

Acest dosar este prezentat exclusiv pentru informare.

Stimate cititor!

Daca DVS doriți sa copiați acest dosar, el urmează a fi inlaturat fara intirziere, imediat dupa ce ati făcut cunoștința cu conținutul lui.

Copiind si pastrind dosarul in cauza,

DVS va asumați toata responsabilitatea in conformitate cu legislația in vigoare.

Toate drepturile de autor asupra dosarului dat se păstrează dupa deținătorul de drept.

Orice utilizare in scopuri comerciale sau alte scopuri, cu excepția utilizării in scopuri de informare prealabila este interzisa.

Publicarea acestui document nu atrage dupa sine nici un fel de cistig comercial.

Insa astfel de documente contribuie rapid la ridicarea profesionalismului si spiritualității cititorilor si servește drept reclama a edițiilor de hirtie a acestor documente.

Contract nr. 430/09.10.2009

**PROIECTAREA, EXECUTIA SI EXPLOATAREA SISTEMELOR DE
ALIMENTARI CU APA SI CANALIZARE A LOCALITATILOR.
PARTEA A II-A: SISTEME DE CANALIZARE A LOCALITATILOR
- NORMATIV**

Beneficiar: Ministerul Dezvoltarii Regionale si Turismului

Executanti: Institutul de Cercetari pentru Echipamente si

Tehnologii in Constructii ICECON S.A.

Universitatea Tehnica de Constructii Bucuresti

PROIECTAREA SISTEMELOR DE CANALIZARE

01.Date generale	1
01.1 Elemente componente si rolul acestora	1
01.2 Criterii de alegere a schemei sistemului de canalizare	3
01.3 Sisteme si procedee de canalizare	4
1.Obiectul normativului	5
1.1 Lucrările rețelei de canalizare	5
1.2 Apele preluate în rețelele de canalizare	5
1.3 Încadrarea în mediul rural/ urban	6
1.4 Alcătuirea rețelelor de canalizare	6
1.5 Clasificarea rețelelor de canalizare	7
1.5.1 Asigurarea curgerii apei în colectoare	7
1.5.2 Calitatea apelor colectate	7
1.5.3 Forma rețelei	8
PARTEA I : REȚELE DE CANALIZARE	
1.Proiectarea rețelelor de canalizare	8
2.1 Rețea de ape uzate în sistem separativ	8
2.1.1 Debite de dimensionare	8
2.1.2 Elemente impuse dimensionării hidraulice	9
2.1.2.1 Grad de umplere	9
2.1.2.2 Viteze minime/ maxime	10
2.1.2.3 Diametre minime	10
2.1.2.4 Adâncimea minimă si maximă de pozare	10
2.1.2.5 Panta longitudinală a colectorului	11
2.1.3 Dimensionare hidraulică	11
2.1.3.1 Stabilirea debitelor de calcul pe tronsoane	11
2.1.3.2 Alegerea diametrelor si parametrilor hidraulici ai tronsonului de calcul	13
2.2 Rețea de ape meteorice în sistem separativ	14
2.2.1 Debite de dimensionare	14
2.2.2 Alegerea diametrelor si parametrilor hidraulici	17
2.2.2.1 Calculul debitelor pe tronsoane	17

2.2.2.2 Alegerea diametrelor si parametrilor hidraulici ai tronsonului	18
2.2.2.3 Bazine de retentie	20
2.3 Retea de canalizare în sistem unitar	21
2.3.1 Stabilirea debitelor de dimensionare	21
2.3.2 Alegerea diametrelor si parametrilor hidraulici ai tronsonului	21
2. Amplasarea retelei de canalizare	22
3.1 Reteaua de ape uzate	22
3. Elemente componente pe reseaua de canalizare	23
4.1 Tuburi realizare tronsoane	23
4.1.1 Forma sectiunii	23
4.1.2 Materialul tuburilor	23
4.2 Constructii anexe pe reseaua de canalizare	24
4.2.1 Racorduri	24
4.2.2 Guri de scurgere	25
4.2.3 Cămine de vizitare	26
4.2.3.1 Cămine de vizitare de trecere	26
4.2.3.2 Cămine de vizitare de intersectie	28
4.2.4 Deversori	28
4.2.4.1 Alcătuirea deversoarelor	29
4.2.5 Bazine pentru retentia apelor de ploaie	30
4.2.6 Sifoane de canalizare	30
4.2.7 Statii de pompare	32
4.2.7.1 Amplasament statii de pompare	32
3.2.7.2 Componentele statiilor de pompare	33
5. Retele de canalizare în sistem vacuumat	35
5.1 Elemente componente	35
5.2 Prevederi de proiectare	38
5.2.1 Racorduri gravitationale la căminele colectoare	38
5.2.2 Cămine de racorduri	39
5.2.3 Retea vacuumată	39
5.2.3.1 Debite, diametre, lungimi	39
5.2.3.2 Configuratie, lifturi, pante	40

5.3	Statia de vacuum	41
5.3.1	Recipienti vacuum	41
5.3.2	Pompe de vid	41
5.3.3	Timpul de evacuare a vacuumului	41
5.3.4	Timpul de funcționare zilnică al pompelor de vacuum	42
5.4	Conditionări în alegerea soluției rețelelor de canalizare vacuumate	42
6.	Guri de vărsare	42
ANEXE		
Anexa 1		45
Anexa 2		46
Anexa 3		47
Anexa 4		48
PARTEA a II-a: EPURAREA APELOR UZATE		
1.	Obiectul normativului	49
1.1	Domeniu de aplicare	49
1.2	Conformarea la normele europene	50
1.3	Reglementări conexe	50
2.	Definiii. Tipuri de procedee de epurare	51
2.1	Epurarea mecanică	51
2.2	Epurarea biologică conventională (secundară)	51
2.3	Epurarea avansată	51
2.4	Epurarea terțială	51
3.	Studii privind calitatea apelor uzate	52
3.1	Calitatea apelor uzate influente în stația de epurare	52
3.1.1	Caracteristici fizice	52
3.1.2	Caracteristici chimice	53
3.1.3	Caracteristici biologice și bacteriologice	53
3.2	Metode de determinare	54
3.3	Conținutul studiilor hidrochimice	54
3.4	Indicatori de calitate pentru efluentul stației de epurare	55
4.	Debitele și încărcările cu poluanți pentru stația de epurare	58
4.1	Debite de calcul. Definiii	58

4.2	Debite de calcul si verificare	59
4.3	Încărcări cu poluanți ale apelor uzate influente în statiile de epurare	63
4.3.1	Statii de epurare noi	63
4.3.2	Statii de epurare existente retehnologizate/extinse	63
5.	Alegerea schemei statiei de epurare	65
5.1	Gradul de epurare necesar	65
5.1.1	Treapta de epurare mecanică	66
5.1.2	Epurarea mecano – biologică	66
5.1.3	Epurarea mecano – biologică avansată	67
5.1.4	Epurarea tertială	67
5.1.5	Elemente determinante la stabilirea gradului de epurare	67
5.2	Gradul de epurare necesar privind oxigenul dizolvat	68
6.	Scheme tehnologice statii de epurare	72
6.1	Alegerea schemei statiei de epurare	72
6.2	Tipuri de scheme de epurare	73
6.2.1	Epurarea mecano – biologică cu procedee extensive	73
6.2.2	Epurarea mecano – biologică artificială (intensivă)	74
6.2.2.1	Schema generală	74
6.2.2.2	Tehnologii aplicate pentru treapta biologică artificială	74
6.2.2.3	Treapta de epurare tertiară	75
6.2.2.4	Schema tehnologică de epurare pentru eliminarea fosforului	76
6.2.2.4.1	Eliminarea fosforului pe cale biologică	76
6.2.2.4.2	Eliminarea fosforului prin precipitare chimică	77
7.	Proiectarea obiectelor tehnologice din treapta de epurare mecanică	78
7.1	Deversorul amonte de stația de epurare	78
7.1.1	Debitul de calcul al deversorului	78
7.2	Bazinul de retentie	81
7.3	Grătare rare si dese	82
7.3.1	Debite de dimensionare si verificare ale grătarelor	83
7.3.2	Aspecte privind proiectarea grătarelor	83
7.4	Dispozitive pentru măsurarea debitelor de apă uzată din stația de epurare	88
7.4.1	Debite de dimensionare	88

7.5 Deznisipatoare	89
7.5.1 Debite de dimensionare si verificare	89
7.5.2 Parametrii de dimensionare	90
7.5.3 Deznisipator orizontal longitudinal cu sectiune transversală parabolică	91
7.5.4 Deznisipator orizontal tangential	91
7.5.5 Deznisipator cu insuflare de aer	93
7.5.6 Deznisipator – separator de grăsimi cu insuflare de aer	94
7.6 Separatoare de grăsimi	97
7.6.1 Debite de dimensionare si verificare	97
7.6.2 Parametrii de proiectare	98
7.7 Decantarea primară	99
7.7.1 Debite de dimensionare si verificare	100
7.7.2 Parametrii de dimensionare ai decantoarelor primare	101
7.7.3 Decantare orizontale longitudinale	103
7.7.3.1 Dimensionarea decantoarelor orizontale longitudinale	104
7.7.4 Decantare orizontale radiale	109
7.7.4.1 Dimensionarea decantoarelor orizontale radiale	110
7.7.5 Decantare verticale	114
7.7.6 Decantare cu etaj	117
7.8 Statii de pompare apă uzată	120
7.8.1 Amplasarea statiilor de pompare	121
7.8.2 Parametrii de proiectare	122
7.9 Elemente tehnologice de legătură între obiectele treptei de epurare mecanică	129
8. Proiectarea obiectelor tehnologice din treapta de epurare biologică	131
8.1 Epurarea biologică în statiile de epurare urbane mici si medii cu o capacitate între 2.000 si 10.000 L.E	131
8.1.1 Epurarea biologică naturală	131
8.1.1.1 Câmpuri de irigare si infiltrare	132
8.1.1.2 Parametrii de proiectare pentru dimensionarea câmpurilor de irigare si infiltrare	134
8.1.1.3 Iazurile de stabilizare (biologice)	138
8.1.1.4 Parametrii de proiectare pentru dimensionarea iazurilor biologice	140
8.1.2 Epurarea biologică artificială	141

8.1.2.1	Epurarea biologică artificială cu biomasă fixată – filtre biologice	142
8.1.2.2	Filtre biologice precolatoare (cu picurare) de înălțime redusă	145
8.1.2.3	Filtre biologice precolatoare turn	149
8.1.2.4	Contactori biologici rotativi	150
8.1.2.5	Bazine cu nămol activat – epurare biologică cu biomasă în suspensie	153
8.1.2.6	Parametrii de dimensionare ai bazinelor de aerare	158
8.1.2.6.1	Prevederi generale privind geometria bazinelor cu nămol activat..	165
8.1.2.6.2	Dispozitive de insuflare a aerului	166
8.1.2.7	Bazine cu nămol activat - tehnologii speciale	167
8.1.2.8	Pomparea nămolurilor din stațiile de epurare	172
8.1.2.8.1	Stații de pompare a nămolurilor	172
8.1.2.8.2	Elemente de proiectare a instalațiilor de pompare	174
8.1.2.8.3	Tipuri de pompe utilizate în vehicularea nămolului	175
8.2	Epurarea biologică în stațiile de epurare urbane/ rurale cu o capacitate > 10.000 L.E (epurare avansată)	179
8.2.1	Epurarea biologică artificială	179
8.2.2	Cantități si concentrații de poluanți în apele uzate	182
8.2.2.1	Concentrații ale substantelor poluante influente în reactorul biologic.	183
8.2.2.2	Cantități de substanță influente în bioreactor	184
8.2.2.3	Cantități de substanță din efluentul stației de epurare	184
8.2.2.4	Cantități de substanță eliminate din sistemul bazin biologic – decantor	185
8.2.3	Dimensionarea reactoarelor biologice	187
8.2.3.1	Debite de dimensionare si verificare	187
8.2.3.2	Vârsta nămolului	187
8.2.3.3	Determinarea volumului zonei de denitrificare	189
8.2.3.4	Eliminarea fosforului din apele uzate urbane	193
8.2.3.5	Calculul cantității de nămol în exces	197
8.2.3.6	Determinarea volumului reactorului biologic	200
8.2.3.7	Calculul capacității de oxigenare	202
8.3	Decantoare secundare	208
8.3.1	Clasificare	208
8.3.2	Parametrii de dimensionare	208
8.3.3	Decantoare secundare orizontale radiale	211

8.3.3.1 Parametrii de dimensionare	216
9. Proiectarea obiectelor tehnologice din treapta de tratare a nămolurilor	218
9.1 Clasificarea nămolurilor provenite din stațiile de epurare	218
9.2 Cantități specifice de nămol	219
9.3 Caracteristicile nămolurilor	220
9.3.1 Caracteristici fizice	220
9.3.1.1 Umiditatea	220
9.3.1.2 Materiile solide	220
9.3.1.3 Greutatea specifică	221
9.3.1.4 Culoarea și mirosul	221
9.3.1.5 Filtrabilitatea	221
9.3.1.6 Puterea calorică	223
9.3.2 Caracteristici chimice	223
9.3.2.1 pH-ul	223
9.3.2.2 Fermentabilitatea	223
9.3.2.3 Metalele grele	224
9.3.2.4 Nutrienții	224
9.3.3 Caracteristici biologice și bacteriologice	225
9.4 Alegerea schemei de prelucrare a nămolurilor	225
9.4.1 Schema de prelucrare a nămolurilor cu bazin de omogenizare egalizare și fermentare anaerobă într-o singură treaptă	227
9.4.2 Schema de prelucrare a nămolurilor cu îngroșare independentă a nămolului primar și a celui în exces și fermentare anaerobă într-o singură treaptă	229
9.4.3 Schema de prelucrare a nămolurilor cu bazin de omogenizare egalizare și fermentare anaerobă în 2 trepte	230
9.4.4 Schema de prelucrare a nămolurilor din stațiile de epurare cu treaptă mecanică și fermentare anaerobă într-o singură treaptă	231
9.4.5 Schema de prelucrare a nămolurilor din stațiile de epurare cu treaptă mecanică și stabilizare aerobă	232
9.4.6 Schema de prelucrare a nămolurilor provenite din stațiile de epurare fără decantor primar	233
9.4.7 Bilantul de substanță pe linia nămolului	234
9.4.7.1 Bazinul de amestec și omogenizare	234
9.4.7.2 Concentratoarele de nămol	236
9.4.7.3 Fermentarea anaerobă într-o singură treaptă	238
9.4.7.4 Fermentarea anaerobă a nămolului în două trepte	240

9.4.7.5	Stabilizatorul de nămol	243
9.4.7.6	Deshidratarea nămolului	245
9.5	Prelucrarea preliminară a nămolurilor	247
9.5.1	Sitarea nămolurilor	247
9.5.2	Măruntirea nămolurilor	247
9.5.3	Conditionarea chimică a nămolurilor	248
9.5.3.1	Reactivi minerali	248
9.5.3.2	Polielectroliti sintetici	249
9.6	Concentrarea nămolurilor	251
9.6.1	Concentrarea gravitațională a nămolurilor	252
9.6.1.1	Parametrii de proiectare ai concentratoarelor gravitaționale de nămol	254
9.6.2	Concentrarea nămolurilor prin procedeul de flotatie cu aer dizolvat	257
9.6.2.1	Proiectarea sistemelor de flotatie cu aer dizolvat	258
9.6.3	Centrifugarea nămolurilor	260
9.6.3.1	Date de bază pentru proiectare	262
9.7	Stabilizarea nămolurilor din stațiile de epurare urbane/ rurale	264
9.7.1	Stabilizarea (fermentarea) anaerobă	264
9.7.1.1	Factori ce influențează fermentarea anaerobă	265
9.7.1.1.1	Materiile solide și timpul de retenție hidraulic	265
9.7.1.1.2	Temperatura	265
9.7.1.1.3	pH – ul	265
9.7.1.1.4	Substanțe toxice	266
9.7.1.1.5	Aplicarea fermentării anaerobe	266
9.7.1.1.6	Soluții pentru procesele de fermentare	267
9.7.1.2	Dimensionarea tehnologică a rezervoarelor de fermentare a nămolului	269
9.7.1.2.1	Colectarea și stocarea biogazului	272
9.7.1.2.2	Necesarul de reactivi chimici	273
9.7.1.2.3	Construcția rezervoarelor de fermentare	273
9.7.1.2.4	Alte elemente tehnologice ale rezervoarelor de fermentare anaerobe	274
9.7.2	Stabilizarea aerobă	275
9.7.2.1	Dimensionarea tehnologică	276
9.7.2.2	Stabilizarea cu var	278

9.8	Deshidratarea nămolurilor	279
9.8.1	Deshidratarea naturală	279
9.8.2	Deshidratarea mecanică	280
9.8.2.1	Deshidratarea prin centrifugare	280
9.8.2.2	Deshidratarea cu filtre bandă	281
9.8.2.3	Deshidratarea cu filtre presă	283
9.9	Tehnologii de prelucrare avansată a nămolurilor	287
9.9.1	Compostarea nămolurilor	287
9.9.1.1	Etapele procesului	287
9.9.1.2	Desfășurarea procesului	288
9.9.1.3	Balanta energetică	289
9.9.1.4	Raportul carbon / azot	289
9.9.1.5	Controlul temperaturii și aerarea	290
9.9.1.6	Reducerea agenților patogeni	290
9.9.1.7	Maturarea	291
9.9.1.8	Uscarea	291
9.9.1.9	Elemente de proiectare a sistemelor de compostare	291
9.9.2	Uscarea nămolurilor	294
9.9.2.1	Uscătoare rotative tubulare	296
9.9.2.2	Bilantul termic	297
9.9.2.3	Alegerea soluției de uscare/incinerare a nămolurilor din stațiile de epurare	302
9.9.2.3.1	Elemente generale	302
9.9.2.3.2	Mărimea SEAU	303
9.9.2.3.3	Folosirea nămolurilor în agricultură	305

CONSTRUIREA CURBELOR IDF (Intensitate – Durata – Frecvență)

1.	Consideratii generale	310
2.	Algoritm pentru construirea curbelor IDF utilizând precipitatiile maxime anuale de durată D	312
3.	Algoritm pentru construirea curbelor IDF utilizând precipitatiile de durată D peste un anumit prag	312
4.	Determinarea precipitatiilor în puncte fără măsurători	313
4.1.	Ponderarea cu inversul pătratului distantei față de stațiile cele mai apropiate	314

4.2. Analiza variabilității regionale a parametrilor statistici	314
5. Repartiții statistice utilizate	315
5.1. Distribuția Gumbel (EVI)	315
5.2. Distribuția Generalizată a Extremelor (GEV)	317
5.3. Distribuția Pareto Generalizată (GPD)	318
 EXECUTAREA, EXPLOATAREA SI MONITORIZAREA SISTEMELOR DE CANALIZARE	
1. Prevederi legislative	321
2. Materiale utilizate în realizarea lucrărilor de canalizare	321
3. Proiectul tehnologic	323
4. Executarea lucrărilor rețelei de canalizare	324
4.1. Considerații generale privind organizarea execuției lucrărilor de canalizare	324
4.2. Trasarea lucrărilor pe teren și pregătirea traseului	324
4.2.1. Trasarea canalului	324
4.2.2. Desfacerea pavajelor	324
4.2.3. Executarea săpăturilor	324
4.2.4. Sprijinirea tranșeelor	325
4.2.5. Epuismente	325
4.2.6. Pozarea tuburilor și executarea colectoarelor	325
4.2.7. Executarea umpluturilor	326
5. Executarea lucrărilor stației de epurare	326
5.1. Lucrări de organizare	326
5.2. Amenajarea terenului pentru stația de epurare	326
5.3. Trasarea poziției stației de epurare	326
5.4. Execuția lucrărilor de construcții pentru stația de epurare	326
6. Măsurile pentru asigurarea calității lucrărilor	330
7. Recepția lucrărilor	330
8. Exploatarea lucrărilor de canalizare	331
8.1. Elaborarea Regulamentului de Exploatare și Întreținere	331
8.2. Conținutul cadru al regulamentului de exploatare și întreținere	332
8.3. Indicatori de performanță pentru stațiile de epurare a apelor uzate	332
9. Măsurile de protecția muncii și a sănătății populației	334
9.1. Măsurile de protecția și securitatea muncii la executarea, exploatarea și întreținerea sistemului de canalizare	334
9.2. Măsurile de protecția și securitatea muncii pentru stațiile de pompare	335
9.3. Măsurile de protecția și securitatea muncii pentru stațiile de epurare	335
9.4. Protecția sanitară	336
9.5. Măsurile de protecție contra incendiului	337
 Bibliografie	 338

PROIECTAREA SISTEMELOR DE CANALIZARE

CUPRINS

01. Date generale	1
01.1 Elemente componente ale sistemului de canalizare și rolul acestora	1
01.2 Criterii de alegere a schemei sistemului de canalizare	3
01.3 Sisteme și procedee de canalizare	4
PARTEA I : REȚELE DE CANALIZARE	
1. Obiectul rețelei de canalizare	5
1.1 Lucrările rețelei de canalizare	5
1.2 Apele preluate în rețelele de canalizare	5
1.3 Încadrarea în mediul rural/urban	6
1.4 Alcătuirea rețelelor de canalizare	6
1.5 Clasificarea rețelelor de canalizare	7
1.5.1 Asigurarea curgerii apei în colectoare	7
1.5.2 Calitatea apelor colectate	7
1.5.3 Forma rețelei	8
2. Proiectarea rețelelor de canalizare.....	8
2.1 Rețea de ape uzate în procedeu separativ	8
2.1.1 Debite de dimensionare.....	8
2.1.2 Elemente impuse dimensionării hidraulice.....	9
2.1.2.1 Grad de umplere.....	9
2.1.2.2 Viteze minime/ maxime.....	10
2.1.2.3 Diametre minime.....	10
2.1.2.4 Adâncimea minimă și maximă de pozare.....	10
2.1.2.5 Panta longitudinală a colectorului.....	11
2.1.3 Dimensionare hidraulică.....	11
2.1.3.1 Stabilirea debitelor de calcul pe tronsoane.....	11
2.1.3.2 Alegerea diametrelor și parametrii hidraulici ai tronsonului de calcul.....	13
2.2 Rețea de ape meteorice în procedeu separativ.....	14
2.2.1 Debite de dimensionare.....	14
2.2.2 Alegerea diametrelor și parametrilor hidraulici.....	17
2.2.2.1 Calculul debitelor pe tronsoane.....	17

2.2.2.2 Alegerea diametrelor și parametrilor hidraulici ai tronsonului.....	18
2.2.2.3 Bazine de retenție.....	20
2.3 Rețea de canalizare în procedeu unitar.....	21
2.3.1 Stabilirea debitelor de dimensionare.....	21
2.3.2 Alegerea diametrelor și parametrilor hidraulici ai tronsonului.....	21
3. Amplasarea rețelei de canalizare.....	22
3.1 Rețeaua de ape uzate.....	22
4. Elemente componente pe rețeaua de canalizare.....	23
4.1 Tuburi pentru realizarea tronsoanelor	23
4.1.1 Forma secțiunii.....	23
4.1.2 Materialul tuburilor.....	23
4.2 Construcții anexe pe rețeaua de canalizare.....	24
4.2.1 Racorduri.....	24
4.2.2 Guri de scurgere.....	25
4.2.3 Cămine de vizitare.....	26
4.2.3.1 Cămine de vizitare de trecere.....	26
4.2.3.2 Cămine de vizitare de intersecție.....	28
4.2.4 Deversori.....	28
4.2.4.1 Alcătuirea deversoarelor.....	29
4.2.5 Bazine pentru retenția apelor de ploaie.....	30
4.2.6 Sifoane de canalizare.....	30
4.2.7 Stații de pompare.....	32
4.2.7.1 Amplasamentul stațiilor de pompare.....	32
4.2.7.2 Componentele stațiilor de pompare.....	33
5. Rețele de canalizare în sistem vacuumat.....	35
5.1 Elemente componente.....	35
5.2 Prevederi de proiectare.....	38
5.2.1 Racorduri gravitaționale la căminele colectoare.....	38
5.2.2 Cămine de racorduri.....	39
5.2.3 Rețea vacuumată.....	39
5.2.3.1 Debite, diametre, lungimi.....	39
5.2.3.2 Configurație, lifturi, pante.....	40
5.3 Stația de vacuum.....	41
5.3.1 Recipienți de vacuum.....	41

5.3.2 Pompe de vid.....	41
5.3.3 Timpul de evacuare a volumului rețelei	41
5.3.4 Timpul de funcționare zilnică al pompelor de vacuum.....	42
5.4 Condiționări în alegerea soluției rețelelor de canalizare vacuumate.....	42
6.Guri de vărsare.....	42
ANEXE	
Anexa 1–Curbe IDF pentru zona 8 cf. STAS 9470/73.....	45
Anexa 2–Diagramă pentru calculul conductelor din materiale plastice și compozite....	46
Anexa 3–Diagramă pentru calculul conductelor din fontă, beton și oțel	47
Anexa 4–Curbele gradului de umplere	48
PARTEA a II-a: EPURAREA APELOR UZATE	
1. Obiectul normativului	49
1.1 Domeniu de aplicare.....	49
1.2 Conformarea la normele europene	50
1.3 Reglementări conexe.....	50
2. Definiții. Tipuri de procedee de epurare.....	51
2.1 Epurarea mecanică.....	51
2.2 Epurarea biologică convențională (secundară).....	51
2.3 Epurarea avansată.....	51
2.4 Epurarea terțiară.....	51
3. Studii privind calitatea apelor uzate	52
3.1 Calitatea apelor uzate influente în stația de epurare	52
3.1.1 Caracteristici fizice.....	52
3.1.2 Caracteristici chimice.....	53
3.1.3 Caracteristici biologice și bacteriologice.....	53
3.2 Metode de determinare.....	54
3.3 Conținutul studiilor hidrochimice.....	54
3.4 Indicatori de calitate pentru efluentul stației de epurare.....	55
4. Debitele și încărcările cu poluanți pentru stația de epurare.....	58
4.1 Debite de calcul.Definiții.....	58
4.2 Debite de calcul și verificare.....	59
4.3 Încărcări cu poluanți ale apelor uzate influente în stațiile de epurare.....	63
4.3.1 Stații de epurare noi.....	63
4.3.2 Stații de epurare existente re tehnologizate/extinse.....	63

5. Alegerea schemei stației de epurare.....	65
5.1 Gradul de epurare necesar.....	65
5.1.1 Treapta de epurare mecanică.....	66
5.1.2 Epurarea mecano – biologică.....	66
5.1.3 Epurarea mecano – biologică avansată.....	67
5.1.4 Epurarea terțiară.....	67
5.1.5 Elemente determinante la stabilirea gradului de epurare.....	67
5.2 Gradul de epurare necesar privind oxigenul dizolvat.....	68
6. Scheme tehnologice pentru stații de epurare.....	72
6.1 Alegerea schemei stației de epurare.....	72
6.2 Tipuri de scheme de epurare.....	73
6.2.1 Epurarea mecano – biologică cu procedee extensive	73
6.2.2 Epurarea mecano – biologică artificială (intensivă).....	74
6.2.2.1 Schema generală	74
6.2.2.2 Tehnologii aplicate pentru treapta biologică artificială	74
6.2.2.3 Treapta de epurare terțiară.....	75
6.2.2.4 Schema tehnologică de epurare pentru eliminarea fosforului.....	76
6.2.2.4.1 Eliminarea fosforului pe cale biologică.....	76
6.2.2.4.2 Eliminarea fosforului prin precipitare chimică.....	77
7. Proiectarea obiectelor tehnologice din treapta de epurare mecanică.....	78
7.1 Deversorul amonte de stația de epurare.....	78
7.1.1 Debitul de calcul al deversorului.....	78
7.2 Bazinul de retenție.....	81
7.3 Grătare rare și dese.....	82
7.3.1 Debite de dimensionare și verificare ale grătarelor	83
7.3.2 Aspecte privind proiectarea grătarelor.....	83
7.4 Măsurarea debitelor de apă uzată din stația de epurare.....	88
7.4.1 Debite de dimensionare.....	88
7.5 Deznisipatoare	89
7.5.1 Debite de dimensionare și verificare	89
7.5.2 Parametrii de dimensionare.....	90
7.5.3 Deznisipator orizontal longitudinal cu secțiune transversală parabolică...	91
7.5.4 Deznisipator orizontal tangențial.....	91
7.5.5 Deznisipator cu insuflare de aer.....	93

7.5.6 Deznisipator – separator de grăsimi cu insuflare de aer.....	94
7.6 Separatoare de grăsimi	97
7.6.1 Debite de dimensionare și verificare	97
7.6.2 Parametrii de proiectare.....	98
7.7 Decantarea primară.....	99
7.7.1 Debite de dimensionare și verificare.....	100
7.7.2 Parametrii de dimensionare ai decantoarelor primare.....	101
7.7.3 Decantoare orizontale longitudinale.....	103
7.7.3.1 Dimensionarea decantoarelor orizontale longitudinale.....	104
7.7.4 Decantoare orizontale radiale.....	109
7.7.4.1 Dimensionarea decantoarelor orizontale radiale	110
7.7.5 Decantoare verticale.....	114
7.7.6 Decantoare cu etaj.....	117
7.8 Stații de pompare apă uzată	120
7.8.1 Amplasarea stațiilor de pompare	121
7.8.2 Parametrii de proiectare.....	122
7.9 Elemente tehnologice de legătură între obiectele treptei de epurare mecanică.....	129
8. Proiectarea obiectelor tehnologice din treapta de epurare biologică	131
8.1 Epurarea biologică în stațiile de epurare urbane mici și medii cu o capacitate între 2.000 și 10.000 L.E.....	131
8.1.1 Epurarea biologică naturală	131
8.1.1.1 Câmpuri de irigare și infiltrare	132
8.1.1.2 Parametrii de proiectare pentru dimensionarea câmpurilor de irigare și infiltrare.....	134
8.1.1.3 Iazurile de stabilizare (biologice).....	138
8.1.1.4 Parametrii de proiectare pentru dimensionarea iazurilor biologice....	140
8.1.2 Epurarea biologică artificială.....	141
8.1.2.1 Epurarea biologică artificială cu biomasă fixată – filtre biologice	142
8.1.2.2 Filtre biologice precolatoare (cu picurare) de înălțime redusă.....	145
8.1.2.3 Filtre biologice precolatoare turn.....	149
8.1.2.4 Contactori biologici rotativi.....	150
8.1.2.5 Bazine cu nămol activat – epurare biologică cu biomasă în suspensie.....	153
8.1.2.6 Parametrii de dimensionare ai bazinelor de aerare.....	158
8.1.2.6.1 Prevederi generale privind geometria bazinelor cu nămol activat..	165

8.1.2.6.2	Dispozitive de insuflare a aerului.....	166
8.1.2.7	Bazine cu nămol activat - tehnologii speciale.....	167
8.1.2.8	Pomparea nămolurilor din stațiile de epurare.....	172
8.1.2.8.1	Stații de pompare a nămolurilor.....	172
8.1.2.8.2	Elemente de proiectare a instalațiilor de pompare.....	174
8.1.2.8.3	Tipuri de pompe utilizate în vehicularea nămolului.....	175
8.2	Epurarea biologică în stațiile de epurare urbane/ rurale cu o capacitate peste 10.000 L.E (epurare avansată).....	179
8.2.1	Epurarea biologică artificială.....	179
8.2.2	Cantități și concentrații de poluanți în apele uzate.....	182
8.2.2.1	Concentrații ale substanțelor poluante influente în reactorul biologic.....	183
8.2.2.2	Cantități de substanță influente în bioreactor.....	184
8.2.2.3	Cantități de substanță din efluentul stației de epurare.....	184
8.2.2.4	Cantități de substanță eliminate din sistemul bazin biologic – decantor.....	185
8.2.3	Dimensionarea reactoarelor biologice.....	187
8.2.3.1	Debite de dimensionare și verificare.....	187
8.2.3.2	Vârsta nămolului	187
8.2.3.3	Determinarea volumului zonei de denitrificare.....	189
8.2.3.4	Eliminarea fosforului din apele uzate urbane.....	193
8.2.3.5	Calculul cantității de nămol în exces.....	197
8.2.3.6	Determinarea volumului reactorului biologic.....	200
8.2.3.7	Calculul capacității de oxigenare.....	202
8.3	Decantoare secundare.....	208
8.3.1	Clasificare.....	208
8.3.2	Parametrii de dimensionare.....	208
8.3.3	Decantoare secundare orizontale radiale.....	211
8.3.3.1	Parametrii de dimensionare.....	216
9.	Proiectarea obiectelor tehnologice din treapta de tratare a nămolurilor	218
9.1	Clasificarea nămolurilor provenite din stațiile de epurare.....	218
9.2	Cantități specifice de nămol.....	219
9.3	Caracteristicile nămolurilor.....	220
9.3.1	Caracteristici fizice.....	220
9.3.1.1	Umiditatea.....	220
9.3.1.2	Materiile solide.....	220

9.3.1.3 Greutatea specifică.....	221
9.3.1.4 Culoarea și mirosul.....	221
9.3.1.5 Filtrabilitatea.....	221
9.3.1.6 Puterea calorică.....	223
9.3.2 Caracteristici chimice.....	223
9.3.2.1 pH-ul.....	223
9.3.2.2 Fermentabilitatea.....	223
9.3.2.3 Metalele grele.....	224
9.3.2.4 Nutrienții.....	224
9.3.3 Caracteristici biologice și bacteriologice.....	225
9.4 Alegerea schemei de prelucrare a nămolurilor.....	225
9.4.1 Schema de prelucrare a nămolurilor cu bazin de omogenizare egalizare și fermentare anaerobă într-o singură treaptă.....	227
9.4.2 Schema de prelucrare a nămolurilor cu îngroșare independentă a nămolului primar și a celui în exces și fermentare anaerobă într-o singură treaptă.....	229
9.4.3 Schema de prelucrare a nămolurilor cu bazin de omogenizare egalizare și fermentare anaerobă în 2 trepte.....	230
9.4.4 Schema de prelucrare a nămolurilor din stațiile de epurare cu treaptă mecanică și fermentare anaerobă într-o singură treaptă.....	231
9.4.5 Schema de prelucrare a nămolurilor din stațiile de epurare cu treaptă mecanică și stabilizare aerobă.....	232
9.4.6 Schema de prelucrare a nămolurilor provenite din stațiile de epurare fără decantor primar.....	233
9.4.7 Bilanțul de substanță pe linia nămolului.....	234
9.4.7.1 Bazinul de amestec și omogenizare.....	234
9.4.7.2 Concentratoare de nămol.....	236
9.4.7.3 Fermentarea anaerobă într-o singură treaptă.....	238
9.4.7.4 Fermentarea anaerobă a nămolului în două trepte.....	240
9.4.7.5 Stabilizatorul de nămol.....	243
9.4.7.6 Deshidratarea nămolului.....	245
9.5 Prelucrarea preliminară a nămolurilor.....	247
9.5.1 Sitarea nămolurilor.....	247
9.5.2 Mărunțirea nămolurilor.....	247
9.5.3 Condiționarea chimică a nămolurilor.....	248
9.5.3.1 Reactivi minerali.....	248
9.5.3.2 Polielectroliti sintetici.....	249
9.6 Concentrarea nămolurilor.....	251

9.6.1 Concentrarea gravitațională a nămolurilor.....	252
9.6.1.1 Parametrii de proiectare ai concentratoarelor gravitaționale de nămol.....	254
9.6.2 Concentrarea nămolurilor prin procedeul de flotație cu aer dizolvat.....	257
9.6.2.1 Proiectarea sistemelor de flotație cu aer dizolvat.....	258
9.6.3 Centrifugarea nămolurilor.....	260
9.6.3.1 Date de bază pentru proiectare.....	262
9.7 Stabilizarea nămolurilor din stațiile de epurare urbane/ rurale.....	264
9.7.1 Stabilizarea (fermentarea) anaerobă.....	264
9.7.1.1 Factori ce influențează fermentarea anaerobă.....	265
9.7.1.1.1 Materiile solide și timpul de retenție hidraulic.....	265
9.7.1.1.2 Temperatura.....	265
9.7.1.1.3 pH – ul	265
9.7.1.1.4 Substanțe toxice.....	266
9.7.1.1.5 Aplicarea fermentării anaerobe.....	266
9.7.1.1.6 Soluții pentru procesele de fermentare.....	267
9.7.1.2 Dimensionarea tehnologică a rezervoarelor de fermentare a nămolului.....	269
9.7.1.2.1 Colectarea și stocarea biogazului.....	272
9.7.1.2.2 Necesarul de reactivi chimici.....	273
9.7.1.2.3 Construcția rezervoarelor de fermentare.....	273
9.7.1.2.4 Alte elemente tehnologice ale rezervoarelor de fermentare anaerobe.....	274
9.7.2 Stabilizarea aerobă.....	275
9.7.2.1 Dimensionarea tehnologică	276
9.7.2.2 Stabilizarea cu var.....	278
9.8 Deshidratarea nămolurilor.....	279
9.8.1 Deshidratarea naturală.....	279
9.8.2 Deshidratarea mecanică.....	280
9.8.2.1 Deshidratarea prin centrifugare.....	280
9.8.2.2 Deshidratarea cu filtre bandă.....	281
9.8.2.3 Deshidratarea cu filtre presă.....	283
9.9 Tehnologii de prelucrare avansată a nămolurilor.....	287
9.9.1 Compostarea nămolurilor.....	287
9.9.1.1 Etapele procesului.....	287
9.9.1.2 Desfășurarea procesului.....	288

9.9.1.3	Balanța energetică.....	289
9.9.1.4	Raportul carbon / azot.....	289
9.9.1.5	Controlul temperaturii și aerarea.....	290
9.9.1.6	Reducerea agenților patogeni.....	290
9.9.1.7	Maturarea.....	291
9.9.1.8	Uscarea.....	291
9.9.1.9	Elemente de proiectare a sistemelor de compostare.....	291
9.9.2	Uscarea nămolurilor.....	294
9.9.2.1	Uscătoare rotative tubulare.....	296
9.9.2.2	Bilanțul termic.....	297
9.9.2.3	Alegerea soluției de uscare/incinerare a nămolurilor din stațiile de epurare.....	302
9.9.2.3.1	Elemente generale.....	302
9.9.2.3.2	Mărimea SEAU.....	303
9.9.2.3.3	Folosirea nămolurilor în agricultură.....	305
	Bibliografie (4 pagini)	310

01. Date generale

Definiție: Sistemul de canalizare este ansamblul de construcții ingineresti care colectează apele de canalizare, le transportă la stația de epurare care asigură gradul de epurare stabilit în funcție de condițiile impuse de mediu și apoi le descarcă într-un bazin natural numit receptor; receptorul poate fi un râu, un lac, marea, solurile permeabile sau depresiuni naturale cu scurgere.

01.1 Elemente componente ale sistemului de canalizare și rolul acestora

Pentru canalizarea unui centru populat sau industrial sunt necesare următoarele grupuri de construcții:

- obiectele sanitare și rețeaua interioară;
- rețeaua exterioară;
- stația de epurare;
- construcții de evacuare.

a) Obiectele sanitare

În interiorul clădirilor de locuit, social – culturale sau administrative, există obiecte sanitare de tip chiuvete, băi și alte utilități.

De la recipiente apa este condusă în instalații interioare prin conducte și preluată în rețeaua din interiorul incintelor, denumite rețele interioare.

Legătura dintre rețeaua interioară și cea exterioară se face printr-un canal de racord și un cămin de vizitare, numit cămin de racord, ce servește pentru control și intervenții.

b) Rețeaua exterioară

Rețeaua exterioară se compune din canale subterane și de suprafață, stații de pompare și din alte construcții auxiliare amplasate între punctele de colectare și stația de epurare sau gurile de vărsare în emisar.

Stațiile de pompare se construiesc în punctele joase ale teritoriului ce se canalizează, atunci când – din cauza configurației terenului – nu este posibil ca apele de canalizare să curgă gravitațional sau viteza de curgere nu este suficientă.

Lucrările auxiliare pe rețea sunt: guri de scurgere care primesc apele meteorice de pe străzi, cămine de vizitare, camere de legătură, cămine de rupere de pantă, cămine de spălare, deversoare, bazine de retenție, deznisipatoare, treceri pe sub depresiuni și căi de comunicație.

c) Stația de epurare

Stația de epurare este alcătuită din totalitatea construcțiilor și instalațiilor prin care se corectează parametrii de calitate ai apelor uzate influente astfel încât caracteristicile apelor uzate epurate să corespundă normativelor în vigoare funcție de caracteristicile receptorului.

d) Construcții pentru evacuare

Construcțiile pentru evacuare trebuie să asigure vărsarea apelor în receptori în condiții de siguranță pentru sistemul de canalizare și receptor.

În figura 1.1 este prezentată schema unui sistem de canalizare.

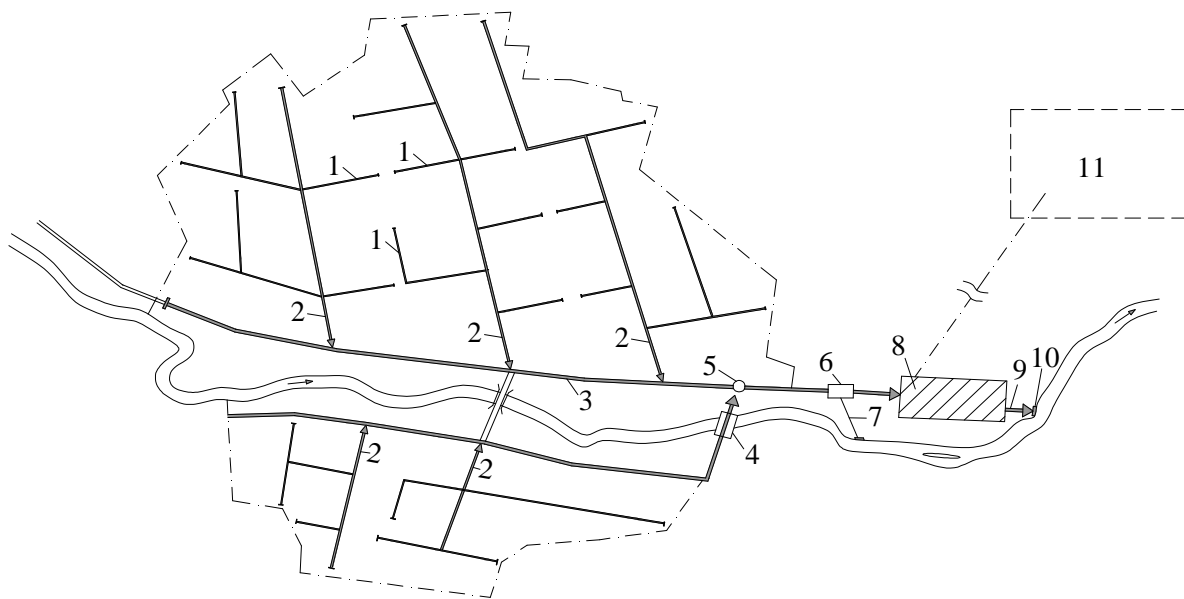


Figura 1.1. Schema sistemului de canalizare.

- 1 – canale de serviciu (secundare); 2 – colectoare secundare; 3 – colectoare principale;
4 – sifon invers; 5 – cameră de intersecție; 6 – camera deversorului;
7 – canal deversor; 8 – stație de epurare; 9 – colector de descărcare; 10 – gură de vărsare;
11 – sisteme pentru valorificarea nămolurilor rezultate din SE.

01.2 Criterii de alegere a schemei sistemului de canalizare

Alegerea schemei sistemului de canalizare are la bază datele configurației amplasamentului și elementele funcționale ale utilizatorului. Documentațiile obiectiv necesare pentru elaborarea schemei sistemului de canalizare sunt:

- PUG și PUZ pentru localitatea urbană/rurală cu situația existentă și perspectivă de dezvoltare pentru minim 30 de ani;
- Studii topografice, geotehnice, hidrogeologice, hidrologice asupra teritoriului, apelor de suprafață și subterane din zonă;
- Studii pe variante. Orice sistem de canalizare trebuie studiat în variante multiple din care proiectantul va propune aceea variantă care va asigura:
 - colectarea apelor uzate în condiții sanitare fără risc privind sănătatea populației;
 - efecte minime asupra mediului înconjurător;
 - costuri unitare și energetice minime independente de factorii variabili care pot apare în timp.
- Criterii tehnice și economice pe care se bazează alegerea sistemului:
 - colectare unitară/separativă pe categorii de ape uzate; în toate proiectele se vor elabora variante cu minim 2 rețele (ape uzate și ape meteorice) și 1 rețea (sistem unitar) pe ansamblul amplasamentului sau pe sectoarele acestuia;
 - criterii de transport ape uzate; se vor analiza sistemele cu transport gravitațional, sub presiune sau rețea vacuumată;
 - elementele impuse de poziția receptorului, valorificarea substanțelor reținute și a nămolurilor.

Pentru fiecare variantă se vor elabora calcule tehnice și economice, care să permită stabilirea:

- volumului total al investițiilor;
- planul de eșalonare a investițiilor pentru o perioadă de minim 10 ani;
- dotările și costurile operaționale pentru fiecare variantă;
- costul apei canalizate (colectare, epurare, evacuarea substanțelor reținute) în corelație cu gradul de suportabilitate al utilizatorilor sistemului.

Schema sistemului de canalizare trebuie să se încadreze permanent în dezvoltarea centrului populat, astfel încât serviciul de canalizare să poată asigura creșterea exigențelor utilizatorilor și dezvoltările tehnologice.

01.3 Sisteme și procedee de canalizare

Un sistem de canalizare cuprinde: rețeaua de canalizare, stația de epurare și construcțiile pentru evacuarea apelor epurate și substanțelor reținute în stația de epurare.

Colectarea și evacuarea apelor uzate se face în unul din următoarele procedee:

- procedeul unitar;
- procedeul separativ (divizor);
- procedeul mixt.

Procedeul unitar colectează și transportă prin aceeași rețea de canalizare toate apele de canalizare: menajere, industriale, publice, meteorice, de suprafață și de drenaj.

Procedeul unitar are avantajul că necesită o singură rețea de canale, costuri de operare mai reduse și dezavantajul unor cheltuieli inițiale de investiții mari.

Procedeul separativ colectează și transportă prin minim 2 rețele diferite apele uzate (menajere, industriale pre-epurate și publice) și meteorice.

Curgerea apelor uzate menajere se face prin canale închise. Curgerea apelor uzate industriale pre – epurate se face prin rețele închise sau deschise, în funcție de calitatea apelor. Curgerea apelor meteorice se poate face fie la suprafață prin rigolele străzilor sau canale deschise (șanțuri), fie printr-o rețea de canale închise.

Canalizarea în procedeu separativ se dezvoltă în ultimele decenii pe plan mondial pe baza:

- principiului reținerii apei din ploi la locul de cădere și execuția de bazine de infiltrație - acumulare cu/fără reutilizarea acestor ape;
- reducerii suprafețelor impermeabile în amenajările urbane;
- creșterii exigențelor de întreținere și curățenie a spațiilor urbane amenajate și a creșterii suprafețelor specifice ($m^2/loc.$) de spații verzi.

PARTEA I: REȚELE DE CANALIZARE

1. Obiectul rețelei de canalizare

Rețeaua de canalizare este obiectul tehnologic din sistemul de canalizare, cu rol de colectare și evacuare a apei uzate sau/și meteorice în afara localității în condițiile de siguranță pentru sănătatea utilizatorilor și mediului.

Rețeaua de canalizare asigură evacuarea apelor uzate de la folosințe casnice, a apelor uzate industriale pre – epurate, a apelor uzate de la folosințe publice și a apelor provenite din precipitațiile căzute pe suprafața deservită de rețea.

Rețeaua de canalizare evacuează apele uzate de pe o suprafață delimitată numită bazin de colectare. Bazinul de colectare poate fi diferit pentru diversele categorii de ape uzate.

În cazuri justificate rețeaua va fi protejată contra afluxului de ape meteorice de pe suprafețele vecine localității.

1.1 Lucrările rețelei de canalizare

Rețeaua de canalizare este alcătuită din:

- colectoarele care asigură transportul apei colectate;
- construcțiile accesorii care asigură buna funcționare a rețelei: racorduri, cămine de vizitare, guri de scurgere, deversoare, stații de pompare, bazine de retenție, sisteme de control a calității apei și de măsurare a debitului de apă transportată.

1.2 Apele preluate în rețeaua de canalizare pot proveni de la:

- instalațiile interioare ale locuințelor, apă uzată menajeră, direct sau prin cămine de racord;
- instalațiile interioare ale clădirilor cu destinație publică (școli, spitale, unități de activitate publică, complexe sportive);
- apa uzată menajeră provenită de la grupurile sanitare ale unităților industriale;
- apa uzată industrială colectată direct sau provenind de la stații de pre – epurare atunci când condițiile de calitate sunt diferite de cele ale apei admise în rețeaua publică;
- apa din precipitații, introdusă în canalizare prin gurile de scurgere (apa din ploi, apa din topirea zăpezii, gheții);
- apa subterană infiltrată prin defecțiunile colectoarelor sau construcțiilor anexe.

Cu excepția apei infiltrate în canalizare toate celelalte categorii de apă au calitate normată pentru a putea fi acceptate în rețeaua publică de canalizare. Norma de calitate este dată în NTPA 002/ 2005.

Pentru rețelele de canalizare din mediul rural care preiau ape uzate de la ferme agrozootehnice, unități de prelucrare produse și crescătorii de animale se va respecta același principiu: conformarea la prevederile NTPA 002/2005.

Preluarea oricărei categorii de calitate de ape uzate în rețeaua publică va fi condiționată de:

- asigurarea funcționării rețelei publice fără deteriorări, influențe asupra materialului, pericole sau limitări ale exploatarei în siguranță;
- limitarea oricăror influențe negative asupra proceselor biologice din stația de epurare;
- cunoașterea permanentă a volumelor de ape uzate și cantităților de poluanți (materii în suspensie, substanțe organice – CBO₅, N și P).

Se interzice total evacuarea apelor uzate de la fermele de animale; în cazuri justificate pot fi acceptate apele uzate după epurarea până la limitele cerute de NTPA 002/2005. Rețeaua de canalizare asigură evacuarea apei uzate comunitare în condiții sanitare adecvate protecției sănătății publice și a apei meteorice în condiții de siguranță stabilite în prealabil.

1.3 Încadrarea în mediul rural/ urban

Rețeaua de canalizare se va încadra:

- în prevederile P.U.G – ul și P.U.Z – ul zonelor în care se dezvoltă;
- în Planul general de gospodărire al apei bazinului hidrografic în care se află localitatea;
- în Master Planul general privind sistemele de alimentare cu apă și canalizare ale amplasamentului zonei și bazinul hidrografic.

1.4 Alcătuirea rețelei de canalizare

În configurarea rețelei se va lua în considerație:

- trama stradală actuală și în perspectivă (minim 25 ani) conform P.U.G.;
- situația topografică a amplasamentului pentru asigurarea curgerii gravitaționale;
- poziția stației de epurare și a receptorului;

- asigurarea evacuării apei pe drumul cel mai scurt;
- abordarea punctuală a zonelor critice: depresiuni, contrapante, subtraversări;
- un plan de dezvoltare etapizată în concordanță cu dezvoltarea comunității deservite;
- posibilitatea prevederii galeriilor edilitare în zone cu densitate mare de rețele, în zone centrale, cu trafic intens și terenuri dificile privind pozarea;
- soluționarea rațională a rețelei în zonele inundabile; rețeaua va fi astfel alcătuită încât în cazul inundației să se poată asigura pomparea apei uzate (sau epurate).

1.5 Clasificarea rețelelor de canalizare

Rețelele de canalizare pot fi clasificate astfel:

- după modul de curgere al apei;
- după calitatea apelor colectate;
- după forma rețelei.

1.5.1 Asigurarea curgerii apei în colectoare

- rețea gravitațională în care se asigură curgerea apei cu nivel liber;
- rețea cu funcționare sub vacuum, în care apa curge sub o presiune negativă ($p \approx 0,4 - 0,6$ at.), realizată sistematic;
- rețea cu funcționare sub presiune, în care apa curge sub presiune asigurată prin pompare.

1.5.2 Calitatea apelor colectate

- rețea în procedeu unitar; toate apele de pe suprafața localității sunt evacuate printr-o singură rețea;
- rețea în procedeu divizor/ separativ în care apele având caracteristici apropiate sunt evacuate prin aceeași rețea; în localități pot fi două rețele (rețea de canalizare ape uzate urbane/ rurale și rețea de evacuare a apelor meteorice);
- rețea în procedeu mixt, unitar și separativ pe zone ale localității;

1.5.3 Forma rețelei

Rețeaua de canalizare este o rețea ramificată; dacă se poate demonstra, ținând seama și de condițiile de exploatare/reparații că o rețea de tip inelar este rațională acest sistem se poate aplica; poate fi favorabil în unele cazuri de remedieri sau rațional pentru evacuarea apei meteorice (localități unde nu plouă simultan pe toate suprafețele).

Tipul de rețea va fi ales după un calcul tehnico-economic justificativ pe criterii de cost de investiție și costuri de exploatare. Obligatoriu se va ține seama de pagubele care trebuie suportate în caz de funcționare neconformă.

Gradul de asigurare a funcționării rețelei va fi stabilit funcție de normele în vigoare și prin decizia autorității locale. Este rațional să fie estimate și consecințele pentru o eventuală creștere a gradului de siguranță a funcționării în viitor (aparitia unor lucrări subterane importante și posibilitatea realizării de treceri denivelate în unele intersecții sau introducerea de mijloace speciale de transport.

2. Proiectarea rețelei de canalizare

2.1 Rețea de ape uzate în procedeu separativ

2.1.1 Debite de dimensionare

Pentru dimensionare se consideră debitul uzat orar maxim provenit din utilizarea apei pe tipuri de consum (casnic, public, agenți economici ș.a.):

$$Q_{uz,or,max} = \alpha \cdot \sum N_i \cdot q_i \cdot k_{zi,i} \cdot k_{or,i} \cdot 10^{-3} \cdot 24^{-1} \quad (\text{m}^3/\text{h}) \quad (2.1)$$

unde:

α – coeficient de reducere sau de creștere a debitului; reducerea este dată de apele utilizate pentru stropit, spălat; creșterea este dată de activitățile economice care utilizează alte surse de apă; valorile curente pot fi cuprinse între 0,9 – 1,05;

N_i – nr. de utilizatori pe categorii de consum;

q_i – necesarul specific de apă potabilă (l/om,zi), conform SR 1343–1/2006;

$k_{zi,i}$ – coeficient de variație a consumului zilnic de apă conform valorilor din SR 1343 – 1/2006;

$k_{or,i}$ – coeficient de variație orară a consumului de apă, conform SR 1343–1/2006;

10^{-3} , 24^{-1} – coeficienți de transformare;

Debitul conform (2.1) reprezintă o valoare de dimensionare hidraulică a rețelei de canalizare și nu va fi utilizat în calculul de bilanț de volume zilnice, lunare sau anuale de ape uzate.

Suma $\sum N_i \cdot q_i \cdot k_{zi,i} \cdot k_{or,i}$ din expresia (2.1) se referă la:

- ape uzate menajere (nr. locuitori);
- ape uzate publice (școli, spitale, servicii publice ș.a);
- ape uzate de tip menajer provenite de la unități industriale.

Ape uzate de la agenți economici

Acestea sunt considerate pre-epurate (vor respecta NTPA 002/2005) și vor fi estimate de utilizatorul acestora și comunicate prin protocoale scrise.

Ape de infiltrație

Se calculează cu expresia:

$$Q_{INF} = q_{INF} \cdot L \cdot DN \cdot 10^{-3} \quad (\text{m}^3/\text{zi}) \quad (2.2)$$

unde:

q_{INF} – debit specific infiltrat în $\text{dm}^3/\text{m} \cdot \text{zi}$, cu valori 25 – 50 dm^3/m liniar și m de diametru al colectorului pe zi;

L – lungime colector (m);

DN – diametru colector (m);

Pentru rețea pozată deasupra nivelului apei subterane: $q_{INF} = 25 \text{ dm}^3/\text{m,zi}$, pentru $DN=1\text{m}$;

Pentru rețea pozată sub nivelul apei subterane (>1,0m) $q_{INF} = 50 \text{ dm}^3/\text{m,zi}$, pentru $DN=1\text{m}$;

În situațiile de retehnologizare a rețelei de canalizare se vor efectua studii speciale pentru stabilirea mărimii debitelor de infiltrație.

2.1.2 Elemente impuse dimensionării hidraulice

2.1.2.1 Grad de umplere definit ca raportul între înălțimea apei la debitul maxim

în secțiune și înălțimea constructivă a canalului (DN,H):

$$a = \frac{h}{DN} ; a = \frac{h}{H} ; \quad (2.3)$$

unde:

a – grad de umplere;

DN – diametrul nominal, (mm);

H – înălțimea interioară a canalului, (mm);

h – înălțimea apei în canal, (mm);

Tabel 2.1. Grad de umplere funcție de DN sau H_{canal} .

Nr.crt.	DN sau H (mm)	a – grad umplere
1	< 300	$\leq 0,6$
2	350 – 450	$\leq 0,7$
3	500 – 900	$\leq 0,75$
4	> 900	$\leq 0,8$

2.1.2.2 Viteze minime / maxime

- Viteza de autocurățire $\geq 0,7$ m/s pentru evitarea depunerilor în colectoarele de canalizare;
- Viteza maximă: ≤ 8 m/s pentru colectoare din tuburi speciale sau metalice;
 ≤ 5 m/s pentru alte materiale;

2.1.2.3 Diametre minime

Diametrul minim pentru colectoarele de ape uzate cu curgere gravitațională se consideră Dn 250 mm; pentru alte sisteme se adoptă diametre speciale.

Pot fi adoptate pentru rețele noi DN=200mm și DN=150mm în următoarele situații:

- colectoarele stradale cu $L_{\text{max}} \leq 500\text{m}$, nr. racorduri ≤ 100 ;
- gradul de umplere $a \leq 0,5$;
- diferența între diametrul colectorului de canalizare și diametrul racordului min.50mm;

2.1.2.4 Adâncimi minime și maxime de pozare

Adâncimea minimă deasupra extradosului bolții superioare a canalului, cea mai mare valoare dintre:

- $h_{\text{min}} = 0,80$ m;
- $h_{\text{min}} \geq h_{\text{îngheț}}$ pentru evitarea solicitării materialului tuburilor la ciclurile îngheț - dezgheț (conform STAS 6054/1977);
- pentru solicitarea din trafic vor fi făcute calcule speciale;

Adâncimea minimă este impusă și de preluarea racordurilor de la utilizatori; pentru clădiri fără subsol se impune adâncimea de 1,0 m (la cotă radier), pentru clădiri cu subsol

adâncimea min. – 2,0 m; pentru construcțiile cu mai multe subsoluri toată cantitatea de apă uzată din subsol se pompează în rețeaua de canalizare.

Adâncimea maximă: pentru diametre cu $DN \leq 400$ mm adâncimea maximă se va limita la 6,0 m (diferența de cotă radier și cotă teren); limitarea este impusă de posibilitatea efectuării unor intervenții prin executarea de săpături. La adâncimi peste 2 m racordurile clădirilor vor avea cămin pe colector.

2.1.2.5 Panta longitudinală a colectorului

- Rețea cu curgere gravitațională:
 - panta egală cu panta străzii, dacă sensul de curgere al apei coincide cu sensul descendent al străzii;
 - panta minimă constructivă se va adopta 1‰;
 - panta minimă pentru asigurarea vitezei de autocurățire, cf. SR EN 752/2008 $\geq 1: DN$;
 - panta maximă care realizează viteza maximă a apei în colector;
- Rețea cu curgere sub vacuum:
 - panta poate avea valori constructive după poziția colectorului sub presiune; negativă sau pozitivă;
 - panta tuburilor între două lifturi consecutive la rețelele vacuumate are valori de 0,002;
 - tuburile de canalizare vor fi realizate din PEID, PE cu diametre cuprinse între 90 – 200 mm cu îmbinare etanșă.

2.1.3 Dimensionarea hidraulică

2.1.3.1 Stabilirea debitelor de calcul pe tronsoane

Tronsonul de colector se consideră lungimea între două intersecții sau un tronson de maxim 250m în aliniament.

Debitul de calcul este debitul din secțiunea aval a tronsonului dimensionat. Pentru stabilirea debitului de calcul se adoptă:

$$Q_{calcul}^{0 \rightarrow 1} = q_{sp,uz} \cdot L^{0 \rightarrow 1} \quad (l/s), \text{ pentru orice tronson de capăt} \quad (2.4)$$

$$Q_{calcul}^{i \rightarrow i+1} = Q_{calcul}^{0 \rightarrow 1} + Q_{lat}^i + q_{sp,uz} \cdot L^{i \rightarrow i+1} \quad (l/s) \quad (2.4')$$

unde:

$$q_{sp,uz} = \frac{Q_{uz,or,max}}{\Sigma l_{tr}} \quad (l/s \cdot m) \quad (2.5)$$

Q^{0-1} – debitul calculat conform relației (2.4);

Q_{lat}^i – debitul adus de colectoarele laterale care deversează în nodul **i**.

Aplicarea calculului este condiționată de:

- repartiția uniformă a racordurilor și debitului colectat în canalizare; același tip de locuințe, cu dotări de instalații tehnico – sanitare similare;
- pentru fiecare zonă cu densități și dotări similare va exista și se va utiliza o valoare pentru $q_{sp,uz}$.

Pentru situații având:

- racorduri la distanțe mari cu debite concentrate;
- regimuri diferite de dotări;
- în cazul unor debite cu valori mari (peste 5% sau 10% din debitul transportat), secțiunea de intersecție se consideră nod de calcul.

Calculul debitelor se va determina prin preluări de debite concentrate, fiecare tronson fiind calculat pe baza însumării debitelor pe tronsoanele amonte.

2.1.3.2 Alegerea diametrelor și parametrilor hidraulici ai tronsonului de calcul

Calculul se efectuează tabelar tronson cu tronson în paralel cu executarea profilului longitudinal al colectorului privind pozarea pe teren.

Tabel 2.2.Calcul tronson j – k.

Nr crt	Tr	Q _{uz} (l/s)	L (m)	Pante		DN mm	Q _{pl} (l/s)	V _{pl} (m/s)	α= Q _{uz} /Q _{pl}	β= v _{ef} /v _{pl}	a= h/DN	h= aDN (mm)	V _{ef} =βv _{pl} (m/s)	ΔH= i _R L (m)	Cote		H _s (m)
				Teren	Radier										Teren (m)	Radier (m)	
				i _T	i _R												
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17

L – lungime tronson (m);

Q_{uz} – debit ape uzate în secțiunea aval a tronsonului (l/s);

i_T – panta teren;

i_R – panta radier;

v_{ef} – viteza efectivă (m/s);

Δh_{i-k} = i_R · L (m)

C_R^k = C_Rⁱ – Δh_{i-k} (m)

DN – diametru nominal colector (mm);

H_s – adâncimea săpăturii;

Q_{pl} – debit la secțiune plină (l/s);

v_{pl} – viteza la secțiune plină (m/s);

$$\alpha = \frac{Q_{uz}}{Q_{pl}}$$

$$\beta = \frac{v}{v_{pl}}$$

$$a = \frac{h}{DN(H)} - \text{gradul de umplere (v. tab. 2.1)}$$

h – înălțimea de apă (m);

$$\Delta H_{j-k} = i_R \cdot L_{j-k}$$

Observații:

- 1) Dacă panta străzii este descendentă cu valoarea $\geq 1/DN$ se adoptă valoarea $i_R = i_T$;
- 2) Se alege un DN astfel ca din calcul să rezulte: $a \leq a_{max}$; $v \geq v_{min}$;
- 3) Nerealizarea condiției pct. 2) impune refacerea calculului prin adoptarea $i_R > i_T$ și eventual un alt diametru sau formă (ovoid);
- 4) Coloanele 1 – 14 caracterizează tronsonul (j – k);
- 5) Coloanele 15 – 17 caracterizează capetele tronsonului;
- 6) Determinarea Q_{pl} , v_{pl} , α , β și a se efectuează cu diagrame de tipul celor din anexele 2 – 4; diagramele sunt valabile pentru un material determinat de $k=1/n$; (n – rugozitatea relativă) și de forma secțiunii;
- 7) Tronsoanele aval tronsonului (j – k) trebuie să păstreze $DN \geq DN_{j-k}$;

Cotele radierului în aceeași secțiune se vor determina considerând racordarea la creasta tuburilor adiacente secțiunii;

$$C_{R2} = C_{R1} - (D_{k,k+i} - D_{ik}) \quad (m) \quad (2.6)$$

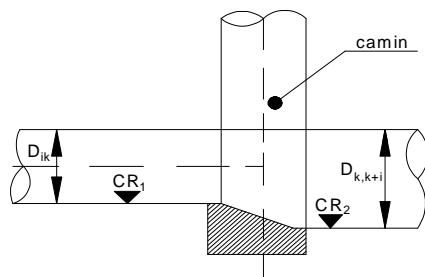


Figura 2.1. Cote radier secțiune de calcul.

Fiecare colector va fi materializat în concordanță cu calculul printr-un profil longitudinal.

- 8) Se va ține seama de poziția finală de racordare la colectorul următor;
- 9) Se va ține seama de posibilitatea de ocolire a unor obstacole de pe traseu (puncte fixe – alte rețele, cote impuse etc.);
- 10) La intersecția a două colectoare nu este obligatorie racordarea la radier.

2.2 Rețea de ape meteorice în procedeu separativ

2.2.1 Debite de dimensionare

Cantitățile de ape meteorice, pentru bazine mici (sub $10 \text{ km}^2 = 1.000 \text{ ha}$) se determină prin metoda rațională care se bazează pe conceptul: o ploaie de frecvență normată va conduce la realizarea debitului maxim într-o secțiune a unui bazin când timpul de ploaie este egal cu timpul

maxim de curgere din punctul cel mai îndepărtat până în secțiunea considerată; pe această bază pentru fiecare secțiune de calcul va exista o singură ploaie cu frecvența normată a teritoriului din care rezultă debitul de dimensionare.

Calculul se bazează pe relația:

$$Q_{max,ploaie} = m \cdot S \cdot \phi \cdot i \quad (l/s) \quad (2.7)$$

unde:

S – suprafața bazinului de colectare al secțiunii de calcul, (ha);

i – intensitatea medie a ploii de calcul, l/s,ha ; se determină pe baza curbelor IDF (STAS 9470/73) sau studiu de specialitate, funcție de frecvența normată și timpul de ploaie;

m – coeficientul de reducere a debitului; se consideră efectul de acumulare în rețea cu valorile:

- **m** = 0,8 la timp de ploaie < 40 min.
- **m** = 0,9 la timp de ploaie > 40 min.

φ – coeficient de scurgere; raportul dintre volumul apă ajuns în canalizare și volumul ploii căzute pe bazin;

Coeficientul φ este variabil în timp; mai mare la începutul ploii, scade o dată ce ploaia continuă. Se determină ca medie ponderată pentru suprafețe neomogene:

$$\phi = \frac{\sum \phi_i \cdot S_i}{\sum S_i} \quad (2.8)$$

Valorile φ pentru diferite tipuri de suprafețe pot fi adoptate cf. SR 1846 – 2/2007.

Frecvența normată a ploii de calcul : notat **f**; pentru calcule preliminare se stabilește conform STAS 4273/1983 și SR EN 752/2008 sau după studii speciale.

Pentru localități cu populație ≥ 100.000 locuitori, frecvența normată a ploii de calcul se va adopta $f = 1/10$.

Pentru localități urbane/rurale sub 100.000 loc. proiectantul va lua în considerație:

- decizia autorității locale din punct de vedere al protecției zonei total sau parțial; aceasta va stabili frecvența normată $f = 1/1, 1/2, 1/3, 1/5$.
- proiectantul va stabili pe baza cerințelor autorității locale debitele și secțiunile colectoarelor pentru min. 2 frecvențe ale ploii de calcul; pe această bază vor fi evaluate costurile ambelor opțiuni și pagubele (daunele) determinate de depășirea capacității de preluare a ploii de către rețea;

- se va adopta varianta (opțiunea) având costurile însumate minime și care ține seama de efectele sociale minime din punct de vedere al protecției bunurilor și persoanelor.

Se vor lua în considerație criteriile de performanță și frecvențele recomandate pentru proiectare conform SR EN 752/2008.

Durata ploii de calcul: t_p

- Pentru primul tronson al rețelei:

$$t_p = t_{cs} + \frac{L}{v_a} \quad (\text{min.}) \quad (2.9)$$

unde:

t_{cs} – timp de concentrare superficială:

- $t_{cs} = 5$ min. pentru pante medii ale suprafeței bazinului $> 5\%$;
- $t_{cs} = 10$ min. pentru pante medii ale suprafeței bazinului între $1 - 5\%$;
- $t_{cs} = 15$ min. pentru pante medii ale suprafeței bazinului $< 1\%$.

L – lungimea tronsonului de la prima gură de scurgere la secțiunea de calcul, (m);

v_a – viteza apreciată pe tronsonul de calcul, (m/s);

- Pentru tronsoanele următoare:

$$t_p = t_p^{i-1} + \frac{L_{i,k}}{v_a^{i-k}} \quad (\text{min.}) \quad (2.10)$$

unde:

t_p^{i-1} – timpul de ploaie corespunzător secțiunii i a tronsonului $i - k$, (min.);

v_a^{i-k} – viteza apreciată, (m/s);

La intersecția a 2 colectoare la primul tronson aval se va lua în calcul valoarea cea mai mică a timpului ploii de calcul pentru cele 2 colectoare.

Viteza apreciată se estimează pe baza pantei terenului și experienței proiectantului; valoarea rezultată prin calculul efectiv nu trebuie să difere cu mai mult de 20% de valoarea apreciată. Calculul este iterativ.

Pentru bazine mari ($> 10 \text{ km}^2$) cf. SR 1846 – 2/2007 proiectantul va avea la bază studii meteorologice (elaborate de Administrația Națională de Meteorologie-ANM) pe baza cărora se vor stabili hidrografele ploilor de calcul pentru secțiunile caracteristice ale colectoarelor.

Intensitatea ploii de calcul

Se determină pe baza timpului de ploaie (t_p) și pe baza curbelor IDF cf. STAS 9470/1973 sau studiilor de actualizare elaborate de ANM; pentru rețele care deservesc un teritoriu > 1.000

ha proiectantul va comanda la Administrația Națională de Meteorologie studii statistice pentru amplasament; acestea vor indica ploile maxime istorice ca durată și intensitate și vor actualiza curbele IDF corespunzătoare zonei amplasamentului.

Intensitatea ploii de calcul se va determina pe zone din sub-sistemul canalizării apelor meteorice pe baza frecvenței normate adoptate.

2.2.2 Alegerea diametrului și parametrilor hidraulici

Configurația rețelei de ape meteorice în procedeu separativ se va adopta în corelație cu:

- configurație amplasament utilizator și receptor;
- evacuările admisibile și impactul asupra mediului receptor, prin adoptarea unui coeficient de diluție de 4 la 8 ori debitul pe timp uscat pe baza capacității de prelevare receptor;
- prevederea de bazine de retenție (decantare) pentru reducerea debitelor maxime și reținerea apelor meteorice colectate în primele 5 – 10 min. ale ploii.

2.2.2.1 Calculul debitelor pe tronsoane

Debitul de calcul este debitul din secțiunea aval a tronsonului.

$$Q_{max.ploaie} = m \cdot S \cdot \phi \cdot i \quad (l/s) \quad (2.11)$$

unde:

S – suprafața bazinului de colectare formată din:

$$S = S_{tr}^{i-k} + S_{am}^{i-k} \quad (ha) \quad (2.12)$$

S_{tr}^{i-k} – suprafața bazinului de colectare aferentă tronsonului secțiunii de calcul, (ha);

S_{am}^{i-k} – suprafața bazinului de colectare din amonte de secțiunea de calcul, (ha);

ϕ – coeficient de surgere mediu calculat ca medie ponderată pentru toate suprafețele aferente tronsonului i – k;

i – intensitatea ploii de calcul cu frecvența normată; ploaia de calcul se consideră corespunzătoare secțiunii k a tronsonului i – k;

m – determinat cf. § 2.2.1.

2.2.2.2 Alegerea diametrelor și parametrilor hidraulici ai tronsonului

Calculul se efectuează tabelar simultan cu amplasarea colectorului la teren în profilul longitudinal.

Se elaborează un tabel de forma tabelului 2.3.

Tabel 2.3. Dimensionarea sistemului de canalizare de ape meteorice(exemplu); frecvența normală $f=1/1$; $t_{cs} = 15'$.

Tr.	L (m)	S (ha)	Va (m/s)	tp (min)	m	Φ	i (l/s,ha)	Qm (l/s)	i _r	i _R	DN (mm)	Qpl (l/s)	Vpl (m/s)	α	β	a	h (mm)	Vef (m/s)	Δh (m)	Ct (m)	Cr (m)	Hs (m)
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
i	270	5	3,0	16,5	0,9	0,35	150	236,2	0,015	0,015	400	330	2,63	0,71	1,07	0,6	284	2,81	4,05	148	146	2
k																				144	141,95	2,05
																					141,85	2,15

L – lungime tronson (m);

S – suprafața de colectare (ha);

v_a – viteza apreciată (m/s);

t_p – timp de ploaie (min);

m – coeficient de reducere (0,8÷0,9);

Φ – coeficient de scurgere;

i – intensitatea ploii de calcul (l/s, ha);

Q_m – debit ape meteorice (l/s);

i_T – panta teren;

i_R – panta radier;

DN – diametru nominal colector (mm);

Q_{pl} – debit secțiune plină (l/s);

v_{pl} – viteza secțiune plină (m/s);

$$\alpha = \frac{Q_m}{Q_{pl}}$$

$$\beta = \frac{v}{v_{pl}}$$

$$a = \frac{h}{DN(H)} \leq 1,0$$

h – înălțimea de apă (m);

DN(H) – diametrul sau înălțime canal;

v_{ef} – viteza efectivă (m/s);

$$\Delta h_{i-k} = i_R \cdot L \text{ (m)}$$

$$C_R^k = C_R^i - \Delta h_{i-k} \text{ (m)}$$

Hs – adâncimea săpăturii;

Viteza apreciată nu va fi diferită de v_{ef}

(col.19) cu mai mult de 20%.

Calculul, conform tabelului 2.3 se efectuează în modul următor:

- se completează coloanele 1, 2, 3, 4, 7, 10, 11, 21;
- se estimează o valoare pentru viteza de curgere a apei pe tronson (col.4) și se calculează un timp de ploaie (col.5);

$$t_p = t_{cs} + \frac{l_{lk}}{v_a} \quad (\text{min.}) \quad (2.13)$$

- în funcție de timpul de ploaie se alege coeficientul **m** (col.6);
 - $t_p > 40'$ pentru $m = 0,9$;
 - $t_p < 40'$ pentru $m = 0,8$;
- se determină grafic din curbele IDF, intensitatea ploii de calcul (col.8), pentru $f = \text{normată}$ și Q_m cu expresia (10) (col.9);
- se alege un diametru pentru conducta de canalizare (col.12), cunoscând debitul și o pantă a radierului adoptată (col.11);
- se determină din diagramele cu grad de umplere, mărimile din coloanele 15, 16, 17 (α, β, a), cunoscând $\alpha = Q_m / Q_{pl}$ (vezi Anexa 4);
- se calculează înălțimea apei în conducta de canalizare (col.18) și viteza efectivă de curgere a apei (col.19). Dacă valoarea acestei viteze diferă cu mai mult de 20% față de viteza apreciată (col.4) se reia calculul, considerând viteza apreciată egală cu viteza efectivă rezultată;
- se determină cotele radierului conductei (col.22) astfel încât adâncimea de îngropare să fie mai mare de 0,8 m (peste bolta canalului) și racordarea între două tronsoane vecine să se facă la creasta adică păstrând continuă linia bolții superioare a canalului.

2.2.2.3 Bazine de retenție

Se adoptă în conformitate cu prevederile STAS 1846 – 2/2007 cap. 2.4 pentru reținerea apelor poluate, pentru reducerea vârfului de debit când durata ploii este egală cu timpul de concentrare și durata ploii este mai mare ca durata ploii de calcul.

Obiectivele bazinelor de retenție sunt:

- asigurarea compensării debitelor maxime din ploi prin reducerea debitelor în aval și curgerea acestora în perioade mai lungi;
- reținerea poluanților preluați de apele meteorice în prima parte a scurgerii stratului de apă;

- protecția mediului acvatic al receptorului.

Construcția bazinelor de retenție pentru apele meteorice se va analiza în corelație cu planul urbanistic al zonei canalizate astfel încât acestea să se încadreze în sistemul urban al zonei. Se recomandă o folosință suplimentară pentru bazinul de retenție.

2.3 Rețea de canalizare în procedeu unitar

2.3.1 Stabilirea debitelor de dimensionare

Debitul de calcul pentru fiecare tronson va rezulta din însumarea:

- debitul de calcul ape uzate, relația (2.1) § 2.1.3.1.;
- debitul maxim din ploaie al tronsonului relația (2.11) § 2.2.21.

2.3.2 Alegerea diametrelor și parametrilor hidraulici ai tronsonului

Efectuarea calculelor urmărește procedurile similare, exemplificate în tabelul 2.2 pentru rețea ape uzate și în tabelul 2.3 pentru rețea ape meteorice. Se impun următoarele condiționări:

- asigurarea vitezei minime de autocurățire pe timp uscat; se determină $\alpha = \frac{Q_{uz}}{Q_{pl}}$ și cf. diagramelor de umplere: gradul de umplere $a = \frac{h_u}{DN}$ și $\beta = \frac{v_u}{v_{pl}}$; din aceste relații se calculează $v_u \geq 0,7$ m/s;
- pentru funcționarea colectorului de canalizare în timpul ploii se poate admite gradul de umplere $a_{max} = 1,0$;
- diametrul minim pentru rețeaua de canalizare în sistem unitar $DN \geq 300$ mm;
- pentru diametre $DN > 1000$ mm sau cu înălțime $H > 1000$ mm și debite reduse de ape uzate (pe timp uscat), proiectantul va adopta măsuri pentru realizarea vitezei minime de autocurățire; această soluție se impune să fie analizată și pentru rețehnologizarea colectoarelor de mari dimensiuni existente, cu funcționare în procedeu unitar.

Un exemplu de conținut profil longitudinal este dat în figura 2.2.

Pentru rețehnologizarea rețelelor de canalizare existente se impune respectarea prevederilor SR EN 752/2008.

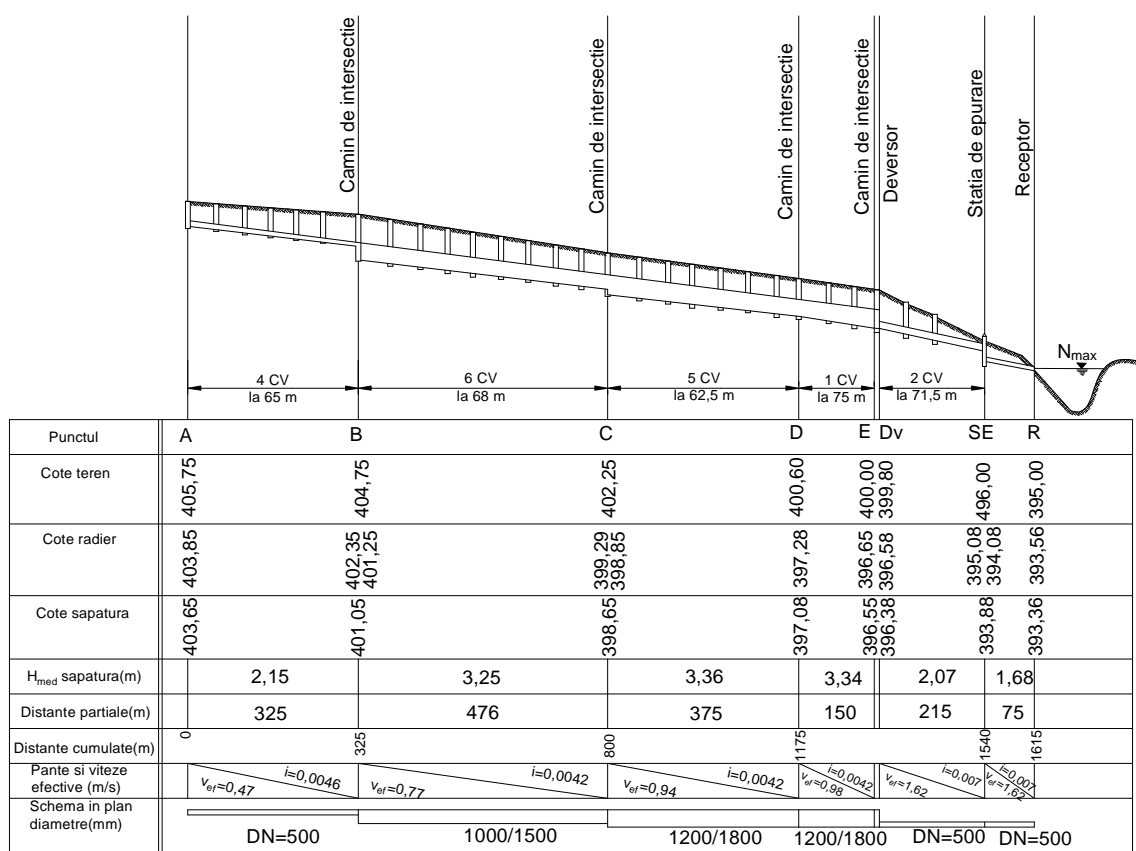


Figura 2.2. Profil longitudinal colector principal.

3. Amplasarea rețelei de canalizare

3.1 Rețeaua de ape uzate

Amplasarea depinde fundamental de configurația tramei stradale:

- pentru străzi și trotuare sub 10 – 12 m rețeaua de ape uzate se amplasează în axul străzii; racordurile la utilizatori trebuie amplasate la cote inferioare celorlalte rețele;
- pentru străzi și trotuare cu lățimi > 16 m se va analiza opțiunea amplasării colectoarelor de ape uzate pe fiecare latură a străzii; existența spațiului public între trotuar și linia clădirilor va trebui luată în considerație cu prioritate pentru amplasarea rețelei de canalizare.

Poziția colectoarelor și căminelor de acces la colectoare se va adopta ținând seama de poziția celorlalte rețele subterane și de condițiile specifice impuse de funcționalitatea acestora.

Aceste distanțe sunt stabilite conform SR EN 8591/1997.

În cazuri speciale, definite prin dificultăți în realizarea distanțelor minime între rețele se vor stabili protocoale și înțelegeri cu deținătorii acestora și autoritățile locale pentru alegerea amplasamentului rețelei de canalizare și modificarea distanțelor prevăzute în SR EN 8591/1997.

Conceptul general admis va ține seama de următoarele:

- poziția colectoarelor nu trebuie să pericliteze siguranța celorlalte rețele subterane și siguranța sanitară a utilizatorilor;
- asigurarea soluțiilor raționale pentru intervenții în rețea pentru reparații/reabilitări fără deteriorarea altor rețele;
- intervenția la rețele să se poată face în mod rațional.

4. Elemente componente pe rețeaua de canalizare

4.1 Tuburi pentru realizarea tronsoanelor

4.1.1 Forma secțiunii

DN (mm) al secțiunii rezultă cf. calculului rețelei de canalizare. În general se adoptă forma circulară ca fiind secțiunea optimă din punct de vedere hidraulic.

Pentru situații determinate de: spații înguste de pozare, debite minime reduse, debite mari, se aplică secțiunea ovoid care asigură la aceeași înălțime de apă o viteză de curgere mai mare.

Pentru colectoare mari (debite de ordinul m^3/s) unde se urmărește economisirea spațiului pe verticală se poate aplica secțiunea clopot.

4.1.2 Materialul tuburilor

Alegerea materialului tuburilor pentru realizarea tronsoanelor de canalizare se va face cu luarea în considerare a următoarelor elemente:

- caracteristici și proprietăți fizico – mecanice și constructiv – dimensionale;
- rezistențe structurale și procedee de îmbinare;
- cerințe impuse la instalare, întreținere și reparații;
- rezistența la agresivitatea apei uzate și solurilor cu/fără apă subterană;
- durata de viață și siguranța în exploatare;
- compatibilitatea materialului la calitatea apelor uzate transportate;

- costul de investiție.

Pentru lungimi de rețele > 5 km se va efectua un studiu preliminar privind raportul cost / performanță pe baza căruia se va adopta materialul pentru execuția tronsoanelor.

Studiul trebuie să cuprindă:

- costurile tuburilor (inclusiv montaj, probe);
- factori de compatibilitate privind adaptarea la situația particulară în care se propun a fi utilizate: natura teren, sarcini permanente și din circulație, calitatea apelor uzate inclusiv comportarea la risc (descărcări necontrolate sau accidentale de ape uzate);
- garanția duratei de viață; aceasta nu poate fi mai mică de 50 ani;
- soluții pentru intervenții necesare obiectiv în exploatare (refacere tub/ mufă spartă, pierdere etanșeitate, comportare la sarcini seismice și soluții de remediere);

Decizia privind alegerea materialului se va adopta de comun acord: proiectant, operator, autoritatea locală ca proprietar al rețelei.

4.2 Construcții anexe pe rețeaua de canalizare

4.2.1 Racorduri

Racordurile asigură preluarea apelor uzate menajere de la utilizatori în rețeaua publică de canalizare.

Racordul cuprinde:

- cămin de racord; se amplasează în incinta proprietății pentru locuințe individuale sau în spațiul public pentru locuințe colective; se execută etanș și va asigura accesul la racord;
- canal de racord; se execută din tuburi circulare DN = 100 ... 200 mm;
- legătura între canalele de racord și colectorul stradal se face prin piese speciale, executate conform (SR EN 295 – 2/1997);

În localități cu terenuri macroporice, cu densitate mare a construcțiilor, fiecare canal de racord, sau mai multe se leagă la un cămin de vizitare al colectorului stradal;

Când colectorul stradal are adâncimi mari un racord sau mai multe sunt preluate printr-un cămin de vizitare pe colector.

4.2.2 Guri de scurgere

Gurile de scurgere servesc pentru colectarea și descărcarea apelor meteorice în rețeaua de canalizare; sunt cămine circulare, acoperite cu grătar și legate la rețeaua de canalizare prin tuburi DN=150 mm.

