor în suspensie. Dacă stația de epurare nu are prevăzute separatoare de uleiuri, decantoarele sunt amenajate pentru reținerea gudroanelor și uleiurilor. Îndepărtarea fenolilor se poate face prin metode recuperative (prin adsorbție cu cărbune activ sau prin extracție cu solvenți)

sau distructive (prin ardere sau oxidare catalitică, folosirea apelor fenolice la stingerea cocsului și oxidarea acestor ape cu reactivi, prin adsorbție pe zgure de locomotivă etc.). Metodele biologice sunt cele mai recomandate metode distructive de epurare; ele reduc substanțial cantitatea de fenoli și, în același timp, oxidează sulfocianurile și cianurile.

Semicocsificarea cărbunilor este procesul de degazare pirogenetică a cărbunilor, până la 500–600°C, în urma căruia apar ape uzate conținând compuși cu sulf, fenoli și urme de amoniac. Epurarea acestor ape se rezumă, în special, la îndepărtarea fenolilor.

Apele uzate de la rafinările de petrol; de obicei, rafinările necesită construirea a patru rețele de canalizare, deoarece, în acestea apar patru categorii de ape de canalizare: ape uzate tehnologice – cu conținut de hidrogen sulfurat, amoniac, fenoli, naftenați, sulfăți, cianuri etc.), ape de răcire, ape de ploaie și ape uzate menajere. Epurarea mecanică se realizează în deznisipatoare și, apoi, în așa-numitele „decantoare-separatoare”, unde sunt reținute suspensiile grele și produsele petroliere. Decantoarele-separatoare cu plăci, realizate și în țara noastră, au eficiență superioară celor clasice.

Pentru reținerea mai avansată a produselor petroliere se mai folosesc filtrele cu nisip, coagularea și flotația. Epurarea biologică se realizează în bazine cu nămol activ și filtre biologice. Nămolurile nu sunt tratate prin fermentare; după evacuare, acestea sunt deshidratate în vacuumfiltre sau filtre-presă.

Apele uzate de la fabricile de aglomerare, furnale și oțelării; fabricile de aglomerare evacuează ape uzate conținând, în special, cantități mari de materii acide în suspensie, separabile prin decantare (10.000 – 20.000 mgf/dm³), care sunt reținute în decantoare, vacuumfiltre etc.

Apele uzate din oțelării rezultă de la epurarea gazelor, care antrenează în baia de oțel praf de oxid de fier, de minereu, de fondanți și diferite gaze. Îndepărtarea suspensiilor se face în decantoare, precedate uneori de instalații de coagulare. Nămolul este trecut prin îngroșătoare de nămol și apoi deshidratat în vacuumfiltre; eventual, se recurge și la tratarea termică a nămolului.

Apele uzate de la laminoare conțin importante cantități de țunder (oxid de fier și ulei). Epurarea acestora se face în gropi de țunder, în decantoare, în hidrocicloane, în filtre cu nisip cuarțos sub presiune sau, mai recent, în cicloane-decantoare (ca la Combinatul siderurgic Galați). Trebuie avută în vedere și recircularea apelor epurate.

De la operațiile de finisare (degresare-decapare), rezultă în general ape uzate neutre; apele de la degresare, alcaline, se neutralizează în bazine de uniformizare cu apele de la decapare, care sunt acide. În ceea ce privește epurarea apelor uzate rezultate de la decapare, se are în vedere fie distrugerea acizilor și sărurilor, prin neutralizare și precipitare, fie recuperarea unor produse (acizi, săruri). O deosebită atenție trebuie dată măsurilor de reducere a debitelor și concentrațiilor acestor ape.

Neutralizarea apelor se poate face cu hidroxid de sodiu, sodă calcinată, lapte de var etc. Recuperarea acizilor sau a sărurilor de fier este legată de folosirea acestora.

Apele uzate din industria metalurgică prelucrătoare; de la secțiile de acoperiri metalice și tratamente superficiale ale metalelor feroase rezultă ape uzate, având ca impurificator principal cianul. Îndepărtarea cianului se poate face prin evaporarea apei uzate în iazuri, unde cianurile se oxidează în contact cu aerul atmosferic – soluție costisitoare, prin oxidare catalitică sau prin clorare alcalină cu clor gazos. Uneori, se recurge și la recuperarea cianurilor.

De la secțiile de acoperiri metalice și tratamente superficiale ale metalelor neferoase, rezultă ape uzate acide, cu conținut de metale toxice (cianuri, crom etc.). Metodele de tratare a apelor acide și impurificate cu cianuri au fost prezentate anterior. Cromul este îndepărtat prin metoda reducerii și precipitării ulterioare. Cuprul, zincul și nichelul sunt îndepărtate prin precipitare cu lapte de var.

Apele uzate din industria chimică organică diferă, în funcție de produsul finit rezultat.

Astfel, apele uzate provenite de la fabricarea *fibrelor sintetice* și, în particular, cele provenite de la fibrele de tip poliacrilonitrilice (cunoscute, uneori, sub denumirea de „Melana”), conțin în principal acid cianhidric (HCN) și derivați nitrilici (acrilo, lacto). Pentru epurarea acestor ape se folosește oxidarea catalitică, la temperaturi ridicate (circa 300°C), urmată de epurarea biologică, în bazine cu nămol activ, cu adăugare de substanțe nutritive.

Apele uzate de la producerea *cauciucului sintetic* sunt puternic impurificate organic și au un conținut mare de substanțe toxice (nekal, aldehide, ioni metalici). După pretratări locale, în care sunt reținute substanțele toxice, materiile solide plutitoare etc., efluenții rezultați mai conțin încă substanțe dizolvate pentru îndepărtarea cărora trebuie folosite clorinarea și sulfonarea. Urmează coagularea suspensiilor din apele uzate astfel tratate și apoi decantarea lor. Nămolul este îngroșat și apoi deshidratat în vacuumfiltre. Datorită faptului că apele uzate au un CBO, ridicat, este necesară epurarea lor biologică, în filtre biologice sau aerofiltre, cu adaos de substanțe nutritive, unde se obține o eficiență normală, în absența substanțelor toxice.

Apele uzate de la fabricarea *coloranților și vopselelor* sunt puternic impurificate, conținând coloranți, fenoli, formol, butanol, uleiuri, suspensii etc. Pentru epurarea lor este necesară, în prealabil, omogenizarea compoziției, neutralizarea, coagularea și, apoi, reținerea suspensiilor decantabile și a uleiurilor. Îndepărtarea culorii (decolorarea apelor uzate) se face prin metode oxidative sau reducătoare; ca agenți oxidanți se pot folosi clorul, permanganatul de potasiu sau ozonul; ca agenți reducători, rezultate foarte bune au dat sărurile de fier, hidrogenul în stare născândă și hidrosulfitul de sodiu. Culoarea poate fi, de asemenea, absorbită de materiile adsorbante, cum ar fi cărbunele activ.