Se clasifică după cum urmează:

- guri de scurgere cu depozit și sifon; cf. STAS 6701/1982 acestea pot fi tip A - cu grătar carosabil și tip B – cu grătar necarosabil; sifonul are rolul de a opri gazele din canalizare să ajungă în aer; vor fi respectate prevederile din SR EN 124/1996;
- guri de scurgere fără sifon și depozit; utilizate în procedeul divizor, pe rețeaua de canalizare meteorică și numai pe străzi asfaltate unde cantitatea de materii în suspensie sau alte depuneri care pot fi antrenate în rețea sunt reduse (inexistente).

Gurile de scurgere se amplasează:

- pe rigola străzii, amonte de trecerea de pietoni;
- în intersecțiile mari la limita cu trotuarul, pe spații necirculate;
- pe platforme amenajate cu pante în spațiile mai puțin circulate.

Distanța între gurile de scurgere se va stabili riguros pe baza debitului capabil al rigolei (funcție de panta străzii și coeficientul de rugozitate al rigolei) astfel încât nivelul maxim al apei în rigolă (la ploaia de calcul) să fie sub nivelul superior al bordurii ($\geq 5\text{cm}$).

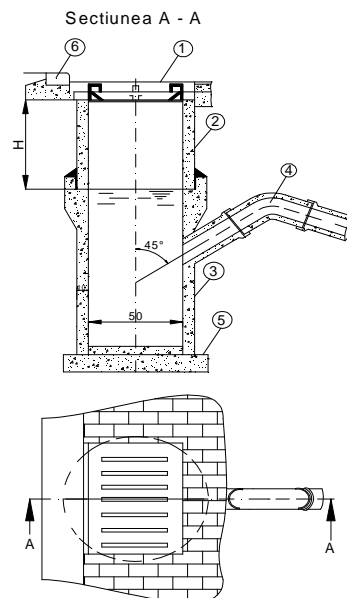


Figura 4.1. Gură de scurgere cu depozit și sifon.
1-grătar; 2-tub din beton simplu DN 500; 3-piesă din beton simplu pentru guri de scurgere;
4-cot DN 150; 5-radier; 6-bordură.

În interiorul căminului gurii de scurgere este recomandabil să se instaleze un recipient pentru simplificarea curățirii gurilor de scurgere care să poată fi scos mecanizat pentru simplificarea curățirii gurilor de scurgere de materii gravimetrice.

4.2.3 Cămine de vizitare

Căminele de vizitare sunt construcții verticale care realizează legătura între colectorul de canalizare și stradă.

Conform SR EN 752/2008, căminele de vizitare au rolul:

- să permită accesul personalului de operare la colectoare;
- să asigure ventilarea rețelei.

Căminele de vizitare se amplasează:

- pe aliniamentele canalelor;
- în secțiunile de schimbare a diametrelor și direcției în plan vertical și orizontal;
- în secțiunile de intersecție și racordare cu alte canale;
- în secțiunile unde este necesară spălarea rețelei.

4.2.3.1 Cămine de vizitare de trecere

Se vor prevedea și executa în conformitate cu STAS 2448/1982 și cu SR EN 1917/2005.

În figura 4.2 este dat un exemplu care indică modul de concepere al căminelor de vizitare de trecere.

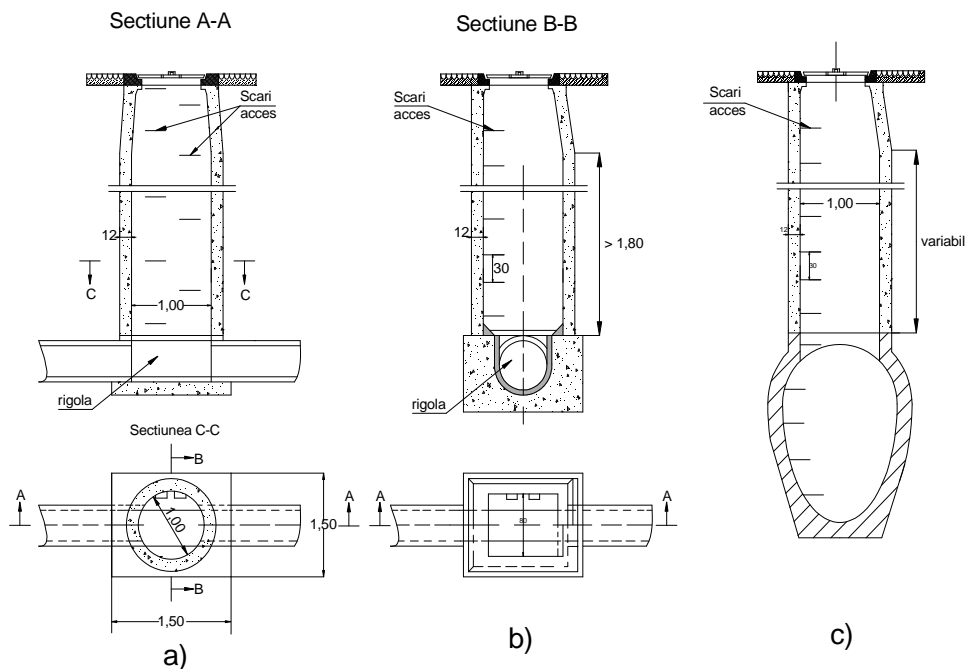


Figura 4.2. Cămin de vizitare de trecere.

a)cu fundație proprie și pereți din tuburi prefabricate;

b)cu fundație proprie și pereți din cărămidă sau beton; c)construit pe colector.

Distanțele între cămine se vor considera:

- 50 – 60 m pentru colectoare cu $DN \leq 500\text{mm}$;
- 75 – 100 m pentru colectoare semi – vizitabile $DN \geq 1.500\text{ mm}$;
- 120 – 150 m pentru colectoare vizitabile $DN \geq 1.800\text{ mm}$.

Căminele de vizitare trebuie să cuprindă:

- rigolă deschisă profilată hidraulic;
- cameră de lucru (deasupra rigolei): min. $\phi 1,0\text{ m}$ (sau latura $1,0\text{ m}$) și înălțimea min. $1,80\text{ m}$;
- coș (tub) acces de la suprafață: min. $\phi 0,8\text{ m}$;
- capac asigurat: carosabil sau necarosabil funcție de amplasament;
- trepte montate în pereți pentru facilitarea accesului la rigolă.

4.2.3.2 Cămine de vizitare de intersecție

Se amplasează la intersecția a 2 sau mai multe colectoare; în cazul colectoarelor mari se transformă în camere de intersecție.

Pentru intersectarea canalelor cu $DN \geq 500$ mm se impune realizarea unei racordări care să realizeze:

- amestecul celor 2 curenți fără fenomene hidraulice care să deterioreze construcția;
- forma racordării va trebui să evite zonele stagnante în care pot produce depuneri.

4.2.4 Deversori

Se prevăd în rețelele de canalizare în procedeu unitar pentru descărcarea unor volume de apă direct în receptor.

Stabilirea raportului de diluare pentru apele uzate ce sunt descărcate în receptor:

$$n = I + n_0 \quad (4.1)$$

$$n_0 = Q_{\text{meteoric}} / Q_{\text{uzat}} \quad (4.2)$$

unde:

n_0 – coeficient de diluare;

Debitul de ape uzate în amestec cu ape meteorice care va fi posibil să fie deversat în receptor se determină:

$$Q_{\text{adm}} = Q_{\text{recept}} \cdot \frac{CBO_5^{\text{recept}} - CBO_5^{\text{adm}}}{CBO_5^{\text{uz}} - CBO_5^{\text{adm}}} \quad (\text{m}^3/\text{s}) \quad (4.3)$$

unde:

Q_{adm} – debitul de ape uzate și meteorice admise a fi descărcate în receptor, (m^3/s);

CBO_5^{recept} – consumul biochimic de oxigen la 5 zile al receptorului înainte de deversor, ($\text{mg O}_2/\text{l}$);

CBO_5^{uz} – consumul biochimic de oxigen la 5 zile al apelor uzate în amestec cu apele meteorice, ($\text{mg O}_2/\text{l}$);

CBO_5^{adm} – consumul biochimic de oxigen la 5 zile al receptorului în conformitate cu NTPA 001/2005, ($\text{mg O}_2/\text{l}$).

La adoptarea raportului de diluare se vor lua în considerație prevederile SR EN 752/ 2008.

4.2.4.1 Alcătuirea deversoarelor

Deversoarele pot fi alcătuite din:

- camera de deversare;
- canalul de evacuare a apei deversate în receptor;
- gura de vărsare a canalului de evacuare.

Deversorul lateral este tipul cel mai utilizat; în figura 4.3 se prezintă schema unui deversor lateral.

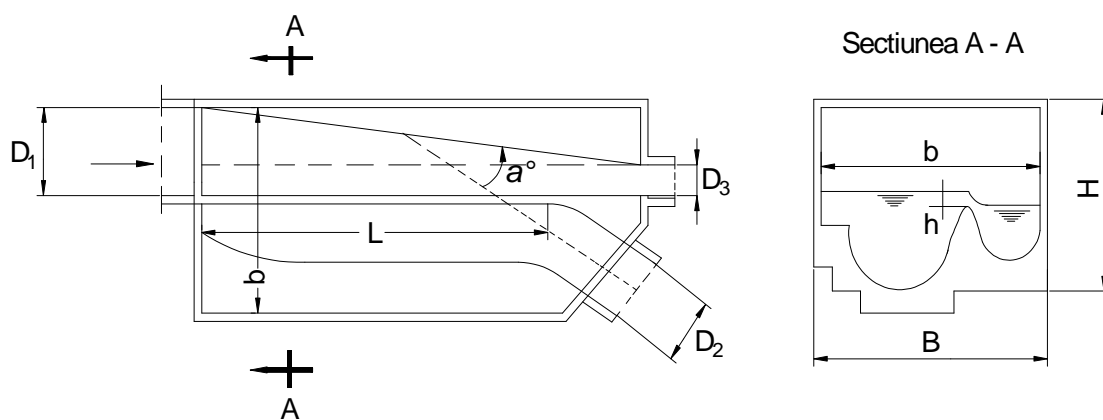


Figura 4.3. Deversor lateral simplu.

Lungimea deversorului lateral se determină:

$$L = \frac{Q}{0,66 \cdot \mu \cdot \sqrt{2g} \cdot h^{3/2}} \quad (\text{m}) \quad (4.4)$$

unde:

μ – coeficient de debit (0,62 – 0,64);

Q – debitul deversat, (m^3/s);

h – înălțimea medie a lamei deversante, (m);

Sunt obligatorii măsurile constructive pentru:

- asigurarea accesului și lucrului în camera deversorului; se vor prevedea scări și rigole; înălțimea minimă a camerei deversorului, de la rigolă va fi $\geq 1,80\text{m}$;
- elemente privind evitarea inundării camerei deversorului la ape mari ale receptorului; se va prevedea închiderea canalului de descărcare în receptor cu batardou; pentru receptorii cu variații mari și frecvente ale nivelului se vor prevedea stăvilare cu închidere automată;

- pentru deversoarele amplasate la intrarea în stația de epurare construcția camerei poate fi deschisă; se va prevedea o bașe pe radierul camerei pentru reținerea corpurilor mari; aceasta va fi curățată periodic cu o cupă tip graifer.

4.2.5 Bazine pentru retenția apelor de ploaie

Se vor adopta și calcula conform cap. 2.4. SR 1846 – 2/ 2007.

Bazinele pentru retenția apelor meteorice pot fi:

- implementate în rețea pentru reducerea debitelor de vârf ;
- amplasate pe rețeaua procedeului unitar cuplat cu deversori cu descărcare directă în receptor;
- pentru pre-epurarea apelor meteorice.

Bazinele de retenție amplasate la intrarea în stația de epurare asigură și reglarea debitelor influente în aceasta.

În toate situațiile bazinele de retenție trebuie să asigure:

- reducerea debitelor evacuate în aval de bazin;
- îmbunătățirea calității apei prin sedimentare.

În intravilan se vor prevedea bazine de retenție închise; golirea bazinului după ploaie se va realiza gravitațional sau prin pompare în rețeaua de canalizare aval bazin;

Construcția bazinelor se realizează:

- min. 2 compartimente;
- cu asigurarea sistemelor de colectare și evacuare a depunerilor (rigole, sisteme de colectare nămol, pompe de evacuare nămol);
- cu dotări pentru reținerea suspensiilor plutitoare.

4.2.6 Sifoane de canalizare

Se prevăd în situațiile trecerii colectoarelor pe sub alte construcții, cursuri de apă, drumuri, căi ferate sau depresiuni.

Schema unui sistem de sifon inferior pentru canalizare este dată în figura 4.4.

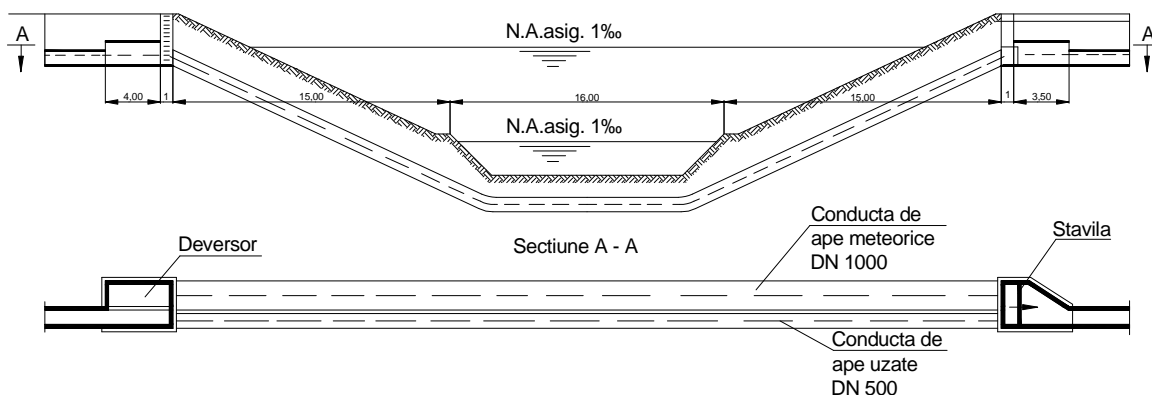


Figura 4.4. Sifon.

Sifoanele sunt alcătuite din:

- camere de intrare și ieșire pe fiecare latură a subtraversării;
- conducte de sifonare.

Sistemul de canalizare impune alegerea numărului de conducte de sifonare în cadrul aceleiași traversări:

- în procedeul separativ se poate realiza un singur fir pentru fiecare funcțiune (ape uzate, ape meteorice);
- în procedeul unitar se vor executa totdeauna 2 fire: 1 fir va funcționa pe timp uscat, cel de-al doilea fir se va pune în funcțiune la ploaie.

Dimensionarea conductelor de sifonare se efectuează:

- viteze minime $> 0,5 \dots 0,6$ m/s;
- viteza la debitul de calcul $1,25 \dots 1,5$ m/s.

Pentru cerințe deosebite privind siguranța în exploatare se impune dublarea conductelor de sifonare, fiecare dimensionată la $0,75 \cdot Q_{\text{calcul}}$.

Cerințele de eliminare a riscului în funcționarea conductelor subtraversării impun:

- alegerea materialelor cu siguranță sporită: tuburi de oțel protejat, fontă ductilă, poliester armat cu fibră de sticlă de construcție specială;
- adoptarea de măsuri constructive pentru stabilitatea albiei, preluarea sarcinilor dinamice din circulație, consolidarea terenului în zona subtraversării.

În situațiile când se impune izolarea conductelor de sifonare se vor prevedea stăvile de închidere în camerele de intrare/ ieșire; vor fi prevăzute în tronsoanele din camerele de intrare sisteme care să permită spălarea (curățarea) conductelor de sifonare și/sau descărcarea rețelei de canalizare.

Dimensionarea hidraulică a conductelor de sifonare are la bază ecuația:

$$\Delta H = \sum h_r \quad (4.5)$$

unde:

ΔH – diferența minimă între nivelul din camera de intrare și nivelul din camera de ieșire;

$\sum h_r$ – suma pierderilor de sarcină locale și distribuite pe circuitul hidraulic între camera de intrare și ieșire;

4.2.7 Stații de pompare

În rețeaua de canalizare stațiile de pompare sunt necesare:

- în zone depresionare unde nu se poate asigura curgerea gravitațională;
- în diferite secțiuni ale rețelei unde se realizează adâncimi de pozare mari (> 7 – 8 m) datorate pantelor impuse de realizarea vitezei minime de autocurățire;
- în amplasamente unde stația de epurare este amplasată la cote mai ridicate față de colectoarele principale.

Adoptarea soluției cu stație de pompare în rețeaua de canalizare se va decide printr – un calcul tehnico – economic luând în considerație:

- costurile operării rețelei (curățirea periodică a depunerilor);
- costurile cu energia electrică utilizată în stații de pompare.

4.2.7.1 Amplasamentul stațiilor de pompare

Construcția stației de pompare se va realiza într – un spațiu special destinat care să se încadreze în planurile urbanistice zonale și generale luând în considerație:

- disfuncțiunile create mediului: eventuale mirosuri, evacuarea reținerilor pe grătare, zgomot;
- asigurarea unei distanțe minime de 50 m față de clădirile de locuit;
- amenajarea unei zone verzi în amplasamentul stației de pompare.

4.2.7.2 Componentele stației de pompare

Bazinul de recepție pentru primirea apelor uzate, înmagazinarea acestora, adăpostirea pompelor (submersate) sau aspirațiilor acestora.

Volumul bazinului de recepție se stabilește pe baza:

- variației orare a debitelor influente în stația de pompare;
- variației debitelor pompate determinate de capacitatea utilajelor, numărul pompelor și condițiilor impuse de vitezele de autocurățire pe conductele de refulare;
- condiționările impuse de fabricantul pompelor referitor la nr. orar de porniri/opriri ale utilajelor.

Pentru stații de pompare de capacitate redusă (< 5 l/s) volumul bazinului de recepție (prefabricat din masă plastică) se determină pentru timpi de ordinul 1 – 3 min.

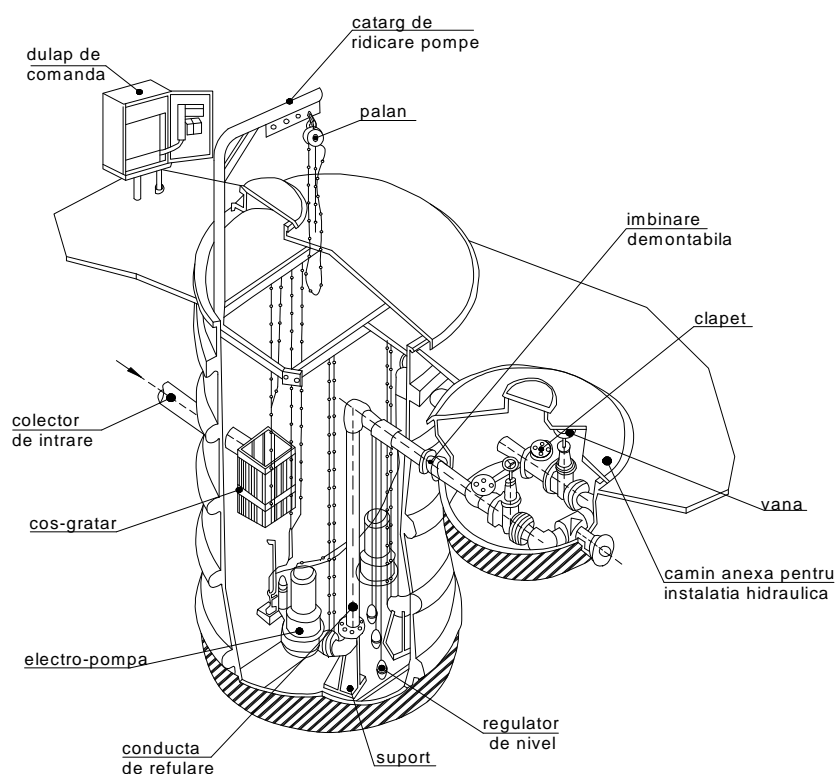


Figura 4.5. Exemplu de stație de pompare pentru ape uzate (debite reduse).

În stabilirea volumului bazinului de recepție al stației de pompare:

- se vor evita situațiile de acumulare a apei uzate un timp care să conducă la producerea de depuneri;
- se vor prevedea grătare (sau tocătoare) pe accesul apei în bazin care să elimine intrarea corpurilor mari.

În figura 4.6 se indică configurația generală a stației de pompare în 2 variante:

- cu electro-pompe submersibile în cameră umedă;
- cu electro-pompe în cameră uscată; soluția se va adopta pentru stații de pompare mari ($Q > 750 - 1.000 \text{ m}^3/\text{h}$); se va prevedea adiacent Stației de Pompare ape uzate construcția de grătare rare cu curățire automată.

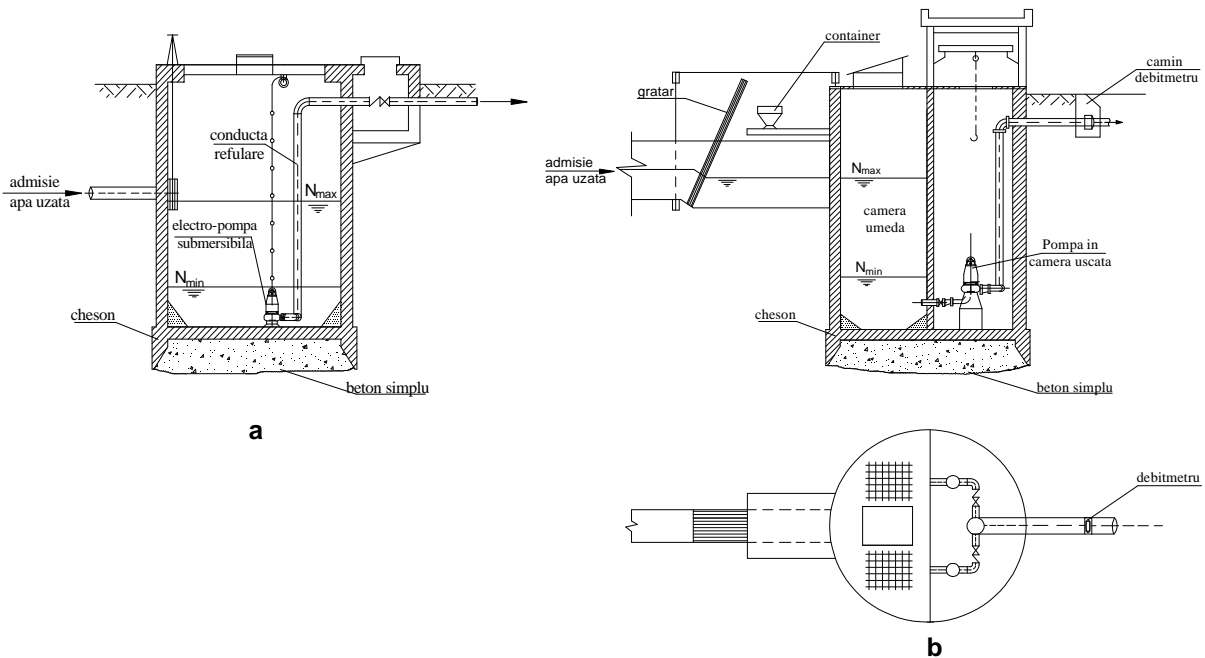


Figura 4.6. Stație de pompare – (a) cameră umedă, (b) cameră uscată.

Constructiv bazinul de recepție al stației de pompare se execută sub forma unui cheson circular sau rectangular; se impune să se asigure:

- amenajarea radierului astfel încât nămolurile să fie antrenate în pompe;
- măsuri constructive pentru demontarea, scoaterea pompelor submersibile;
- în situațiile bazinelor de recepție închise se vor adopta măsuri pentru evacuarea gazelor prin prevederea instalațiilor de ventilație;

- la stații de capacitate mare ($> 1.000 \text{ m}^3/\text{h}$) se va lua în considerație compartimentarea bazinului pe fiecare unitate de pompare.

Pentru stații de pompare cu debite mici și medii ($Q < 25.000 \text{ m}^3/\text{zi}$) se recomandă soluția cu bazin de recepție cuvă umedă cu electro – pompe submersibile; anexat bazinului de recepție se va prevedea un compartiment al instalațiilor hidraulice în care se va face accesul independent de bazinul de recepție; în planșul superior al bazinului de recepție se vor prevedea galerii închise cu grătare care să permită extragerea pompelor, grătarelor cu rețineri și ventilație naturală.

La stațiile de pompare de capacitate mare, dotate cu electro – pompe în cameră uscată se adoptă măsuri pentru:

- asigurarea etanșării perfecte a compartimentului uscat al pompelor și instalațiilor hidraulice;
- prevederea unei suprastructuri și sisteme de ridicare și acces la utilaje și instalații hidraulice;
- ventilarea la nivel de 10 schimburi de aer/oră a camerei uscate;
- interdicția de acces în camera uscată fără funcționarea sistemului de ventilație pornit cu minim 30 min. înainte de acces.

5. Rețele de canalizare în sistem vacuumat

Obiectiv: Colectarea apelor uzate printr-un sistem hidraulic care să evite depunerile în zone cu terenuri plate sau cu pante foarte mici.

Aplicare: Rețea de canalizare apă uzată în sistem separativ.

5.1 Elemente componente

- Racorduri gravitaționale de la producătorii de ape uzate;
- Cămine colectoare dotate cu supape de vacuum;
- Rețele de conducte cu funcționare la $p < p_{\text{atm}}$;
- Recipienți de vacuum și pompe de vid;
- Stație de pompare ape uzate.

În figura 5.1 se prezintă schema unui sistem de canalizare vacuumat.

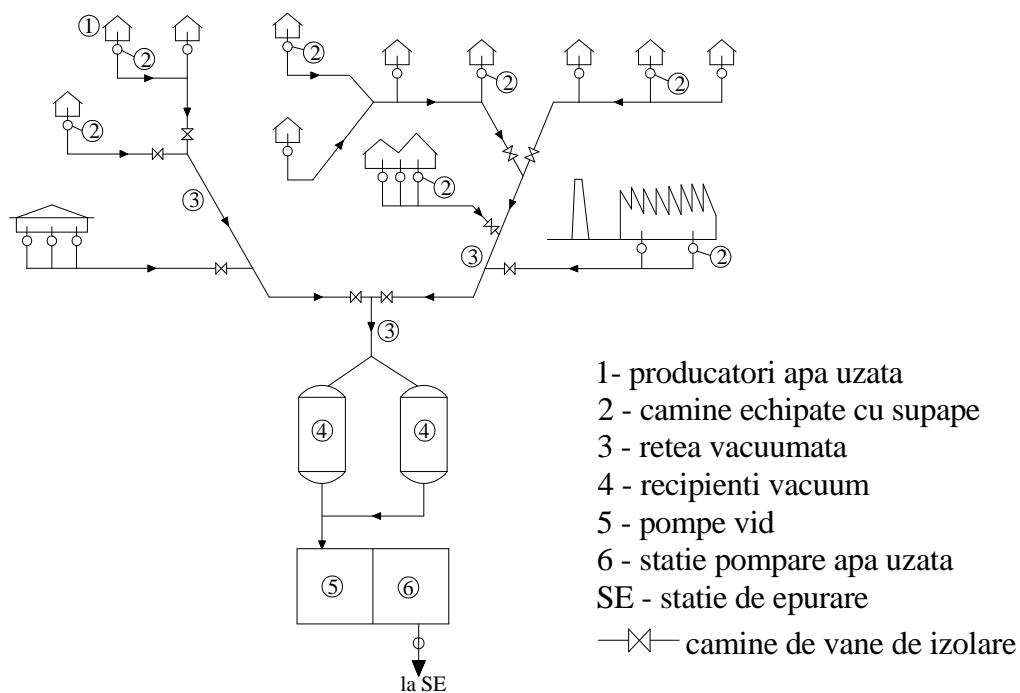


Figura 5.1. Sistem de canalizare vacuumat.

Conceptul funcționării rețelei de canalizare vacuumate:

- Dotarea cu supape de vacuum în căminele colectoare (fig. 5.2 și 5.3); acestea se deschid automat la nivelul maxim în căminul colector și se închid după 3-4 secunde când s-a evacuat tot volumul rezervorului;

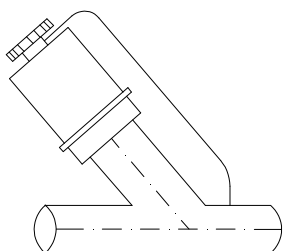


Figura 5.2. Supapă.

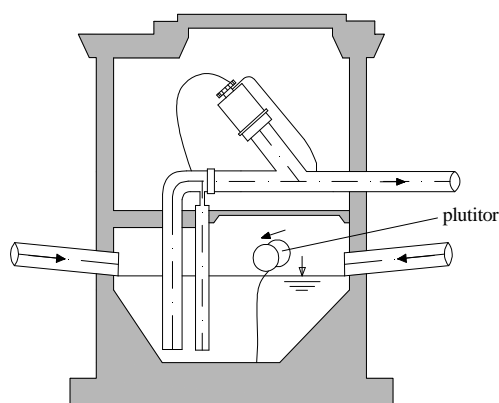


Figura 5.3. Cămin colector.

- Rețea de presiune $< p_{\text{atmosferică}}$ (max. 0,6-0,7 bar) care asigură preluarea apei uzate în amestec cu aer și o transportă către zona aval asigurând viteze pentru amestecul bifazic aer-apă peste 2 m/s;
- Configurația rețelei vacuumate trebuie să fie concepută sub forma unor tronsoane descendente prevăzute cu lifturi succesive similar schemelor din fig. 5.4, 5.5a și 5.5b;

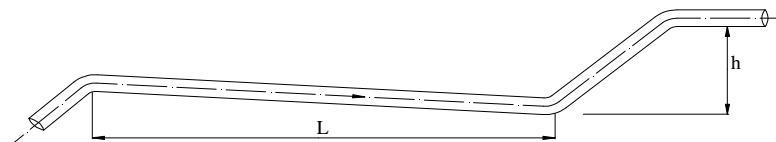


Figura 5.4. Configurația liftului.

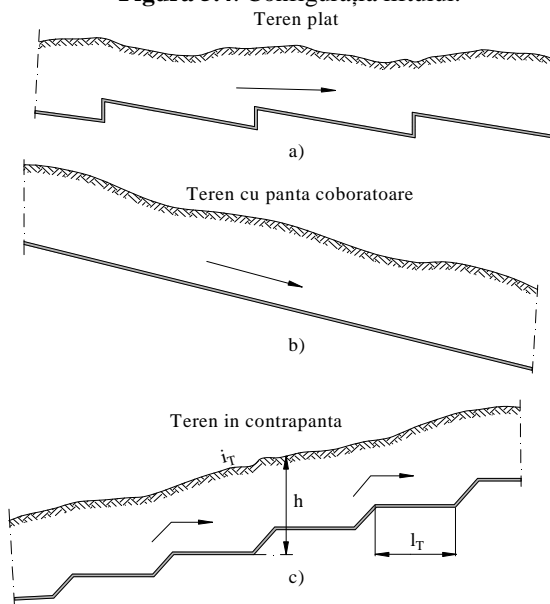


Figura 5.5. Dispoziția conductelor vacuumate în raport cu panta terenului.

În schema c) $l_T = f(h, i_T)$; $h_{\text{max}} \leq 1,5$ m.

- Funcționarea rețelei de canalizare vacuumate este condiționată de mărimea pierderilor de vacuum impuse de:
 - a) aspirația aerului la deschiderea supapelor;
 - b) pierderi hidraulice în sistemul de conducte date de amestecul bifazic;
 - c) raportul aer-apă impus pentru deschiderea supapelor;
 - d) pierderile totale de presiune ca diferență între presiunea în rezervorul de vacuum și presiunea în punctul de colectare cel mai îndepărtat.

Sistemul de lifturi în funcționarea rețelei vacuumate poate fi: lift închis (fig. 5.6) sau lift deschis (fig. 5.7).

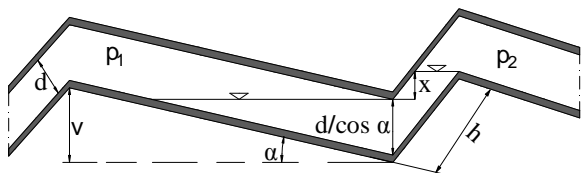


Figura 5.6. Lift închis $v > d/\cos \alpha$.

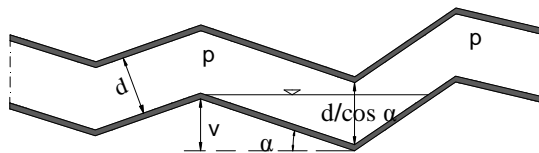


Figura 5.7. Lift deschis $v \leq d/\cos \alpha$.

Pierderea de presiune de vacuum pentru un lift închis se determină cu relația:

$$\Delta p_{static} = \rho \cdot g \cdot x \cdot 10^5 \quad (\text{bar}) \quad (5.1)$$

unde:

ρ – densitate apă uzată, (kg/m^3);

g – accelerația gravitațională, (m/s^2);

x – diferența între cota intradosului bolții în zona inferioară și cota radierului liftului în zona superioară, (m).

5.2 Prevederi de proiectare

5.2.1 Racorduri gravitaționale la căminele colectoare (fig. 5.8)

Se vor adopta:

- diametrul racordurilor Dn 150 – 200 mm;
- cu/fără cămin de preluare în funcție de: configurația terenului, distanțe și amplasament rețea vacuumată.

În figura 5.8 se prezintă o schemă de amplasare.

Racordurile gravitaționale se vor executa conform cu § 4.2.1 cap. 4.

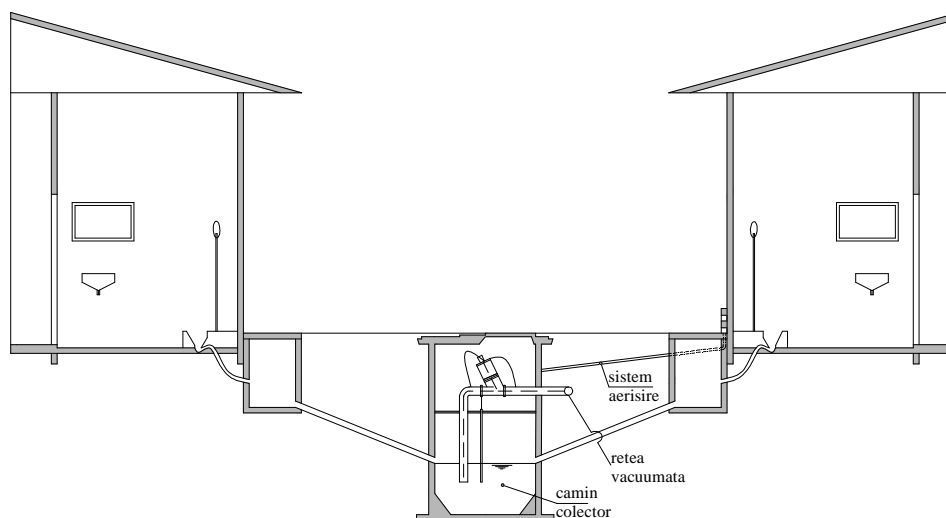


Figura 5.8. Schemă cămin preluare rețea vacuumată.

5.2.2 Cămine de racorduri

Căminele de racorduri se execută din beton armat sau materiale plastice cu/fără placă de beton în carosabil/necarosabil; $D = 1,0 \text{ m}$; $H = 1,0 - 1,5 \text{ m}$.

Condiționări:

- prevederea unui sistem pentru admisia aerului ($\varnothing 20 \text{ mm}$);
- prevederea unui rezervor la partea inferioară având capacitatea min. 40 dm^3 ; capacitatea rezervorului depinde de tipul de supapă adoptat astfel încât preluarea să se efectueze în $t < 5 \text{ sec}$. La un cămin de racord se pot racorda 4-5 case/gospodării sau 10 –15 locuitori echivalenți.

5.2.3 Rețea vacuumată

5.2.3.1 Debite, diametre, lungimi

Se vor adopta diametre DN conform tabelului următor în funcție de mărimea debitului și lungimea tronsonului.

Tabel 5.1. Debite, diametre și lungimi.

Nr. crt.	Q_{\max}^* (l/s)	U.M.	DN (mm)	L_{\max} (m)
1	< 2	dm ³ /s	110	500
2	> 2	dm ³ /s	110	300
3	= 2	dm ³ /s	110	200
4	5	dm ³ /s	125	800
5	10	dm ³ /s	160	120
6	≤ 14	dm ³ /s	200**	≤ 1900

* Se va considera debitul maxim orar al apelor uzate.

** Diametrul colectorului general în amonte de stația de vacuum.

5.2.3.2 Configurație, lifturi, pante

a) Terenuri plate ($I_T \approx 0$)

Se adoptă tronsoane cu pantă descrescătoare $I_R = 2 \text{ ‰}$.

Distanța între 2 lifturi consecutive $L_{\min} = 150 \text{ m}$.

Numărul maxim de lifturi: 25; $L_{\max} = 150 \times 25 = 3.750 \text{ m}$.

b) Terenuri cu pantă descendentă:

Se prevede 1 lift la 300,0 m.

c) Terenuri cu pantă crescătoare/contrapantă

Lifturi cu pantă descrescătoare 2‰ cu lungime adoptată astfel încât îngroparea rețelei vacuumate să nu depășească 1,5 m; distanța între lifturi depinde și de mărimea contrapantei terenului.

Înălțimea lifturilor la aceeași pantă: $I_R = 2 \text{ ‰}$.

- $L = 150 \text{ m}$ $h = 0,30 \text{ m}$;
- $L = 50 \text{ m}$ $h = 0,1 \text{ m}$.

d) Pierderile de presiune pe lift:

- 10 cm/lift pentru DN 200 mm;
- 20 cm/lift pentru DN 90 mm.
- se admite o variație liniară și o pierdere medie de 0,15 m/lift.

e) Izolarea tronsoanelor rețelei se va realiza cu vane montate pe ramificații astfel încât să poată fi scoasă din funcțiune pentru intervenții maxim 20% din lungimea totală a rețelei.

5.3 Stația de vacuum

O clădire va adăposti echipamentele: recipienți de vacuum, pompe de vacuum și pompe care să asigure preluarea apelor uzate și toate sistemele de operare necesare; dimensiunile clădirii se stabilesc în funcție de distanțele între utilaje și distanțele necesare pentru accesul personalului de operare.

5.3.1 Recipienți de vacuum

Volumul se determină:

$$V_o = 0,06 \times Q_{uz} \times t_R \quad (\text{m}^3) \quad (5.2)$$

unde:

Q_{uz} – debitul de ape uzate (orar max), (dm^3/s);

t_R – timpul de retenție, în minute, se adoptă 15 min.

V_o – volumul util al recipientului, (m^3).

Volumul adoptat:

- $V_T = 3 \cdot V_o$ – pentru sisteme mici;
- $V_T = 2 \cdot V_o$ – pentru sisteme mari.

5.3.2 Pompe de vid

Se adoptă pe baza raportului $R = Q_{aer}/Q_{apă}$; se recomandă $R = 6/1 \dots 12/1$.

$$Q_{pv} = Q_{uz. or. max} (\text{m}^3/\text{h}) \times R \times 1,5 \quad (\text{m}^3/\text{h}) \quad (5.3)$$

Se adoptă minim: 1+1 pompe de vid având Q_{pv} și presiunea de vacuum: 0,6 – 0,7 bar.

Aerul evacuat de la pompele de vid va fi trecut prin filtru de cărbune activ.

5.3.3 Timpul de evacuare a vacuumului

$$T_{evac} = 0,7 \times \frac{V_{ts}}{2 \times Q_{pv}} \leq 5 \text{ min} \quad (5.4)$$

unde:

V_{ts} – volumul sistemului vacuumat, (m^3);

Q_{pv} – debitul pompei de vacuum, (m^3/h).

$$V_{ts} = V_{re\text{țea}} + V_{rez} \quad (\text{m}^3) \quad (5.5)$$

$V_{re\text{țea}}$ – volumul rețelei vacuumate, (m^3);

V_{rez} – volumul recipientului de vacuum, (m^3).

5.3.4 Timpul de funcționare zilnică al pompelor de vacuum

$$T_{p\text{ vac}} = Q_{uz,med.zi} \times R / Q_{pv} \leq 5 \text{ h/zi} \quad (5.6)$$

unde:

$T_{p\text{ vac}}$ – timpul de funcționare al pompei de vid;

R – raportul aer/apă.

5.4 Condiționări în alegerea soluției rețelelor de canalizare vacuumate

- a) Aplicarea se va realiza pentru sectoare de amplasament limitate la 1.500 –2.000 LE, și lungimea totală maximă a colectoarelor rețelei $\Sigma L_i \leq 5$ km; alegerea sectoarelor pentru soluția cu rețea vacuumată va fi determinată de dificultățile de execuție a unei rețele de tip gravitațional impuse de natura terenului, existența apei subterane și greutatea ulterioare de intervenție în cazul adâncimilor de pozare mari ($\approx 5,7$ m);
- b) Soluția se va adopta pe baza unei analize tehnico-economice de opțiuni între: rețea cu funcționare gravitațională cu asigurarea vitezei de autocurățire prin pante pronunțate și mai multe stații de pompare și varianta rețea vacuumată; se vor lua în considerație costurile de investiție, consumurile energetice și costurile de operare toate acestea considerând ansamblul lucrărilor inclusiv transportul apelor uzate la stație de epurare;
- c) Consumurile energetice specifice (kWh/m³ apă uzată) se vor limita la maxim 0,2-0,3 kWh/m³ apă uzată;
- d) Alegerea supapei pentru încărcarea automată a rețelei vacuumate se va efectua pe baza unui număr de minim 2 opțiuni luând în considerație siguranța în funcționare și numărul garantat de cicluri de funcționare (min. $250 \cdot 10^3$ cicluri);
- e) Asigurarea unui personal calificat este esențială.

6. Guri de vărsare

Gurile de vărsare sunt construcții prin care se asigură evacuarea apelor epurate în receptori naturali.

Forma și dimensiunile gurilor de vărsare depind de mărimea receptorului, de cantitatea și calitatea apelor ce se evacuează.

Gurile de vărsare trebuie să îndeplinească următoarele condiții:

- să asigure condiții hidraulice care să permită amestecul cu apele receptorului;

- să nu fie inundată la ape mari pe râu;
- să nu producă degradări ale malurilor și albiei receptorului sau alte perturbări în scurgerea normală acestuia;
- se recomandă ca amplasarea gurilor de vărsare să se facă sub un unghi de 30 – 45° față de direcția de curgere a receptorului;
- gurile de vărsare necesare evacuării apelor uzate provenite din procedeul divizor de canalizare, precum și cele din procedeul unitar de canalizare, epurate mecanic sau biologic, trebuie să asigure o dispersie cât mai bună a apelor de canalizare în receptor.

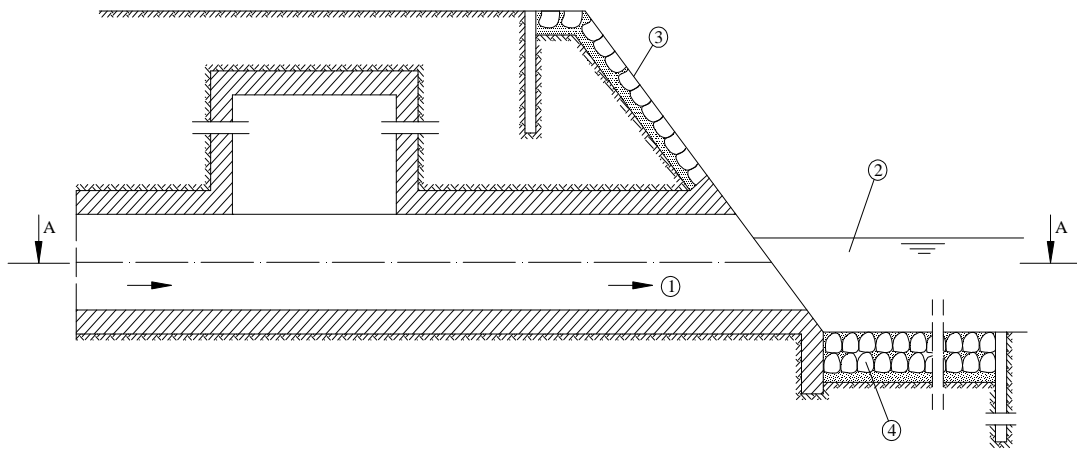
Radierul gurii de vărsare se va așeza la o înălțime corespunzătoare față de patul receptorului astfel încât să împiedice colmatarea canalului prin suspensiile receptorului.

În secțiunea unde se termină canalul se va executa un perete de beton care să consolideze legătura dintre canal și patul corespunzător râului.

Patul receptorului și taluzurile se pereză pe cel puțin 10 m în amonte și 30 m în aval de punctul de descărcare.

Întreaga construcție este asigurată structural și din punct de vedere al stabilității cu sisteme de protecție pentru toate situațiile de debite și nivele întâlnite pe râu.

Pentru emisari cu debite mari se construiesc conducte de descărcare așezate în patul emisarilor, care evacuează apele cât mai aproape de talveg; prin aceasta se realizează un amestec total și rapid al celor 2 tipuri de ape și se evită poluarea emisarului în vecinătatea malului.



Sectiunea A-A

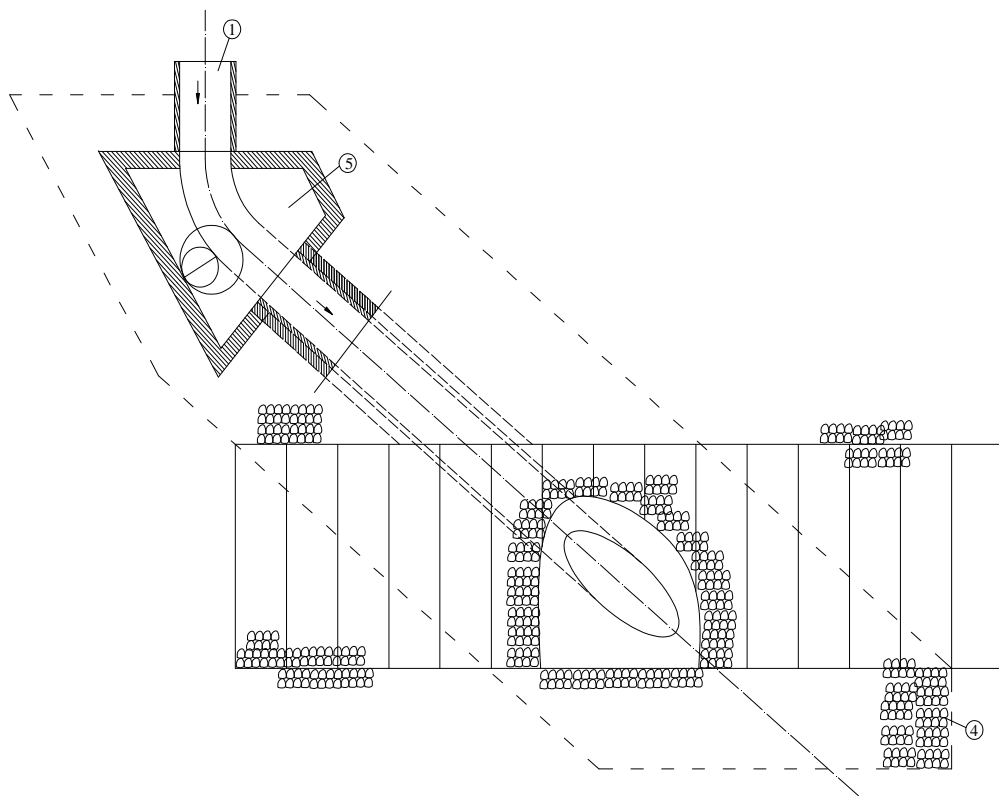
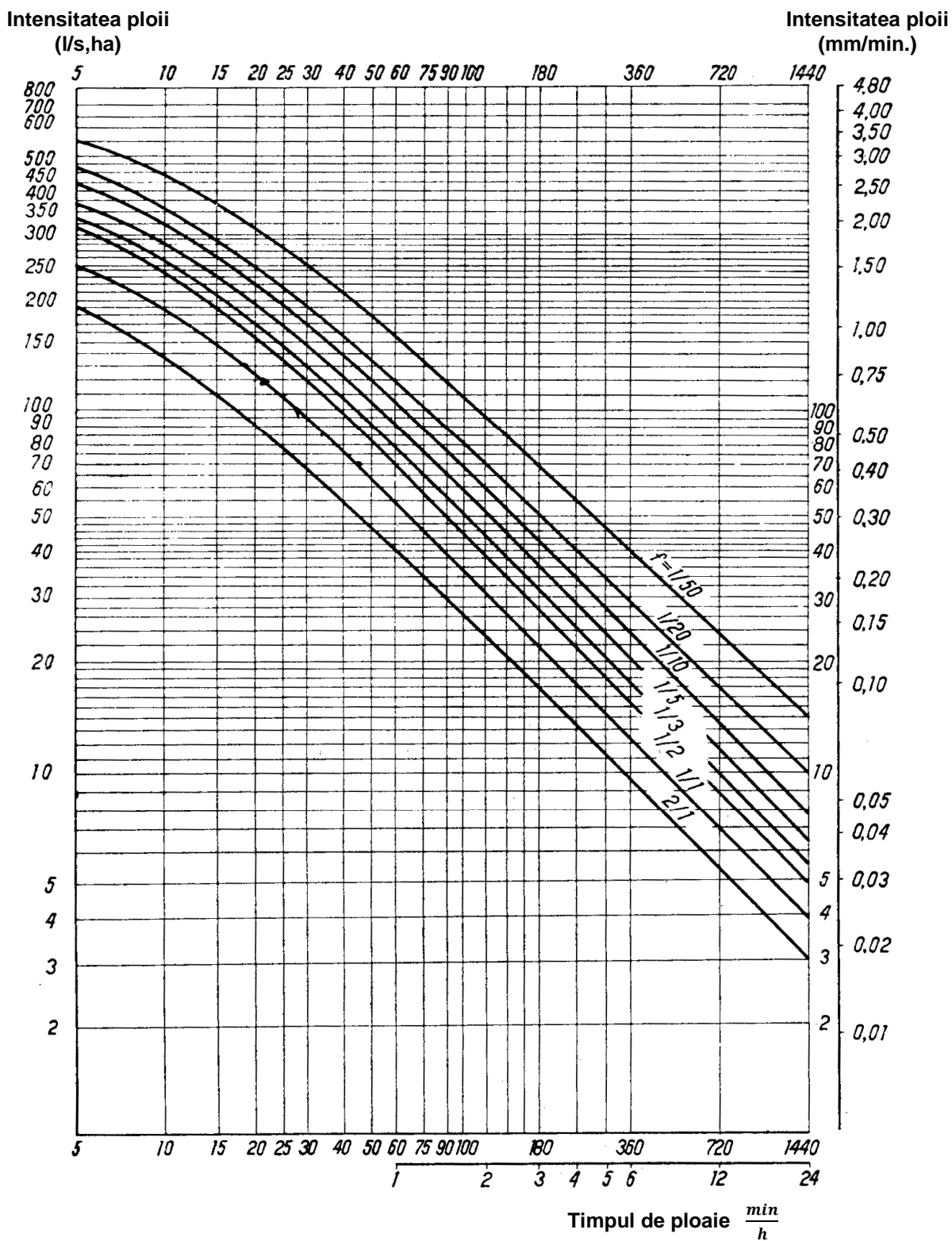
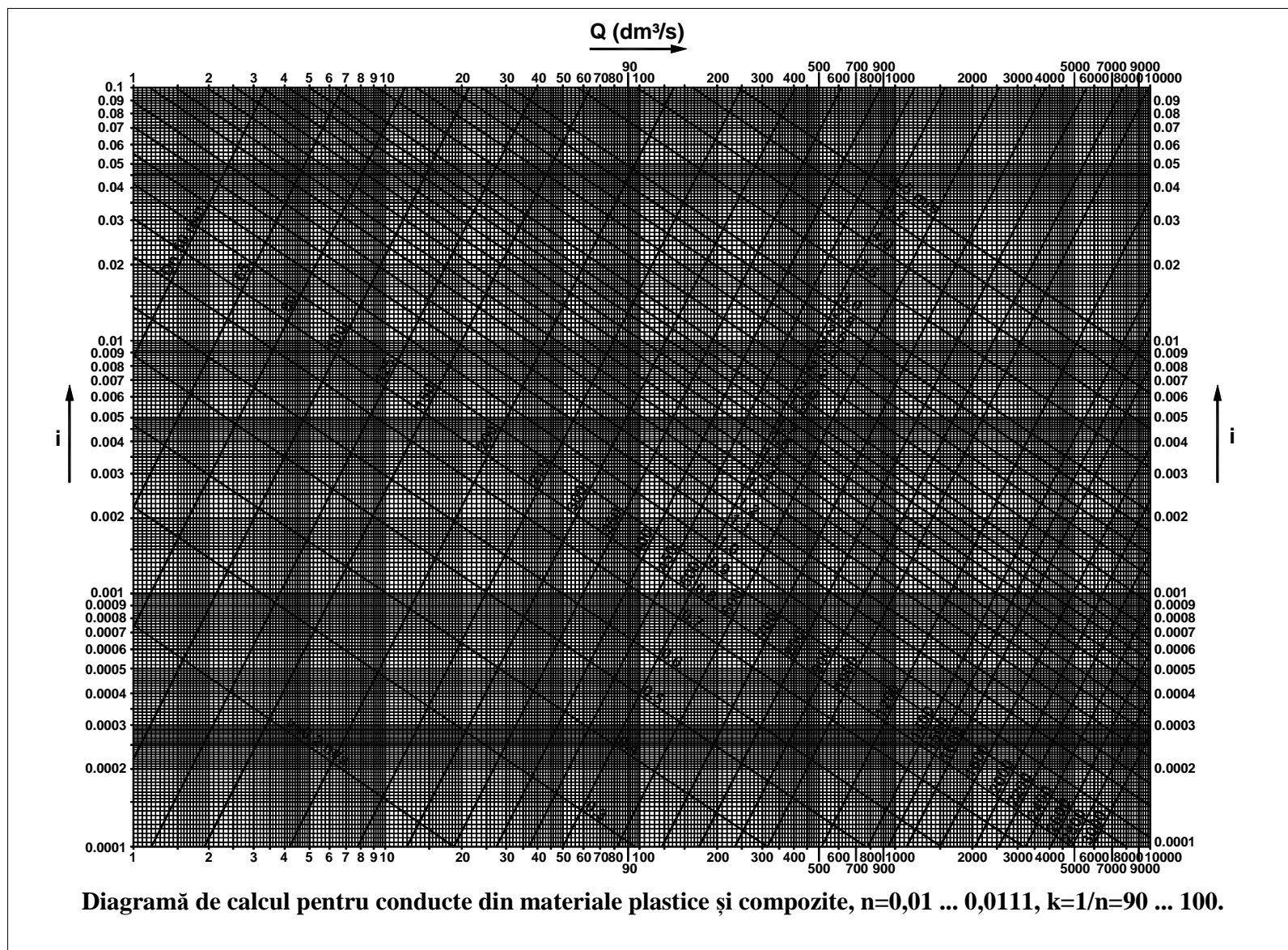


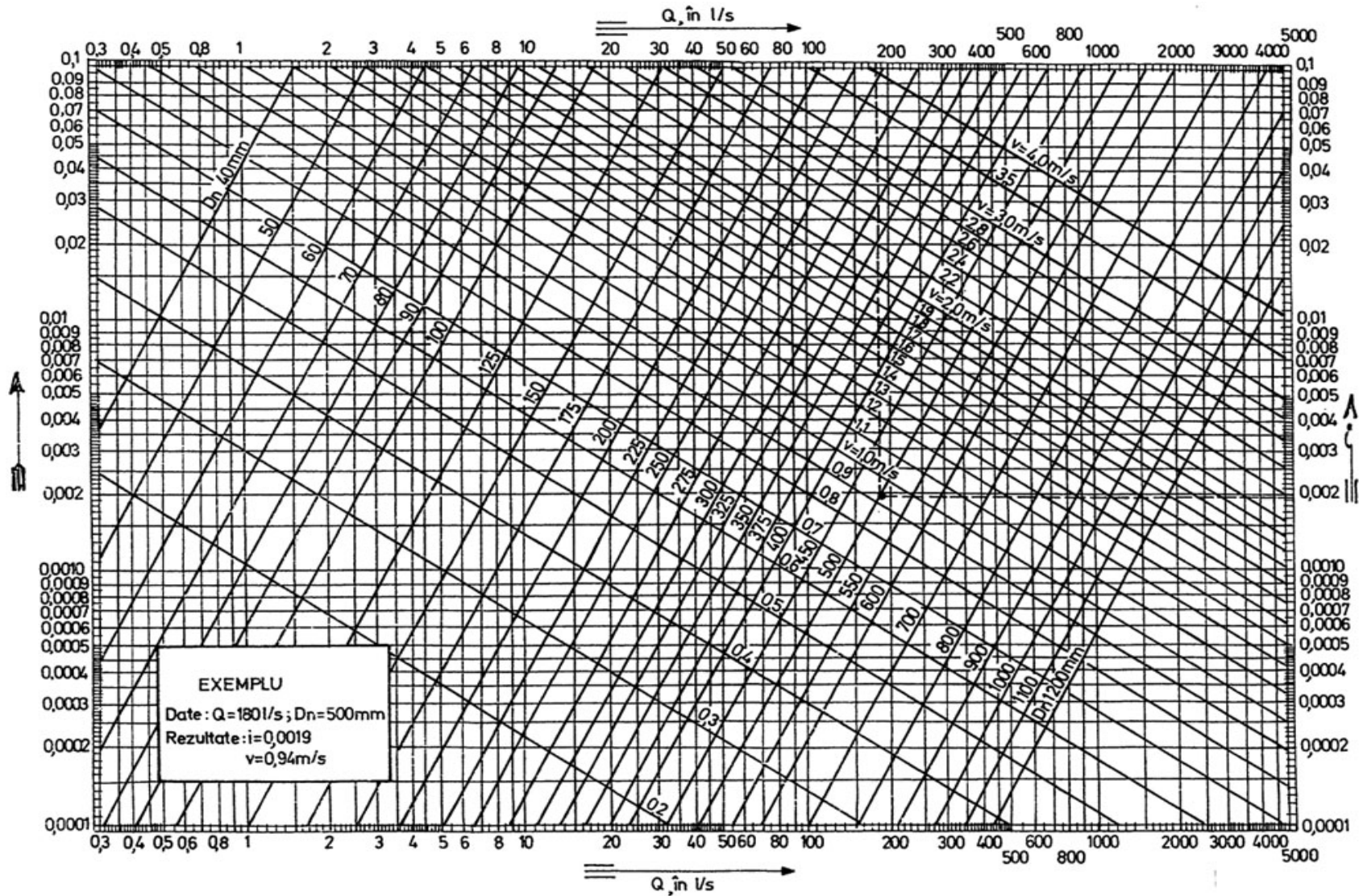
Figura 6.1. Exemplu de gura de vărsare.

1-tuburi de beton; 2- receptor; 3-pereu;
4-anrocamente; 5-cameră acces.

Curbe IDF (Intensitate – Durată – Frecvență)
 pentru zona 8 conform STAS 9470/73

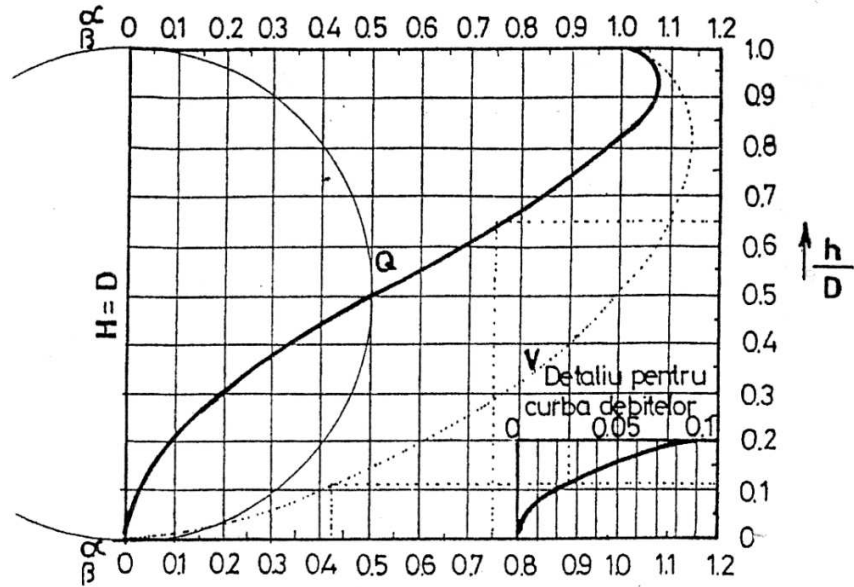




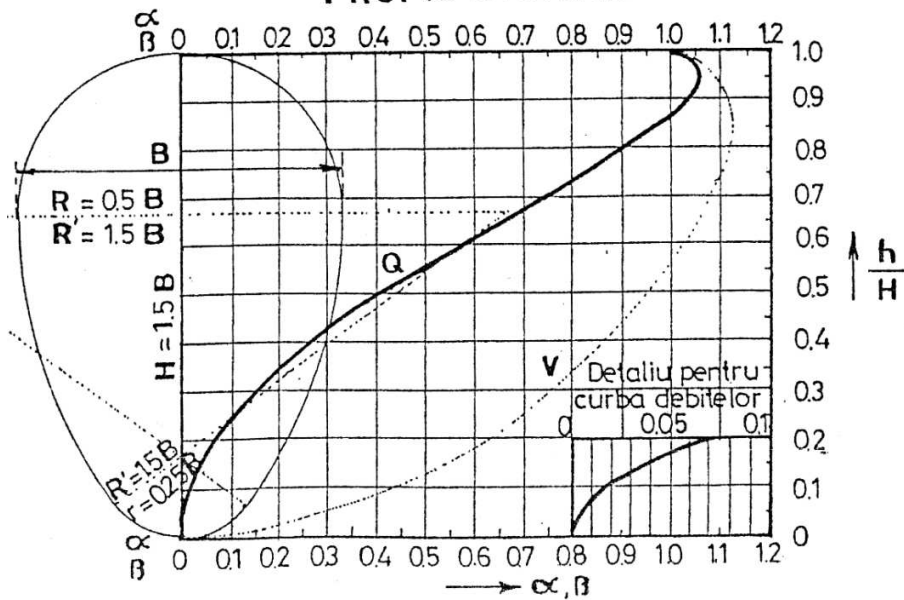


Diagramă de calcul conducte: fontă, oțel, beton armat sclivisit. $K=83$

PROFIL CIRCULAR



PROFIL OVOIDAL



Curbe de umplere: variația $\alpha = \frac{Q}{Q_{plin}}$ și $\beta = \frac{v}{v_{plin}}$ funcție de gradul de umplere pentru secțiuni de colector circular/ovoid

PARTEA a - II – a: EPURAREA APELOR UZATE

1. Obiectul normativului

Normativul cuprinde prescripțiile necesare proiectării construcțiilor și instalațiilor de pe linia apei și linia nămolului în care se realizează epurarea apelor uzate urbane/ rurale.

Normativul cuprinde elementele referitoare la tehnologia și procesele obiectelor în care se realizează epurarea apelor uzate, și schemele tehnologice de bază utilizate în prezent pe plan național și mondial.

Prevederile normativului sunt conforme cu reglementările privind protecția apelor din țările Uniunii Europene (Directiva 91/271/CEE din 21 Mai 1991) și din țara noastră (NTPA 011/2005 și NTPA 001/2005).

În normativ s-a ținut seama de recomandările Legii 10/1995 privind calitatea în construcții.

Normativul nu cuprinde prescripții privind instalațiile și echipamentele mecanice, electrice, de automatizare, instalațiile sanitare, termice și de ventilație, precum și calculele de stabilitate și de rezistență ale construcțiilor, acestea urmând să fie efectuate conform standardelor și reglementărilor tehnice pentru fiecare specialitate.

1.1 Domeniu de aplicare

Prevederile prezentului normativ se aplică la proiectarea construcțiilor și instalațiilor de epurare a apelor uzate provenite de la aglomerații urbane și rurale, de la agenți economici, unități turistice (hoteluri, moteluri, campinguri, cabane, tabere, sate de vacanță), unități militare (cazărmi), grupuri de locuințe, șantiere care descarcă ape uzate în rețele publice de canalizare

Prevederile acestui normativ se aplică și în zonele sensibile supuse eutrofizării, zone în care pentru evacuarea apelor uzate epurate în receptorii naturali se impun cerințe suplimentare față de cele prevăzute în NTPA 001/2005. Normele se aplică atât în cazul proiectării stațiilor de epurare noi, cât și în cazul retehnologizării, extinderii sau modernizării stațiilor de epurare existente.

Schemele tehnologice adoptate pentru stațiile de epurare noi, precum și îmbunătățirile și completările prevăzute la retehnologizarea/modernizarea stațiilor de epurare existente, trebuie să permită obținerea condițiilor de calitate stabilite pentru efluentul epurat în NTPA 011/2005, NTPA 001/2005 și prin avizele și autorizațiile de mediu și de gospodărirea apelor.

1.2 Conformarea la normele europene

În prezent Directiva 91/271/CEE impune indicatorii de calitate pe care trebuie să-i îndeplinească, în zonele sensibile, efluenții stațiilor de epurare la evacuarea acestora în receptorii naturali.

Elementele de proiectare a construcțiilor și instalațiilor de epurare avansată cuprinse în acest normativ sunt în concordanță cu prevederile actelor normative existente în țara noastră și cu normele Uniunii Europene.

Normativul are în vedere conformarea cu Directiva Consiliului Comunității Europene privind tratarea apelor urbane reziduale 91/271/CEE din 21 mai 1991 care a fost preluată prin Hotărârea Guvernului României 188/2002. Această Hotărâre de Guvern cuprinde normativele/normele tehnice de protecția apelor NTPA 001/2005, NTPA 002/2005 și NTPA 011/2005.

Prezentul normativ a luat în considerație tehnologiile de epurare de referință a apelor uzate, utilizate în țările Uniunii Europene, precum și metodologiile de dimensionare aplicate frecvent în aceste țări.

1.3 Reglementări conexe

- Legea Protecției Mediului 137/1996, cu modificările ulterioare;
- Legea Apelor 107/1996, cu modificările ulterioare;
- Legea privind calitatea în construcții 10/1995, cu modificările ulterioare;
- NTPA 011/2005 – Norme tehnice privind colectarea, epurarea și evacuarea apelor uzate orășenești (HG 188/2002);
- NTPA 001/2005 – Normativ privind stabilirea limitelor de încărcare cu poluanți a apelor uzate industriale și orășenești la evacuarea în receptorii naturali (HG 188/2002);
- NTPA 002/2005– Normativ privind condițiile de evacuare a apelor uzate în rețelele de canalizare ale localităților și direct în stațiile de epurare (HG 188/2002);
- Normativ privind obiectivele de referință pentru clasificarea calității apelor de suprafață, aprobat cu Ordinul ministrului M.A.P.M. nr. 1146 din 10.12.2002;

2. Definiții. Tipuri de procedee de epurare

2.1 Epurarea mecanică

Asigură eliminarea din apele uzate a:

- substanțelor grosiere, în suspensie sau plutitoare (grătare rare și dese);
- grăsimi în stare liberă, substanțe petroliere (separatoare grăsimi);
- particulelor minerale discrete: nisipuri $d > 0,2$ mm (deznisipatoare);
- particule minerale și organice în suspensie (decantoare primare);

Epurarea mecanică (primară) este obligatorie în toate schemele stațiilor de epurare independent de mărimea debitului și configurația tehnologică a proceselor și treptelor de epurare considerate.

2.2 Epurarea biologică convențională (secundară)

Asigură eliminarea din apele uzate a materiilor în suspensie, substanțelor organice coloidale și dizolvate (biodegradabile) având ca principal constituent carbonul.

Este puțin eficientă în eliminarea: azotului, fosforului, metalelor grele, detergenților, germenilor și paraziților și a substanțelor ”refractare”.

2.3 Epurarea avansată

Asigură reținerea din apele uzate a substanțelor: azot, fosfor, detergenți, anumite metale grele și unele substanțe refractare.

Epurarea avansată poate fi realizată prin procese încorporate în epurarea biologică destinate eliminării compușilor carbonului și/sau poate fi realizată în procese independente după treapta de epurare biologică convențională.

2.4 Epurarea terțiară

Asigură reținerea din apele uzate a substanțelor refractare din apele uzate (altele decât cele reținute în epurarea biologică convențională și/sau avansată).

Epurarea terțiară se adoptă pe baza încărcărilor efluentului treptei biologice și a unor cerințe speciale pentru efluentul stației de epurare (ex: limitare încărcare bacteriologică, reutilizare apă epurată).

3. Studii privind calitatea apelor uzate

3.1 Calitatea apelor uzate influente în stația de epurare

Caracteristicile calitative ale influentului (apele uzate brute care sunt admise în stația de epurare) se stabilesc astfel:

- pe baza studiilor hidrochimice efectuate înainte de proiectarea stațiilor noi;
- prin analiza bazei de date (rezultatele rapoartelor de monitorizare) pentru stațiile de epurare existente care necesită extindere sau re tehnologizare;
- prin asimilarea valorilor indicatorilor de calitate înregistrați la alte stații de epurare care deserveșc localități cu sistem de canalizare, dotări edilitare, activități sociale și industriale similare și un număr apropiat de locuitori;
- prin calculul principalilor indicatori de calitate pe baza încărcărilor specifice de poluant (g/loc.echivalent,zi), pentru localități unde rețeaua de canalizare se execută simultan cu stația de epurare.

Principalii indicatori de calitate sunt clasificați în 4 categorii: fizice, chimice, bacteriologice și biologice.

3.1.1 Caracteristici fizice

Caracteristicile fizice ale apelor uzate sunt: turbiditatea, culoarea, mirosul și temperatura.

Turbiditatea apelor uzate indică în mod grosier conținutul de materii în suspensie. Turbiditatea se exprimă în grade NTU. Turbiditatea nu este o analiză utilizată curent.

Culoarea apelor uzate proaspete este gri deschis, apele uzate în care substanțele organice au intrat în fermentație au culoarea gri închis. Apele uzate care au culori diferite de cele de mai sus indică pătrunderea în rețea a unor cantități de ape uzate industriale, care pot da culori diferite apei, în funcție de natura și proveniența impurificatorilor.

Mirosul apelor uzate proaspete este un miros specific insesizabil. Mirosul de ouă clocite (H₂S) sau alte mirosuri indică că materia organică din apa uzată a intrat în descompunere sau existența unor substanțe chimice din ape uzate industriale.

Temperatura este caracteristica fizică cea mai importantă care influențează cele mai multe reacții chimice și biologice care se produc în apele uzate. Temperatura apelor uzate este de obicei mai ridicată decât a apelor de alimentare, cu 2 – 3°C (corelat cu anotimpurile).

3.1.2 Caracteristici chimice

Apele uzate comunitare prezintă caracteristici diferite funcție de locație ca : număr de locuitori, zonă de amplasare, dotarea cu utilaje electrocasnice, obiceiuri; acestea se determină pentru fiecare locație prin analize de detaliu.

Principalele caracteristici chimice ale apelor uzate sunt :

Materiile solide totale. Materiile solide totale cu cele două componente ale acestora: materiile solide în suspensie și materiile solide dizolvate servesc la stabilirea eficienței proceselor de epurare în diferite etape. Materiile solide în suspensie, pot fi separabile prin decantare ($> 100 \mu$). Materiile solide dizolvate, coloidale minerale și organice sunt eliminate în instalațiile de epurare biologică.

Oxigenul dizolvat. Apele uzate conțin oxigen dizolvat în cantități reduse. Când sunt proaspete sau după epurarea biologică pot conține $1 - 2 \text{ mg/dm}^3$.

Consumul biochimic de oxigen (CBO). Consumul biochimic de oxigen al unei ape este cantitatea de oxigen consumată pentru descompunerea biochimică în condiții aerobe a materiilor organice biodegradabile la temperatura și timpul standard. Timpul standard se consideră 5 zile, iar temperatura standard 20°C ; notația curentă este CBO_5 .

Consumul chimic de oxigen (CCO) sau oxidabilitatea apei, reprezintă cantitatea de oxigen, în mg/dm^3 , necesară pentru oxidarea tuturor substanțelor organice oxidabile.

Carbonul organic total (COT) pune în evidență cantitatea de materii organice din apele uzate prin conversia lor în dioxid de carbon.

Stabilitatea relativă a apelor uzate se determină prin marcarea timpului (în zile) pentru ca oxigenul conținut într-o probă de apă să fie consumat la temperatura de 20°C .

3.1.3 Caracteristici biologice și bacteriologice

În apele uzate se întâlnesc diferite organisme microscopice (virusuri, bacterii, ciuperci, protozoare, larve de insecte, viermi). Absența microorganismelor din apa uzată indică prezența unor substanțe toxice.

Stabilirea caracteristicilor bacteriologice ale apei au ca scop determinarea genului, numărului și condițiilor de dezvoltare a bacteriilor în influentul și efluentul stației de epurare și în emisar. În apele uzate se deosebesc următoarele categorii de bacterii:

- banale – nu sunt dăunătoare organismelor vii;

- coliforme – în număr mare indică o contaminare cu reziduuri animale (*Clostridium perfringens*);
- saprofite – prezente în apele bogate în substanțe organice;
- patogene – dăunătoare organismului uman (produc febra tifoidă, holera, dizenterie).

3.2 Metode de determinare

Metodele de determinare a caracteristicilor biochimice ale apelor uzate sunt prezentate în tabelul 3.1.

Tabel 3.1. Metode de determinare a parametrilor de calitate ai apelor uzate.

Nr. crt.	Parametru–indicator	U.M.	Reglementare	Denumire
1	Consum biochimic de oxigen (CBO _n)	mg O ₂ /l	SR EN 1899-2 /2003	Determinarea consumului biochimic de oxigen după n zile (CBO _n). Partea 2: Metoda pentru probe nediluate.
2	Consum chimic de oxigen (CCO-Cr)	mg O ₂ /l	SR ISO 6060/1996	Ape de suprafață și ape uzate. Determinarea consumului chimic de oxigen.
3	Materii totale în suspensie (MTS)	mg/l	STAS 6953/1981	Ape de suprafață și ape uzate. Determinarea conținutului de materii în suspensie, a pierderii la calcinare și a rezidului la calcinare.
4	Azotul Kjeldahl (TNK)	mg/l	SR EN 25663 /2000	Ape de suprafață și ape uzate. Determinarea conținutului de azot Kjeldahl. Metoda după mineralizare cu seleniu.
5	Fosforul total	mg/l	SR EN ISO 6878 /2005	Calitatea apei. Determinarea conținutului de fosfor. Metoda spectrometrică cu molibdat de amoniu.

3.3 Conținutul studiilor hidrochimice

Studiile hidrochimice trebuie să precizeze:

- caracteristicile fizico – chimice, biologice și bacteriologice ale efluenților industriali pre – epurați descărcați în rețeaua urbană de canalizare;
- caracteristicile fizico – chimice, biologice și bacteriologice ale apelor uzate influente în stația de epurare în conformitate cu indicatorii ceruți în tabelul nr.1 din NTPA 001/2005;
- natura și biodegradabilitatea substanțelor organice conținute în apele uzate brute;
- schema tehnologică recomandată pentru epurarea apelor uzate și tratarea nămolurilor;

Se vor determina principalii parametri de calitate pentru apa uzată (MTS, CBO₅, CCO-Cr, pH, N, P) și variația acestora pe o perioadă de minim 1 an prin recoltări de probe și analize și minim 3 ani prin estimări.

Limitele maxime admisibile stabilite prin normative pentru parametri de calitate corespund directivei 91/271/EEC elaborată de Comisia Comunității Europene.

Normele tehnice, hotărârile și standardele naționale care reglementează condițiile de descărcare în mediu natural a apelor uzate sunt prezentate în tabelul 3.2.

Tabel 3.2. Norme tehnice, hotărâri și standarde naționale care reglementează condițiile de descărcare în mediul natural a apelor uzate.

NTPA 002/2005	Normativ privind condițiile de evacuare a apelor uzate orășenești; aprobate prin H.G. nr.188-2002, cu modificările ulterioare.
NTPA 001/2005	Normativ privind stabilirea limitelor de încărcare cu poluanți a apelor uzate industriale și orășenești la evacuarea în receptorii naturali
NTPA 011/2005	Norme tehnice privind colectarea, epurarea și evacuarea apelor uzate orășenești
Hotărârea Guvernului nr.188/2002	Norme privind condițiile de descărcare în mediu acvatic a apelor uzate
Hotărârea Guvernului nr.352/2005	Hotărârea de Guvern privind modificarea și completarea Hotărârii de Guvern nr. 188/2002 pentru aprobarea unor norme privind condițiile de descărcare în mediu acvatic a apelor uzate
Ordonanța de Urgență nr. 152/2005	Ordonanța de urgență privind prevenirea și controlul integrat al poluării

3.4 Indicatori de calitate pentru efluentul stației de epurare

Valorile maxim admisibile ale indicatorilor de calitate ale efluentului epurat pentru CBO₅, CCO-Cr, MTS, N și P sunt reglementați în țara noastră prin normativele tehnice pentru protecția apelor NTPA 001/2005, NTPA 011/2005 și NTPA 002/2005.

La nivelul Uniunii Europene, valorile respective sunt prezentate în Directiva Consiliului Uniunii Europene nr. 91/271/EEC din 21 mai 1991 privind epurarea apelor uzate orășenești.

Valorile maxim admisibile sunt indicate atât pentru condițiile de mediu normale („zone mai puțin sensibile”), cât și pentru condițiile de mediu speciale care sunt denumite „zonele sensibile”.

Zonele sensibile sunt reprezentate de apele (receptorii naturali) care intră în una din următoarele categorii:

- lacuri, alte ape de suprafață, estuare, ape de coastă care sunt eutrofizate sau prezintă pericolul de a deveni eutrofice în viitorul apropiat, dacă nu se iau măsuri preventive de protecție;
- ape de suprafață folosite drept sursă de apă potabilă, ce ating valori ale concentrațiilor de azotați ridicate ;

Tabel 3.3. Limitele indicatorilor de calitate pentru efluentul stațiilor de epurare.

Indicatorul de calitate	Norma sau normativul în care este indicat	Concentrație maxim admisibilă (mg /l)	Procent minim de reducere (%)	Valorile conform Directivei nr. 91/271/EEC	
				Concentrații (mg/l)	Procent de reducere %
0	1	2	3	4	5
Consum biochimic de oxigen (CBO ₅ la 20 ⁰ C), fără nitrificare	NTPA -011/2005 NTPA -001/2005	20, (25) ^a	70-90 40 ^b	25	70-90 40 ^b
Consum chimic de oxigen (CCO) determinat prin metoda CCO _{Cr}	NTPA -011/2005 NTPA -001/2005	70, (125) ^a	75	125	75
Materii totale în suspensie (MTS)	NTPA -011/2005 NTPA -001/2005	35 ^c , (60) ^d	90 ^c (70) ^d	35 ^c , (60) ^d	90 ^c , (60) ^d
Azot total NT = TKN + N-NO ₂ + N-NO ₃	NTPA -011/2005 NTPA -001/2005	10 ^e , (15) ^f	70-80	10 ^e , (15) ^f	70-80
Azot amoniacal (NH ₄ ⁺)	NTPA -001/2005	2 ^e , (3) ^f	ns	ns	ns
Azotați (NO ₃ ⁻)	NTPA -001/2005	25 ^e , (37) ^f	ns	ns	ns
Azotiți (NO ₂ ⁻)	NTPA -001/2005	1 ^e , (2) ^f	ns	ns	ns
Fosfor total (PT)	NTPA -011/2005 NTPA -001/2005	1 ^e , (2) ^f	70-80	1 ^e , (2) ^f	80

NOTA :

- Valorile de 20 mg CBO₅/l și 70 mg CCO/l se aplică în cazul stațiilor de epurare existente sau în curs de realizare; valorile de 25 mg CBO₅/l și 125 mg CCO/l se aplică pentru stațiile de epurare noi, extinderi sau re tehnologizări;
- Procentul de reducere de 40 % față de încărcarea influentului, se admite în regiunile muntoase, cu altitudinea de peste 1.500 m deasupra nivelului mării, unde este dificil să se aplice o epurare biologică eficientă din cauza temperaturilor scăzute (v. art. 7, alineatul 2 din NTPA 011/2005);
- Pentru localități peste 10.000 L.E. și în condițiile indicate la punctul b) de mai sus;
- Pentru localități cu 2000 –10.000 LE și în condițiile indicate la punctul b), de mai sus;
- Pentru localități – peste 100.000 L.E.;

f) ns = nespecificat pentru localități cu 10.000 –100.000 L.E.;

Cerințele impuse de normativele și normele tehnice NTPA 001/2005, NTPA 011/2005 și NTPA 002/2005, pot fi modificate prin ordin emis de autoritatea publică centrală cu atribuții în domeniul gospodăririi apelor și protecției mediului, funcție de condițiile specifice zonei în care sunt evacuate apele epurate.

Respectarea prevederilor normativelor și normelor tehnice indicate în tabelul 1.1 nu exclude obligația obținerii avizelor și autorizațiilor legale din domeniul apelor și protecției mediului.

4. Debitele și încărcările cu poluanți pentru stația de epurare

4.1 Debite de calcul. Definiții

În calculele de dimensionare a construcțiilor și instalațiilor din complexul stațiilor de epurare intervin următoarele debite caracteristice.

- debitul apelor uzate mediu zilnic:

$$Q_{uz,med,zi} = \alpha \cdot \sum N_i \cdot q_i \cdot 10^{-3} \quad (\text{m}^3 / \text{zi}) \quad (4.1)$$

unde:

α – coeficient de reducere sau de creștere a debitului; reducerea este dată de apele utilizate pentru stropit, spălat; creșterea este dată de activitățile economice care utilizează și alte surse de apă; valorile curente pot fi cuprinse între 0,9 – 1,25;

N_i – nr. de utilizatori pe categorii de consum;

q_i – necesarul specific de apă potabilă (l/om,zi), conform SR 1343–1/2006;

10^{-3} – coeficient de transformare;

- debitul apelor uzate maxim zilnic:

$$Q_{uz,max,zi} = k_{zi,i} \cdot Q_{uz,med,zi} \quad (\text{m}^3 / \text{zi}) \quad (4.2)$$

unde:

$Q_{uz,med,zi}$ – definit de (4.1);

$k_{zi,i}$ – coeficient de variație a consumului zilnic de apă conform valorilor din SR 1343 – 1/2006;

- debitul apelor uzate orar maxim:

$$Q_{uz,max,or} = \alpha \cdot \sum N_i \cdot q_i \cdot k_{zi,i} \cdot k_{or,i} \cdot 10^{-3} \cdot 24^{-1} \quad (\text{m}^3 / \text{h}) \quad (4.3)$$

unde:

$\alpha, N_i, q_i, k_{zi,i}$ – definiți anterior ;

$k_{or,i}$ – coeficient de variație orară a consumului de apă conform valorilor din SR 1343 – 1/2006;

$10^{-3}, 24^{-1}$ – coeficienți de transformare;

- debitul apelor uzate orar minim:

$$Q_{uz,min,or} = p \cdot Q_{uz,max,zi} \cdot 24^{-1} \quad (\text{m}^3 / \text{h}) \quad (4.4)$$

unde:

$Q_{uz,max,zi}$ – definit de relația (4.2);

24^{-1} – coeficient de transformare;

p – coeficient definit cf. SR 1846 – 1/2006;

– debitul de recirculare a nămolului activat (recirculare externă):

$$Q_{nr} = Q_{re} = r_e \cdot Q_{uz,max,zi} \quad (4.5)$$

– debitul de recirculare internă, pentru alimentarea zonei anoxice (de denitrificare), din avalul zonei aerobe (de nitrificare):

$$Q_{ri} = r_i \cdot Q_{uz,max,zi} \quad (4.6)$$

Debitul conform (4.3) reprezintă o valoare de dimensionare hidraulică a rețelei de canalizare și nu va fi utilizat în calculul de bilanț de volume zilnice, lunare sau anuale de ape uzate.

Suma $\sum N_i \cdot q_i \cdot k_{zi,i} \cdot k_{or,i}$ din expresia (4.3) se referă la:

- ape uzate menajere (nr. locuitori);
- ape uzate publice (școli, spitale, servicii publice ș.a);
- ape uzate de tip menajer provenite de la unități industriale;

Debitele de calcul se determină independent pentru fiecare amplasament pe baza:

- numărului de locuitori fizici existenți și în perspectiva de 25 – 30 ani;
- numărul de persoane: din sistemul public: școli, spitale, funcționari publici, alte utilități;
- numărul de agenți economici și capacitățile acestora în producerea apelor uzate;
- clima, amplasament geografic, obiceiurile locuitorilor;

La calculul debitelor influente în stația de epurare se vor lua în considerație și debitele de ape parazite determinate cf. § 4.2.4 SR 1846 – 1/2006.

Notă: În stabilirea debitelor de ape uzate influente în stația de epurare se consideră principiul: ”debitele de ape uzate sunt identice debitelor necesarului de apă” din sistemul centralizat de alimentare cu apă (cf. SR 1343 – 1/2006).

4.2 Debite de calcul și verificare

Debitele de calcul și verificare ale obiectelor tehnologice din stația de epurare sunt prezentate în tabelul 4.1.

Tabelul 4.1. Debiturile de calcul și de verificare ale obiectelor tehnologice din stația de epurare.

Nr. crt.	Obiectul sau elementul de legătură între obiecte	Procedeul de canalizare				Epurare
		Separativ (divizor)		Mixt (unitar)		
		Debit de dimensionare (Qc)	Debit de verificare (Qv)	Debit de dimensionare (Qc)	Debit de verificare (Qv)	
0	1	2	3	4	5	6
1	Deversorul din amonte stației de epurare	–	–	$Q_T - n \cdot Q_{uz,max,or}$	–	Mecanică
2	Canalul de legătură dintre deversor și bazinul de retenție și de la acesta la emisar, sau dintre deversor și emisar	$Q_{uz,max,or}$	–	$Q_T - n \cdot Q_{uz,max,or}$	–	
3	Canalul de acces la camera grătarelor	$Q_{uz,max,or}$	$Q_{uz,min,or}$	$n \cdot Q_{uz,max,or}$	$Q_{uz,min,or}$	
4	Grătare	$Q_{uz,max,or}$	$Q_{uz,min,or}$	$n \cdot Q_{uz,max,or}$	$Q_{uz,min,or}$	
5	Deznisipator – separator de grăsimi	$Q_{uz,max,or}$	$Q_{uz,min,or}$	$n \cdot Q_{uz,max,or}$	$Q_{uz,min,or}$	
6	Decantoare primare	$Q_{uz,max,or}$	$Q_{uz,min,or}$	$n \cdot Q_{uz,max,or}$	$Q_{uz,min,or}$	
7	Bazinul de retenție al apelor meteorice	–	–	$Q_T - n \cdot Q_{uz,max,or}$	Q_T	
8	Deversor ape epurate mecanic	$Q_{uz,max,or} - Q_{uz,max,zi}$	–	$n \cdot Q_{uz,max,or} - Q_{uz,max,zi}$	$n \cdot Q_{uz,max,or}$	Biologică
9	Câmpuri de irigare și de infiltrare, filtre de nisip și iazuri (lagune) de stabilizare	$Q_{uz,max,zi}$	$Q_{uz,max,or}$	$Q_{uz,max,zi}$	$Q_{uz,max,or}$	
10	Deversorul din amonte treptei de epurare biologică și canalul dintre acest deversor și emisar	–	–	–	$n \cdot Q_{uz,max,or}$	
11	Filtre biologice percolatoare (clasice)	$Q_{uz,max,zi}$	$Q_{uz,max,or} + Q_{AR,max}$	$Q_{uz,max,zi}$	$Q_{uz,max,or} + Q_{AR,max}$	
12	Filtre biologice cu discuri sau alți contactori biologici rotativi.	$Q_{uz,max,zi}$	$Q_{uz,max,or}$	$Q_{uz,max,zi}$	$Q_{uz,max,or}$	

13	Stație de pompare și conductă pentru apă epurată de recirculare din decantoarele secundare în amonte ale filtrelor biologice clasice.	$Q_{AR,max}$	$Q_{AR,min}$	$Q_{AR,max}$	$Q_{AR,min}$
14	Canalele (sau conductele) dintre filtrele biologice și decantoarele secundare, inclusiv camera de distribuție a apei filtrate la decantoarele secundare.	$Q_{uz,max,or} + Q_{AR,max}$	$Q_{uz,min,or} + Q_{AR,min}$	$Q_{uz,max,or} + Q_{AR,max}$	$Q_{uz,min,or} + Q_{AR,min}$
15	Bazine cu nămol activat	$Q_{uz,max,zi}$	$Q_{uz,max,or} + Q_{nr,max}$	$Q_{uz,max,zi}$	$Q_{uz,max,or} + Q_{nr,max}$
16	Canalele (sau conductele) dintre bazinele cu nămol activat și decantoarele secundare, inclusiv camera de distribuție a apei aerate la decantoarele secundare.	$Q_{uz,max,or} + Q_{nr,max}$	$Q_{uz,min,or} + Q_{nr,min}$	$Q_{uz,max,or} + Q_{nr,max}$	$Q_{uz,min,or} + Q_{nr,min}$
17	Decantoarele secundare după filtrele biologice	$Q_{uz,max,zi}$	$Q_{uz,max,or} + Q_{AR,max}$	$Q_{uz,max,zi}$	$Q_{uz,max,or} + Q_{AR,max}$
18	Decantoarele secundare după bazinele cu nămol activat.	$Q_{uz,max,zi}$	$Q_{uz,max,zi} + Q_{nr,max}$	$Q_{uz,max,zi}$	$Q_{uz,max,zi} + Q_{nr,max}$
19	Canalele (sau conductele) de legătură dintre decantoarele secundare și emisar.	$Q_{uz,max,or}$	$Q_{uz,min,or}$	$Q_{uz,max,or}$	$Q_{uz,min,or}$
20	Stația de pompare pentru nămolul activat de recirculare.	$Q_{nr,max}$	$Q_{nr,min}$	$Q_{nr,max}$	$Q_{nr,min}$
21	Stația de pompare pentru nămolul în exces în schemele cu bazine cu nămol activat.	Q_{ne}	$Q_{ne,min}$	Q_{ne}	$Q_{ne,min}$
22	Canalele (sau conductele) pentru transportul nămolului activat de recirculare spre bazinele cu nămol activat.	$Q_{nr,max}$	$Q_{nr,min}$	$Q_{nr,max}$	$Q_{nr,min}$
23	Canalele (sau conductele) pentru transportul nămolului în exces (în schemele cu bazine cu nămol activat).	Q_{ne}	$Q_{ne,min}$	Q_{ne}	$Q_{ne,min}$

24	Stația de pompare și conductele pentru nămolul biologic reținut în decantoarele secundare, în schemele cu filtre biologice de orice tip.	$Q_{nb,max}$	$Q_{nb,min}$	$Q_{nb,max}$	$Q_{nb,min}$	
----	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--

unde:

$Q_{uz,max,zi}$ – debitul apelor uzate maxim zilnic, (m^3/zi);

$Q_{uz,max,or}$ – debitul apelor uzate maxim orar, (m^3/h);

$Q_{uz,min,or}$ – debitul apelor uzate minim orar, (m^3/h);

$Q_{AR,max}/ Q_{AR,min}$ – debitul de apă epurată pentru recirculare (se determină la dimensionarea filtrelor biologice clasice), (m^3/zi);

$Q_{nr,max}/ Q_{nr,min}$ – debitul de nămol recirculat, (m^3/zi);

$Q_{ne}/ Q_{ne,min}$ – debitul de nămol în exces, (m^3/zi);

$Q_{nb,max}/Q_{nb,min}$ – debitul de nămol biologic, (m^3/zi);

Q_T – debitul total al amestecului de ape uzate cu apele meteorice, care intră în deversorul din amonte stației de epurare, (m^3/zi);

n – coeficientul de majorare a debitului orar maxim al apelor uzate necesar determinării debitului maxim admis pe timp de ploaie în stația de epurare (conform SR 1846/2006), considerat de regulă $n = 2$; în cazuri speciale, cu justificarea corespunzătoare din partea proiectantului, se poate considera $n = 3 \dots 4$;

4.3 Încărcări cu poluanți ale apelor uzate influente în stațiile de epurare

4.3.1 Stații de epurare noi

Se vor adopta următoarele valori pentru încărcarea cu poluanți dată de un locuitor echivalent (L.E.) pe zi:

- Consum biochimic de oxigen (CBO_5): 60 g O_2 / L.E.,zi;
- Consum chimic de oxigen (CCO – Cr): 120 g O_2 /L.E.,zi;
- Materii totale în suspensie (MTS): 70 g /L.E.,zi;
- Azot total Kjeldahl (NTK): 11 g / L.E.,zi;
- Fosfor total (P_T): 4 g / L.E.,zi;

Pe baza acestor valori se vor determina cantitățile de poluanți influente în stația de epurare:

$$K_{CBO_5} = 0,365 \cdot Q_{uz,med,zi} \cdot i_{CBO_5} \quad (\text{kg/an}) \quad (4.7)$$

unde:

$Q_{uz,med,zi}$ – debitul mediu zilnic al apelor uzate, definit de (4.1), (m^3 /zi);

i_{CBO_5} – încărcarea specifică pentru CBO_5 , definită anterior, (g O_2 /L.E.,zi);

Pentru sistemele care preiau ape uzate de la agenții economici (cu respectarea prevederilor NTPA 001/2005, NTPA 002/2005, NTPA 011/2005) se vor efectua:

- analize și determinări experimentale;
- măsurători ale debitelor apelor uzate descărcate de agenții economici;

Cantitățile de poluanți rezultate din produsul concentrației (g/m^3) și debite (m^3 /zi) se vor adăuga încărcărilor provenite de la populație.

4.3.2 Stații de epurare existente re tehnologizate/ extinse

Determinarea încărcărilor se va efectua:

- prin analize și determinări ”in situ” la apele uzate influente în stația de epurare;
- analiza datelor de exploatare pe minim 3 ani reprezentativi;
- măsurători privind cantitățile de ape uzate influente în stația de epurare;

Prin analiza variației concentrațiilor de poluanți și a cantităților de ape uzate se va estima creșterea valorii încărcărilor specifice cu poluanți pentru o perioadă de 20 de ani.

Valorile adoptate la proiectarea tehnologică a stațiilor de epurare se vor situa în domeniile următoare:

- Consum biochimic de oxigen (CBO_5):
 - 50 – 70 g O_2 / L.E.,zi pentru sistemul separativ de canalizare;
 - 50 – 80 g O_2 / L.E.,zi pentru sistemul unitar de canalizare;
- Consum chimic de oxigen (CCO – Cr):
 - 100 – 120 g O_2 / L.E.,zi;
- Materii totale în suspensie (MTS):
 - 60 – 80 g / L.E.,zi pentru sistemul separativ de canalizare;
 - 70 – 90 g / L.E.,zi pentru sistemul unitar de canalizare;
- Azot total Kjeldahl (NTK):
 - 10 – 15 g / L.E.,zi;
- Fosfor total (P_T):
 - 2 – 6 g / L.E.,zi;

5. Alegerea schemei stației de epurare

5.1 Gradul de epurare necesar

Gradul de epurare necesar reprezintă eficiența, **E**, ce trebuie realizată obligatoriu de către stația de epurare pentru reținerea unui anumit poluant.

Se calculează:

$$E = \frac{K_i - K_e}{K_i} \cdot 100 (\%) \quad (5.1)$$

unde:

K_i – cantitatea de substanță poluantă influentă în SE, (kg S.U./an);

K_e – cantitatea de substanță poluantă efluentă din SE, (kg S.U./an);

K_i se stabilește pe baza volumului mediu anual de ape uzate (m³/an) și concentrația medie a unui anumit poluant (g/m³) stabilită pe baza studiilor hidrochimice și conform § 4.4.

Calculul gradului de epurare se va efectua și pentru situațiile:

- încărcări maxime cu poluanți ale apelor uzate influente în stația de epurare;
- debite de ape uzate maxime: $Q_{u,max,zi}$, $Q_{uz,max,or}$;

Proiectantul va adopta soluțiile pentru procesele din ansamblul stației de epurare pentru respectarea gradului de epurare în toate situațiile de debite și încărcări maxime.

Eficiențele (gradele de epurare) vor trebui să se încadreze în normele impuse de legislația în vigoare privind protecția mediului în toate situațiile de debite și încărcări maxime.

Pentru epurarea apelor uzate urbane, gradul de epurare necesar se determină pentru indicatorii: MTS, CBO5, oxigen dizolvat, N, P, substanțe toxice. Cunoscându-se concentrațiile substanțelor poluante la intrarea și la ieșirea din stația de epurare, gradul de epurare necesar se determină cu relația (5.1). În funcție de valorile gradului de epurare necesar calculat pentru parametrii menționați se aleg procesele din schema tehnologică de epurare.

Gradul de epurare care trebuie realizat de orice stație de epurare va lua în considerație valorile maxime ale concentrațiilor în poluanți (CMA) conform NTPA 002/2005 și valorile impuse efluentului conform NTPA 001/ 2005. Acestea sunt prezentate în tabelul 5.1.

Tabel 5.1. Grade de epurare conform valorilor CMA impuse prin NTPA.

Nr. crt.	Indicator – parametru	U.M.	Valori CMA conform NTPA 002/ 2005	Valori CMA conform NTPA 001/ 2005	Grad de epurare (%)
1	MTS	mg/l	350	60	82
				35	90
2	CBO ₅	mg O ₂ /l	300	20	93
				25	91
3	CCO – Cr	mg O ₂ /l	500	125	75
				70	86
4	N – NH ₄	mg/l	30	2	93
				3	90
6	P _T	mg/l	5	1	80
				2	60

5.1.1 Treapta de epurare mecanică

Se adoptă în toate situațiile și trebuie să realizeze eficiențele următoare:

- E = 40 ... 60 % – pentru MTS;
- E = 20 ... 40 % – pentru CBO₅;
- E = 20 ... 40% – pentru CCO; (5.2)
- E = 10 ... 15 % – pentru N_T;
- E = 5 ... 10 % – pentru P_T;
- E = 25 ... 75 % – pentru bacterii coliforme totale.

Pentru valori mai mari ale gradului de epurare necesar pentru unul sau mai mulți poluanți față de valorile din relațiile (5.2) se impune completarea schemei de epurare cu treapta biologică cu /fără eliminarea pe cale biologică și/ sau chimică a poluanților.

5.1.2 Epurarea mecano – biologică

Gradul de epurare impus se stabilește în funcție de calitatea apelor uzate influente în stația de epurare și calitatea impusă pentru efluentul SE:

- E = 91 – 93 % – pentru CBO₅ ;
- E = 75 – 86 % – pentru CCO; (5.3)
- E = 20% – fosforul și azotul organic;
- E = 30% – pentru P_T și N_T;
- E = 90 % – pentru bacteriile coliforme totale;

Valorile de mai sus sunt considerate limite maxime.

5.1.3 Epurarea mecano – biologică avansată

Gradele de epurare impuse:

- $E = 91 - 93 \%$ – pentru CBO_5 ;
- $E = 75 - 86 \%$ – pentru CCO ;
- $E = 90 - 93 \%$ – pentru azotul amoniacal ($N - NH_4$) funcție de valorile admisibile din NTPA 001 și NTPA 002;
- $E = 60 - 80 \%$ – pentru P_T funcție de valorile admisibile din NTPA 001 și NTPA 002;
- $E = 90 \%$ – pentru bacteriile coliforme totale;

5.1.4 Epurarea terțiară

Pe baza avizelor și autorizațiilor de gospodărire a apelor, în funcție de caracteristicile resursei de apă, de capacitatea de autoepurare, de bilanțul de poluanți evacuați în aceeași resursă și cerințele utilizatorilor de apă din aval pentru substanțele refractare sau poluanți speciali, se vor stabili gradele de epurare necesare adoptării schemei tehnologice pentru epurarea terțiară.

Aceste valori pot fi modificate în condițiile:

- efectuării calculelor de bilanț de masă pentru emisar;
- necesarul obiectiv de calitate al apei pentru folosințele din aval;
- capacitate de autoepurare a sectorului de râu considerat.

Modificările vor fi cerute de proiectant și aprobate prin avizele și autorizațiile de gospodărire a apelor.

5.1.5 Elemente determinante la stabilirea gradului de epurare

- Valorile maxime pentru poluanți prevăzute în NTPA 002/2005;
- Valorile maxime impuse efluenților epurați conform NTPA 001/2005 (tab.3.3 § 3.4);
- Depășirea valorilor maxime pentru unul sau mai mulți poluanți va conduce la valori ale gradului de epurare mai mari decât cele date anterior în relația (5.2);
- Se va respecta cu prioritate valorile concentrațiilor maxim admisibile la descărcarea în emisari (tab. 1 – NTPA 001/2005);
- La determinarea gradului de epurare necesar pentru indicatorii de mai sus se va ține seama de capacitatea de autoepurare a emisarilor, de prevederile Legii Apelor 107/1996, Legii Protecției Mediului 137/1995, NTPA 001/2002 completat și

modificat în 2005, NTPA 011/2002 completat și modificat în 2005, de Normativul privind obiectivele de referință pentru clasificarea calității apelor de suprafață, aprobat prin Ordinul Ministerului Apelor și Protecției Mediului nr. 1146/ 10.12.2002 și de prevederile avizului ori autorizației de gospodărire a apelor emise de unitățile abilitate.

Aceste valori pot fi modificate prin avizele și autorizațiile de gospodărire a apelor de către emitentul acestora pe baza încărcării cu poluanți existentă în resursa de apă în amonte de punctul de evacuare a apelor uzate și ținându-se seama de utilizatorii de apă din aval și de capacitatea de autoepurare a resursei de apă.

5.2 Gradul de epurare necesar privind oxigenul dizolvat

Autoepurarea cursurilor de apă se bazează în principal pe fenomene biologice și elementul esențial îl reprezintă bilanțul conținutului de oxigen.

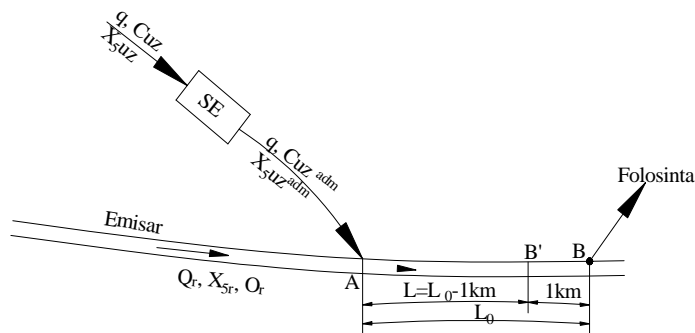
Se impune calculul valorii concentrației de oxigen dizolvat din apa râului într-o secțiune situată aval de punctul de evacuare al apelor uzate în emisar (O_{min}^R); aceasta trebuie să fie mai mare sau egală cu concentrația minimă de oxigen dizolvat normată pentru categoria de calitate a emisarului respectiv (O_{min}^N), adică:

$$O_{min}^R > O_{min}^N \quad (5.4)$$

Concentrația minimă de oxigen dizolvat admisă în apa emisarului, funcție de categoria de calitate a acestora, conform Ordinului Ministerului Apelor și Protecției Mediului nr. 1146 din 10 decembrie 2002 – Normativ privind obiectivele de referință pentru clasificarea apelor de suprafață:

- $O_{min}^N = 7 \text{ mg O}_2/\text{l}$ – emisari de categoria I;
- $O_{min}^N = 6 \text{ mg O}_2/\text{l}$ – emisari de categoria II;
- $O_{min}^N = 5 \text{ mg O}_2/\text{l}$ – emisari de categoria III;
- $O_{min}^N = 4 \text{ mg O}_2/\text{l}$ – emisari de categoria IV;
- $O_{min}^N < 4 \text{ mg O}_2/\text{l}$ – emisari de categoria V;

În figura 5.1 se prezintă schema pentru determinarea concentrației O_{min}^R (mg O_2/l).



- q (l/s) – debit influent/ efluent SE;
- C_{uz} (mg/l) – concentrația MTS influent;
- $X_{5,uz}$ (mg/l) – concentrația CBO_5 influent;
- C_{uz}^{adm} (mg/l) – concentrația MTS efluent;
- $X_{5,uz}^{adm}$ (mg/l) – concentrația CBO_5 efluent;
- Q_r (l/s) – debit mediu lunar asig.95%;
- X_{5r} (mg/l) – concentrația CBO_5 – râu amonte secțiunea A;
- L, L_0 (km) – distanțe măsurate pe talveg.

Figura 5.1. Schemă pentru determinarea $O_2^{R_{min}}$ (mg O_2 /l).

Calculul se efectuează în etape, determinându-se următorii parametrii:

- CBO_5 al amestecului de apă uzată epurată cu apa emisarului, imediat aval de secțiunea de evacuare A, cu formula:

$$x_{5,am} = \frac{q \cdot x_{5,uz}^{adm} + Q_r \cdot x_{5r}}{q + Q_r} \quad (\text{mg } CBO_5/\text{l}) \quad (5.5)$$

unde: q – debitul efluent;

- CBO_{20} al amestecului de apă uzată epurată cu apa emisarului, imediat aval de secțiunea de evacuare A, cu formula:

$$x_{am} = 1,45 \cdot x_{5,am} \quad (\text{mg } CBO_5/\text{l}) \quad (5.6)$$

unde: x_{am} – concentrația CBO_{20} a amestecului apă râu – apă epurată, aval de secțiunea A;

$x_{5,am}$ – concentrația CBO_5 a amestecului apă râu – apă epurată;

- deficitul inițial de oxigen din apa râului, D_a , amonte de secțiunea de evacuare, A, cu formula:

$$D_a = O_s - O_r \quad (\text{mg } O_2/\text{l}) \quad (5.7)$$

unde: O_s – concentrația oxigenului dizolvat de saturație ale cărei valori pentru temperaturi de la 0°C la 30°C și la presiunea atmosferică de 760 mmHg, sunt indicate în tabelul 5.2;

O_r – concentrația oxigenului dizolvat în apa râului (mg O_2 /l);

Tabel 5.2. Valori ale oxigenului dizolvat de saturație în funcție de temperatura apei.

Θ (°C)	Os (mg/l)	Θ (°C)	Os (mg/l)	Θ (°C)	Os (mg/l)
0	14,64	11	11,08	22	8,83
1	14,23	12	10,83	23	8,68
2	13,84	13	10,60	24	8,53
3	13,48	14	10,37	25	8,38
4	13,13	15	10,15	26	8,22
5	12,80	16	9,95	27	8,07
6	12,48	17	9,74	28	7,92
7	12,17	18	9,54	29	7,77
8	11,87	19	9,35	30	7,63
9	11,59	20	9,17	–	–
10	11,33	21	8,99	–	–

- timpul critic, la care se realizează deficitul maxim de oxigen în apa emisarului, se determină cu relația:

$$t_{cr} = \frac{\lg \left\{ \frac{k_2}{k_1} \cdot \left[1 - \frac{D_a \cdot (k_2 - k_1^r)}{k_1^r \cdot x_{am}} \right] \right\}}{k_2 - k_1^r} \text{ (zile)} \quad (5.8)$$

unde: k_1^r – constanta vitezei de consum a oxigenului pentru apele emisarului, amonte de secțiunea de evacuare (tab.5.3);

k_2 – constanta de reaerare a apelor râului (determinată experimental, cu formule empirice sau orientativ, admițând valorile din tabelul 5.4);

Tabel 5.3. Valori k_1^r .

Nr. crt.	Tipul emisarului	k_1^r (zile ⁻¹)
1	Emisari cu debite și adâncimi mari	0,1
2	Emisari cu debite mari și cu impurificare puternică	0,15
3	Emisari cu debite medii	0,2 – 0,25
4	Emisari cu debite mici	0,3
5	Emisari cu debite mici și viteze mari	0,6

Tabel 5.4. Valorile constantei de reaerare k_2 . [45]

Nr. crt.	Caracteristicile emisarului	Valoarea k_2 (zile ⁻¹) funcție de temperatura apei					
		5°C	10°C	15°C	20°C	25°C	30°C
1	Emisari cu viteză foarte mică de curgere sau aproape staționari	–	–	0,11	0,15	–	–
2	Emisari cu viteză mică de curgere	0,16	0,17	0,18	0,20	0,21	0,24
3	Emisari cu viteză mare de curgere	0,38	0,42	0,46	0,50	0,54	0,58
4	Emisari cu viteză foarte mare de curgere	–	0,68	0,74	0,80	0,86	0,92

- deficitul critic (maxim) de oxigen:

$$D_{cr} = \frac{k_1^r \cdot x_{am}}{k_2 - k_1^r} \cdot (10^{-k_1^r \cdot t_{cr}} - 10^{-k_2 \cdot t_{cr}}) + D_a \cdot 10^{-k_2 \cdot t_{cr}} \quad (\text{mg O}_2/\text{l}) \quad (5.9)$$

– oxigenul dizolvat minim din apa râului (fig.5.2):

$$O_{min}^R = O_s - D_{cr} \quad (\text{mg O}_2/\text{l}) \quad (5.10)$$

– se verifică dacă este îndeplinită condiția (5.3)

Dacă relația (5.3) este îndeplinită, atunci concentrația materiei organice biodegradabile exprimată în CBO₅ a efluentului epurat ($x_{5,uz}^{adm}$) se consideră corect adoptată; în caz contrar, se recalculează gradul de epurare necesar privind CBO₅, reducându-se valoarea ($x_{5,uz}^{adm}$) până când se va respecta condiția (5.3).

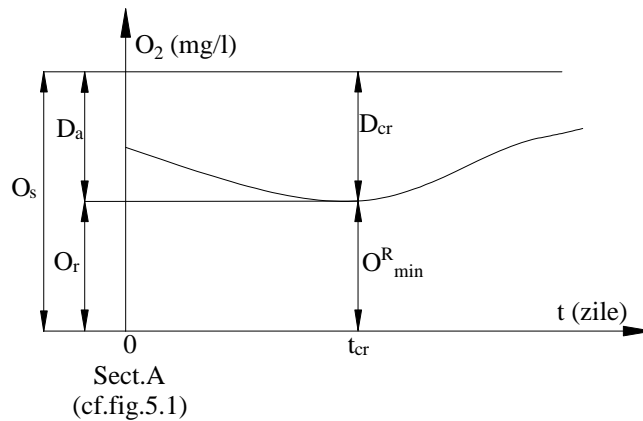


Figura 5.2. Variația oxigenului dizolvat în apa râului $O_t(t)$ aval de secțiunea de evacuare a apelor epurate.

Lungimea critică va fi stabilită pe baza vitezei medii de curgere a apei râului, la debitul cu asigurare 95% și a valorii t_{cr} .

Pentru receptorii (emisarii) cu debite nepermanente (debitul cu asigurare 95% – nul) se vor adopta măsuri pentru dezinfecția apelor uzate epurate astfel încât acestea să se încadreze în categoria corespunzătoare NTPA 013/ 2002 .

6. Scheme tehnologice pentru stații de epurare

6.1 Alegerea schemei stației de epurare

Schema tehnologică generală a unei stații de epurare reprezintă ansamblul obiectelor tehnologice prevăzute pentru îndepărtarea substanțelor poluante din apele uzate – prin procese fizice, chimice, biologice, biochimice și microbiologice în vederea realizării gradului de epurare necesar, și se compune din:

- linia (fluxul) apei care poate cuprinde:
 - treapta de epurare mecanică;
 - treapta de epurare biologică sau de epurare biologică avansată;
 - treapta de epurare terțiară;
- linia (fluxul) de prelucrare a nămolului.

Configurația schemei tehnologice a stației de epurare se stabilește pe baza valorilor gradelor de epurare necesare calculate pentru tipurile de poluanți care se găsesc în apele uzate influente.

Schema tehnologică a stației de epurare se întocmește având în vedere următoarele:

- prevederea pe linia apei a unor obiecte tehnologice care să asigure realizarea unor grade de epurare necesare cel puțin egale cu valorile impuse;
- pentru un anumit obiect tehnologic se va propune tehnologia cea mai performantă tehnic și economic care se poate adapta cel mai ușor condițiilor locale de spațiu, relief, posibilități de fundare, de execuție; pentru SE care deservește localități cu $N \geq 10.000$ L.E. se vor analiza tehnic și economic minim 2 opțiuni pentru fiecare proces;
- asigurarea posibilităților de extindere a stației de epurare atât pe linia apei cât și pe linia nămolului;
- utilajele și echipamentele aferente obiectelor tehnologice vor trebui să fie performante tehnic și energetic, fiabile, avantajoase din punct de vedere al investiției și cheltuielilor de exploatare;

Ori de câte ori este posibil amplasarea obiectelor în profilul tehnologic al stației de epurare trebuie să asigure curgerea gravitațională, cu pierderi de sarcină reduse și la volume construite reduse și terasamente minime.

Dispoziția în plan a stației de epurare trebuie să conducă la un grad de utilizare maxim a terenului avut la dispoziție, la un flux tehnologic optim pe linia apei și a nămolului pentru execuție și exploatare. Va fi luată în considerare posibilitatea extinderii viitoare.

Pentru substanțele reținute, instalațiile de epurare mecano – biologică trebuie să asigure obținerea de produse finite, igienice, valorificabile și ușor de integrat în mediul natural. Treapta de prelucrare a nămolurilor va asigura prelucrarea nămolurilor primare și biologice, până la un produs igienic, valorificabil și ușor de integrat în mediul natural.

Schema SE va asigura în operare efecte minime asupra mediului înconjurător referitor la emisii de gaze, pulberi, zgomot, poluare sol și subsol.

Amplasamentul SE va avea zonă de protecție sanitară.

6.2 Tipuri de scheme de epurare

6.2.1 Epurarea mecano – biologică cu procedee extensive

Schema generală se prezintă în figura 6.1.

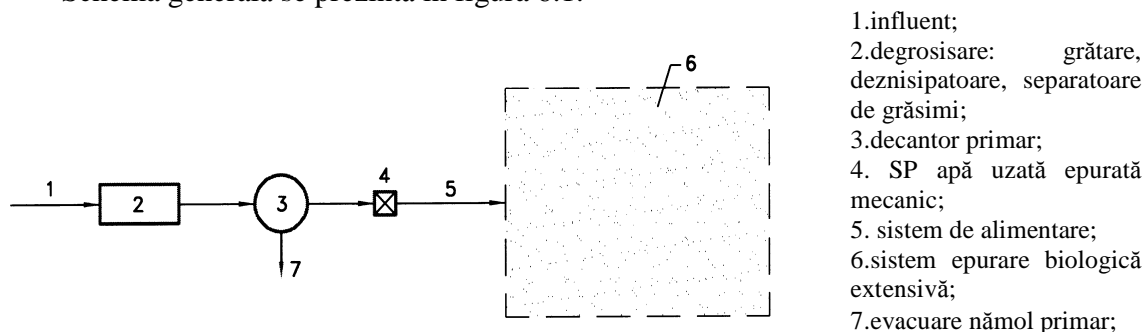


Figura 6.1. Schema de epurare mecano – biologică cu procedee extensive.

Epurarea biologică (poz. 6 în schema din fig.6.1) poate cuprinde:

- câmpuri de irigare – infiltrare; se aplică în condiții favorabile de terenuri permeabile și ape uzate care nu conțin compuși refractari; un bazin de acumulare ape uzate epurate mecanic va fi adoptat în funcție de programul de utilizare al sistemului de irigare, infiltrare;
- filtre de nisip; incinte excavate umplute cu nisip și/sau pietriș; sunt prevăzute cu sisteme de distribuție și drenuri de colectare;
- iazuri (lagune) de stabilizare; două sau mai multe iazuri legate în serie în care se realizează fenomenul natural de autoepurare;

Epurarea biologică cu procedee extensive se aplică:

- debite reduse ($N < 5.000 \text{ L.E.}$);
- condiții de amplasament favorabile în apropierea comunităților rurale;

6.2.2 Epurarea mecano – biologică artificială (intensivă)

6.2.2.1 Schema generală

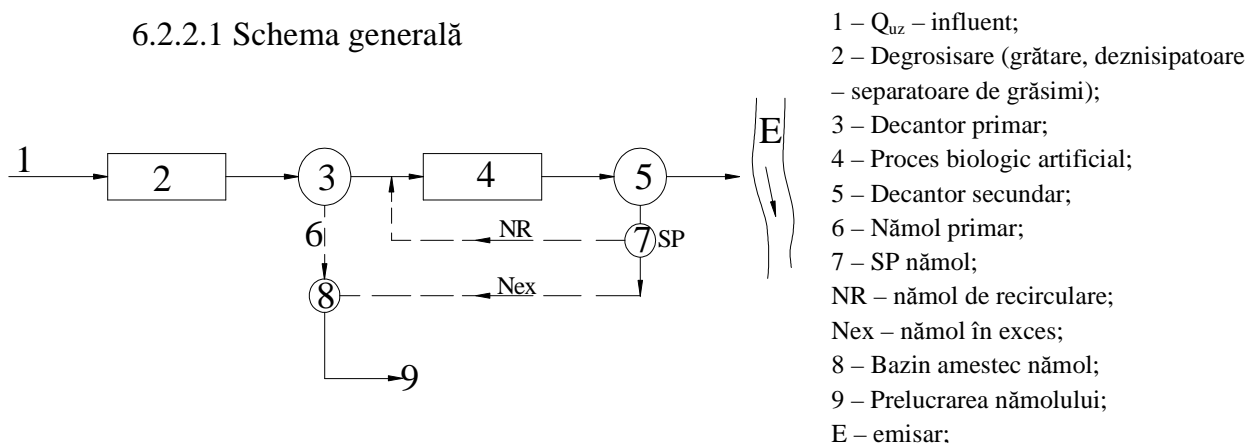


Figura 6.2. Schema generală de epurare artificială.

6.2.2.2 Tehnologii aplicate pentru treapta biologică artificială

1. Filtre biologice FB

Aceste tipuri de instalații realizează epurarea biologică a apelor uzate pe principiul peliculei de biomasă fixată:

- impun o SP pentru pomparea apei uzate epurate mecanic;
- recircularea apelor epurate (după DS) în amonte de filtru;
- nu se realizează recircularea nămolului biologic;

FB cu discuri sau alți contactori biologici

Schemă caracteristică debitelor mici și foarte mici.

Elemente caracteristice:

- nu se recirculă nămolul biologic sau apa epurată;
- prin soluții adecvate SP apă epurată mecanic poate fi eliminată;

2. BNA – bazine cu nămol activat (schemă convențională)

În BNA au loc procese biochimice de eliminare a materiilor organice pe bază de carbon la eficiențe $E_{CBO_5} > 90\%$;

Elemente caracteristice:

- recircularea nămolului activ reținut în decantoarele secundare;

- prin calcul tehnico – economic se poate admite soluția eliminării decantoarelor primare: încărcarea în materii organice ($CBO_5 < 150 \text{ mg O}_2/l$), lipsa particulelor discrete și MTS redus în influent;
- BNA poate realiza și aerare prelungită (extinsă ca durată și aprovizionare cu oxigen) de 12 – 24 h; se poate realiza în același bazin stabilizarea aerobă a nămolului.

3. BNA cu nitrificare / denitrificare (epurare avansată)

Realizează în treapta biologică: eliminarea substanțelor organice pe bază de carbon, azot și fosfor prin crearea condițiilor de nitrificare/ denitrificare și eliminare biologică a fosforului.

Schema se caracterizează prin:

- realizarea de zone anoxice în bazinele de nitrificare;
- realizarea de zone aerobe (intens aerate) în bazinele de nitrificare;
- recircularea nămolului activat reținut în decantoarele secundare în amonte de bazinele de nitrificare – denitrificare (recirculare externă);
- recircularea amestecului aerat cu un conținut mare de azotați în amonte de bazinul de denitrificare (recirculare internă);
- trimiterea nămolului în exces în amestec cu nămolul primar la treapta de prelucrare a nămolurilor din stația de epurare;
- pentru debite reduse se poate realiza în BNA procedeul de aerare prelungită pentru stabilizarea aerobă a nămolului;

6.2.2.3 Treapta de epurare terțiară

Treapta de epurare terțiară se va prevedea când se cere eliminarea din apele uzate a poluanților neconvenționali și speciali. Termenul ”neconvențional” se aplică tuturor constituenților ce pot fi înlăturați sau reduși folosind procesele de epurare avansată înainte ca apa epurată să fie reutilizată. În categoria poluanților neconvenționali se găsesc:

- compuși organici volatili;
- materii organice refractare;
- materii totale dizolvate;
- detergenți;

Termenul „poluant special” este utilizat pentru acele clase de poluanți care sunt măsurați în micro – sau nanograme/ litru. Acești poluanți nu pot fi reduși în mod eficient, chiar dacă este

utilizat un proces de epurare avansată. Îndepărtarea acestora se realizează atât în procesul convențional de epurare cât și în cel avansat, însă nivelul de reducere al fiecărui constituent nu este suficient. În categoria poluanților speciali se numără:

- medicamente sau compușii acestora;
- detergenți speciali;
- antibiotice veterinare și umane;
- produse industriale;
- alte substanțe; compuși biologici și bacteriologici;

6.2.2.4 Schema tehnologică de epurare pentru eliminarea fosforului

6.2.2.4.1 Eliminarea fosforului pe cale biologică

Schema SE cuprinde reactoare biologice (de tip epurare avansată) unde se poate realiza conceptul îndepărtării biologice a fosforului prin expunerea microorganismelor la condiții alternativ anaerob – aerobe. Aceasta se poate realiza pe linia apei sau a nămolului.

O schemă tehnologică adecvată se prezintă în figura 6.3.

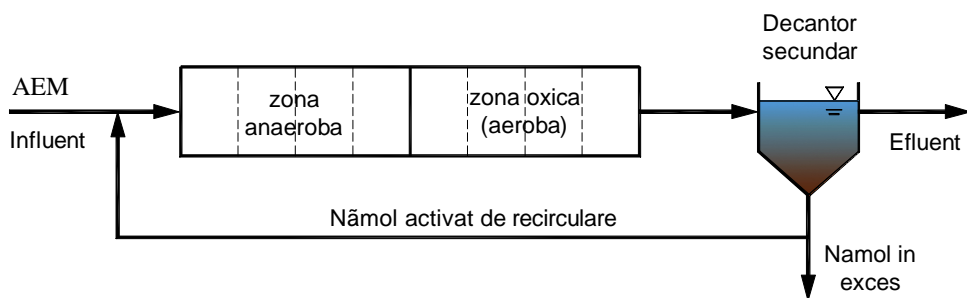


Figura 6.3. Schemă tehnologică de reținere pe cale biologică a fosforului.
AEM – apă epurată mecanic.

Caracteristicile tehnologiei sunt:

- sistemul asigură îndepărtarea fosforului concomitent cu oxidarea substanțelor organice pe bază de carbon;
- combină zone succesive anaerobe – aerobe;
- nămolul activat se recirculă în zona amonte a bioreactorului;
- tehnologia poate funcționa optim la valori ale raportului $CBO_5/P > 10$ pentru influentul treptei biologice;

6.2.2.4.2 Eliminarea fosforului prin precipitare chimică

Se utilizează: sulfat de aluminiu sau clorură ferică;

Injecția soluției de reactiv de precipitare a fosforului se poate face:

- în amonte de decantorul primar (pre-precipitare);
- în amonte și/sau după bioreactor (co-precipitare);
- în mai multe secțiuni ale procesului (dozare multipunctuală);

Alegerea uneia din metode depinde de:

- concentrația de fosfor din influentul stației de epurare;
- tipul de tehnologie adoptat referitor la concentrația nămolului în bioreactor, decantor secundar și gradul de recirculare;
- pH-ul la care se desfășoară reacțiile chimice ($\text{pH} > 7$);
- variația momentană a parametrilor de calitate apă uzată: MTS, CBO_5 , CCO-Cr , NTK.

7. Proiectarea obiectelor tehnologice din treapta de epurare mecanică

7.1 Deversorul amonte de stația de epurare

Deversorul situat în amonte de stația de epurare este o construcție care se prevede în cazul localităților canalizate în procedeele unitar și mixt și are rolul de a limita debitul de apă uzată admis în stația de epurare pe timp de ploaie.

Debitul maxim de apă care ajunge pe timp de ploaie de la rețeaua de canalizare a localității la deversor este:

$$Q_T = Q_{uz,max,or} + Q_m \quad (l/s) \quad (7.1)$$

unde:

Q_T – debitul total pe timp de ploaie al apelor de canalizare care intră în camera deversorului (efluentul localității), (l/s) ;

$Q_{uz,max,or}$ – debitul apelor uzate, maxim orar, pe timp uscat, (m^3/h);

Q_m – debitul de ape meteorice , calculat conform Normativului pentru proiectarea rețelelor de canalizare (cap. 2 § 2.2.1) și conform prevederilor SR 1846–2/2006, aferent ultimului tronson al colectorului principal (de la ieșirea din localitate, la deversor).

Debitul maxim de ape uzate admis în stația de epurare pe timp de ploaie este:

$$Q_{SE} = n \cdot Q_{uz,max,or} \quad (l/s) \quad (7.2)$$

unde:

$n = 2$ este coeficientul de majorare a debitului admis în stația de epurare pe timp de ploaie; conform SR 1846 – 1/ 2006, acest coeficient poate lua valori mai mari ($n = 3...4$), în cazuri justificate tehnico-economic pe baza efectelor apelor meteorice asupra emisarului și folosințelor de apă din aval (§ 5.2).

7.1.1 Debitul de calcul al deversorului

Debitul la care se dimensionează deversorul este dat de relația:

$$Q_d = Q_T - Q_{SE} \quad (l/s) \quad (7.3)$$

unde:

Q_T – este calculat cu relația (7.1), (l/s);

Q_{SE} – este calculat cu relația (7.2), (l/s);

Pentru situațiile curente, când $n = 2$, relația (20) devine:

$$Q_d = Q_T - 2 \cdot Q_{uz,max,or} \quad (l/s) \quad (7.4)$$

În situații justificate, deversorul va trebui să permită prin manevra corespunzătoare a unor stavile, devierea integrală a debitului Q_T spre un bazin de retenție sau spre emisar (cu respectarea prevederilor NTPA 001/2002 modificat și completat în 2005), în scopul ocolirii stației de epurare; în această situație debitul de verificare al deversorului și al canalului de ocolire este:

$$Q_v = Q_T = Q_m + Q_{uz,max,or} \quad (l/s) \quad (7.5)$$

Înălțimea pragului deversor p se consideră egală cu adâncimea apei în canalul de legătură dintre deversor și camera grătarelor (H_2), determinată pentru debitul $Q_{SE} = 2 \cdot Q_{u\ or\ max}$ și pentru un grad de umplere $a = \frac{H_2}{H_{c2}}$ de maximum 0,70, în care H_{c2} reprezintă înălțimea totală a canalului dintre deversor și camera grătarelor.

Lungimea pragului deversor, considerat ca deversor lateral cu perete subțire, neîneecat, în ipoteza unei lame deversante triunghiulare pe lungimea deversorului, se determină din relația:

$$Q_d = k \cdot m \cdot L_d \cdot \varepsilon \cdot \sigma_n \cdot \sqrt{2g} \cdot h_m^{3/2} \quad (m^3/s) \quad (7.6)$$

unde:

Q_d – debitul deversat este calculat cu relația (7.3), (l/s);

k – coeficient de majorare a lungimii deversorului, pentru a ține seama de asimetriile și distorsiunile care apar la deversoarele laterale, $k = 1,05 \dots 1,10$;

m – coeficient de debit, $m=0,42$;

L_d – lungimea pragului deversor asimilat ca deversor lateral, (m);

ε – coeficient de contracție laterală;

σ_n – coeficient de înecare;

g – accelerația gravitațională, $g = 9,81 m/s^2$;

σ_n – coeficientul de înecare se consideră $\sigma_n = 1,00$ deoarece deversorul trebuie să funcționeze neîneecat. În acest scop, camera și colectorul de evacuare a debitului deversat Q_d spre bazinul de retenție sau spre emisar se vor dimensiona astfel, încât

nivelul maxim al apei aval de prag deversor să fie situat la minim 15...20 cm sub cota crestei deversante;

Coeficientul de contracție laterală ε are expresia:

$$\varepsilon = 1 - 0,1 \cdot n \cdot \zeta \cdot \frac{L_d}{h_m} \quad (7.7)$$

unde:

n – numărul de contracții laterale ale lamei în dreptul pilelor și culeilor;

ξ – coeficient de formă al pilei sau culeii, considerat în mod acoperitor 0,7...1,0;

h_m – înălțimea medie a lamei deversante (considerată cu variație triunghiulară pe lungimea L_d) se determină cu relația:

$$h_m = \frac{H_1 - H_2}{2} \quad (m) \quad (7.8)$$

unde:

H_1 – înălțimea apei în canalul din amonte deversorului, dimensionat “la plin” (gradul de umplere $\alpha = H_1/H_{c1} \approx 1,0$) pentru debitul Q_T dat de relația (7.1); în relația gradului de umplere, H_{c1} reprezintă înălțimea totală a canalului amonte;

Orientativ, la dimensionarea deversorului se va urmări ca debitul specific deversat să se încadreze în domeniul:

$$q_d = \frac{Q_d}{L'_d} = 0,20 \dots 0,80 \quad (m^3/s, m) \quad (7.9)$$

unde:

Q_d – debitul deversat determinat cu relația (7.4), iar L'_d este lungimea deversorului frontal, având expresia:

$$L'_d = \frac{L_d}{k} \quad (m) \quad (7.10)$$

unde:

L_d și **k** sunt definiți mai sus;

- Dacă lungimea deversorului lateral $L_d \leq 10$ m se va prevedea prag deversor cu o singură lamă deversantă (deversare pe o singură parte);
- Dacă $L_d > 10$ m, se prevede deversor cu două lame deversante (deversare pe două laturi), astfel încât lungimea camerei deversoare va fi:

$$L_{cd} = \frac{L_d}{2} \text{ (m)} \quad (7.11)$$

7.2 Bazinul de retenție

Bazinul de retenție se amplasează, după deversorul din amonte de stația de epurare pe/sau adiacent canalului care evacuează apele deversate spre emisar. Rolul bazinelor de retenție este diferit, în funcție de scopul pentru care sunt utilizate. Bazinele de retenție pot fi prevăzute pentru:

- a) înmagazinarea cantității de apă uzată pe o anumită perioadă de timp, când nu este posibilă descărcarea gravitațională a acestora în emisar, datorită nivelelor ridicate ale apei emisarului;
- b) înmagazinarea pe timp de ploaie a cantității de apă de canalizare (amestec între apa uzată și apa de ploaie) ce reprezintă diferența dintre debitul deversat Q_d definit de relația (7.4) și debitul amestecului admis a se descărca în emisar fără epurare (Q_{dr});
- c) înmagazinarea pe timp de ploaie a amestecului dintre apa uzată și apa de ploaie materializat prin debitul deversat Q_d , în vederea epurării ulterioare a cantității de apă ce reprezintă diferența dintre debitele de ape uzate sosite în stație (Q_{uz}) și capacitatea maximă de epurare a acesteia pe timp de ploaie ($Q_{SE} = 2Q_{uz,max,or}$);
- d) înmagazinarea cantităților de ape uzate a căror evacuare în emisar nu se poate face decât prin pompare, în scopul reducerii cheltuielilor de investiție și exploatare a stației de pompare;
- e) înmagazinarea cantităților de apă poluate accidental care nu sunt admise în SE;

Bazinele de retenție de tipul a) și d) se prevăd în cazul localităților canalizate în procedeul divizor. Pentru stațiile de epurare aferente localităților mici, canalizate, de regulă, în procedeul separativ, este recomandabilă prevederea unui bazin de uniformizare și omogenizare a cantității și calității apei uzate ce se va trata în treapta biologică.

Bazinele de retenție de tipul b) și c) se prevăd în cazul localităților canalizate în procedeele unitar sau mixt. Debitul de calcul al bazinelor de retenție de tipul b. și c., cazurile cele mai frecvent întâlnite, este dat de relația:

$$Q_b = Q_d - Q_{dr} \text{ (m}^3/\text{s)} \quad (7.12)$$

unde:

Q_b – debitul de calcul al bazinului de retenție, (m^3/s);

Q_d – debitul amestecului de ape uzate cu ape de ploaie, definit de relația (7.4);

Q_{dr} – debitul amestecului de ape uzate cu ape de ploaie ce poate fi evacuat în emisar fără epurare;

Regimul hidraulic al emisarului și categoria de calitate a acestuia pot impune capacități mari pentru înmagazinarea apelor de canalizare care nu pot fi evacuate (în anumite perioade) neepurate și gravitațional în emisar; în acest caz, soluția cu bazin de retenție se va studia comparativ, tehnic și economic, cu soluția mixtă ”bazin de retenție – stație de pompare” pentru introducerea apelor reținute în bazinul de retenție în fluxul tehnologic al stației de epurare.

În cadrul proiectului aferent bazinelor de retenție se va preciza modul de curățire, spălare și evacuare a sedimentelor reținute în aceste bazine în funcție de tipul adoptat.

În scopul evitării acumulării sedimentelor pe radierul bazinelor de retenție se va propune o formă geometrică adecvată și echiparea cu mixere.

7.3 Grătare rare și dese

Grătarele sunt obiecte tehnologice care au rolul de a reține din apele de canalizare suspensiile și corpurile mari, grosiere.

Se impune și analiza descărcării bazinului de retenție la debite și nivele mari pe emisar.

În funcție de cota colectorului pentru apele uzate influente în SE:

- grătarele se vor amplasa în amonte de stația de pompare în situațiile când cota radier colector influent nu depășește 3,0 m;
- pentru adâncimi mari ale colectorului influent (> 4 m) grătarele se vor amplasa în aval de stația de pompare și adoptând măsuri pentru reținerea suspensiilor grosiere în chesonul stației de pompare;
- pentru stații de pompare cu transportoare hidraulice, grătarele se pot amplasa în aval de acestea;

La stațiile de epurare aferente localităților sub 5.000 locuitori se prevăd de regulă grătare fine ($b = 0,5 \dots 6$ mm, uzual $2 \dots 3$ mm) având curățare mecanică și automatizată, fără personal de deservire. Pentru localități cu mai mult de 5.000 locuitori, se prevăd ambele tipuri de grătare, grătarele rare ($b = 50 \dots 100$ mm) fiind amplasate în amonte grătarelor dese (curățate manual, $b = 30 \dots 40$ mm – de evitat; curățate mecanic, $b = 10 \dots 20$ mm).

Pentru stațiile de epurare medii și mari grătarele dese se prevăd numai cu curățare mecanică.

La stațiile mici de epurare, pentru localități sub 10.000 locuitori, complet automatizate, se poate prevedea numai grătar fin curățat mecanic.

7.3.1 Debite de dimensionare și verificare ale grătarelor

Debitele de calcul și de verificare ale grătarelor corespund celor din tabelul 4.1 § 4.2:

- în procedeul de canalizare separativ:
 - $Q_c = Q_{uz,max,or}$;
 - $Q_v = Q_{uz,min,or}$;
- în procedeul de canalizare unitar și mixt:
 - $Q_c = nQ_{uz,max,or}$;
 - $Q_v = Q_{uz,min,or}$;

7.3.2 Aspecte privind proiectarea grătarelor

Dimensionarea grătarelor se conduce astfel încât, pentru debitul de calcul al apelor uzate, viteza medie a apei să fie:

- 0,7 – 0,9 m/s în canalul din amonte grătarului;
- 1,0 – 1,4 m/s în spațiul dintre barele grătarului;

Pentru debitul de verificare ($Q_{uz,min,or}$), viteza medie a apei în canalul din amonte grătarului trebuie să fie de minim 0,4 m/s în scopul evitării depunerilor.

Secțiunea transversală a canalului pe care este amplasat grătarul va avea formă dreptunghiulară.

Dispozitivele de curățare mecanică a reținerilor de pe grătare vor fi automatizate în funcție de pierderea de sarcină admisă la trecerea apei printre barele grătarului (7 – 25 cm). Acest lucru se realizează de regulă prin intermediul unor senzori de nivel. Automatizarea poate fi realizată și prin relee de timp.

Umiditatea reținerilor după presare se consideră, în medie, de 70 - 80%, iar greutatea specifică de 0,75 – 0,95 tf/m³.

În calculul cantităților de rețineri pe grătare se va ține seama de valorile medii specifice indicate în tabelul 7.1 și de faptul că aceste cantități sunt variabile. În acest sens, se va considera un coeficient de variație zilnică $K = 2 \dots 5$.

Relația de calcul a volumului zilnic de substanțe reținute pe grătare cu umiditate $w = 80\%$ este:

$$V_r = \frac{a \cdot N_L \cdot K}{1000 \cdot 365} (m^3/zi) \quad (7.13)$$

unde:

a – este cantitatea de rețineri specifică, indicată în tabelul 7.1, (l/om, an);

N_L– numărul de locuitori;

K – 2 ... 5 coeficient de variație zilnică.

Tabel 7.1. Cantități specifice de substanțe reținute pe grătare.

Nr. crt.	Distanța (interspațiul) dintre barele grătarului (mm)	Cantitatea de rețineri specifică "a" (l/om, an)	
		La curățare manuală	La curățare mecanică
1	0,5	–	25,0
2	2	–	20,0
3	3	–	18,0
4	6	–	15,0
5	10	–	12,0
6	16	–	8,0
7	20	–	5,0
8	25	–	–
9	30	2,5	–
10	40	2,0	–
11	50	1,5	–

Cantitatea zilnică de rețineri pe grătare se calculează cu formula:

$$G_r = \gamma_r \cdot V_r \quad (\text{kgf/zi}) \quad (7.14)$$

unde:

$\gamma_r = 750 \dots 950 \text{ kg f/m}^3$ – greutatea specifică a reținerilor cu umiditatea $w = 70 - 80\%$.

Volumul zilnic de substanță uscată (umiditate $w' = 0$) din rețineri este:

$$V_{ru} = V_r \cdot \frac{100 - w}{100} (m^3/zi) \quad (7.15)$$

unde:

$w = 80\%$ – este umiditatea reținerilor.

Cantitatea zilnică de substanță uscată din rețineri rezultă:

$$G_{ru} = \gamma_r \cdot V_{ru} \quad (\text{kgf/zi}) \quad (7.16)$$

unde:

$\gamma_{ru} = 1600 \dots 2000 \text{ kg f/m}^3$ – greutatea specifică a substanțelor reținute, în stare uscată.

Numărul minim de grătare active va fi $n = 2$, fără grătare de rezervă. La stațiile de epurare mici, se poate proiecta un singur grătar, prevăzându-se însă canal de ocolire.

Camerele grătarelor se vor prevedea cu stăvilare și batardouri amonte și aval, în scopul izolării fiecărui grătar în parte în caz de reparații, revizii, etc.

Pentru curățarea grătarelor și manevrarea stăvilarelor și batardourilor, sunt necesare pasarele, a căror lățime variază între 80 ... 150 cm.

Pentru prevenirea depunerilor, canalele pe care sunt amplasate grătarele (de obicei de secțiune transversală dreptunghiulară) vor fi construite cu o pantă de minim 1%. În porțiunea amonte a camerei grătarelor, de formă divergentă, se va realiza o pantă a radierului de minim 1% în scopul evitării depunerilor, iar radierul se va construi din beton rezistent la uzură. Cota radierului canalului în aval de grătar se recomandă a fi sub cota radierului amonte cu 10 ... 15 cm.

Pierderea de sarcină prin grătar se determină cu relația:

$$h_w = \zeta_g \cdot \frac{v^2}{2g} \text{ (m)} \quad (7.17)$$

unde:

ζ_g – este coeficientul de rezistență locală al grătarului, calculat cu formula lui O.

Kirschmer [46]:

$$\zeta_g = \beta \cdot \left(\frac{s}{b}\right)^{4/3} \cdot \sin\alpha \quad (7.18)$$

unde:

v – viteza medie pe secțiune în canalul din amonte grătarului, m/s;

g – accelerația gravitațională, m/s^2 ;

β – coeficient de formă al barei, cu valoarea 2,42 pentru bare cu secțiunea transversală dreptunghiulară;

s – grosimea barei, mm;

b – distanța (interspațiul) dintre barele grătarului, mm;

$\alpha = 60^\circ \dots 70^\circ$ - unghiul de înclinare al grătarului față de orizontală;

Formula (7.15) poate fi aplicată numai dacă este îndeplinită condiția:

$$Re = \frac{v_g \cdot b}{\nu} > 10^4 \quad (7.19)$$

unde:

Re – este numărul Reynolds la mișcarea apei printre barele grătarului;

v_g – viteza medie a apei printre barele grătarului la debitul de calcul, (cm/s);

ν – coeficientul cinematic de vâscozitate la temperatura medie anuală a apelor uzate, (cm²/s), (fig. 7.1).

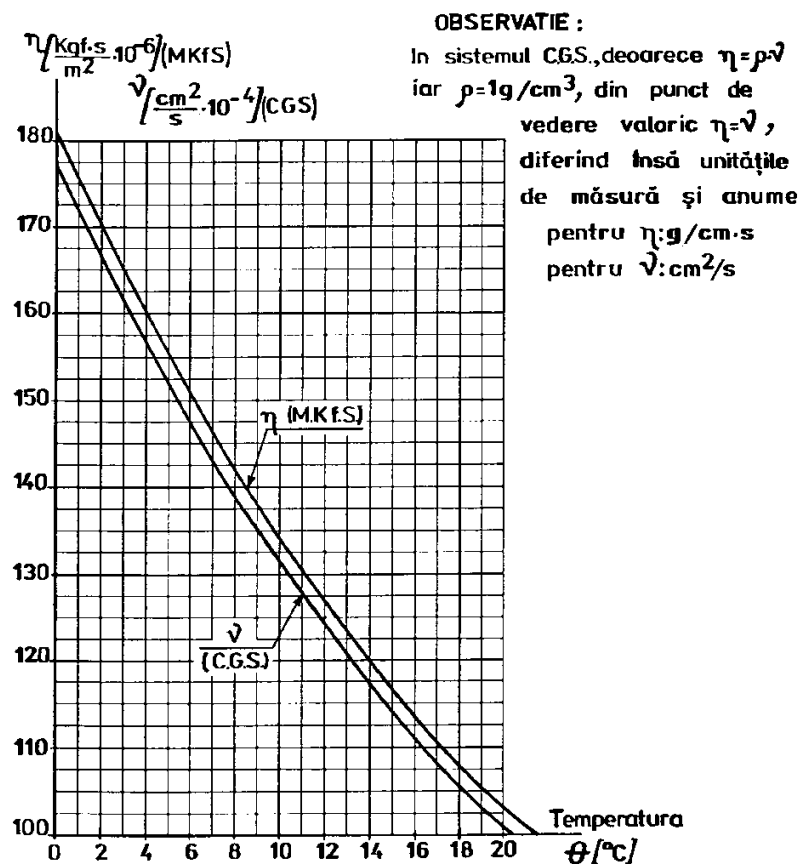


Figura 7.1. Variația coeficientului cinematic (ν) și a coeficientului dinamic de vâscozitate (η) în funcție de temperatură (θ °C).

Pentru a se ține seama de înfundarea parțială a grătarului, se majorează de trei ori pierderea de sarcină teoretică determinată cu relația (7.17), astfel încât în practică se consideră pierderea de sarcină conform relației (7.20), dar minimum 10 cm; la grătarele cilindrice fine, pierderea de sarcină minimă poate fi considerată $h_r = 7$ cm.

$$h_r = 3 \cdot h_w \text{ (m)} \quad (7.20)$$

Substanțele reținute pe grătare :

- sunt evacuate spre a fi depozitate, fermentate, compostate, incinerate sau, sunt tocate ori fărâmițate cu ajutorul unor dispozitive speciale în curent (griductoare, comminutoare, dilaceratoare) sau în afara curentului (tocătoare, dezintegatoare) și reintroduse în apă în aval sau în amonte de grătar;
- pentru micșorarea volumului de rețineri la grătare, se recomandă ca o dată scoase din apă, reținerile să fie presate în instalații speciale (făcând parte din grătarul propriu-zis sau fiind independente de grătar) sau presate și spălate; umiditatea reținerilor presate scade până la 55 – 60%; în acest fel cheltuielile de manipulare, transport și depozitare a reținerilor de pe grătare vor fi mult diminuate;
- pasarelele de acces la dispozitivele de tocare a reținerilor sau la batardouri și stăvilare vor fi amplasate cu min. 50 cm deasupra nivelului maxim al apelor din canalul grătarelor. Se va lăsa un spațiu de minim 70 cm pentru circulație în jurul dispozitivelor de curățare și tocare;
- pentru evitarea accidentelor în toate locurile unde există pericol de cădere se vor prevedea parapete de minimum 80 cm înălțime, realizate din țevi metalice (orizontale) cu diametrul $\phi = 20...25$ mm, așezate la 40 cm distanță pe verticală și din stâlpi amplasați la max. 1,5m distanță între ei;

Grătarele se amplasează în construcții închise. Pentru stațiile de epurare izolate amplasate la ≥ 1 km de zone de locuit se pot amplasa în construcții deschise.

Realizarea unei eficiențe ridicate în reținerea materiilor în suspensie și materiilor grosiere conduce la randamente sporite pentru construcțiile și instalațiile de epurare a apei din aval de grătare, precum și pentru construcțiile de prelucrare a nămolurilor. În acest scop sunt de preferat grătarele sau sitele fixe sau mobile, prevăzute cu șnec înclinat cu funcționare continuă și automatizată care efectuează practic patru operațiuni importante:

- rețin corpurile grosiere;
- extrag din apă reținerile de pe grătar și le spală de substanțele fine de natură organică;
- presează reținerile micșorându-le volumul și umiditatea;
- le transportă la suprafață, în containere;

7.4 Măsurarea debitelor de apă uzată în stația de epurare

Măsurarea debitelor în stațiile de epurare este necesară pentru evidența cantităților de apă ce se tratează la un moment dat sau într-un anumit interval de timp, precum și pentru a conduce corespunzător procesele tehnologice.

Măsurarea debitului se poate efectua atât global, pentru întreaga stație, cât și parțial, pe anumite linii tehnologice sau pentru anumite obiecte tehnologice.

Dispozitivele de măsurare se recomandă a fi amplasate pe canale deschise în care curgerea are loc cu nivel liber, în scopul accesului ușor pentru degajare în zonele de posibile împotmoliri, depuneri, obturări, etc. La amplasarea și montarea debitmetrului se va ține seama de recomandările furnizorului de echipament (aliniamente obligatorii amonte și aval, funcționare înecată la debitmetre electromagnetice și neînecată la cele Khafagi – Venturi).

Calitatea apei al cărui debit urmează a fi măsurat, din cauza conținutului mare de impurități, impune utilizarea numai acelor tipuri de debitmetre care nu au de suferit de pe urma depunerilor în secțiunea de măsurare. Aceste tipuri de debitmetre sunt:

- canale de măsură cu îngustarea secțiunii de curgere de tip Venturi;
- deversoare proporționale sau cu caracteristică liniară;
- debitmetre electromagnetice, sau cu ultrasunete, amplasate numai pe conducte care funcționează sub presiune;

Dispozitivele de măsurare alese trebuie să conducă la pierderi de sarcină reduse și să nu permită erori mai mari de 2 – 3% în indicarea debitelor.

7.4.1 Debite de dimensionare

Dimensionarea canalelor de măsurare se face la debitul maxim ce trebuie măsurat:

- în procedeul de canalizare separativ:
$$Q_c = Q_{uz,max,or};$$
- în procedeul de canalizare unitar și mixt:
$$Q_c = 2Q_{uz,max,or}.$$

Dimensionarea canalelor pe care se amplasează debitmetrele trebuie făcută în strânsă legătură cu aparatele auxiliare de măsurare a nivelului amonte de care se dispune. Limitele extreme de indicare a nivelului trebuie să ofere o scală de măsurare care să cuprindă toată gama adâncimilor h_m ce se pot realiza în canalul respectiv pentru Q_{max} , respectiv Q_{min} .

Necesitatea măsurării continue a debitului, a înregistrării, transmiterii la distanță și eventual a contorizării lui, este o chestiune strâns legată de o exploatare corectă și modernă a stației de epurare.

În schema stațiilor de epurare funcție de mărimea și importanța acestora, amplasarea debitmetrelor se poate face:

- în aval de deznisipatoare;
- pe canalul (conducta) de evacuare a apelor epurate;
- în alte secțiuni de pe linia apei, a nămolului sau biogazului unde tehnologia de epurare impune cunoașterea permanentă a debitelor respective;

7.5 Deznisipatoare

Deznisipatoarele sunt construcții descoperite care rețin particulele grosiere din apele uzate, în special nisipul, cu diametrul granulelor mai mare decât 0,20 ... 0,25 mm.

Amplasarea deznisipatoarelor se face în mod curent după grătare și înaintea separatoarelor de grăsimi. În cazul existenței unei stații de pompare echipată cu transportoare hidraulice, deznisipatoarele pot fi amplasate și în avalul acesteia.

Deznisipatoarele se clasifică în:

- deznisipatoare orizontale longitudinale;
- deznisipatoare tangențiale;
- deznisipatoare cu insuflare de aer;
- deznisipatoare – separatoare de grăsimi cu insuflare de aer;

Alegerea tipului de deznisipator se face printr-un calcul tehnico – economic, luând în considerație mărimea debitului, natura terenului de fundare și spațiul disponibil; procedeul de canalizare; se va adopta soluția având costuri reduse și care asigură și performanțele tehnologice cerute.

7.5.1 Debite de dimensionare și verificare

Debitele de dimensionare și de verificare ale deznisipatoarelor:

- în procedeul de canalizare separativ:

- $Q_c = Q_{uz,max,or}$;

- $Q_v = Q_{uz,min,or}$;

– în procedeul de canalizare unitar și mixt:

- $Q_c = 2Q_{uz,max,or}$;
- $Q_v = Q_{uz,min,or}$;

7.5.2 Parametrii de dimensionare

- 1) Numărul minim de compartimente este $n = 2$; se poate adopta un singur compartiment, la stațiile de epurare de capacitate redusă ($Q_{uz,max,zi} < 50l/s$) completat cu un canal de ocolire;
- 2) Mărimea hidraulică (u_0) a particulelor de nisip și viteza de sedimentare în curent (u), pentru particule de nisip cu $\gamma = 2,65 \text{ tf/m}^3$, viteza orizontală $v_0 = 0,3 \text{ m/s}$ și diverse diametre ale granulelor (d) se consideră ca în tab. 7.2;

u_0 - viteza de sedimentare a unei particule solide într-un fluid aflat în repaos sau în regim de curgere laminar;

u - valoarea vitezei la care particula de nisip sedimentează (chiar în condițiile unui regim de curgere turbulent);

Tabel 7.2. Valori ale mărimii hidraulice și ale vitezei de sedimentare în curent pentru particule de nisip cu $\gamma = 2,65 \text{ tf/m}^3$

d (mm)	0,20	0,25	0,30	0,40
u_0 (mm/s)	23	32	40	56
u (mm/s)	16	23	30	45

- 3) Viteza orizontală medie a apei în deznisipator trebuie să se situeze în domeniul: $v_0 = 0,1 \dots 0,30 \text{ m/s}$; la intrarea și ieșirea din compartimentele deznisipatoarelor se vor prevedea stările de închidere în scopul izolării fiecărui compartiment în caz de revizii, avarii sau reparații; pentru manevrarea acestora se vor realiza pasarele de acces cu lățimea de $0,80 \dots 1,20 \text{ m}$, prevăzute cu balustrade;

- 4) Încărcarea superficială, u_s , va trebui să respecte condiția:

$$u_s = \frac{Q_c}{A_0} \leq u \text{ (mm/s)} \quad (7.21)$$

unde:

A_0 – suprafața orizontală a oglinzii apei la debitul de calcul, (m^2);

7.5.3 Deznisipator orizontal longitudinal cu secțiune transversală parabolică

Parametrii de proiectare pentru deznisipatorul orizontal longitudinal cu secțiune transversală parabolică sunt:

- Timpul mediu de trecere a apei prin bazin: $t = 30 \dots 65$ s;
- Adâncimea apei în deznisipator se recomandă: $H = 0,4 \dots 1,5$ m;
- Lățimea compartimentelor va respecta dimensiunile recomandate pentru utilajul de evacuare a nisipului (podul curățitor);
- Cantitatea specifică de nisip ce trebuie evacuată se va considera:
 - în procedeu separativ:
 - $C = 4 \dots 6$ m³ nisip/ 100.000 m³ apă uzată, zi;
 - în procedeu unitar și mixt:
 - $C = 8 \dots 12$ m³ nisip/ 100.000 m³ apă uzată, zi;
- Rigola longitudinală de colectare a nisipului va avea o secțiune transversală cu dimensiuni de minim 0,40 m lățime și 0,25 m adâncime;

Debitul la care se raportează cantitățile specifice de nisip este $Q_{u,zi,max}$.

7.5.4 Deznisipator orizontal tangențial

Este alcătuit dintr-o cuvă circulară în care accesul apei se face tangențial printr-o fereastră laterală prevăzută în perete. Mișcarea circulară care se realizează este menținută și la debite mici cu ajutorul unor palete fixate rigid de un tub mobil care este acționat într-o mișcare de rotație de un grup electromotor – reductor de turație .

Mișcarea circulară imprimată apei admisă tangențial, este menținută la o viteză periferică de 0,30 m/s, aceasta fiind controlată prin accelerarea sau încetinirea rotației paletelor.

Prin interiorul tubului mobil trece conducta air-liftului care evacuează nisipul pe o platformă de drenaj amplasată adiacent bazinului.

Deznisipatorul poate fi alcătuit dintr-o singură cuvă, deoarece prin jocul unor stăvilare se poate realiza ocolirea bazinului, sau din module de câte două cuve cuplate și amplasate simetric.

În figura 7.2 este prezentată schița unui deznisipator orizontal – tangențial.

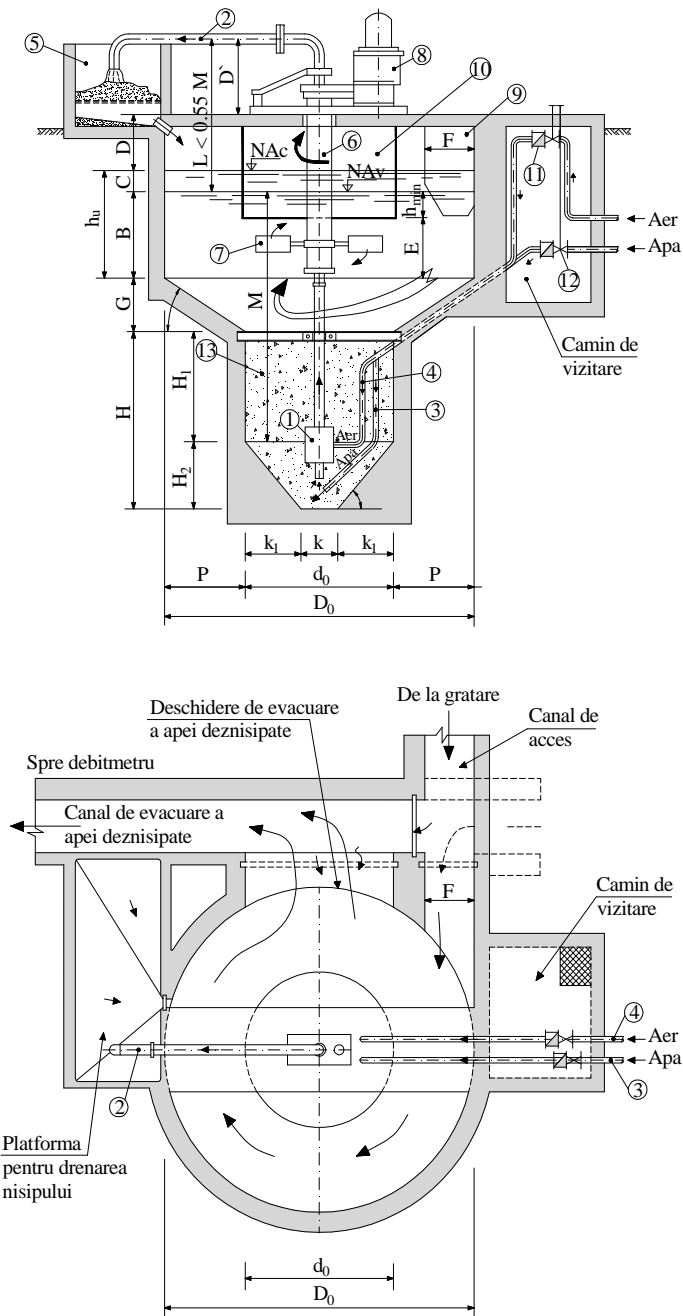


Figura 7.2. Deznisipator orizontal tangențial. Secțiune transversală și plan.

- 1- air – lift; 2-conductă de evacuare nisip; 3-conductă de apă; 4-conductă de aer comprimat;
 5-platformă pentru drenarea nisipului; 6-tub mobil; 7-palete; 8-electromotor;
 9-deschidere de acces a apei în deznisipator; 10-deschidere de evacuare a apei deznisipate;
 11-clapet de reținere; 12-vană; 13-spațiu pentru colectarea nisipului.

7.5.5 Deznisipator cu insuflare de aer

Denumit și deznisipator aerat, acest obiect tehnologic constă dintr-un canal longitudinal în care se insuflă aer comprimat sub formă de bule fine prin intermediul conductelor perforate, discuri sau plăci cu membrană elastică perforată; dispozitivul de insuflare este amplasat asimetric în secțiunea transversală, în apropierea unuia dintre pereții bazinului. Mișcarea apei în bazin este de tip elicoidal, nisipul conținut în apa uzată fiind proiectat pe peretele opus zonei de insuflare a aerului; acesta cade de-a lungul acestui perete spre partea inferioară a bazinului unde este reținut într-o rigolă longitudinală al cărui ax este amplasat la 1/3 din lățimea compartimentului (măsurată de la peretele lângă care se insuflă aerul); insuflarea aerului se face pe toată lungimea bazinului.

Parametrii de proiectare recomandați pentru acest tip de deznisipator sunt:

- Încărcarea superficială; pentru separarea nisipului cu $d \geq 0,25$ mm la o eficiență de peste 85% se va considera :

– pentru debitul de calcul:
$$u_s = \frac{Q_c}{A_o} \leq 19 \dots 20 \text{ (mm/s)} \quad (7.22)$$

– pentru debitul zilnic maxim:
$$u_s' = \frac{Q_{u.zi,max}}{A_o} \leq 9 \dots 9,5 \text{ (mm/s)} \quad (7.23)$$

În cazul deznisipatoarelor aerate, $u_s \leq u$, a unei particule de diametru d care sedimentează chiar în condițiile turbulenței existente în bazin.

- Viteza medie orizontală:

$$V_o = \frac{Q_c}{n \cdot B_1 \cdot H} \leq 0,1 \dots 0,2 \text{ (m/s)} \quad (7.24)$$

unde:

n – numărul de compartimente;

B_1 – lățimea unui compartiment;

H – adâncimea utilă, măsurată între nivelul apei și cota superioară a dispozitivului de insuflare a aerului;

- Raportul dintre lățime și adâncime:
$$\frac{B_1}{H} = 1,2 \quad (7.25)$$

- Se recomandă ca suprafața secțiunii transversale:
$$S_1 = B_1 \cdot H < 15 \text{ (m}^2\text{)} \quad (7.26)$$

- Raportul dintre lungimea și lățimea deznisipatorului:
$$m = \frac{L}{B_1} = 10 \dots 15 \quad (7.27)$$

- Viteza de curgere a aerului prin conductele sistemului de aerare se va considera 15 ... 20 m/s;
- Timpul mediu de staționare a apei în bazin:
 - pentru $Q_c = 2Q_{uz,max,or}$: $t = 1 \dots 3$ min.
 - pentru $Q_c = Q_{uz,max,or}$: $t = 5 \dots 10$ min.
- Debitul specific de aer: $q_{aer} = 0,5 \dots 1,5 \text{ m}^3 \text{ aer/h,m}^3 \text{ volum util}$;
- Viteza periferică "de rulare" a apei, de 0,3 m/s, necesară antrenării nisipului depus spre canalul de colectare, va fi menținută prin reglarea debitului de aer insuflat funcție de debitul de apă vehiculat prin bazin, respectându-se relația:

$$\frac{Q_{aer}}{Q_c} = 0,025 \dots 0,1 \quad (7.28)$$

- Lățimea unui compartiment se alege funcție de deschiderea podului curățitor;
- Aerul necesar se va asigura de la o stație de suflante;

7.5.6 Deznisipator – separator de grăsimi cu insuflare de aer

Aceasta construcție reunește 2 obiecte tehnologice distincte: deznisipatorul și separatorul de grăsimi. Avantajele rezultate:

- economie de investiție și de spațiu ocupat;
- reducerea cheltuielilor de exploatare;
- reducerea volumelor de lucrări de construcții;

Deznisipatorul aerat este identic cu cel descris în § 7.5.5, la care ecranul longitudinal este prevăzut la partea inferioară cu un grătar din bare verticale pentru disiparea energiei curentului transversal de apă.

Parametrii de proiectare pentru acest obiect sunt:

- Debitele de calcul și de verificare:
 - în procedeul de canalizare separativ:
 - $Q_c = Q_{uz,max,or}$;
 - $Q_v = Q_{uz,min,or}$;
 - în procedeul de canalizare unitar și mixt:
 - $Q_c = 2Q_{uz,max,or}$;
 - $Q_v = Q_{uz,min,or}$;

- Încărcarea superficială recomandată:
 - $u \leq 6 \dots 7$ mm/s, pentru Q_c ;
 - $u_s \leq 6 \dots 7$ mm/s, pentru Q_v ;
- Timpul mediu de staționare în bazin:
 - pentru Q_c : $t = 2 \dots 5$ min.
 - pentru Q_v : $t = 10 \dots 15$ min.
- Debitul specific de aer: $q_{aer} = 0,5 \dots 1,5$ m³ aer/h, m³ volum util;
- Raportul debitelor de aer și de apă:

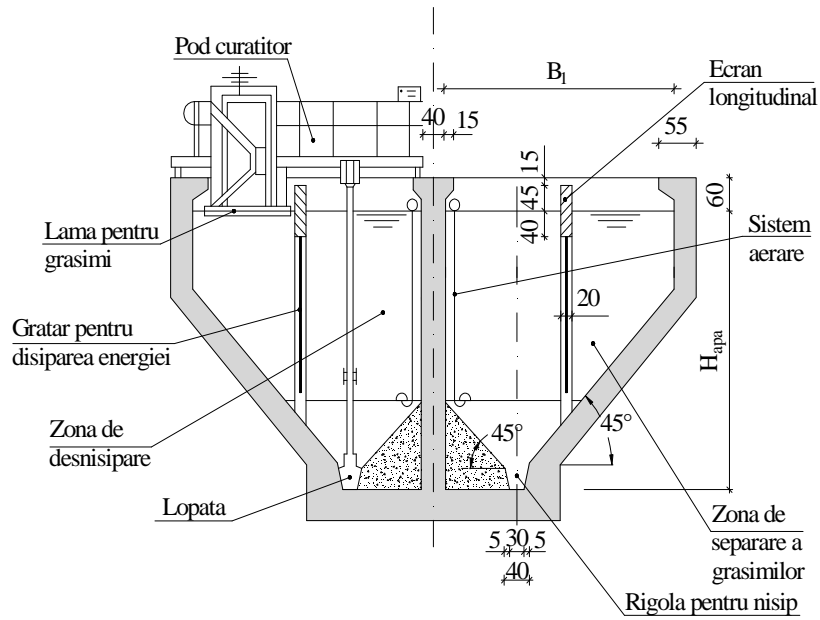
$$\frac{Q_{aer}}{Q_c} = 0,1 \dots 0,22 \quad (7.29)$$

$$\frac{Q_{aer}}{Q_v} = 0,2 \dots 0,5 \quad (7.30)$$

Grăsimile separate din apă se colectează într –un compartiment situat în zona aval de unde sunt evacuate gravitațional sau prin pompare într-un cămin de colectare a grăsimilor, în bazinul de aspirație al stației de pompare a nămolului sau direct la fermentare, dacă sunt biodegradabile.

O schemă a deznisipatorului – separator de grăsimi cu insuflare de aer este dată în figura 7.3.

Secțiune transversală



Secțiune longitudinală

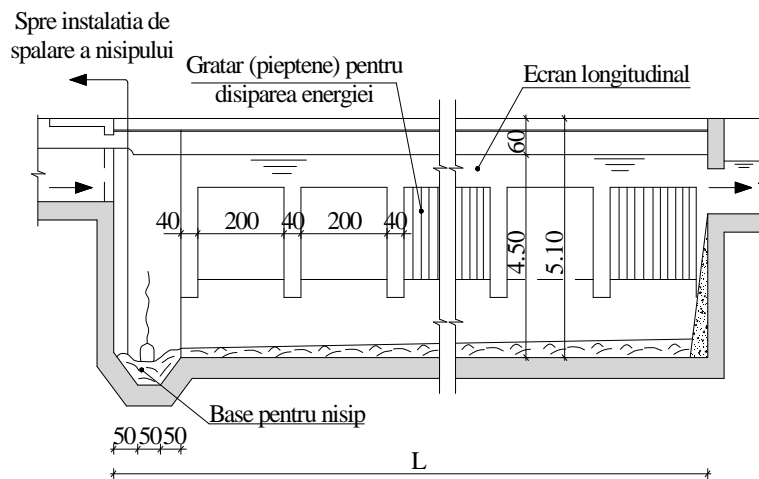


Figura 7.3. Deznisipator – separator de grăsimi cu insuflare de aer.

7.6 Separatoare de grăsimi

Separatoarele de grăsimi sunt construcții descoperite care utilizează principiul fizic al flotației naturale și artificiale pentru separarea din apă a grăsimilor, uleiurilor, produselor petroliere și a altor substanțe nemiscibile și mai ușoare decât apa.

Aceste tipuri de separatoare rețin grăsimile aflate în apă sub formă liberă (peliculă sau film) ori sub formă de particule independente formând cu apa emulsii mecanice de tip mediu sau grosier (diametrul particulelor de grăsime $d_p > 50 \mu\text{m}$).

Prevederea separatoarelor de grăsimi în stațiile de epurare a apelor uzate orășenești **este obligatorie** în următoarele cazuri:

- când concentrația grăsimilor din apa uzată exprimată prin substanțele extractibile în eter de petrol, este $\geq 20 \text{ mg/dm}^3$ (se vor avea în vedere șocurile de încărcare cu grăsimi, previzibile sau accidentale ale influentului stației de epurare);
- când schema tehnologică a stației de epurare cuprinde treaptă biologică artificială sau naturală;

În schema tehnologică a stației de epurare, separatorul de grăsimi se amplasează între deznisipatoare și decantoarele primare; deznisiparea apelor uzate în amonte de separatoarele de grăsimi este obligatorie.

La stațiile de epurare medii ($Q_{uz,max,zi} = 50 \dots 250 \text{ l/s}$) și mari ($Q_{uz,max,zi} > 250 \text{ l/s}$) se recomandă utilizarea deznisipatorului – separator de grăsimi cu insuflare de aer.

În stațiile de epurare a apelor uzate orășenești se utilizează frecvent următoarele tipuri de separatoare de grăsimi:

- deznisipatoare-separatoare de grăsimi cu insuflare de aer (§ 7.5.6);
- separatoare de grăsimi cu insuflare de aer la joasă presiune (0,5 ÷ 0,7 at.);
- separatoare de grăsimi cu plăci paralele sau cu tuburi înclinate;

7.6.1 Debite de dimensionare și verificare

- Debitul de calcul al separatoarelor de grăsimi este pentru toate procedeele de canalizare: $Q_c = Q_{uz,max,zi}$;
- Debitul de verificare:
 - în procedeu separativ: $Q_v = Q_{uz,max,or}$;
 - în procedeu unitar și mixt: $Q_v = 2Q_{uz,max,or}$;

7.6.2 Parametrii de proiectare

Separatoarele de grăsimi trebuie prevăzute cu minimum două compartimente în funcțiune. În cazul unor debite de apă uzată sub 50 l/s, se poate admite un singur compartiment, cu obligativitatea prevederii unui canal de ocolire. La proiectarea separatoarelor de grăsimi se va ține seama de prevederile STAS 12264/1991.

Parametrii de proiectare recomandați pentru separatoarele de grăsimi cu insuflare de aer de joasă presiune sunt:

- Viteza de ridicare a particulelor de grăsime $v_r = 8 \dots 15$ m/h;
- Încărcarea superficială:

$$u_s = \frac{Q_c}{A_o} = \frac{Q_c}{n \cdot B_1 \cdot L} \leq v_r \text{ (mm/s)} \quad (7.31)$$

unde:

- n – numărul de compartimente în funcțiune;
- B_1 – lățimea unui compartiment, $B_1 = 2,0 \dots 4,5$ m;
- L – lungimea utilă, (m);
- A_o – aria suprafeței orizontale, (m^2);
- Se recomandă raportul $\frac{L}{B_1} \geq 2,5$;
- Timpul mediu de trecere al apei prin separator:

$$t = \frac{V}{Q_c} = \frac{n \cdot S_1 \cdot L}{Q_c} = \frac{L}{v_L} \geq 5 \dots 12 \text{ min} \quad (7.32)$$

unde:

- V – volumul util al separatorului de grăsimi, (m^3);
- n – numărul de compartimente în funcțiune;
- S_1 – aria secțiunii transversale a unui compartiment :

$$S_1 = \frac{B_1 + b}{2} \cdot H \text{ (m}^2\text{)} \quad (7.33)$$

- H – adâncimea apei în separator, $H = 1,2 \dots 3,0$ m;
- L – lungimea utilă, (m);
- v_L – viteza longitudinală de curgere a apei prin separator (valoarea medie pe secțiune) se calculează cu relația:

$$v_L = \frac{Q_c}{n \cdot S_1} = \frac{L}{t} \text{ (cm/s)} \quad (7.34)$$

Viteza longitudinală de curgere trebuie să îndeplinească condiția:

$$v_L \leq 15 \cdot u_s \quad (7.35)$$

- Supraînălțarea h_v a pereților deversori ai jghiaburilor de colectare a grăsimilor peste nivelul apei aferent debitului de calcul, se determină din condiția ca la debitul de verificare, apa să nu depășească creasta acestor pereți deversori iar timpul mediu de trecere a apei prin separator să respecte condiția:

$$t_v = \frac{V_v}{Q_v} = \frac{V+n \cdot B_1 \cdot L \cdot h_v}{Q_v} \geq 4 \dots 5 \text{ min} \quad (7.36)$$

- Cantitatea de aer insuflat este funcție de debitul de apă care se epurează la un moment dat, astfel încât pentru obținerea unei eficiențe ridicate și constante, este necesară reglarea debitului de aer insuflat funcție de mărimea debitului de apă tratat; se vor prevedea în acest sens dispozitive de reglare automată;
- Debitul specific de aer ce trebuie insuflat se va considera (raportarea se face la $Q_{uz,max,zi}$):
 - $q_{aer} = 0,3 \text{ m}^3 / \text{h aer}/(\text{m}^3/\text{h})$ apă uzată în cazul insuflării aerului sub formă de bule fine și medii prin materiale poroase sau prin dispozitive cu membrană elastică perforată;
 - $q_{aer} = 0,6 \text{ m}^3 / \text{h aer}/(\text{m}^3/\text{h})$ apă uzată în cazul insuflării aerului prin conducte perforate;

Alegerea utilajului de producere a aerului comprimat (suflyante) se va face pentru o presiune relativă de 0,5 – 0,7 at. și pentru un debit de aer:

$$Q_{aer} = q_{aer} \cdot Q_c \text{ (m}^3/\text{h)} \quad (7.37)$$

7.7 Decantorul primar

Decantoarele primare sunt construcții descoperite care au rolul de a reține din apele uzate orășenești sau industriale cu caracteristici similare, substanțele în suspensie sedimentabile gravimetric care au trecut de deznisipatoare și separatoare de grăsimi.