În continuare, apele uzate pot fi epurate biologic în bazine cu nămol activ sau filtre biologice, după ce s-au adăugat substanțe nutritive.

Apele uzate provenite de la fabricarea *detergenților* (în principal, cele rezultate de la spălarea pardoselilor, utilajelor etc., dar nu din procesul tehnologic) pot fi epurate biologic, deoarece, în prezent, toate țările produc detergenți biodegradabili. Acești detergenți sunt de tip anionactivi, posedă radical alchilic liniar și, după normele din Germania, trebuie să se degradeze zilnic, în proporție de 80%. Detergenții nedegradabili pot fi îndepărtați din apele uzate numai prin procese fizico-chimice; în acest scop se folosește coagularea cu sulfat de aluminiu sau acesta împreună cu silice activă sau cu sulfat de fier; dacă eficiența nu este suficientă, se recurge la adsorbția pe cărbune activ.

În prezent, se încearcă îndepărtarea detergenților prin spumare, ca rezultat al adăugării, în apa uzată, a unor substanțe spumante, ca saponine, peptonă, pectine etc.

Apele uzate din industria chimiei anorganice, deși în cantități foarte mari (raportate la tona de produs), sunt destul de puțin impurificate și pot fi recirculate.

Apele provenite de la fabricarea *acizilor minerali* sunt impurificate cu săruri și acizi (sulfuric, clorhidric, azotic), proveniți de la spălarea utilajelor și halelor de fabricație. Epurarea apelor constă în neutralizarea acizilor. Pentru apele care conțin acid sulfuric este preferată neutralizarea cu var.

Apele uzate provenite de la fabricarea *îngrășămintelor minerale* (de exemplu, cu azot) au ca posibil impurificator principal amoniacul, care este produsul de bază al fabricării îngrășămintelor cu azot. În aceste fabrici, în prealabil, se prepară amoniacul, din care apoi se obțin acidul azotic, ureea și azotatul de amoniu. La fabricarea amoniacului rezultă ape de la spălarea instalațiilor impurificate cu amoniac, iar la fabricarea azotatului de amoniu și a ureei, condensul de la instalațiile de evaporare și apele de spălare ale instalației. Dacă procesul tehnologic de preparare a amoniacului este bine condus, impurificarea cu amoniac este minimă și nu este nevoie de epurare, dar se recomandă construcția unor bazine pentru cazuri de avarii, când au loc pierderi masive de soluții cu conținut de cupru, care intervine în procesul tehnologic. Cuprul este recuperat prin precipitare și decantare sau cu ajutorul schimbătorilor de ioni.

Apele uzate radioactive provin de la operațiile minerale, reactoarele nucleare, centrele de cercetări nucleare, instituțiile cu caracter medical sau tehnic etc. Dintre modelele de epurare a apelor uzate radioactive menționăm: precipitarea chimică, evaporarea, adsorbția, schimbul de ioni, epurarea în bazine cu nămol activ sau în filtre biologice, introducerea în puțuri uscate, evacuarea în mare și înglobarea în blocuri de beton.

Pomparea apelor uzate și a nămolurilor

În funcție de condițiile locale, în diferite puncte ale rețelei de canalizare și ale stației de epurare pot fi necesare stații de pompare a apelor uzate și a nămolurilor.

Conform STAS 1481, adoptarea unor scheme care au în componența lor stații de pompare trebuie justificată temeinic, prin calcule tehnico-economice comparative. La alegerea amplasamentului stațiilor de pompare de pe rețeaua de canalizare se va ține seama de încadrarea construcțiilor respective în detaliile de sistematizare, precum și de condițiile în care se va face evacuarea eventualelor rețineri (de pe grătare) și a nămolurilor.

Stațiile de pompare se clasifică astfel:

- după forma în plan:
 - stații de pompare circulare;
 - stații de pompare dreptunghiulare etc.;
- după capacitate:
 - stații de pompare mici – sub $5.000 \text{ m}^3/\text{zi}$;
 - stații de pompare medii – între 5.000 și $15.000 \text{ m}^3/\text{zi}$;
 - stații de pompare mari – peste $15.000 \text{ m}^3/\text{zi}$;
- după mărimea suprafeței pe care o deservesc:
 - stații de pompare locale;
 - stații de pompare principale etc.

Stațiile de pompare din rețeaua de canalizare sunt așezate la distanțe de cel puțin 50 m față de clădirile de locuit și 100 m față de cele publice, iar împrejurul lor se recomandă construcția unui gard viu.

Stațiile de pompare din cadrul stației de epurare pot fi:

– *stații de pompare pentru influent* (pentru apele uzate brute), care au scopul de a crea diferența de nivel necesară procesului tehnologic de epurare a apelor uzate, când condițiile locale nu permit scurgerea apei prin gravitație.

Pentru apele uzate provenite din sistemul unitar de canalizare, stația trebuie să asigure pomparea a $2Q_{o \text{ max}}$. Pentru a evita degradarea pompelor, în amonte de stația de pompare se instalează grătare și deznisipatoare, deoarece, în timp, nisipul erodează atât carcasa, cât și rotorul pompelor.

Numai în cazuri excepționale și foarte bine justificate, deznisipatoarele pot fi amplasate după stația de pompare. La aceste stații este indicat să se prevadă o conductă de descărcare a apei uzate în emisar, în timp de avarii (de exemplu, în cazul întreruperii energiei electrice); astfel, stația de pompare și de epurare este ferită de inundare.

– *stații de pompare pentru efluent*, necesare când relieful terenului nu asigură evacuarea apelor uzate în emisar, prin gravitație.

– *stații de pompare pentru recircularea apelor uzate*, necesare, în special, filtrelor biologice; tot aici sunt incluse stațiile pentru pomparea apelor din nămol, provenite din bazinele de fermentare a nămolului, de pe platformele de uscare, de la recondiționarea sau filtrarea nămolului etc.

Datorită faptului că, din punct de vedere al suspensiilor, atât stațiile pentru pomparea efluentului, cât și cele ale apelor de recirculare vehiculează apă relativ curată, aceste stații pot folosi, în principiu, orice fel de pompe.

Ultimele două categorii de stații de pompare, prin compartimentarea bazinului de recepție, pot fi folosite și pentru pomparea nămolului, uneori pompele fiind folosite în ambele scopuri.

– *stații pentru pomparea nămolului*, dotate cu pompe de nămol la care conductele de descărcare sau preaplinurile înapoiază nămolul în bazinele din care provine acesta, în caz de avarii (de exemplu, întreruperea alimentării cu energie electrică). La stațiile de epurare mici, conform procesului tehnologic, toate tipurile de nămol sunt aduse într-o singură stație de pompare, de unde, la anumite perioade de timp, sunt pompate în diferite obiecte ale stației. La stațiile de epurare mari, aproape pentru fiecare tip de nămol există o stație de pompare. Amplasarea stațiilor de pompare a nămolului în cadrul stației de epurare trebuie făcută astfel încât conductele de aspirație și de refulare să fie cât mai scurte.

Părțile componente ale unei stații de pompare sunt:

- bazinul de recepție;
- casa pompelor;
- agregatele de pompare;
- instalațiile hidraulice (conducte de aspirație și de refulare, de descărcare în caz de avarii, preaplinuri etc.);
- instalații de forță și lumină;
- instalații de comandă a pompelor;
- instalații auxiliare.

13.1. Bazinul de recepție

Bazinul de recepție are următoarele scopuri:

- primirea apelor uzate și înmagazinarea lor;
- adăpostirea sorburilor conductelor de aspirație sau chiar a pompelor, precum și a grătarelor.

Dacă pompele și sorbul sunt așezate direct în bazinul de recepție, sub nivelul apei sau al nămolului, stația de pompare se numește *cu cameră umedă* (fig. 13.1,b). Dacă numai capătul conductei de aspirație pătrunde în bazinul de recepție, iar pompa este așezată într-o cameră alăturată, stația de pompare este numită *cu cameră uscată* (fig. 13.1,c), această variantă având avantaje în exploatare.

De obicei, forma în plan a bazinelor de recepție este circulară.

La stațiile de pompare mari, bazinul de recepție este așezat imediat în apropierea stației de pompare (fig. 13.1,a); pentru stațiile mai mici, sub 1.000 m³/zi, bazinul de recepție face corp comun cu casa pompelor, fiind amplasat fie la partea inferioară a acesteia (fig. 13.1,b), fie într-un compartiment alăturat (fig. 13.1,c).

În bazinul de recepție, adâncimea apei (cuprinsă între radierul acestuia și nivelul cel mai scăzut al apelor uzate) trebuie să fie de 1,5 – 2,0 m.

Radierul bazinului de recepție se construiește cu o pantă de 0,01 – 0,02, către sorburile conductelor, pentru ca la spălarea lui, depunerile să poată aluneca spre sorb.

Bazinele de recepție amplasate alături stației de pompare sunt prevăzute cu acces de la exterior și cu ventilație.

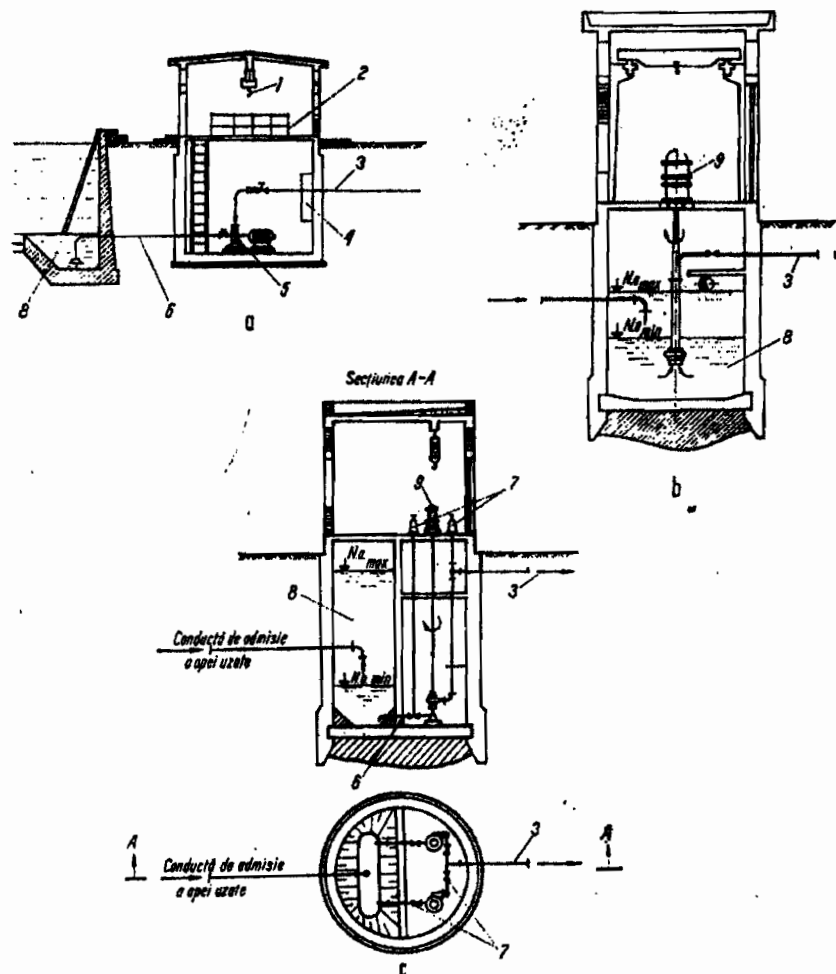


Figura 13.1. Amplasarea bazinelor de recepție:

1 – monoșină; 2 – parapet; 3 – conductă de refulare; 4 – tablou electric; 5 – electro-pompă centrifugă cu ax orizontal; 6 – conductă de aspirație; 7 – vane; 8 – bazin de recepție; 9 – electro-pompă cu ax vertical.

Grătarele aferente stațiilor de pompare fac corp comun cu bazinul de recepție și pot fi curățate manual sau mecanic. Din punct de vedere hidraulic și constructiv sunt similare cu cele care fac parte din schema stațiilor de epurare. Stațiile de pompare mari sunt prevăzute cu dezintegratoare.

Există și situații când la unele stații de pompare, amplasate după bazinele de decantare primară sau secundară, nu se prevăd bazine de recepție, rolul acestora fiind suplinit de decantoare. De asemenea, unele stații de pompare a nămolului nu sunt dotate nici cu bazine de recepție, nici cu grătare. Capacitatea bazinelor de recepție pentru stații de pompare mici, neautomatizate, trebuie să corespundă unui timp de înmagazinare a apelor uzate de câteva ore.