Decantoarele primare sunt amplasate în aval de separatoarele de grăsimi sau de treapta de degroșisare atunci când separatoarele lipsesc din schema de epurare; în cazul stațiilor de epurare ce deservește o canalizare în procedeu unitar sau mixt decantoarele vor fi precedate obligatoriu de

deznisipatoare, lucru ce se impune și în procedeul separativ pentru debite ce depășesc debite de $3.000 \text{ m}^3/\text{zi}$.

Substanțele reținute poartă denumirea de nămoluri primare; umiditatea acestor nămoluri este $w_p = 95 \dots 96\%$; în aceste nămoluri sunt conținute și o parte din substanțele organice din apele uzate, astfel încât decantoarele primare rețin odată cu materiile în suspensie și substanțe organice.

Eficiențele reținerii prin decantare primară a substanțelor în suspensie (MTS) și a substanțelor organice exprimate prin consumul biochimic de oxigen la 5 zile (CBO_5) sunt prezentate în § 5.1.1.

În cazuri justificate tehnic și economic, pe baza încărcării organice a apelor uzate și tehnologia adoptată pentru treapta de epurare biologică, decantoarele primare pot lipsi din schema tehnologică a stației de epurare și anume:

- când epurarea se realizează în instalații biologice compacte de capacitate mică (soluție cu bazine de aerare);
- când apele uzate ce urmează a fi epurate au proveniență exclusiv menajeră și debite $Q_{uz,max,zi}$ până la 200 l/s , iar epurarea biologică se realizează în soluția cu bazine de aerare;
- când eficiența decantării primare în reținerea MTS prin sedimentare gravimetrică este sub 40% ;

Alegerea tipului de decantor, a numărului de compartimente și a dimensiunilor acestora se face pe baza calculului tehnico-economic comparativ, a cantității și calității apei brute și a parametrilor de proiectare recomandați pentru fiecare caz în parte.

7.7.1 Debite de dimensionare și verificare

Debitele de calcul și verificare ale decantoarelor primare sunt:

- Debitul de calcul:
 - Pentru procedeul separativ: $Q_c = Q_{uz,max,or}$;
 - Pentru procedeul unitar și mixt: $Q_c = 2Q_{uz,max,or}$;
- Debitul de verificare:
 - Pentru procedeul separativ: $Q_v = Q_{uz,min,or}$;
 - Pentru procedeul unitar sau mixt: $Q_v = Q_{uz,min,or}$;

7.7.2 Parametrii de dimensionare ai decantoarelor primare

Numărul de decantoare va fi de minim 2 unități, ambele utile, fiecare putând funcționa independent.

Pentru funcționarea corectă a unităților de decantare se impune distribuția egală a debitelor între unitățile respective; aceasta se realizează prin prevederea în amonte de decantoare a unei camere de distribuție a debitelor (distribuitoare); camera de distribuție trebuie să asigure echipartitia debitelor prin realizarea unei deversări neînecate și a unei alcătuirii constructive care să conducă la evitarea depunerilor în compartimentele camerei respective; ansamblul instalației de decantare va fi prevăzut cu un canal de ocolire care să asigure scoaterea din funcțiune, în caz de necesitate, a fiecărei unități de decantare și să asigure preaplinul de siguranță.

Principalii parametri de dimensionare ai decantoarelor primare sunt:

- Debitul apelor uzate (§ 7.7.1);
- Viteza de sedimentare a particulelor (u); în lipsa unor date experimentale, u , se va stabili în funcție de eficiența impusă în reținerea suspensiilor (e_s) și de concentrația inițială în suspensii a apelor uzate (c_{uz}), conform tabelului 7.3; pentru apele uzate industriale cu caracteristici diferite de cele urbane, parametrii de dimensionare se vor stabili pe bază de studii "in situ".

Tabel 7.3. Valori ale vitezei de sedimentare.

Nr. crt.	Eficiența reținerii suspensiilor în decantor e_s (%)	Concentrația inițială a suspensiilor (C_{uz})		
		$C_{uz} < 200 \text{ mg/l}$	$200 \text{ mg/l} \leq C_{uz} < 300 \text{ mg/l}$	$C_{uz} \geq 300 \text{ mg/l}$
		Viteza de sedimentare (u) (m/h)		
1	40 ... 45	2,3	2,7	3,0
2	46 ... 50	1,8	2,3	2,6
3	51 ... 55	1,2	1,5	1,9
4	56 ... 60	0,7	1,1	1,5

- Încărcarea superficială (u_s) trebuie să respecte condiția:

$$u_s = \frac{Q_c}{A_o} \leq u \quad (7.38)$$

unde:

A_o – suprafața orizontală a luciului de apă din decantor, (m^2);

u – viteza de sedimentare stabilită conform tab.7.3;

- Viteza maximă de curgere a apei prin decantor:
 - pentru decantoarele orizontale: $v_{\max} = 10 \text{ mm/s}$;
 - pentru decantoarele verticale: $v_{\max} = 0,7 \text{ mm/s}$;
- Timpul de decantare de calcul (t_c) și de verificare (t_v).
 - La debitul de calcul: $t_c = 1,5 \text{ h}$;
 - La debitul de verificare:
 - dacă stația de epurare are numai treaptă de epurare mecanică sau dacă decantoarele primare sunt urmate de bazine cu nămol activat iar procedeul de canalizare este unitar sau mixt: $t_v = 0,5 \text{ h}$;
 - dacă procedeul de canalizare este separativ: $t_v = 1 \text{ h}$;
 - dacă decantoarele primare sunt urmate de filtre biologice: $t_v = 1 \text{ h}$;

Accesul și evacuarea apei din decantor sunt definitorii pentru eficiența procesului de sedimentare. Pentru acces se recomandă prevederea de defletoare sau ecrane semi-scutundate ori realizarea unor orificii în peretele frontal amonte care să permită repartiția uniformă a firelor de curent pe întreaga secțiune transversală de curgere; determinarea numărului de defletoare se face pe baza debitului aferent unui deflector $q_a = 4 \dots 7 \text{ l/s}$, deflector și a distanței dintre ele $a = 0,75 \dots 1,00 \text{ m}$, atât pe verticală cât și pe orizontală.

Evacuarea apei se face de obicei prin deversare peste unul sau ambii pereți ai rigolelor de colectare a apei decantate. Pentru realizarea unei colectări uniforme pe toată lungimea de deversare, se prevăd deversoare metalice triunghiulare amovibile pe verticală, care să asigure înălțimea egală a lamei de apă.

În amonte de peretele deversor al rigolei de colectare a apei limpezite, la $0,30 \dots 0,40 \text{ m}$ se prevede un ecran semi-scutundat cu muchia inferioară la $0,25 \text{ m}$ sub nivelul minim al apei și muchia superioară la cel puțin $0,20 \text{ m}$ deasupra nivelului maxim al apei.

Evacuarea apei decantate se poate realiza și printr-un colector alcătuit din conductă submersată, cu fante (orificii), care are avantajul de a elimina influența vântului și peretele (ecranul) semi-scutundat și de a reduce substanțial abaterile de la orizontalitate a sistemului de colectare. Curgerea în conductă trebuie să fie cu nivel liber.

Lungimea deversoarelor trebuie să fie stabilită astfel încât debitul specific de apă pentru **1 m** lungime de deversor să nu depășească valorile următoare:

– $q_d^c \leq 60 \text{ m}^3/\text{h.m}$, la Q_c ;

– $q_d^v \leq 180 \text{ m}^3/\text{h.m}$, la Q_v ;

Când valorile de mai sus sunt depășite, se recomandă creșterea lungimii de deversare prin realizarea de rigole paralele sau, la decantoarele radiale și verticale, prin prevederea de rigole radiale suplimentare. Înălțimea de siguranță (garda hidraulică) a pereților decantorului deasupra nivelului maxim al apei va fi de minim 0,3m.

7.7.3 Decantoare orizontale longitudinale

Sunt bazine din beton armat, de regulă descoperite, cu secțiune transversală dreptunghiulară, având lățimea unui compartiment b_1 , adâncimea utilă h_u și lungimea L (fig. 7.4). Admisia apei în decantor se face prin defletoare sau orificii practicate în perețele despărțitor dintre camera de intrare și compartimentul decantor, sau prin deversare uniformă pe toată lățimea decantorului peste perețele rigolei de aducțiune a apei.

În partea amonte a bazinului este prevăzută o pâlnie (bașă) pentru colectarea nămolului din care acesta este evacuat hidraulic, prin sifonare sau pompare, continuu sau intermitent, spre construcțiile de prelucrare a nămolului; intervalul de timp dintre două evacuări se stabilește funcție de tehnologia de epurare adoptată și de caracteristicile nămolului, recomandându-se să nu se depășească 4 ÷ 6 ore, în scopul evitării intrării în fermentare a nămolului.

Îndepărtarea nămolului din pâlnie se face prin conducte cu diametrul de minim 200 mm, viteza minimă admitându-se de 0,70 m/s; nămolul depus pe radierul bazinului este dirijat către pâlnia de nămol din amonte, prin intermediul unui pod cu lamă racloare a cărui viteză de deplasare se va adopta 2 ... 5 cm/s, astfel încât ciclul tur – retur să nu depășească 45 minute și deplasarea podului raclor să nu repună în stare de suspensie nămolul depus pe radier. Curățarea nămolului de pe radier și transportul acestuia spre pâlnia colectoare amonte poate fi realizată și de racloare submersate de tip lanț fără sfârșit (lanț cu racleți), lamele racloare sunt așezate la distanța de 2,0 m, iar viteza de mișcare a lanțului este de 1,5 ... 4,0 cm/s. Pot fi adoptate și alte tipuri de racloare.

Pentru lățimi ale compartimentelor de decantare $b_1 > 6 \text{ m}$ se vor realiza două pâlnii de colectare a nămolului; lățimea unui compartiment nu va depăși 9 m.

Pentru evitarea antrenării spumei și uneori a grăsimilor și plutitorilor colectați de pe suprafața apei (frunze etc.) odată cu apa decantată, în avalul decantoarelor se prevăd pereți semi-

scufundați amplasați la 0,30 ÷ 0,50 m în fața deversoarelor și la 0,25 ÷ 0,30 m sub nivelul minim al apei; muchia superioară a acestor pereți se plasează cu minim 0,20 m deasupra nivelului maxim al apei din decantor.

Grăsimile și alte materii plutitoare sunt împinse de lame de suprafață prinse de podul raclor sau de lanțul fără sfârșit și colectate într-un jgheab pentru grăsimi, așezat în partea aval a decantorului; printr-o conductă, grăsimile ajung într-un cămin (rezervor) pentru grăsimi amplasat în vecinătatea decantorului, fiind apoi evacuate prin vidanjare sau pompare.

7.7.3.1 Dimensionarea decantoarelor orizontale longitudinale

Dimensionarea decantoarelor orizontale longitudinale se face utilizându-se următoarele relații de calcul:

- Volumul decantorului:

$$- \text{dimensionare: } V_d = Q_c \cdot t_c \text{ (m}^3\text{)} \quad (7.39)$$

$$- \text{verificare: } V_v = Q_v \cdot t_v \text{ (m}^3\text{)} \quad (7.40)$$

unde: Q_c , Q_v , t_c , t_v sunt definiți în paragrafele anterioare;

- Secțiunea orizontală a decantorului:

$$A_o = \frac{Q_c}{u_s} \text{ (m}^2\text{)} \quad (7.41)$$

$$A_o = n \cdot b_1 \cdot L \text{ (m}^2\text{)} \quad (7.42)$$

unde:

u_s – definită în paragraful anterior (tab.7.3);

n – numărul de compartimente de decantare;

L , b_1 – conform fig. 7.4;

- Secțiunea transversală a decantorului:

$$S = \frac{Q_c}{v_o} \text{ (m}^2\text{)} \quad (7.43)$$

$$S = \frac{V_d}{L} \text{ (m}^2\text{)} \quad (7.44)$$

$$S = n \cdot b_1 \cdot h_u \text{ (m}^2\text{)} \quad (7.45)$$

unde:

v_o – viteza orizontală a apei definită în paragraful anterior;

L , b_1 , h_u – conform fig. 7.4;

- Lungimea decantorului:

$$L = v_o \cdot t_c \quad (\text{m}) \quad (7.46)$$

- Lățimea decantorului (valori recomandate: 3,0; 4,0; 5,0; 6,0; 7,0; 8,0; 9,0m):

$$b_1 = \frac{A_o}{n \cdot L} \quad (\text{m}) \quad (7.47)$$

- Raportul :

$$4 \leq \frac{L}{b_1} \leq 10 \quad (7.48)$$

- Adâncimea utilă a spațiului de decantare:

$$h_u = u \cdot t_c \quad (\text{m}) \quad (7.49)$$

$$\frac{L}{25} \leq h_u \leq \frac{L}{10} \quad (7.50)$$

- Debitul specific al deversorului (evacuare apă decantată):

$$q_d^c = \frac{Q_c}{n \cdot b_1} \leq 60 \quad (\text{m}^3/\text{h}, \text{m}) \quad (7.51)$$

$$q_d^v = \frac{Q_v}{n \cdot b_1} \leq 180 \quad (\text{m}^3/\text{h}, \text{m}) \quad (7.52)$$

Dacă aceste condiții nu sunt respectate, se vor prevedea lungimi de deversare suplimentare.

- Cantitatea zilnică de materii solide, exprimată în substanță uscată, în greutate, din nămolul primar este:

$$N_p = e_s \cdot c_{uz} \cdot Q_c \quad (\text{kg/zi}) \quad (7.53)$$

unde: e_s , c_{uz} – definite în tab.7.3; Q_c – debitul de calcul definit în § 7.7.1.

- Volumul de nămol primar:

$$V_{np} = \frac{N_p}{\gamma_n} \cdot \frac{100}{100 - w_p} \quad (\text{m}^3/\text{zi}) \quad (7.54)$$

unde:

$\gamma_n = 1008 \dots 1200 \text{ (kgf/m}^3\text{)}$ - greutatea specifică a nămolului;

$w_p = 95 \dots 96 \%$;

Volumele de nămol reținute în decantorul primar trebuie mărite în schemele de epurare în care se folosește coagulant sau când se trimite în decantor nămol biologic din decantoarele secundare.

Volumul pâniilor de nămol se stabilește astfel încât volumul geometric care se realizează (V_{pg}) să fie mai mare sau cel puțin egal cu volumul de nămol dintre două evacuări; evacuarea

poate fi realizată continuu dacă nămolul rezultă în cantități mari, sau intermitent, la maxim $4 \div 6$ h spre a se evita intrarea în fermentare a nămolului.

Notând cu t_{ev} (h) timpul dintre două evacuări, rezultă numărul de evacuări (șarje):

$$n_{ev} = \frac{24}{t_{ev}} \quad (7.55)$$

Volumul de nămol dintre 2 evacuări aferent unui compartiment de decantare:

$$V_{ev} = \frac{V_{np}}{n_{ev} \cdot n} \quad (\text{m}^3 / \text{evacuare}) \quad (7.56)$$

unde: V_{np} , n_{ev} – definiți anterior; n – numărul de compartimente de decantare;

$$\text{Se verifică dacă: } V_{pg} \geq V_{ev} \quad (7.57)$$

Dacă în decantorul primar se trimite nămol **în exces** din decantoarele secundare (în schemele cu bazine cu nămol activat) sau **nămol biologic** (în schemele cu filtre biologice), atunci volumul pâlniei de nămol V_{pg} se va majora corespunzător.

Adâncimea totală a decantorului, măsurată în secțiunea mijlocie (la distanța $L/2$ de intrarea apei în decantor) este:

$$H = h_s + h_u + h_n + h_d \quad (\text{m}) \quad (7.58)$$

unde:

h_s – este înălțimea zonei de siguranță care se adoptă $0,30 \div 1,00$ m, în funcție de înălțimea lamei racloare, în cazul în care aceasta, în cursa pasivă, este deasupra nivelului apei și de influența valurilor funcție de intensitatea vânturilor, conform STAS 10101-20/1990;

h_u – adâncimea utilă a decantorului stabilită cu relația (7.49);

h_n – înălțimea stratului neutru, care desparte spațiul de sedimentare de cel de depunere a nămolului și care se ia de obicei de $0,30$ m;

h_d – înălțimea stratului de depunere, considerat în calcule de $0,20 \dots 0,30$ m;

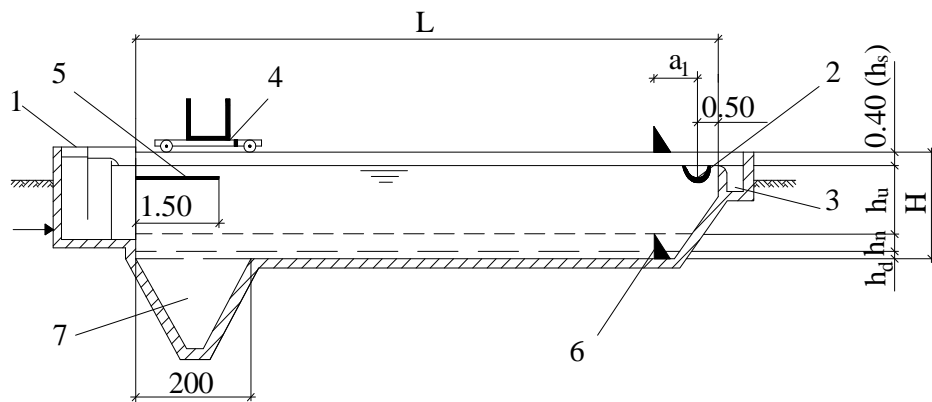
Rigolele de colectare a apei limpezite se vor dimensiona la debitul de verificare Q_v astfel încât în secțiunea cea mai solicitată viteza să fie de minimum $0,7$ m/s. Sistemul de colectare a apei limpezite trebuie să asigure o colectare uniformă prin deversare în regim neînnecat. În tabelul 7.4 și în figura 7.4 sunt prezentate dimensiunile recomandate pentru proiectarea decantoarelor longitudinale orizontale.

Tabel 7.4. Dimensiuni caracteristice ale decantoarelor orizontale longitudinale.

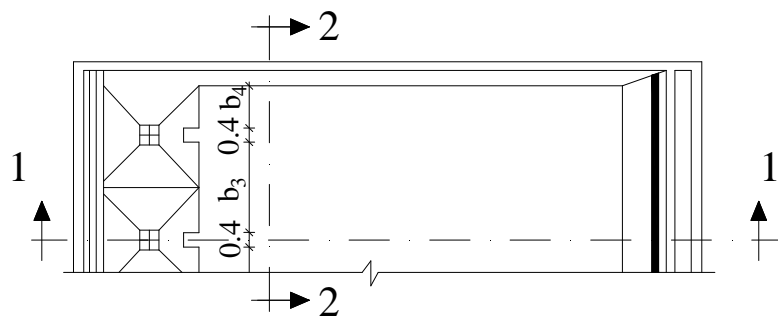
Nr. crt.	b_1 (m)	L (m)	$A_{01}*=b_1L$ (m ²)	b_2 (m)	b_3 (m)	b_4 (m)	h_u (m)	h_s (m)	h_n (m)	h_d (m)	H (m)	Ec (m)	S= b_1h (m ²)	$V_u=A_{01}*h_u$ (m ³)	a_1 (m)
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	3,0	20...30	60...90	2,3	1,10	0,20	1,80	0,40	0,20	0,20	2,60	2,90	5,40	108...162	0,27
2	4,0	25...40	100...160	3,3	1,60	0,45	2,00	0,40	0,20	0,20	2,80	3,90	8,00	195...312	0,27
3	5,0	30...50	150...250	4,3	2,10	0,70	2,20	0,40	0,20	0,20	3,00	4,90	11,00	322...537	0,27
4	6,0	40...55	240...330	5,3	2,60	0,85	2,50	0,40	0,20	0,30	3,40	5,90	15,00	540...835	0,26
5	7,0	45...60	315...420	6,3	3,10	1,20	2,65	0,40	0,20	0,35	3,60	6,90	18,55	835...1130	0,25
6	8,0	50...65	400...520	7,3	3,60	1,45	2,80	0,40	0,20	0,40	3,80	7,90	22,40	1120...1456	0,23
7	9,0	55...70	495...630	8,3	4,10	1,70	2,95	0,40	0,20	0,45	4,00	8,90	26,55	1460...1860	0,23

* A_{01} – aria orizontală utilă a unui compartiment de decantare;

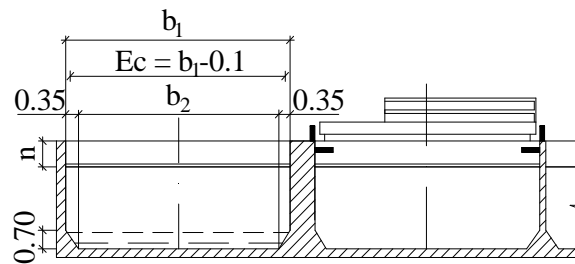
Notă: Semnificații notații tabel vezi fig. 7.4.



Sectiunea 1-1



Vedere in plan



Sectiunea 2-2

Figura 7.4. Decantor orizontal – longitudinal.

- 1 – sistem de distribuție a apei; 2 – jgheab pentru colectarea materiilor plutitoare;
 3 – rigolă pentru colectarea apei decantate cu deversor triunghiular; 4 – pod raclor;
 5 – tampon amonte pod raclor; 6 – tampon aval pod raclor; 7 – pâlnie colectare pentru nămol.

7.7.4 Decantoare orizontale radiale

Sunt bazine cu forma circulară în plan, în care apa este admisă central prin intermediul unei conducte prevăzută la debușare cu o pâlnie (difuzor) a cărei muchie superioară este situată la $20 \div 30$ cm sub planul de apă. Apa limpezită este evacuată printr-o rigolă perimetrală (fig. 7.5) sau prin conductă submersată cu fante.

Circulația apei se face orizontal după direcție radială, de la centru spre periferie; din conducta de acces, apa iese pe sub un cilindru central semiscufundat, cu muchia inferioară situată la o adâncime sub planul de apă egală cu $2/3$ din înălțimea zonei de sedimentare h_u . În alte variante, apa iese din cilindrul central prin intermediul unor orificii cu deflectoare practicate în perețele acestuia, sau printr-un grătar de uniformizare cu bare verticale. Distribuția uniformă a apei de la centru spre periferie se poate realiza și prin intermediul unui dispozitiv de tip lălea Coandă.

Cilindrul central, al cărui diametru este de $10 \div 20\%$ din diametrul decantorului, sprijină pe radierul bazinului prin intermediul unor stâlpi.

La partea superioară a cilindrului central se prevede o structură de rezistență capabilă să preia forțele generate de podul raclor al cărui pivot este amplasat pe structura de rezistență respectivă. Celălalt capăt al podului raclor sprijină pe perețele exterior al bazinului prin intermediul unor roți pentru asigurarea funcționării bune iarna.

Podul raclor de suprafață este alcătuit dintr-o grindă cu montanți articulați prevăzuți la partea inferioară cu lame racloare. Acestea curăță nămolul de pe radier și îl conduc către conul central care constituie pâlnia de colectare a nămolului. De aici, nămolul este evacuat prin diferență de presiune hidrostatică, prin sifonare sau prin pompare, spre treapta de prelucrare ulterioară a nămolului; de podul raclor este prins un braț metalic prevăzut cu o lamă racloare de suprafață care împinge grăsimile și spuma de la suprafața apei spre periferie, către un cămin sau alt dispozitiv de colectare a acestora.

Prevederile de mai sus nu exclud posibilitatea utilizării de poduri racloare submersate antrenate cu mecanisme speciale.

Rigola de colectare a apei decantate se amplasează la interiorul peretelui exterior acesteia la $1,0 \div 1,5$ m de perete. În primul caz, în perețele exterior al decantorului se practică ferestre prevăzute pe muchia interioară cu deversoare metalice cu dinți triunghiulari, reglabile pe verticală. În fața acestor deversoare, la cca. $30 \div 50$ cm distanță se prevede un perete semiscufundat, de formă circulară în plan, a cărui muchie inferioară este la minim $25 \div 30$ cm sub planul de apă. În

cel de-al doilea caz, peretele rigolei dinspre centrul bazinului are coronamentul deasupra nivelului apei, el servind drept perete obstacol pentru spuma și grăsimile de la suprafața apei. Apa decantată trece pe sub rigolă și deversează peste peretele circular exterior al rigolei, prevăzut și el cu plăcuțe metalice cu deversori triunghiulari reglabili pe verticală.

Colectarea în rigolă a apei limpezite se face prin deversare neînneacă. Colectarea apei limpezite se poate face și prin conductă submersată cu fante.

Radierul decantorului are o pantă de $6 \div 8 \%$ spre centru, iar radierul pâlniei de nămol o pantă de $2 : 1$. Diametrul decantoarelor radiale este cuprins între 16 și 50 m, iar adâncimea utilă h_u între 1,2 și 4,0 m. Viteza periferică a podului raclor variază între 10 și 60 mm/s, realizând $1 \div 3$ rotații complete pe oră.

Evacuarea nămolului se poate face continuu în cazul unor volume mari de nămol, sau la intervale de maxim $4 \div 6$ h, prin conducte cu Dn 200 mm prin care viteza nămolului să fie minim 0,7 m/s.

7.7.4.1 Dimensionarea decantoarelor orizontale radiale

Dimensionarea decantoarelor orizontale radiale se face utilizând următoarele relații de calcul:

- Volumul decantorului:

$$V_d = Q_c \cdot t_c \quad (\text{m}^3) \quad (7.59)$$

$$V_d = Q_v \cdot t_v \quad (\text{m}^3) \quad (7.60)$$

unde: Q_c , Q_v , t_c , t_v sunt definiți în § 7.7.2;

Se adoptă valoarea cea mai mare din relațiile (7.59) și (7.60);

- Secțiunea orizontală a oglinzii apei:

$$A_0 = \frac{Q_c}{u_s} \quad (\text{m}^2) \quad (7.61)$$

- Adâncimea utilă a spațiului de decantare:

$$h_u = u \cdot t_c \quad (\text{m}) \quad (7.62)$$

Cu aceste elemente se intră în tabelul 7.5, prezentat în continuare și se stabilesc dimensiunile geometrice efective: D , d_3 , h_u , A_0 , V_d .

Tabel 7.5. Dimensiuni caracteristice ale decantoarelor orizontale radiale.

Nr. crt.	D (m)	D ₂ (m)	d ₁ (m)	A ₀₁ *=0,785(D ² ₂ -d ² ₁) (m ²)	d ₂ (m)	d ₃ (m)	h _s (m)	h _u (m)	h _d (m)	H (m)	D ₁ (m)	B (m)	V _u =A ₀₁ *h _u (m ³)
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	16	14,7	3,0	165	2,6	3,0	0,3	1,6	0,43	1,90	16,14	0,50	264
2	18	16,7	3,0	214	2,6	3,0	0,3	1,6	0,50	1,90	18,14	0,50	343
3	20	18,5	3,0	264	2,6	3,0	0,3	1,6	0,57	1,90	20,14	0,50	423
4	22	20,5	4,0	320	3,6	4,0	0,3	1,6	0,60	1,90	22,14	0,50	512
5	25	23,5	4,0	423	3,6	4,0	0,4	2,0	0,70	2,40	25,14	0,50	846
6	28	26,1	4,0	524	3,6	4,0	0,4	2,0	0,80	2,40	28,14	0,50	1.048
7	30	28,1	4,0	610	3,6	4,0	0,4	2,0	0,87	2,40	30,14	0,50	1.220
8	32	30,1	5,0	695	4,6	5,0	0,4	2,0	0,90	2,40	32,14	0,50	1.390
9	35	33,1	5,0	843	4,6	5,0	0,4	2,0	1,00	2,40	35,14	0,50	1.686
10	40	37,7	6,0	1.091	5,6	6,0	0,4	2,5	1,13	2,90	40,14	0,60	2.728
11	45	42,7	6,0	1.407	5,6	6,0	0,4	2,5	1,30	2,90	45,14	0,60	3.518

*A₀₁ – aria orizontală utilă a unui compartiment de decantare;

Observație:

Pentru diametre D > 45m, se impun întocmite studii prealabile privind regimul de curgere și sistemele de colectare.

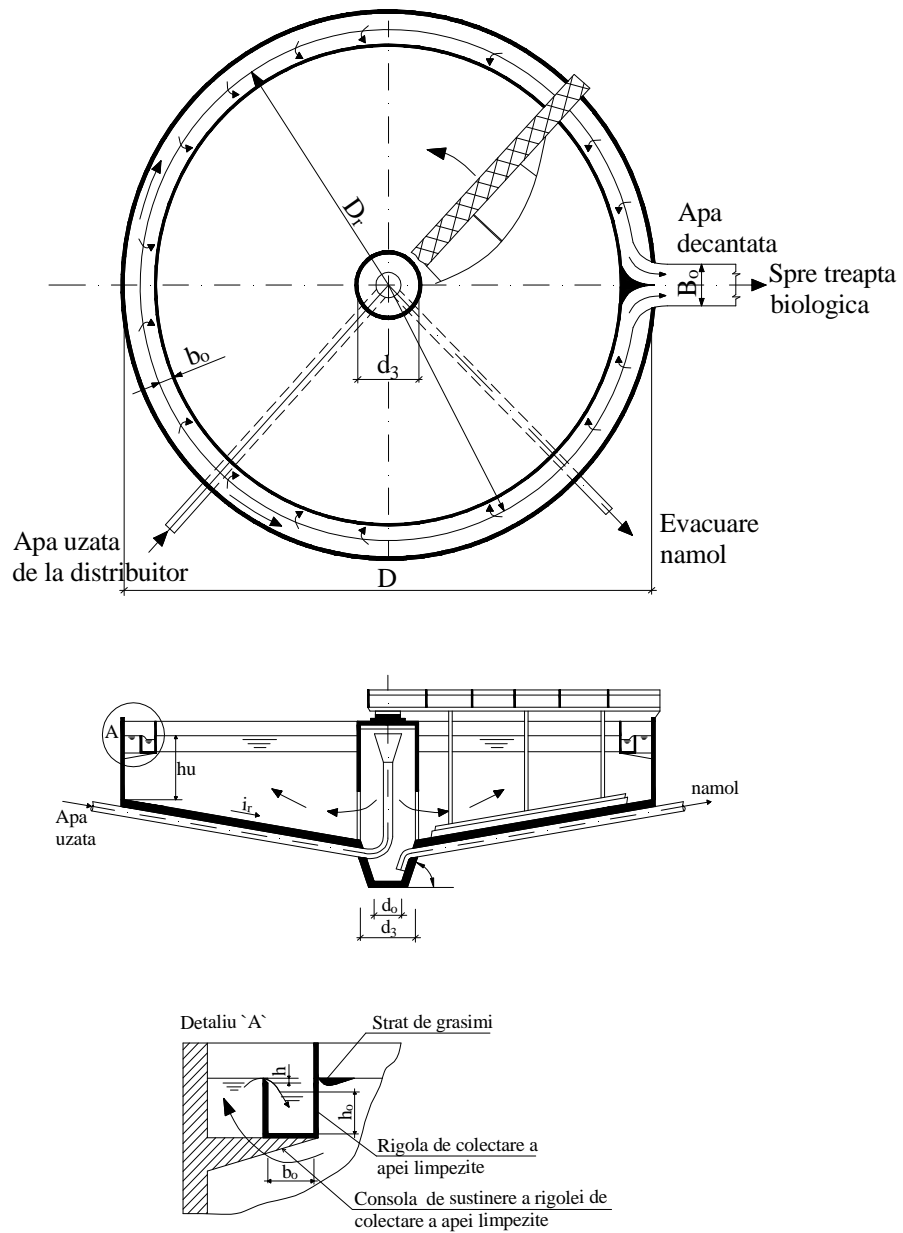


Figura 7.5. Decantor orizontal radial. Vedere în plan și secțiuni caracteristice.

După stabilirea dimensiunilor geometrice se verifică respectarea condițiilor următoare:

- Pentru decantoare cu $D = 16 - 30$ m:

$$10 \leq \frac{D}{h_u} \leq 15 \quad (7.63)$$

- Pentru decantoare cu $D = 30 - 50$ m:

$$15 \leq \frac{D}{h_u} \leq 20 \quad (7.64)$$

- Debitul specific deversat trebuie să îndeplinească condițiile (7.65) și (7.66):

$$q_d^c = \frac{Q_c}{\pi \cdot D_r} \leq 60 \text{ (m}^3 \text{ / h, m)} \quad (7.65)$$

$$q_d^v = \frac{Q_v}{\pi \cdot D_r} \leq 180 \text{ (m}^3 \text{ / h, m)} \quad (7.66)$$

unde: D_r – diametrul corespunzător peretelui deversor al rigolei;

- Adâncimea decantorului la perete (H_p) și la centru (H_c):

$$H_p = h_s + h_u \text{ (m)} \quad (7.67)$$

$$H_c = h_s + h_u + h_p + h_n \text{ (m)} \quad (7.68)$$

unde:

h_s – înălțimea de siguranță, (m);

h_u – înălțimea utilă, (m);

h_p – diferența de înălțime datorită pantei, (m);

h_n – înălțimea pâlniei de nămol (2 ... 3 m);

Volumul zilnic de nămol primar se determină conform relației (7.54) din § 7.7.3.1 și apoi se stabilesc durata dintre 2 evacuări, dimensiunile necesare pentru pâlnia de nămol, conductele și modul de evacuare a nămolului (prin diferență de presiune hidrostatică, pompare).

7.7.5 Decantoare verticale

Sunt construcții cu forma în plan circulară sau pătrată, în care mișcarea apei se face pe verticală, în sens ascendent. Se utilizează pentru debite zilnice maxime sub 5.000 m³/zi și sunt recomandate în special ca decantoare secundare după bazinele cu nămol activat sau filtrele biologice datorită avantajului prezentat de stratul gros de flocoane care mărește eficiența decantării.

Se construiesc pentru diametre până la 10 m iar utilizarea lor este limitată din cauza dificultăților de execuție.

Apa este introdusă într – un tub central (fig. 7.6) prin care curge în sens descendent cu o viteză $v_t \leq 0,10$ m/s. În camera exterioară tubului central, apa se ridică spre suprafață unde este colectată într-o rigolă perimetrală sau în rigole radiale care debușează în cea perimetrală în cazul în care debitul specific deversat este depășit sau când diametrul decantorului este $> 7 - 8$ m.

Nămolul se depune în partea inferioară a bazinului, amenajată sub forma unui trunchi de con cu pereții înclinați față de orizontală cu mai mult de 45°.

Din pâlnia de nămol, acesta este evacuat prin diferență de presiune hidrostatică, prin sifonare sau pompare spre instalațiile de prelucrare ulterioară.

În scopul reținerii grăsimilor, spumei și a altor substanțe plutitoare se prevăd pereți semiscufundați în fața rigolelor de colectare a apei decantate.

Dimensionarea decantoarelor verticale se face utilizând următoarele relații de calcul:

- 1) Volumul decantorului se calculează cu relațiile (7.69) și (7.70) considerându-se valoarea cea mai mare rezultată din cele două relații:

$$V_d = Q_c \cdot t_c \text{ (m}^3\text{)} \quad (7.69)$$

$$V_d = Q_v \cdot t_v \text{ (m}^3\text{)} \quad (7.70)$$

unde:

Q_c – debitul de calcul, (m³/zi);

Q_v – debitul de verificare, (m³/zi);

t_c – timpul de decantare la Q_c , (h);

t_v – timpul de decantare la Q_v , (h);

- 2) Suprafața orizontală și adâncimea utilă a decantorului se calculează cu relațiile (7.71):

$$A_o = \frac{Q_c}{u_s} \text{ (m}^2\text{)} \quad (7.71)$$

unde:

u_s – este încărcarea superficială considerată egală cu viteza de sedimentare stabilită experimental sau, în lipsa datelor experimentale, conform tabelului 7.3 funcție de eficiența dorită e_s și de concentrația inițială în materii în suspensie a apelor uzate c_{uz} ;

Secțiunea tubului central: se adoptă 5% din suprafața de limpezire.

Se propune un număr de unități de decantare și se urmărește ca diametrul fiecărei unități să fie sub 10 m. Se verifică apoi relația:

$$\frac{h_u}{D - d} \geq 0,80 \quad (7.72)$$

unde:

D – diametrul decantorului;

d – diametrul tubului central;

În cazul în care relația (7.72) nu este verificată se va mări adâncimea h_u .

3) Înălțimea tubului central:

$$H_t = 0,8 \cdot h_u \quad (\text{m}) \quad (7.73)$$

unde: h_u se adoptă din condiția:

$$h_u = u_s \cdot T_d \leq 4 \quad (\text{m}) \quad (7.74)$$

$$T_d \geq 1,5 \text{ h};$$

4) Adâncimea totală a decantorului:

$$H = h_s + h_u + h_n + h_d \quad (\text{m}) \quad (7.75)$$

unde:

h_s – înălțimea de siguranță, (0,3 ÷ 0,5 m);

h_u – adâncimea utilă, (m);

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

h_d – înălțimea depunerilor (a trunchiului de con), (m);

Înălțimea pâlniei de nămol h_d se stabilește funcție de debitul de calcul ($Q_{uz,zi,max}$), de concentrația în materii în suspensie a apelor uzate la intrarea în stația de epurare (c_{uz}), de eficiența reținerii materiilor în suspensie prin decantare (e_s) și de modul de evacuare continuu sau intermitent a nămolului.

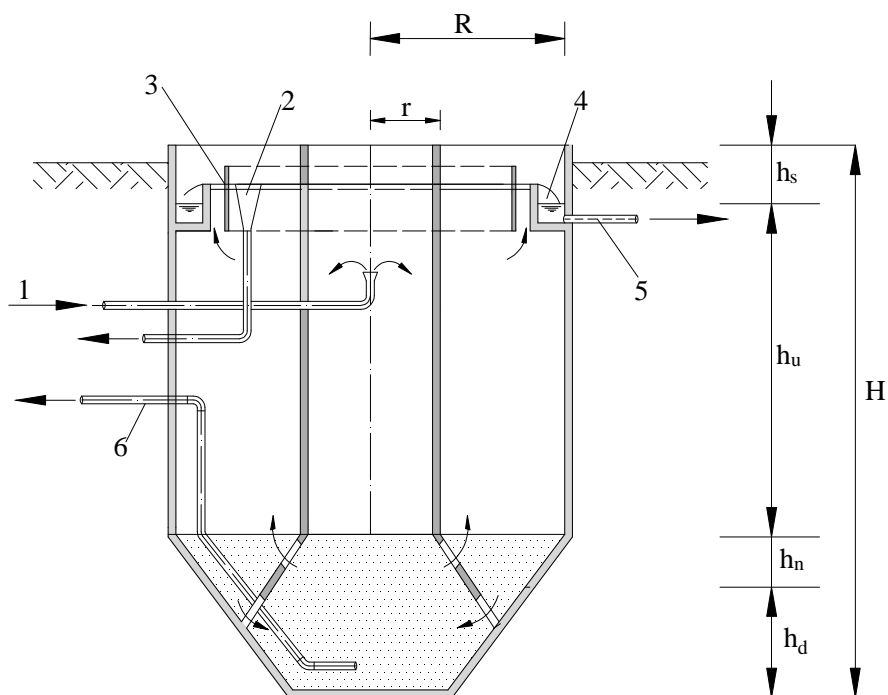


Figura 7.6. Decantor vertical. Secțiune transversală.

1-admisia apei; 2-pâlnie colectare materii plutitoare;
3-perete semiîncet; 4-rigolă colectare apă decantată;
5-conductă evacuare apă decantată;6-conductă evacuare nămol.

Funcție de volumul zilnic de nămol primar, de durata și volumul de nămol dintre două evacuări, aferent unei unități de decantare, se stabilesc dimensiunile geometrice ale pâlniei de nămol și modul de evacuare a nămolului; Se recomandă evacuarea prin pompare cu o pompă submersibilă montată la partea inferioară a bașei de nămol.

Rigola de evacuare a apei limpezite se calculează din condiția respectării vitezei de minim 0,7 m/s la debitul de verificare în secțiunea cea mai solicitată.

În lipsa unor date experimentale viteza ascensională a apei în spațiul de decantare inelar, se va adopta maxim 0,7 mm/s (2,52 m/h).

Diametrul bazei mici a pâlniei tronconice pentru colectarea nămolului se va adopta 0,3 ... 1,0 m, pentru a permite o evacuare eficientă a nămolului.

7.7.6 Decantare cu etaj

Sunt utilizate pentru colectivități sub 10.000 locuitori sau debite $Q_{uz,max,zi} < 15 - 20 \text{ dm}^3/\text{s}$, în soluția cu epurare extensivă precedată de epurare primară.

Decantorele cu etaj sunt construcții cu forma în plan circulară sau patrată care au rolul de decantare a apei și de fermentare a nămolului reținut.

Decantarea se realizează în jgheaburi longitudinale (asimilate decantorelor orizontale – longitudinale) cu secțiunea transversală de forma indicată în figura 7.7.

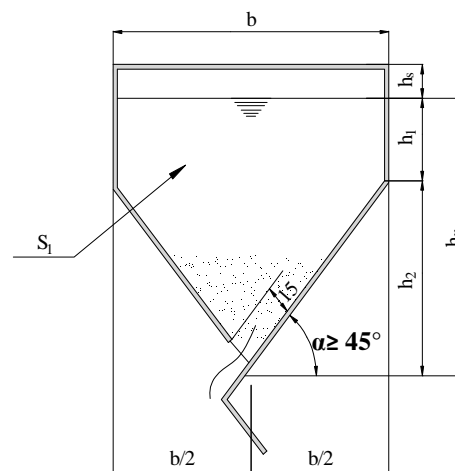


Figura 7.7. Secțiune transversală prin jgheabul de decantare al apei.

Fermentarea se realizează la partea inferioară a jgheaburilor, fermentarea este de tip anaerob în regim crioofil (la temperatura mediului ambiant).

Dimensiunile recomandate pentru jgheaburi sunt:

$$b = 1,0 \dots 2,5 \text{ m pentru } h_u = 2,0 \dots 2,5 \text{ m}$$

Înclinarea față de orizontală a pereților jgheabului: $\alpha \geq 45^\circ$;

Dimensionarea jgheaburilor se face după metodologia și parametrii recomandați la decantorele orizontale longitudinale (conform cap. 7 §7.7.3.1).

Diametrul unei unități de decantare D depinde de:

- cantitatea de nămol necesar a fi acumulată și supusă unui timp determinat de fermentare (criofilă);
- realizarea parametrilor (încărcarea hidraulică și timpul de decantare) pentru jgheabul cu $L = D$ amplasat deasupra spațiului de colectare a nămolului;

Suprafața luciului de apă neocupată de jgheaburi (aria liberă A_1) trebuie să fie mai mare de 20% din suprafața orizontală totală a unității de decantare.

În cazul stațiilor de epurare din localități rurale, prevăzute cu decantoare cu etaj, prin închiderea cu planșee a zonelor neocupate de jgheaburi, se poate capta și colecta gazul de fermentare (biogazul).

La partea inferioară a jgheaburilor, se lasă prin construcție o fantă longitudinală de 15 ... 25 cm lățime, pereții fiind petrecuți pe o distanță de 15 cm. Nămolul depus în jgheaburi curge prin această fantă în zona inferioară de colectare și fermentare.

Admisia și evacuarea apei în și din jgheaburi se realizează prin pereții frontali prevăzuți cu deversori metalici triunghiulari, reglabili pe verticală în scopul uniformizării curgerii.

Adâncimea totală a decantorului nu va depăși 6 – 7 m. Funcție de natura terenului de fundație și de prezența apei subterane decantoarele cu etaj pot fi construite sub formă de cuvă sau cheson, utilizându-se betonul armat.

Proiectarea decantoarelor cu etaj:

1) Se determină volumul spațiului de fermentare:

$$V_F = \frac{m \cdot N}{1000} \quad (\text{m}^3) \quad (7.76)$$

unde:

m – capacitatea specifică de fermentare conf. tab 7.6, ($\text{dm}^3/\text{loc.}, \text{an}$);

N – numărul de locuitori;

Tabel 7.6. Capacitatea specifică și durata de fermentare funcție de temperatura medie anuală a aerului.

Nr. crt.	Temperatura medie anuală a aerului ($^{\circ}\text{C}$)	Capacitatea specifică m (l/loc)	Timpul de fermentare T_f (zile)
0	1	2	3
1	7	75	150
2	8	65	120
3	10	50	90

2) Se adoptă dimensiunile decantorului cu etaj pentru acumularea volumului de fermentare în 1,2 sau 4 unități de decantare cu etaj; Înălțimea (adâncimea) de acumulare a nămolului nu va depăși $h_n \leq 3 \dots 4$ m;

3) Pe baza diametrului ales se va adopta lățimea jgheabului și se va verifica relația:

$$u_s = \frac{Q_c}{n \cdot b_j \cdot L_j} \leq u \quad (7.77)$$

unde:

u_s – încărcarea specifică, (m/h);

Q_c – debitul de calcul, $Q_{uz,zi,max}$, (m^3/zi);

b_j – lățimea jgheabului, (m);

L_j – lățimea jgheabului, (m);

u – viteza de sedimentare conform tab. 7.3 § 7.7.2 ;

4) Se adoptă dimensiunile jgheabului după verticală h_1, h_2, h_u ; h_u se va adopta 2,0...2,5m;

5) Se verifică viteza orizontală efectivă:

$$v_o = \frac{Q_c}{n_j \cdot S_j} \leq v_o = 10 \quad (\text{mm/s}) \quad (7.78)$$

6) Se determină timpii de decantare la debitul de calcul și de verificare conform cu expresia:

$$T = \frac{V_{jgheab}}{Q} = \frac{n_j \cdot S_j \cdot L_j}{Q} \quad (h) \quad (7.79)$$

▪ $T > 1,5$ h pentru Q_c ;

▪ $T > 0,5$ h pentru Q_v ;

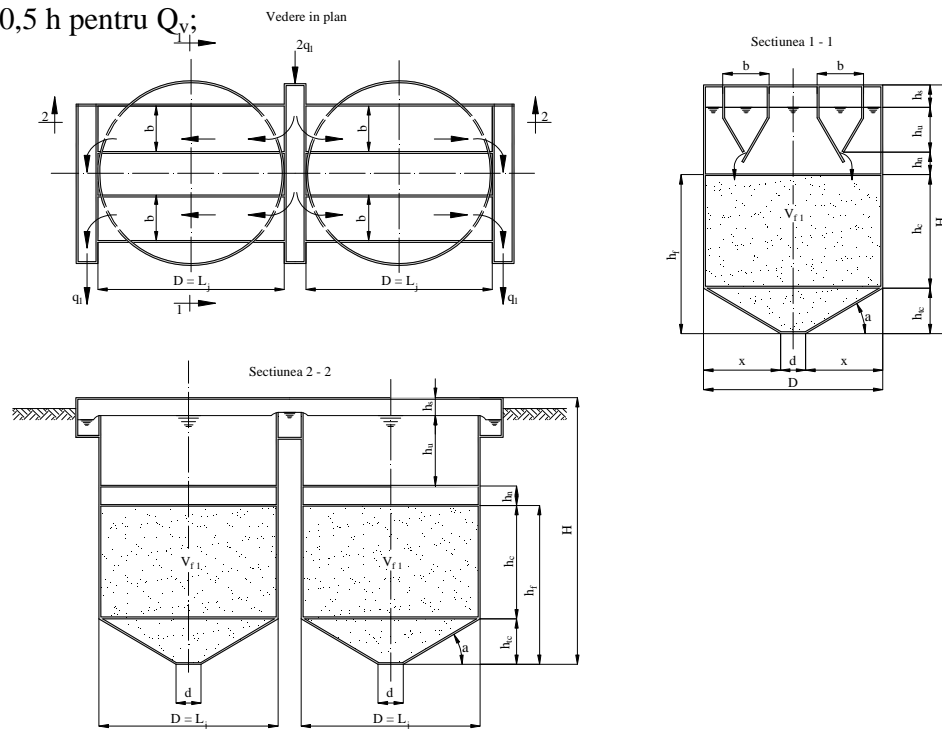


Figura 7.8. Decantare cu etaj. Dispoziție în plan și secțiuni caracteristice.

Evacuarea nămolului din zona de fermentare a decantoarelor cu etaj se va realiza prin pompare; se va dota fiecare cuvă cu o electropompă submersibilă montată în partea de jos a zonei de fermentare (fig.7.9).

Vor fi adoptate măsuri constructive pentru a se schimba periodic sensul de curgere a apei din jgheaburi pentru a se echilibra volumul de nămol din cele două bazine.

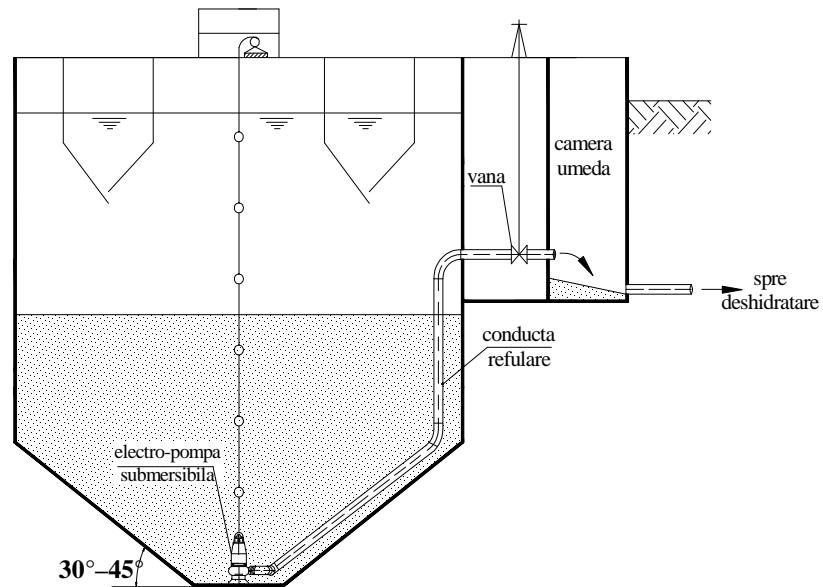


Figura 7.9. Decantor cu etaj - Sistem de evacuare nămol.

7.8 Stații de pompare apă uzată

Stațiile de pompare se folosesc în stațiile de epurare pentru ridicarea apelor uzate sau epurate la cote care să permită curgerea între obiectele tehnologice de pe linia apei sau în emisar, în situațiile când datorită fluxului tehnologic al stației de epurare sau variației nivelurilor de apă în emisar nu se dispune în permanență de diferența de nivel necesară pentru asigurarea curgerii gravitaționale.

Prescripțiile prezentului normativ se aplică pentru stațiile de pompare echipate cu pompe cu ax orizontal, cu pompe cu ax vertical, cu pompe submersibile și cu transportoare hidraulice (șnecuri).

Pentru necesitatea stației de pompare influent în stația de epurare se va întocmi o evaluare tehnico – economică în care se va lua în considerație:

- amplasarea primelor obiecte din stația de epurare la cote joase fără stație de pompare influent;
- stație de pompare influent cu ridicarea obiectelor din stația de epurare;

Analiza se va efectua integral pentru linia apei astfel încât să se asigure un flux gravitațional în stația de epurare cu max. o singură stație de pompare.

Elementele componente care alcătuiesc stațiile de pompare din sistemele de alimentare cu apă și canalizare sunt:

- echipamente hidromecanice de bază, constituite din grupuri de pompa și motor electric de acționare a pompei;
- instalație hidraulică alcătuită din conducte de aspirație și conducte de refulare aferente stației și grupurilor de pompare, armături destinate manevrelor de închidere-deschidere și de reglare a sensului de curgere al apei, dispozitive de atenuare a loviturii de berbec, instalații de amorsare a pompelor (unde este cazul), instalații de golire și epuizante;
- echipamente de măsurare a parametrilor hidroenergetici ai stației de pompare;
- echipamente electrice compuse din: circuite de forță, circuite de iluminat, instalații de protecție, instalații de măsurare, control și comandă;
- instalații și dispozitive de ridicat destinate manevrării pieselor grele în perioada efectuării operațiilor de mentenanță;
- instalații de ventilare, instalații de încălzire și instalații sanitare;
- instalații de telecomunicații și dispecerizare;
- clădirea stației de pompare care adăpostește echipamentele și instalațiile;
- zona de protecție sanitară;

7.8.1 Amplasarea stațiilor de pompare

Amplasarea stației de pompare pentru ape uzate în cadrul unei stații de epurare:

- se poate face la intrarea în stație, într-una din secțiunile fluxului tehnologic;
- la ieșirea din stație, înainte de evacuarea apelor epurate în emisar;
- amplasamentul optim se definitivează în urma unui calcul tehnico-economic comparativ;

- în interiorul stațiilor de epurare mijlocii și mari se recomandă cel mult o pompă a apelor uzate, exceptând stațiile de epurare mici și foarte mici unde pot exista soluții optime și cu mai multe pomări pe linia apei;

Când stația de pompă este impusă de nivelurile ridicate ale apei emisarului, ea trebuie concepută astfel încât să permită evacuarea gravitațională a apei epurate ori de câte ori nivelurile apei din emisar permit acest lucru; în general varianta optimă este ca stația de pompă la ieșirea din stația de epurare să funcționeze nepermanent, numai la nivele mari în emisar.

Dacă stația de pompă este amplasată la intrarea în stația de epurare și este echipată cu pompe cu ax orizontal, cu pompe cu ax vertical sau cu pompe submersibile, ea trebuie precedată de grătare, deznisipatoare și dacă tehnic și economic se dovedește avantajos, și de separatoare de grăsimi. Dacă stația de pompă este echipată cu transportoare hidraulice, ea poate fi amplasată și în amonte de grătare.

Proiectarea stațiilor de pompă pentru apele uzate din cadrul stației de epurare se va face cu respectarea prevederilor SR EN 752/2008. Se vor respecta și cerințele din Normativul: „Proiectarea sistemelor de alimentare cu apă” capitolul 7: Stații de pompă.

7.8.2 Parametri de proiectare

Parametri principali de proiectare tehnologică a stației de pompă sunt:

- debitul ce trebuie pompat Q_p , (m^3/h);
- înălțimea de pompă, H_p , reprezentând suma dintre înălțimea geodezică, pierderile de sarcină pe conductele de aspirație și refulare și diferența dintre înălțimile cinetice la ieșirea și intrarea în pompă, (m);
- calitatea apei ce trebuie pompată (temperatura, conținutul în materii în suspensie, vâscozitatea);

Programul de funcționare automată a stației de pompă va urmări realizarea unui grafic de funcționare a pompelor propuse cât mai apropiat de graficul de variație a debitului influent, astfel încât volumul util al bazinului de recepție să rezulte minim.

Intervalul de timp dintre două porniri ale aceleiași pompe trebuie să fie de minim 10 minute. Micșorarea acestui interval se va face numai dacă furnizorul pompei garantează prin fișa utilajului, acest lucru.

Timpul de acumulare a apelor uzate corespunzător $Q_{uz,max,or}$ în bazinul de recepție în cazul în care nu se cunoaște graficul de variație a debitului influent, se va considera după cum urmează:

- 2 ... 10 min. la stațiile de pompare automatizate;
- 0,5 ... 1,0 h la stațiile de pompare neautomatizate;

Se recomandă ca stațiile de pompare neautomatizate să fie prevăzute pe cât posibil numai în cazuri izolate.

Numărul agregatelor de rezervă se va considera astfel:

- până la 3 pompe în funcțiune, 1 pompă de rezervă;
- de la 4 la 7 pompe în funcțiune, două pompe de rezervă;
- peste 7 pompe în funcțiune, trei pompe de rezervă;

În cazul pompelor submersibile glisând pe tije verticale, în funcție de greutatea pompelor, a importanței procesului tehnologic, etc., pompa de rezervă poate fi montată în stația de pompare, sau păstrată ca “rezervă rece” în magazie.

Alegerea pompelor se face în funcție de debitul necesar a fi pompat, de înălțimea de pompare necesară, de domeniul de utilizare a pompelor recomandat de furnizorul acestora, de caracteristicile pompelor și de caracteristica conductei de refulare, de eventualele extinderi, etc.

La stațiile de pompare echipate cu transportoare hidraulice, alegerea acestora se face din catalogul firmelor producătoare în funcție de debitul necesar a fi pompat și de înălțimea de pompare necesară.

Stațiile de pompare echipate cu pompe cu ax orizontal, cu ax vertical sau submersibile sunt, de regulă, construcții închise, cu excepția bazinului de recepție care poate fi în unele cazuri o construcție deschisă.

La pompele submersibile sau la cele cu ax vertical, se va respecta înecarea minimă prescrisă de furnizorul pompelor respective.

În lipsa acestei indicații, se recomandă ca întreg corpul pompei să fie sub nivelul minim al apei din bazinul de recepție.

În cazul pompelor cu ax orizontal, cota axului pompei se va stabili sub nivelul minim al apei din bazinul de recepție dar, în orice caz astfel încât întreg corpul pompei să fie sub nivelul maxim.

Amplasarea agregatelor în interiorul construcției stației de pompare se face cu respectarea distanțelor minime dintre agregate, între acestea și pereți sau tablourile electrice și cu asigurarea unor spații de circulație în interiorul stației (tabelul 7.6).

Aceste distanțe permit proiectantului stabilirea gabaritelor necesare pentru clădirea stației de pompare.

În același scop, se va ține seama și de spațiile necesare realizării instalației hidraulice pe aspirația și refularea pompelor.

Tabel 7.6. Distanțe minime recomandate referitoare la amplasarea echipamentelor în stațiile de pompare apă uzată

Nr. crt.	Distanța	Pompă cu ax orizontal	Pompă cu ax vertical	Pompă submersibilă
		Distanța minimă (m)		
0	1	2	3	4
1	Între perete și părțile proeminente ale agregatelor de pompare	0,8	0,8	0,8
2	Între perete și postamentul agregatului de pompare	1,0	-	-
3	Între postamentele agregatelor de pompare așezate paralel	Lățimea postamentului agregatului de pompare, dar min. 1 m	-	-
4	Între agregatul de pompare și tabloul electric, în cazul alimentării: - pe tensiune de 380 V - pe tensiune de 6 kV	1,5	1,5	-
		2,0	2,0	-
5	Lățimea spațiului de circulație la stațiile de pompare cu debite: - sub 1 m ³ /s - peste 1 m ³ /s	1,5	1,5	-
		2,5	2,5	-

La proiectarea construcției stațiilor de pompare se vor prevedea golurile necesare în planșee și pereți având laturile cu cel puțin 20 cm mai mari decât dimensiunile agregatului sau subansamblului care se introduce sau se scoate din stație în scop de montaj, reparații sau înlocuire.

Dacă stația de pompare este prevăzută cu instalații de ridicat, înălțimea sălii pompelor sau sălii motoarelor se va determina astfel încât între piesa ridicată și celelalte agregate să existe în timpul transportului sau manevrării o distanță de siguranță de minim 0,50 m.

Înălțimea sălii pompelor sau sălii motoarelor de la stațiile de pompare echipate cu pompe cu ax orizontal sau ax vertical, unde nu există instalații de ridicat, va fi de minimum 3,0 m.

La stațiile de pompare echipate cu pompe submersibile, suprastructura (sala pompelor sau sala motoarelor) poate lipsi.

În cazurile în care greutatea G a celui mai greu agregat sau subsamblu component depășește 0,1 t, instalațiile de ridicat se vor prevedea după cum urmează:

- dispozitiv mobil demontabil, pentru $0,1 \text{ t} < G \leq 0,3 \text{ t}$;
- monoșină cu palan manual, pentru $0,3 \text{ t} < G \leq 2,0 \text{ t}$;
- grindă rulantă cu cărucior și palan manual, pentru $G > 2,0 \text{ t}$;

Distanțele instalațiilor de ridicat față de pereți, planșeu și agregatele de pompare trebuie să respecte prescripțiile I.S.C.I.R.

Postamentul pompelor cu ax orizontal va trebui să aibă înălțimea de min. 25 cm peste pardoseală, în scopul protecției motorului electric de eventualele scurgeri de apă datorate neetanșeității îmbinărilor sau trecerilor conductelor prin pereți.

Pentru colectarea pierderilor de apă din instalații, pardoseala va fi amenajată cu pantele și rigolele de scurgere necesare. Apa va fi condusă spre o bașă de unde, o pompă de epuizament va refula apa în bazinul de recepție, în conducta de preaplin sau în conducta de golire a bazinului de recepție în caz de avarii.

La proiectarea instalațiilor hidraulice aferente stațiilor de pompare trebuie avute în vedere următoarele:

- conductele de aspirație și refulare trebuie rezemate sau susținute corespunzător pentru a nu produce solicitări mecanice în flanșele de racordare a agregatelor de pompare;
- instalația hidraulică să fie astfel concepută încât în timpul exploatării să se permită un acces ușor la pompe, să se poată demonta un agregat fără a demonta conductele și fără a opri funcționarea restului de agregate;
- pentru a înlesni demontarea pompelor se va prevedea cel puțin un compensator de montaj pe conducta generală de refulare. Pe refularea fiecărei pompe se va monta obligatoriu, în sensul refulării, robinet de reținere (clapetă) și robinet de închidere (vană de izolare); în cazul pompelor cu funcționare independentă (având conducte de refulare individuale de înălțime și lungime redusă), robinetul de reținere și robinetul de închidere, pot lipsi;

- lungimea conductelor de aspirație să fie cât mai scurtă, în scopul reducerii la minimum a pierderilor de sarcină pe aspirație (se recomandă ca acestea să nu depășească 1,0 m);
- conductele de aspirație se vor realiza în pantă de cel puțin 5‰ spre pompe, racordarea cu pompele cu ax orizontal sau cu ax vertical amplasate în cameră uscată făcându-se cu reducții asimetrice în scopul evitării formării pungilor de aer;
- pozarea conductelor de aspirație și refulare se recomandă a se face deasupra pardoselii; în cazul pozării sub nivelul pardoselii, conductele se vor amplasa în canale acoperite cu dale sau grătare demontabile;

Dimensiunile interioare ale acestor canale cu lățimea B și adâncimea H se stabilesc funcție de diametrul conductelor, astfel:

- pentru $D_n \leq 400$ mm, $B = D_n + 600$ mm,

$$H = D_n + 400 \text{ mm};$$

- pentru $D_n > 400$ mm, $B = D_n + 800$ mm,

$$H = D_n + 600 \text{ mm};$$

La montarea mai multor conducte în paralel, în același canal, distanța dintre pereții conductelor va fi:

a) la îmbinarea cu flanșe:

- minim 500 mm pentru $D_n \leq 400$ mm,
- minim 700 mm pentru $D_n > 400$ mm.

b) la îmbinarea prin sudură:

- minim 600 mm pentru $D_n \leq 400$ mm,
- minim 700 mm pentru $D_n > 400$ mm.

Dimensionarea hidraulică a conductelor instalației de pompare se va face pentru următoarele valori ale vitezei apei prin conducte:

Tabel 7.7. Viteze recomandate pe conductele de aspirație și pe conductele de refulare.

Nr. crt.	Diametrul conductei (mm)	Viteza apei (m/s)	
		Conducte de aspirație	Conducte de refulare
0	1	2	3
1	< 250	0,7 ... 0,8	1,0 ... 1,1
2	≥ 250	0,9 ... 1,0	1,2 ... 1,3

Pentru evitarea înghețării apei în conductele instalației de pompare în perioadele de întrerupere a funcționării stației, se va prevedea posibilitatea de golire a tuturor conductelor.

Alimentarea cu energie electrică a stațiilor de pompare pentru ape uzate se face din sistemul energetic național prin linii electrice și posturi de transformare comune și pentru celelalte obiecte tehnologice ale stației de epurare.

Instalațiile electrice aferente bazinelor de aspirație se proiectează conform reglementărilor tehnice specifice în vigoare privind protecția antiexplozivă și antideflagrantă. În spațiile cu umiditate ridicată, instalațiile electrice de iluminat se vor realiza pentru tensiune nepericuloasă (12 ... 24 V).

Necesitatea și gradul de automatizare a fiecărei stații de pompare se analizează pentru fiecare caz în parte, urmărindu-se aspectul calitativ al supravegherii și al conducerii procesului tehnologic, precum și cel de eficiență.

În cazul prevederii automatizării funcționării agregatelor de pompare, trebuie să se aibă în vedere corelarea regimului tehnologic de funcționare a stației de pompare cu regimul de funcționare pentru care sunt construite motoarele de antrenare a pompelor, astfel încât acestea să nu fie suprasolicitate în cazul pornirii lor la intervale scurte.

Sala pompelor se prevede, în general, fără instalații de încălzire; acestea se prevăd numai în situații speciale precizate în reglementările tehnice specifice după care se face și proiectarea lor; în aceste cazuri, încălzirea se face cu apă caldă sau cu aburi de joasă presiune; conductele de transport a agentului termic nu trebuie să fie amplasate în zone în care se pot acumula gaze cu pericol de explozie.

În cazul stațiilor de pompare care au încăperi anexe (atelier de întreținere, grup sanitar, încăperi separate pentru instalații electrice) trebuie asigurate prin încălzire temperaturile normate.

Stațiile de pompare, cu excepția celor echipate cu transportoare hidraulice, se prevăd cu instalații de ventilație mecanică separate pentru sala pompelor și pentru bazinul de aspirație.

Instalația de ventilație la sala pompelor trebuie să asigure 20 ... 25 schimburi de aer pe oră, în perioada în care personalul de exploatare lucrează în stație.

Pentru evitarea accidentelor în situațiile ocazionale în care personalul de întreținere și exploatare trebuie să intervină în interiorul bazinului de aspirație deschis sau închis (acoperit), trebuie prevăzută o instalație de ventilație mobilă pentru introducerea de aer proaspăt la locul de intervenție și posibilitatea de evacuare a aerului viciat în atmosferă.

Pentru bazinele de aspirație închise, pot fi prevăzute suplimentar și instalații de exhaustare fixe, în afara instalației de ventilație naturală și a instalațiilor de ventilație mobile. Ventilatoarele pentru exhaustare se amplasează numai în exterior.

Proiectarea instalațiilor de ventilație se face cu respectarea prevederilor reglementărilor tehnice specifice privind protecția antiexplozivă și antideflagrantă.

La stațiile de pompare din cadrul stațiilor de epurare nu se prevăd spații pentru depozitare și reparații, acestea prevăzându-se în cadrul depozitului și atelierului pentru întreaga stație de epurare.

Proiectul de execuție al stației de pompare trebuie să conțină măsurile necesare pentru protecția muncii ca:

- balustrade;
- legarea la pământ a părților metalice care ar putea intra accidental sub tensiune;
- instalații de iluminat la tensiune nepericuloasă;
- instalații de ventilație mecanică;
- prevederile din reglementările specifice de protecție a muncii pe care executantul și beneficiarul trebuie să le respecte în timpul execuției și exploatarei;

Exploatarea stațiilor de pompare se face conform instrucțiunilor de exploatare, care trebuie să conțină și măsurile de protecția muncii, indicându-se, în detaliu, toate operațiile pe care personalul trebuie să le efectueze în acest sens.

Pentru evidența continuă a debitelor de ape uzate sau epurate pompate și pentru indicarea nivelului apei în bazinul de recepție, se vor prevedea aparate de măsură și control corespunzătoare.

7.9 Elemente tehnologice de legătură între obiectele treptei de epurare mecanică

Elementele tehnologice de legătură între obiectele treptei de epurare mecanică cuprind:

- canale (jgheaburi) și conducte de apă, nămol, aer, gaze de fermentare;
- camere de distribuție egală sau inegală a debitelor de apă și de nămol;
- cămine de vane pe canalele și conductele de apă uzată și nămol;
- cămine de vizitare pe conductele de apă uzată și nămol;

Jgheaburile (canalele) servesc la curgerea apelor uzate, a nămolului precum și a apelor epurate. Prin jgheaburi se realizează curgere cu nivel liber.

Conductele servesc la transportul apelor uzate în cazul pompărilor, a nămolului proaspăt sau fermentat și lucrează sub presiune.

Jgheaburile sau canalele deschise se construiesc din beton armat, monolit sau prefabricat, având secțiunea dreptunghiulară; la stațiile de epurare cu debite mici canalele pot avea radierul de formă circulară fie din construcție, fie prin prelucrarea ulterioară cu beton de umplutură. La proiectarea canalelor deschise sau a jgheaburilor de ape uzate brute sau nămol, în funcție de dimensiunile acestora, se vor alege astfel pantele încât să se asigure o viteză minimă de autocurățire de 0,7 m/s.

Pe jgheaburi sau canale deschise, în punctele de ramificație sau în zonele de acces în obiecte, se vor prevedea stavile de închidere, dimensionate corespunzător, care vor asigura curgerea apelor și a nămolurilor conform nevoilor proceselor tehnologice, precum și posibilitatea de curățire și revizuire a diferitelor obiecte ale stației de epurare.

Când adâncimea jgheaburilor (canalelor) este mai mare de 80 cm lățimea liberă între pereții laterali trebuie să fie minimum 60 cm pentru a rămâne vizitabile.

Când obiectele stației de epurare sunt supraterane, conductele și canalele vor fi sprijinite pe stâlpi sau diafragme cu fundații izolate amplasate în teren sănătos.

La schimbările de direcție ale jgheaburilor sau canalelor deschise, se vor prevedea curbe executate monolit, care vor avea o rază de curbura de minimum 3...5 ori lățimea acestora.

Conductele de legătură, pentru apă și nămol, se pot executa din tuburi de beton armat, mase plastice și numai în cazuri speciale din oțel sau fontă.

La ramificații sau la tronsoane mai lungi de 200 m ale conductelor de nămol precum și la curbele la 90° pe conducte de diametre mici ($D_n 100 \dots D_n 200$ mm) se prevăd piese de curățire amplasate într-un cămin de vizitare.

Camerele de distribuție sunt construcții, de preferință circulare, care se amplasează pe canalele și conductele de legătură din incinta stațiilor de epurare în scopul repartizării egale sau inegale a apei sau nămolului spre diferite obiecte ale stației de epurare.

Camerele de distribuție se prevăd cu dispozitive de închidere care pot fi de tipul stăvililor plane (în cazul canalelor deschise) sau de tipul vanelor (în cazul conductelor).

La dimensionarea camerelor de distribuție se va considera deversarea neînecată peste pereți de lungime egală (sau inegală, după caz).

Amplasarea camerelor de distribuție în profilul tehnologic se va face astfel încât să fie asigurată, la orice debit, deversarea neînecată. Garda de neînecare se va considera de minim 5-10 cm.

Se recomandă ca la stațiile mari de epurare, camerele de distribuție să fie definitive în urma unor încercări pe model.

Funcție de amplasarea lor pe verticală, camerele de distribuție trebuie prevăzute cu balustrade de protecție în scopul evitării accidentelor.

8. Proiectarea obiectelor tehnologice din treapta de epurare biologică

În conformitate cu H.G. 352/21.04.2005 privind modificarea și completarea H.G. 188/2002, pentru aprobarea unor norme privind condițiile de descărcare în mediul acvatic al apelor uzate, art. 51, se stabilește că ” pentru toate aglomerările umane cu un număr mai mare de 10.000 de locuitori echivalenți trebuie să se asigure infrastructura necesară în domeniul epurării apelor uzate, care să permită epurarea avansată a apelor uzate urbane”. Se reglementează astfel necesitatea introducerii treptei de epurare avansată (îndepărtarea azotului și fosforului din apa uzată înainte de evacuarea în emisar) în funcție de mărimea colectivității: pentru stațiile de epurare aferente colectivităților cu 2.000 – 10.000 L.E se consideră suficientă epurarea biologică convențională a apelor uzate, urmând ca toate colectivitățile cu peste 10.000 L.E. să fie prevăzute cu stații de epurare avansată a apelor uzate.

8.1 Epurarea biologică în stații de epurare urbane mici și medii cu o capacitate între 2.000 și 10.000 L.E.

8.1.1 Epurarea biologică naturală

Epurarea biologică naturală reprezintă totalitatea fenomenelor biochimice ce decurg din metabolismul microorganismelor existente în apele uzate și are ca scop reținerea din aceste ape a substanțelor organice coloidale sau dizolvate. Această tehnologie de epurare se bazează pe capacitatea naturală de autoepurare a solului și a apelor și se realizează pe câmpuri de irigare, câmpuri de infiltrare, filtre de nisip și iazuri biologice (de stabilizare).

Datorită eficienței ridicate pe care o asigură (95 – 99 %), epurarea biologică naturală este recomandată acolo unde emisarul impune evacuarea unei ape curate, sau în acele cazuri în care această metodă se dovedește avantajoasă din punct de vedere tehnico – economic.

Tehnologiile de epurare biologică naturală includ:

- Câmpuri de irigare și infiltrare;
- Iazuri biologice (de stabilizare);

8.1.1.1 Câmpuri de irigare și infiltrare

Câmpurile de irigare și infiltrare sunt suprafețe de teren folosite fie pentru epurare și irigare în scopuri agricole (cazul câmpurilor de irigare) fie numai pentru epurare (cazul câmpurilor de infiltrare). Câmpurile de irigare sunt asociate câmpurilor de infiltrare, ultimele fiind folosite în special în perioadele cu ploi abundente, când nu este nevoie de apă pentru culturi, în perioadele de strâns al recoltei, în perioadele de îngheț.

Acest tip de tehnologie este aplicabil în următoarele situații:

- existența unor zone cu precipitații reduse, sub 400 – 500 mm/an;
- ape uzate provenite de la localități ce nu depășesc 10.000 locuitori;
- ape uzate cu un conținut de substanțe fertile (azot, fosfor, potasiu) cel puțin egal cu valorile indicate în tabelul 8.1.

Tabel 8.1. Conținutul apelor uzate și nămolurilor în substanțe fertilizante.

Nr. crt.	Tipul apei sau nămolului	Tip substanță (g/loc·zi)			
		Azot	Fosfat (P ₂ O ₅)	Potasiu (K ₂ O)	Materii organice
1	Ape uzate brute	12,8	5,3	7,0	55,0
2	Ape uzate epurate biologic	10,0	2,8	6,7	19,0
3	Nămoluri fermentate	1,3	0,7	0,2	20,0

Pentru preîntâmpinarea colmatării sistemelor de transport și a terenurilor irigate, concentrația de materii în suspensie trebuie să fie minimă; în acest scop se vor utiliza numai ape epurate mecanic. Timpul de decantare primară se recomandă: 1,5 – 2,0 h.

Răspândirea apelor uzate epurate mecanic pe câmpurile de irigare se poate utiliza numai dacă amplasamentul și solul sunt favorabile. Această caracteristică a solului depinde de: panta terenului natural, textura și permeabilitatea solului, nivelul apelor freatice, intensitatea salinizării.

Pentru cunoașterea evoluției calității solului în perioada utilizării apelor uzate ca ape de irigații, este necesară urmărirea în timp a modificărilor fizico-chimice produse asupra solului.

În perioadele ploioase apele uzate vor fi trimise pe câmpurile de infiltrare sau reținute în bazine de stocare.

În timpul iernii, pentru epurarea apelor uzate folosind procedeul cu câmpuri de infiltrare, se recomandă următoarele soluții:

- inundarea câmpurilor și înghețarea apei pe suprafața parcelelor; această apă se va infiltra lent în sol în zilele călduroase de primăvară;
- irigarea sub gheață a câmpurilor mari de irigare pe 70 – 80% din suprafața totală a parcelelor; procedeul constă în executarea unor brazde de 25 – 30 cm peste care se trimite apă uzată într-un strat de 50 – 60 cm, urmând a se realiza pe crestele brazdelor un pod de gheață de 20 – 30 cm grosime sub care se desfășoară irigarea în mod normal pe toată perioada rece;

Câmpurile de irigare (terenuri agricole destinate irigației) se împart în parcele, având suprafețe cu lungimi de 1000 – 2000 m și lățimi de 150 – 250 m, raportul mediu dintre cele două dimensiuni fiind de 5/1. Panta longitudinală a parcelelor este recomandat să fie cuprinsă între 1 ‰ – 2 ‰ pentru terenuri argilo-nisipoase și 3 ‰ pentru terenuri nisipoase, iar panta transversală va avea valori 2 ‰ – 5 ‰.

La proiectarea câmpurilor de irigare și infiltrare se va ține seama de următoarele studii preliminare:

- studiu de calitate pentru caracterizarea apelor uzate în vederea folosirii lor ca apă de irigație: stabilirea eventualului pericol de colmatare, de sărăturare, de alcalinizare, de acumulare substanțe toxice, de infectare a solului ;
- analiza tehnico – economică a aplicării irigațiilor cu ape uzate pentru compensarea deficitului de umiditate;
- stabilirea compatibilității terenului agricol la împrăștierea apelor uzate în câmp;
- stabilirea culturilor și asolamentelor capabile să utilizeze apele uzate;
- studiu hidrogeologic și hidrochimic pentru stabilirea nivelului pânzei freatice și a capacității de epurare a solului ;
- studiu topografic pentru cunoașterea terenului disponibil ;
- studiu pedoclimatic pentru alegerea asolamentelor și efectuarea investițiilor pedoameliorative ale solului ;
- stabilirea parametrilor tehnico-economici ai amenajării pentru evaluarea fezabilității proiectului și alegerea variantei optime;

8.1.1.2 Parametrii de proiectare pentru dimensionarea câmpurilor de irigare și infiltrare

- 1) Calitatea apei utilizate la irigații se va stabili prin studii agro – pedologice;
- 2) Necesarul de apă specific:

$$D = E_p - 10 \cdot P - F - R_i + R_f \quad (\text{m}^3/\text{lună, ha}) \quad (8.1)$$

unde:

D – necesarul de apă specific (deficit), ($\text{m}^3/\text{lună, ha}$) ;

E_p – evapotranspirația potențială, ($\text{m}^3/\text{lună, ha}$);

P – înălțimea precipitațiilor utile care pot fi reținute în sol, (mm/lună);

F – aportul de apă freatică, ($\text{m}^3/\text{lună, ha}$);

R_i – rezerva de apă din sol, la începutul lunii, (m^3/ha);

R_f – rezerva de apă din sol la sfârșitul lunii, (m^3/ha);

Dacă în relația (8.1) se obțin valori negative ale necesarului specific de apă, acestea se vor considera zero.

- 3) Hidromodulul (debitul de irigare):

$$q = \frac{D_c}{T} \quad (\text{dm}^3/\text{s, ha}) \quad (8.2)$$

unde:

D_c – debitul lunar de calcul, (dm^3/ha);

T – durata de distribuire a apei pe parcursul unei luni, (s);

În lipsa datelor necesare pentru determinarea bilanțului apei în sol, dimensionarea câmpurilor de irigare și infiltrare, precum și a instalațiilor de alimentare cu apă și de desecare, se va face pe baza normelor de irigare, a normelor de udare și a normelor de infiltrare (tab. 8.3).

- 4) Suprafața câmpurilor de irigare:

$$A_{ig} = \frac{Q_{uz,med,zi}}{N_{ig}} \quad (\text{ha}) \quad (8.3)$$

unde:

Q_{uz,med,zi} – debitul uzat zilnic mediu epurat mecanic, (m^3/zi);

N_{ig} – norma de irigare, ($\text{m}^3/\text{ha, zi}$);

Valorile normelor de irigare sunt prezentate în tabelul următor.

Tabel 8.3. Norme de udare și de irigare cu ape uzate orientative în funcție de culturi.

Genul culturii	Cultura	Norma de udare (m ³ /ha)		Norma de irigare (m ³ /ha,zi)*
		de la	până la	
0	1	2	3	4
Culturi principale	Cereale – toamnă	200	300	300
	Cereale – primăvară	200	450	450
	Rapiță – toamnă	250	500	1500
	Cartofi timpurii	200	400	800
	Cartofi mijlocii	200	400	600
	Cartofi târzii	200	400	600
	Sfeclă	400	500	1500
	Trifoi	500	600	3000
Culturi principale	Porumb	500	750	4000
	Fânețe	500	750	4000
	Pășuni	500	750	7000
Culturi intercalate	Secară – nutreț	200	400	1000
	Porumb – nutreț	400	600	1500
	Trifoi	400	600	1500

*se vor stabili prin determinări "in situ" valorile exacte pe baza regimului precipitațiilor.

5) Suprafața câmpurilor de infiltrare:

$$A_{if} = \alpha \cdot \frac{Q_{uz,med,zi}}{N_{if}} = \alpha \cdot \frac{A_{ig} \cdot N_{ig}}{N_{if}} \quad (\text{ha}) \quad (8.4)$$

unde:

α – coeficient care exprimă partea din debitul uzat zilnic mediu care se distribuie pe câmpurile de infiltrare;

$Q_{uz,med,zi}$ – debitul uzat zilnic mediu epurat mecanic (m³/zi);

N_{ig} – norma de irigare, (m³/ha,zi);

N_{if} – norma de infiltrare, (m³/ha,zi);

A_{ig}, A_{if} – definite la 6);

6) Suprafața necesară construcțiilor auxiliare:

$$A_d = k \cdot (A_{ig} + A_{if}) \quad (\text{ha}) \quad (8.5)$$

unde:

k – coeficient care ține seama de suplimentarea suprafețelor de teren, datorită amenajărilor de lucrări auxiliare; orientativ $k = 0,15 - 0,25$, dar poate să ajungă și la 0,50 în cazul unui relief accidentat ;

A_{ig} – suprafața câmpurilor de irigare, (ha);

A_{if} – suprafața câmpurilor de infiltrare, (ha);

7) Suprafața totală necesară amenajării câmpurilor de irigare și infiltrare:

$$A_t = A_{ig} + A_{if} + A_d \quad (\text{ha}) \quad (8.6)$$

unde: **A_{ig}**, **A_{if}**, **A_d** definite anterior;

8) Grosimea stratului de gheață care se formează pe timpul iernii:

$$h_g = \frac{\beta \cdot Q_{uz,med,zi} \cdot T_{ing}}{\gamma \cdot A_{ing}} + h_0 \quad (\text{m}) \quad (8.7)$$

unde:

β – coeficient de infiltrare și evaporare iarna:

- 0,30 – 0,40 pentru soluri argiloase ;
- 0,60 – 0,75 pentru soluri nisipoase;

T_{ing} – durata perioadei de îngheț, (zile);

γ – greutatea specifică a gheții, ($\approx 0,9 \text{ t/m}^3$);

A_{ing} – suprafața pe care se continuă irigarea pe timpul iernii, ($\approx 0,75 A_{ig}$), (m^2);

h₀ – grosimea stratului de zăpadă ce se depune pe suprafața gheții, (0,10 m);

Q_{uz,med,zi} – debitul uzat zilnic mediu epurat mecanic, (m^3/zi);

Înălțimea stratului de gheață va trebui să nu depășească 0,70 – 0,80 m, pentru a nu rezulta înălțimi mari necesare digurilor. Dacă această condiție nu este respectată se va aplica procedeul de infiltrație sub gheață.

9) Debitul de calcul al canalului principal de distribuție a apei uzate:

$$Q_c = Q_{uz,max,or} \quad (\text{dm}^3/\text{s}) \quad (8.8)$$

unde:

Q_{uz,max,or} – debitul uzat orar maxim epurat mecanic, (dm^3/s);

10) Debitul de calcul ce revine unei parcele de 1ha, valoare pentru care se dimensionează canalele de distribuție și irigație a apei pe parcele:

$$q_{ig} = \frac{1000 \cdot N_{ig} \cdot t}{3600 \cdot t_u} \quad (\text{dm}^3 / \text{s, ha}) \quad (8.9)$$

unde:

q_{ig} – debitul de irigare (hidromodulul), ($dm^3/s,ha$);

N_{ig} – norma de irigare ($m^3/ha,zi$);

t – perioada dintre două udări succesive; (≈ 5 zile);

t_u – timpul de udare; (≈ 1 h pentru 1 ha de parcelă udată);

1000, 3600 – coeficienți de transformare;

Dacă debitul calculat cu relația (8.9) rezultă mai mare decât $Q_{uz,max,or}$, în calcule se va lua în considerație ultimul.

11) Debitul apelor evacuate de pe parcela cu suprafața de 1 ha:

$$q_{des} = \frac{1000 \cdot \alpha \cdot N_{ig} \cdot t \cdot n}{86400 \cdot t_{des}} \quad (dm^3 / s, ha) \quad (8.10)$$

unde:

q_{des} – debitul de desecare colectat de pe suprafața unui ha de parcelă (modulul de scurgere), ($dm^3/s,ha$);

α – coeficient de infiltrație în sol; ($\approx 0,5$);

N_{ig} – norma de irigare ($m^3/ha \cdot zi$);

t – perioada dintre două udări succesive; (≈ 5 zile);

n – coeficient care ține seama de pătrunderea neuniformă a apei în rețeaua de drenaj; are valoarea 1,5;

t_{des} – timpul în care trebuie să se producă desecarea; are valori: $(0,4 - 0,5) \cdot t$ (zile);

1000, 86400 – coeficienți de transformare;

12) Debitul de calcul al unui dren:

$$Q_{dren} = q_{des} \cdot A_{des} \quad (dm^3 / s) \quad (8.11)$$

unde:

q_{des} – definit de (8.10);

A_{des} – suprafața deservită de un singur dren (ha):

$$A_{des} = \frac{L \cdot b}{10000} \quad (ha) \quad (8.12)$$

unde:

L – lungimea drenului (≤ 120 m); b – distanța între drenuri definită de (8.13), (m);

13) Distanța dintre drenurile sau șanțurile de desecare:

$$b = 632 \cdot (H - h) \cdot \sqrt{\frac{k}{q_{des}}} \quad (\text{m}) \quad (8.13)$$

unde:

H – adâncimea la care se așează drenurile:

- 1,20 – 1,50 m pentru drenajul închis;
- 1,50 – 2,0 m pentru canalele de desecare;

h – adâncimea de drenare:

- 0,60 m pentru fâneată;
- 1,00 m pentru legume;

k – coeficientul de permeabilitate:

- 1,0 – 0,1 cm/s pentru nisip;
- 0,004 – 0,001 cm/s pentru soluri argilo-nisipoase;

q_{des} – definit de relația (8.10);

Distanța dintre drenuri, pentru diferite soluri și adâncimi de așezare poate fi adoptată orientativ din tabelul 8.4.

Tabel 8.4. Distanța dintre drenuri pentru diferite soluri și adâncimi.