La stațiile de pompare automatizate, capacitatea bazinelor de recepție trebuie să asigure un volum minim de înmagazinare a apelor uzate de 3 – 10 min, dar este recomandată stabilirea acestei capacități pe baza graficelor de variație orară a debitelor de apă uzată, care intră și ies (prin pompare) din stația de pompare.

În acest sens, se construiește curba de variație orară a debitelor de ape uzate, intrate în stație, pe baza coeficienților de variație orară, debitele fiind stabilite fie pe baza măsurătorilor din teren, fie în conformitate cu STAS 1343. În graficul respectiv, pe abscisă se trec orele (0 – 24), iar pe ordonată – procente ore de primire (sau pompare) a apelor uzate, raportate la debitul zilnic maxim. Acestui grafic i se suprapune curba de variație orară a debitelor pompate, astfel încât să rămână întotdeauna sub curba de variație orară a debitelor. Diferența maximă pe ordonată, între curba de variație a debitelor intrate și pompate reprezintă volumul rezervorului, în procente, față de debitul zilnic maxim. Dacă se folosește o singură pompă, curba de variație orară a debitelor pompate se situează destul de departe de curba de variație orară a debitelor de apă uzată intrată în stație, ceea ce conduce la volume mari ale bazinelor de recepție. Dacă se iau în calcul două sau mai multe pompe, datorită unor înclinări diferite ale curbei debitelor pompate de una, două sau mai multe pompe, aceasta se poate menține mai aproape de curba de variație orară a debitelor intrate și, deci, ordonata maximă, respectiv volumul bazinului de recepție, este mai mic decât în cazul utilizării unei singure pompe.

13.2. Casa pompelor

Casa pompelor sau sala mașinilor adăpostește:

- agregatele de pompare;
- instalațiile hidraulice;
- instalațiile de forță și lumină;
- instalațiile auxiliare etc.

Casa pompelor este executată din beton armat și zidărie de cărămidă, iar forma în plan este circulară sau pătrată. Înălțimea construcției este determinată de utilajul de ridicare a agregatelor, fiind necesar ca între partea inferioară a utilajului, care trebuie deplasat, și cea superioară, a celui care a rămas în funcțiune, să mai fie o distanță de cel puțin 0,5 m; înălțimea stației de pompare nu trebuie să coboare, în nici un caz, sub 3,0 m. Casa pompelor trebuie să fie bine luminată și ventilată la interior, iar pereții, plăcați cu materiale care se întrețin ușor (faiantă, gresie etc.).

Pentru o exploatare cât mai ușoară, respectiv pentru inspecția sau demontarea utilajelor din stație, este necesar ca, între acestea, să se lase anumite distanțe, indicate în cataloagele de agregate:

- între pereți și agregate – 1,0 m;
- între agregate – 0,7 m etc.

Pe de altă parte, distanța între agregate și între acestea și pereți trebuie să asigure și o corectă așezare a conductelor, vanelor, clapetelor etc.

Totodată, conform normelor, în jurul tabloului electric trebuie asigurate distanțele necesare. La alegerea dimensiunii stației de pompare trebuie avut în vedere, în paralel, sistemul modular al construcțiilor și gabaritelor utilajelor.

Pentru o circulație comodă și pentru manevrarea ușoară a utilajelor, conductele se amplasează în canale deschise, executate în pardoseala stației și acoperite cu tablă striată. De asemenea, se prevăd scări de acces, în diferite puncte sau pentru traversarea unor conducte etc.

De obicei, nivelul apei din bazinul de recepție se transmite în sala mașinilor, prin intermediul unui plutitor, nivelul citindu-se pe o miră.

La stațiile de pompare mai mari, casa pompelor adăpostește un mic atelier de reparații, o magazie pentru piese de rezervă etc.

În figura 13.2 este prezentată o stație pentru apele uzate, cu bazin de recepție alăturat casei pompelor, iar în figura 13.3 – o stație de pompare a nămolului din stația de epurare a unui oraș.

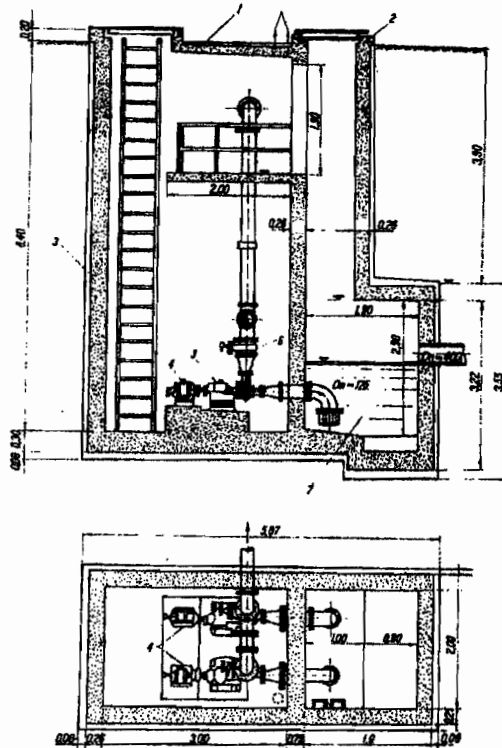


Figura 13.2. Stație de pompare cu pompe cu ax orizontal:

- 1 – șapă de ciment; 2 – beton armat;
 3 – izolație din carton bituminat;
 4 – electromotor; 5 – pompă centrifugă;
 6 – vană plană; 7 – bazin de recepție.

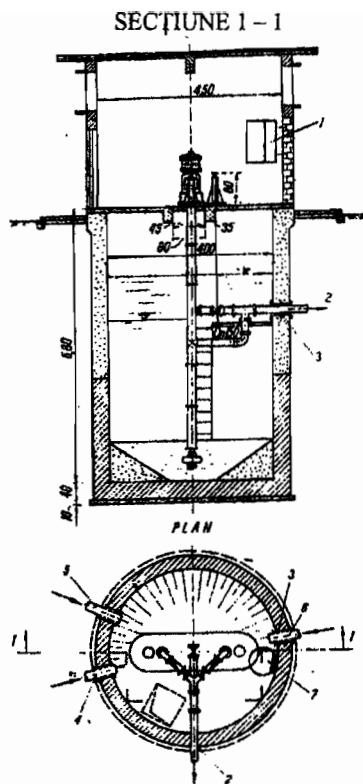


Figura 13.3. Stație de pompare a nămolului:

1 – tablou electric; 2 – conductă de refulare; 3 – piesă de trecere etanșă prin perete; 4 – conductă de fontă pentru admisia nămolului de la decantorul D₁; 5 – conductă de fontă pentru evacuarea nămolului de la decantorul D₂; 6 – conductă de fontă pentru evacuarea nămolului de la decantorul D₃; 7 – scară tip vapor.

13.3. Agregate de pompare

Agregatele sau grupurile de pompare pentru ape uzate și nămoluri sunt constituite din pompă și motor. Pompele pot fi clasificate astfel;

- din punct de vedere al presiunii:
 - pompe de *joasă presiune* (până la 15 m);
 - pompe de *medie presiune* (până la 40 m);
 - pompe de *întăi presiune* (cele care ridică apa la înălțimi mai mari de 40 m);
- din punct de vedere al numărului de rotoare, care asigură presiuni mai mari sau mai mici:
 - *pompe monoetajate*, la care presiunea este realizată de un singur rotor și care, în mod practic, pot asigura înălțimi de refulare de 20 – 30 m;

- *pompe multietajate*, la care presiunea este realizată de 2 sau 3 rotoare și care lucrează în serie;
- din punct de vedere al amorsării:
 - *pompe autoamorsate*, care sunt așezate sub nivelul apei din bazinul de recepție;
 - *pompe amorsate*, la care amorsarea se face fie prin umplerea cu apă a conductei de aspirație, fie prin scoaterea aerului din aceasta, cu ajutorul unei pompe de vacuum;
 - din punct de vedere al realizării presiunii:
 - *pompe centrifuge*, la care presiunea se realizează printr-un rotor cu palete;
 - *pompe cu piston*, la care presiunea este realizată de un piston;
 - *pompe cu fluid motor*, la care presiunea se realizează prin intermediul unui fluid (apă, aer etc.), dintre acestea pompa Mamut fiind cea mai folosită.

Cele mai utilizate pompe sunt cele centrifugale; ele sunt constituite dintr-o carcasă de fontă și un rotor (fig. 13.4), putând fi cu ax orizontal (fig. 13.5) sau cu ax vertical.

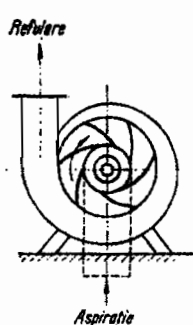


Figura 13.4. Pompă centrifugă.

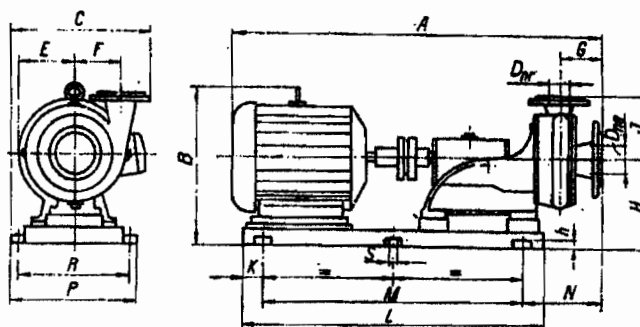


Figura 13.5. Pompă centrifugă cu ax orizontal.

Pompele pentru ape uzate și nămoluri trebuie să aibă o construcție specială, deoarece suspensiile din acestea pot distruge pompele obișnuite de apă curată. Randamentele lor, η , sunt, în general, sub 0,5.

13.4. Instalații hidraulice

Conductele de aspirație au scopul de a vehicula apa aspirată din rezervorul de recepție, până la pompă. Este recomandabil ca fiecare pompă să fie dotată cu conductă de aspirație, pe care se montează vacuummetre, în scopul urmăririi cât mai corecte a aspirației.

Conductele de aspirație trebuie să îndeplinească următoarele caracteristici:

- să fie cât mai scurte;
- să nu atârne de pompe;
- să nu aibă coturi inutile;

– să urce către pompă cu o pantă de cel puțin 0,005 pentru a permite, în permanență, antrenarea aerului din apă în pompă.

Conductele de aspirație a apei uzate sau a nămolului se execută din tuburi de fontă cu flanșe, țevi de oțel (mai puțin folosite, deoarece, atât apa uzată, cât și nămolurile sunt agresive), azbociment etc.

Capătul inferior al conductei de aspirație este evazat, pentru a evita formarea de vârtejuri împrejurul lui, care conduc la antrenarea aerului în conductele de aspirație, reduc vacuumul și randamentul pompei, iar în cazul apelor agresive, corodează conducta.

Evitarea producerii vârtejurilor și a antrenării aerului poate fi realizată prin asigurarea, în permanență, a unei adâncimi de apă de 0,6 – 0,8 m deasupra sorbului. Uneori, în același scop, se montează diafragme pe capătul conductei de aspirație, se construiesc pereți despărțitori în bazinul de recepție etc.

Pe conductele de aspirație prin care circulă nămol se montează piese de curățare.

Conductele de aspirație aferente pompelor centrifugale se dimensionează pentru o viteză de 0,6 – 1,0 m/s uneori chiar 1,5 m/s, mărimea acestora depinzând de lungimea conductei, rezistențele locale, înălțimea geodezică de aspirație etc.

La dimensionarea conductei se urmărește ca înălțimea de aspirație să rămână sub 6 – 7 m CA.

Conductele de refulare vehiculează apele uzate sau nămolurile spre instalațiile prevăzute în procesul tehnologic.

De obicei, ele se execută din fontă.

Imediat după pompă, pe conducta de refulare, se prevede o clapetă de reținere, apoi o vană și un manometru.

La conducte de lungime mare, în anumite puncte de pe acestea, se prevăd ventile de aer, iar în punctele joase, descărcări.

Pentru refulări, constituite din mai multe conducte, cu presiuni mai mari de 4 at sau a căror lungime depășește 1,5 km lângă stația de pompare, eventual, și pe parcurs, se execută conducte de legătură între conductele de refulare, prevăzute cu vane.

Conductele de refulare, spre deosebire de cele de aspirație, se caracterizează printr-o lungime mare și prin pierderi de sarcină liniare, mult mai mari decât cele locale, care, de multe ori, pot fi considerate neglijabile.

După cum se știe, pierderile de sarcină depind și de diametrul conductei de refulare, micșorându-se o dată cu mărirea diametrului și atrăgând, după sine, diminuarea puterii de pompare, și viceversa. Micșorarea pierderilor la sarcină conduce, însă, la mărirea costului total al investițiilor aferente conductei de refulare și, în același timp, la micșorarea cheltuielilor anuale de exploatare a instalațiilor de pompare; invers, mărirea pierderilor de sarcină conduce la micșorarea costului total al investițiilor aferente conductei de refulare, dar și la mărirea cheltuielilor anuale de exploatare.