Natura solului	Distanța dintre drenuri <i>b</i> , (m), la adâncimi de așezare a lor de:	
	1,25 m	1,50 m
Argilă obișnuită	6,5	8,0
Argilă nisipoasă grea	8,0	10,0
Argilă nisipoasă obișnuită	9,5	12,0
Argilă nisipoasă mărunță	12,0	15,0
Sol nisipos	16,0	26,0

8.1.1.3 Iazurile de stabilizare (biologice)

Iazurile de stabilizare sunt bazine naturale sau excavate în pământ, amenajate de cele mai multe ori în depresiuni naturale, având adâncimi de apă de 0,6 – 1,2 m și obiectiv epurarea apelor uzate brute sau epurate parțial.

Procesele de epurare care se desfășoară în iazurile biologice sunt de tip aerob sau/și anaerob, acestea bazându-se pe factori naturali.

Iazurile biologice pot fi folosite atât pentru epurarea apelor uzate menajere, cât și pentru cele orășenești și industriale, cu condiția ca acestea să nu conțină substanțe toxice.

Adâncimea iazurilor biologice poate să ajungă la 2,0 – 3,0 m și chiar mai mult, în zonele unde variațiile sezoniere de temperatură sunt mari (cazul țării noastre), iar apele uzate sunt în prealabil epurate mecanic, caz în care sunt cunoscute mai mult sub denumirea de lagune.

La iazurile biologice cu adâncimi mai mari de 1,0 m, fermentarea nămolului depus pe fund se face în condiții anaerobe, ceea ce poate conduce la emanații de gaze cu mirosuri neplăcute. Acest fenomen se produce atunci când cantitatea de nămol depusă pe fundul iazului este mare și, de asemenea, adâncimea este mare (peste 1,0 m).

Iazurile biologice pot fi alcătuite din unul sau mai multe compartimente. În cazul în care iazurile sunt alcătuite din două sau mai multe compartimente, acestea sunt legate în serie sau în paralel.

Soluția frecvent aplicată este cu compartimente legate în serie întrucât, în acest mod, se obține un grad ridicat de epurare; primul compartiment este împărțit în două, cu funcționare alternativă, pentru a permite curățarea lor periodică (la intervale de 2 – 3 ani), iar ultimele compartimente sunt populate cu pește (aici cantitatea de oxigen trebuie să fie în permanență de peste 3 mg O₂/l).

La proiectarea iazurilor biologice sunt necesare următoarele date preliminare:

- studii calitative și cantitative asupra apelor uzate;
- studii hidrologice și meteorologice efectuate în zona de amplasare a iazurilor, din care să rezulte: temperatura medie a aerului, direcția vânturilor predominante, gradul de acoperire a cerului, luminozitatea, evaporația, precipitațiile;
- studii topografice și geotehnice din care să rezulte: adâncimea la care se află pânza freatică, structura, alternanța și duritatea rocilor, porozitatea solului;
- condițiile de evacuare, posibilitățile de reutilizare a apei epurate, combaterea mirosurilor, a muștelor, rozătoarelor;
- posibilități tehnice de recirculare a apei pentru asigurarea unui mediu aerob în iaz, sau utilizarea aerării artificiale cu ajutorul aeratoarelor mecanice fixe sau plutitoare (pe flotori) amplasate în diferite puncte pe suprafața iazului;
- protecția sanitară;

8.1.1.4 Parametrii de proiectare pentru dimensionarea iazurilor biologice

1) Timpul de retenție al apei în iaz:

$$T = \frac{V}{Q_{uz,med,zi}} \quad (\text{zile}) \quad (8.14)$$

unde:

V – volumul util al iazului, (m^3);

$Q_{uz,med,zi}$ – debitul uzat mediu zilnic, (m^3/zi);

2) Suprafața necesară a iazului biologic:

$$A_{iaz} = \frac{V}{h_{impus}} = \frac{T \cdot Q_{uz,med,zi}}{h_{impus}} = \frac{F_i}{I_{OA}} \quad (\text{ha}) \quad (8.15)$$

unde:

h_{impus} – adâncimea impusă a iazului, (m);

I_{OA} – încărcarea organică pe suprafață, (kg $CBO_5/ha,zi$);

F_i – cantitatea de substanță organică admisă în iaz (factorul de încărcare organică al iazului), (kg CBO_5/zi);

$T, V, Q_{uz,med,zi}$ – definiți anterior;

3) Calitatea apei uzate efluente din iazul biologic:

$$x_{5,uz}^{ef} = \frac{x_{5,uz}^b}{K_T \cdot T + 1} \quad (\text{mg } O_2/l) \quad (8.16)$$

unde:

$x_{5,uz}^{ef}$ – concentrația în substanțe organice exprimate în CBO_5 a efluentului iazului biologic, (mg O_2/l);

$x_{5,uz}^b$ – concentrația în substanțe organice exprimate în CBO_5 influente în iazul biologic, (mg O_2/l);

K_T – constantă de viteză la temperatura θ °C conform diagramei din fig. 8.1, (zile^{-1})

T – timpul de retenție, (zile).

4) Volumul iazului biologic:

$$V = 35 \cdot Q_c \cdot x_{5,uz}^b \cdot 1,08^{(35-\theta)} \quad (m^3) \quad (8.17)$$

unde: $Q_c, x_{5,uz}^b, \theta$ °C definite anterior;

Parametrii de dimensionare sunt prezentați în tabelul 8.5.

Tabel 8.5 Parametrii de dimensionare ai iazurilor biologice

Tipul iazului	Adâncimea iazului (m)	Încărcarea în locuitori echivalenți (loc./ha)	Încărcarea organică pe suprafață (g CBO ₅ /m ² ,zi)	Timp de retenție	Eficiența epurării (%)
1	2	3	4	5	6
Anaerob	2,0 – 3,0	-	35 – 60	6 – 60 zile	10 – 50
Facultativ aerob	1,2 – 1,8	250	0,6 – 1,0	luni	75 – 80
Aerob	0,6 – 1,2	1000	5,5	≈ 30 zile	80 – 95
	< 0,6	2000	11 (iarna)	2 – 10 zile	80 – 95
		5000	25 (vara)		90 – 95

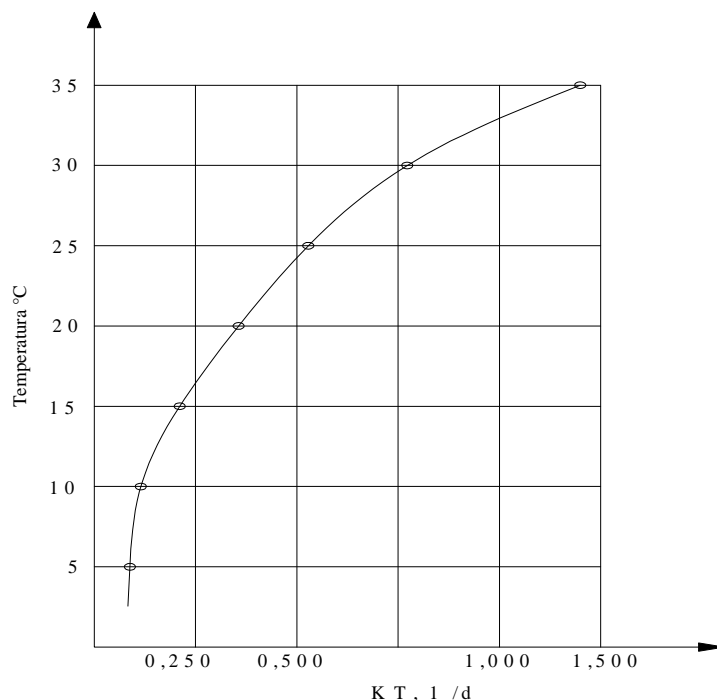


Figura 8.1. Diagrama constantei de viteză funcție de temperatura Θ.

8.1.2 Epurarea biologică artificială

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

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

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

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

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

În funcție de procedeele de epurare predominante, epurarea mecano – biologică convențională se poate clasifica:

- epurare biologică cu biomasă sau peliculă fixată, realizată în filtre biologice clasice ori echipate cu biodiscuri;
- epurare biologică cu biomasă în suspensie realizată în bazine cu nămol activat, șanțuri de oxidare;
- epurare biologică mixtă realizată în instalații de tip special;

8.1.2.1 Epurare biologică artificială cu biomasă fixată – filtre biologice

Filtrele biologice se amplasează după decantoarele primare; au rolul de a asigura mineralizarea (oxidarea) substanțelor organice biodegradabile cu ajutorul microorganismelor aerobe care se dezvoltă pe pelicula (membrana) biologică fixată pe materialul de umplutură din care este alcătuit filtrul.

Toate tipurile de filtre necesită în prealabil decantare primară, în principal pentru evitarea colmatării premature a materialului filtrant. Filtrele biologice sunt utilizate pentru debite de ape uzate cu $Q_{uz,max,zi} < 250 \text{ dm}^3/\text{s}$ și pentru încărcări reduse cu materii în suspensie și materii organice biodegradabile.

Debitele de dimensionare și verificare ale filtrelor biologice:

- dimensionare:
 - filtre biologice clasice: $Q_c = Q_{uz,max,zi}$;

- filtre biologice cu discuri: $Q_c = Q_{uz,max,zi}$;
- verificare:
 - filtre biologice clasice: $Q_v = Q_{uz,max,or} + Q_{AR,max}$;
 - filtre biologice cu discuri: $Q_v = Q_{uz,max,or}$;

unde:

$Q_{uz,max,zi}$ – debitul apelor uzate maxim zilnic, (m^3/zi);

$Q_{uz,max,or}$ – debitul apelor uzate maxim orar, (m^3/h);

$Q_{AR,max}$ – debitul de recirculare a apei epurate, (m^3/zi);

Fenomenele de epurare și microorganismele mineralizatoare sunt de tip aerob, caracterizându-se prin prezența oxigenului și prin procesele de oxidare, care sunt predominante.

La toate tipurile de filtre se dezvoltă pe suprafața de contact (suprafața suport) o peliculă care, în mod continuu sau intermitent se desprinde și este antrenată de apă în decantoarele secundare unde este reținută sub formă de nămol biologic.

Decantoarele secundare nu pot lipsi din schemele de epurare cu filtre biologice, deoarece ele trebuie să rețină pelicula biologică produsă și evacuată din filtre.

Cu excepția filtrelor biologice cu contactori rotativi (ex. filtre biologice cu discuri) este necesară pomparea apei decantate primar în filtre, deoarece în majoritatea cazurilor acestea sunt construcții supraterane.

Nămolul biologic reținut în decantoarele secundare **nu este recirculat** în amonte de filtre, deoarece poate conduce la colmatarea acestora. În anumite cazuri, se recirculă apă epurată (decantată), pentru scăderea încărcării organice volumetrice a filtrului biologic.

Contactul dintre apa uzată și materialul filtrant sau de contact (la filtrele biologice cu discuri) trebuie să fie intermitent, pentru a se permite aprovizionarea cu oxigen a microorganismelor mineralizatoare.

Pentru dezvoltarea materialului celular viu și desfășurarea activității de mineralizare a substratului organic, este necesar ca în apa uzată să se găsească substanțe fertilizante cum ar fi azotul și fosforul, substanțe care să se afle într-un anumit raport față de carbon.

De obicei, în apele uzate menajere și orașenești, trebuie asigurate cerințele cantitative minime și anume: $CBO_5 : N : P = 100 : 5 : 1$

La apele uzate sărace în azot și fosfor, se adaugă artificial substanțe ce conțin azot și fosfor (fertilizare), astfel încât cerințele minime de mai sus să fie îndeplinite.

În reținerea substanțelor organice coloidale și dizolvate de către microorganismele care trăiesc și se dezvoltă în pelicula biologică atașată de granulele materialului filtrant, fenomenele predominante sunt cele de interfață (la suprafața de separație dintre apă și granule) cum ar fi fenomenele de sitare, adsorbție și de decantare în spațiul dintre granule.

Filtrele biologice pot fi clasificate în funcție de mai multe criterii:

- a) După modul de funcționare și alcătuirea constructivă:
 - de contact;
 - percolatoare (cu picurare), denumite și „clasice” ;
 - cu contactori biologici rotativi;
- b) După încărcarea organică și hidraulică:
 - de mică încărcare;
 - de medie încărcare;
 - de încărcare normală;
 - de mare încărcare;
- c) După forma în plan:
 - circulare;
 - rectangulare;
- d) După sistemul de distribuție al apei pe suprafața materialului filtrant:
 - cu sistem de distribuție fix și vas de dozare;
 - cu sistem de distribuție mobil și vas de dozare (la filtrele biologice cu forma în plan dreptunghiulară);
 - cu sistem de distribuție rotativ (la filtrele biologice cu forma în plan circulară);
- e) Din punct de vedere al ventilației:
 - cu ventilație naturală;
 - cu ventilație artificială;
- f) Din punct de vedere al contactului cu atmosfera:
 - filtre biologice deschise (majoritatea aplicațiilor);
 - filtre biologice închise (în cazuri rare).

8.1.2.2 Filtre biologice percolatoare (cu picurare) de înălțime redusă

Sunt construcții în care apa uzată decantată primar este distribuită intermitent pe suprafața filtrului și străbate în sens descendent un strat de material filtrant în care are loc epurarea biologică a apelor uzate.

Filtrele biologice percolatoare joase, sunt alcătuite din următoarele elemente constructive principale (fig. 8.2):

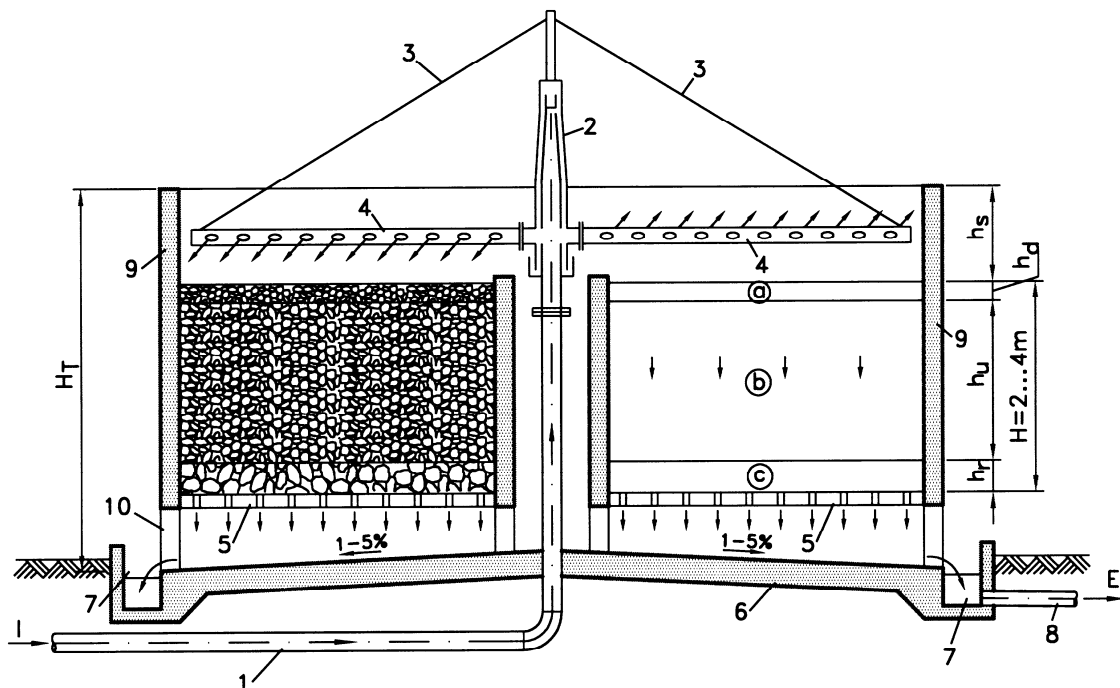


Figura 8.2. Filtru biologic percolator de înălțime redusă ("jos")

- I-influent; 1-conductă de alimentare cu apă decantată a filtrului; 2-cap rotativ; 3-tirați; 4-conductă de distribuție perforată; 5-radier drenant; 6-radier compact; 7-rigolă perimetrală de colectare a apei filtrate; 8-conductă de transport a apei filtrate spre decantoare; 9-pereți exteriori; 10-ferestre de acces a aerului; a-strat de repartiție; b-strat util ("de lucru"); c-strat suport (de susținere sau de rezistență)

Parametrii de proiectare ai filtrelor biologice percolatoare

1) Debiturile de dimensionare și verificare :

- dimensionare: $Q_c = Q_{uz,max,zi}$;
- verificare: $Q_v = Q_{uz,max,or} + Q_{AR,max}$;

unde:

$Q_{uz,max,zi}$ – debitul apelor uzate maxim zilnic, (m^3/zi);

$Q_{uz,max,or}$ – debitul apelor uzate maxim orar, (m³/h);

$Q_{AR,max}$ – debitul de recirculare a apei epurate, (m³/zi);

2) Debitul apei epurate de recirculare se calculează cu relația:

$$Q_{AR} = R \cdot Q_c \quad (\text{m}^3/\text{zi}) \quad (8.17)$$

unde:

$$R \text{ – coeficient de recirculare : } R = \frac{Q_{AR}}{Q_c} \quad (8.18)$$

Coeficientul de recirculare se determină dintr-o ecuație de bilanț de substanțe scrisă la intrarea în filtrul biologic:

$$x_{5,uz}^{dp} \cdot Q_c + x_{5,uz}^{adm} \cdot Q_{AR} = x_{5,uz}^b \cdot (Q_c + Q_{AR}) \quad (8.19)$$

unde:

$x_{5,uz}^{dp}$ – concentrația în CBO₅ a apelor decantate primar, (mg/l);

Q_c – debitul de calcul, (m³/zi);

Q_{AR} – debitul de recirculare, (m³/zi);

$x_{5,uz}^{adm}$ – concentrația în CBO₅ a efluentului, impusă de NTPA 001/ 2005, (mg/l);

$x_{5,uz}^b$ – concentrația în CBO₅ a influentului în treapta biologică de epurare, (mg/l); se limitează la 150 mg/l pentru filtre de mică încărcare și la 300 mg/l pentru celelalte tipuri de filtre;

Din relațiile (8.17) și (8.18) rezultă:

$$R = \frac{x_{5,uz}^{dp} - x_{5,uz}^b}{x_{5,uz}^b - x_{5,uz}^{adm}} \quad (8.20)$$

Concentrația în CBO₅ a apelor decantate primar X_{5uz}^{dp} se determină cu relația:

$$x_{5,uz}^{dp} = (1 - e_{xd}) \cdot (1 - e_x) \cdot x_{5,uz} \quad (\text{mg/l}) \quad (8.21)$$

unde:

$x_{5,uz}^{dp}$ – concentrația în CBO₅ a apelor decantate primar, (mg/l);

e_{xd} – eficiența treptei de degrosisare privind reținerea materiei organice biodegradabile, (%);

e_x – eficiența decantorului primar privind reținerea CBO₅, (%);

$x_{5,uz}$ – concentrația în CBO₅ a apelor uzate influente în stația de epurare, (mg/l);

Cu valorile de mai sus, se determină coeficientul de recirculare **R** aplicând relația (8.20).

Factorul hidraulic al recirculării reprezintă raportul dintre debitul de apă uzată introdus în filtru pe timpul recirculării și debitul de calcul:

$$F_h = \frac{Q_c + Q_{AR}}{Q_c} = 1 + R \quad (8.22)$$

$$F_b = \frac{F_h}{[1 + (1-f) \cdot R]^2} \quad (8.23)$$

unde:

F_b – factorul biologic al recirculării;

f – proporția de materie organică (exprimată în CBO₅) îndepărtată la fiecare trecere a apei prin filtru; se consideră de obicei $f = 0,90$;

Tabel 8.6. Valori ale F_h și F_b în funcție de R ($f=0,9$).

Nr. crt.	Valori ale factorilor de recirculare								
	R	0,5	1	2	3	4	5	8	15
1	R	0,5	1	2	3	4	5	8	15
2	F_h = 1+R	1,5	2	3	4	5	6	9	16
3	F_b = $\frac{F_h}{(1 + 0,1R)^2}$	1,36	1,65	2,08	2,36	2,55	2,67	2,78	2,56

Deoarece factorul biologic al recirculării nu mai crește în mod sensibil pentru valori ale coeficientului de recirculare $R > 3,0$ se recomandă pentru R valori cuprinse între 0,5 și 3,0.

3) Încărcarea organică a filtrului biologic reprezintă raportul dintre cantitatea de substanță organică (exprimată în CBO₅); Se determină cu relația:

$$I_o = \frac{C_b}{V_{mf}} \quad (\text{g CBO}_5/\text{m}^3, \text{zi}) \quad (8.24)$$

unde:

C_b – cantitatea de substanță organică exprimată în CBO₅ influentă în treapta biologică, (kg CBO₅/zi);

$$V_{mf} \text{ – volumul de material filtrant, (m}^3\text{): } V_{mf} = \frac{C_b}{I_o} \quad (\text{m}^3) \quad (8.25)$$

4) Încărcarea hidraulică a filtrului biologic se determină ca raport al debitului apelor uzate admis în filtru și suprafața orizontală a filtrului:

$$I_h = \frac{Q_c + Q_{AR}}{A_o} \quad (\text{m}^3/\text{m}^2, \text{h}) \quad (8.26)$$

unde:

$$A_o - \text{aria orizontală a filtrului, (m}^2\text{): } A_o = \frac{Q_c + Q_{AR}}{I_h} \quad (\text{m}^2) \quad (8.27)$$

Valorile I_o și I_h se adoptă conform tabelului 8.7.

Tabel 8.7. Parametrii de proiectare ai filtrelor biologice.

Nr. crt	Parametrii	U.M.	Tipul filtrului biologic			
			Încărcare mică	Încărcare medie	Încărcare normală	Încărcare mare
0	1	2	3	4	5	6
1	I_o	g CBO ₅ /m ³ ,zi	≤ 200	200-450	450-750	750-1100
2	I_h	m ³ /m ² ,h	< 0,2	0,4-0,8	0,6-1,2	0,7-1,5
3	d_{xb}	%	> 85% (medie 92%)	> 80% (medie 88%)	> 75% (medie 83%)	> 70% (medie 77%)
4	$x_{5,uz}^{adm}$	mg/l	≤ 20	≤ 25	≤ 30	≤ 45

unde:

I_o – încărcarea organică a filtrului, (g CBO₅/m³,zi);

I_h – încărcarea hidraulică a filtrului,(m³/m²,h);

d_{xb} – gradul de epurare necesar pentru CBO₅, din treapta de epurare biologică, (%);

$x_{5,uz}^{adm}$ – concentrația în CBO₅ a efluentului, impusă de NTPA 001/ 2005, (mg/l);

5) Înălțimea totală a stratului de material filtrant H , va avea valori cuprinse între 2,0 și 4,0 m:

$$H = \frac{V_{mf}}{A_o} = x_{5,uz}^b \cdot \frac{I_h}{I_o} \quad (\text{m}) \quad (8.28)$$

6) Eficiența cuplului filtru biologic-decantor secundar se poate calcula pentru schema cu o singură treaptă de epurare biologică, cu formula [45]:

$$E = \frac{1}{1 + 0,014 \cdot \sqrt{\frac{I_o}{F_h}}} \quad (8.29)$$

unde: I_o și I_h – definite anterior;

Trebuie îndeplinită condiția:

$$E \geq d_{xb} \quad (8.30)$$

În cazul când există treaptă de dublă de epurare cu filtre biologice, eficiența celei de-a doua trepte se calculează cu relația (8.29) în care se introduce încărcarea organică considerată pentru treapta a doua.

Soluția optimă privind eficiența de epurare, gradul de recirculare, încărcarea hidraulică și înălțimea stratului de material filtrant, se alege în urma unor calcule tehnico-economice comparative.

Forma constructivă în plan a filtrului biologic depinde de sistemul de distribuție a apei pe filtru; se adoptă circulară pentru distribuitoarele rotative și dreptunghiulară pentru distribuția cu sprinklere, conducte și jgeaburi perforate sau distribuitoare cu deplasare longitudinală (tip „du-te vino”). Numărul minim al cuvelor de filtrare este $n = 2$; dacă se adoptă o singură cuvă, atunci se va prevedea posibilitatea de ocolire (by-pass) a cuvei.

8.1.2.3 Filtre biologice (percolatoare) turn

Sunt instalații de epurare biologică care se desfășoară pe înălțime, având formă circulară în plan și raportul dintre înălțime și diametru $(H/D) = (6 / 1) \div (8 / 1)$. Filtrele biologice turn sunt utilizate pentru ape uzate puternic încărcate cu substanțe organice (fabrici de conserve, sanatorii, clinici veterinare) și pentru epurarea biologică a apelor uzate provenite de la localități cu până la 10.000 locuitori echivalenți.

Filtrul este alcătuit din mai multe straturi filtrante de 2,0 ... 4,50 m înălțime dispuse pe verticală și separate între ele prin spații de 0,40 ... 0,50 m înălțime, care servesc pentru realizarea unui tiraj corespunzător unei intense aerări a materialului filtrant.

Se recomandă să se adopte înălțimi de turn de până la 10 m pentru epurarea apelor uzate cu o concentrație în CBO_5 la intrarea în filtru $x_{5uz}^b = 200 \text{ mg/dm}^3$ și de până la 15 m pentru ape uzate cu $x_{5uz}^b = 300 \text{ mg/dm}^3$.

Admisia apei în filtru se face prin pompare la partea superioară a acestuia, iar distribuția apei pe suprafața de filtrare se face continuu, de obicei cu sprinklere.

Încărcarea organică a materialului filtrant $I_o = 500 \dots 1800 \text{ g } CBO_5/\text{m}^3$ material filtrant.

Încărcarea hidraulică I_h poate fi considerată până la 120 m^3 apă uzată/ m^2, zi (5 m^3 apă uzată/ m^2, h).

La acest tip de filtre, recircularea apei epurate este rar utilizată. La partea inferioară a fiecărei trepte de filtrare se vor prevedea ferestre pentru asigurarea ventilării și tirajului. De

asemenea, se vor prevedea, pentru fiecare treaptă, deschideri care să permită încărcarea, respectiv evacuarea materialului filtrant.

8.1.2.4 Contactori biologici rotativi

Contactorii biologice rotativi (cunoscuți sub denumirea Rotating Biological Contactors – RBC) sunt instalații de epurare alcătuite din discuri din material plastic scufundate 35-40% din diametru în apa uzată decantată primar, care se rotesc lent (1-3 rot/min.) Sunt cunoscute și sub denumirea de Filtre Biologice cu Discuri (**FBD**), iar discurile constituate se mai numesc **biodiscuri**. (fig.8.3).

Filtrele biologice cu discuri au rolul de a asigura mineralizarea și eliminarea substanțelor organice biodegradabile aflate în stare coloidală sau dizolvată din apele uzate decantate primar. Pot fi utilizate și în scheme de epurare prin care se urmărește nitrificarea, denitrificarea și reținerea fosforului din apele uzate.

Filtrele biologice cu discuri se amplasează în fluxul tehnologic după decantoarele primare și în amonte decantoarelor secundare. Decantorul primar și decantorul secundar **nu pot lipsi** din schema de epurare care conține filtre biologice cu discuri.

În schemele de epurare cu filtre biologice cu discuri nu se recirculă, nici apa epurată, nici nămolul biologic.

Instalația de biodiscuri necesită un consum redus de energie, zgomotul în timpul funcționării este neglijabil și procesul de epurare poate fi complet automatizat funcție de cantitatea și calitatea apei tratate. Discurile au diametrul cuprins între 0,60 și 3,0 m și sunt realizate din materiale ușoare de tip lupolen sau styropor (materiale asemănătoare polistirenului expandat) dar mult mai dense (compacte) și cu muchiile rezistente și stabile. Ele au grosimea $d = 10 \dots 15$ mm și se assemblează pe un ax, în pachete, distanța optimă dintre discuri considerându-se, $w = 20$ mm. Distanța dintre biodiscuri și radierul bazinului este importantă.

Utilizarea filtrelor biologice cu discuri este avantajoasă în cazul unor debite reduse de ape uzate provenite de la mici colectivități (5 – 500 locuitori), unități militare, campinguri, mici unități din industria alimentară. Ele pot fi realizate sub forma unor instalații monobloc modulate pentru anumite valori ale debitului de ape uzate.

Valorile principalilor parametri de proiectare ai filtrelor biologice cu discuri sunt prezentați în tabelul 8.8.

Tabel 8.8. Valorile parametrilor de proiectare ai FBD

Nr. crt.	Parametru	Simbol	U.M.	Tipul epurării		
				Convențională	Cu nitrificare simultană	Cu nitrificare în bazine separate
0	1	2	3	4	5	6
1	Încărcarea hidraulică	I_h	$m^3/m^2, zi$	0,08 – 0,16	0,03 – 0,08	0,04 – 0,10
2	Încărcarea organică specifică ¹⁾	$SCBO_5^{2)}$	$g/m^2, zi$	3,7 – 10,0	2,5 – 7,3	0,5 – 1,5
		$TCBO_5^{3)}$	$g/m^2, zi$	10,0 – 17,0	7,3 – 15,0	1,0 – 3,0
3	Încărcarea organică specifică maximă din prima treaptă ¹⁾	$SCBO_5^{2)}$	$g/m^2, zi$	20 – 30	20 – 30	–
		$TCBO_5^{3)}$	$g/m^2, zi$	40 – 60	40 – 60	–
4	Încărcarea specifică în NH_3		$g/m^2, zi$	–	0,73 – 1,5	1,0 – 2,0
5	Timpul de retenție	t	h	0,7 – 1,5	1,5 – 4,0	1,2 – 2,9
6	Concentrația în CBO_5 a efluentului	X_{5uz}^{adm}	mg/dm^3	15 – 30	7 – 15	7 – 15
7	Concentrația în NH_3 a efluentului	$C_{NH_3}^{adm}$	mg/dm^3	–	< 2	1 – 2

1) Temperatura apei uzate > 13 °C;

2) $SCBO_5$ – consum biochimic de oxigen solubil;

3) $TSCBO_5$ – consum biochimic de oxigen total;

Notă: Încărcarea hidraulică, organică specifică în NH_3 se raportează la aria biodiscurilor:

$$A = \Sigma \cdot n \cdot 0,785 \cdot D^2 \quad (m^2);$$

n – numărul de biodiscuri; D – diametru biodiscuri, (m);

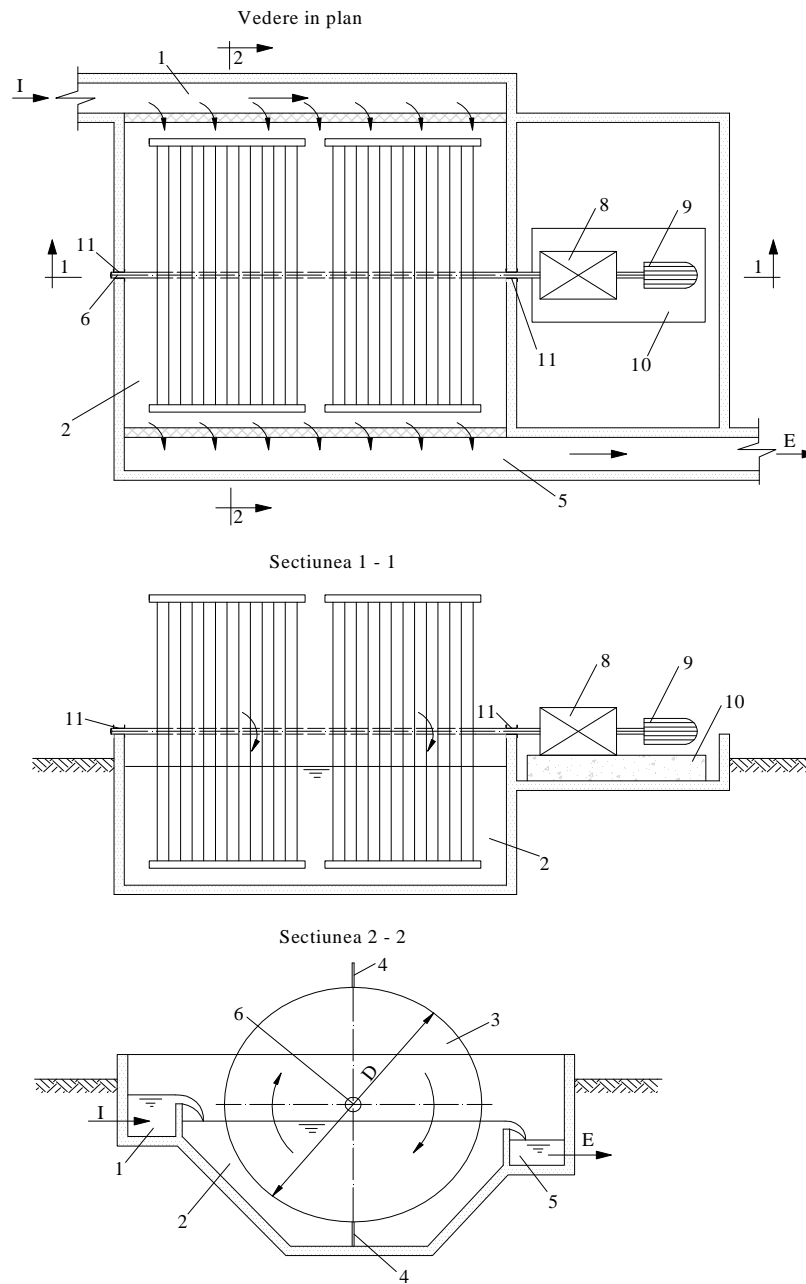


Figura 8.3. Filtru biologic cu discuri.

I – influent; E – efluent; 1 – rigolă de admisie a apei decantate primar în instalația de filtrare;
 2 – jgheab în care sunt cufundate biodiscurile; 3 – biodisc; 4 – riglă pentru împiedecarea depunerilor;
 5 – rigolă de colectare; 6 – ax; 7 – pachet din biodiscuri; 8 – motoreductor;
 9 – motor electric; 10 – postament de beton; 11 – lagăr.

8.1.2.5 Bazine cu nămol activat – epurare biologică cu biomasă în suspensie

Bazinele cu nămol activat (BNA), denumite și bazine de aerare, sunt construcții în care se realizează procesul de epurare biologică a apelor uzate în prezența oxigenului introdus artificial prin aerare și a nămolului activat de recirculare (fig. 8.4). Fenomenul este analog celui de autoepurare a cursurilor de apă, dar mult intensificat prin aerare artificială și prin recircularea nămolului activat.

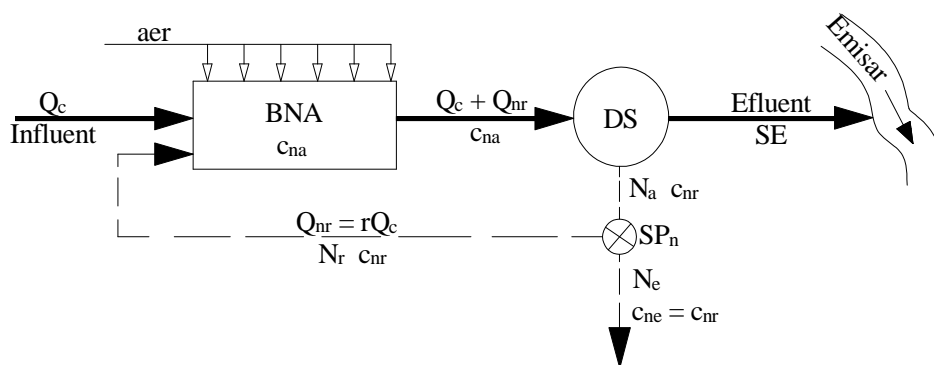


Figura 8.4. Schemă generală de epurare convențională cu bazine cu nămol activat

Q_c – debitul de calcul; Q_{nr} – debitul de nămol recirculat; c_{na} – concentrația nămolului activat;
 c_{nr} – concentrația nămolului de recirculare; N_a – cantitatea de nămol activat;
 N_r – cantitatea de nămol recirculat; N_e – cantitatea de nămol în exces;

Bazinele cu nămol activat realizează amestecul :

- apei uzate, conținând substanțe organice care constituie hrana bacteriilor mineralizatoare (așa numitul substrat organic);
- aerul, care conține oxigen și care este furnizat prin procedee mecanice, pneumatice, mixte sau cu jet ;
- nămolul activat de recirculare, care conține materialul celular viu necesar menținerii unei anumite concentrații a nămolului activat în bazinul de aerare, corespunzătoare unui anumit grad de epurare necesar.

Amestecul celor 3 elemente trebuie să se facă astfel încât, indiferent de procesul de aerare să fie îndeplinite condițiile esențiale:

- să se introducă oxigenul necesar desfășurării proceselor bio-chimice din bazinul de aerare;
- să se realizeze o bună omogenizare a celor trei elemente (apa uzată, aerul și nămolul activat de recirculare);

- să fie evitată depunerea flocoanelor de nămol în orice punct din bazinul de aerare;

Bacteriile participante în proces sunt de tip aerob; se găsesc totdeauna în apa uzată decantată primar și se pot adapta sau nu la condițiile aerobe din bazin. În bazinul cu nămol activat sunt create în mod artificial condiții de dezvoltare și de înmulțire intensivă a microorganismelor care, în procesul lor de viață, transformă substanțele organice biodegradabile pe bază de carbon aflate în apa uzată sub formă coloidală sau dizolvată, în material celular viu. Acesta se reunește în flocoane și este reținut în decantoarele secundare prevăzute în aval și poartă denumirea de „nămol activat”.

Procesele biochimice care au loc în bazinele de aerare se află în stadiul II de dezvoltare a masei bacteriene, stadiu denumit „de creștere logaritmică”. Aceste procese sunt consumatoare de oxigen, element chimic care se asigură prin diverse procedee de aerare a apei. La consumuri de energie necesare pentru aerarea apei reduse, în condițiile asigurării unui grad de epurare dat, procedeele de aerare devin avantajoase.

Eficiența de îndepărtare (reducere sau eliminare) a substanțelor organice prin procedeele cu nămol activat, variază între 60 și 98 % în funcție de tipul de epurare adoptat, de procedeele de aerare aplicate, de natura apelor uzate

Bazinele de aerare se prevăd:

- cu 2, 3 sau 4 compartimente pentru stații cu $Q_{uz,max,zi} < 250 \text{ dm}^3/\text{s}$;
- cu 1 compartiment, pentru stații cu $Q_{uz,max,zi} < 25 \text{ l/s}$ (cu dotare by-pass);

În schemele stațiilor de epurare unde **nu** sunt prevăzute decantoare primare, se va avea în vedere ca la debitul de verificare (Q_v), concentrația de oxigen dizolvat în bazin să nu scadă sub $0,50 \text{ mg O}_2/\text{l}$, iar durata de aerare să fie mai mare de 2h.

Clasificarea bazinelor cu nămol activat se face după mai multe criterii:

a) După procedeul de aerare:

- cu aerare pneumatică;
- cu aerare mecanică;
- cu aerare mixtă.
- cu jet;

b) După variația concentrației nămolului activat din bazinul de aerare:

- omogene (cu amestec complet);

- neomogene (tip piston) - concentrația nămolului activat descrește spre aval în lungul bazinului;
- c) După modul de distribuție (repartiție) a apei uzate și nămolului de recirculare, bazinele de aerare neomogene pot fi:
- cu apa și nămolul activat de recirculare introduse concentrat în capătul amonte al bazinului (aerare convențională);
 - cu distribuția fracționată a apei în lungul bazinului (step-feed);
 - cu distribuția fracționată a nămolului de recirculare în lungul bazinului ;
 - cu distribuția fracționată a apei și a nămolului de recirculare în lungul bazinului;
 - cu regenerarea nămolului de recirculare (stabilizare de contact) ;
 - cu aerare prelungită;
- d) După numărul treptelor de epurare biologică, pot exista bazine cu nămol activat:
- într-o singură treaptă;
 - în două trepte;
- e) După încărcarea organică a nămolului I_{on} (kg CBO₅/kg s.u,zi), BNA pot fi:
- cu aerare prelungită: $I_{on} < 0,1$ kg CBO₅/kg s.u,zi;
 - de încărcare mică: $0,1$ kg CBO₅/kg s.u,zi $\leq I_{on} < 0,3$ kg CBO₅/kg s.u,zi;
 - de încărcare medie: $0,3$ kg CBO₅/kg s.u,zi $\leq I_{on} < 0,6$ kg CBO₅/kg s.u,zi;
 - de încărcare mare: $0,6$ kg CBO₅/kg s.u,zi $\leq I_{on} < 1,5$ kg CBO₅/kg s.u,zi;
 - cu aerare modificată: $I_{on} \geq 1,5$ kg CBO₅/kg s.u,zi;
- f) După natura procesului de aerare, BNA pot fi:
- convenționale (tip piston);
 - cu amestec complet;
 - cu aerare descrescătoare (tip con);
 - cu alimentare fracționată (step – feed);
 - cu aerare modificată;
 - cu stabilizare de contact sau cu regenerarea nămolului;
 - cu aerare prelungită;
 - cu aerare de mare încărcare (high – rate aeration);
 - cu utilizarea procedurii Kraus;

- cu insuflare de oxigen pur;
- șanțuri de oxidare;
- cu aerare în foraj de adâncime;

Bazinele cu nămol activat sunt în general neacoperite, cu excepția cazului în care se aplică procedeul de insuflare a oxigenului pur și a unor situații speciale impuse de protecția sanitară a mediului înconjurător (stații de epurare subterane, în clădiri, în zone intens locuite).

Forma în plan a bazinelor cu nămol activat poate fi rectangulară, circulară, inelară (șanțurile de oxidare de exemplu) și mixtă (dreptunghiulară și cu capetele de forma unui semicerc).

Din punct de vedere al amplasării față de cota terenului amenajat, bazinele de aerare pot fi îngropate, semi-îngropate sau supraterane, în funcție de cerințele profilului tehnologic și de criteriile tehnico-economice ale soluției adoptate. Ele trebuie fundate pe teren sănătos și la adâncimi $\geq h$ îngheț.

Bazinele de aerare pot fi realizate din beton armat sau metal; la stații de epurare mici modulele de epurare pot fi realizate în uzină sau direct pe amplasament, din materiale plastice, oțel inox sau metal protejat împotriva coroziunii.

Principalele componente ale bazinelor cu nămol activat (fig.8.5) sunt:

- 1) bazinul (sau cuva) în care are loc procesul;
- 2) conductele de transport și distribuție a aerului și dispozitivele de insuflare a aerului (difuzoare, panouri, tuburi, furtunuri);
- 3) pasarelele de susținere a sistemelor de aerare și de acces la acestea, la armăturile de reglaj situate pe conductele de aer sau apă uzată, la aparatura de măsură și control;
- 4) aparatura de măsură, control, și automatizare.
- 5) canale sau conducte de acces și de evacuare a apei uzate și a nămolului de recirculare în/din bazinele de aerare, precum și stavilele aferente;

Decantoarele primare pot lipsi din schema stației de epurare în situațiile:

- când apele uzate ce urmează a fi epurate au proveniență exclusiv menajeră și debite $Q_{uz,max,or} < 200 \text{ dm}^3/\text{s}$;
- când eficiența decantării prin sedimentare gravimetrică (reținerea materiilor în suspensie) este sub 40%;
- când conținutul în substanță organică este redus ($c_{CBO5} < 150 \text{ g O}_2/\text{m}^3$);

– când epurarea se realizează în instalații biologice compacte de capacitate redusă;

Valorile parametrilor de proiectare ai bazinelor de nămol activat sunt prezentate în tabelul următor.

Tabel 8.9. Valorile parametrilor de dimensionare pentru bazinele cu nămol activat.

Nr. crt.	Tipul epurării	T_N (zile)	I_{on} (kg CBO ₅ / kg s.u,zi)	I_{ob} (kg CBO ₅ / m ³ ,zi)	c_{na} (mg/ dm ³)	t_a (h)	r (%)
0	1	2	3	4	5	6	7
1	Aerare de mare încărcare	0,5 – 2	1,5 – 2	1,2 – 2,4	200 – 1000	1,5 – 3	100 – 150
2	Stabilizare de contact	5 – 10	0,2 – 0,6	1,0 – 1,3	1000 – 3000 ^a 6000 – 10000 ^b	0,5 – 1 ^a 2 – 4 ^b	50 – 150
3	Aerare cu introducere de oxigen pur	1 – 4	0,5 – 1	1,3 – 3,2	2000 – 5000	1 – 3	25 – 50
4	Curgere în bloc convențională	3 – 15	0,2 – 0,4	0,3 – 0,7	1000 – 3000	4 – 8	25 – 75 ^d
5	Alimentare fracționată	3 – 15	0,2 – 0,4	0,7 – 1,0	1500 – 4000	3 – 5	25 – 75
6	Amestec complet	3 – 15	0,2 – 0,6	0,3 – 1,6	1500 – 3000	4 – 8	25 – 75 ^d
7	Aerare prelungită	20 – 40	0,04 – 0,1	0,1 – 0,3	2000 – 5000	20 – 30	50 – 150
8	Șanțuri de oxidare	15 – 30	0,04 – 0,1	0,1 – 0,3	3000 – 5000	15 – 30	75 – 150
9	Procese de aerare și decantare grupate în același bazin	15 – 25	0,04 – 0,1	0,1 – 0,3	2000 – 5000 ^c	20 – 40	NA
10	Bazine cu funcționare secvențială	10 – 30	0,04 – 0,1	0,1 – 0,3	2000 – 5000	15 – 40 ^c	NA
11	Aerare în contracurent	10 – 30	0,04 – 0,1	0,1 – 0,3	2000 – 4000	15 – 40	25 – 75 ^d

a)Concentrația nămolului activat și timpul de retenție în bazinul de contact;

b)Concentrația nămolului activat și timpul de retenție în bazinul de stabilizare;

c)Utilizată și la vârste ale nămolului intermediare;

d)Pentru nitrificare, ratele pot fi crescute cu 25 – 50 %;

NA – neaplicabil.

unde:

T_N – vârsta nămolului, (zile);

I_{on} – încărcarea organică a nămolului, (kg CBO₅/ kg s.u,zi);

I_{ob} – încărcare organică a bazinului,(kg CBO₅/ m³,zi);

c_{na} – concentrația nămolului activat, (mg/dm³);

$t_a = V/Q_c$ – timpul de retenție la debitul de calcul, (h);

V – volumul bazinului, (m³);

$r = Q_{nr}/Q_c$ – rata de recirculare a nămolului, (%);

Q_{nr} – debitul de recirculare, (m^3/zi);

Q_c – debitul de calcul, (m^3/zi);

8.1.2.6 Parametrii de dimensionare ai bazinelor de aerare (BNA)

1) Debiturile de dimensionare și verificare:

– de dimensionare: $Q_c = Q_{uz,max,zi}$;

– de verificare: $Q_v = Q_{uz,max,or} + Q_{nr,max}$;

2) Concentrația substanței organice biodegradabile exprimată în CBO_5 :

$$x_{5,uz}^b = (1 - e_{xd}) \cdot (1 - e_x) \cdot x_{5,uz} \quad (\text{mg/l}) \quad (8.31)$$

unde:

$x_{5,uz}^b$ – concentrația în CBO_5 pentru influentul treptei biologice ($\text{mg O}_2/\text{l}$);

e_{xd} – eficiența treptei de degrosare privind reținerea CBO_5 , (%);

e_x – eficiența decantorului primar privind reținerea CBO_5 , (%);

$x_{5,uz}$ – concentrația în CBO_5 a apelor uzate influente în stația de epurare, ($\text{mg O}_2/\text{l}$);

3) Cantitatea de substanță organic biodegradabilă influentă în BNA:

$$C_b = x_{5,uz}^b \cdot Q_c \quad (\text{kg } CBO_5/\text{zi}) \quad (8.32)$$

unde:

$x_{5,uz}^b$, Q_c – definite anterior.

4) Cantitatea de substanță organică eliminată în treapta biologică:

$$C'_b = C_b - C_{ev} \quad (\text{kg } CBO_5/\text{zi}) \quad (8.33)$$

unde:

C_b – definit la pct.3 cf. relației (8.32);

C_{ev} – cantitatea de substanță evacuată zilnic în emisar:

$$C_{ev} = x_{5,uz}^{adm} \cdot Q_c \quad (\text{kg } CBO_5/\text{zi}) \quad (8.34)$$

unde:

$x_{5,uz}^{adm}$ – concentrația substanței organice impusă la evacuarea în emisar, ($\text{mg O}_2/\text{l}$);

5) Încărcarea organică a bazinului:

$$I_{ob} = \frac{C_b}{V} \quad (\text{kg } CBO_5/\text{m}^3 \text{ b. a. , zi}) \quad (8.35)$$

unde:

C_b – definit la pct. 3) cf. relației (8.32);

V – volumul util al bazinului de aerare, (m^3);

6) Încărcarea organică a nămolului:

$$I_{on} = \frac{C_b}{N_a} \quad (\text{kg CBO}_5/\text{kg s. u. , zi}) \quad (8.36)$$

unde:

C_b – definit la pct. 3), cf. relației (8.32);

N_a – cantitatea de biomasă existentă în bazinul de aerare, (kg s.u);

7) Încărcarea hidraulică a bazinului:

$$I_h = \frac{Q_c}{V} \quad (m^3 \text{ a. uz}/m^3 \text{ b. a. , zi}) \quad (8.37)$$

unde:

Q_c, V – definite anterior;

8) Concentrația nămolului activ din bazinul de aerare (valori orientative tab.8.10):

$$c_{na} = \frac{N_a}{V} = \frac{I_{ob}}{I_{on}} \quad (\text{kg}/m^3) \quad (8.38)$$

unde:

N_a, V, I_{ob}, I_{on} – definite anterior;

Tabel 8.10. Valori ale concentrației nămolului activat.

Tipul epurării	Concentrația în substanță uscată c_{na} (kg/m^3)	
	cu decantare primară	fără decantare primară
0	1	2
Fără nitrificare	2,5 – 3,5	3,5 – 4,5
Cu nitrificare și denitrificare	2,5 – 3,5	3,5 – 4,5
Cu stabilizarea nămolului	–	4,5
Cu eliminarea fosforului (precipitare simultană)	3,5 – 4,5	4,5

9) Indicele volumetric al nămolului (Indexul lui Mohlmann) exprimă volumul de nămol care revine unui gram de substanță uscată după o sedimentare de 30 de minute a probei de nămol și se exprimă în cm^3/g ; reprezintă raportul dintre volumul de nămol separat într-un con Imhoff de $1 dm^3$, umplut până la reper, după o sedimentare de 30 de minute și cantitatea de susbstanță uscată aferentă acestui volum după etuvare.

Valori ale indicelui de nămol $I_{VN} = 50 \dots 150 \text{ cm}^3/\text{g}$ indică o bună sedimentare în decantoarele secundare; pentru valori $I_{VN} > 200 \text{ cm}^3/\text{g}$, procesul de sedimentare este necorespunzător, obținându-se un nămol înfoiat, cu proprietăți de decantare extrem de reduse și care poate conduce la flotarea acestui nămol în decantorul secundar.

Indicele nămolului poate fi exprimat în ml/l (cm^3/dm^3), caz în care poartă denumirea de sediment sau indice comparativ al nămolului și reprezintă raportul dintre volumul de nămol separat într-un con Imhoff de 1 dm^3 , umplut până la reper, după o sedimentare de 30 de minute și volumul inițial al probei de nămol;

- pentru $I_{on} \leq 0,3 \text{ kg CBO}_5/\text{kg s.u.zi} \rightarrow I_{VN} = 100 \text{ cm}^3/\text{g}$;
- pentru $I_{on} > 0,3 \text{ kg CBO}_5/\text{kg s.u.zi} \rightarrow I_{VN} = 150 \text{ cm}^3/\text{g}$;

10) Concentrația nămolului de recirculare (concentrația nămolului în exces):

$$c_{nr} = c_{ne} = \frac{1.000}{I_{VN}} = c_{na} \cdot \frac{r + 100}{r} \quad (\text{kg}/\text{m}^3) \quad (8.39)$$

unde: I_{VN} – definit anterior;

r – coeficientul de recirculare al nămolului:

$$r = \frac{Q_{nr}}{Q_c} \cdot 100 = \frac{c_{na}}{c_{nr} - c_{na}} \cdot 100 = \frac{c_{na} \cdot I_{VN}}{1.000 - c_{na} \cdot I_{VN}} \quad (\%) \quad (8.40)$$

unde:

Q_c – debitul de calcul, definit anterior;

c_{na} , c_{nr} , I_{VN} – definiți anterior;

Q_{nr} – debitul de nămol recirculat, (m^3/zi);

11) Debitul de nămol în exces:

$$Q_{ne} = \frac{c_{na} \cdot V - T_N \cdot Q_c \cdot c_{uz}^{adm}}{T_N \cdot (c_{ne} - c_{uz}^{adm})} \quad (\text{m}^3/\text{zi}) \quad (8.41)$$

unde:

c_{na} , c_{ne} , V , Q_c – definite anterior;

c_{uz}^{adm} – concentrația în MTS impusă la evacuarea în emisar, (mg/l);

T_N – vârsta nămolului, definită de relația (8.43);

12) Cantitatea specifică de nămol, n_{es} , se alege în funcție de tipul epurării (tab.8.11):

$$n_{es} = \frac{N_e}{C_b} \quad (\text{kg s. u./kg CBO}_5 \text{ redus}) \quad (8.42)$$

unde:

$N_e = Q_{ne} \cdot c_{ne}$ – cantitatea de substanță uscată corespunzătoare volumului în exces, (kg s.u./zi);

C_b' – definit cu relația (8.33);

Tabel 8.11. Valori ale cantității specifice de nămol.

n_{es} (kg s.u./ kg CBO ₅ redus)			
Tipul epurării biologice			
Epurare convențională		Epurare cu nitrificare	Aerare prelungită
$X_{5uz}^{adm} \leq 20$ mg/l	$X_{5uz}^{adm} \leq 30$ mg/l		
0,6 – 0,8	0,7 – 0,9	0,5 – 0,7	0,35 – 0,5

13) Umiditatea nămolului

Umiditatea nămolului în exces se va considera în calcule 99 – 99,2 %.

14) Vârsta nămolului se definește ca raportul dintre cantitatea de materii solide în suspensie existentă în BNA și cantitatea de materii solide în suspensie eliminată din sistemul bazin – decantor secundar:

$$T_N = \frac{c_{na} \cdot V}{(Q_c - Q_{ne}) \cdot c_{uz}^{adm} + Q_{ne} \cdot c_{ne}} \quad (\text{zile}) \quad (8.43)$$

unde:

c_{na} , c_{ne} , V , Q_c , Q_{ne} , c_{uz}^{adm} – definiți anterior;

Vârsta nămolului este un parametru important în epurarea biologică și epurarea avansată a apelor uzate; valorile recomandate depind de tipul epurării (tab.8.12).

Tabel 8.12. Valori recomandate pentru vârsta nămolului.

Nr. crt.	Tipul epurării	Mărimea stației de epurare			
		$C_b < 1.200$ kg CBO ₅ /zi		$C_b > 6.000$ kg CBO ₅ /zi	
		Temperatura de dimensionare			
		10 ⁰ C	12 ⁰ C	10 ⁰ C	12 ⁰ C
0	1	2		3	
1	Fără nitrificare	5,0 zile		4,0 zile	
2	Cu nitrificare	10 zile	8,2 zile	8 zile	6,6 zile
3	Cu nitrificare–denitrificare $V_D/V = 0,20$	12,5 zile	10,3 zile	10 zile	8,3 zile
4	$V_D/V = 0,30$	14,3 zile	11,7 zile	11,4 zile	9,4 zile
5	$V_D/V = 0,40$	16,7 zile	13,7 zile	13,1 zile	11,0 zile
6	$V_D/V = 0,50$	20,0 zile	16,4 zile	16,0 zile	13,2 zile
7	Cu stabilizarea aerobă a nămolului, inclusiv eliminarea azotului	25 zile		Recomandabil peste 20 zile	

unde:

C_b – definit de relația (8.32), (kg/zi);

$x_{5,uz}^b$ – concentrația CBO₅ influentă în reactorul biologic, (mg/l);

Q_c – debitul de calcul, conform § 8.1.1;

V_D – volumul zonei de denitrificare, (m³);

V – volumul total al bioreactorului, (m³);

15) Cantitatea de oxigen necesară se determină cu relația:

$$O_n = O_{ns} \cdot V \text{ (kg O}_2\text{/zi)} \quad (8.44)$$

unde:

O_{ns} – oxigenul necesar specific, (kg O₂/ m³ b.a.,zi);

V – volumul bazinului, (m³);

Valorile oxigenului necesar specific, după tipul de epurare biologică sunt prezentate în tabelul 8.13.

Tabel 8.13. Valori ale O_{ns} după tipul de epurare biologică.

O_{ns} (kg O ₂ / m ³ b.a.,zi)			
Tipul epurării biologice			
Epurare convențională		Epurare cu nitrificare	Aerare prelungită
$X_{5uz}^{adm} \leq 20$ mg/l	$X_{5uz}^{adm} \leq 30$ mg/l		
1,12	1,44	0,79	0,47

16) Capacitatea de oxigenare necesară:

$$CO_{h,nec} = \frac{1}{24} \cdot O_n \cdot \frac{1}{\alpha} \cdot \frac{c_s}{c_{SA} - c_B} \cdot \left(\frac{K_{10}}{K_T}\right)^{1/2} \cdot \frac{760}{p} \text{ (kg O}_2\text{/h)} \quad (8.45)$$

unde:

O_n – cantitatea de oxigen necesară, (kg O₂/zi);

α – raportul dintre capacitatea de transfer a oxigenului în apa uzată și capacitatea de transfer a oxigenului în apa curată; se consideră $\alpha = 0,7 \dots 0,9$;

c_{SA} – concentrația de saturație a oxigenului dizolvat în apă curată, în condiții standard (760 mm col. Hg);

c_s – concentrația de saturație a oxigenului dizolvat din bazinul de aerare la temperatura de lucru T; valorile c_s sunt indicate în tabelul 8.14.

Tabel 8.14. Valorile c_S și c_{SA} pentru diferite temperaturi ale apei uzate.

T (°C)	0	5	10	15	20	25	30
c_S (mg O ₂ /l)	11,6	12,8	11,3	10,2	9,2	8,4	7,6
c_{SA} (mg O ₂ /l)	11,3	10,0	9,0	8,1	7,4	6,4	6,1

c_B – concentrația efectivă a oxigenului dizolvat din bazinul de aerare la temperatura T,
(1 .. 3mg O₂/l);

K_{10} – coeficient de transfer al oxigenului în apă la T = 10 °C;

K_T – coeficient de transfer al oxigenului în apă la T°C (tab.8.15);

Tabel 8.15. Valorile $\left(\frac{K_{10}}{K_T}\right)^{1/2}$ pentru diferite temperaturi ale apei uzate.

T°C	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
$\left(\frac{K_{10}}{K_T}\right)^{1/2}$	1,019	1,0	0,982	0,964	0,946	0,928	0,911	0,885	0,878	0,861	0,845	0,83	0,815	0,799	0,784	0,77

p – presiunea barometrică medie anuală a aerului din localitatea respectivă;

17) Debitul de aer necesar a fi insuflat:

$$Q_N = \frac{CO_{h,nec}}{c'_o \cdot H_i} \quad (\text{N m}^3 \text{ aer/h}) \quad (8.46)$$

unde:

$CO_{h,nec}$ – definit de relația (8.44);

c'_o – capacitatea specifică nominală de oxigenare în apa uzată se determină:

$$c'_o = 280 \cdot \eta_m \quad (\text{g O}_2 / \text{m}^3 \text{ aer, m ad. insuflare}) \quad (8.47)$$

unde:

280 – cantitatea de oxigen existentă într-un m³ de aer în condiții normale, (g O₂);

η_m – randamentul specific de oxigenare, (%/ m ad. insuflare); valori curente:
6 ...10 %/ m ad. insuflare;

H_i – adâncimea de insuflare (fig. 8.5): $H_i = H - a$ (m);

a – distanța dintre fața superioară a dispozitivului de insuflare a aerului în apă și fața superioară a radierului, $a = 5 \dots 60$ cm (fig. 8.5);

Parametrii de proiectare ai BNA sunt prezentați în tabelul 8.9 iar o schemă generală a bazinelor de aerare este prezentată în figura 8.5.

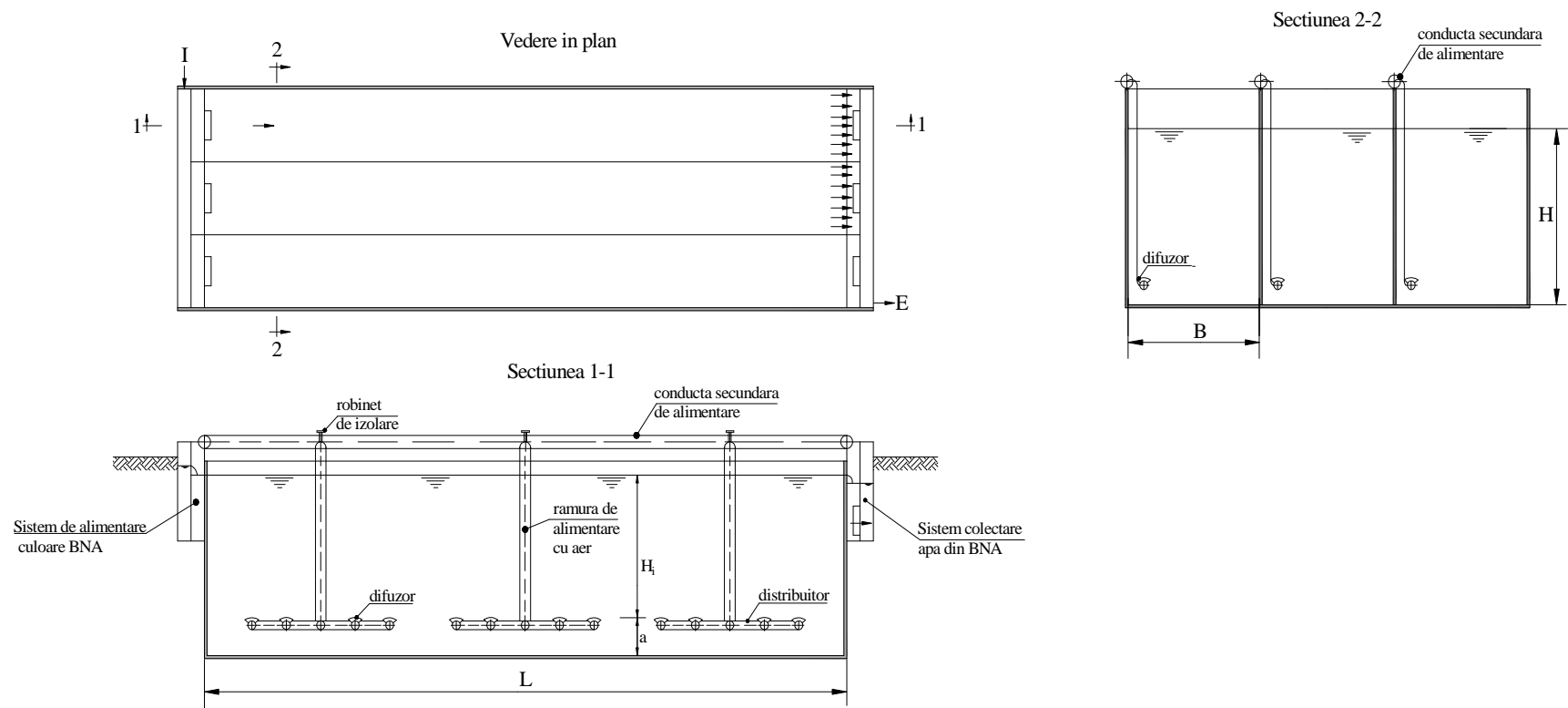


Figura 8.5. Bazin cu nămol activat.
I – influent; E – efluent;

8.1.2.6.1 Prevederi generale privind geometria bazinelor cu nămol activat

Pentru majoritatea bazinelor cu nămol activat, curgerea apei este de tip piston, apa uzată și nămolul activat fiind introduse în capătul amonte al bazinelor.

Numărul minim al compartimentelor aferente unui bazin de aerare va fi două linii care vor funcționa independent. Un compartiment poate fi alcătuit din unul sau mai multe culoare de aerare.

La bazinele cu nămol activat cu insuflarea asimetrică a aerului (lângă unul din pereți) sunt valabile relațiile:

$$\frac{B}{H} = 1,5 \quad (8.48)$$

$$\frac{L}{B} = 10 \dots 15 \quad (8.49)$$

$$H = 3,0 \dots 6,0 \text{ (m)} \quad (8.50)$$

unde:

B– lățimea unui culoar (fig. 8.5), (m);

L – lungimea culoarului și a bazinului (fig.8.5), (m);

H – adâncimea utilă a apei în bazin (fig.8.5), (m);

Dacă insuflarea se face uniform pe tot radierul bazinelor, relațiile de mai sus nu mai sunt obligatorii.

Alegerea adâncimii utile a apei în BNA depinde de:

- procedeu de aerare: mecanic, pneumatic;
- mărimea bulelor de aer realizate în masa de apă astfel:
 - bule fine: $d_b \leq 3 \text{ mm}$;
 - bule medii: $d_b = 4 - 6 \text{ mm}$;
 - bule mari: $d_b > 6 \text{ mm}$;
- tipul dispozitivelor de aerare;

Funcție de acești parametrii pentru bazinele de aerare cu nămol activ se adoptă adâncimea utilă $H = 3 \dots 6 \text{ (m)}$.

Volumul bazinelor de aerare se determină cu relația:

$$V = \frac{C_b}{I_{ob}} \text{ (m}^3\text{)} \quad (8.51)$$

unde:

C_b – definită de relația (8.32)

Q_c – debitul de calcul, (m^3/zi);

$x_{5,uz}^b$ – definit de relația (8.31), (kg/m^3);

I_{ob} – încărcarea organică a bazinului de aerare; se adoptă conform tab. 8.13, ($kg\ CBO_5/m^3\ b.a,zi$);

Lungimea bazinelor de aerare se determină cu relația:

$$L = \frac{V}{n_b \cdot n_c \cdot B \cdot H} \quad (m) \quad (8.52)$$

unde:

V – volumul util al bazinelor de aerare rezultat conform relației (8.51), (m^3);

n_b – numărul de compartimente ;

n_c – numărul de culoare / compartiment ;

B, H , au fost definite anterior, (m);

Alegerea dimensiunilor geometrice ale bazinelor cu nămol activat va lua în considerație spațiul disponibil în incinta stației de epurare și legăturile tehnologice cu celelalte obiecte existente sau proiectate (decantor primar, decantor secundar, stații de pompare a nămolului).

8.1.2.6.2 Dispozitive de insuflare a aerului

Alegerea dispozitivelor de insuflare a aerului se va realiza pe baza unui studiu de opțiuni luând în considerație:

- costul unitar/ m^2 de bazin al dispozitivelor de insuflare;
 - indicele energetic ($kg\ O_2/kWh$) și energia specifică medie consumată/ m^3 de apă uzată;
- Se recomandă alegerea dispozitivelor cu un indice energetic $\geq 3\ kg\ O_2/kWh$.

Difuzoare cu discuri sau domuri de aerare

Se realizează sub forma unor difuzoare cu diametrul de 18 ... 30 cm care se montează prin înșurubare sau prin lipire cu adezivi speciali pe o rețea din conducte amplasată în apropierea sau chiar pe radierului bazinului.

Parametrii de dimensionare:

- debitul specific de aer are valori $q_d = 2 \dots 10\ Nm^3\ aer/difuzor,h$;
- densitatea de amplasare pe radier a difuzoarelor este între 1 și 6 difuzoare/ m^2 ;

- capacitatea specifică nominală de oxigenare în apa uzată c'_0 ; valoarea va fi indicată de către furnizorul dispozitivului de aerare.

Tuburi poroase și tuburi cu membrană elastică perforată

Sunt dispozitive formate din mai multe tuburi asamblate într-un „bloc de aerare” sau „modul de aerare”; tuburile pot fi din material poros sau din material plastic înfășurat într-o membrană elastică perforată. Porii membranei au dimensiuni de ordinul a 0,1 ... 0,2 mm;

Lungimea tuburilor situate de o parte și de alta a unui distribuitor (tronson de conductă servind pentru distribuția aerului în tuburile de aerare) variază de la 0,50 m la 1,25 m;

Debitul specific de aer (pentru un metru liniar de tub): $q_l = 2 \dots 8 \text{ Nm}^3 \text{ aer/h,m tub}$;

Furtunuri de aerare din membrană elastică perforată

Parametrii de proiectare:

- debit specific de aer : $q_d = 2 \dots 6 \text{ Nm}^3 \text{ aer/h,m furtun}$;
- distanța dintre furtunuri: $d_o = 150, 300, 600, \text{ și } 900 \text{ mm}$;
- numărul de furtunuri pentru un panou: $n_{tp} = 2 \dots 6$ furtunuri;
- indicele energetic: i_E (kg O₂/ kWh):

$$i_E = \frac{CO_{h,ef}}{P_c} \quad (\text{kg O}_2/\text{kWh}) \quad (8.53)$$

unde:

$CO_{h,ef}$ – capacitatea de oxigenare orară efectivă, care poate fi asigurată de sursele de aer alese, (kg O₂/h);

P_c – puterea consumată a utilajelor de insuflare, (kW);

8.1.2.7 Bazine cu nămol activat – tehnologii speciale

A. Instalația de epurare biologică mixtă este caracterizată de ansamblul funcțional bazin – aerator realizat sub forma unui tambur rotativ, scufundat 75% din diametru în lichidul din bazin.

Cu ajutorul aeratorului se realizează o epurare biologică mixtă care presupune desfășurarea în același bazin, în condiții aerobe, a procedeelor de epurare cu peliculă fixată și cu biomasă în suspensie. Instalația se amplasează aval de obiectele tehnologice ce compun treapta de epurare mecanică.

Folosirea sistemului mixt se aplică pentru următoarele tipuri de epurare biologică:

- epurarea biologică fără nitrificarea apelor uzate (convențională);
- epurarea biologică cu nitrificarea apelor uzate;
- epurarea biologică cu nitrificarea – denitrificarea apelor uzate;
- epurarea biologică cu stabilizarea nămolului;
- epurarea biologică cu nitrificare – denitrificare și stabilizarea nămolului;
- instalații ce realizează suplimentar și eliminarea fosforului;

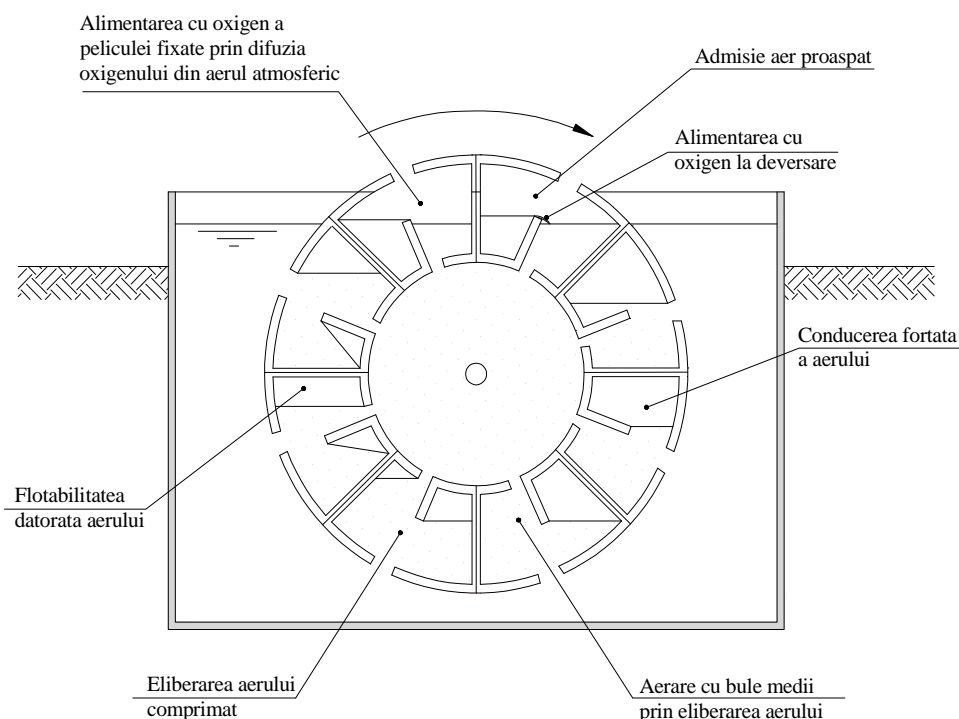


Figura 8.6. Aerator cu funcționare mixtă : peliculă fixată și biomasă în suspensie.

Aeratorul este alcătuit din elemente de forma unor segmente de cerc care formează între ele celule pe pereții cărora se dezvoltă pelicula biologică (fig. 8.6). Prin rotirea aeratorului se produce aerarea apei din bazin, alimentând astfel cu oxigen microorganismele ce trăiesc în acest mediu. Când interspațiile celulare sunt deasupra nivelului apei, apa din interiorul celulelor se scurge în bazin iar locul acesteia este luat de aerul atmosferic. La intrarea aeratorului în apă, aerul din interspații este comprimat și pe măsură ce interspațiile ajung, datorită rotirii, la partea inferioară a bazinului, se produce dizolvarea aerului în apă și eliberarea bulelor de aer prin

fante special prevăzute în pachetele de discuri sau segmente. Bulele medii sunt antrenate spre suprafața apei, producându-se alimentarea cu oxigen a microorganismelor mineralizatoare.

Suportul solid oferă suprafața de contact necesară pentru epurarea biologică cu peliculă fixată. La trecerea biodiscurilor prin atmosferă se realizează alimentarea cu oxigen a peliculei biologice ce se dezvoltă pe suprafața discurilor.

Parametrii de proiectare ai bazinelor de epurare biologică mixtă sunt prezentați în tabelul următor.

Tabel 8.16. Valorile recomandate pentru parametrii de dimensionare ai bazinelor de epurare biologică mixtă.*

Nr. crt.	Parametru de proiectare	Simbol	U.M.	Tipul procesului de epurare biologică convențională	
				scheme cu decantor primar	scheme fără decantor primar
0	1	2	3	4	5
1	Încărcarea organică a nămolului	I_{on}	kg CBO ₅ / kg s.u,zi	0,3	
2	Încărcarea organică a bazinei	I_{ob}	kg CBO ₅ / m ³ b.a,zi	0,75 – 1,20	
3	Indicele volumetric al nămolului	I_{VN}	cm ³ /g	40 – 100	
4	Concentrația nămolului activ	c_{na}	kg/m ³	4 – 6	4,5 – 7
5	Cantitatea specifică de nămol în exces	n_{es}	kg s.u/kg CBO ₅ redus	0,6 – 0,8	
6	Reducerea specifică a substanței organice	r_s	g CBO ₅ /m ² ,zi	10 – 18	
7	Capacitatea de nitrificare a peliculei fixate		g N/m ² ,zi	4 – 8	

*Tehnologia instalației de epurare biologică mixtă este o tehnologie de firmă. Detalii de construcție, instalare, operare se obțin de la furnizor.

B. Bazine cu nămol activat cu funcționare secvențială

Procesele din bazinele cu funcționare secvențială sunt identice cu cele din bazinele cu nămol activat, cu deosebirea că și aerarea și decantarea au loc în același bazin. Dacă în bazinele cu nămol activat procesul de aerare și decantare au loc în același timp, în bazinele cu funcționare secvențială acestea au loc secvențial.

Procesul care se desfășoară într-un bazin cu funcționare secvențială este alcătuit din următoarele 5 etape (vezi fig. 8.7):

➤ umplere

- obiectiv: adăugare de substrat (apă uzată sau apă uzată decantată primar);

- se realizează ridicarea nivelului apei în bazin de la 25% din capacitate (la sfârșitul etapei de stand-by) la 100%;
- durata etapei este circa 25% din durata unui ciclu;
- **reacție (aerarea apei)**
 - obiectiv: completarea reacțiilor biochimice care au fost inițiate în timpul etapei de umplere;
 - durata etapei este $\approx 35\%$ din durata unui ciclu;
- **decantare:**
 - obiectiv: separarea solidelor din apă, pentru limpezirea acesteia;
 - durata etapei este $\approx 20\%$ din durata unui ciclu;
- **evacuare apă limpezită**
 - obiectiv: evacuarea apei limpezite din bazin;
 - durata etapei de evacuare poate fi cuprinsă între 5...30% din durata unui ciclu ($0,25 \div 2,0h$), cu o valoare uzuală de 0,75h;
- **evacuare nămol (stand-by)**
 - obiectiv: permite celei de-a doua unități să realizeze etapa de umplere;
 - evacuarea nămolului în exces se realizează la sfârșitul fiecărui ciclu;
 - durata etapei de evacuare este $\approx 5\%$ din durata unui ciclu;

Procesul de epurare biologică din bazinele cu funcționare secvențială nu necesită recircularea nămolului.

Epurarea biologică din bazinele cu funcționare secvențială se poate realiza în următoarele cazuri:

- epurare biologică convențională ;
- epurare biologică cu nitrificare/denitrificare ;
- epurare biologică cu nitrificare și stabilizarea aerobă a nămolului;

Numărul minim de unități (bazine) cu funcționare secvențială este $n = 2$.

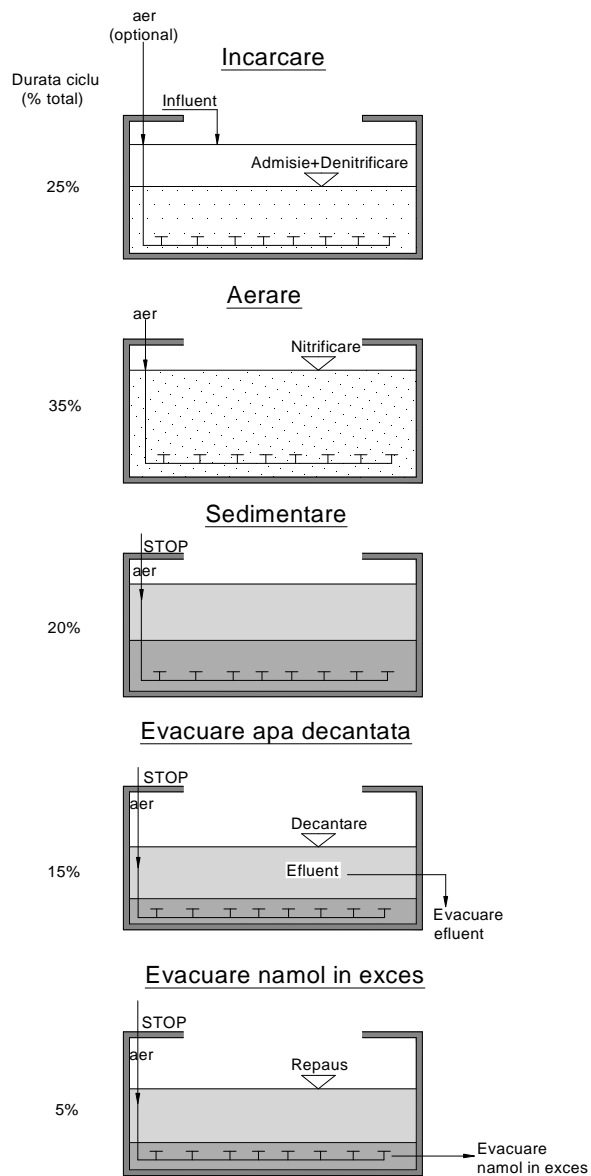


Figura 8.7 Etapele de operare pentru bazinele cu funcționare secvențială.

Tehnologia este o tehnologie de firmă (SBR – Sequential Batch Ractor) și elementele de dimensionare, echipare vor fi preluate de la deținătorul tehnologiei.

8.1.2.8 Pomparea nămolurilor în stațiile de epurare

Pomparea nămolurilor rezultate din epurarea apelor uzate este determinată de realizarea proceselor tehnologice și/sau de diferența cotelor geodezice din teren. Pentru situațiile în care curgerea nu poate fi realizată gravitațional, transportul nămolurilor se face prin pompare.

Deoarece nămolurile pompate sunt amestecuri polifazice (sisteme apoase până la paste și materiale păstoase), pompele folosite sunt de diferite tipuri, iar pentru alegerea lor trebuie să se țină seama atât de caracteristicile pompelor cât și de cele ale nămolurilor pompate.

Tipurile de nămoluri pompate, întâlnite în cadrul proceselor tehnologice din stațiile de epurare ape uzate sunt: nămol primar, nămol activat de recirculare și în exces, nămol biologic, nămol activat de recirculare în amestec cu cel în exces, nămol primar în amestec cu cel biologic, nămol concentrat, nămol fermentat.

Dacă din punct de vedere al exploatării ideal ar fi să se folosească același tip de pompe, caracteristicile nămolurilor și capacitatea pompelor impun utilizarea a diverse pompe funcție de cerințele proceselor tehnologice. Existența unei game variate de pompe cu rotoare având o hidraulică adecvată caracteristicilor diferite ale nămolurilor, permit proiectanților alegerea unor pompe optime atât din punct de vedere tehnologic cât și economic.

8.1.2.8.1 Stațiile de pompare a nămolurilor

Destinate să vehiculeze nămolurile rezultate în urma epurării apelor uzate, stațiile de pompare sunt alcătuite din sala pompelor, conductele și grupurile de pompare propriu-zise, precum și facilitățile pentru întreținere și exploatare pentru personalul de operare.

Sala pompelor adăpostește echipamentele hidromecanice, instalațiile hidraulice, instalațiile auxiliare electrice precum și aparatura de măsură și control. Sala pompelor se construiește cu o înălțime minimă de 3 m, iar amplasarea grupurilor de pompare va fi realizată astfel încât distanța între grupuri să fie de minimum 0,7 m iar între perete și grupurile de pompare să fie minimum 1 m, pentru a permite accesul personalului de exploatare și întreținere al stației.

Proiectarea stației de pompare implică dimensionarea structurii care să corespundă din punct de vedere arhitectural și să se încadreze ambientului zonei astfel încât amplasamentul să fie în apropierea unei surse de energie, a drumurilor de acces.

Având în vedere că funcționarea stațiilor de pompare presupune alimentarea continuă cu energie electrică; la proiectarea acestora trebuie prevăzută și o a doua sursă alternativă de energie independentă de sursa principală (un generator tip diesel care să asigure o sursă de energie continuă în caz de avarie).

Mirosurile prezente în stațiile de pompare sunt o mare problemă mai ales în cazul în care stația de pompare este poziționată în locuri publice, de aceea sistemele de control a mirosului precum aerarea corespunzătoare, clorinarea sau tratarea cu apă oxigenată sau sistemele de epurare a aerului și a gazelor emanate, trebuie să fie unele din facilitățile cu care se pot echipa sistemele minimizându-se astfel impactul negativ asupra mediului.

Stațiile de pompare pot fi clasificate după poziționarea echipamentului de pompare ca fiind stații de pompare cu cameră umedă sau stații de pompare cu cameră uscată. În stațiile de pompare cu cameră uscată, pompele sunt localizate într-un spațiu închis, separat de camera de aspirație, așa cum e indicat în figura 8.8. Selectarea stației de pompare cu cameră uscată sau a celei cu cameră umedă se bazează de obicei pe condițiile specifice aplicației și pe alegerea echipamentului de pompare. De exemplu, pompele submersibile și cele verticale necesită o structură cu cameră umedă, în timp ce pompele orizontale necesită o structură cu cameră uscată.

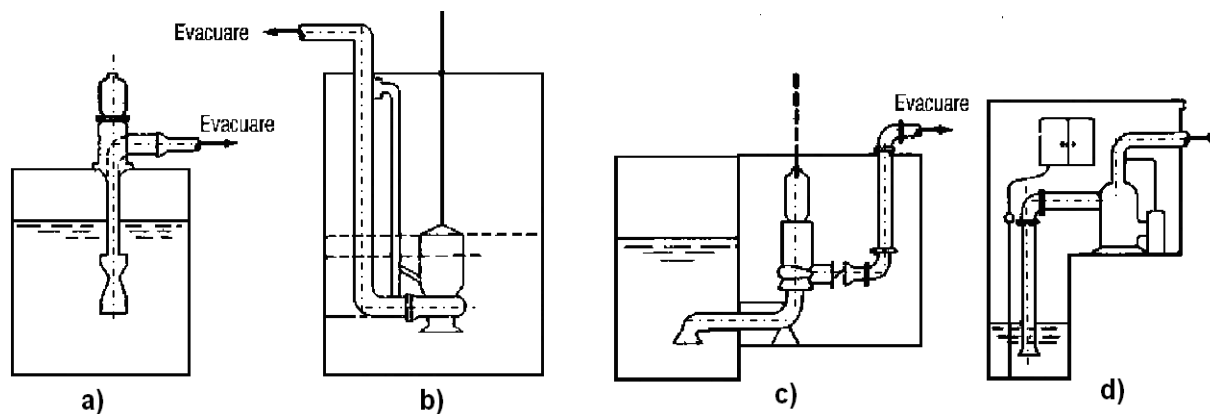


Figura 8.8. Tipuri de pompe și stații de pompare:

- a) pompă verticală poziționată în cameră umedă;
- b) pompă submersibilă poziționată în cameră umedă;
- c) pompă centrifugă poziționată în cameră uscată;
- d) pompă poziționată în cameră uscată;

8.1.2.8.2 Elemente de proiectare a instalațiilor de pompare

Alegerea pompelor pentru echiparea stației de pompare nămol presupune cunoașterea următoarelor elemente:

- caracteristicile nămolului: tipul de nămol, proveniența acestuia, consistența, vâscozitatea;
- debitele vehiculate;
- înălțimile de pompare, calculate ținând seama de diferențele de nivel între bazinele de aspirație și refulare și pierderile de sarcină pe conducte;

Numărul pompelor instalate în stația de pompare se stabilește funcție de numărul de pompe necesar în funcționare plus pompele de rezervă. Numărul pompelor de rezervă se ia orientativ, la trei pompe în funcțiune se ia una de rezervă. Numărul minim de pompe instalate în stația de pompare este de cel puțin două pompe, una în funcțiune și una de rezervă.

Dimensiunile și numărul de unități de pompare pentru marile stații trebuiesc selectate astfel încât variațiile debitului influent să nu ducă la opriri și porniri frecvente ale pompelor, dar să se și evite prevederea unor capacități mari de depozitare.

Conductele de nămol, de regulă, au pierderi de sarcină cu $50 \div 100$ % mai mari decât conductele ce transportă apă uzată. Riscul de subevaluare a pierderilor de sarcină crește odată cu creșterea lungimii de pompare și cu creșterea concentrației în materii solide.