Dimensionarea conductelor de refulare se va face determinând diametrul economic al conductei, pentru care costul total de investiție și exploatare a conduc-

tei este minim. Costul total anual al transportului apei prin pompare este dat de suma dintre costul de instalare al conductei de refulare, raportat la numărul de ani în care se face recuperarea investiției și costul anual al energiei de pompare, conform relației:

$$C = \frac{1}{t} \cdot C_c \cdot l + \frac{\gamma \cdot Q \cdot H}{102 \cdot \eta} \cdot T \cdot C_E \quad [\text{lei/an}], \quad (13.1)$$

în care:

t este timpul de recuperare a investiției, [ani];

C_c – costul de instalare a conductei de refulare pe unitatea de lungime, [lei/ml];

l – lungimea conductei de refulare, [m];

γ – greutatea specifică a apei; [daN/m³];

Q – debitul pompat, [m³/s];

T – durata medie anuală de pompare a apei, [h/an];

C_E – costul energiei electrice, [lei/kWh];

η – randamentul total al agregatului, [%];

H – înălțimea de pompare, [m].

Diametrul economic corespunde punctului minim al ecuației (13.1), care poate fi stabilit grafic sau analitic (fig. 13.6).

Având în vedere conjunctura economică actuală, precum și costul ridicat al energiei electrice și al conductelor de refulare, diametrul economic corespunde unei viteze pe conducta de refulare de circa 1,0 m/s. În literatura de specialitate se recomandă ca diametrul economic pentru conducta de refulare să corespundă la viteze de 0,8 – 1,0 m/s, pentru o singură pompă; 1,0 – 1,2 m/s, pentru două pompe care funcționează în paralel și 1,2 – 1,5 m/s, pentru trei pompe funcționând în paralel.

În caz de avarii, *conducele de descărcare*, evacuează apele uzate direct spre emisar, fără prealabila lor epurare.

Conducta de descărcare pornește de la căminul amonte stației de epurare, fiind situată deasupra nivelului de maxim al apelor în emisar.

Canalul de aducțiune a apei în stația de epurare și conducta de descărcare sunt prevăzute cu vane sau stăvilare.

În cazul stațiilor de pompare a nămolului, conducta de descărcare înapoiază nămolul în stația din care a fost pompat.

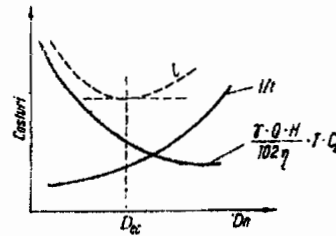


Figura 13.6. Grafic pentru stabilirea diametrului economic la conductele de refulare.

13.5. Instalații de forță și lumină

Alimentarea cu energie a electromotoarelor se face cu un racord de înaltă tensiune, legat în vecinătatea stației la un post de transformare. Se recomandă ca stația de pompare să fie dotată și cu o sursă proprie de energie (un motor Diesel).

Instalațiile de forță și lumină, aparatele de măsură, cele de protecție, cablurile etc. se execută conform normelor în vigoare.

Toate instalațiile de forță și lumină sunt executate antiexploziv, deoarece gazele de fermentare scăpate din instalații în amestec cu aerul, prezintă un pericol de explozie foarte mare.

De asemenea, se prevăd instalații de punere la pământ și paratrăznet.

13.6. Instalații auxiliare

Instalațiile auxiliare au scopul de a asigura buna funcționare a stației de pompare.

Dintre acestea, menționăm:

- utilaje de ridicat pompe, motoare etc; pentru un număr redus de agregate, cu greutatea de până la 500 daN, se folosesc trepiede mobile; pentru agregatele care au o greutate de 500 – 3.000 daN se folosesc monoșine cu macara; pentru agregatela a căror greutate depășește 3.000 daN se folosesc grinzi rulante, acționate manual, macarale portal etc. Utilajele trebuie bine justificate, uneori prin calcule tehnico-economice;

- instalații de încălzire, pentru stațiile în care nu se poate asigura o temperatură de minimum +5°C;

- instalații de ventilație artificială, în special pentru evacuarea gazelor;

- instalații sanitare, WC-uri, dușuri, lavoare etc., numai la stațiile mari;

- instalații pentru epuizarea apei sau a nămolului, necesare ori de câte ori evacuarea din punctele joase ale stației nu poate fi făcută prin gravitație. Evacuarea (epuizarea) se poate face și cu pompe de mână sau electropompe;

- instalații de telecomunicații (telefon, radio etc.), pentru transmiterea urgentă a informațiilor, dispozițiilor etc., în caz de avarii.

13.7. Instalații de comandă a pompelor

În prezent, aproape toate stațiile de pompare sunt automatizate, având însă prevăzută și posibilitatea unor comenzi manuale.

Automatizarea stațiilor de pompare se face în funcție de variațiile nivelului apei din bazinul de recepție. Schimbările acestui nivel, ca rezultat al variațiilor de debit, sunt transmise unui dispozitiv, care poate varia debitele pompate de stație. Transmiterea variațiilor de nivel se poate face prin intermediul unui plutitor cu contragreutate, pneumatic sau electric.

Bibliografie

1. ANTONIU, R., GHITĂ, I., *Protecția și epurarea apelor*, Studii de sinteză documentară, CDIFGA, 1970.
2. BLITZ, E., *Epurarea apelor uzate menajere și orașenești*, Editura Tehnică, București, 1966.
3. CICEI, A., *Canalizarea și epurarea apelor din localitățile mici și mijlocii*, Sinteza documentară, MAIASA-CDIFGA, 1970.
4. CIOC, D., *Hidraulica*, Editura Didactică și Pedagogică, București, 1975.
5. DIMA, M., *Proiectarea stațiilor de epurare*, Litografia I.P. Iași, 1983.
6. DUMITRESCU, L., *Instalații sanitare pentru ansambluri de clădiri*, Editura Tehnică, București, 1980.
7. DUMITRESCU, L., *Instalații de apă caldă menajeră*, Editura Tehnică, București, 1965.
8. FAIR, G.M. ș.a., *Water and Wastewater Engineering*, New Zork, London, Szdnez, J. Wilez and Sons Inc., 1968.
9. IAMANDI C., PETRESCU V., *Mecanica fluidelor*, Editura Didactică și Pedagogică, București, 1978.
10. IANCU O., PIENARU A., *Canalizări și epurarea apelor uzate*, Editura Globus, București 1999.
11. IANULI V., RUSU Gh. C-tin., *Stații de epurare a apelor uzate orașenești, exemple de calcul*, Institutul de Construcții București, 1983.
12. IMHOFF, K., *Taschebuch der Stadtentwässerung*, Ed. 22, München, Verlag von R. Oldenbourg, 1996.
13. IONESCU, Gh.C., *Alimentări cu apă*, Litografia Universității din Oradea, 1996.
14. IONESCU, Gh.C., *Canalizări*, vol. I și II, Litografia Universității din Oradea, 1997.
15. MATEESCU, Cr., *Hidraulica*, Editura Didactică și Pedagogică, București, 1975.
16. MATEESCU, T., *Calculul instalațiilor sanitare – apă, canal, gaze*, Editura „Gh. Asachi”, Iași, 1996.
17. MĂNESCU AI., SANDU M., IANCULESCU O., *Alimentări cu apă*, Editura Didactică și Pedagogică, București, 1994.
18. MEGLEI, V., *Fermentarea anaerobă de contact*, Conferința de instalații pentru construcții și economia de energie, Iași, 1996.
19. MIREL, I. ș.a., *Sisteme vacuumate de canalizare*, A XXX-a Conferință de Instalații, Sinaia, 1996.
20. MIREL, I., *Considerații privind epurarea apelor uzate de la gospodării și unități izolate*, Simpozionul „Instalații pentru construcții și confort ambiental”, Timișoara, 1993.
21. NEGULESCU, Gh.M., *Canalizări*, Institutul de Construcții București, 1975.
22. NEGULESCU, Gh.M., *Canalizări și Epurarea apelor uzate*, Institutul de Construcții București, 1975.
23. NEGULESCU, Gh.M., *Canalizări*, Editura Didactică și Pedagogică, București, 1978.

24. NEGULESCU, Gh.M., *Epurarea apelor uzate industriale*, Editura Tehnică, București, 1969.
25. NEGULESCU, Gh.M. ș.a., *Exploatarea stațiilor de epurare*, Editura Tehnică, București, 1976.
26. OGNEAN, T. ș.a., *Modelarea proceselor de epurare biologică*, Editura Academiei, București, 1987.
27. RUSU, G., ROJANSCHI, V., *Filtrarea în tehnica tratării și epurării apelor*, Editura Tehnică, București, 1980.
28. SÂRBU, I., *Instalații eficiente de epurare locală a apei*, Revista „Instalatorul”, nr. 1, 1996.
29. TRIEBEL, W.D., *Lehr und Handbuch der Abwasser Technik*, Yweite Auflage Berlin – München – Düsseldorf, Verlag von W. Ernst & Sohn, 1975, 1978.
30. TROFIN, P., *Alimentări cu apă*, Editura Didactică și Pedagogică, București, 1973.
31. VINTILĂ, Șt., *Instalații sanitare și de gaze*, Editura Didactică și Pedagogică, București, 1995.
32. VOINESCU, V. ș.a., *Îndrumătorul instalatorilor*, Editura Tehnică, București, 1964.
33. xxx, Revista „Instalații pentru construcții”, colecție.
34. xxx, Revista „Instalatorul”, colecție, 1996.
35. xxx, *Manualul inginerului hidrotehnician*, Editura Tehnică, București, 1970.
36. xxx, *Standarde de stat*.

CĂRȚI TEHNICE - MATRIX ROM - CĂRȚI ACADEMICE

15 ANI DE ACTIVITATE - PESTE 2000 DE TITLURI

Selecție din lucrările apărute în domeniul **PROTECȚIA MEDIULUI, ECOLOGIE***:

- N.N.Antonescu, N.Antonescu, P.Stănescu, L.Popescu (Universitatea Tehnică de Construcții București) - **GESTIUNEA ȘI TRATAREA DEȘEURILOR URBANE. GESTIUNEA REGIONALĂ** • Preț: 20 RON
- Florinea Ardelean, Vlad Iordache (Universitatea Tehnică de Construcții București) - **ECOLOGIE ȘI PROTECȚIA MEDIULUI** • Preț: 25 RON
- Alexei Atudorei, I. Păunescu (Universitatea "Politehnica" București) - **GESTIUNEA DEȘEURILOR URBANE** • Preț: 15 RON
- Ioan Bică (Universitatea Tehnică de Construcții București) - **ELEMENTE DE IMPACT ASUPRA MEDIULUI** • Preț: 19 RON
- O. V. Bold, G. A. Mărăcineanu - **DEPOZITAREA, TRATAREA ȘI RECICLAREA DEȘEURILOR ȘI MATERIALELOR** • Preț: 23 RON
- O. V. Bold, G. Mărăcineanu - **MANAGEMENTUL DEȘEURILOR SOLIDE URBANE ȘI INDUSTRIALE** • Preț: 26 RON
- Camelia Căpățână (Universitatea C.Brâncuși) - **DEȘEURI** • Preț: 23 RON
- Camelia Căpățână, Claudia Simonescu (Universitatea "Constantin Brâncuși" Târgu Jiu, Universitatea "Politehnica" București) - **DEPOZITAREA, TRATAREA ȘI RECICLAREA DEȘEURILOR ȘI MATERIALELOR RECUPERABILE** • Preț: 20 RON
- Camelia Căpățână, Emil Cătălin Șchiopu (Universitatea "Constantin Brâncuși" Târgu Jiu) - **DEPOZITAREA, TRATAREA ȘI RECICLAREA DEȘEURILOR ȘI MATERIALELOR. ÎNDRUMAR DE LABORATOR** • Preț: 6 RON
- Speranța Coldea (Universitatea din Oradea) - **ANALIZA FENOMENELOR DE TRANSPORT IMPLICATE ÎN POLUAREA FLUIDELOR DE MEDIU** • Preț: 22 RON
- Gh. Duca, Iurie Scurlatov, Aurelio Misiti, Matei Macoveanu, M. Surpățeanu (Universitatea de Stat Chișinău, Universitatea Roma, Universitatea tehnică Gh. Asachi Iași) - **CHIMIE ECOLOGICĂ** • Preț: 23 RON - *pe suport electronic (CD)*
- Dan Ianculescu, Arpad Molnar (Universitatea Tehnică de Construcții București) - **STAȚII DE EPURARE DE CAPACITATE MICĂ** • Preț: 33 RON
- O. Ianculescu, Gh. Ionescu, Raluca Racovițeanu (Universitatea Tehnică de Construcții București) - **EPURAREA APELOR UZATE** • Preț: 23 RON
- O. Ianculescu, D. Ianculescu (Universitatea Tehnică de Construcții București) - **SOLID WASTE ENGINEERING** • Preț: 15 RON - *pe suport electronic (CD)*
- S. Ianculescu, S. Nisipeanu, R. Ștepa - **MANAGEMENTUL MEDIULUI** • Preț: 9 RON
- Speranța Ianculescu, Dan Ianculescu - **UTILIZAREA FILTRELOR DE NISIP LA EPURAREA AVANSATĂ A APELOR UZATE** • Preț: 19 RON
- Gh. Iordache (Universitatea "Politehnica" București) - **METODE ȘI UTILAJE PENTRU PREVENIREA POLUĂRII MEDIULUI** • Preț: 13 RON
- Matei Macoveanu, Mihaela Macoveanu, Mariana Paleu (Universitatea tehnică Gh. Asachi Iași) - **IMPACTUL COMPUȘILOR MACROMOLECULARI ASUPRA SOLULUI** • Preț: 12 RON - *pe suport electronic (CD)*
- Matei Macoveanu ș.a. (Universitatea tehnică "Gh.Asachi" Iași) - **PROCESE DE SCHIMB IONIC ÎN PROTECȚIA MEDIULUI** • Preț: 33 RON - *pe suport electronic (CD)*
- A. Manea, L. Manea, V. Sandu (Universitatea Ovidius Constanța) - **MOTOARE TERMICE. PROCESE. POLUARE** • Preț: 35 RON
- Anca Maria Moldoveanu (Universitatea de Medicină și Farmacie "Carol Davila" București) - **PATOLOGIA INFECȚIOASĂ TRANSMISĂ PRIN APĂ** • Preț: 15 RON
- Anca Maria Moldoveanu (Universitatea de Medicină și Farmacie "Carol Davila" București) - **POLUAREA AERULUI CU PARTICULE** • Preț: 19 RON
- Anca Maria Moldoveanu (Universitatea de Medicină și Farmacie "Carol Davila" București) - **POLUAREA AERULUI INTERIOR** • Preț: 26 RON
- Anca Maria Moldoveanu (Universitatea de Medicină și Farmacie "Carol Davila" București) - **ENVIRONMENTAL HYGIENE** • Preț: 20 RON
- N. Oprea, I. Păunescu, G. Paraschiv (Universitatea "Politehnica" București) - **METODE MATEMATICE ÎN BIOTEHNICĂ ȘI INGINERIA MEDIULUI** • Preț: 20 RON - *pe suport electronic (CD)*