În stațiile de epurare nămolul se transportă pe conducte cu $DN > 150$ mm.

Viteza nămolului în conducte trebuie să fie de $1,4 - 1,6$ m/s. Vitezele mari duc la creșterea pierderilor de sarcină, iar vitezele mici la depuneri și colmatări.

Conductele de nămol trebuie prevăzute cu posibilitatea de spălare pentru a se curăța blocajele de pe conducte. Grăsimile au tendința de a se lipi pe conductele de transport a nămolului sau a grăsimilor iar efectul care apare este reducerea diametrului și deci creșterea presiunii pe conductă.

8.1.2.8.3 Tipuri de pompe utilizate în vehicularea nămolului

Din gama pompelor utilizate pentru transportul nămolurilor fac parte pompele centrifuge, pompele cu piston, pompele cu rotor elicoidal, pompele cu diafragmă, pompele centrifuge cu cupla, pompele air-lift, pompele cu șnec, pompele cu lobi, pompele cu tocător și pompele cu furtun.

În tabelul 8.17 sunt prezentate avantajele și dezavantajele utilizării diverselor tipuri de pompe.

Tabel 8.17. Alegere tipuri de pompe pentru nămoluri.

Nr. crt.	Tipul pompei	Tipul de nămol	Avantaje	Dezavantaje
0	1	2	3	4
1	Pompe centrifuge	-Nămol activat de recirculare, -Nămol primar în concentrație redusă, -Nămol biologic	-Pompe larg răspândite, -Eficiență sporită mai ales la pompele cu debite mari($\eta >75\%$); -Prezintă o construcție robustă, -Întreținere relativ ușoară -Acoperă întreaga gamă de debite	Necesită funcționare înecată Nerecomandate pentru nămoluri concentrate
2	Pompe cu piston	- Nămoluri cu concentrații mari în materii solide (>15%)	-Destinate obținerii presiunilor ridicate (100...750 bari) la valori relativ reduse ale debitului vehiculat (6...60 mc/h).	-Eficiență redusă, -Necesită întreținere sporită dacă funcționează continuu, -Debit pulsatoriu
3	Pompe cu rotor elicoidal	-Nămol activat de recirculare și în exces -Nămol concentrat, -Nămol fermentat	-Asigură debite constante; -Pentru debite mai mari de 3 l/s pot fi pompate materii solide de aproximativ 20 mm; -Statorul/rotorul tinde să acționeze ca un clapet de reținere, împiedicând curgerea inversă prin pompă	-Necesită protecție împotriva funcționării în uscat -Pompele mici necesită echipament de mărunțire pentru prevenirea colmatării -Costuri energetice ridicate în cazul vehiculării unui nămol mai concentrat -Necesită etanșări și etanșare împotriva apei
4	Pompe cu diafragmă sau membrană	-Nămol activat de recirculare și în exces -Nămol concentrat, -Nămol fermentat -Nămoluri încărcate cu particule solide de granulație maximă 10 mm	-Sunt pompe autoamorsante - Acțiunea pulsatorie poate ajuta la concentrarea nămolului în bașele din amonte de pompe și repun în suspensie materiile solide în conducte când se pompează la viteze mici -Exploatare simplă	-Depind de procesele aval, debitul pulsatoriu poate să nu fie acceptat. -Necesită o sursă de aer comprimat. -În timpul funcționării produc mult zgomot. -Înălțimi de pompare și eficiențe scăzute

Nr. crt.	Tipul pompei	Tipul de nămol	Avantaje	Dezavantaje
0	1	2	3	4
5	Pompe centrifuge cu cupla	-Nămol primar	-Au un volum mare și o eficiență excelentă pentru aplicațiile de la sistemele pompare nămol activ. -Costuri relativ mici.	-Nu sunt recomandate pentru pomparea altor nămoluri deoarece se pot colmata cu cârpe și particule grosiere.
6	Pompe air-lift	-Nămol activat recirculat	-Utilizate pentru vehicularea unor cantități însemnate de nămol și înălțimi mici de pompare -Construcția simplă a pompei, nu are părți mobile	-Debitul pompat dependent de variația debitului de aer comprimat introdus; -randament scăzut;
7	Pompe cu șnec	-Nămol activat recirculat	-Autoreglare debitului funcție de adâncimea apei din camera de admisie	-Necesită spațiu mare pentru montaj și amplasare -Pierderi de sarcină mari -Întreținere judicioasă a lagărelor și șnecului
8	Pompe cu lobi	-Nămol primar -Nămol concentrat -Nămol fermentat	-Asigură un debit constant -Nu necesită clapet de sens pe refulare -Viteze mici și nu necesită întrețineri frecvente	-Datorită unei toleranțe mici între lobi rotativi, nisipul va cauza o uzură mare, aceasta făcând ca eficiența pompei să fie redusă. -Fluidul pompat trebuie să se comporte ca un lubrifiant. -Costurile pentru pompare cresc odată cu volumul de pompat.
9	Pompe cu tocător	-Nămol primar -Nămol fermentat	-rotoarele speciale permit mărunțirea obiectelor solide care ajung în pompă -reducerea posibilităților de colmatare	-Eficiență relativ scăzută ce variază între 40 și 60%. -Necesită întreținere periodică
10	Pompe cu furtun	-Nămol primar	-Pompe simple de exploatat, întreținut și reparat -Autoamorsante -Debite cuprinse între 36 și 1250 l/min și o înălțime de pompare de până la 152 m.	-Debit pulsatoriu -Funcționare alternativă, prin comprimarea urmată de decomprimarea unui furtun -Folosirea unui lubrifiant pentru a se reduce încălzirea și uzura furtunului

Alte echipamente folosite pentru vehicularea nămolurilor într-o stație de epurare, folosite mai ales pentru transportul nămolurilor a căror concentrație este mare și nu pot fi pompate sunt

transportoarele. Acestea pot fi transportoare cu bandă, transportoare pneumatice, elevatoare cu cupe, transportoare cu șnec.

În figurile următoare sunt prezentate tipurile de pompe utilizate pentru pomparea nămolurilor.

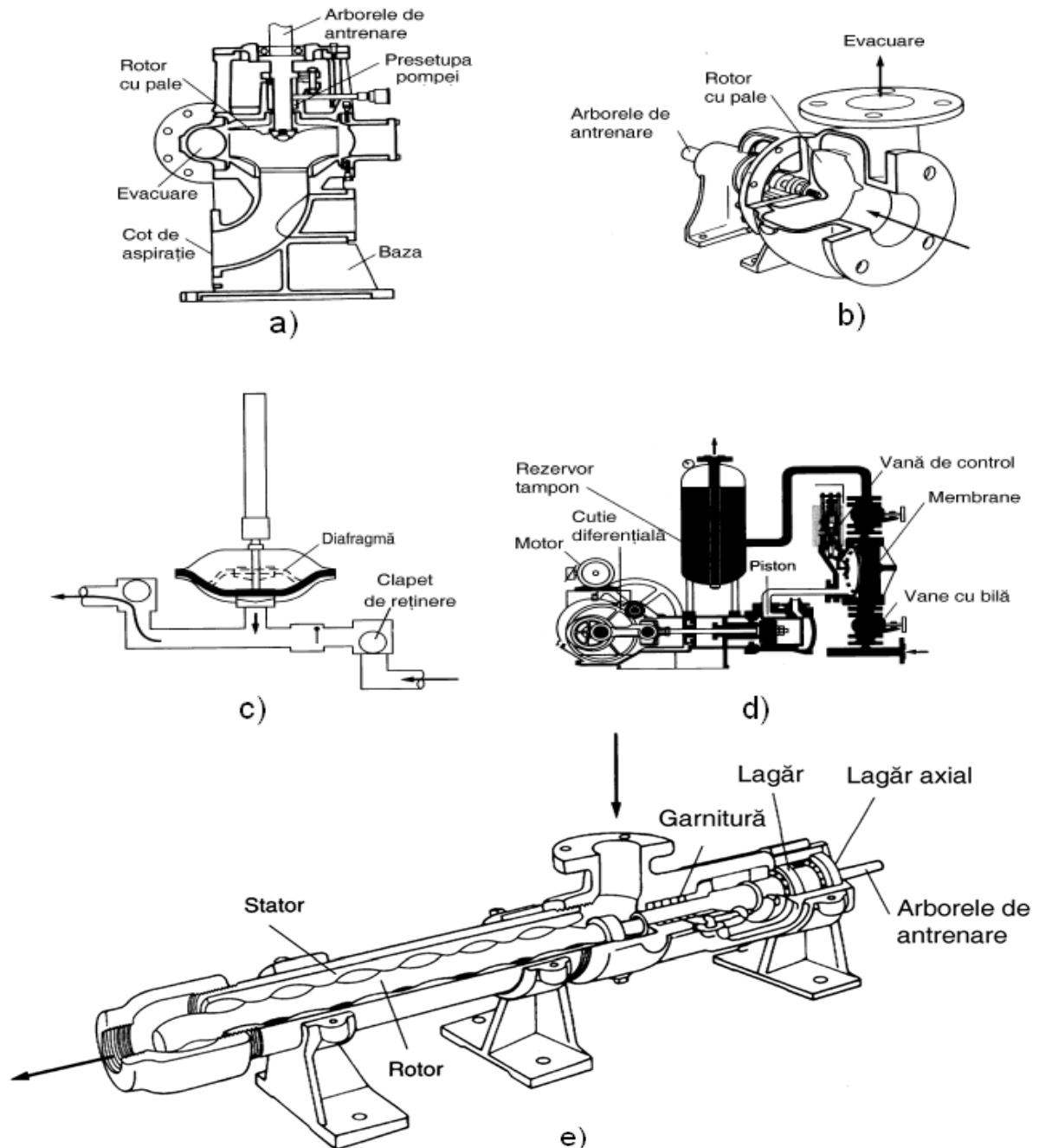


Figura 8.9. Tipuri de pompe utilizate pentru pomparea nămolului.
a) pompă centrifugă; b) pompă centrifugă cu cuplă; c) pompă centrifugă cu diafragmă;
d) pompă cu piston de înaltă presiune; e) pompă cu rotor elicoidal;

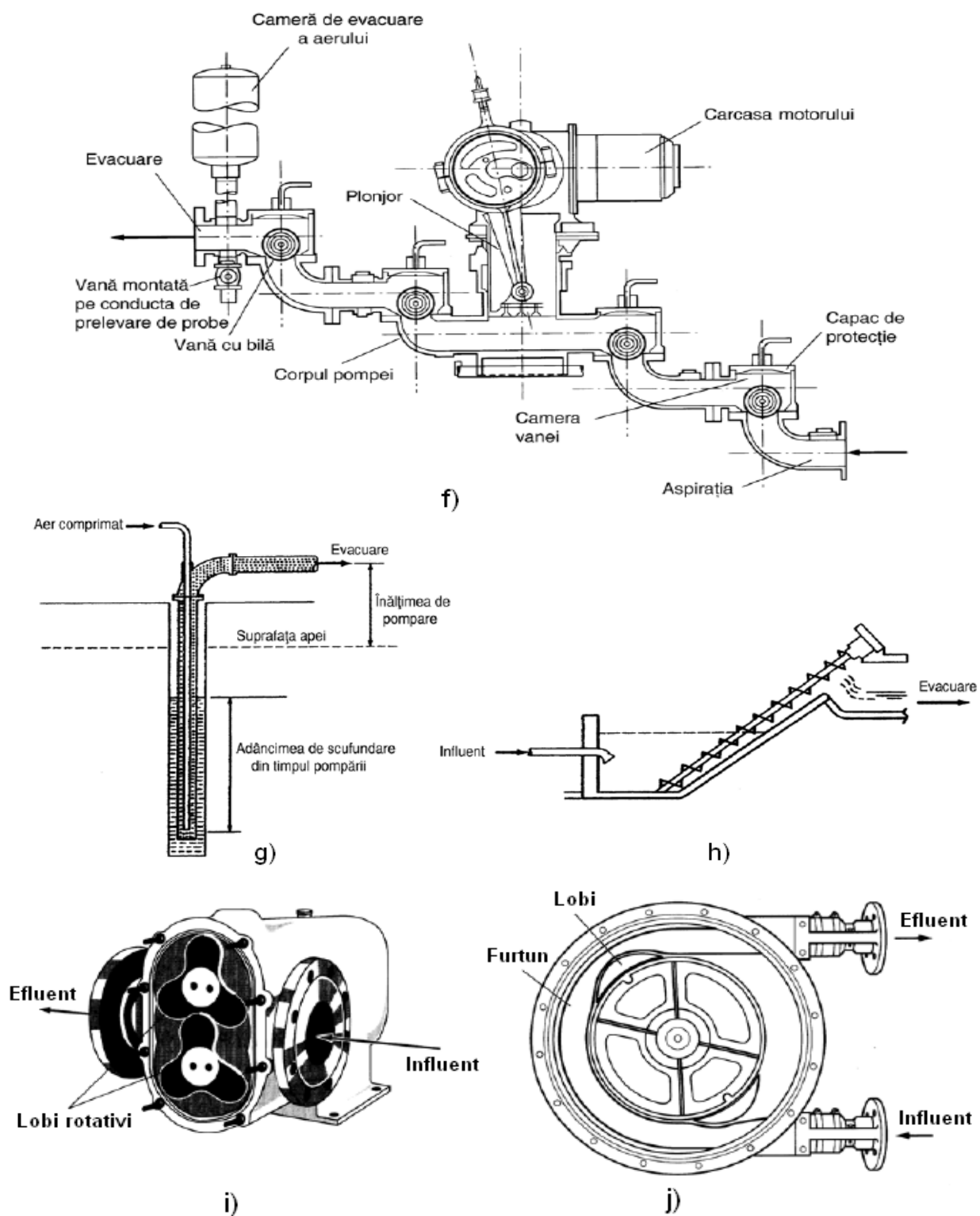


Figura 8.10. Tipuri de pompe utilizate pentru pomparea nămolului.
 f) pompă cu piston plonjor; g) pompă air-lift; h) pompă cu șurub;
 i) pompă cu lobi rotativi; j) pompă cu furtun.

8.2 Epurarea biologică în stații de epurare urbane/rurale cu capacitate de peste 10.000 LE (epurare avansată)

8.2.1 Generalități

Prevederile din prezent se aplică la proiectarea stațiilor de epurare a apelor uzate a căror capacitate depășește 10.000 L.E. și care deversează efluentul în zone sensibile supuse eutrofizării.

Îndepărtarea azotului și fosforului din apele uzate se realizează frecvent, în aceleași bazine în care se elimină substanțele organice biodegradabile. La instalațiile de epurare existente, dacă nu există posibilitatea de mai sus, eliminarea azotului se face într-o treaptă independentă, amplasată în aval de bazinul cu nămol activat.

Epurarea biologică avansată trebuie să cuprindă următoarele instalații tehnologice de bază:

- în cazul în care este necesară numai nitrificarea:
 - bazin biologic (se elimină substanțele pe bază de carbon și se transformă azotul amoniacal în azotați);
 - decantor secundar (reține biomasa creată în bazinul biologic);
 - instalații de recirculare a nămolului activat și de evacuare a nămolului în exces;
- în cazul în care este necesară îndepărtarea azotului:
 - bazin biologic (se elimină substanțele pe bază de carbon și se realizează nitrificare și denitrificare);
 - decantor secundar;
 - instalații pentru nămolul activat de recirculare (recirculare externă) și de evacuare a nămolului în exces; instalații de recirculare internă pentru aprovizionarea cu azotați a zonei de denitrificare;
 - un bazin selector aerob amplasat în amonte de bazinul biologic, în scopul evitării bacteriilor filamentoză;
 - o sursă externă de carbon organic (dacă este necesară);
- în cazul în care este necesară îndepărtarea substanțelor organice biodegradabile, a azotului și fosforului:

- bazin anaerob în amonte bazinului biologic pentru eliminarea fosforului; poate juca rol de selector;
- bazin biologic în care se realizează îndepărtarea substanțelor organice biodegradabile, nitrificarea și denitrificarea;
- decantor secundar;
- instalații pentru nămolul activat de recirculare (recirculare externă) și de evacuare a nămolului în exces; instalații de recirculare internă pentru aprovizionarea cu azotați a zonei de denitrificare;
- o sursă externă de carbon organic (dacă este necesară);

În calculele de dimensionare se va ține seama că volumul total al bazinului biologic (V) nu va cuprinde volumul bazinului anaerob (V_{AN}) sau volumul selectorului aerob (V_{sel}).

Vârsta nămolului (T_N) reprezintă un parametru important pentru dimensionarea bazinului biologic. Aceasta poate fi definită ca durata medie de retenție a flocoanelor de nămol activat din bazinul biologic. Tehnic vârsta nămolului reprezintă raportul dintre cantitatea de materii solide în suspensie existentă în bazinul biologic și cantitatea de materii solide în suspensie (ca "substanță uscată") care părăsește zilnic sistemul bazin biologic – decantor secundar.

Dacă bazinul biologic conține atât zonă anoxică pentru denitrificare, cât și zonă aerobă pentru eliminarea substanțelor organice biodegradabile și nitrificare, vârsta nămolului pentru zona aerobă se determină cu relația:

$$T_{Naerob} = \frac{c_{na} \cdot V_N}{(Q_c - Q_{ne}) \cdot c_{uz}^{adm} + Q_{ne} \cdot c_{ne}} \quad (\text{zile}) \quad (8.54)$$

unde:

c_{na} – concentrația în materii solide în suspensie din zona aerobă, (kg/m^3);

$V_N = V - V_D$, volumul zonei aerobe, (m^3);

V_D – volumul zonei anoxice pentru denitrificare, (m^3);

$Q_c = Q_{uz,max,zi}$ – debitul de calcul al bazinului biologic, (m^3/zi);

c_{uz}^{adm} – concentrația în MTS din efluentul epurat, (kg/m^3);

Q_{ne} – debitul nămolului de recirculare, (m^3/zi);

c_{ne} – concentrația în MTS din nămolul în exces, (kg/m^3);

La proiectarea bioreactorului se vor urmări și respecta următoarele cerințe:

- realizarea unei concentrații suficiente a nămolului activat din bioreactor (C_{na}), corespunzătoare gradului de epurare dorit;
- un transfer de oxigen care să asigure desfășurarea proceselor biologice de nitrificare și de îndepărtare a substanțelor organice biodegradabile, precum și preluarea unor șocuri de încărcare cu poluanții respectivi;
- o circulație corespunzătoare a lichidului în bazin pentru omogenizare și evitarea producerii depunerilor de nămol pe radier; acest lucru se va realiza prin mixare, în zonele anoxice, respectiv prin aerare în zonele oxice, astfel încât viteza lichidului la nivelul radiatorului să fie de minimum 0,15 m/s pentru nămolurile ușoare și de minimum 0,30 m/s pentru nămolurile mai dense (vâscoase);
- procesul de epurare să nu producă mirosuri neplăcute, zgomot, aerosoli și vibrații;

În zona aerobă, în care are loc și nitrificarea este necesară măsurarea și monitorizarea concentrației de oxigen dizolvat pentru conducerea automată și eficientă a procesului de aerare.

În procesul de nitrificare-denitrificare se elimină și o parte din fosfor pe cale biologică. În scopul eliminării fosforului în exces, este necesară prevederea unui bazin anaerob în amonte bioreactorului.

La proiectarea decantoarelor secundare se iau în considerare următoarele:

- separarea eficientă a nămolului;
- îngroșarea și evacuarea nămolului depus pe radier;
- posibilitatea acumulării surplusului de nămol generat pe timp de ploaie;

Procesul de decantare este influențat de:

- flokularea realizată în zona de admisie a apei în decantor;
- condițiile hidraulice din decantor (modul de repartiție al apei la admisie și modul de colectare la evacuare, curenți de densitate)
- debitul nămolului de recirculare, de modul și ritmicitatea de evacuare a nămolului;

Nămolul reținut este îngroșat în stratul depus pe radier, fenomen dependent de indicele volumetric al nămolului (I_{VN}), de grosimea stratului de nămol, de timpul de îngroșare și de tipul sistemului de evacuare a nămolului de pe radier.

Debitele de calcul ale apelor uzate influente în treapta de epurare biologică sunt determinate conform tabelului 4.1 din § 4.2.

Debitul de verificare este funcție de schema tehnologică de epurare (cu nitrificare, cu nitrificare-denitrificare, cu sau fără bazin anaerob pentru eliminarea pe cale biologică a fosforului), de poziția din schemă a zonei anoxice (amonte, în bioreactor, în avalul acestuia), de punctul de injecție al debitului nămolului de recirculare externă sau/și al debitului de recirculare internă.

Valoarea debitelor de verificare trebuie corect apreciată deoarece, pe de o parte, trebuie respectați parametrii tehnologici (timpuri de retenție, încărcări superficiale), iar pe de altă parte garda hidraulică (diferența dintre cota coronamentului și nivelul maxim al apei din obiectul tehnologic) trebuie să fie suficientă pentru a evita realizarea unor niveluri de apă care să depășească coronamentul construcției.

8.2.2 Cantități și concentrații de poluanți în apa uzată

Calculul de dimensionare necesită cunoașterea indicatorilor de calitate pentru influentul și efluentul stației de epurare și al treptei biologice.

Modul de determinare a principalilor indicatori de calitate din influent a fost indicat la § 3.2. Aprecierea corectă a acestor indicatori (CBO_5 , CCO, materii solide în suspensie, azot, fosfor și compușii lor) prezintă o importanță deosebită deoarece atât schema de epurare aleasă, cât și costul de investiție și exploatare depind în mod determinant de acești indicatori.

Indicatorii de calitate pentru efluentul stației de epurare, determinați la § 3.1.2 permit calculul gradului de epurare necesar și impun alcătuirea schemei de epurare astfel încât poluanții considerați să fie îndepărtați în condiții economice conform gradului de epurare impus de normele de protecție a mediului și a sănătății oamenilor.

Pentru dimensionarea bioreactorului trebuie cunoscute:

- schema de epurare cuprinzând obiectele componente de pe linia apei și linia nămolului;
- concentrațiile în poluanți din influentul bioreactorului;
- concentrațiile în poluanți din efluentul stației de epurare;
- temperatura apei uzate (minimă și maximă);
- temperatura maximă a aerului din zona de amplasare a stației de epurare;

Datele inițiale sunt necesare pentru determinarea încărcărilor cu substanța organică, fosfor, azot, a bioreactorului, pentru calculul volumelor de nitrificare, denitrificare ori de

îndepărtare pe cale biologică a fosforului, a cantității de oxigen necesară proceselor de epurare, a producției de nămol în exces, a debitelor de recirculare internă și externă.

8.2.2.1 Concentrații ale substanțelor poluante influente în reactorul biologic

1) Concentrația materiilor totale în suspensie:

$$c_{uz}^b = (1 - e_s) \cdot c_{uz} \text{ (mg/l)} \quad (8.55)$$

unde:

e_s – eficiența decantării primare în reținerea MTS, (%);

c_{uz} – concentrația MTS influentă în stația de epurare, (mg/l);

2) Concentrația materiilor organice biodegradabile:

$$x_{5,uz}^b = (1 - e_x) \cdot x_{5,uz} \text{ (mg O}_2\text{/l)} \quad (8.56)$$

unde:

e_x – eficiența decantării primare în reținerea CBO₅, (%);

$x_{5,uz}$ – concentrația CBO₅ influentă în stația de epurare, (mg O₂/l);

3) Concentrația în azot total:

$$c_N^b = (1 - e_N) \cdot c_N \text{ (mg/l)} \quad (8.57)$$

unde:

e_N – eficiența decantării primare în reținerea azotului total, (%);

c_N – concentrația de azot total influentă în stația de epurare, (mg/l);

4) Concentrația în fosfor total:

$$c_P^b = (1 - e_P) \cdot c_P \text{ (mg/l)} \quad (8.58)$$

unde:

e_P – eficiența decantării primare în reținerea fosforului total, (%);

c_P – concentrația de fosfor influentă în stația de epurare, (mg/l);

Dacă schema de epurare nu cuprinde decantor primar atunci eficiențele e_s, e_x, e_P, e_N , vor fi nule iar concentrațiile influente în bioreactor vor fi egale cu cele influente în stația de epurare.

Concentrațiile substanțelor poluante din efluentul stației de epurare sunt cunoscute deoarece sunt impuse de normele și normativele de protecție a apelor și definitive prin acordurile sau autorizațiile de gospodărire a apelor și de mediu.

În apele uzate urbane cantitatea de azotați și azotiți este neglijabilă, care reprezintă mai puțin de 5% din azotul total; de aceea la dimensionare se utilizează azotul total Keldhal în loc de N_T .

8.2.2.2 Cantități de substanță influente în bioreactor

1) Pentru MTS:

$$N_b = c_{uz}^b \cdot Q_c \quad (\text{kg s. u/zi}) \quad (8.59)$$

unde:

c_{uz}^b – definit la paragraful anterior;

Q_c – debitul de calcul, (m^3/zi);

2) Pentru CBO₅:

$$C_b = x_{5,uz}^b \cdot Q_c \quad (\text{kg s. u/zi}) \quad (8.60)$$

unde:

$x_{5,uz}^b$ – definit la paragraful anterior;

Q_c – debitul de calcul, (m^3/zi);

3) Pentru NTK:

$$K_N^b = c_N^b \cdot Q_c \quad (\text{kg s. u/zi}) \quad (8.61)$$

unde: c_N^b – definit la paragraful anterior;

Q_c – debitul de calcul, (m^3/zi);

4) Pentru P_T:

$$K_P^b = c_P^b \cdot Q_c \quad (\text{kg s. u/zi}) \quad (8.62)$$

unde:

c_P^b – definit la paragraful anterior;

Q_c – debitul de calcul, (m^3/zi);

8.2.2.3 Cantități de substanță din efluentul stației de epurare

1) Pentru MTS:

$$N_{ev} = c_{uz}^{adm} \cdot Q_c \quad (\text{kg s. u/zi}) \quad (8.63)$$

unde:

c_{uz}^{adm} – concentrația în MTS din efluentul stației de epurare, (mg/l);

Q_c – debitul de calcul, (m^3/zi);

2) Pentru CBO₅:

$$C_{ev} = x_{5,uz}^{adm} \cdot Q_c \quad (\text{kg s. u/zi}) \quad (8.64)$$

unde:

$x_{5,uz}^{adm}$ – concentrația în CBO₅ din efluentul stației de epurare, (mg/l);

Q_c – debitul de calcul, (m^3/zi);

3) Pentru NTK:

$$K_N^{ev} = c_N^{adm} \cdot Q_c \quad (\text{kg s. u/zi}) \quad (8.65)$$

unde:

c_N^{adm} – concentrația în NTK din efluentul stației de epurare, (mg/l);

Q_c – debitul de calcul, (m^3/zi);

4) Pentru P_T :

$$K_P^{ev} = c_P^b \cdot Q_c \quad (\text{kg s. u/zi}) \quad (8.66)$$

unde:

c_P^{ev} – concentrația în P_T din efluentul stației de epurare, (mg/l)

Q_c – debitul de calcul, (m^3/zi);

8.2.2.4 Cantități de substanță eliminate din sistemul bazin biologic – decantor

1) Pentru MTS:

$$N'_b = N_b - N_{ev} \quad (\text{kg s. u/zi}) \quad (8.67)$$

unde: N_b, N_{ev} – definite la § 8.2.2.2 și la § 8.2.2.3;

2) Pentru CBO_5 :

$$C'_b = C_b - C_{ev} \quad (\text{kg s. u/zi}) \quad (8.68)$$

unde: C_b, C_{ev} – definite la § 8.2.2.2 și la § 8.2.2.3;

3) Pentru NTK:

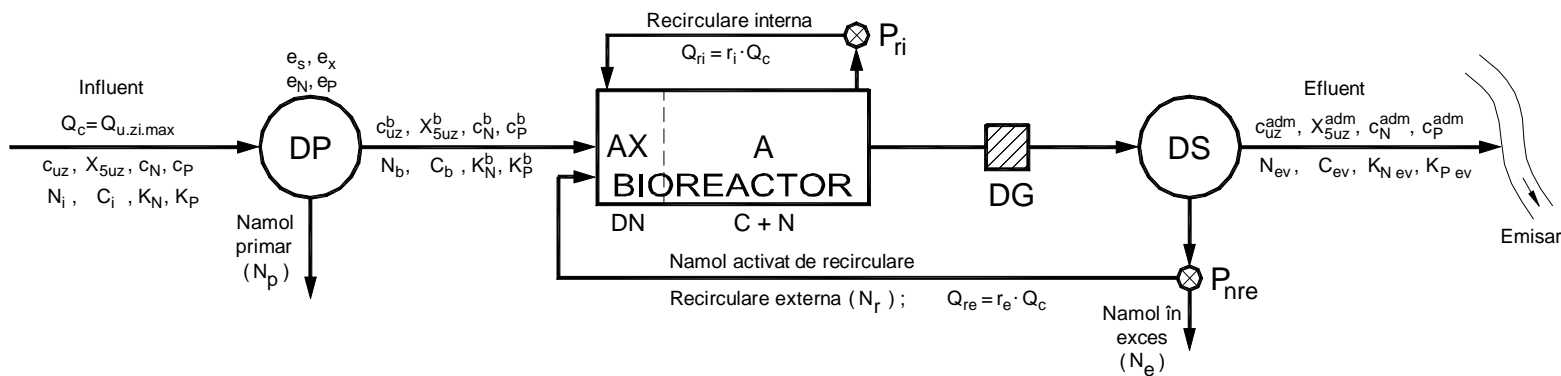
$$K'_N = K_N^b - K_{ev}^N \quad (\text{kg s. u/zi}) \quad (8.69)$$

unde: K_b^N, K_{ev}^N – definite la § 8.2.2.2 și la § 8.2.2.3;

4) Pentru P_T :

$$K'_P = K_P^b - K_{ev}^P \quad (\text{kg s. u/zi}) \quad (8.70)$$

unde: K_b^P, K_{ev}^P – definite la § 8.2.2.2 și la § 8.2.2.3;



Concentratii în influentul stației de epurare:

$$\begin{aligned} c_{uz} & \text{ (mg/l)} \\ X_{5uz} & \text{ (mg/l)} \\ c_N & \text{ (mg/l)} \\ c_P & \text{ (mg/l)} \end{aligned}$$

Cantitati de substanta în influentul stației de epurare:

$$\begin{aligned} N_i &= c_{uz} \cdot Q_c \quad \text{(kg/zi)} \\ C_i &= X_{5uz} \cdot Q_c \quad \text{(kg/zi)} \\ K_N &= c_N \cdot Q_c \quad \text{(kg/zi)} \\ K_P &= c_P \cdot Q_c \quad \text{(kg/zi)} \end{aligned}$$

NOTA: În schemele de epurare fara decantor primar, $e_s = e_x = e_N = e_P = 0$ si deci

$$c_{uz} = c_{uz}^b; X_{5uz} = X_{5uz}^b; c_N = c_N^b; c_P = c_P^b$$

Concentratii în influentul bioreactorului:

$$\begin{aligned} c_{uz}^b &= (1 - e_s) \cdot c_{uz} \quad \text{(mg/l)} \\ X_{5uz}^b &= (1 - e_x) \cdot X_{5uz} \quad \text{(mg/l)} \\ c_N^b &= (1 - e_N) \cdot c_N \quad \text{(mg/l)} \\ c_P^b &= (1 - e_P) \cdot c_P \quad \text{(mg/l)} \end{aligned}$$

Cantitati de substanta în influentul bioreactorului:

$$\begin{aligned} N_b &= c_{uz}^b \cdot Q_c \quad \text{(kg/zi)} \\ C_b &= X_{5uz}^b \cdot Q_c \quad \text{(kg/zi)} \\ K_N^b &= c_N^b \cdot Q_c \quad \text{(kg/zi)} \\ K_P^b &= c_P^b \cdot Q_c \quad \text{(kg/zi)} \end{aligned}$$

Eficiente ale decantorului primar:

$$\begin{aligned} e_s &= 40 - 60 \% \text{ - pentru MSS} \\ e_x &= 20 - 40 \% \text{ - pentru CBO}_5 \\ e_N &= 10 - 15 \% \text{ - pentru azot} \\ e_P &= 5 - 10 \% \text{ - pentru fosfor} \end{aligned}$$

Gradele de epurare necesare:

$$\begin{aligned} d_s &= \frac{c_{uz} - c_{uz}^{adm}}{c_{uz}} \cdot 100 \quad (\%) \\ d_x &= \frac{X_{5uz} - X_{5uz}^{adm}}{X_{5uz}} \cdot 100 \quad (\%) \\ d_N &= \frac{c_N - c_N^{adm}}{c_N} \cdot 100 \quad (\%) \\ d_P &= \frac{c_P - c_P^{adm}}{c_P} \cdot 100 \quad (\%) \end{aligned}$$

Concentratii în efluentul stației de epurare:

$$\begin{aligned} c_{uz}^{adm} &= (1 - d_s) \cdot c_{uz} \quad \text{(mg/l)} \\ X_{5uz}^{adm} &= (1 - d_x) \cdot X_{5uz} \quad \text{(mg/l)} \\ c_N^{adm} &= (1 - d_N) \cdot c_N \quad \text{(mg/l)} \\ c_P^{adm} &= (1 - d_P) \cdot c_P \quad \text{(mg/l)} \end{aligned}$$

Cantitati de substanta în efluentul stației de epurare:

$$\begin{aligned} N_{ev} &= c_{uz}^{adm} \cdot Q_c \quad \text{(kg/zi)} \\ C_{ev} &= X_{5uz}^{adm} \cdot Q_c \quad \text{(kg/zi)} \\ K_{N_{ev}} &= c_N^{adm} \cdot Q_c \quad \text{(kg/zi)} \\ K_{P_{ev}} &= c_P^{adm} \cdot Q_c \quad \text{(kg/zi)} \end{aligned}$$

Figura 8.11. Schema generală de calcul: epurare biologică avansată.

8.2.3 Dimensionarea reactoarelor biologice

8.2.3.1 Debite de dimensionare și verificare

Debitele de dimensionare și de verificare pentru reactorul biologic sunt:

- debitul de calcul: $Q_c = Q_{uz,max,zi}$;
- debitul de verificare: $Q_v = Q_{uz,max,or} + Q_{nr,max}$;

unde:

$Q_{uz,max,zi}$ – debitul apelor uzate maxim zilnic, (m^3/zi);

$Q_{uz,max,or}$ – debitul apelor uzate maxim orar, (m^3/h);

$Q_{nr,max}$ – debitul de nămol recirculat, (m^3/zi);

8.2.3.2 Vârsta nămolului

Vârsta nămolului (tab.8.18) este un parametru de proiectare al instalațiilor de epurare avansată ce depinde de:

- tipul epurării biologice;
- temperatura minimă a apei uzate brute (10 – 12 °C);
- mărimea stației de epurare (exprimată în cantitatea de substanță organică influentă).

Tabel 8.18. Recomandări privind vârsta nămolului (T_N).

Nr. crt.	Tipul epurării	Mărimea stației de epurare			
		$C_b < 1.200 \text{ kg CBO}_5/zi$		$C_b > 6.000 \text{ kg CBO}_5/zi$	
		Temperatura de dimensionare			
		10^0 C	12^0 C	10^0 C	12^0 C
0	1	2		3	
1	Fără nitrificare	5,0 zile		4,0 zile	
2	Cu nitrificare	10 zile	8,2 zile	8 zile	6,6 zile
3	Cu nitrificare–denitrificare $V_D/V = 0,20$	12,5 zile	10,3 zile	10 zile	8,3 zile
4	$V_D/V = 0,30$	14,3 zile	11,7 zile	11,4 zile	9,4 zile
5	$V_D/V = 0,40$	16,7 zile	13,7 zile	13,1 zile	11,0 zile
6	$V_D/V = 0,50$	20,0 zile	16,4 zile	16,0 zile	13,2 zile
7	Cu stabilizarea aerobă a nămolului, inclusiv eliminarea azotului	25 zile		Recomandabil peste 20 zile	

unde:

C_b – cantitatea de substanță organică influentă în reactorul biologic, § 8..2.2.2 (kg/zi);

$x_{5,uz}^b$ – concentrația CBO_5 influentă în reactorul biologic, (mg/l);

Q_c – debitul de calcul, conform § 8.2.3.1;

V_D – volumul zonei de denitrificare, (m^3);

V – volumul total al bioreactorului, (m^3);

Vârsta nămolului, pentru stații cu nitrificare – denitrificare, se definește:

$$T_{N,dim} = \frac{T_{N,aerob}}{1 - \frac{V_D}{V}} \text{ (zile)} \quad (8.71)$$

unde:

$$T_{N,aerob} = FS \cdot 3,4 \cdot 1,103^{(15-T)} \text{ (zile)} \quad (8.72)$$

FS – factor de siguranță ce ia în calcul:

- variația încărcărilor cu poluanți din bioreactor;
- variația pe termen scurt a temperaturii apei uzate;
- modificarea pH – ului;

FS se adoptă în funcție de mărimea stației de epurare:

- FS = 1,8 pentru stații de epurare cu $C_b = 1.200 \text{ kg/zi}$ ($< 20.000 \text{ L.E.}$);
- FS = 1,45 pentru stații de epurare cu $C_b \geq 6.000 \text{ kg/zi}$ ($> 100.000 \text{ L.E.}$);
- Chiar și în cazul prevederii unui bazin de egalizare pentru echilibrarea încărcărilor zilnice, FS nu se va adopta mai mic de 1,45;

3,4 – coeficient obținut din înmulțirea ratei maxime de creștere a bacteriilor care oxidează azotul amoniacal (nitrosomonas) la 15^0C (**2,13 zile**) cu factorul **1,6**; acesta este luat în considerare pentru a asigura un transfer suficient al oxigenului și pentru eliminarea influenței altor factori negativi astfel încât să aibă loc o dezvoltare suficientă a bacteriilor nitrificatoare și menținerea acestora în nămolul activat;

T – temperatura de dimensionare; la valori ale temperaturii sub $8 - 10 ^0C$, nitrificarea nu se mai produce și astfel pot crește concentrațiile de amoniu în efluentul reactorului biologic;

Raportul V_D/V se va determina conform § 8.2.3.3; deoarece trebuie ținut seama că în timpul iernii temperatura efluentului bazinului biologic poate scădea sub temperatura limită (T_{lim}) la care sunt respectate condițiile de calitate pentru amoniu (sau amoniac), în relația (8.72) se va considera temperatura de dimensionare $T_{dim} = T_{lim} = -2^0C$.

Aplicând relația (8.72) pentru $T_{dim} = 10^0C$ și FS = 1,45(1,8) rezultă că la dimensionare se vor alege pentru vârsta nămolului din zona aerobă valorile minime:

- $T_{N,aerob,dim} = 8$ zile pentru $C_b < 1.200$ kg CBO₅/zi;
- $T_{N,aerob,dim} = 10$ zile, pentru $C_b > 6.000$ kg CBO₅/zi.

Pentru alte valori ale încărcării C_b (kg CBO₅/zi), valorile de dimensionare ale vârstei nămolului se obțin prin interpolare.

8.2.3.3. Determinarea volumului zonei de denitrificare

Pentru determinarea volumului zonei de denitrificare (V_D), care poate reprezenta 20÷50% din volumul total al bioreactorului (V), este necesară calcularea mai întâi a concentrației medii zilnice de azot din azotatul care trebuie denitrificat. Acesta poate fi determinat din ecuația de bilanț pentru azot indicată mai jos:

$$c_{N-NO_3}^D = c_N^b - c_{N_{org}}^{efl} - c_{N-NH_4}^{efl} - c_{N-NO_3}^{efl} - c_{N_{org}}^{BM} \quad (\text{mg N} - \text{NO}_3/\text{l}) \quad (8.73)$$

unde:

$c_{N-NO_3}^D$ – concentrația medie zilnică de azot din azotatul care trebuie denitrificat, (mg N- NO₃⁻/l);

c_N^b – concentrația în azot total din influentul bioreactorului, (mg N/l);

$c_{N_{org}}^{efl}$ – concentrația în azot organic din efluentul stației de epurare admisă la dimensionare, (mg N_{org}/l);

$c_{N-NH_4}^{efl}$ – concentrația în azot din NH₄⁺ din efluentul stației de epurare admisă la dimensionare, (mg N- NH₄⁺ /l);

$c_{N-NO_3}^{efl}$ – concentrația în azot din NO₃⁻ din efluentul stației de epurare admisă la dimensionare, (mg N- NO₃⁻/l);

$c_{N_{org}}^{BM}$ – concentrația în azot organic încorporat în biomasă care părăsește sistemul bioreactor-decantor secundar prin nămolul în exces, (mg N_{org} /l);

În valoarea concentrației medii zilnice de azot total (c_N) din influentul stației de epurare se neglijează azotul din azotați și azotiți, care în general nu depășește 5% din c_N ; în cazul infiltrării în rețeaua de canalizare a unor ape subterane cu un conținut ridicat în azotați, sau în cazul amestecului apelor uzate urbane cu ape uzate industriale care conțin azotați, se va introduce în c_N valoarea azotului aferentă acestor azotați.

Concentrația în azot se determină din concentrația în azotați, cu relația (9.5), cunoscându-se că la 1 mg de azot total corespund 4,427 mg NO_3^- :

$$c_{N-\text{NO}_3} = \frac{c_{\text{NO}_3}}{4,427} \quad (\text{mg N} - \text{NO}_3/\text{l}) \quad (8.74)$$

În cazul stațiilor de epurare care cuprind fermentare anaerobă a nămolului precum și concentrare și deshidratare mecanică a acestuia, azotul din supernatant trebuie inclus în concentrația de azot din influentul stației de epurare (c_N), cu excepția cazului în care există tratare separată a supernatantului.

Concentrația în azot organic din efluentul stației de epurare admisă la dimensionare se consideră $c_{\text{Norg}}^{\text{efl}} = 2 \text{ mg N}_{\text{org}}/\text{l}$, valoare sub limita admisă de normativele și normele de protecția apelor din țara noastră (tabelul 3.3 § 3.4), care se determină cu relația :

$$c_{\text{Norg}}^{\text{adm}} = c_N^{\text{adm}} - c_{\text{Nanorg}}^{\text{adm}} \quad (\text{mg N}_{\text{org}}/\text{l}) \quad (8.75)$$

unde:

$$c_{\text{Nanorg}}^{\text{adm}} = c_{\text{N-NH}_4}^{\text{adm}} + c_{\text{N-NO}_2}^{\text{adm}} + c_{\text{N-NO}_3}^{\text{adm}} \quad (\text{mg N}_{\text{anorg}}/\text{l}) \quad (8.76)$$

Concentrația limită de azot anorganic din efluentul stației de epurare rezultă:

$$c_{\text{Nanorg}}^{\text{adm}} = 2 + \frac{1}{4,427} + \frac{25}{4,427} = 7,5 \quad (\text{mg N}_{\text{anorg}}/\text{l}) \quad (8.77)$$

Concentrația limită maximă admisă pentru azotul organic din efluentul stației de epurare va fi:

$$c_{\text{Norg}}^{\text{adm}} = c_N^{\text{adm}} - c_{\text{Nanorg}}^{\text{adm}} = 10 - 7,5 = 2,5 \quad (\text{mg N}_{\text{org}}/\text{l}) \quad (8.78)$$

Valoarea din relația (8.78) este mai mare decât $c_{\text{Norg}}^{\text{efl}} = 2 \text{ mg N}_{\text{org}}/\text{l}$ propusă pentru dimensionare.

Pentru a avea siguranța că în efluentul stației de epurare nu se va depăși concentrația limită de amoniac de 2,0 mg N - NH_4^+ /l, în calculele de dimensionare se va considera $c_{\text{N-NH}_4}^{\text{efl}} = 0$.

Azotul încorporat în biomasă, reprezintă 4 ... 5% din cantitatea de CBO_5 influentă în bioreactor, astfel încât la dimensionare se va considera:

$$c_{\text{Norg}}^{\text{BM}} = (0,04 \dots 0,05) \cdot x_{5,\text{uz}}^b \quad (\text{mg N}_{\text{org}}/\text{l}) \quad (8.79)$$

$$c_{\text{Norg}}^{\text{BM}} = (0,02 \dots 0,025) \cdot x_{\text{CCO}}^b \quad (\text{mg N}_{\text{org}}/\text{l}) \quad (8.80)$$

unde:

x_{CCO}^b – reprezintă concentrația în CCO din influentul bioreactorului, (mg CCO/l);

Pentru calculul concentrației de azot din NO_3^- din efluentul stației de epurare admisă la dimensionare ($c_{\text{N-NO}_3}^{\text{efl}}$), trebuie determinată mai întâi concentrația limită (maximă) admisă de normativele și normele de protecția apelor (tabelul 3.3, § 3.4) pentru azotul anorganic; această concentrație se determină cu relația (8.76).

La dimensionare se va considera pentru $c_{\text{N-NO}_3}^{\text{efl}}$ o valoare calculată cu relația:

$$c_{\text{N-NO}_3}^{\text{efl}} = (0,60 \dots 0,80) \cdot c_{\text{N-anorg}}^{\text{adm}} \quad (\text{mg N} - \text{NO}_3/\text{l}) \quad (8.81)$$

Valorile mai mici obținute din relația de mai sus vor fi luate în considerare pentru stațiile de epurare cu variații mari ale încărcărilor influente (în general stațiile de epurare mici și foarte mici).

Capacitatea de denitrificare poate fi apreciată prin raportul $c_{\text{N-NO}_3}^D / x_{5,\text{uz}}^b$. Pentru stațiile de epurare prevăzute cu procese de denitrificare intermitentă sau simultană, raportul V_D/V se poate determina din relația:

$$\frac{c_{\text{N-NO}_3}^D}{x_{5,\text{uz}}^b} = \frac{0,75 \cdot \text{CSO}_5}{2,9} \cdot \frac{V_D}{V} \quad (\text{mg N} - \text{NO}_3/\text{mg CBO}_5) \quad (8.82)$$

unde:

CSO_c – consumul specific de oxigen pentru îndepărtarea substanțelor organice pe bază de carbon, (kg O_2 /kg CBO_5);

Pentru scheme de epurare cu zonă preanoxică de denitrificare, raportul V_D/V se determină din relația (8.83) în care se ține seama și de aportul de oxigen furnizat de procesul de denitrificare prin preluarea oxigenului din azotați:

$$\frac{c_{\text{N-NO}_3}^D}{x_{5,\text{uz}}^b} = \frac{0,75 \cdot \text{CSO}_c}{2,9} \cdot \left(\frac{V_D}{V}\right)^{0,75} - \frac{Q_{ri} \cdot c_0}{2,9 \cdot C_b} \quad (8.83)$$

unde:

$c_{\text{N-NO}_3}^D$ – concentrația de azot din azotatul care trebuie denitrificat, (mg N- NO_3^- /l);

$x_{5,\text{uz}}^b$ – concentrația în CBO_5 din influentul bioreactorului, (mg CBO_5 /l);

$Q_{ri} = r_i \cdot Q_c$ – este debitul de recirculare internă, (m^3/zi);

$C_b = x_{5,\text{uz}}^b \cdot Q_c$ – cantitatea de CBO_5 din influentul bioreactorului, (kg CBO_5/zi);

Q_c – debit de calcul, (m^3/zi);

r_i – coeficient de recirculare internă;

c_0 – concentrația în oxigen dizolvat în efluentul bioreactorului, 2,0 mg O₂/l;

Factorul 0,75 indică un randament de transfer al oxigenului din azotați la apă (care are loc în zona de denitrificare) mai scăzut decât randamentul de transfer de la oxigenul dizolvat la apă (care are loc în zona aerată, de nitrificare); consumul specific de oxigen pentru îndepărtarea substanțelor organice pe bază de carbon CSO_c (kg O₂/kg CBO₅), se poate considera în calculele preliminare, funcție de temperatura apelor uzate și de vârsta nămolului (T_N) ca în tabelul 8.19.

Tabel 8.19. Consumul specific de oxigen pentru ape uzate cu un raport CCO_{infl}/CBO_{5infl} ≤ 2,2.

Nr. crt.	T (°C)	CSO _c (kg O ₂ /kg CBO ₅)					
		T _N = 4 zile	T _N = 8 zile	T _N = 10 zile	T _N = 15 zile	T _N = 20 zile	T _N = 25 zile
0	1	2	3	4	5	6	7
1	10	0,85	0,99	1,04	1,13	1,18	1,22
2	12	0,87	1,02	1,07	1,15	1,21	1,24
3	15	1,92	1,07	1,12	1,19	1,24	1,27
4	18	0,96	1,11	1,16	1,23	1,27	1,30
5	20	0,99	1,14	1,18	1,25	1,29	1,30

Raportul ($c_{N-NO_3}^D / x_{5,uz}^b$) este denumit „capacitatea de denitrificare” a instalației de epurare avansată; valorile acestui raport sunt prezentate în tabelul următor:

Tabel 8.20. Valori standard ale $c_{N-NO_3}^D / x_{5,uz}^b$ pentru dimensionarea zonei de denitrificare (T = 10 – 12 °C).

Nr. crt.	V _D / V	$c_{N-NO_3}^D / x_{5,uz}^b$	
		Zona pre-anoxică de denitrificare și procese comparabile	Denitrificare intermitentă și simultană
0	1	2	3
1	0,2	0,11	0,06
2	0,3	0,13	0,09
3	0,4	0,14	0,12
4	0,5	0,15	0,15

Valorile din tabelul 8.20 pot fi utilizate atât pentru schemele cu denitrificare intermitentă sau simultană, cât și pentru schemele cu pre – denitrificare. În calculul ”capacității de denitrificare” se impune ca în zona de denitrificare concentrația de oxigen dizolvat să fie sub 2 mg O₂/l. Pentru schema cu denitrificare alternantă, ”capacitatea de denitrificare” se consideră media între valorile aferente schemelor cu pre – denitrificare și denitrificare intermitentă.

În cazul în care temperatura apei uzate depășește 12 °C, capacitatea de denitrificare se poate mări cu aproximativ 1% pentru fiecare 1 °C peste 12 °C.

Dacă din calcule rezultă $V_D/V < 0,1$, atunci pentru dimensionare se va considera ($c_{N-NO_3}^D / x_{5,uz}^b$) = 0. Dacă este necesar un raport ($c_{N-NO_3}^D / x_{5,uz}^b$) > 0,15, fapt ce presupune un

aport organic mai redus pentru microorganismele heterotrofe anoxice (care realizează denitrificarea), nu se va mări raportul V_D/V , ci se vor adopta următoarele măsuri:

- ocolirea parțială a decantorului primar;
- tratare separată a nămolului;
- adaos (sursă) de carbon extern;

În cazul adoptării soluției cu sursă externă de carbon, se calculează surplusul de azot din azotatul care trebuie denitrificat (pentru care trebuie asigurată hrana suplimentară); concentrația de CCO suplimentară se determină:

$$c_{CCO,ext} = 5 \cdot \Delta c_{N-NO_3}^D \quad (\text{mg/l}) \quad (8.84)$$

unde:

$c_{CCO,ext}$ – concentrația de CCO suplimentară, (mg CCO/l);

$\Delta c_{N-NO_3}^D$ – surplusul de azot din azotatul care trebuie denitrificat, (mg N-NO₃ /l);

Ca surse externe de carbon, pot fi utilizate următoarele substanțe: metanol, etanol și acetați. În tabelul 8.21 sunt prezentate caracteristicile acestor surse externe de carbon.

Tabel 8.21. Caracteristicile surselor externe de carbon.

Nr. crt.	Parametrul	U.M.	Metanol	Etanol	Acid acetic
0	1	2	3	4	5
1	Densitate	kg / m ³	790	780	1060
2	CCO	kg / kg	1,50	2,09	1,07
3	CCO	kg / l	1,185	1,630	1,135

Dintre aceste surse, acetații și metanolul sunt recomandați atât ca eficiență în ceea ce privește rata de dezvoltare a bacteriilor denitrificatoare cât și ca preț.

8.2.3.4 Eliminarea fosforului din apele uzate urbane

Îndepartarea fosforului se poate realiza prin:

- procese biologice;
- precipitare chimică;
- procese biologice completate cu precipitarea chimică (pre-precipitare sau post- precipitare);

Eliminarea biologică a fosforului se realizează în bazine de amestec anaerobe amplasate, de regulă, în amonte bioreactorului (fig. 6.3 § 6.2.2.4.1); bazinele se dimensionează:

- pentru un timp minim de contact $t = 0,5 \dots 0,75$ h ;
- pentru debitul: $Q_{uz,max,or} + Q_{re}$ (m^3/zi);

Eficiența eliminării biologice a fosforului depinde de timpul de contact și de mărimea raportului dintre concentrația de substanță organică ușor biodegradabilă și concentrația de fosfor.

Dacă în timpul iernii volumul anaerob (V_{AN}) este folosit pentru denitrificare, atunci pentru această perioadă se va stabili o eliminare mai scăzută a fosforului biologic în exces.

Determinarea concentrației de fosfor care trebuie eliminată prin precipitare simultană se face din ecuația de bilanț a fosforului :

$$c_{P,prec} = c_P - c_{P,efl} - c_{P,BM} - c_{P,bio,ex} \quad (\text{mg P/l}) \quad (8.85)$$

unde:

$c_{P,prec}$ – concentrația de fosfor total care trebuie eliminată prin precipitare simultană, (mg P/l);

c_P – concentrația de fosfor total din influentul bazinului anaerob, (mg P/l);

$c_{P,efl}$ – concentrația de fosfor total din efluentul stației de epurare, (mg P/l);

$c_{P,BM}$ – concentrația de fosfor total necesar pentru dezvoltarea biomasei heterotrofe (fosforul înglobat în biomasă), (mg P/l);

$c_{P,bio,ex}$ – concentrația de fosfor biologic în exces, (mg P/l);

Dacă concentrația $c_{P,prec} > 0$, este nevoie, pe lângă eliminarea pe cale biologică a fosforului și de precipitare chimică.

Dacă $c_{P,prec} < 0$ nu este nevoie de precipitare chimică; pentru valori negative ale concentrației $c_{P,prec}$ apropiate de zero (-1,0 mg/l.....-1,5 mg/l) se vor prevedea, totuși, la proiectare, posibilitatea și spațiile necesare în viitor pentru tratarea chimică necesară.

Concentrația de fosfor total din efluentul stației de epurare $c_{P,efl}$ se va considera, la dimensionare, cca. 60-70% din concentrația admisibilă de fosfor total din efluent:

$$c_{P,efl} = (0,6 \dots 0,7) \cdot c_P^{adm} \quad (\text{mg P/l}) \quad (8.86)$$

unde:

$c_P^{adm} = 1,0(2,0)$ mg P/l (v. tab. 3.3 § 3.4);

Concentrația de fosfor încorporat în biomasă se consideră, de regulă, 1% din concentrația de CBO_5 influentă în bazinul anaerob:

$$c_{P,BM} = 0,01 \cdot x_{5,uz} \quad (\text{mg P/l}) \quad (8.87)$$

$$c_{P,BM} = 0,005 \cdot x_{CCO} \quad (\text{mg P/l}) \quad (8.88)$$

unde:

$x_{5,uz}$ – concentrația în CBO_5 din influentul reactorului biologic, (mg O_2/l);

x_{CCO} – concentrația în CCO din influentul reactorului biologic, (mg O_2/l);

Dacă bazinul anaerob este situat în amonte de bioreactor:

1) Concentrația de fosfor biologic în exces:

$$c_{P,bio,ex} = (0,01 \dots 0,015) \cdot x_{5,uz} \quad (\text{mg P/l}) \quad (8.89)$$

$$c_{P,bio,ex} = (0,005 \dots 0,007) \cdot x_{CCO} \quad (\text{mg P/l}) \quad (8.90)$$

2) Pentru temperaturi scăzute ale apei uzate, concentrația în azotați din efluentul stației de epurare $c_{N-NO_3}^{efl} \geq 15 \text{ mg N} - \text{NO}_3/l$:

$$c_{P,bio,ex} = (0,005 \dots 0,01) \cdot x_{5,uz} \quad (\text{mg P/l}) \quad (8.91)$$

$$c_{P,bio,ex} = (0,025 \dots 0,005) \cdot x_{CCO} \quad (\text{mg P/l}) \quad (8.92)$$

3) Dacă schema de epurare este cu predenitrificare sau cu denitrificare cu alimentare fracționată, dar nu cuprinde bazine anaerobe, eliminarea biologică a fosforului:

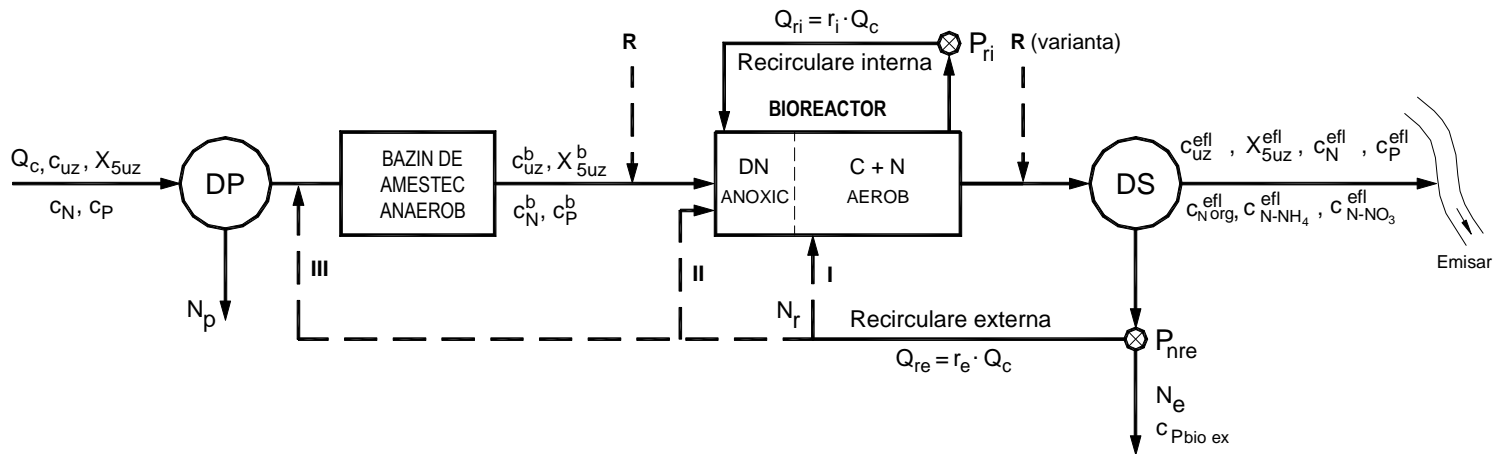
$$c_{P,bio,ex} \leq 0,005 \cdot x_{5,uz} \quad (\text{mg P/l}) \quad (8.93)$$

$$c_{P,bio,ex} \leq 0,002 \cdot x_{CCO} \quad (\text{mg P/l}) \quad (8.94)$$

Dacă este nevoie de precipitare chimică, necesarul mediu de reactiv (sare metalică) poate fi calculat considerând $1,5 \text{ mol Me}^{3+} / \text{mol } c_{P,bio,ex}$. Efectuând conversia, se obțin următoarele doze de reactiv:

- precipitare cu fier : $2,7 \text{ kg Fe/kg } P_{prec}$;
- precipitare cu aluminiu : $1,3 \text{ kg Al/kg } P_{prec}$;;

În soluția cu precipitare simultană, adaosul de var în influentul decantorului secundar conduce la creșterea pH-ului și la mărirea eficienței fenomenului de precipitare; necesarul de var depinde de alcalinitatea procesului din bioreactor.



Concentratia de azot din azotatul ce trebuie denitrificat:

$$c_{N-NO_3}^D = c_N^b - c_{Norg}^{eff} - c_{N-NH_4}^{eff} - c_{N-NO_3}^{eff} - c_{Norg}^{BM} \quad (\text{mg N-NO} / \text{l})$$

Concentratia de fosfor total care trebuie eliminata prin precipitare simultana :

$$c_{P,prec} = c_P - c_{P,eff} - c_{P,BM} - c_{P,bio\ ex} \quad (\text{mg P/l})$$

R - reactiv pentru precipitare (saruri, Fe^{3+} , Al^{3+} ; polimeri)

I, II, III - variante

$$\begin{aligned} c_{uz}^{eff} &< c_{uz}^{adm} \\ X_{5uz}^{eff} &< X_{5uz}^{adm} \\ c_N^{eff} &< c_N^{adm} \\ c_P^{eff} &< c_P^{adm} \end{aligned}$$

Figura 8.12. Schema de calcul: epurare biologică avansată cu BNA și eliminarea fosforului.

8.2.3.5 Calculul cantității de nămol în exces

În stația de epurare se reține și se produce nămol în următoarele obiecte tehnologice:

- în decantoarele primare se rețin materiile solide în suspensie care trec de treapta de degrosare și pot sedimenta gravitațional în anumite condiții de timp și încărcare superficială; poartă denumirea de nămoluri primare. În aceste nămoluri este reținut și azot, în proporție $e_N = 10 \dots 15\%$ și fosfor în proporție de $e_P = 5 \dots 10\%$;
- în bazinele anaerobe și în bioreactoarele unde se desfășoară procesele de nitrificare-denitrificare se produce nămol suplimentar alcătuit din biomasa rezultată din îndepărtarea substanțelor organice biodegradabile și din eliminarea fosforului;
- în decantoarele secundare se reține biomasa creată în bioreactoare, precum și materiile solide în suspensie care au trecut de treapta de epurare mecanică, complex de substanțe care poartă denumirea de nămol activat;

Nămolul primar este dirijat spre treapta de prelucrare a nămolului. Nămolul activat din decantoarele secundare este dirijat către bioreactor în zona anoxică, aerobă sau în bazinul anaerob, după caz, ca nămol de recirculare în scopul menținerii unei anumite concentrații de biomasă în reactorul biologic (recirculare externă).

Surplusul (excedentul) de nămol activat este denumit nămol în exces și este dirijat spre treapta de prelucrare a nămolului; cea mai mare parte a biomasei din decantorul secundar este recirculată continuu în sistemul biologic. Nămolul în exces conține 10% azot și 15 % fosfor, cantități care ajung în treapta de prelucrare a nămolului.

Producția de nămol excedentar reprezintă suma dintre nămolul rezultat din eliminarea substanțelor organice pe bază de carbon și nămolul provenit din îndepărtarea fosforului:

$$N_e = N_{eC} + N_{eP} \quad (\text{kg s.u./zi}) \quad (8.95)$$

unde:

N_e – cantitatea de materii solide, exprimată în substanță uscată din nămolul în exces, (kg s.u./zi);

N_{eC} – cantitatea de materii solide, exprimată în substanță uscată din nămolul în exces provenită din eliminarea carbonului, (kg s.u./zi);

N_{eP} – cantitatea de materii solide, exprimată în substanță uscată, din nămolul în exces provenit din eliminarea fosforului, (kg s.u./zi);

Cantitatea de nămol în exces depinde de vârsta nămolului:

1) Cantitatea de nămol provenită din eliminarea compușilor pe bază de carbon:

$$N_{ec} = C_b \cdot \left(0,75 + 0,6 \cdot \frac{c_{uz}^b}{x_{5,uz}^b} - \frac{0,102 \cdot T_N \cdot F_T}{1 + 0,17 \cdot T_N \cdot F_T} \right) \quad (\text{kg s. u./zi}) \quad (8.96)$$

unde:

C_b – cantitatea de materie organică influentă în stația de epurare, (kg CBO₅/zi);

c_{uz}^b – concentrația în MTS în influentul reactorului biologic, (mg/l);

$x_{5,uz}^b$ – concentrația în CBO₅ în influentul bioreactorului, (mg/l);

T_N – vârsta nămolului, (zile);

$F_T = 1,072^{(T-15)}$ – factorul de temperatură pentru respirația endogenă;

$T = 10 \dots 12^\circ \text{C}$;

0,75; 0,6; 0,102; 0,17 – coeficienți Hartwing;

În tabelul 8.22 sunt prezentate valorile producției specifice de nămol (N_{ec}^s) din îndepărtarea carbonului în funcție de temperatură, vârsta nămolului și de raportul ($c_{uz}^b / x_{5,uz}^b$).

Tabel 8.22. Producția specifică de namol $N_{ec}^s = N_{ec} / C_b$ (kg s.u./kg CBO₅) pentru $T = 10 - 12^\circ\text{C}$.

Nr. Crt.	$c_{uz}^b / x_{5,uz}^b$	Vârsta nămolului T_N					
		4 zile	8 zile	10 zile	15 zile	20 zile	25 zile
0	2	2	3	4	5	6	7
1	0,4	0,79	0,69	0,65	0,59	0,56	0,53
2	0,6	0,91	0,81	0,77	0,71	0,68	0,65
3	0,8	1,03	0,93	0,89	0,83	0,80	0,77
4	1,0	1,15	1,05	1,01	0,95	0,92	0,89
5	1,2	1,27	1,17	1,13	1,07	1,04	1,01

2) Cantitatea de nămol provenită din eliminarea compușilor pe bază de fosfor.

Cantitatea de nămol în exces din eliminarea fosforului cuprinde materia solidă rezultată din îndepărtarea fosforului biologic în exces și din cea obținută din precipitarea simultană; la eliminarea fosforului biologic în exces, se admit 3 g s.u./1 g de fosfor eliminat biologic.

Materiile solide rezultate din precipitarea simultană sunt funcție de tipul de coagulant și de cantitatea dozată.

În calcule se consideră o producție specifică de nămol de :

- 2,5 kg s.u./kg Fe dozat;
- 4,0 kg s.u./1 kg Al dozat.

Cantitatea de nămol în exces din eliminarea fosforului:

$$N_{eP} = \frac{Q_c}{1000} \cdot (3 \cdot c_{P,bio,ex} + 6,8 \cdot c_{P,prec.Fe} + 5,3 \cdot c_{P,prec.Al}) \quad (\text{kg s. u./zi}) \quad (8.97)$$

unde:

Q_c – debitul de calcul, (m^3/zi);

$c_{P,bio,ex}$ – concentrația de fosfor biologic în exces, (mg P/l);

$c_{P,prec.Fe}$ – concentrația de fosfor precipitat cu Fe, (mg P/l);

$c_{P,prec.Al}$ – concentrația de fosfor precipitat cu Al, (mg P/l);

Producția de nămol este dependentă de vârsta nămolului:

$$T_N = \frac{N_a}{N_e} = \frac{c_{na} \cdot V}{N_e} \quad (\text{zile}) \quad (8.98)$$

unde:

N_a – cantitatea totală de biomasă, (kg s.u./zi);

N_e – cantitatea de biomasă în exces, definită anterior, (kg s.u./zi);

c_{na} – concentrația biomasei, (kg/m^3);

V – volumul reactorului biologic, (m^3);

În cazul utilizării varului pentru precipitare, producția specifică de nămol este de 1 g Ca(OH)₂.

Indicele volumetric al nămolului sau indexul lui Mohlmann este un parametru ce caracterizează procesul de sedimentare a nămolului activat în decantorul secundar. Indiferent de tipul epurării, se recomandă ca indicele volumetric să nu depășească 180 ... 200 cm^3/g cu proprietăți de sedimentare slabe. Când influentul în reactor conține cantități mari de substanță organică biodegradabilă, nămolul activat va avea un indice volumetric mare ($> 200 \text{ cm}^3/\text{g}$) cu proprietăți de sedimentare slabe.

Pentru calculele de dimensionare ale treptei de epurare biologică avansată se recomandă valorile din tabelul următor.

Tabel 8.23. Valori recomandate pentru I_{VN} .

Nr. crt.	Tipul epurării	$I_{VN} (\text{cm}^3/\text{g})$	
		Influența apelor uzate industriale	
		Favorabilă	Nefavorabilă
0	1	2	3
1	Fără nitrificare	100 – 150	120 – 180
2	Cu nitrificare + denitrificare	100 – 150	120 – 180
3	Cu stabilizarea nămolului	75 – 120	120 - 150

Valorile mai scăzute se consideră în cazurile:

- când schema nu cuprinde decantor primar;
- când schema cuprinde în amonte de bazinul biologic un bazin selector aerob sau un bazin de amestec anaerob;
- când bazinul biologic este prevăzut cu alimentare tip piston;

8.2.3.6 Determinarea volumului reactoarelor biologice

Volumul bioreactorului depinde de indicatorii de calitate ai influentului și efluentului treptei de epurare biologice, de tipul epurării, de încărcare organică a bazinului (I_{ob}) și a nămolului (I_{on}), de calitatea nămolului de recirculare prelevat din decantorul secundar, de vârsta nămolului, de concentrația în materii solide în suspensie din bioreactor.

Volumul bioreactorului se poate determina cu relațiile:

$$V = \frac{C_b}{I_{ob}} = \frac{N_a}{c_{na}} = \frac{C_b}{c_{na} \cdot I_{on}} \quad (m^3) \quad (8.99)$$

unde:

C_b – cantitatea de materie organică influentă în stația de epurare, (kg CBO₅/zi);

I_{ob} – încărcarea organică a bazinului, (kg CBO₅/m³ b.a,zi);

I_{on} – încărcarea organică a nămolului, (kg CBO₅/ kg s.u,zi);

N_a – cantitatea de biomasă activă din bioreactor, (kg s.u/zi);

c_{na} – concentrația nămolului activ din bioreactor, (kg/m³);

În funcție de tipul epurării (convențională fără nitrificare, cu nitrificare, cu nitrificare – denitrificare și stabilizarea nămolului), se adoptă valorile pentru I_{ob} , I_{on} , c_{na} și se determină volumul bioreactorului cu una din relațiile (8.99).

Acest volum cuprinde atât volumul zonei de denitrificare (V_D) cât și volumul zonei de nitrificare (V_N) în care are loc eliminarea compușilor pe bază de carbon organic concomitent cu nitrificarea amoniului.

$$V = V_D + V_N \quad (m^3) \quad (8.100)$$

În schemele de denitrificare cu alimentare fracționată (step – feed), concentrația nămolului din bioreactor se înlocuiește cu $c_{na,step}$: $c_{na,step} > c_{na}$.

Calculul coeficienților de recirculare:

- 1) Recircularea externă se referă la debitul de nămol activat prelevat din decantorul secundar și dirijat în funcție de soluția propusă, în amonte de bazinul anaerob, în amonte de bazinul de denitrificare sau în amonte de zona aerobă.

Dimensionarea se face pentru un coeficient de recirculare externă $r_e = 100\%$.

Debitul de nămol recirculat va fi:

$$Q_{re} = r_e \cdot Q_c \quad (\text{m}^3/\text{zi}) \quad (8.101)$$

unde: Q_c – debitul de calcul al bioreactorului, (m^3/zi);

- 2) Recircularea internă constă în prelevarea din avalul zonei de nitrificare al amestecului nămol – apă uzată (bogat în azotați) și dirijarea acestuia în secțiunea amonte a zonei de denitrificare. Coeficientul de recirculare internă se determină cu relația:

$$r_i = \frac{c_{N-NO_3}^D}{c_{N-NO_3}^{efl}} - r_e \quad (8.102)$$

unde:

$c_{N-NO_3}^D$ – concentrația de azot din azotatul ce trebuie denitrificat, ($\text{mg N} - \text{NO}_3^- / \text{l}$);

$c_{N-NO_3}^{efl}$ – concentrația de azot din azotatul din efluentul stației de epurare, ($\text{mg N} - \text{NO}_3^- / \text{l}$);

r_e – coeficientul de recirculare externă;

- 3) Coeficientul total de recirculare:

$$r_T = r_e + r_i = \frac{Q_{re}}{Q_c} + \frac{Q_{ri}}{Q_c} \quad (8.103)$$

unde: Q_c, Q_{re} – definiți anterior; Q_{ri} – debitul de recirculare internă, (m^3/zi);

- 4) Eficiența maximă a denitrificării:

$$\eta_D = 1 - \frac{1}{1 + r_T} \quad (8.104)$$

- 5) Durata totală a unui ciclu, dacă procesul de denitrificare este intermitent:

$$t_T = t_N + t_D \quad (\text{h}) \quad (8.105)$$

Se poate calcula cu relația:

$$t_T = t_r \cdot \frac{c_{N-NO_3}^{efl}}{c_{N-NO_3}^D} \quad (\text{h}) \quad (8.106)$$

unde:

$$t_r = \frac{V}{Q_{uz,max,or}} \geq 2 \quad (\text{h}) \quad (8.107)$$

8.2.3.7 Calculul capacității de oxigenare

Capacitatea de oxigenare reprezintă cantitatea de oxigen necesară proceselor biochimice din bioreactor pentru:

- eliminarea carbonului organic (inclusiv respirația endogenă);
- pentru nitrificare;
- determinarea economiei de oxigen furnizat în procesul de denitrificare prin preluarea oxigenului necesar dezvoltării biomasei din azotați;

1) Consumul specific de oxigen pentru îndepărtarea carbonului organic CSO_c (kg O_2 /kg CBO_5) se determină cu relația:

$$CSO_c = \frac{\overline{CO}_c}{C_b} = 0,56 + \frac{0,15 \cdot T_N \cdot F_T}{1 + 0,17 \cdot T_N \cdot F_T} \quad (\text{kg } O_2/\text{kg } CBO_5) \quad (8.108)$$

unde:

C_b – cantitatea de materie organică influentă în bioreactor, (kg CBO_5 /zi);

T_N – vârsta nămolului, (zile);

$F_T = 1,072^{T-15}$ – factor de temperatură pentru perioada de vară;

$\overline{CO}_c = C_b \cdot CSO_c$ (kg O_2 /zi) – capacitatea de oxigenare necesară pentru eliminarea carbonului organic;

Notă:

Relația (8.108) se aplică pentru raportul $x_{CCO}^b / x_{5,uz}^b \leq 2,2$. Pentru rapoarte mai mari decât această valoare, calculul capacității de oxigenare se va face cu valorile concentrațiilor exprimate în consum chimic de oxigen (CCO-Cr).

2) Capacitatea de oxigenare necesară pentru nitrificare:

$$\overline{CO}_N = \frac{4,3 \cdot Q_c}{1000} \cdot (c_{N-NO_3}^D - c_{N-NO_3}^{infl} + c_{N-NO_3}^{efl}) \quad (\text{kg } O_2/\text{zi}) \quad (8.109)$$

unde:

4,3 – consumul specific de oxigen, (kg O_2 /kg azot oxidat);

Q_c – debitul influent în bioreactor, (m^3 /zi);

$c_{N-NO_3}^D$ – concentrația de azot din azotatul ce trebuie denitrificat, (mg N – NO_3^- /l);

$c_{N-NO_3}^{infl}$ – concentrația de azot din azotatul influent în bioreactor, (mg N – NO_3^- /l);

$c_{N-NO_3}^{efl}$ – concentrația de azot din azotatul din efluentul bioreactorului, (mg N-NO₃⁻/l);

3) Capacitatea de oxigenare necesară pentru denitrificare:

$$\overline{CO}_D = \frac{-2,9 \cdot Q_c}{1000} \cdot c_{N-NO_3}^D \quad (kg \ O_2/zi) \quad (8.110)$$

unde:

2,9 – consumul specific de oxigen, (kg O₂/ kg de azot denitrificat);

Q_c – debitul influent în bioreactor, (m³/zi);

$c_{N-NO_3}^D$ – concentrația de azot din azotatul ce trebuie denitrificat, (mg N – NO₃⁻ /l);

Semnul " – " semnifică oxigenul ce se recuperează prin denitrificare și nu se consumă.

Capacitatea de oxigenare necesară pentru eliminarea carbonului organic și pentru nitrificarea amoniului se poate calcula în ipotezele:

- când se ține seama de aportul de oxigen din procesul de denitrificare;
- când se neglijează aportul de oxigen din procesul de denitrificare.

Ipoteza care conferă siguranță este ipoteza b, pentru care capacitatea necesară este maximă. Se va ține seama de variația în decursul zilei a încărcării organice și a încărcării cu azot. Pentru calculul valorilor orare de vârf ale capacității de oxigenare necesare se introduc termenii f_c – factorul de vârf al încărcării organice și f_N – factorul de vârf al încărcării cu azot

Relațiile de calcul pentru determinarea capacității de oxigenare orare necesare sunt:

a) În ipoteza luării în considerare a oxigenului furnizat prin denitrificare:

$$CO_{h,nec} = \frac{f_c \cdot (\overline{CO}_c - \overline{CO}_D) + f_N \cdot \overline{CO}_N}{24} \quad (kg \ O_2/h) \quad (8.111)$$

unde: toți termenii au fost definiți anterior;

b) În ipoteza în care se neglijează aportul de oxigen din procesul de denitrificare:

$$CO_{h,nec} = \frac{f_c \cdot \overline{CO}_c + f_N \cdot \overline{CO}_N}{24} \quad (kg \ O_2/h) \quad (8.112)$$

Factorul de vârf f_c reprezintă raportul dintre cantitatea de oxigen necesară pentru eliminarea carbonului în 2 ore de vârf și cantitatea de oxigen medie zilnică necesară.

Factorul de vârf f_N se determină ca raport între încărcarea cu TKN în 2 ore de vârf și încărcarea în TKN medie pe 24 ore.

Deoarece valoarea de vârf a necesarului de oxigen pentru nitrificare se produce înainte de apariția necesarului de vârf pentru eliminarea carbonului, calculul capacității de oxigenare orare necesare ($\overline{CO}_{h,nec}$) se face în două ipoteze:

- Ipoteza 1: $f_C = 1$ și o valoare admisă (apreciată) pentru f_N ;
- Ipoteza 2: f_C cu o valoare admisă (apreciată) și $f_N = 1$;

Dintre cele două ipoteze se va considera cea pentru care se obține ($\overline{CO}_{h,nec}$) maxim.

Tabel 8.24. Valori pentru f_C și f_N

Factor de vârf	Vârsta nămolului T_N					
	4 zile	8 zile	10 zile	15 zile	20 zile	25 zile
0	1	2	3	4	5	6
f_C	1,3	1,25	1,2	1,2	1,15	1,11
f_N pentru SE cu 1.200 kg/zi	–	–	–	2,5	2,0	1,5
f_N pentru SE > 6.000 kg/zi	–	–	2,0	1,8	1,5	–

Pentru stații de epurare mici și medii, capacitatea de oxigenare orară necesară se verifică, cu relația (8.113), caz în care factorii de vârf $f_C = 1$ și $f_N = 1$.

$$\overline{CO}_{h,nec} = \frac{\overline{CO}_{nec}}{\delta} \quad (\text{kg O}_2/\text{h}) \quad (8.113)$$

unde:

- $\delta = 15$ pentru $Q_{uz, \max, zi} \leq 50$ l/s;
- $\delta = 20$ pentru $50 \text{ l/s} < Q_{uz, \max, zi} \leq 250$ l/s;
- $\delta = 24$ pentru $Q_{uz, \max, zi} > 250$ l/s;

În calculele de dimensionare se va considera ipoteza pentru care se obține valoarea maximă pentru $\overline{CO}_{h,nec}$ determinată cu una din relațiile (8.111), (8.112) și (8.113).

Raportul V_D/V necesar pentru definitivarea volumului zonei anoxice (V_D) se determină din relația (8.83).

Cunoașterea raportului V_D/V permite determinarea volumului zonei de denitrificare (anoxice), deoarece volumul total al bioreactorului (V) este cunoscut.

Volumul V cuprinde volumul zonei de denitrificare și volumul zonei de nitrificare V_N , conform relației (8.100).

Determinarea debitului de aer necesar în condiții reale în scopul asigurării capacității de oxigenare orare necesare, ține seama de:

- temperatura apei uzate;
- randamentul transferului de oxigen de la aer la apă;
- temperatura maximă a aerului din zona de amplasare a stației de epurare;
- adâncimea de insuflare din bioreactor;
- performanțele dispozitivelor de insuflare a aerului în apă;

Capacitatea de oxigenare orară necesară $\overline{CO}_{h,nec}$ (kg O₂/h) a fost determinată pentru situația reală, când fenomenul se desfășoară în amestecul lichid din bioreactor. În literatura de specialitate străină acest parametru este notat AOR (Actual Oxygen Requirement):

$$AOR = \overline{CO}_{h,nec} \quad (\text{kg O}_2/\text{h}) \quad (8.114)$$

Legătura dintre capacitatea de oxigenare orară necesară în condiții reale AOR și capacitatea de oxigenare orară necesară în condiții standard sau normale SOR (Standard Oxygen Requirement) este dată de relația:

$$AOR = SOR \cdot \frac{\theta^{T-20} \cdot \alpha \cdot (\beta \cdot c_{SA} - c_B)}{c_{S20}^*} \quad (\text{kg O}_2/\text{h}) \quad (8.115)$$

unde:

- $\theta = 1,024$ – coeficient din relația de tip Arhenius, ce evidențiază efectul temperaturii asupra transferului de oxigen;
- α – coeficient care ține seama de capacitatea de transfer a oxigenului de la apa curată la apa uzată:
 - $\alpha = 0,65$ pentru $T = 10^\circ\text{C}$;
 - $\alpha = 0,60$ pentru $T = 27^\circ\text{C}$;
- $\beta = 0,95$ – factor de corecție al transferului de oxigen care ține seama de diferențele de solubilitate a oxigenului în apă datorită salinității acesteia (conținutului de săruri), tensiunii superficiale;
- T – temperatura apelor uzate care se va considera iarna 10°C și vara, după caz, $25^\circ \dots 27^\circ\text{C}$.
- c_B – concentrația O₂ dizolvat din bioreactor, pentru dimensionare se adoptă 2mg/l;

c_{S20}^* – este concentrația medie de saturație în apă curată a oxigenului dizolvat la 20°C; depinde de adâncimea de insuflare a aerului (H_i) și se determină:

$$c_{S20}^* = c_{S20} \cdot (1 + 0,035 \cdot H_i) \quad (\text{mg O}_2/\text{l}) \quad (8.116)$$

unde:

c_{S20} – concentrația de saturație a oxigenului în apa curată, în condiții standard sau normale, (mg O₂/l);

H_i – adâncimea de insuflare a aerului, măsurată între suprafața lichidului și fața superioară a dispozitivului de insuflare a aerului în amestecul lichid din bioreactor, (m);

c_{SA} – concentrația medie de saturație a oxigenului dizolvat în apa curată la temperatura de dimensionare T, (mg O₂/l), și la adâncimea de insuflare H_i determinată cu relația:

$$c_{SA} = c_{SA}^T \cdot (1 + 0,035 \cdot H_i) \quad (\text{mg O}_2/\text{l}) \quad (8.117)$$

unde:

c_{SA}^T – concentrația de saturație a oxigenului în apa curată la temperatura T (°C), (mgO₂/l):

- $c_{SA}^T = 11,33$ mg O₂/l, pentru T=10°C (cf. tab. 8.14. § 8.1.2.6);
- $c_{SA}^T = 9,17$ mg O₂/l, pentru T=20°C (cf. tab. 8.14. § 8.1.2.6);

Din relațiile (8.114) și (8.115) se determină SOR; Calculele se efectuează și pentru perioada de iarnă (T=10°C) și pentru perioada de vară (T =25° – 27°C). Pentru dimensionare se alege valoarea SOR maxim rezultată.

4) Debitul de aer necesar în condiții standard (normale) se determină cu relația:

$$Q_{N,aer} = \frac{SOR}{SOTE} \cdot \frac{1}{\gamma_{aer}} \cdot \frac{1}{c_{SO}} = \frac{SOR \cdot 10^3}{c'_0 \cdot H_i} \quad (\text{N m}^3 \text{ aer/h}) \quad (8.118)$$

unde:

SOR – definit anterior;

$\gamma_{aer} = 1,206$ kg/m³ este greutatea specifică a aerului;

$c_{SO} = 0,28$ kg O₂/m³ aer – conținutul de oxigen dintr-un m³ de aer, în condiții standard;

$c'_0 = \frac{c_{SO}}{100} \cdot \eta_1$ – capacitatea specifică de oxigenare a dispozitivului de insuflare a aerului în apă curată, în condiții standard, (g O₂/N m³ aer ,m adâncime de

insuflare); valoarea c_o' se calculează pe baza eficienței specifice de transfer (η_1) de ofertantului (producătorul) dispozitivului;

SOTE – eficiența de transfer a oxigenului în apa curată, în condiții normale (Standard Oxygen Transfer Efficiency), la adâncimea de insuflare H_i , (%):

$$SOTE = \eta_1 \cdot H_i \quad (\%) \quad (8.119)$$

unde:

η_1 – eficiența specifică de transfer a oxigenului în apă curată, în condiții normale (standard) pentru 1 m adâncime de insuflare, (%/m). Valoarea eficienței specifice este caracteristică fiecărui dispozitiv de insuflare a aerului;

5) Debitul de aer real pentru condițiile reale de funcționare a surselor de furnizare a aerului (compresoare, suflante) se determină în funcție de debitul normal de aer (debitul în condiții standard), cu relația:

$$Q_{R,aer} = Q_{N,aer} \cdot \frac{T_R + 273}{T_N + 273} \cdot \frac{p_N}{p_R} \quad (\text{N m}^3 \text{ aer/h}) \quad (8.120)$$

unde:

$T_R = 30 - 35^\circ\text{C}$ – temperatura maximă a aerului din zona de amplasare a reactorului;

$T_N = 10^\circ\text{C}$ – temperatura aerului în condiții standard;

$(T+273)$ – temperatura aerului în grade absolute (Kelvin);

p_R – presiunea atmosferică în condiții reale, din zona de amplasare a reactorului

p_N – presiunea atmosferică în condiții standard;

Pentru alegerea surselor de aer, este necesară determinarea debitului real de aer necesar $Q_{R,aer}$ ($\text{m}^3 \text{ aer/h}$) și a înălțimii de presiune necesare la flanșa de refulare a sursei de aer.

6) Presiunea necesară la flanșa de refulare a sursei de aer:

$$H_R \geq H_i + h_d^{S-D} + h_l^D \quad (\text{m col. H}_2\text{O}) \quad (8.121)$$

unde:

H_i – adâncimea de insuflare a aerului în amestecul lichid, (m);

h_d^{S-D} – pierderea de sarcină distribuită în conducta de alimentare cu aer de la sursă până la cel mai depărtat dispozitiv de insuflare, (0,20 – 0,60 m);

h_l^D – pierderea de sarcină locală în dispozitivul de insuflare a aerului în amestecul lichid din bioreactor, (0,20 – 0,80 m);

8.3 Decantare secundare

Decantările secundare sunt construcții descoperite care au rolul de a reține nămolul biologic produs în bazinele cu nămol activat sau în filtrele biologice.