- Maria Popescu, Miron Popescu (Universitatea Tehnică de Construcții București) - **ECOLOGIE APLICATĂ** • Preț: 29 RON
- Maria Popescu (Universitatea Tehnică de Construcții București) - **CHIMIA POLUANȚILOR ATMOSFERICI** • Preț: 13 RON
- Eveline Popovici (Universitatea Al.I.Cuza Iași) - **THE IMPACT OF MATERIALS AND ENERGY UPON ENVIRONMENT** • Preț: 23 RON
- Cristinel Racoceanu, Camelia Căpățână (Universitatea "C.Brâncuși" Tg. Jiu) - **EMISIILE DE NOXE ALE CENTRALELOR TERMoeLECTRICE** • Preț: 13 RON – *pe suport electronic (CD)*
- Gabriel Racovițeanu (Universitatea Tehnică de Construcții București) - **TEORIA DECANTĂRII ȘI FILTRĂRII APEI** • Preț: 17 RON
- Lucica Roșu, Carmen Maței (Universitatea "Ovidius" Constanța) - **LEGISLAȚIA MEDIULUI. LEGISLAȚIA ORIZONTALĂ** • Preț: 19 RON
- Lucica Roșu, Mihai Florea (Universitatea "Ovidius" Constanța) - **LEGISLAȚIA MEDIULUI. LEGISLAȚIA SECTORIALĂ** • Preț: 24 RON
- M.Sandu, A.Dobre, Al.Manescu (Universitatea Tehnică de Construcții București) - **INGINERIA MEDIULUI** • Preț: 13 RON
- Daniel Stan (Universitatea Tehnică de Construcții București) - **CONSTRUCȚII ȘI MEDIU** • Preț: 28 RON
- Dan Stematiu (Universitatea Tehnică de Construcții București) - **IAZURI DE DECANTARE. MANAGEMENTUL RISCULUI** • Preț: 15 RON – *pe suport electronic (CD)*
- Mioara Surpățeanu (Universitatea Tehnică "Gh.Asachi" Iași) - **ELEMENTE DE CHIMIA MEDIULUI** • Preț: 25 RON
- Carmen Teodosiu (Universitatea Tehnică "Gh.Asachi" Iași) - **TEHNOLOGIA APEI POTABILE ȘI INDUSTRIALE** • Preț: 24 RON
- A. Varduca, A. Moldoveanu (Universitatea "Politehnica" București) - **POLUAREA. PREVENIRE ȘI CONTROL** • Preț: 28 RON
- Gh. Voicu, I. Păunescu (Universitatea "Politehnica" București) - **PROCESE ȘI UTILAJE PENTRU ECOLOGIZAREA LOCALITĂȚILOR** • Preț: 14 RON – *pe suport electronic (CD)*
- Gh. Voicu (Universitatea "Politehnica" București) - **UTILAJE PENTRU GOSPODARIE COMUNALĂ ȘI ECOLOGIZAREA LOCALITĂȚILOR** • Preț: 24 RON
- Gh.Zafiu, Ion A. Ionescu (Universitatea Tehnică de Construcții București) - **PROBLEMATICA ECOLOGICĂ A TEHNOLOGIILOR ÎN INDUSTRIA CONSTRUCȚIILOR** • Preț: 9 RON – *pe suport electronic (CD)*

Ofertele complete și gratuite pe domenii se pot solicita telefonic. Achiziționarea cărților se poate face direct de la sediul editurii, prin colet poștal cu plata ramburs (pe baza unei comenzi scrise) sau de la distribuitorii din București (librăria RAMA, librăria A.3R, librăria Luceafărul, librăria Mihai Eminescu), Brașov, Cluj Napoca, Constanța, Craiova, Iași, Pitești, Sibiu, Timișoara. Clienții primesc periodic informații despre noile lucrări apărute sau în curs de apariție.

*Prețurile din această ofertă sunt valabile începând cu 01.02.2008, incluzând TVA și sunt exprimate în RON = Lei
 noI.