Decantările secundare orizontale longitudinale și radiale, se proiectează în conformitate cu prevederile STAS 4162-2/1989.

Decantările secundare sunt amplasate în aval de bazinele cu nămol activat sau de filtrele biologice, în funcție de schema de epurare adoptată.

Substanțele reținute în decantările secundare poartă denumirea de nămol biologic, iar în cazul în care decantările secundare sunt amplasate după bazinele de aerare, substanțele reținute poartă denumirea de nămol activat.

Decantările secundare nu pot lipsi din schemele de epurare biologică, acestea funcționând în tandem cu bazinele de aerare sau cu filtrele biologice.

8.3.1 Clasificare

Decantările secundare se clasifică astfel:

- a) După direcția de curgere a apei prin decantor :
 - decantare orizontale longitudinale;
 - decantare orizontale radiale;
 - decantare verticale;
 - decantare de tip special (cu module lamelare, cu recircularea stratului de nămol);
- b) După modul de evacuare a nămolului:
 - decantare cu evacuare hidraulică pe principiul diferenței de presiune hidrostatică;
 - decantare cu evacuare hidraulică cu ajutorul podurilor racloare cu sucțiune;

8.3.2 Parametrii de dimensionare

Numărul de decantare va fi minimum două unități (compartimente), ambele utile, fiecare putând funcționa independent. Pentru funcționarea corectă a unităților de decantare se impune distribuția egală a debitelor între unitățile respective (se prevede în amonte de decantările secundare o cameră de distribuție a debitelor).

Tabel 8.25. Parametrii de proiectare ai decantoarelor secundare.

Nr. crt.	Parametru	U.M.	Relație de calcul/ Valori recomandate	
0	1	2	3	
			DS amplasat după FB	DS amplasat după BNA
1	Debitul de dimensionare	m ³ /zi	$Q_c = Q_{uz,max,zi}$	
2	Debitul de verificare	m ³ /h	$Q_v = Q_{uz,max,or} + Q_{AR,max}$	$Q_v = Q_{uz,max,or} + Q_{nr,max}$
3	Încărcare superficială la debitul de dimensionare	m/h	$u_{sc} = \frac{Q_c}{A_o}$ $u_{sc} = 0,7 \dots 1,5$	$u_{sc} = \frac{Q_c}{A_o}$ $u_{sc} = 0,7 \dots 1,2$
4	Încărcare superficială la debitul de verificare	m/h	$u_{sv}^{max} = 2,7$	$u_{sv}^{max} = 2,2$
5	Viteza maximă de curgere a apei	mm/s	10	
6	Încărcarea superficială cu materii totale în suspensie	kg s.u./m ² ,zi	$I_{ss} = \frac{c_{na} \cdot (Q_c + Q_{AR,max})}{A_o}$ $I_{ss} = 90 \dots 140$	$I_{ss} = \frac{c_{na} \cdot (Q_c + Q_c)}{A_o}$ $I_{ss} = 90 \dots 140$
7	Încărcarea volumetrică superficială cu nămol	dm ³ /m ² ,h	$I_{VS} = I_{ss} \cdot I_{VN}$ $I_{ss} = 450 \dots 500$	
8	Timpul de decantare la debitul de dimensionare	h	$t_c = \frac{h_u}{u_{sc}}$ $t_c = 1,5 \dots 2,5$	$t_c = \frac{h_u}{u_{sc}}$ $t_c^{min} = 1,0$
9	Timpul de decantare la debitul de verificare	h	$t_v = \frac{h_u}{u_{sv}}$ $t_v = 3,5 \dots 4,0$	$t_v = \frac{h_u}{u_{sv}}$ $t_v^{min} = 2,0$
10	Coeficient de recirculare externă a nămolului activ	%	$r_e = \frac{c_{na}}{c_{nr} - c_{na}} \cdot 100$	

$Q_{uz,max,zi}$ –debitul zilnic maxim al apelor uzate, (m³/zi);
 $Q_{uz,max,or}$ – debitul orar maxim al apelor uzate, (m³/h);
 $Q_{AR,max}$ – debitul de recirculare al apelor epurate, (m³/zi);
 $Q_{nr,max}$ – debitul de nămol recirculat, (m³/zi);
DS – decantor secundar;

A_o – suprafața utilă de decantare, (m²);
 c_{na} – concentrația în materii solide a nămolului activat, (kg/m³);
 c_{nr} – concentrația în materii solide a nămolului de recirculare, (kg/m³);
 I_{VN} – indicele volumic al nămolului definit în tab.8.5, (cm³/g);
 h_u – înălțimea zonei utile de sedimentare, (m);
FB – filtre biologice; **BNA** – bazin cu nămol activat;

Tabelul 8.25 prezintă parametrii de dimensionare ai decantoarelor secundare.

Pentru asigurarea unei bune funcționări a decantoarelor, precum și pentru realizarea unei eficiențe ridicate în ceea ce privește sedimentarea materiilor în suspensie din apă, trebuie ca accesul și evacuarea apei să se facă cât mai uniform; pentru acces se recomandă prevederea de defletoare, orificii sau ecrane semiscufundate, orificiile fiind îndreptate către radier pentru asigurarea uniformității curgerii în bazin. La decantoarele orizontale radiale și la cele verticale, accesul apei trebuie să se facă la o distanță de 1,80 m față de radier, pentru o bună distribuție a liniilor de curent.

Determinarea numărului de defletoare se face pe baza debitului aferent unui deflector $q_{def} = 4...7 \text{ dm}^3/\text{s}$, deflector și a distanței dintre ele $a = 0,75...1,00 \text{ m}$ atât pe verticală cât și pe orizontală.

Evacuarea apei din decantor este reglată prin deversoare metalice, având partea superioară realizată sub forma unor dinți triunghiulari sau trapezoidali; aceste deversoare sunt mobile pe verticală, permițând astfel evacuarea controlată a apei decantate. Pentru a realiza o evacuare uniformă, trebuie ca deversarea să fie neînecată și perfect reglată pe verticală, astfel încât lama deversantă pentru fiecare dinte al deversorului să fie egală.

Evacuarea apei decantate se poate face și prin conducte submersate funcționând cu nivel liber, prevăzute cu fante (orificii). Sistemul are avantajul că elimină influența vântului, necesitatea peretelui (ecranului) semiscufundat și reduce substanțial abaterile de la orizontalitate ale sistemului de colectare. Conducta va fi dimensionată să funcționeze cu nivel liber.

Lungimea deversoarelor rezultă din adoptarea valorilor recomandate pentru debitul specific deversat; debitul nu va depăși $10 \text{ m}^3/\text{h}$, m în situația cea mai dezavantajoasă (la debitul de verificare). Când valoarea este depășită, se recomandă mărirea lungimii de deversare prin realizarea de rigole paralele sau, la decantoarele radiale și verticale, prin prevederea de rigole radiale suplimentare.

Se recomandă evacuarea continuă a nămolului activat din decantoarele secundare, dar dacă nu este posibil, intervalul de timp dintre două evacuări de nămol nu trebuie să fie mai mare de 4 h (cu măsuri adecvate la recircularea nămolului).

Determinarea pierderilor de sarcină prin decantor se va face atât pentru debitul de calcul cât și pentru cel de verificare, adoptându-se pentru profilul tehnologic valorile cele mai dezavantajoase.

Alegerea tipului de decantor, a numărului de compartimente și a dimensiunilor acestora se face pe baza unor calcule tehnico-economice comparative, a cantității și calității nămolului activat efluent din bazinele de aerare sau apei recirculate în schemele cu filtre biologice și a parametrilor de proiectare recomandați pentru fiecare caz în parte.

Decantoarele secundare sunt alcătuite în principal din:

- compartimente pentru decantarea propriu-zisă;
- sistemele de admisie și distribuție a apei epurate biologic;
- sistemele de colectare și evacuare a apei decantate;
- echipamentele mecanice necesare colectării și evacuării nămolului, precum și dispozitivele de închidere pe accesul și evacuarea apei în și din decantor, necesare izolării fiecărui compartiment în parte în caz de necesitate (revizii, reparații, avarii);
- conducte de evacuare a nămolului activat și de golire a decantorului ;
- pasarela de acces pe podul raclor ;

Înălțimea de siguranță a pereților decantorului deasupra nivelului maxim al apei va fi de minim 0,3 m.

8.3.3 Decantoare secundare orizontale radiale

Se recomandă a se adopta decantoare secundare orizontale radiale de tipul celui din fig. 8.13.a) pentru diametre (D) cuprinse între 15...25 m și de de tipul celui din fig. 8.13.b) pentru diametre (D) cuprinse între 30...50 m. Nu se recomandă a se prevedea decantoare secundare radiale cu diametre mai mici de 15 m și nici mai mari de 60 m.

Sunt bazine cu forma circulară în plan, în care apa este admisă central prin intermediul unei conducte prevăzută la debușare cu o pâlnie (difuzor) a cărei muchie superioară este situată la 20 ÷ 30 cm sub nivelul apei. Apa limpezită este evacuată printr-o rigolă perimetrală (fig. 10.4) sau prin conductă inelară submersată prevăzută cu orificii (fante).

Circulația apei se face orizontal și radial, de la centru spre periferie. Din conducta de acces, apa iese pe sub un cilindru central semiscufundat, cu muchia inferioară situată la o adâncime sub nivelul apei egală cu 2/3 din înălțimea zonei de sedimentare h_u .

În alte variante, apa iese din cilindrul central prin intermediul unor orificii cu deflectoare practicate în peretele acestuia sau printr-un grătar de uniformizare cu bare verticale.

Distribuția uniformă a apei de la centru spre periferie se poate realiza și prin intermediul altor dispozitive care prezintă avantaje hidraulice și tehnologice deosebite (de tipul “Lalelei Coandă”).

Cilindrul central, al cărui diametru este de 20÷35% din diametrul decantorului, sprijină pe radierul bazinului prin intermediul unor stâlpi. Disiparea energiei apei din conducta de admisie trebuie să asigure condițiile optime de floclare.

La partea superioară a cilindrului central se prevede o structură de rezistență capabilă să preia forțele generate de podul raclor, al cărui pivot este amplasat pe structura de rezistență respectivă.

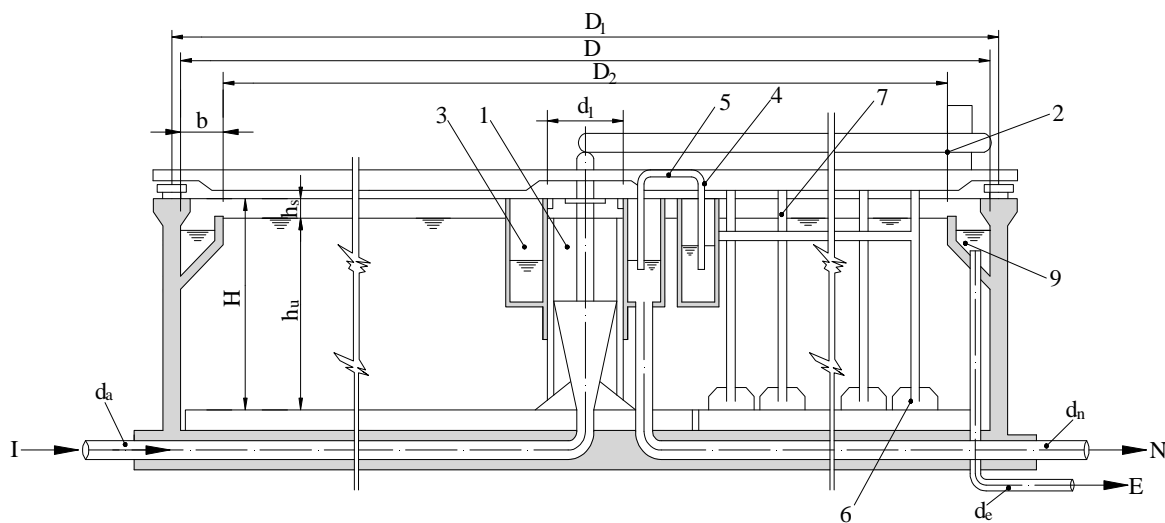
Podul raclor poate fi de două tipuri: radial sau diametral. El este alcătuit dintr-o grindă solidă ce sprijină pe structura de rezistență centrală prin intermediul unui pivot, iar extremitățile sprijină prin intermediul unor roți adecvate pe peretele exterior al bazinului. Călea de rulare poate fi realizată și din șină metalică, roțile fiind prevăzute în mod corespunzător acestui tip de rulare.

Colectarea și evacuarea nămolului reținut se face continuu în următoarele variante:

- a) colectarea nămolului se face într-o bașă centrală de unde este evacuat fie prin diferență de presiune hidrostatică, fie prin pompare (se aplică în cazul decantoarelor cu radier înclinat). În acest caz, solidar cu grinda podului raclor sunt prevăzuți montanți de care sunt prinse lame ce raclează nămolul sedimentat pe radierul decantoarului, conducându-l în bașa de evacuare; de aici, nămolul este evacuat prin diferență de presiune hidrostatică spre treapta de prelucrare (fig. 8.13 b.);
- b) prin sifonare (se aplică în cazul decantoarelor cu radier orizontal). În acest caz, nămolul sedimentat pe radierul decantorului este extras printr-un sistem de conducte într-un compartiment mobil solidar cu podul raclor, prin diferență de presiune hidrostatică, de unde, prin sifonare sau pompare este trimis într-un colector inelar și evacuat spre treapta de prelucrare (fig. 8.13 a.);

Soluțiile indicate pentru evacuarea nămolului din decantoare nu sunt limitative.

a. Decantoare radiale cu $D = 30... 50m$



b. Decantoare radiale cu $D = 15... 25m$

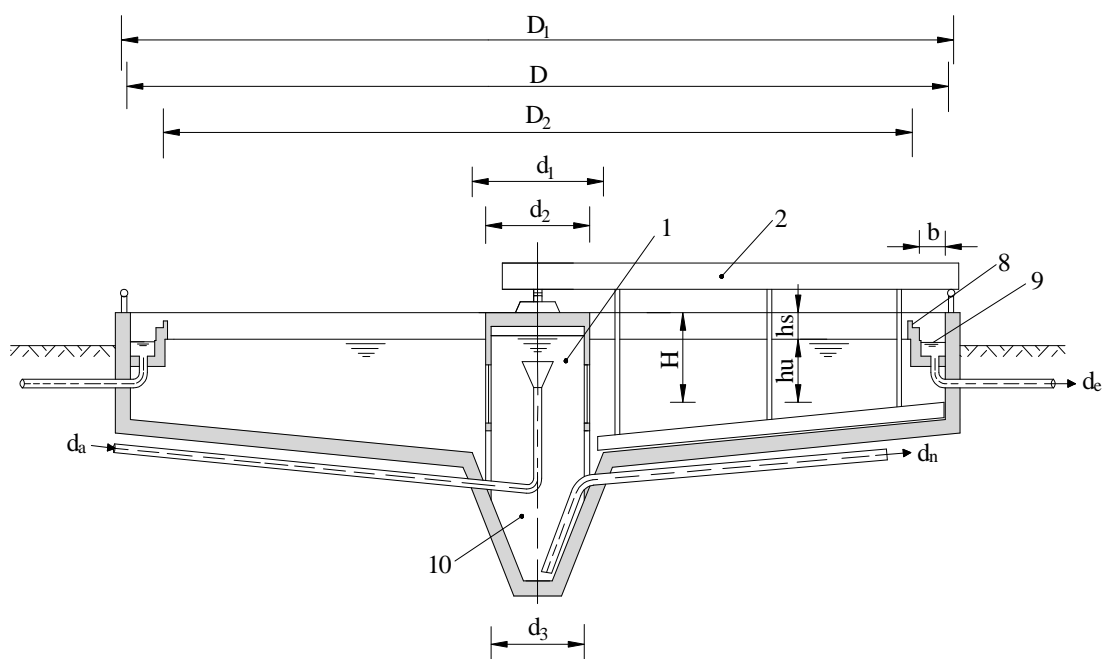


Figura 8.13. Secțiuni transversale prin decantorul secundar orizontal radial.

- 1-camara de admisie și distribuție apă; 2-pod raclor; 3-jgheab colector inelar fix; 4-jgheab colector mobil;
 5-instalație de sifonare a nămolului; 6-guri de aspirație; 7-conducte verticale de aspirație; 8-deversor;
 9-rigolă pentru colectarea apei decantate; 10-pâlnie pentru colectarea nămolului;
 d_a -conductă admisie influent; d_e - conductă evacuare efluent; d_n – conductă evacuare nămol.

Tabel 8.26. Dimensiuni caracteristice decantoarelor secundare radiale.

Nr. crt.	Q (l/s)	D (m)	D ₁ (m)	D ₂ (m)	A ₀ * (m ²)	d ₁ (m)	d ₂ (m)	d ₃ (m)	h _s (m)	h _u (m)	h _d (m)	H (m)	b (m)	V _u ** (m ³)	d _a (mm)	d _e (mm)	d _n (mm)
0	1		2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1	60 – 95	16	16,14	14,7	165	3,0	2,6	3,0	0,3	2,5	0,43	2,90	0,50	413	250–350	200–300	150–200
2	115 – 185	20	20,14	18,5	264	3,0	2,6	3,0	0,3	2,5	0,57	2,90	0,60	660	300–400	250–350	200–250
3	195 – 290	25	25,14	23,5	423	4,0	3,6	4,0	0,4	2,5	0,70	2,90	0,60	1.058	350–500	300–400	200–300
4	300 – 463	30	30,14	28,1	616	2,3	–	–	0,4	3,0	–	3,40	0,80	1.848	500–700	400–600	250–350
5	405 – 690	35	35,14	33,1	856	2,3	–	–	0,4	3,0	–	3,40	0,80	2.568	600–800	400–600	300–400
6	700 – 950	40	40,14	37,7	1.109	3,0	–	–	0,4	3,5	–	3,90	1,00	3.882	700–1.000	500–700	350–500
7	1.000 – 1.700	45	45,14	42,7	1.424	3,0	–	–	0,4	3,5	–	3,90	1,00	4.984	700–1.000	600–800	350–500
8	1.800 – 2.200	50	50,14	47,7	1.779	3,0	–	–	0,4	3,5	–	3,90	1,00	6.227	1.000–1.200	700–1.000	500–700

* $A_0=0,785(D_2^2-d_1^2)$ – aria orizontală utilă a unui compartiment de decantare, (m²);

** $V_u=A_0 \cdot h_u$ – volumul util de decantare, (m³);

Notă: Notățiile din tabelul 8.26 corespund celor din figura 8.13.

De podul raclor este prins, un braț metalic prevăzut cu o lamă racloare de suprafață care împinge nămolul plutitor, grăsimile și spuma de la suprafața apei spre periferie, către un cămin sau alt dispozitiv de colectare a acestora.

Rigola de colectare a apei decantate poate fi cu deversare pe o singură parte sau cu deversare pe două părți; poate fi așezată perimetral în afara sau în interiorul suprafeței de decantare, sau numai în interiorul acesteia la $0,50 \div 0,80$ m de perete.

În cazul rigolelor perimetrare, pe partea pe care se va face deversarea se vor prevedea deversoare metalice cu dinți triunghiulari, reglabile pe verticală. În fața acestor deversoare, la cca. $30 \div 50$ cm distanță se prevede un ecran semiscufundat, de formă circulară în plan, a cărui muchie inferioară este la minim $25 \div 30$ cm sub nivelul apei, în vederea evitării antrenării odată cu efluentul a spumei sau nămolului plutitor.

În cel de-al doilea caz, peretele rigolei dinspre centrul bazinului are coronamentul deasupra nivelului apei, el servind drept perete obstacol pentru spuma și grăsimile de la suprafața apei. Apa decantată trece pe sub rigolă și deversează peste peretele circular al rigolei dinspre peretele exterior al decantorului, prevăzut și el cu plăcuțe metalice cu dinți triunghiulari reglabili pe verticală. Acest tip de rigolă permite, ca subvariantă, posibilitatea ca deversarea să se facă pe ambele părți ale acesteia, caz în care, în fața peretelui rigolei situat spre centrul decantorului se va prevedea un ecran semiscufundat pentru evitarea antrenării spumei sau a nămolului plutitor în efluentul epurat.

Colectarea în rigolă a apei limpezite se face prin deversare neînecată, prin conductă submersată cu orificii (fante), care prezintă multiple avantaje (se elimină influența vântului precum și evacuarea odată cu apa decantată a grăsimilor și plutitorilor, se obține uniformitate în colectarea apei decantate dacă se asigură curgerea cu nivel liber prin conducta perforată).

În scopul evitării antrenării spumei sau a nămolului plutitor odată cu efluentul epurat, se recomandă ca debitul specific deversat ("încărcarea hidraulică specifică a deversorului") să nu depășească $10,0 \text{ m}^3/\text{h},\text{m}$ (la Q_v) pentru rigolele cu evacuare pe o singură parte și $6,0 \text{ m}^3/\text{h},\text{m}$ pentru rigolele cu evacuare pe două părți.

În cazul depășirii valorilor limită pentru debitul specific de deversare, există posibilitatea prevederii mai multor rigole în interiorul suprafeței decantorului, distanța dintre rigole și peretele decantorului trebuind să fie aproximativ aceiași cu adâncimea decantorului. Aceste rigole inelare

pot fi legate între ele prin rigole radiale care, permit la rândul lor reducerea debitului specific deversat.

Radierul decantorului poate fi prevăzut cu o pantă de 6 ÷ 8 % spre centru, iar radierul pâlniei de nămol cu o pantă de minim 1,7 : 1, în cazul decantoarelor radiale cu colectarea nămolului cu lame racloare, sau poate fi prevăzut cu radier cu pantă zero în cazul colectării nămolului cu poduri racloare cu sifonare.

Diametrul decantoarelor radiale este cuprins între 15 și 50 m (în cazuri justificate tehnico-economic, se pot adopta și diametre de 60 m), iar adâncimea utilă h_u între 2,2 și 4,6 m.

Viteza periferică a podului raclor variază între 10 și 60 mm/s, realizând 1 ÷ 3 rotații complete pe oră.

Evacuarea nămolului se poate face continuu, prin conducte cu Dn 200 mm sau mai mari, cu condiția ca viteza nămolului să fie cel puțin 0,7 m/s .

8.3.3.1 Parametrii de dimensionare

- Debiturile de dimensionare și verificare: cf. tab. 8.24;
- Volumul util necesar de decantare:

$$V_u = Q_c \cdot t_c \quad (\text{m}^3) \quad (8.122)$$

$$V_u = Q_v \cdot t_v \quad (\text{m}^3) \quad (8.123)$$

unde: Q_c, Q_v, t_c, t_v – definiți în tab. 8.24 § 8.3.2;

Se adoptă valoarea maximă dintre (8.122) și (8.123).

- Secțiunea orizontală necesară:

$$A_o = \frac{Q_c}{u_{sc}} \quad (\text{m}^2) \quad (8.124)$$

unde: Q_c, u_{sc} – definite în tab. 8.24 § 8.3.2;

- Adâncimea utilă a spațiului de decantare:

$$h_u = u_{sc} \cdot t_c \quad (\text{m}) \quad (8.125)$$

Cu aceste elemente se intră în tabelul 8.25 și se stabilesc dimensiunile geometrice: D, d_3 , A_o , h_u , b și V_u , precum și numărul de unități de decantare.; se verifică apoi dacă sunt respectate condițiile (8.126) și (8.127):

$$- \text{ Pentru } D = 16 \dots 30 \text{ m: } 10 \leq \frac{D}{h_u} \leq 15 \quad (8.126)$$

$$- \text{ Pentru } D = 30 \dots 50 \text{ m: } 15 \leq \frac{D}{h_u} \leq 20 \quad (8.127)$$

Debitul specific deversat pe conturul rigolei de colectare a apei limpezite trebuie să verifice relațiile (8.128) și (8.129), la debitul de verificare:

$$- \text{ Pentru rigole cu evacuare pe o parte: } q_d = \frac{Q_v}{n \cdot \pi \cdot D_r} \leq 10 \quad (\text{m}^3/\text{h}, \text{m}) \quad (8.128)$$

$$- \text{ Pentru rigole cu evacuare pe 2 părți: } q_d = \frac{Q_v}{n \cdot \pi \cdot D_r} \leq 6 \quad (\text{m}^3/\text{h}, \text{m}) \quad (8.129)$$

unde:

Q_v – definit în tabelul 8.25;

n – numărul de compartimente de decantare;

D_r – diametrul aferent peretelui deversor al rigolei, (m);

Dimensiunile rigolei de colectare a apei limpezite se stabilesc pentru debitul de verificare Q_v punând condiția ca în secțiunea cea mai solicitată viteza minimă să fie de 0,7 m/s .

În cazul decantoarelor radiale cu diametrul mai mare de 50 m, se vor lua măsuri specifice pentru combaterea tendinței de creștere a turbulenței din cauza vântului.

Adâncimea decantorului la perete (H_p) și la centru (H_c):

$$H_p = h_s + h_u \quad (\text{m}) \quad (8.130)$$

$$H_c = h_s + h_u + h_p + h_n \quad (\text{m}) \quad (8.131)$$

unde:

h_s – înălțimea de siguranță (0,3÷1,0) m;

h_u – adâncimea utilă a apei în spațiul de decantare, (m);

h_p – diferența de înălțime datorită pantei, (m) – dacă este cazul;

h_n – înălțimea pâlniei de nămol (2 ... 3 m) – dacă este cazul.

9. Proiectarea obiectelor tehnologice din treapta de tratare a nămolurilor

9.1 Clasificarea nămolurilor provenite din stațiile de epurare

Nămolurile se clasifică:

a) După treapta de epurare din care provin:

- Nămoluri primare (rezultate din treapta de epurare mecanică);
- Nămoluri secundare (rezultate din treapta de epurare biologică);
- Nămoluri stabilizate anaerob (rezultate din rezervoarele de fermentare a nămolurilor) sau aerob (rezultate din stabilizarea aerobă a nămolurilor);

b) După caracterul apelor uzate:

- Nămoluri provenite din epurarea apelor uzate menajere;
- Nămoluri provenite din epurarea apelor uzate industriale;

c) După compoziția chimică:

- Nămoluri minerale (conțin > 50% substanțe minerale);
- Nămoluri organice (conțin > 50% substanțe volatile);

d) După valorile rezistenței specifice la filtrare (r):

- Nămoluri greu filtrabile (nămoluri urbane brute și nămoluri fermentate):
 $r = 10^{12} \div 10^{13}$ (cm/g)
- Nămoluri cu filtrabilitate medie (nămoluri industriale):
 $r = 10^{10} \div 10^{12}$ (cm/g)
- Nămoluri ușor filtrabile (nămoluri urbane condiționate chimic, nămoluri minerale):
 $r \leq 10^{10}$ (cm/g)

e) După valoarea coeficientului de compresibilitate (s):

- Nămoluri cu $s = 0,6 - 0,9$: nămoluri urbane brute și fermentate, nămoluri industriale;
- Nămoluri cu $s > 1$: nămoluri industriale;
- Nămoluri incompresibile cu $s = 0$; rezistența specifică la filtrare este independentă de presiune;

9.2 Cantități specifice de nămol

Cantitățile de nămol ce rezultă din epurarea apelor uzate depind de calitatea apelor uzate și de tehnologia de epurare adoptată.

Cantitățile specifice de nămol reținute în stațiile de epurare sunt prezentate în tabelul 9.1.

Tabel 9.1. Cantități specifice de nămol reținute în stațiile de epurare.

Nr. crt.	Tipul de nămol	Cantități specifice de nămol	
		Substanță uscată din nămol (g/om,zi)	Nămol umed (l/om,zi)
0	1	2	3
1	Nămol proaspăt din decantoarele primare orizontal-longitudinale	25	0,5
2	Nămol proaspăt din decantoarele primare orizontal-radiale	35 – 40	0,7 – 0,8
3	Nămol proaspăt din decantoarele primare verticale	30	0,6
4	Nămol biologic din decantoarele secundare amplasate după filtrele biologice	8	0,2
5	Nămol biologic din decantoarele secundare amplasate după filtrele biologice de mare încărcare cu epurare avansată	20	0,5
6	Nămol în exces din decantoarele secundare amplasate după bazinele de aerare	20 – 32	2,5 – 4
7	Nămol fermentat din decantoarele cu etaj	30	0,3 – 0,6
8	Nămol fermentat din fose septice	30 – 33	0,3 – 0,33

În tabelul 9.2 sunt prezentate valori caracteristice privind cantitățile de substanță uscată din nămolurile biologice și nămolul în exces pentru diferite scheme de epurare.

Tabel 9.2. Încărcări specifice cu substanță uscată.

Nr. crt.	Tipul de nămol	Încărcarea specifică cu substanță uscată (kg s.u./ 10 ³ m ³ apă uzată)	
		Domeniul de variație	Valoare caracteristică
0	1	2	3
1	Nămol primar	110 – 170	150
2	Nămol în exces de la BNA	70 – 100	80
3	Nămol biologic de la filtrele biologice	60 – 100	70
4	Nămol în exces, în schemele cu aerare prelungită	80 – 120	100 ^{a)}
5	Nămol primar rezultat în urma precipitării chimice a fosforului	420 – 850	550 ^{b)}
6	Nămol rezultat din procedeele de epurare cu nitrificare – denitrificare	12 – 30	18 ^{c)}

- Valoarea este valabilă presupunând lipsa treptei primare de epurare;
- Se referă la însumarea cantității de nămol rezultată în urma precipitării chimice cu cea rezultată din sedimentarea normală;
- Încărcarea specifică cu substanță organică provenită din nitrificare are valori neglijabile;

9.3 Caracteristicile nămolurilor

9.3.1 Caracteristici fizice

9.3.1.1 Umiditatea

Umiditatea reprezintă conținutul de apă din nămol, exprimat procentual și care se determină cu relația:

$$w_n = \frac{G_a}{G_n} \cdot 100 \text{ (\%)} \quad (9.1)$$

unde:

G_a – greutatea apei din nămol, (kgf);

G_n – greutatea nămolului, (kgf);

9.3.1.2 Materiile solide

Materiile solide din nămol cuprind:

- materii solide minerale;
- materii organice volatile;

Greutatea specifică a materiilor solide din componența nămolului se determină cu relația:

$$\frac{G_s}{\gamma_s} = \frac{G_m}{\gamma_m} + \frac{G_o}{\gamma_o} \quad (9.2)$$

unde:

G_s – greutatea materiilor solide, (kgf);

G_m – greutatea materiilor solide de natură minerală, (kgf);

G_o – greutatea materiilor solide de natură organică, (kgf);

γ_s – greutatea specifică a materiilor solide, (kgf/m³);

γ_m – greutatea specifică a materiilor solide de natură minerală, (kgf/m³);

γ_o – greutatea specifică a materiilor solide de natură organică, (kgf/m³);

9.3.1.3 Greutatea specifică

Greutatea specifică a nămolului reprezintă greutatea unității de volum și are diferite valori, prezentate în tabelul 9.3.

Tabel 9.3. Greutăți specifice ale nămolurilor.

Nr. Crt.	Tipul de nămol	Greutatea specifică (kgf/ m ³)
0	1	2
1	Nămol primar	1.020
2	Nămol în exces de la bazinele de aerare	1.005
3	Nămol biologic rezultat de la filtre biologice	1.025
4	Nămol în exces de la bazinele de aerare în schema cu aerare prelungită	1.015
5	Nămol primar rezultat în urma precipitării chimice a fosforului	1.050
6	Nămol biologic din schemele de epurare cu nitrificare – denitrificare	1.005

9.3.1.4 Culoarea și mirosul

Culoarea și mirosul nămolurilor variază în funcție de proveniența lor:

- nămolul brut este cenușiu și prezintă un miros neplăcut;
- nămolul fermentat devine brun și cu aspect granular;
- nămolul provenit din epurarea mecano – chimică prezintă colorație în funcție de coagulantul utilizat.

9.3.1.5 Filtrabilitatea

Filtrabilitatea nămolului reprezintă proprietatea acestuia de a ceda apa prin filtrare și se exprimă prin 2 parametri: rezistența specifică la filtrare (r) și coeficientul de compresibilitate(s).

Rezistența specifică la filtrare – rezistența pe care o opune la filtrare o turtă de nămol depusă pe o suprafață filtrantă de 1 m² și care conține 1 kg s.u., supusă la o diferență de presiune de 0,5 bar. Legea generală a procesului de filtrare pe o suprafață S , a fost exprimată de Cârman:

$$\frac{dV}{dt} = \frac{\Delta P \cdot S^2}{\eta \cdot r \cdot C \cdot V} \quad (9.3)$$

unde:

r – rezistența specifică la filtrare, (m/kg);

t – timpul de filtrare, (s);

V – volumul de filtrat obținut după timpul de filtrare, t , (m³);

η – coeficientul dinamic de vâscozitate a filtrului, la temperatura probei, (g/cm,s);

C – concentrația în materii în suspensie a nămolului, (kg/m³);

S – suprafața filtrantă, (m²);

ΔP – diferența de presiune aplicată probei de nămol, (Pa).

Integrând relația (9.3) pentru ΔP = ct. și a = tg α, rezultă:

$$\frac{t}{V} = \frac{\eta \cdot r \cdot C}{2 \cdot \Delta P \cdot S^2} \cdot V = a \cdot V \quad (9.4)$$

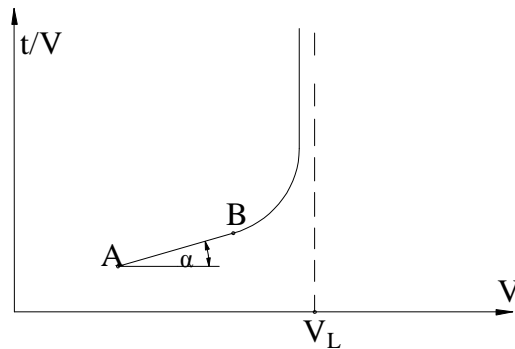


Figura 9.1. Graficul de variație a parametrului "a" funcție de volumul de filtrat.

Coefficientul de compresibilitate (s) se determină cu relația (9.5), care pune în evidență faptul că, odată cu creșterea presiunii se produce o micșorare a porilor turtei de nămol, care conduce la creșterea rezistenței specifice de filtrare.

$$r = r_0 \cdot P^s \quad (9.5)$$

unde:

r – definit anterior;

r₀ – rezistența specifică la filtrare a turtei de nămol pentru P = 1, (m/kg);

s – coeficient de compresibilitate;

P – presiunea aplicată probei de nămol, (Pa);

În funcție de valoarea coeficientului de compresibilitate, nămolurile se clasifică în:

- nămoluri cu coeficient de compresibilitate subunitar de 0,6 – 0,9, adică nămoluri orășenești, brute și fermentate, precum și unele nămoluri industriale;
- nămoluri cu coeficient de compresibilitate supraunitar, specifice unor nămoluri industriale;
- nămoluri incompresibile – sunt acelea pentru care: s = 0 și r = r₀, ceea ce înseamnă că rezistența specifică la filtrare este independentă de presiune.

9.3.1.6 Puterea calorică

Puterea calorică a nămolului variază în funcție de conținutul în substanță organică (substanțe volatile) din nămol și se poate determina orientativ cu relația:

$$PC_n = SV \cdot 44,4 \quad (\text{kJ/kg nămol}) \quad (9.6)$$

unde:

SV – conținutul în substanțe volatile al nămolului, (kg s.o./ kg nămol);

44,4 – puterea calorică pentru 1kg de substanță organică (kJ/kg s.o.);

9.3.2 Caracteristici chimice

9.3.2.1 pH – ul

Se condiționează funcționarea optimă a diferitelor procese de asigurare a unui pH adecvat. Se impune monitorizarea permanentă a pH-ului, în special la procesele de fermentare a nămolului provenit din apele uzate urbane contaminate cu ape uzate industriale.

În cazul fermentării metanice, pH-ul trebuie să se încadreze în intervalul 7 – 7,5; procesul de fermentare este dereglat atunci când pH-ul crește peste 8,5.

9.3.2.2 Fermentabilitatea

Reprezintă parametrul care indică cantitatea și compoziția gazului, acizilor volatili precum și valoarea pH-ului, înregistrate în urma analizei fermentării unei probe de nămol proaspăt amestecat cu nămol bine fermentat.

Producția de biogaz rezultat (q_{bg}) în urma fermentării anaerobe a substanțelor organice:

- pentru hidrocarbonați: $q_{bg} = 0,79 \text{ Nm}^3 \text{ biogaz/ kg s.o. redusă (50\% CH}_4; 50 \text{ \% CO}_2)$;
- pentru grăsimi: $q_{bg} = 1,25 \text{ Nm}^3 \text{ biogaz/ kg s.o. redusă (68\% CH}_4; 32 \text{ \% CO}_2)$;
- pentru proteine: $q_{bg} = 0,7 \text{ Nm}^3 \text{ biogaz/ kg s.o. redusă (71\% CH}_4; 29 \text{ \% CO}_2)$;

Acizii organici reprezintă un indicator important al fermentării; concentrațiile optime trebuie să se încadreze în intervalul 300 – 2.000 mg/l ca acid acetic; la valori mai mari (> 2000 mg/l) există riscul ca fermentarea metanică să înceteze devenind predominantă fermentarea acidă.

9.3.2.3 Metalele grele

Compușii chimici pe bază de Cu, As, Pb, Hg prezintă un grad ridicat de toxicitate și limitează utilizarea nămolului ca îngrășământ pentru diferite culturi agricole; nămolul provenit din epurarea apelor menajere are un conținut redus de metale grele.

Tabel 9.4. Valori caracteristice ale concentrațiilor de metale grele întâlnite în nămoluri.

Nr. Crt.	Metal	Concentrație medie (mg/ kg s.u din nămol)
0	1	2
1	Arsenic	10
2	Cadmiu	10
3	Crom	500
4	Cobalt	30
5	Cupru	800
6	Fier	17.000
7	Plumb	500
8	Mangan	260
9	Mercur	6
10	Molibden	4
11	Nichel	80
12	Seleniu	5
13	Staniu	14
14	Zinc	1.700

9.3.2.4 Nutrienții

Reprezintă factori importanți pentru valorificarea nămolurilor în scop agricol sau de condiționare a solului. Conținutul de azot, fosfor și potasiu (tabel 10.5) poate asigura condiții bune de dezvoltare a culturilor agricole, substituind uneori parțial îngrășămintele chimice.

9.3.3 Caracteristici biologice și bacteriologice

Nămolurile proaspete reținute în stațiile de epurare prezintă caracteristici biologice și bacteriologice similare cu cele ale apelor uzate supuse epurării. Aceste nămoluri pot conține microorganisme patogene.

Tabel 9.5. Compoziția chimică și biologică a nămolurilor.

Nr. crt.	Indicatorul de calitate	U.M.	Nămol primar brut	Nămol primar fermentat	Nămol activat brut
0	1	2	3	4	5
1	Materii solide totale (MST)	%	5 – 9	2 – 5	0,6 – 1,2
2	Materii solide volatile	% din MST	60 – 80	30 – 60	59 – 88
3	Grăsimi animale și vegetale:	% din MST			
	-solubile cu eter		6 – 30	5 – 50	–
	-extractibile în eter		7 – 35	–	5 - 12
4	Proteine	% din MST	20 – 30	15 – 20	32 – 41
5	Azot	% din MST	1,5 – 4	1,6 – 3	2,4 – 5
6	Fosfor	% din MST	0,8 – 2,8	1,5 – 4	2,8 – 11
7	Potasiu	% din MST	0 – 1	0 – 3	0,5 – 0,7
8	Celuloză	% din MST	8 – 15	8 – 15	–
9	Fier	% din MST	2 – 4	3 – 8	–
10	Siliciu	% din MST	15 – 20	10 – 20	–
11	pH	Unități pH	5 – 8	6,5 – 7,5	6,5 – 8
12	Alcalinitate	mg CaCO ₃ /l	500 – 1.500	2.500 – 3.500	580 – 1.100
13	Acizi organici	mg/l	200 – 2.000	100 – 600	1.100 – 1.700
14	Capacitate energetică	kJ/kg MST	23.000 – 29.000	9.000 – 14.000	19.000 – 23.000

MST = cantitatea de materii solide obținute în urma etuvării unei probe de nămol la temperatura 105 °C.

9.3 Alegerea schemei de prelucrare a nămolurilor

Criteriile care se vor lua în considerație la alegerea schemei filierei de prelucrare a nămolurilor din stația de epurare sunt:

A. Criteriul: calitatea apelor uzate

A1. Criteriul compoziției chimice

Filierele tehnologice care prelucrează:

a) nămol mineral; conținut > 50% substanțe minerale (în S.U.);

b) nămol organic care conține > 50% substanțe organice (în S.U.).

A2. Criteriul treptei de epurare din care provine

După criteriul de epurare a stației de epurare din care provine, nămolurile se pot împărți:

- a) nămol primar rezultat din sedimentarea materiilor în suspensie în treapta de epurare mecanică;
- b) nămol secundar rezultat din sedimentarea materiilor în suspensie din nămolul activ format în bazinele de aerare sau din sedimentarea materiilor în suspensie din pelicula formată în filtrele biologice (sau biodiscuri) în decantorul secundar;
- c) nămolul fermentat rezultat din rezervoarele de fermentare;
- d) nămol stabilizat rezultat din procesele de stabilizare aerobă.

A3. Criteriul provenienței apei uzate

După criteriul tipului de apă uzată din care provin, nămolurile se pot împărți în:

- a) nămoluri rezultate din epurarea apelor uzate orășenești;
- b) nămoluri rezultate din epurarea apelor uzate industriale;
- c) nămoluri rezultate din epurarea apelor uzate de la unități agro-zoo-tehnice;
- d) nămol din treapta de epurare avansată.

În cadrul gospodăriei de nămol din stațiile de epurare pot exista:

- a) nămolul brut (neprelucrat) rezultat din obiectele stației;
- b) nămolul stabilizat (aerob sau anaerob);
- c) nămolul deshidratat (natural sau artificial);
- d) nămolul igienizat (prin pasteurizare, tratare chimică sau compostare);
- e) nămolul fixat (rezultat prin solidificare);
- f) materie inertă (cenușă) rezultată prin incinerare.

B. Criteriul: impact asupra mediului

Alegerea filierei tehnologice pentru prelucrarea nămolului va avea la bază:

- cantități minime de nămol (substanță uscată) ieșite din stația de epurare;
- respectarea condițiilor de mediu privind emisiile de gaze, mirosuri; acestea trebuie să se încadreze în normativele în vigoare (tabelul 9.6);
- utilizarea nămolurilor produse în stația de epurare în mediul exterior stației de epurare: utilizare în agricultură, valorificare industrială, depuse sau utilizate conform cu strategia Națională privind valorificarea acestora.

Tabel 9.6. Directiva Europeană – incinerarea.

Directiva Europeană din 28 Decembrie 2000				
Parametru (indicator)*		Media/ 1 zi	Media/ ½ oră	
			100%	97%
Pulberi totale	mg · m ⁻³	10	30	10
COT	mg · m ⁻³	10	20	10
HCl	mg · m ⁻³	10	60	10
SO ₂	mg · m ⁻³	50	200	50
NO și NO ₂ exprimat ca NO ₂	mg · m ⁻³	200	400	200
Stații existente < 6 T · h ⁻¹		400		
Dioxine și furani	mg · m ⁻³	0,1		
Pb + Cr + Cu + Mn	mg · m ⁻³			
(Sb + As + Pb + Cr + Cu + Mn + Ni + V + Sn + Se + Te)	mg · m ⁻³	0,5 (8h)		
Sb + As + Pb + Cr + Cu + Mn + Ni + V	mg · m ⁻³		1	
Ni + As	mg · m ⁻³			
Cd + Hg	mg · m ⁻³			
Hg	mg · m ⁻³	0,05	1	
CO	90 % măsurători/ 24 ore 1 h 95% din măsurători Mediu/10 minute	mg · m ⁻³ mg · m ⁻³ mg · m ⁻³ 50 150	100	150

* Temperatură normală și condiții de funcționare sub presiune cu un conținut de 11% O₂ la gaz uscat.

C. Criteriul tehnico – economic

Prin analize de opțiuni proiectantul va adopta filiera tehnologică de prelucrare a nămolurilor care asigură:

- costuri unitare (lei/t S.U.) și consumuri energetice (kWh/t S.U.) minime;
- efectele cele mai reduse asupra mediului; volume (costuri) minime de substanță, impact nesemnificativ;
- cele mai bune soluții de valorificare fără efecte adverse.

9.4.1 Schema de prelucrare a nămolurilor cu bazin de omogenizare – egalizare și fermentare anaerobă într-o singură treaptă

Schema de tratarea a nămolului prezentată în figura 9.2 cuprinde:

- amestecul nămolului primar (N_p) cu cel în exces (N_e) într-un bazin de omogenizare – egalizare (BOE);
- concentrarea amestecului (îngroșarea) într-un concentrator de nămol (CN) ce realizează reducerea umidității amestecului de nămoluri;

- stabilizarea anaerobă a nămolului concentrat în rezervoare de fermentare a nămolului (RFN) reduce conținutul de substanțe organice până la 60 – 80 % din nămolul concentrat; fermentarea anaerobă se realizează într-o treaptă fără evacuare de supernatant fapt ce conduce la creșterea nămolului efluent; fermentarea anaerobă produce biogaz stocat în rezervorul de gaz (RG) pentru valorificarea ulterioară;
- după RFN nămolul este stocat într-un bazin tampon (BT) necesar asigurării funcționării procesului de deshidratare mecanică (DM) la un debit constant; BT poate lipsi dacă deshidratarea nămolului se face pe platforme de uscare;

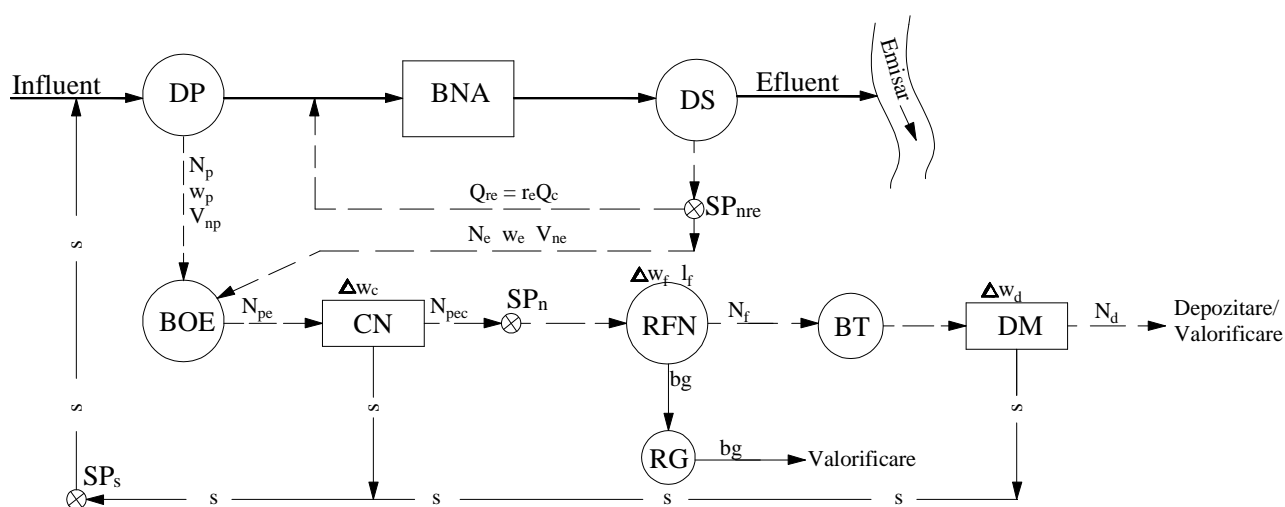


Figura 9.2. Schema de prelucrare a nămolului.

Linia apei

BNA - bazin cu nămol activat

DS - decantor secundar

DP - decantor primar

Q_{re} - debit de recirculare nămol

Linia nămolului

SP_{nre} - stație de pompare nămol de recirculare și în exces

SP_n - stație pompare nămol

RFN - rezervor de fermentare nămol

BT - bazin tampon

DM - deshidratare mecanică

CN - concentrator de nămol

BOE – bazin de omogenizare/ egalizare nămol;

Umiditate nămol

w_p - umiditatea nămolului primar

w_e - umiditatea nămolului în exces

Δw_c - reducerea de umiditate prin concentrare

Δw_f - creșterea de umiditate prin fermentare

Δw_d - reducerea de umiditate prin deshidratare

Cantități nămol

V_{np} - volumul de nămol prima

N_p - cantitatea de nămol primar

N_f - cantitatea de nămol fermentat

N_d - cantitatea de nămol deshidratat

V_{ne} - volumul nămolului în exces

N_e - cantitatea de nămol în exces

N_{pe} - cantitatea de nămol primar și în exces

N_{pec} - cantitatea de nămol primar și în exces după concentrare

Biogaz

RG - rezervor de gaz

bg - biogaz

Supernatant

s - supernatant

SP_s - stație de pompare supernatant

l_f - limita tehnică de fermentare

9.4.2 Schema de prelucrare a nămolurilor cu îngroșare independentă a nămolului primar și a celui în exces și fermentare anaerobă într-o singură treaptă

Schema de tratare a nămolului prezentată în figura 9.3 este similară cu cea din paragraful anterior diferența fiind concentrarea separată a nămolurilor (primare și biologice).

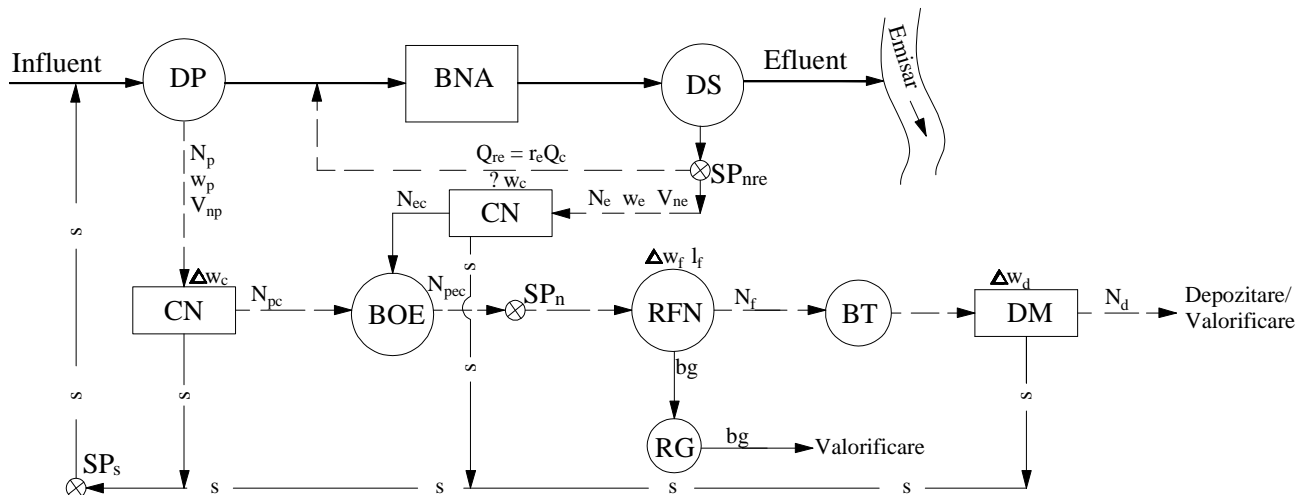


Figura 9.3. Schema de prelucrare a nămolului.

Linia apei

BNA - bazin cu nămol activat

DS - decantar secundar

DP - decantor primar

Q_{re} - debit de recirculare nămol

Linia nămolului

SP_{nre} - stație de pompare nămol de recirculare și în exces

SP_n - stație pompare nămol

RFN - rezervor de fermentare nămol

BT - bazin tampon

DM - deshidratare mecanică

CN - concentrator de nămol

BOE - bazin de omogenizare/ egalizare nămol;

Umiditate nămol

w_p - umiditatea nămolului primar

w_e - umiditatea nămolului în exces

Δw_c - reducerea de umiditate prin concentrare

Δw_f - creșterea de umiditate prin fermentare

Δw_d - reducerea de umiditate prin deshidratare

Cantități nămol

V_{np} - volumul de nămol primar

N_p - cantitatea de nămol primar

N_f - cantitatea de nămol fermentat

N_d - cantitatea de nămol deshidratat

V_{ne} - volumul nămolului în exces

N_e - cantitatea de nămol în exces

N_{pe} - cantitatea de nămol primar și în exces

N_{pec} - cantitatea de nămol primar și în exces după concentrare

Biogaz

RG - rezervor de gaz

bg - biogaz

Supernatant

s - supernatant

SP_s - stație de pompare supernatant

I_f - limita tehnică de fermentare

9.4.3 Schema de prelucrare a nămolurilor cu bazin de omogenizare egalizare și fermentare anaerobă în două trepte

Schema din figura 9.4 prezintă o schemă de prelucrare a nămolurilor cu 2 trepte de fermentare anaerobă:

- treapta primară (RFN 1) realizează reducerea substanțelor organice prin procedee de fermentație anaerobă fără eliminare de supernatant și cu producere de biogaz, cu o creștere a nămolului efluent;
- treapta secundară (RFN 2) realizează o concentrare a nămolului, reduce umiditatea și evacuează supernatantul;

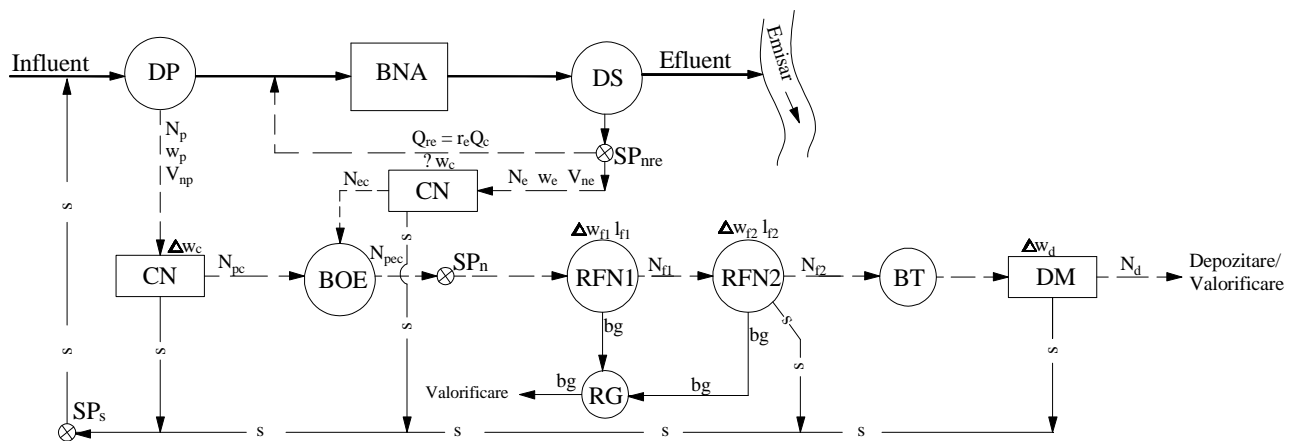


Figura 9.4. Schema de prelucrare a nămolului.

Linia apei

BNA - bazin cu nămol activat

DS - decantor secundar

DP - decantor primar

Q_{re} - debit de recirculare nămol

Linia nămolului

SP_{nre} - stație de pompare nămol de recirculare și în exces

SP_n - stație pompare nămol

RFN1 - rezervor de fermentare nămol (treapta 1)

RFN2 - rezervor de fermentare nămol (treapta 2)

BT - bazin tampon

DM - deshidratare mecanică

CN - concentrator de nămol

BOE - bazin de omogenizare/ egalizare nămol;

Umiditate nămol

w_p - umiditatea nămolului primar

w_e - umiditatea nămolului în exces

Δw_c - reducerea de umiditate prin concentrare

$\Delta w_{f1}, \Delta w_{f2}$ - creșterea/reducerea de umiditate prin fermentare

Δw_d - reducerea de umiditate prin deshidratare

Cantități nămol

V_{np} - volumul de nămol primar

N_p - cantitatea de nămol primar

N_{f1}, N_{f2} - cantități de nămol fermentat

N_d - cantitatea de nămol deshidratat

V_{ne} - volumul nămolului în exces

N_e - cantitatea de nămol în exces

N_{pe} - cantitatea de nămol primar și în exces

N_{pec} - cantitatea de nămol primar și în exces după concentrare

Biogaz

RG - rezervor de gaz

bg - biogaz

Supernatant

s - supernatant

SP_s - stație de pompare supernatant

l_{f1}, l_{f2} - limite tehnice de fermentare

9.4.4 Schema de prelucrare a nămolurilor din stațiile de epurare cu treaptă mecanică și fermentare anaerobă într-o singură treaptă

Schema din figura 9.5 se aplică în cazul stațiilor de epurare prevăzute doar cu treaptă mecanică. În acest caz treapta de prelucrare a nămolurilor cuprinde doar tratarea nămolului primar.

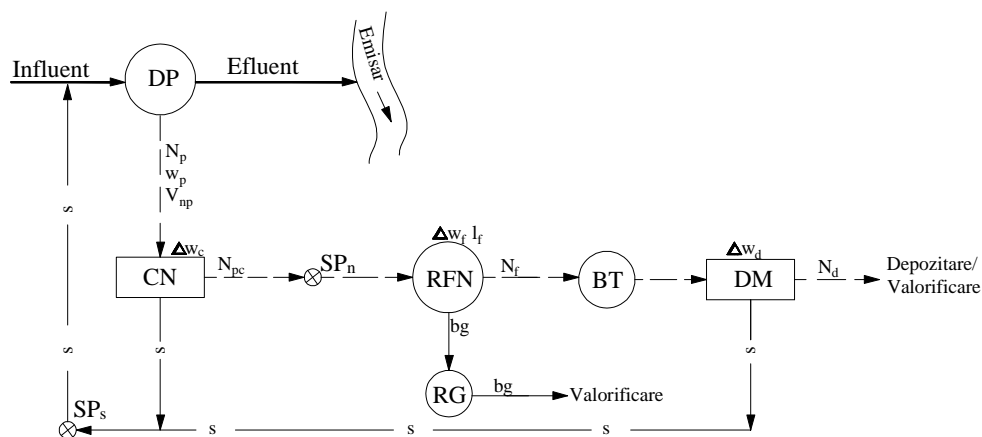


Figura 9.5. Schema de prelucrare a nămolului.

Linia apei

DP - decantor primar

Linia nămolului

SP_n - stație pompare nămol

RFN - rezervor de fermentare nămol

BT - bazin tampon

DM - deshidratare mecanică

CN - concentrator de nămol

Umiditate nămol

w_p - umiditatea nămolului primar

Δw_c - reducerea de umiditate prin concentrare

Δw_f - creșterea de umiditate prin fermentare

Δw_d - reducerea de umiditate prin deshidratare

Cantități nămol

V_{np} - volumul de nămol primar

N_p - cantitatea de nămol primar

N_{pc} - cantitatea de nămol primar după concentrare

N_f - cantitatea de nămol fermentat

N_d - cantitatea de nămol deshidratat

Biogaz

RG - rezervor de gaz

bg - biogaz

Supernatant

s - supernatant

SP_s - stație de pompare supernatant

l_f - limita tehnică de fermentare

9.4.5 Schema de prelucrare a nămolurilor provenite din stațiile de epurare cu treaptă mecanică și stabilizare aerobă

Schema de tratare a nămolurilor prezentată în figura 9.6 este similară cu cea prezentată în fig. 9.5 și 9.4.4 cu deosebirea că stabilizarea se face aerob fără eliminare de supernatant și cu necesitatea asigurării unei surse de aer necesar proceselor biologice.

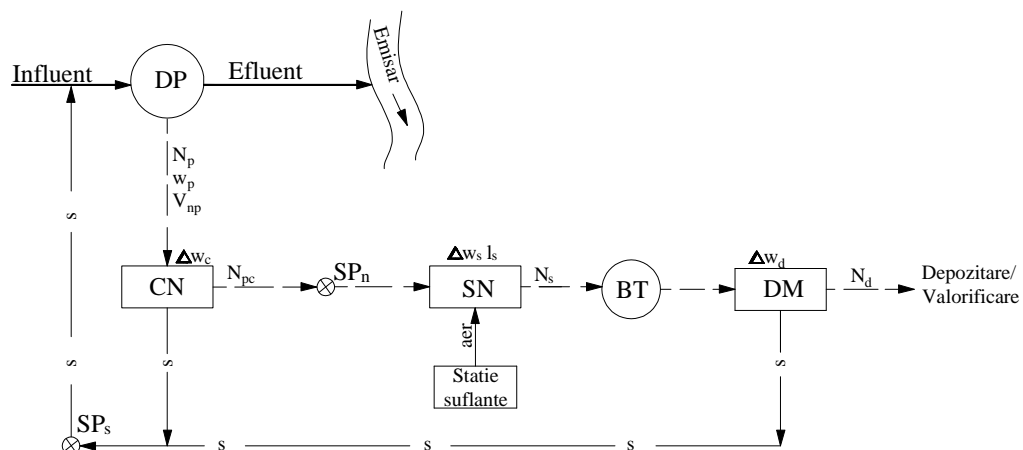


Figura 9.6. Schemă de prelucrare a nămolurilor.

Linia apei

DP - decanter primar

Linia nămolului

SP_n - stație pompare nămol

BT - bazin tampon

DM - deshidratare mecanică

CN - concentrator de nămol

SN - stabilizator nămol

Umiditate nămol

w_p - umiditatea nămolului primar

Δw_c - reducerea de umiditate prin concentrare

Δw_d - reducerea de umiditate prin deshidratare

Δw_s - creșterea de umiditate prin stabilizare

Cantități nămol

V_{np} - volumul de nămol primar

N_p - cantitatea de nămol primar

N_{pc} - cantitatea de nămol primar după concentrare

N_s - cantitatea de nămol stabilizat

N_d - cantitatea de nămol deshidratat

s - supernatant

SP_s - stație de pompare supernatant

I_s - limita tehnică de stabilizare

9.4.6 Schema de prelucrare a nămolurilor provenite din stații de epurare fără decantor primar

Schema prezentată în figura 9.7 se aplică atunci când concentrațiile în substanțe organice biodegradabile (CBO_5) sunt reduse iar prevederea decantorului primar în schema de epurare nu este justificată din punct de vedere tehnologic. Nămolul în exces provenit din treapta de epurare biologică va trebui stabilizat (aerob sau anaerob).

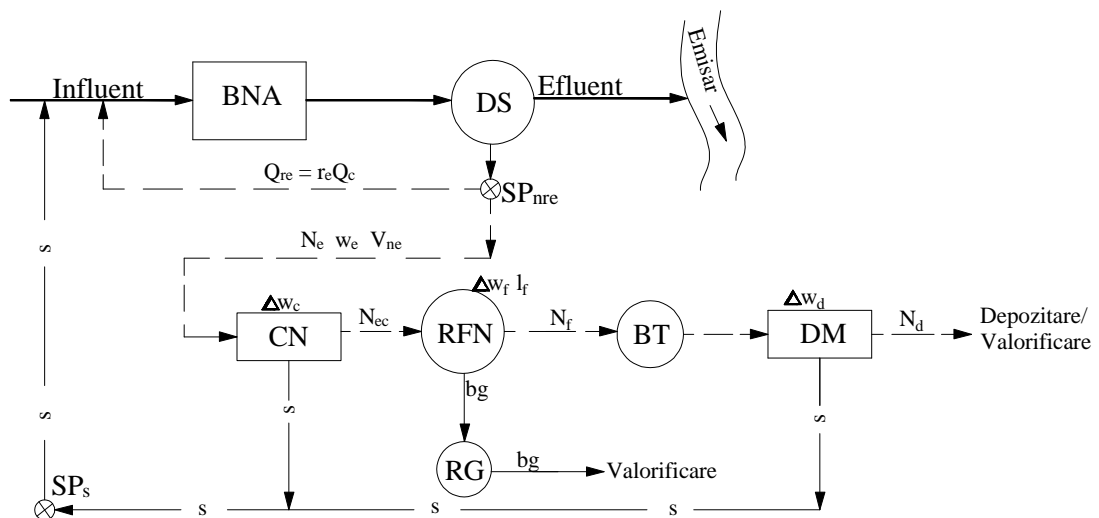


Figura 9.7. Schemă de prelucrare a nămolurilor.

Linia apei

BNA - bazin cu nămol activat

DS - decantor secundar

Q_{re} - debit de recirculare nămol

Linia nămolului

SP_{nre} - stație de pompare nămol de recirculare și în exces

RFN - rezervor de fermentare nămol

BT - bazin tampon

DM - deshidratare mecanică

CN - concentrator de nămol

Umiditate nămol

w_e - umiditatea nămolului în exces

Δw_c - reducerea de umiditate prin concentrare

Δw_f - creșterea de umiditate prin fermentare

Δw_d - reducerea de umiditate prin deshidratare

Cantități nămol

N_f - cantitatea de nămol fermentat

N_d - cantitatea de nămol deshidratat

V_{ne} - volumul nămolului în exces

N_e - cantitatea de nămol în exces

N_{ec} - cantitatea de nămol în exces după concentrare

Biogaz

RG - rezervor de gaz

bg - biogaz

Supernatant

s - supernatant

SP_s - stație de pompare supernatant

l_f - limita tehnică de fermentare

9.4.7 Bilanțul de substanță pe linia nămolului

Pentru fiecare obiect din filiera tehnologică de prelucrare a nămolului se va realiza bilanțul de substanță.

9.4.7.1 Bazinul de amestec și omogenizare

Are rolul să amestece și să omogenizeze diverse tipuri de nămoluri ce rezultă din procesele de epurare pentru a obține un amestec uniform. În aceste bazine se realizează o egalizare a debitelor de nămol în vederea asigurării unui debit constant pentru procesele de prelucrare din aval.

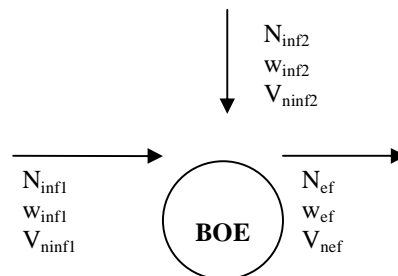


Figura 9.8. Schema unui bazin de omogenizare – egalizare (BOE).

Cantități nămol:

N_{inf1} , N_{inf2} – cantități de nămol influente
 N_{ef} – cantitatea de nămol efluent
 V_{ninf1} , V_{ninf2} – volume de nămol influente
 V_{nef} – volumul de nămol efluent

Caracteristici nămol:

w_{inf1} , w_{inf2} – umidități nămol influent
 w_{ef} – umiditatea nămolului efluent

- 1) Cantitatea de nămol efluentă (exprimată în substanță uscată) constituie suma celor două cantități de nămol influente:

$$N_{ef} = N_{inf1} + N_{inf2} \quad (\text{kg s. u./zi}) \quad (9.6)$$

unde:

N_{ef} – cantitatea de nămol efluentă, (kg s.u./zi);

N_{inf1} , N_{inf2} – cantitățile de nămol influente, (kg s.u./zi);

- 2) Volumele de nămol influente în bazinul de omogenizare – egalizare :

$$V_{ninf1} = \frac{N_{inf1}}{\gamma_{ninf1}} \cdot \frac{100}{(100 - w_{inf1})} \quad (\text{m}^3 / \text{zi}) \quad (9.7)$$

$$V_{ninf2} = \frac{N_{inf2}}{\gamma_{ninf2}} \cdot \frac{100}{(100 - w_{inf2})} \quad (\text{m}^3 / \text{zi}) \quad (9.8)$$

unde:

V_{ninf1}, V_{ninf2} – volumele zilnice de nămol influente, (m^3/zi);

N_{inf1}, N_{inf2} – cantitățile de nămol influente, (kg s.u./zi);

w_{inf1}, w_{inf2} – umiditățile nămolurilor influente, (%);

$\gamma_{ninf1}, \gamma_{ninf2}$ – greutatea specifică ale nămolurilor influente, (kgf/m^3);

3) Umiditatea nămolului efluent:

$$w_{ef} = \frac{(V_{ninf1} \cdot w_{inf1} + V_{ninf2} \cdot w_{inf2})}{(V_{ninf1} + V_{ninf2})} \quad (\%) \quad (9.9)$$

unde:

w_{ef} – umiditatea nămolului efluent, (%);

w_{inf1}, w_{inf2} – umiditățile nămolurilor influente, (%);

V_{ninf1}, V_{ninf2} – volumele zilnice de nămol influente, (m^3/zi);

4) Volumul nămolului efluent:

$$V_{nef} = \frac{N_{ef}}{\gamma_{nef}} \cdot \frac{100}{(100 - w_{ef})} \quad (m^3/zi) \quad (9.10)$$

unde:

V_{nef} – volumul zilnic de nămol efluent, (m^3/zi);

N_{ef} – cantitatea zilnică de nămol efluent, (kg s.u./zi);

γ_{nef} – greutatea specifică a nămolului efluent, (kgf/m^3);

w_{ef} – umiditatea nămolului efluent, (%);

Notă: Nămolurile influente în bazinul de omogenizare – egalizare poate fi: nămol primar, nămol în exces, nămol biologic.

9.4.7.2 Concentratoare de nămol

Se reduce umiditatea nămolului (volumele de nămol) prin procese fizice de sedimentare, flotație sau centrifugare, cu producere de supernatant. Reducerea volumelor de nămol este necesară în procesele de prelucrare din aval care se vor dimensiona la volume mai mici de nămol.

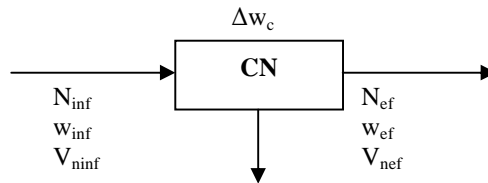


Figura 9.9. Schema unui concentrator de nămol (CN).

Cantități nămol:

N_{inf} – cantitatea de nămol influentă
 N_{ef} – cantitatea de nămol efluent
 V_{ninf} – volumul de nămol influent
 V_{nef} – volumul de nămol efluent

Caracteristici nămol:

w_{inf} – umiditatea nămolului influent
 w_{ef} – umiditatea nămolului efluent
 Δw_c – reducerea de umiditate prin concentrare

1) Cantitatea de nămol efluentă:

$$N_{inf} \cong N_{ef} \quad (\text{kg s. u./zi}) \quad (9.11)$$

unde:

N_{inf} – cantitatea zilnică de nămol influent, (kg s.u./zi);

N_{ef} – cantitatea zilnică de nămol efluent, (kg s.u./zi);

2) Volumul de nămol influent în concentrator:

$$V_{ninf} = \frac{N_{inf}}{\gamma_{ninf}} \cdot \frac{100}{(100 - w_{inf})} \quad (\text{m}^3 / \text{zi}) \quad (9.12)$$

unde:

V_{ninf} – volumul zilnic de nămol influent, (m^3/zi);

N_{inf} – cantitatea de nămol influentă, (kg s.u./zi);

w_{inf} – umiditatea nămolului influent, (%);

γ_{ninf} – greutatea specifică a nămolului influent, (kgf/m^3);

3) Umiditatea nămolului efluent:

$$w_{ef} = w_{inf} - \Delta w_c \quad (\%) \quad (9.13)$$

unde:

w_{ef} – umiditatea nămolului efluent, (%);

w_{inf} – umiditatea nămolului influent, (%);

Δw_c – reducerea de umiditate prin concentrare, (1 – 5%); reducerea de umiditate poate atinge valori de până la 10 % în cazul condiționării chimice a nămolurilor;

4) Volumul nămolului efluent:

$$V_{nef} = \frac{N_{ef}}{\gamma_{nef}} \cdot \frac{100}{(100 - w_{ef})} \quad (\text{m}^3/\text{zi}) \quad (9.14)$$

unde:

V_{nef} – volumul zilnic de nămol efluent, (m^3/zi);

N_{ef} – cantitatea zilnică de nămol efluent, (kg s.u./zi);

γ_{nef} – greutatea specifică a nămolului efluent, (kgf/m^3);

w_{ef} – umiditatea nămolului efluent, (%);

5) Volumul de supernatant:

$$V_s = V_{ninf} - V_{nef} \quad (\text{m}^3/\text{zi}) \quad (9.15)$$

unde: V_{ninf} , V_{nef} – definite anterior;

Notă: Nămolul influent la concentrare poate fi: nămol primar, nămol în exces, nămol primar în amestec cu cel în exces, nămol biologic, nămol primar în amestec cu cel biologic.

9.4.7.3 Fermentarea anaerobă a nămolului într-o singură treaptă

Fermentarea anaerobă (fermentarea) a nămolului într-o singură treaptă realizează reducerea (stabilizarea) substanței organice din nămol în absența oxigenului molecular (condiții anaerobe); de regulă aceasta se utilizează la stabilizarea nămolurilor concentrate ținându-se seama de faptul că în urma concentrării rezultă volume mult mai reduse, deci un necesar de capacitate de stabilizare mai redus.

În urma procesului de fermentare, o parte din substanța organică este transformată în substanță minerală, biogaz și apă. Procentul de substanță organică transformată constituie limita tehnică de fermentare (l_f) a procesului considerată la calculul cantității zilnice de nămol efluent (fermentat), exprimată în substanță uscată. Cum fermentarea anaerobă are loc fără evacuare de supernatant, în urma procesului rezultă o creștere a umidității (Δw_f).

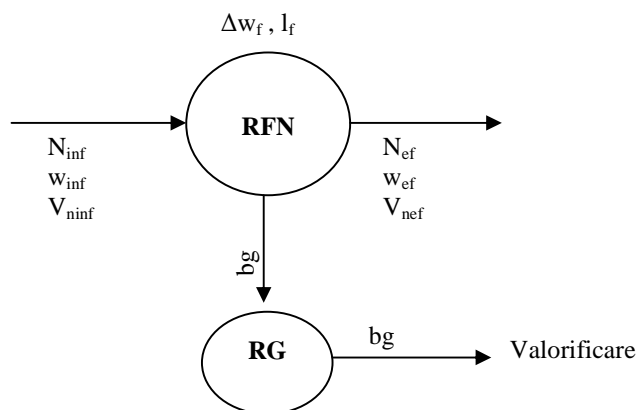


Figura 9.10. Schema unui rezervor de fermentare nămol (RFN) cu rezervor de gaz (RG).

Cantități nămol:

N_{inf} – cantitatea de nămol influentă
 N_{ef} – cantitatea de nămol efluent
 V_{ninf} – volumul de nămol influent
 V_{nef} – volumul de nămol efluent

Caracteristici nămol:

w_{inf} – umiditatea nămolului influent
 w_{ef} – umiditatea nămolului efluent
 Δw_f – creșterea umidității prin fermentare
 l_f – limita tehnică de fermentare
 bg – biogaz

1) Cantitatea de nămol influentă:

$$N_{inf} = N_m + N_o \quad (\text{kg s. u./zi}) \quad (9.16)$$

unde:

$N_m = (1 - \varepsilon) \cdot N_{inf}$ (kg s. u./zi) – cantitatea zilnică de substanță minerală;

$N_o = \varepsilon \cdot N_{inf}$ (kg s. u./zi) – cantitatea zilnică de substanță organică;

ε – procentul de substanță organică (volatilă) din nămolul influent (60 – 75 %);

2) Volumul de nămol influent:

$$V_{ninf} = \frac{N_{inf}}{\gamma_{ninf}} \cdot \frac{100}{(100 - w_{inf})} \quad (\text{m}^3 / \text{zi}) \quad (9.17)$$

unde:

V_{ninf} – volumul zilnic de nămol influent, (m^3/zi);

N_{inf} – cantitatea de nămol influentă, (kg s.u./zi);

w_{inf} – umiditatea nămolului influent, (%);

γ_{ninf} – greutatea specifică a nămolului influent, (kgf/m^3);

3) Cantitatea de nămol efluent:

$$N_{ef} = N_m + (1 - l_f) \cdot N_o \quad (\text{kg s. u./zi}) \quad (9.18)$$

unde:

N_{ef} – cantitatea de nămol efluentă, (kg s.u./zi);

N_m, N_o – definiți anterior;

l_f – limita tehnică de fermentare, (40 – 55 %);

4) Umiditatea nămolului efluent

$$w_{ef} = w_{inf} + \Delta w_f \quad (\%) \quad (9.19)$$

unde:

w_{ef} – umiditatea nămolului efluent, (%);

w_{inf} – umiditatea nămolului influent, (%);

Δw_f – creșterea de umiditate prin fermentare, (1 – 2%);

5) Volumul de nămol efluent:

$$V_{nef} = \frac{N_{ef}}{\gamma_{nef}} \cdot \frac{100}{(100 - w_{ef})} \quad (\text{m}^3 / \text{zi}) \quad (9.20)$$

unde:

V_{nef} – volumul zilnic de nămol efluent, (m^3/zi);

N_{ef} – cantitatea zilnică de nămol efluent, (kg s.u./zi);

γ_{nef} – greutatea specifică a nămolului efluent, (kgf/m^3);

w_{ef} – umiditatea nămolului efluent, (%);

Notă: Nămolul influent la fermentarea anaerobă poate fi: nămol primar, nămol primar concentrat, nămol în exces concentrat, nămol primar în amestec cu nămol în exces concentrat, nămol biologic concentrat, nămol primar în amestec cu nămol biologic concentrat.

9.4.7.4 Fermentarea anaerobă a nămolului în două trepte

Fermentarea anaerobă în două trepte realizează reducerea substanței organice în prima treaptă, fără eliminare de supernatant și cu producție de biogaz și o concentrare a nămolului în treapta a doua. Mecanismul reducerii substanței organice din treapta I de fermentare este identic cu cel prezentat la § 9.4.7.3; în treapta a II-a, fără amestec și recirculare internă a nămolului, are loc o concentrare gravitațională a nămolului fermentat în prima treaptă cu eliminare de supernatant și producere de biogaz.

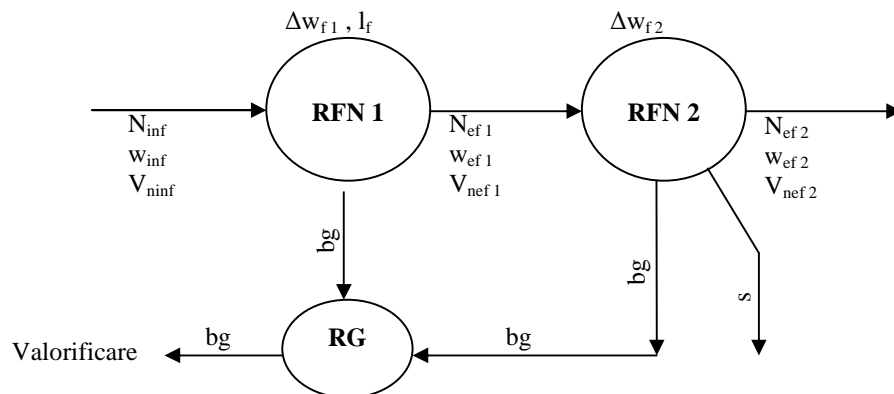


Figura 9.11. Schema unui rezervor de fermentare nămol (RFN) în 2 trepte cu rezervor de gaz (RG).

Cantități nămol:

N_{inf} – cantitatea de nămol influentă
 N_{ef1} , N_{ef2} – cantitatea de nămol efluentă din treapta 1/2
 V_{ninf} – volumul de nămol influent
 V_{nef1} , V_{nef2} – volumul de nămol efluent din treapta 1/2

Caracteristici nămol:

w_{inf} – umiditatea nămolului influent
 w_{ef1} , w_{ef2} – umiditatea nămolului efluent din treapta 1/2
 Δw_{f1} , Δw_{f2} – creșterea/reducerea umidității prin fermentare
 l_f – limita tehnică de fermentare
 bg – biogaz
 s – supernatant

1) Cantitatea de nămol influentă:

$$N_{inf} = N_m + N_o \quad (\text{kg s. u/zi}) \quad (9.21)$$

unde:

$N_m = (1 - \varepsilon) \cdot N_{inf}$ (kg s. u/zi) – cantitatea zilnică de substanță minerală;

$N_o = \varepsilon \cdot N_{inf}$ (kg s. u/zi) – cantitatea zilnică de substanță organică;

ε – procentul de substanță organică (volatilă) din nămolul influent (60 – 75 %);

2) Volumul de nămol influent:

$$V_{ninf} = \frac{N_{inf}}{\gamma_{ninf}} \cdot \frac{100}{(100 - w_{inf})} \quad (\text{m}^3 / \text{zi}) \quad (9.22)$$

unde:

V_{ninf} – volumul zilnic de nămol influent, (m^3/zi);

N_{inf} – cantitatea de nămol influentă, (kg s.u./zi);

w_{inf} – umiditatea nămolului influent, (%);

γ_{ninf} – greutatea specifică a nămolului influent, (kgf/ m^3);

3) Cantitatea de nămol efluentă din prima treaptă de fermentare:

$$N_{ef1} = N_m + (1 - l_f) \cdot N_o \quad (\text{kg s. u./zi}) \quad (9.23)$$

unde:

N_{ef1} – cantitatea de nămol efluentă din prima treaptă de fermentare, (kg s.u./zi);

N_m, N_o – definiți anterior;

l_f – limita tehnică de fermentare, (40 – 55 %);

4) Umiditatea nămolului efluent din prima treaptă de fermentare:

$$w_{ef1} = w_{inf} + \Delta w_{f1} \quad (\%) \quad (9.24)$$

unde:

w_{ef1} – umiditatea nămolului efluent din prima treaptă de fermentare, (%);

w_{inf} – umiditatea nămolului influent, (%);

Δw_{f1} – creșterea de umiditate prin fermentare în treapta 1, (1 – 2%);

5) Volumul de nămol efluent:

$$V_{nef1} = \frac{N_{ef1}}{\gamma_{nef1}} \cdot \frac{100}{(100 - w_{ef1})} \quad (m^3/zi) \quad (9.25)$$

unde:

V_{nef1} – volumul zilnic de nămol efluent din prima treaptă de fermentare, (m^3/zi);

N_{ef1} – cantitatea zilnică de nămol efluent din treapta I de fermentare, (kg s.u./zi);

γ_{nef1} – greutatea specifică a nămolului efluent din treapta 1 de fermentare, (kgf/ m^3);

w_{ef1} – umiditatea nămolului efluent din treapta 1 de fermentare, (%);

6) Cantitatea de nămol influentă în treapta secundară de fermentare:

$$N_{ef2} \cong N_{ef1} \quad (\text{kg s. u./zi}) \quad (9.26)$$

unde:

N_{ef1} – cantitatea de nămol efluentă din prima treaptă de fermentare, (kg s.u./zi);

N_{ef2} – cantitatea de nămol efluentă din treapta a doua de fermentare, (kg s.u./zi);

7) Umiditatea nămolului efluent din treapta a doua de fermentare:

$$w_{ef2} = w_{ef1} - \Delta w_{f2} \quad (\%) \quad (9.27)$$

unde:

w_{ef1} – umiditatea nămolului efluent din treapta 1 de fermentare, (%);

w_{ef2} – umiditatea nămolului efluent din a doua treaptă de fermentare, (%);

Δw_{f2} – reducerea umidității din treapta secundară de fermentare, (1 – 2%);

8) Volumul nămolului efluent din treapta a doua de fermentare

$$V_{nef2} = \frac{N_{ef2}}{\gamma_{nef2}} \cdot \frac{100}{(100 - w_{ef2})} \quad (\text{m}^3/\text{zi}) \quad (9.28)$$

unde:

V_{nef2} – volumul zilnic de nămol efluent din treapta II de fermentare, (m^3/zi);

N_{ef2} – cantitatea zilnică de nămol efluent din treapta II de fermentare, (kg s.u./zi);

γ_{nef2} – greutatea specifică a nămolului efluent din treapta II de fermentare, (kgf/m^3);

w_{ef2} – umiditatea nămolului efluent din treapta secundară de fermentare, (%);

9) Volumul de supernatant:

$$V_s = V_{nef1} - V_{nef2} \quad (\text{m}^3/\text{zi}) \quad (9.29)$$

unde: V_{nef1} , V_{nef2} – definite anterior;

Notă: Nămolul influent la fermentarea anaerobă poate fi: nămol primar, nămol primar concentrat, nămol în exces concentrat, nămol primar în amestec cu nămol în exces concentrat, nămol biologic concentrat, nămol primar în amestec cu cel biologic concentrat.

9.4.7.5 Stabilizatorul de nămol

Stabilizarea aerobă a nămolului realizează stabilizarea substanței organice volatile prin procese biologice similare procesului de epurare biologică a apelor uzate cu nămol activat. Nămolul introdus în stabilizatorul de nămol este aerat în vederea accelerării proceselor metabolice ale bacteriilor aerobe; în vederea reducerii substanței organice. În aceste condiții, substanța organică (ϵ) este mineralizată într-un anumit procent, numit limită tehnică de stabilizare (l_s). Procesul are loc cu o reducere a umidității, astfel încât volumele de nămol efluente vor fi mai reduse.

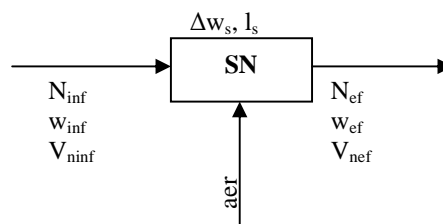


Figura 9.12. Schema unui stabilizator de nămol (SN).

Cantități nămol:

N_{inf} – cantitatea de nămol influentă
 N_{ef} – cantitatea de nămol efluent
 V_{ninf} – volumul de nămol influent
 V_{nef} – volumul de nămol efluent

Caracteristici nămol:

w_{inf} – umiditatea nămolului influent
 w_{ef} – umiditatea nămolului efluent
 Δw_s – reducerea de umiditate prin stabilizare
 l_s – limita tehnică de stabilizare

1) Cantitatea de nămol influentă:

$$N_{inf} = N_m + N_o \quad (\text{kg s. u./zi}) \quad (9.30)$$

unde:

$N_m = (1 - \epsilon) \cdot N_{inf}$ (kg s. u./zi) – cantitatea zilnică de substanță minerală;

$N_o = \epsilon \cdot N_{inf}$ (kg s. u./zi) – cantitatea zilnică de substanță organică;

ϵ – procentul de substanță organică (volatilă) din nămolul influent (60 – 75 %);

2) Volumul de nămol influent:

$$V_{ninf} = \frac{N_{inf}}{\gamma_{ninf}} \cdot \frac{100}{(100 - w_{inf})} \quad (\text{m}^3 / \text{zi}) \quad (9.31)$$

unde:

V_{ninf} – volumul zilnic de nămol influent, (m^3/zi);

N_{inf} – cantitatea de nămol influentă, (kg s.u./zi);

w_{inf} – umiditatea nămolului influent, (%);

Y_{ninf} – greutatea specifică a nămolului influent, (kgf/ m³);

3) Cantitatea de nămol efluent:

$$N_{ef} = N_m + (1 - l_s) \cdot N_o \quad (\text{kg s. u./zi}) \quad (9.32)$$

unde:

N_{ef} – cantitatea de nămol efluentă, (kg s.u./zi);

N_m, N_o – definiți anterior;

l_s – limita tehnică de stabilizare, (35 – 50%);

4) Umiditatea nămolului efluent

$$w_{ef} = w_{inf} - \Delta w_s \quad (\%) \quad (9.33)$$

unde:

w_{ef} – umiditatea nămolului efluent, (%);

w_{inf} – umiditatea nămolului influent, (%);

Δw_s – reducerea umidității prin stabilizare aerobă, (1 – 2%);

5) Volumul de nămol efluent:

$$V_{nef} = \frac{N_{ef}}{\gamma_{nef}} \cdot \frac{100}{(100 - w_{ef})} \quad (\text{m}^3/\text{zi}) \quad (9.34)$$

unde:

V_{nef} – volumul zilnic de nămol efluent, (m³/zi);

N_{ef} – cantitatea zilnică de nămol efluent, (kg s.u./zi);

Y_{nef} – greutatea specifică a nămolului efluent, (kgf/m³);

w_{ef} – umiditatea nămolului efluent, (%);

Notă: Nămolul influent la stabilizarea aerobă poate fi: nămol primar, nămol primar concentrat, nămol în exces concentrat, nămol primar în amestec cu nămol în exces concentrat, nămol biologic concentrat, nămol primar în amestec cu cel biologic concentrat.

9.4.7.6 Deshidratarea nămolului

Deshidratarea este procesul prin care nămolului i se reduce umiditatea prin procedee fizice de separare a fracțiunii solide de cea lichidă (supernatant); în aceste condiții, cantitatea de substanță uscată influentă va fi egală cu cea efluentă, reducerea de volum rezultă din separarea și eliminarea unei cantități importante de supernatant.

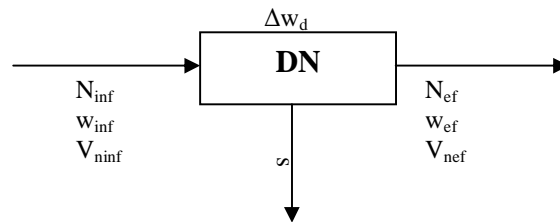


Figura 9.13. Schema deshidratare nămol (DN).

Cantități nămol:

N_{inf} – cantitatea de nămol influentă

N_{ef} – cantitatea de nămol efluent

V_{nef} – volumul de nămol efluent

Caracteristici nămol:

w_{inf} – umiditatea nămolului influent

w_{ef} – umiditatea nămolului efluent

Δw_d – reducerea de umiditate prin deshidratare

1) Cantitatea de nămol influentă:

$$N_{inf} \cong N_{ef} \quad (\text{kg s. u./zi}) \quad (9.35)$$

unde:

N_{inf} – cantitatea zilnică de nămol influent, (kg s.u./zi);

N_{ef} – cantitatea zilnică de nămol efluent, (kg s.u./zi);

2) Volumul de nămol influent:

$$V_{ninf} = \frac{N_{inf}}{\gamma_{ninf}} \cdot \frac{100}{(100 - w_{inf})} \quad (\text{m}^3 / \text{zi}) \quad (9.36)$$

unde:

V_{ninf} – volumul zilnic de nămol influent, (m^3/zi);

N_{inf} – cantitatea de nămol influentă, (kg s.u./zi);

w_{inf} – umiditatea nămolului influent, (%);

γ_{ninf} – greutatea specifică a nămolului influent, (kgf/m^3);

3) Umiditatea nămolului efluent

$$w_{ef} = w_{inf} - \Delta w_d \quad (\%) \quad (9.37)$$

unde:

w_{ef} – umiditatea nămolului efluent, (%);

w_{inf} – umiditatea nămolului influent, (%);

Δw_d – reducerea de umiditate prin deshidratare, (%);

4) Volumul de nămol efluent:

$$V_{nef} = \frac{N_{ef}}{\gamma_{nef}} \cdot \frac{100}{(100 - w_{ef})} \quad (\text{m}^3/\text{zi}) \quad (9.38)$$

unde:

V_{nef} – volumul zilnic de nămol efluent, (m^3/zi);

N_{ef} – cantitatea zilnică de nămol efluent, (kg s.u./zi);

γ_{nef} – greutatea specifică a nămolului efluent, (kgf/m^3);

w_{ef} – umiditatea nămolului efluent, (%);

5) Volumul de supernatant:

$$V_s = V_{ninf} - V_{nef} \quad (\text{m}^3/\text{zi}) \quad (9.39)$$

Notă: Nămolul influent la deshidratare poate fi: nămol fermentat anaerob, nămol stabilizat aerob fie în treapta biologică fie în stabilizatorul de nămol; orice alt tip de nămol stabilizat din punct de vedere biologic.

9.5 Prelucrarea preliminară a nămolurilor

9.5.1 Sitarea nămolurilor

Sitarea unui nămol este procesul prin care se rețin din acesta particule de dimensiuni mai mari și de diverse compoziții (plastic, lemn, metal, materiale textile, cauciuc, hârtie, particule discrete) care pot afecta procesele de prelucrare ulterioară.

În funcționarea proceselor de prelucrare a nămolurilor datorate conținutului acestora pot apare:

- blocarea și uzura rotoarelor pompelor care vehiculează nămol;
- blocarea șneului centrifugelor, în cazul concentrării și/sau deshidratării;
- dificultăți în realizarea amestecului în RFN;
- blocarea sistemului de distribuție a nămolului, a rolor de ghidare a benzii, precum și uzura acestuia în cazul concentrării și/sau deshidratării cu filtre bandă;
- blocarea armăturilor și pieselor speciale montate pe conductele ce transportă nămol.

Se vor prevedea instalații de sitare curățite automat, cu dimensiunea deschiderilor cuprinsă între 3 și 6 mm. Instalații de sitare utilizate: sitele pășitoare, instalații montate pe conductele de transport a nămolului prevăzute cu sistem de presare a reținerilor.

9.5.2 Mărunțirea nămolurilor

Mărunțirea nămolurilor este un proces în care o cantitate mare de material fibros (vâscos) conținut de nămol este tăiat sau împărțit în particule mici astfel încât să se prevină colmatarea sau înfășurarea în jurul echipamentelor în mișcare. Procesele ce trebuie precedate de tocătoare și scopurile mărunțirii sunt prezentate în tabelul 9.7.

Tabel 9.7. Procese precedate de tocătoare.

Nr. crt.	Procesul	Scopul mărunțirii
0	1	2
1	Pompare	Previne colmatarea și uzura
2	Centrifugare	Previne colmatarea. Centrifuga poate reține multe materii solide de mari dimensiuni și poate să nu necesite mărunțirea nămolului.
3	Deshidratare cu presă cu bandă	Previne colmatarea sistemului de distribuție a nămolului, previne înfășurarea cilindrilor, reduce uzura benzilor și asigură o deshidratare mult mai uniformă.

9.5.3 Condiționarea chimică a nămolurilor

9.5.3.1 Reactivi minerali

Reactivii minerali sunt aplicabili la condiționarea nămolurilor pentru că produc flokularea nămolului. Există o varietate mare de electroliți cationici polivalenți care pot fi utilizați dar pe baza raportului cost – eficiență se aleg săruri de aluminiu sau fier: clorura ferică, clorosulfat feric, săruri de aluminiu.

Fe^{3+} este cel mai eficient și cel mai utilizat reactiv pentru stabilizarea chimică a nămolului organic; alegerea variantei de condiționare cu $FeCl_3$ sau cu $FeSO_4Cl$ este strict financiară.

Injectarea soluției de var după condiționarea cu electrolit ($pH > 10$) va îmbunătăți capacitatea de filtrare prin:

- reducerea cantității de supernatant;
- îmbunătățirea filtrării prin precipitarea sărurilor de calciu (organice sau minerale);
- injectarea unei încărcări minerale (mărirea permeabilității turtei de nămol);

Injectarea de săruri de aluminiu și de var este necesară în cazul condiționării nămolului de natură organică; în cazul unui nămol hidrofili injectarea de var este suficientă pentru îmbunătățirea capacității de filtrare.

Cantitatea de reactivi minerali utilizați depinde de natura nămolului ce trebuie condiționat și de gradul de eficiență impus. Tabelul următor prezintă orientativ cantitățile de reactivi.

Tabel 9.8. Cantități de reactivi utilizați la deshidratarea cu filtre – presă.

Nr. crt.	Tip de nămol	$FeCl_3$ (%)*	$Ca(OH)_2$ (%)*
0	1	2	3
1	Nămol primar	2 – 3	10 – 15
2	Amestec de nămol primar + în exces	4 – 6	18 – 25
3	Nămol provenit din bazinele de aerare prelungită	6 – 8	30 – 35
4	Nămol condiționat cu hidroxizi de Al	–	30 – 50
5	Nămol condiționat cu hidroxizi de Fe	–	25 – 40
6	Nămol provenit din epurarea convențională	–	15 – 25

*procent exprimat din materiile totale solide din nămol.

Se recomandă realizarea testelor de laborator pentru determinarea tipului și dozelor optime de reactivi.

Dacă nămolul conține material mineral dens sau fibre, acesta va necesita cantități mici de reactivi. Un procent mare de materie organică în nămol va avea efectul opus. Adăugarea de reactivi va mări cantitatea de materie ce trebuie filtrată deoarece o cantitate mare de reactivi chimici vor rămâne în formă solidă în nămolul deshidratat ca rezultat al precipitării cu săruri metalice. Acest lucru trebuie luat în considerație la dimensionarea unităților de deshidratare:

- 60 – 90 % din masa de FeCl_3 injectată va rămâne în turta de nămol;
- 80 – 90 % din masa de $\text{Ca}(\text{OH})_2$ injectată va apărea în formă solidă;

Stabilirea dozelor de reactivi minerali

Scopul reactivilor minerali este de a atinge un amestec optim nămol/reactiv. Adăugând apă pentru diluție (pentru soluția concentrată de FeCl_3) și utilizarea a 50 – 80 g/l lapte de var va realiza o difuzie mai ușoară a reactivilor în masa de nămol.

Nămolul este flocculat în bazine succesive de amestec (mai întâi sarea metalică și apoi laptele de var). Timpul de reacție este de 5 – 10 minute suficient pentru dezvoltarea flocoanelor. Gradientul hidraulic recomandat este de 1.500 – 3.000 W/m^3 .

O perioadă suplimentară se obține cu o putere disipată de creștere a flocoanelor este benefică procesului dar un amestec prea puternic al nămolului condiționat îi poate micșora capacitatea de filtrare.

Pentru evitarea destabilizării nămolului flocculat (distrugerea flocoanelor) se va evita folosirea pompelor centrifugale; în cazul nămolurilor abrazive se vor utiliza pompe cu piston.

Unitatea de condiționare a nămolurilor poate fi complet automatizată.

9.5.3.2 Polielectroliți sintetici

Stabilirea tipului și cantităților

Reactivii eficienți pentru condiționarea nămolurilor sunt polielectroliții sintetici (cu catenă lungă) ce formează flocoane voluminoase (de ordinul milimetrilor). Polielectroliții:

- realizează floccularea prin formarea de legături între particule datorită structurii de catenă lungă; floccularea este completată de coagulare în cazul polimerilor cationici;
- micșorază semnificativ rezistența specifică a nămolului, supernatantul fiind eliminat rapid; nămolul flocculat va avea un coeficient de compresibilitate mare.

Pentru alegerea tipului de polielectrolit adecvat sunt necesare teste de flocculare, drenaj și presare; acestea constau în:

- evaluarea rezistenței la rupere a floconului (centrifugare);
- evaluarea performanței de drenaj a nămolului flocculat;
- evaluarea compresiunii flocoanelor;
- aprecierea dacă floconul poate ”aluneca” din zona de presare;
- evaluarea adeziunii presării flocoanelor prin filtrele – bandă; luând acestea în considerație, se alege polimerul eficient și din considerente economice.

Polielectroliții cationici sunt eficienți în cazuri particulare, când se tratează nămolul cu un conținut de materie organică ridicat. Pentru unele aplicații (deshidratarea cu filtre presă), polielectrolitul poate fi utilizat combinat cu o sare metalică: sare ferică pentru coagularea preliminară, urmată de polielectrolit pentru a produce mai puține flocoane hidrofile.

Polielectroliții ce au o masă molară medie sunt adecvați pentru utilizare în cazul filtrelor bandă; cei care au o masă molară mare generează flocoane mari, dense recomandați unei deshidratări prin centrifugare.

Tabel 9.9. Consumul mediu de polielectroliți în cazul filtrelor bandă/ centrifugare.

Nr. crt.	Tip de nămol	Polielectrolit cationic (kg s.o /t substanțe solide)	
		Filtru – bandă	Centrifugă
0	1	2	3
1	Nămol primar	2 – 3	4 – 5
2	Nămol primar + nămol în exces	3 – 5	6 – 9
3	Nămol primar + nămol în exces fermentat	4 – 5	6 – 9
4	Nămol provenit de la bazinele de aerare prelungită	4 – 6	7 – 11

Polielectroliții anionici sunt utilizați pentru condiționarea nămolurilor cu un conținut de materii minerale predominant (nămol hidrofob); cantitățile de polimer utilizate în aceste cazuri sunt reduse : 0,3 – 2 kg /t substanțe solide.

Când nămolul organic este amestecat cu cel mineral, ionicitatea polielectrolitului poate varia în funcție de raportul substanță organică/ substanță minerală.

Stabilirea dozelor de polielectroliți

Polielectroliții utilizați în trepta de tratare a nămolurilor sunt furnizați ca pudră sau emulsie stabilă.

Polelectrolitii – pudră sunt preparați la concentrații maxime de 2 – 4 g/l; această soluție trebuie lăsată să se matureze 1 h, apoi poate fi utilizată; soluțiile de polielectrolit preparate din pudră rămân eficiente 2 – 3 zile.

Polielectrolitii – emulsie se prepară în 2 etape:

- agitarea puternică a soluției pentru diluarea concentratului , 6 – 10 ml de emulsie/ l de apă;
- soluția este lăsată să se matureze 20 de minute, fiind ușor agitată.

În general emulsiile conțin materie activă de 40 – 50 % pentru o densitate apropiată de 1.

Soluția adăugată (2 – 5 g polimer/l) este diluată sau nu înainte de a fi injectată în nămol: depinde de vâscozitățile nămolului și soluției de polielectrolit; flocularea are loc aproape instantaneu:

- într-o centrifugă, polielectrolitul este injectat direct în conducta de nămol, fără utilizarea unui floclator fiind generată suficientă energie pentru amestec;
- într-un filtru – bandă polielectrolitul este injectat într-un bazin de amestec amplasat în amonte de zona de drenare a supernatantului; flocularea are loc în mai puțin de 1 minut;
- metodele de injectare devin complexe la filtrele presă;

9.6 Concentrarea nămolurilor

Procesul de concentrare a nămolurilor constă în reducerea umidității acestora în vederea prelucrării ulterioare. Se aplică nămolurilor care rezultă în urma epurării apelor uzate.

Funcție de proprietățile nămolului ce urmează a fi concentrat se pot aplica scheme cu sau fără condiționare chimică sau termică a acestuia.

Cele mai utilizate procedee de concentrare a nămolurilor provenite dintr-o stație de epurare sunt:

- concentrarea gravitațională;
- concentrarea mecanică ce poate fi realizată prin instalații:
 - filtru cu vacuum;
 - filtru presă;
 - filtru bandă;
 - centrifugă;

- instalație de concentrare cu șnec.

9.6.1 Concentrarea gravitațională a nămolurilor

Este procesul de reducere a umidității nămolului prin fenomenul de separare prin decantare a fazelor lichidă și solidă din componența acestuia. Se realizează bazine de sedimentare de unde se evacuează supernatant și nămol concentrat.

Concentratoarele gravitaționale de nămol sunt construcții concepute sub forma unor bazine circulare (fig. 9.14) folosite pentru prelucrarea următoarelor tipuri de nămoluri:

- primar condiționat sau nu cu var;
- biologic de la filtrele percolatoare;
- fermentat anaerob.

Eficiența de reducere a umidității nămolului variază funcție de caracteristicile acestuia și de prezența/absența condiționării chimice. Acest parametru este evidențiat în tabelul 9.10.

Tabel 9.10. Eficiența de reducere a umidității nămolurilor.

Nr. crt.	Tipul de nămol	Umiditatea nămolului influent la concentrare (%)	Umiditatea nămolului concentrat (%)	Reducerea de umiditate la concentrare (%)
0	1	2	3	4
1.Nămol:				
1.1	primar	94 – 98	90 – 95	3
1.2	biologic rezultat de la filtrele percolatoare	96 – 99	94 – 97	2
1.3	biologic rezultat de la filtrele cu discuri	96,5 – 99	95 – 98	1 – 1,5
1.4	în exces de la bazinele de aerare	99,5 – 98,5	97 – 98	1,5
1.5	în exces din procedee de epurare biologică ce utilizează oxigen pur	99,5 – 98,5	97 – 98	1,5
1.6	în exces din procedeele de epurare biologică cu aerare prelungită	99,8 – 99	97 – 98	1,8 – 2
1.7	primar fermentat, provenit din treapta primară de fermentare	92	88	4
2.Amestec de nămoluri:				
2.1	primar + biologic rezultat de la filtrele percolatoare	94 – 98	91 – 95	3
2.2	primar + biologic rezultat de la filtrele biologice cu discuri	94 – 98	92 – 95	2 – 3
2.3	primar + în exces de la BNA	98,5 – 99,5 96 – 97,5	94 – 96 93 – 96	3,5 – 4,5 1,5 – 3
2.4	Amestec fermentat	96	92	4
3.Nămol condiționat chimic:				
3.1	primar cu săruri de Fe	98	96	2

3.2	primar + var (doze mici)	95	93	2
3.3	primar + var (doze mari)	92,5	88	4,5
Nr. crt.	Tipul de nămol	Umiditatea nămolului influent la concentrare (%)	Umiditatea nămolului concentrat (%)	Reducerea de umiditate la concentrare (%)
0	1	2	3	4
3.4	primar + în exces cu săruri de Fe	98,5	97	1,5
3.5	primar + în exces cu săruri de Al	99,6 – 99,8	93,5 – 95,5	4,3 – 6,1
3.6	primar cu săruri de Fe + biologic de la filtrele percolatoare	99,4 – 99,6	91,5 – 93,5	6,1 – 7,9
3.7	primar cu săruri de Fe+ în exces	98,2	96,4	1,8
3.8	Amestec fermentat de nămol primar + nămol în exces condiționat cu Fe	96	94	2
4.Nămol rezultat din epurarea terțiară:				
4.1	cu var în doze mari	95,5 – 97	85 – 88	9 – 10,5
4.2	cu var în doze mici	95,5 – 97	88 – 90	7 – 7,5
4.3	cu săruri de Fe	98,5 – 99,5	96 – 97	2,5

La proiectarea concentratoarelor de nămol se va ține seama de criteriile:

- numărul minim de unități $n = 2$;
- încărcarea cu substanță uscată nu va depăși limita maxim admisă.

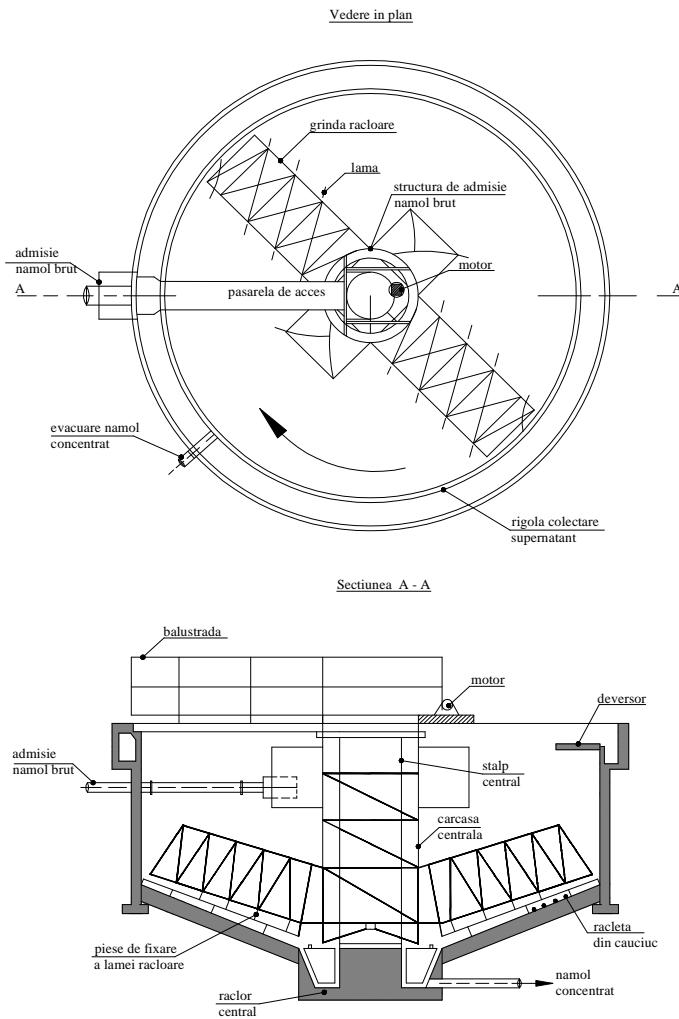


Figura 9.14. Concentrator gravitațional de nămol.

9.6.1.1 Parametrii de proiectare ai concentratoarelor gravitaționale de nămol

- 1) Debitul de calcul al concentratorului gravitațional de nămol:

$$Q_c = V_{ninf} \quad (\text{m}^3/\text{zi}) \quad (9.40)$$

unde: V_{ninf} – definit de relația (9.12);

- 2) Încărcarea superficială cu substanță uscată:

$$I_{SU} = \frac{N_{inf}}{A_{CN}} \quad (\text{kg s. u.}/\text{m}^2, \text{ zi}) \quad (9.41)$$

unde:

N_{inf} – cantitatea de nămol influentă în concentrator, (kg s.u/zi);

A_o^{CN} – aria orizontală utilă a concentratorului gravitațional, (m^2);

Valorile recomandate la dimensionare pentru acest parametru, depind de tipul nămolului și sunt indicate în tabelul 9.11.

Tabel 9.11. Valori recomandate pentru I_{SU} .

Nr. crt.	Tipul de nămol	Încărcarea superficială cu substanță uscată (kg s.u./ m^2 ,zi)
0	1	2
1.Nămol:		
1.1	primar	100 – 150
1.2	biologic rezultat de la filtrele percolatoare	40 – 50
1.3	biologic rezultat de la filtrele cu discuri	35 – 50
1.4	în exces de la bazinele de aerare și DS	20 – 40
1.5	în exces din procedee de epurare biologică cu aerare prelungită	25 – 40
1.6	primar fermentat	120
2.Amestec de nămoluri		
2.1	primar + biologic rezultat de la filtrele percolatoare	60 – 100
2.2	primar + biologic rezultat de la filtrele biologice cu discuri	50 – 90
2.3	primar + în exces de la BNA	25 – 70 40 – 80
2.4	Amestec fermentat	70
3.Nămol condiționat chimic		
3.1	primar cu săruri de Fe	30
3.2	primar + var (doze mici)	100
3.3	primar + var (doze mari)	120
3.4	primar + în exces cu săruri de Fe	30
3.5	primar + în exces cu săruri de Al	60 – 80
3.6	primar cu săruri de Fe + biologic de la filtrele percolatoare	70 – 100
3.7	primar cu săruri de Fe+ în exces	30
3.7	amestec fermentat de nămol primar + nămol în exces condiționat cu săruri de Fe	70
Nr. crt.	Tipul de nămol	Încărcarea superficială cu substanță uscată (kg s.u./ m^2 ,zi)
0	1	2
4.Nămol rezultat din epurarea terțiară		
4.1	cu var în doze mari	120 – 300
4.2	cu var în doze mici	50 – 150
4.3	cu săruri de Fe	8 – 50

3) Încărcarea hidraulică superficială cu nămol:

$$I_h = \frac{V_{ninf}}{A_o^{CN}} (m^3 \text{ nămol}/m^2, zi) \quad (9.42)$$

unde:

V_{ninf} – definit de relația (9.12);

A_o^{CN} – aria orizontală utilă a concentratorului gravitațional, (m^2);

Tabel 9.12. Valori maxim recomandate pentru I_h .

Nr. crt.	Tipul nămolului	Încărcarea hidraulică cu nămol (m^3 nămol/ m^2 ,zi)
0	1	2
1	Nămol primar	15,5 – 31
2	Nămol în exces	4 – 8
3	Amestec de nămol primar cu nămol în exces	6 – 12

Valori mai mari ale acestui parametru pot conduce la evacuarea unui supernatant cu conținut ridicat de materii solide; valorile mici conduc la realizarea condițiilor septice, mirosuri neplăcute, precum și apariția nămolului plutitor.

- 4) Timpul de concentrare al nămolului (t_c) este definit ca durata de staționare a nămolului în concentratorul gravitațional și este parametrul care permite determinarea volumului necesar al acestuia:

$$t_c = \frac{V_{CN}}{V_{ninf}} (h) \quad (9.43)$$

unde:

V_{CN} – volumul concentratorului de nămol, (m^3);

V_{ninf} – definit de relația (9.12);

Din relația (9.43) se poate determina volumul necesar al concentratorului, pentru valori :
 $t_c = 8 \dots 24$ h.

9.6.2 Concentrarea nămolurilor prin procedeul de flotație cu aer dizolvat

Flotația cu aer dizolvat separă faza solidă de cea lichidă prin mișcarea ascensională a microbulelor de aer introduse în nămolul influent sau în supernatantul recirculat într-un recipient de presurizare. În schemele din figurile 9.15 și 9.16 se prezintă elementele componente pentru cazul presurizării integrale a debitului de nămol sau presurizarea parțială a supernatantului.

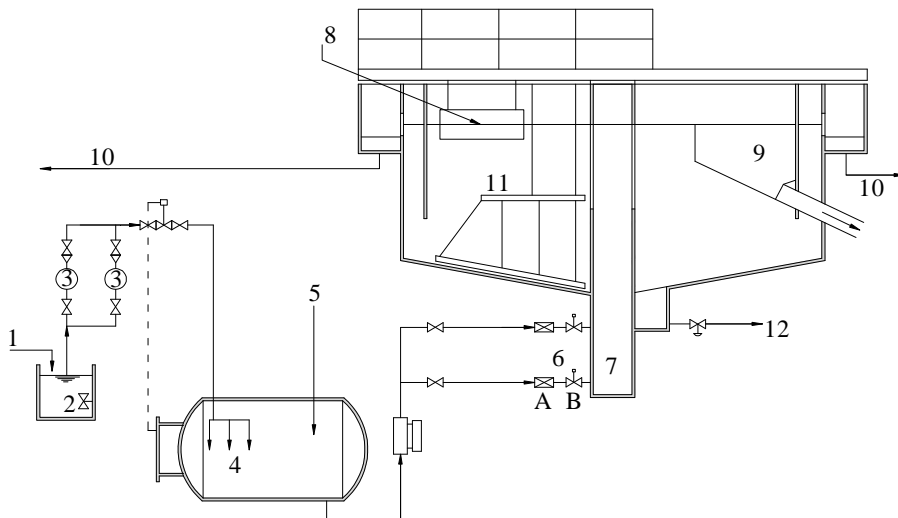


Figura 9.15. Schema procedeu flotație cu presurizare totală.

- | | |
|-----------------------------------------------------------|------------------------------|
| 1-Nămol influent | 7-Cameră de expansiune |
| 2-Bazin amestec, compensare | 8-Colector de suprafață |
| 3-Stație de pompare | 9-Canal colector nămol |
| 4-Recipient saturare (4-5 bar) | 10-Supernatant |
| 5-Alimentare aer comprimat | 11-Raclor |
| 6-Sistem dublu de reducere presiune | 12-evacuare nămol sedimentat |
| A,B-sistem de reducere presiune și creare bule 50 - 100μm | |

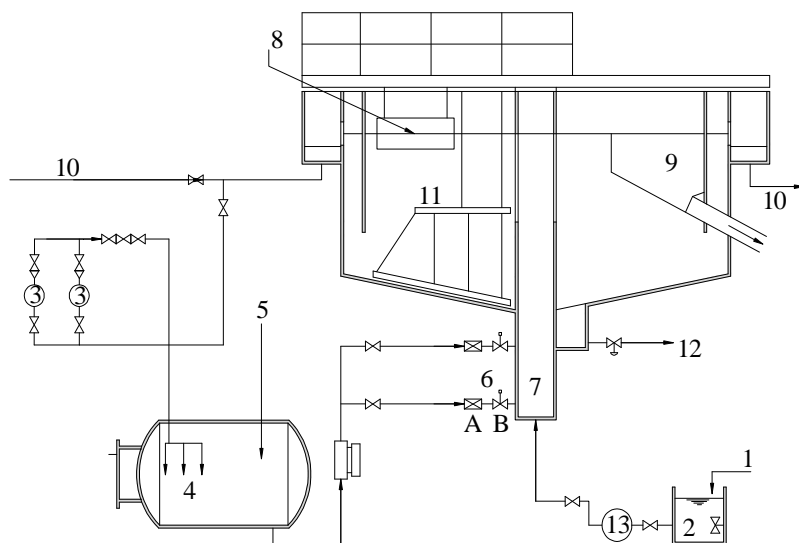


Figura 9.16. Schema flotație cu presurizare supernatant.

- | | |
|-----------------------------------------------------------------|----------------------------------|
| 1-Nămol influent | 7-Cameră de expansiune |
| 2-Bazin amestec, compensare | 8-Colector de suprafață |
| 3-Stație de pompare | 9-Canal colector nămol |
| 4-Recipient saturare (4-5 bar) | 10-Supernatant |
| 5-Alimentare aer comprimat | 11-Raclor |
| 6-Sistem dublu de reducere presiune | 12-evacuare nămol sedimentat |
| A,B-sistem de reducere presiune și creare bule 50 - 100 μ m | 13-stație pompare nămol influent |

9.6.2.1 Proiectarea sistemelor de flotație cu aer dizolvat

Parametrii de proiectare depind de:

- procesul din care provine nămolul: nămol în exces din treapta biologică, nămol din bazine cu nămol activ cu aerare prelungită, nămol mixat (în exces cu nămol primar);
- utilizarea reactivilor chimici: coagulanți și polimeri.

Se prevăd următoarele:

a) FAD cu presurizare totală:

- fără reactivi chimici;
- nămol din BNA cu aerare prelungită;

Încărcări: 4 – 6 kg SS/m², h.

Eficiența:

IVN < 150

w = 94,5 – 95,5 %

IVN = 150 – 250

w = 95,5 – 96 %

IVN > 250

w = 96 – 96,5 %

Pentru nămol biologic (inclusiv nămol din decantoare primare):

Încărcări: 3,5 – 4,5 kg SS/m², h.

Eficiența:

IVN < 100

w = 95,5 – 96 %

IVN = 100 – 200

w = 96 – 96,5 %

IVN = 200 – 300

w = 96,5 – 97 %

IVN > 300

w < 97 %

Încărcarea hidraulică: $i_H \leq 2 \text{ m}^3/\text{h}, \text{ m}^2$.

Cantitățile de aer utilizate: 1 – 2 % din suspensii solide.

Energia specifică consumată 60 – 120 kWh/ t SS.

b) FAD cu presurizare parțială a supernatantului

Se aplică pentru nămoluri diluate, ușor filtrabile.

În practică se utilizează polimer 2 – 4 kg/t SS.

Procentele de recirculare: 20 – 30 %.

Avantajele sunt date de obținerea unui supernatant puțin încărcat (80 – 100 mg/l).

Eficiența concentrării prin FAD: 96 – 97 % umiditate.

Adoptarea soluției concentrării nămolului prin FAD va fi luată în considerație:

- pentru instalații destinate localităților cu N > 100 000 LE;
- pe baza studiilor pe instalații pilot “in situ” care să proceseze nămolurile produse real în stația de epurare nominalizată;

În lipsa studiilor pe stații pilot soluția FAD se va adopta pe baza unei tehnologii de firmă cu experiență în domeniu.

9.6.3 Centrifugarea nămolurilor

Centrifugarea este un procedeu care se utilizează la îngroșarea și la deshidratarea nămolurilor provenite din epurarea fizico – chimică și biologică a apelor uzate.

Centrifugarea este procedeul prin care se accelerează separarea solid – lichid prin aplicarea forțelor centrifuge.

Utilajele de centrifugare se pot grupa în trei categorii, după cum urmează:

- centrifuge cu rotor unic, care produc o bună deshidratare și supernatant limpede, dar nu sunt adecvate pentru materii solide fine;
- centrifuge cu rotor cilindric, care produc supernatant limpede;
- centrifuge cu rotor cilindro – conic, care produc și turte bine deshidratate și supernatant limpede;

După destinația lor, centrifugele se clasifică în:

- a) filtrante – cu tambur perforat, folosite la epurarea materiilor în suspensie;
- b) centrifuge decantoare – cu tambur neperforat, folosite la separarea materiilor în suspensie care se filtrează greu;
- c) centrifuge de separare – cu tambur neperforat, folosite pentru emulsii.

Din punct de vedere al procesului tehnologic, centrifugele pot fi cu funcționare continuă sau periodică.

Formula de calcul a centrifugei arată că viteza de clarificare a fracțiunii lichide variază cu suprafața lichidului și nivelul forței centrifugale:

$$\Sigma = \frac{\pi b \omega^2}{2g} (3r_2^2 + r_1^2) \quad (9.44)$$

unde:

Σ – factorul de capacitate al centrifugei Sigma, în m^2 (suprafața teoretică a bazinului de sedimentare gravitațional echivalent cu caracteristicile de sedimentare ale centrifugelor);

b – lungimea tamburului cilindric, (m);

ω – viteza de rotație, (rot/min/secundă);

r_2 – raza peretelui interior al tamburului, (m);

r_1 – raza suprafeței lichidului reținut, (m);

g – constanta gravitațională, (m/s^2);

Utilajele de centrifugare utilizate, lucrează în intervalul de 1.000 – 6.000 ori forța gravitațională.

Performanțele centrifugelor depind de utilaje și de variabilele de proces, dintre care se menționează: debitul influent, natura solidelor, concentrația în solide a influentului, adjuvanți de coagulare și temperatura.

Cele mai utilizate în domeniul deshidratării nămolurilor sunt centrifugele care au o cuvă cilindro – conică cu un transportor intern cu șnec. Nămolul intră în centrifugă prin cuva cilindrică printr-un transportor. Forța centrifugă compactează nămolul către pereții cuvei, iar transportorul intern, care se rotește mai încet decât cuva, conduce nămolul compact de-a lungul cuvei, către secțiunea conică fiind apoi evacuat.

În cazul nămolurilor cu particule fine este necesară tratarea cu polimer pentru o recuperare bună a solidelor. Centrifugele moderne sunt caracterizate prin forțe centrifugale mai mari decât $3.000 \times g$; raportul între lungimea și diametrul centrifugei este de 2,5 – 3,5.

Constructiv, centrifuga este alcătuită dintr-un cilindru lung, pozițional orizontal, în interiorul căruia se află montat concentric, un șnec care se rotește cu o viteză diferită de cea a cilindrului. Alimentarea cu nămol a instalației se realizează în mod continuu prin interiorul șnecului care are prevăzute orificii ce comunică cu zona interioară a cilindrului (figura 9.17). Datorită forțelor centrifuge generate de rotirea șnecului se produce o separare accelerată a celor două faze – solidă și lichidă – partea solidă fiind proiectată spre exterior iar supernatantul acumulându-se în centru.

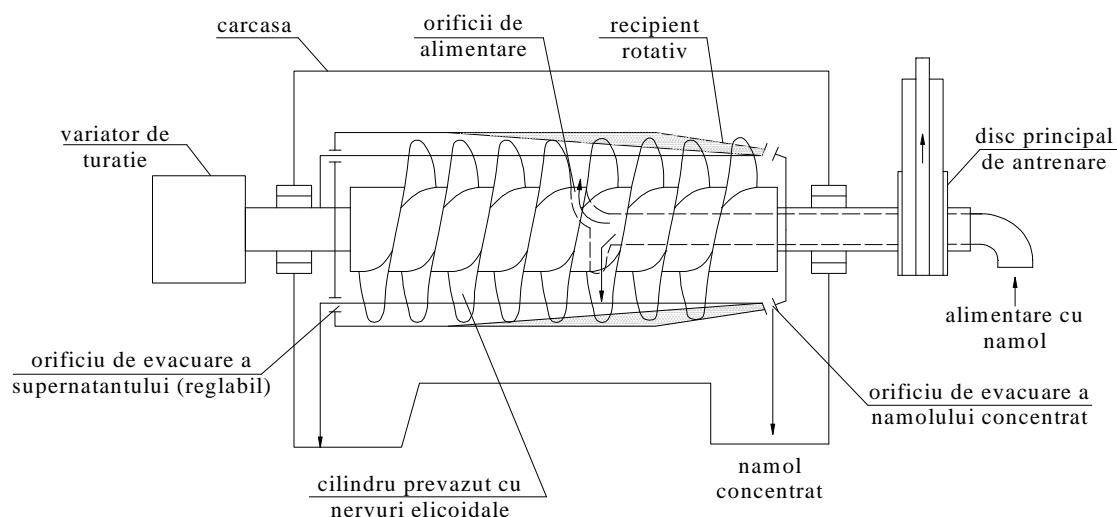


Figura 9.17. Centrifugă utilizată pentru concentrarea nămolurilor.

9.6.3.1 Date de bază pentru proiectare

Elementul fundamental este factorul capacității: Σ (Sigma)

$$\Sigma = \frac{2k\pi\omega^2 L_c}{g} \left(\frac{3}{4}R^2 + \frac{1}{4}r^2 \right) \quad (9.45)$$

unde:

Σ – factorul capacității, (m^2);

R – raza bazinului, (m);

r – raza inelului, (m);

ω – viteza de rotație, (rot/min/secundă);

k – factor de extrapolare;

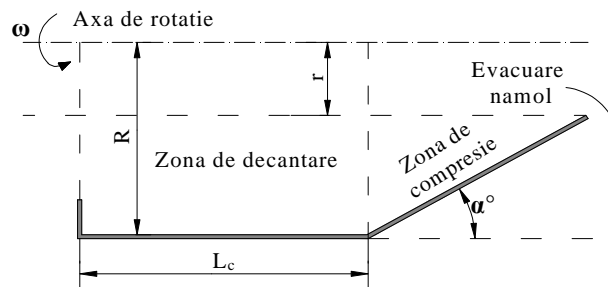


Figura 9.18. Determinarea factorului capacității “ Σ ”.

Cantitatea de solide îndepărtate prin centrifugare \equiv “recuperarea de solide”.

$$RS = \frac{S_s(S_i - S_c)}{S_i(S_s - S_c)} \quad (9.46)$$

unde:

RS – recuperarea solidelor (%);

S_s – solide în nămolul evacuat (% în greutate);

S_i – solide în influent (% în greutate);

S_c – solide în supernatant (% în greutate).

Alegerea tipului de centrifugă se realizează pe baza tipului de nămol referitor la proveniență și cerințele deshidratării.

Se vor lua în considerație parametrii:

- viteza cuvei determinată de forța G; recomandabil 1500 – 3000 x g; se va lua în considerație alegerea unei viteze optime stabilite pe baza corelației între umiditatea turtei (%) și recuperarea solidelor (%);
- stabilirea tipului și dozelor de polimer optim pentru caracteristicile nămolului;
- valoarea optimă a adâncimii bazinului; un bazin mai adânc produce o turtă mai umedă; adâncimea optimă a bazinului este adâncimea minimă la care stratul de lichid în mișcare nu interferă cu stratul solid care este împins de către șnec către punctul de evacuare; dacă adâncimea bazinului este prea mică solidele care au sedimentat pot reintra în stare de suspensie;
- viteza optimă a transportorului (adică viteza diferențială între cuvă și șnecul transportorului) este cea mai mică viteză diferențială la care solidele decantate sunt îndepărtate din cuvă la fel de repede după cum au fost acumulate; o viteză mică a transportorului menține solidele sub influența forței centrifugale pentru o perioadă mai lungă și provoacă un minim efect de “amestec” al stratului de lichid în mișcare.

Performanțele centrifugării nămolurilor din stația de epurare sunt date în tabelul următor:

Tabel 9.13 Performanțe centrifugare nămol.

Nr. crt.	Tip de nămol	Cantități de polimer (kg /t s.u.)	Conținut în substanțe solide (%)
0	1	2	3
1	Nămol din procedeul cu aerare prelungită și eliminare fosfor	9 – 11	9 – 22
2	Nămol din procedeul de aerare prelungită cu nămol în exces	10 – 12	19 – 20
3	Nămol din procedeul cu aerare prelungită și fermentare	9 – 11	20 – 22
4	Nămol primar	6 – 7	29 – 34
5	Nămol primar și nămol provenit din epurarea avansată	7 – 8	28 – 32
6	Amestec proaspăt de nămoluri (P/bio = 50/50)*	8 – 9	25 – 27
7	Amestec proaspăt de nămoluri (P/bio = 65/35)	7 – 9	26 – 29
8	Amestec fermentat de nămoluri (P/bio = 50/50)	8 – 9	25 – 28
9	Nămol primar fermentat	4 – 6	32 – 36

* P/bio = raportul nămol primar/ nămol biologic.

9.7 Stabilizarea nămolurilor din stațiile de epurare urbane/ rurale

Procesul de stabilizare a nămolului se poate realiza prin metodele: stabilizare anaerobă (fermentare), stabilizare aerobă și stabilizare alcalină.

- **Stabilizarea anaerobă (fermentarea)** este metoda cu cele mai numeroase aplicații în stațiile de epurare a apelor uzate. Produce:

- nămol stabil la costuri moderne;
- biogaz care poate fi folosit pentru încălzirea nămolului influent și a nămolului de recirculare la temperatura de proces;

- **Stabilizare aerobă** se întâlnește în stațiile de epurare mici și medii; necesită cantități mari de energie (pentru transferul oxigenului) și costuri mai reduse pentru investiție. Stabilizarea aerobă este mai puțin complexă din punct de vedere funcțional și uneori nu are procese separate. Se realizează în bazine dedicate, ca stabilizatoare de nămol, în bazine de aerare (nitrificare cu stabilizare).

- **Stabilizare alcalină** aplicabilă pentru amplasamente locale și având ca dezavantaj faptul că masa produsului se mărește prin adăugarea de material alcalin.

9.7.1 Stabilizarea (fermentarea) anaerobă

Obiectivul fermentării anaerobe este reducerea agenților patogeni, a cantității de biomasă prin distrugerea parțială a materiilor volatile și producerea de biogaz.

Fermentarea anaerobă se desfășoară pe bază de reacții chimice și biochimice complexe.

În schema din figura 9.19 se indică procesele fermentării anaerobe.

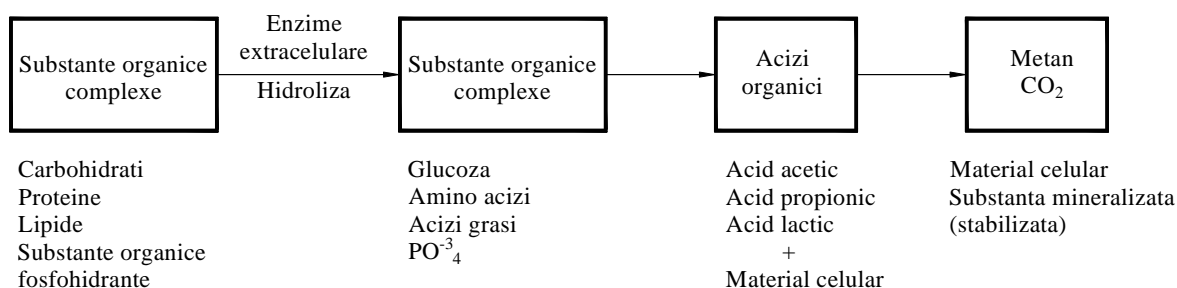


Figura 9.19. Schema proceselor în fermentarea anaerobă.

Eficiența stabilizării prin fermentare anaerobă este determinată prin cantitatea de materii volatile (organice) reduse în proces. Deoarece fermentarea anaerobă este realizată biologic și

depinde de dezvoltarea microorganismelor reducerea materiilor volatile se realizează în proporție de 40 – 50% (limita tehnică de fermentare). Eficiența scade în prezența substanțelor greu biodegradabile. Procente ridicate de descompunere a materiilor solide se obțin atunci când nămolul cuprinde materii ușor degradabile: carbohidrați simpli, carbohidrați compuși (celuloza), proteine și lipide.

9.7.1.1 Factorii ce influențează fermentarea anaerobă

9.7.1.1.1 Materiile solide și timpul de retenție hidraulic

Fermentarea anaerobă se bazează pe prevederea unui timp de retenție hidraulic care să permită stabilizarea materiilor volatile (organice).

Fiecare etapă de fermentare în parte: hidroliza, formarea de acizi și formarea de gaz metan are un timp de retenție a materiilor solide; procesul apare dacă bacteriile nu se pot dezvolta în condiții optime.

9.7.1.1.2 Temperatura

Temperatura influențează gradul de fermentare, viteza reacției de hidroliză și formarea biogazului. Temperatura determină timpul minim de retenție al materiilor solide necesar obținerii unei distrugerii suficiente a materiilor volatile.

Din punct de vedere al temperaturii sistemele de fermentare anaerobă pot fi:

- sisteme criofile: $t^{\circ}\text{C} = 15 - 20^{\circ}\text{C}$; necesită volume mari, timp de retenție crescut și nu utilizează încălzirea nămolului;
- sisteme mezofile: $t^{\circ}\text{C} = 30 - 37^{\circ}\text{C}$; cele mai numeroase aplicații;
- sisteme termofile: $t^{\circ}\text{C} = 50 - 57^{\circ}\text{C}$; asigură procente mari de neutralizare a agenților patogeni; costuri de operare ridicate.

Elementul tehnic cel mai important este menținerea unei temperaturi constante de funcționare datorită bacteriilor implicate în proces și sensibilității la variațiile de temperatură. Variația de temperatură, cu creșterea acesteia peste $1^{\circ}\text{C}/\text{zi}$ poate duce la eșuarea procesului. La proiectare se impune o creștere a temperaturii $< 0,5^{\circ}\text{C}/\text{zi}$ față de optim.

9.7.1.1.3 pH – ul

Bacteriile anaerobe, în special cele metanogene, sunt sensibile la pH.

Producția optimă de gaz metan are loc la un nivel al pH-ului cuprins între 6,8 și 7,2.

Reducerea pH-ului în timpul proceselor fermentării inhibă formarea de biogaz putând conduce în final la eșuarea proceselor de fermentare. Procesele de amestec, încălzire și modurile de alimentare – evacuare a nămolului pot minimiza perturbările procesului de fermentare.

9.7.1.1.4 Substanțe toxice

Substanțele de tip: amoniac, metale grele și sulfuri în concentrații mari pot crea condiții instabile în interiorul rezervoarelor de fermentare. Tabelul 9.14 prezintă concentrațiile unor substanțe toxice și inhibitoare.

Tabel 9.14. Concentrațiile unor substanțe toxice și inhibitoare.

Nr. crt.	Substanțe	U.M.	Concentrații medii inhibitoare	Concentrații puternic inhibitoare
1	Na ⁺	mg/l	3.500 – 5.500	8.000
2	K ⁺		2.500 – 4.500	12.000
3	Ca ⁺⁺		2.500 – 4.500	8.000
4	Mg ⁺⁺		1.000 – 1.500	3.000
5	Azot amoniacal (dependent de pH)		1.500 – 3.000	3.000
6	Sulfuri		200	200
7	Cupru (Cu)		-	0,5 50 – 70 (total)
8	Crom VI (Cr)		-	3.0 (solubil) 200 – 250 (total)
9	Crom III		-	180 – 420 (total)
10	Nichel (Ni)		-	2.0 (solubil) 30 (total)
11	Zinc (Zn)		-	1.0 (solubil)

9.7.1.1.5 Aplicarea fermentării anaerobe

Fermentarea anaerobă este utilă și aplicabilă pentru concentrația substanțelor volatile mai mare sau egală cu 40 – 50% și nu sunt prezente substanțele inhibitoare.

Adoptarea soluției de fermentare anaerobe va avea la bază:

- studii hidrochimice privind compoziția nămolurilor și efectele stabilizării acestuia asupra mediului; se vor lua în considerație elementele costurilor implicate și consumurile energetice pentru integrarea cantităților de nămol rezultate în mediu;

- studii privind estimarea producției de biogaz în condițiile amprente de calitate a apei uzate, calitățile nămolurilor; metoda fermentării anaerobe se va adopta în toate situațiile în care producția de biogaz și echivalentul acesteia în energie va acoperi minim 90% din consumurile energetice ale procesului: amestec, încălzire nămol, recirculare, pierderi termice în rezervorul de fermentare al nămolului;

9.7.1.1.6 Soluții pentru procesele de fermentare

Configurațiile proceselor de fermentare anaerobă folosite actualmente: fermentarea de mare încărcare și fermentarea în două etape. Fermentarea anaerobă poate funcționa la două regimuri ale temperaturii: mezofilă (30 – 37°C) și termofilă (50 – 57°C).

1) Fermentarea anaerobă de mare încărcare, într-o singură treaptă

Rezervoarele de fermentare de mare încărcare sunt caracterizate prin amestecul și încălzirea nămolului, debit de alimentare uniform și concentrarea nămolului înainte de a fi fermentat (figura 9.20).

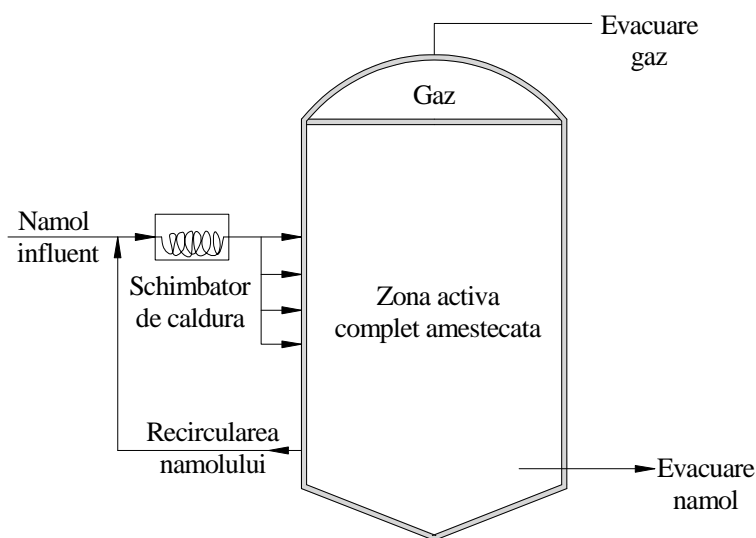


Figura 9.20. Fermentarea anaerobă de mare încărcare într-o singură treaptă.

2) Fermentarea anaerobă de mare încărcare în două trepte

Procesul cuprinde două etape fundamentale:

- faza I: hidroliza substanței organice; timpul de retenție hidraulic: 2 zile; $t^{\circ}\text{C} = 55^{\circ}\text{C}$;
- faza II: producția de biogaz; timpul de retenție hidraulic: 10 zile; $t^{\circ}\text{C} = 37^{\circ}\text{C}$;

Figura 9.21 prezintă schema procesului fermentării în două etape.

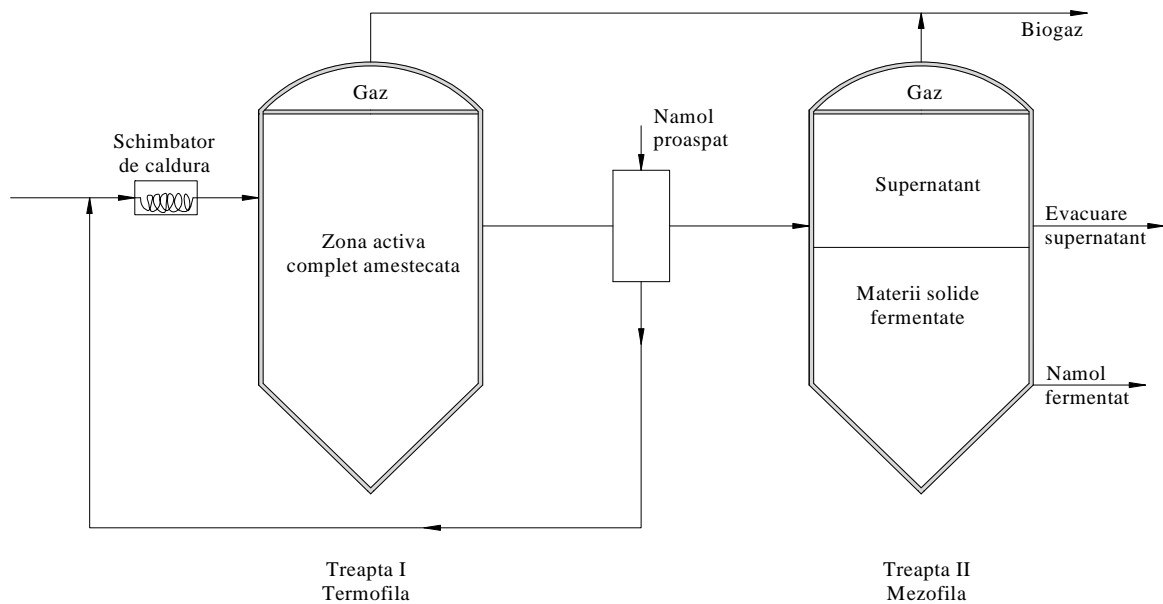


Figura 9.21. Fermentarea anaerobă în două etape.

Avantajele fermentării în două faze (termofilă – mezofilă):

- preluare în condiții mai bune a variațiilor de încărcare organică;
- pe ansamblul procesului de fermentare reducerea volumelor construite cu $\cong 30\%$;
- nămolul procesat în faza termofilă va fi procesat în condiții mai bune în faza mezofilă (vâscozitate mai redusă, fluiditate mai mare);
- calitatea nămolului fermentat mai bună: se distrug bacteriile patogene;

În tabelul următor se indică parametrii generali pentru dimensionarea proceselor de fermentare anaerobă conform datelor din literatura de specialitate.

Tabel 9.15. Parametrii de dimensionare ai proceselor de fermentare anaerobă.

Nr. crt.	Parametrii	U.M.	Tipul procesului de fermentare			
			Mezofilă într-o singură treaptă	În două trepte		Termofilă într-o singură treaptă
				Etapa I	Etapa I: Termofilă	
0	1	2	3	4	5	6
1	Timpul de retenție hidraulic	zile	16 – 25	1,5 – 3	8 – 12	8 – 12
2	Încărcarea organică	kg/m ³ , zi	1,5 – 2,5*	10 – 30*	2 – 4*	2,5 – 5*

*doar pentru perioade cu încărcări de vârf.

9.7.1.2 Dimensionarea tehnologică a rezervoarelor de fermentare a nămolului

Dimensionarea tehnologică constă din:

- a) determinarea volumului, a cantității, umidității și caracteristicile nămolului;
- b) determinarea volumului rezervorului de fermentare a nămolului;
- c) condiționări tehnice privind: alegerea pompelor; alegerea schimbătorilor de căldură; determinarea diametrelor conductelor de nămol, a conductelor de agent termic, de gaz; determinarea volumului de gaz de fermentare, de agent termic, de supernatant; izolația termică a RFN dispusă pe pereții exteriori ai cuvei trebuie să fie corect aleasă, în special din punct de vedere al calității și bine executată în scopul păstrării acesteia în stare uscată.

Etapile de dimensionare prezentate mai sus, pot fi detaliate astfel:

- a) Determinarea volumului, a cantității, umidității și caracteristicile nămolului se face pe baza bilanțului de substanțe pe linia nămolului (cf. § 9.4.7.3 și § 9.4.7.4);
- b) Volumul rezervorului de fermentare a nămolului se determină pe baza următoarelor parametri tehnologici de dimensionare:
 - Încărcarea organică a rezervorului:

$$I_{oRFN} = \frac{N_o}{V_{RFN}} = 1,5 \dots 3 \text{ (kg s. o./m}^3 \text{ RFN, zi)} \quad (9.47)$$

- Cantitatea de nămol fermentat:

$$N_f = (1 - l_f) \cdot N_o + N_m \text{ (kg s. u./zi)} \quad (9.48)$$

unde:

I_{oRFN} – încărcarea organică a rezervorului de fermentare a nămolului, (kg s.o./m³ RFN, zi);

$l_f = 40 - 55\%$ - limita tehnică de fermentare;

N_f – cantitatea zilnică de nămol fermentat, exprimată în substanță uscată, (kg s.u./zi);

$N_o = (\varepsilon) \cdot N_{inf}$ – cantitatea zilnică de substanță organică conținută în nămolul influent în rezervorul de fermentare, exprimată în substanță uscată, (kg/zi);

ε - coeficient de reducere, (%);

$N_m = (1 - \varepsilon) \cdot N_{inf}$ – cantitatea zilnică de substanță minerală conținută în nămolul influent în rezervorul de fermentare, exprimată în substanță uscată, (kg/zi);

N_{inf} – cantitatea zilnică de nămol influent în rezervorul de fermentare, exprimată în substanță uscată, (kg s.u./zi);

- Timpul de fermentare:
 - $T_f = 90 \dots 150$ zile – pentru fermentarea crioofilă;
 - $T_f = 20$ zile – pentru fermentarea mezofilă;
 - $T_f = 10$ zile – pentru fermentarea termofilă;
- Volumul rezervorului de fermentare:

$$V_{RFN} = T_f \cdot V_{n\ inf} \quad (\text{m}^3/\text{zi}) \quad (9.49)$$

unde:

T_f – definit anterior;

$V_{n\ inf}$ – volumul de nămol influent calculat la bilanțul de substanțe pe linia nămolului (cf. § 9.4.7.3 și § 9.4.7.4), (m³/zi);

c.1) Pompele pentru recircularea nămolului se aleg astfel încât întregul volum de fermentare să fie recirculat în 5 ... 8 h.

- Debitul de recirculare:

$$Q_R = \frac{V_{RFN}}{5 \dots 8} \quad (\text{m}^3/\text{h}) \quad (9.50)$$

- Înălțimea de pompare:

$$H = H_g + \sum h_r \quad (\text{m}) \quad (9.51)$$

unde:

H_g – înălțimea geodezică de pompare;

$\sum h_r$ – suma pierderilor de sarcină locale și distribuite.

c.2) Schimbătoarele de căldură trebuie să asigure căldura necesară încălzirii nămolului proaspăt, căldura necesară acoperirii pierderilor prin cupolă, pereți și radier:

$$C_T = C_1 + C_2 \quad (\text{kcal}/\text{zi}) \quad (9.52)$$

$$C_1 = V_{n\ inf} \cdot C_n \cdot (\theta - \theta_1) \quad (\text{kcal}/\text{zi}) \quad (9.53)$$

unde:

C_1 – căldura necesară încălzirii nămolului proaspăt, (kcal/zi);

C_2 – căldura necesară acoperirii pierderilor prin cupolă, pereți și radier, (kcal/zi);

V_{ninf} – volumul zilnic de nămol influent în rezervorul de fermentare, (m³/zi);

$C_n = 1000 \text{ kcal/m}^3, \text{grad}$ – căldura specifică (cantitatea de căldură necesară creșterii temperaturii cu 1°C);

θ – temperatura nămolului din interiorul rezervorului (mezofil, termofil), (°C);

$\theta_1 = \theta_{iarnă}$ – temperatura nămolului proaspăt introdus în rezervor, (°C);

$$C_2 = C_{2 \text{ cupolă}} + C_{2 \text{ pereți}} + C_{2 \text{ radier}} \quad (9.54)$$

$$C_2 = K \cdot A \cdot (\theta - \theta_2) \quad (9.55)$$

unde:

K – coeficient de transfer al căldurii (natura materialului), (kcal/°C · m² · zi);

$C_{2 \text{ cupolă}}$ – căldura necesară acoperirii pierderilor prin cupolă, (kcal/zi);

$C_{2 \text{ pereți}}$ – căldura necesară acoperirii pierderilor prin pereți, (kcal/zi);

$C_{2 \text{ radier}}$ – căldura necesară acoperirii pierderilor prin radier, (kcal/zi);

A – suprafața cupolei, pereților și radierului, (m²);

θ – temperatura nămolului din interiorul rezervorului (mezofil, termofil), (°C);

θ_2 – temperatura nămolului proaspăt introdus în rezervor, (°C);

c.3) Dimensionarea conductelor va asigura:

- viteza nămolului în conducte trebuie să fie minim 1,2 m/s iar diametrul nominal trebuie să fie minim 200 mm;
- viteza minimă a apei trebuie să fie de 0,7 m/s, iar diametrul nominal să fie de 100 mm;
- viteza biogazului rezultat în urma fermentării trebuie să fie cuprinsă între 5 – 15 m/s;

c.4) Volumul teoretic zilnic de biogaz se determină considerând o producție specifică q_{bg} în dm³ biogaz/kg s.o.red.

$$Q_G = \frac{q_{bg} \cdot N_{o \text{ red}}}{1000} \quad (\text{m}^3/\text{zi}) \quad (9.56)$$

$$Q_{G \text{ ef}} = (0,8 \dots 0,85) \cdot Q_G \quad (\text{m}^3/\text{zi}) \quad (9.57)$$

unde:

Q_G – volumul teoretic zilnic de biogaz, (m^3/zi);

$Q_{G\text{ ef}}$ – volumul efectiv zilnic de biogaz, (m^3/zi);

q_{bg} – se va estima pe baza unor calități de nămol similare și prin studii “in situ”;

$q_{bg}^{\text{orientativ}} = 300 - 600 \text{ dm}^3\text{biogaz/kg s. o. red}$

Când nu se cunoaște graficul de consum al biogazului, volumul rezervorului se consideră egal cu producția de biogaz în 8 ore:

$$V_{RG} = \frac{Q_{G\text{ ef}}}{3} \quad (m^3) \quad (9.58)$$

9.7.1.2.1 Colectarea și stocarea biogazului

Biogazul produs prin fermentarea anaerobă a nămolului este colectat pentru a fi valorificat sau eliminat prin ardere.

Biogazul rezultat în urma fermentării anaerobe conține aproximativ 65 – 70% CH_4 , 25 – 30% CO_2 și cantități mici de N_2 , H_2 , H_2S , vapori de apă și alte gaze. Biogazul de fermentare are o greutate specifică de aproximativ 0,86 din greutatea specifică a aerului. Biogazul de fermentare conține $\cong 65\%$ metan și puterea calorică a gazului de fermentare este de 21.000 – 22.400 kJ/m^3 .

Producția de biogaz realizată este dependentă de cantitatea de substanțe volatile mineralizate și condițiile asigurate fermentării și este exprimată ca volumul de biogaz pe unitatea de masă a materiilor volatile distruse. Acest indice specific al producției de biogaz este diferit pentru fiecare substanță organică din rezervorul de fermentare. Tabelul 9.16 indică producția de gaz a câtorva materii organice. Un rezervor de fermentare anaerob obișnuit alimentat cu nămol primar și nămol activ în exces poate produce aproximativ 0,5 – 0,8 m^3 biogaz/kg de substanțe volatile reduse.

Tabel 9.16. Producția specifică de gaz a diferitelor materii organice.

Material	Producția specifică de gaz pe unitatea de masă redusă	
	m^3/kg	Conținut de metan (%)
0	1	2
Grăsimi	1,2 – 1,6	62 – 72
Spumă	0,9 – 1,0	70 – 75
Fibre	0,8	45 – 50
Proteine	0,7	73

Biogazul rezultat la fermentare are o putere calorică cuprinsă între 20 – 25 MJ/m³. O valoare medie de 22,5 MJ/m³ este de folosit pentru proiectare.

Colectarea biogazului și sistemul de distribuție trebuie menținut la o presiune pozitivă pentru a evita explozia în cazul în care gazul se amestecă cu aerul atmosferic. Amestecul de aer cu biogaz de fermentare conține metan în proporție mai mică de 5% care poate fi exploziv. Din acest motiv toate echipamentele mecanice și constructive trebuie să fie etanșe, iar echipamentele electrice trebuie să fie protejate împotriva exploziei.

Sunt folosite două tipuri de rezervoare de depozitare a gazului: rezervoare cu capac ce flotează pe gazul înmagazinat și rezervoare sub presiune.

Rezervoarele cu capac flotant sunt rezervoare cu presiune constantă și volum variabil.

Rezervoarele sub presiune, au de obicei formă sferică și mențin o presiune cu valori medii cuprinse între 140 – 350 kN/m².

9.7.1.2.2 Necesarul de reactivi chimici

Sistemele de alimentare cu reactivi chimici devin necesare datorită schimbărilor calitative și cantitative ale influentului. Schimbările de alcalinitate, pH, sulfuri sau a concentrației metalelor grele face necesară adăugarea de reactivi chimici în proces. Sunt necesare prevederi pentru stocarea, prepararea și dozarea reactivilor chimici: bicarbonat de sodiu, clorură ferică, sulfat feric, var.

9.7.1.2.3 Construcția rezervoarelor de fermentare

Elementele fundamentale în alegerea configurației construcției sunt:

- raport aria laterală RF la volum RF minim; construcțiile care realizează acest raport minim sunt: sfere, forme ovoidale;
- realizarea unei forme care să favorizeze amestecul nămolului și evitarea depunerilor în partea inferioară;
- realizarea cuvei RF din beton armat precomprimat pe ambele direcții pentru închiderea fisurilor și protecția armăturilor la efectul coroziv al bazinului;
- realizarea izolației termice care să asigure pierderi reduse (max. 20% din energia necesară procesului);
- construcție metalică (pentru $V_{RF} < 1000 \text{ m}^3$) executate din vivole preuzinate de oțel aliat izolate termic;

În figura 9.22 se prezintă schema unui rezervor de fermentare de formă ovoidală.

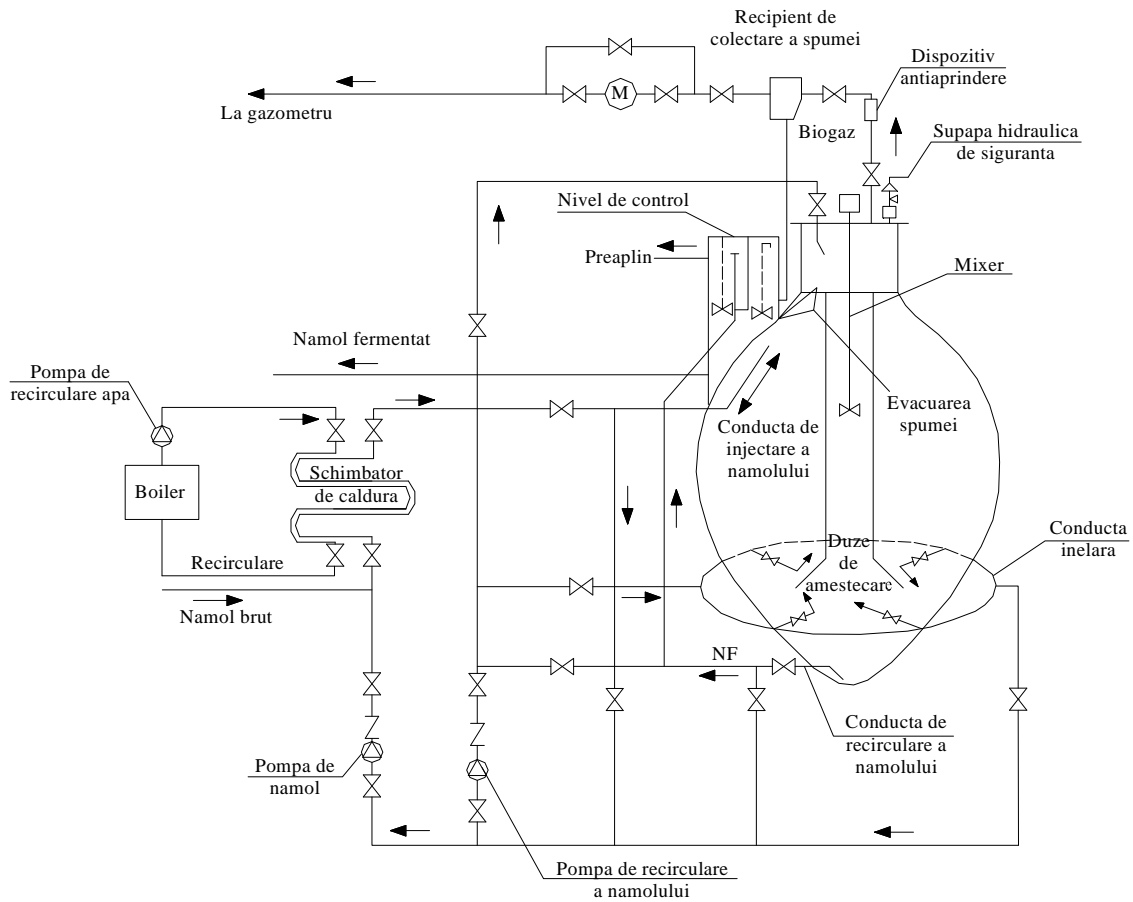


Figura 9.22. Rezervor de fermentare anaerob de formă ovoidală.

9.7.1.2.4 Alte elemente tehnologice ale rezervoarelor de fermentare anaerobe

Proiectele pentru rezervoarele de fermentare anaerobe a nămolului pentru stații de epurare peste 100.000 L.E. vor lua în considerație adoptarea unor soluții tehnologice de firmă pentru:

- soluția cu RF în două faze: termofilă – mezofilă;
- soluția recirculării biogazului pentru asigurarea unui amestec eficient al volumului rezervorului;
- soluția construcției RF cuplate cu rezervor de stocare biogaz la partea superioară;

Analize opționale vor avea la bază:

- costuri de investiție: lei/kg s.u. redusă;
- volume minime de nămol evacuate din stația de epurare: kg s.u./LE an;

- consumuri energetice minime pentru ansamblul procesării nămolurilor în stația de epurare: kWh/kg s.u.an;

9.7.2 Stabilizarea aerobă

Stabilizarea aerobă reprezintă tehnologia de oxidare a substanțelor organice biodegradabile și reducerea organismelor patogene prin procese biologice, aerobe. Procesul de stabilizare aerobă este un proces de epurare biologică cu peliculă în suspensie.

Obiectivele proceselor de stabilizare aerobă:

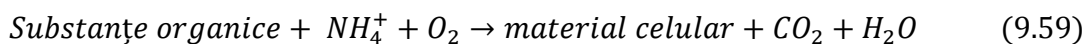
- producerea de nămol stabil prin oxidarea substanțelor organice biodegradabile;
- reducerea masei și a volumului;
- reducerea organismelor patogene și condiționarea pentru prelucrarea ulterioară.

Procesul de stabilizare aerobă implică costuri mari pentru energie asociate cu energia necesară pentru transferul oxigenului.

Dezavantaje: eficiența redusă a proceselor în timpul perioadelor reci, incapacitatea de a produce un produs secundar folositor – biogaz.

În timpul proceselor de stabilizare, țesutul celular este oxidat aerob în dioxid de carbon, apă și amoniac sau nitrați. Deoarece procesele de oxidare aerobă sunt exoterme, în timpul reacțiilor are loc o eliberare de căldură. Deși procesele de stabilizare teoretic ar trebui realizate în totalitate, de fapt doar 75 – 80% din țesutul celular este oxidat. Ce rămâne, în proporție de 20 – 25%, este compus din componente inerte și componente organice ce nu sunt biodegradabile.

Procesul de stabilizare aerob, implică două etape: oxidarea directă a materiei biodegradabile și oxidarea materialului celular. Aceste procese sunt descrise de ecuațiile de mai jos:



Reacția din cea de a doua ecuație este un proces de respirație endogenă și este reacția predominantă ce are loc în sistemul de stabilizare aerob.

Datorită necesității menținerii procesului în faza de respirație endogenă, nămolul activ în exces se stabilizează. Includerea nămolurilor primare în proces poate influența reacția totală, deoarece ele conțin puțin material celular. Majoritatea materialului organic din nămolul primar constituie o sursă de hrană externă pentru biomasa activă conținută în nămolul biologic. Este

necesar un timp de retenție mare pentru a se acomoda metabolismul și dezvoltarea celulară ce trebuie să se petreacă înainte de atingerea condițiilor de respirație endogenă.

9.7.2.1 Dimensionarea tehnologică

Determinarea volumului, calității, umidității și caracteristicilor nămolului se face pe baza bilanțului de substanțe pe linia nămolului (§ 9.4.7.5).

Reducerea substanțelor volatile (organice) variază între 35 – 50% (procent numit limita tehnică de stabilizare) din cantitatea materiilor solide în suspensie ce sunt obținute în timpul procesului de stabilizare aerobă.

Temperatura de funcționare a sistemului de stabilizare aerobă este un parametru critic din cadrul procesului. Un dezavantaj frecvent al procesului aerob este variația în eficiența procesului rezultată din schimbările temperaturii de funcționare. Schimbările temperaturii de funcționare sunt apropiate de temperatura mediului ambiant, deoarece majoritatea sistemelor de stabilizare aerobă folosesc rezervoare deschise.

Reacțiile biologice ce au loc în timpul procesului de stabilizare aerobă necesită oxigen pentru respirația materialului celular din biomasa activă iar în cazul amestecului cu nămol primar, oxigenul necesar transformării materialul organic în material celular. În plus, funcționarea corespunzătoare a sistemului necesită un amestec adecvat al conținutului pentru a asigura un contact corespunzător al oxigenului, materialul celular și materialul organic ce constituie sursa de hrană

Volumul necesar sistemului de stabilizare aerobă este guvernat de timpul de retenție necesar pentru reducerea dorită a substanțelor volatile (organice). Timpul de retenție necesar pentru a reduce 35 – 50% din substanțele volatile (organice), variază între 10 și 12 zile la o temperatură de funcționare de aproximativ 20°C. Timpul de retenție total necesar este dependent de temperatură și de biodegradabilitatea nămolului: crește la 15 – 16 zile când temperatura scade sub 20°C.

Volumul stabilizatorului de nămol se determină pe baza următorilor parametri tehnologici de dimensionare:

- Încărcarea organică a bazinului:

$$I_{oSN} = \frac{N_o}{V_{SN}} = 1,5 \dots 3 \text{ (kg s. o./m}^3 \text{ SN, zi)} \quad (9.61)$$

- Cantitatea de nămol stabilizat:

$$N_s = (l - l_s) \cdot N_o + N_m \quad (\text{kg/zi}) \quad (9.62)$$

unde:

I_{oSN} – încărcarea organică a stabilizatorului de nămol, (kg s.o./m³ SN, zi);

$l_s = 35 - 50\%$ - limita tehnică de stabilizare;

N_s – cantitatea zilnică de nămol stabilizat, exprimată în substanță uscată, (kg s.u./zi);

$N_o = (\varepsilon) \cdot N_{inf}$ – cantitatea zilnică de substanță organică conținută în nămolul influent în stabilizatorul de nămol, exprimată în substanță uscată, (kg/zi);

ε - coeficient de reducere, (%);

$N_m = (1 - \varepsilon) \cdot N_{inf}$ – cantitatea zilnică de substanță minerală conținută în nămolul influent în stabilizatorul de nămol, exprimată în substanță uscată, (kg/zi);

N_{inf} – cantitatea zilnică de nămol influent în stabilizatorul de nămol, exprimată în substanță uscată, (kg s.u./zi);

- Timpul de stabilizare:

$$T_s = \frac{V_{SN}}{V_{n\ inf}} = 6 \dots 16 \quad (\text{zile}) \quad (9.63)$$

- Volumul stabilizatorului de nămol:

$$V_{SN} = T_s \cdot V_{n\ inf} \quad (\text{m}^3/\text{zi}) \quad (9.64)$$

unde:

V_{ninf} – volumul de nămol influent în stabilizatorul de nămol calculat în bilanțul de substanțe pe linia nămolului (§9.4.7.5), (m³/zi);

- Cantitatea de oxigen necesară procesului de stabilizare aerobă din formula:

$$O_n = i_{On} \cdot N_o \quad (\text{kgO}_2/\text{zi}) \quad (9.65)$$

$$i_{On} = (0,15 \dots 0,3) \quad (\text{kgO}_2/\text{kg s. o.}) \quad (9.66)$$

unde:

N_o – definit anterior;

i_{On} – consumul de oxigen în faza endogenă, în (kg O₂/kg s.o.).

- Capacitatea de oxigen necesară:

$$\overline{CO_{nec}} = 2 \cdot O_N \quad (\text{kg O}_2/\text{zi}) \quad (9.67)$$

$$Q_{Naer}^{nec} = \frac{\overline{CO_{nec}} \cdot 10^3}{24 \cdot c'_o \cdot H_i} \quad (\text{N m}^3\text{aer/h}) \quad (9.68)$$

unde:

c'_o - capacitatea specifică de oxigenaere, (g O₂/N m³ aer, m adâncime insuflare);

Q_{Naer}^{nec} - debitul de aer necesar în condiții standard, (N m³ aer/h);

Suflantele necesare procesului se aleg în funcție de debitul necesar de aer în condiții normale și înălțimea de insuflare, ținându-se cont de pierderile de sarcină:

$$H_t = H_i + \sum h_{ri} \quad (m) \quad (9.69)$$

unde:

H_i – adâncimea de insuflare, (m);

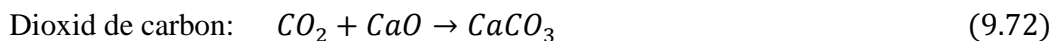
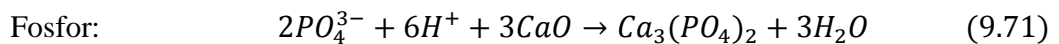
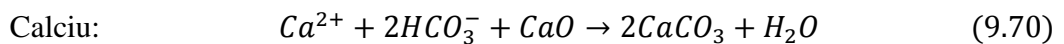
$\sum h_{ri}$ – suma pierderilor de sarcină liniare și locale , (m);

9.7.2.2 Stabilizarea cu var

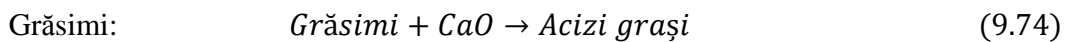
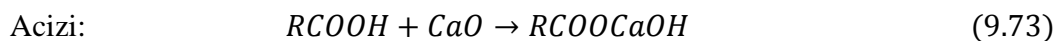
Stabilizarea cu var se asigură prin menținerea unui pH la un nivel ridicat pentru o perioadă suficientă de timp pentru inactivarea populației de microorganisme a nămolului. Procesul poate face ca virusii, bacteriile și alte microorganisme să devină inactiv.

Procesul de stabilizare cu var implică o gamă largă de reacții chimice ce transformă compoziția chimică a nămolului. Următoarele ecuații indică tipurile de reacții care au loc:

- Reacțiile cu constituenții anorganici includ:



- Reacțiile cu constituenții organici includ:



Adăugarea de var crește pH-ul nămolului. Dacă este adăugat prea puțin var, pH-ul scade și reacțiile nu au loc. Este necesar var în exces.

Activitatea biologică produce compuși ca dioxidul de carbon și acizi organici care reacționează cu varul. Dacă activitatea biologică din nămolul ce urmează a fi stabilizat nu este înhibată suficient, vor fi produse aceste componente, reducând pH-ul și rezultând o stabilizare inadecvată.

Adăugarea varului la nămol, în reacțiile inițiale cu apa se formează varul hidratat. Această reacție este exotermă și eliberează aproximativ 15.300 cal/g,mol. Reacția dintre varul stins și dioxidul de carbon este, de asemenea, exotermă, eliberând aproximativ 43.300 cal/g,mol.

Aceste reacții pot avea ca rezultat o creștere substanțială a temperaturii, în special la turtele de nămol cu un amestec scăzut al conținutului; aceste temperaturi pot fi suficiente pentru a contribui la reducerea agenților patogeni din timpul stabilizării cu var; se impune efectuarea de teste “in situ” pentru stabilirea dozelor de var.

9.8 Deshidratarea nămolurilor

Deshidratarea este procedeul prin care nămolul își reduce umiditatea și corespunzător volumul astfel încât să poată fi manipulat cu ușurință și valorificat sau reintrodus în mediu.

În practică se utilizează două tipuri de procedee de deshidratare:

- naturale;
- mecanice.

9.8.1 Deshidratarea naturală

Materiile solide conținute în nămol sunt separate de faza lichidă (supernatant) prin procedee fizice: filtrarea (drenarea) și evaporația. Deshidratarea naturală se realizează, de regulă pe platforme (paturi) de uscare.

Constructiv platformele de uscare se clasifică în:

- platforme de uscare convenționale, cu pat de nisip;
- platforme de uscare cu radier pavat;
- platforme de uscare cu radier din materiale artificiale;
- platforme de uscare cu vacuumare;
- platforme de uscare cu energie solară;

Parametrii de dimensionare ai platformelor de uscare:

- Încărcarea cu substanță uscată a platformelor de uscare (I_{SU}), reprezintă cantitatea de materii solide din nămol care încarcă o suprafață de 1 m² de platformă, în timp de un an conform relației:

$$I_{SU} = \frac{N_{inf} \cdot 365}{A_o^{PU}} \quad (\text{kg s. u./m}^2, \text{ an}) \quad (9.75)$$

unde:

N_{inf} – cantitatea zilnică de nămol influent deshidratat, exprimat în substanță uscată, (kg s.u./zi);

A_o^{PU} – aria orizontală a platformelor de uscare, (m^2).

Valorile sunt date în funcție de tipul nămolului ce trebuie deshidratat în tabelul 9.17.

Tabel 9.17. Valori ale I_{SU} .

Nr. crt.	Tip de nămol	Suprafața (m^2/LE)	Încărcarea anulă cu substanță uscată (kg s.u./ m^2 ,an)
0	1	2	3
1	Nămol primar fermentat	0,1	120 – 150
2	Nămol fermentat din nămol primar cu nămol biologic de la filtrele percolatoare	0,12 – 0,16	90 – 120
3	Nămol fermentat din nămol primar cu nămol în exces	0,16 – 0,23	60 – 100
4	Nămol fermentat din nămol primar cu nămol rezultat în urma precipitării chimice	0,19 – 0,23	100 – 160

9.8.2 Deshidratarea mecanică

La deshidratarea mecanică se folosesc utilaje proiectate pentru a separa partea solidă de partea lichidă a nămolului. Procesele fizice prin deshidratarea mecanică sunt: filtrarea, stoarcerea, acțiunea capilară, separarea prin centrifugare și compactarea. Utilajele folosite sunt: centrifugele, filtrele cu bandă, filtrele presă, filtrele cu vacuum, filtru presă cu șneac (șurub).

9.8.2.1 Deshidratarea prin centrifugare

O prezentare mai detaliată a centrifugelor a fost făcută la § 9.6.3.

În centrifuge, forțele aplicate pot fi de la 500 până la 3.000 de ori forța gravitațională. Rezultatele separării prin forțele centrifuge conduc la migrarea materiilor solide în suspensie prin lichid spre sau în afara axei de rotație a centrifugei, migrare ce depinde de diferența de densitate dintre faza lichidă și cea solidă.

Eficiențele de îndepărtare a materiilor solide pentru diferite tipuri de nămol la centrifugele folosite în procesul de deshidratare sunt prezentate în tabelul 9.18.

Tabel 9.18. Eficiența de îndepărtare a materiilor solide.

Tip de nămol	Materii solide din turta de nămol (%)	Eficiența de îndepărtare a materiilor solide (%)	
		Fără reactivi chimici	Cu reactivi chimici
0	1	2	3
NETRATAT			
Primar	25 – 35	75 – 90	85 – 90
Primar și biologic rezultat de la filtrele percolatoare	20 – 25	60 – 80	85 – 90
Primar și activ	12 – 20	55 – 65	75 – 90
NĂMOL ÎN EXCES			
Rezultat de la filtrele de precolatoare	10 – 20	60 – 80	80 – 90
Rezultat din procese biologice cu nămol active ce utilizează aer	5 – 15	60 – 80	70 – 90
FERMENTAT PE CALE ANAEROBĂ			
Primar	25 – 35	65 – 80	80 – 90
Primar și biologic rezultat de la filtrele percolatoare	18 – 25	60 – 75	80 – 90
Primar și activ	15 – 20	50 – 65	80 – 90
STABILIZAT PE CALE AEROBĂ			
În exces	8 – 10	60 – 75	80 – 90

9.8.2.2 Deshidratarea cu filtre bandă

Nămolul este deshidratat în etape urmărind trei faze de funcționare: condiționarea chimică, drenarea gravitațională până la atingerea unei consistențe determinate și compactarea în zona de presare. Figura 9.23 prezintă schema unui filtru cu bandă.

Condiționarea chimică cu polimeri organici este des utilizată, pentru deshidratarea gravitațională și deshidratarea sub presiune de către filtrele cu bandă. Polimerul este adăugat într-un bazin separat, localizat în amonte de presă sau este injectat direct în conducta de alimentare. Amestecarea corespunzătoare a nămolului influent cu polimerul este esențială în funcționarea filtrelor cu bandă.

Exercitarea forțelor de presiune și comprimare se realizează între două benzi filtrante.

Variabila care influențează eficiența filtrelor cu bandă: caracteristici nămol, metoda și tipul condiționării chimice, presiunea aplicată, configurația utilajelor, sistemele de drenare gravitaționale și viteza benzilor.

Eficiențele presării cu filtre cu bandă indică variații semnificative în capacitatea de deshidratare a diferitelor tipuri de nămoluri, presarea, în mod normal, este capabilă să producă deshidratarea turtelor la un conținut al materiilor solide de 18 – 25% pentru amestecul de nămol primar cu cel biologic. În tabelul 9.19 sunt indicate performanțele unui filtru cu bandă.

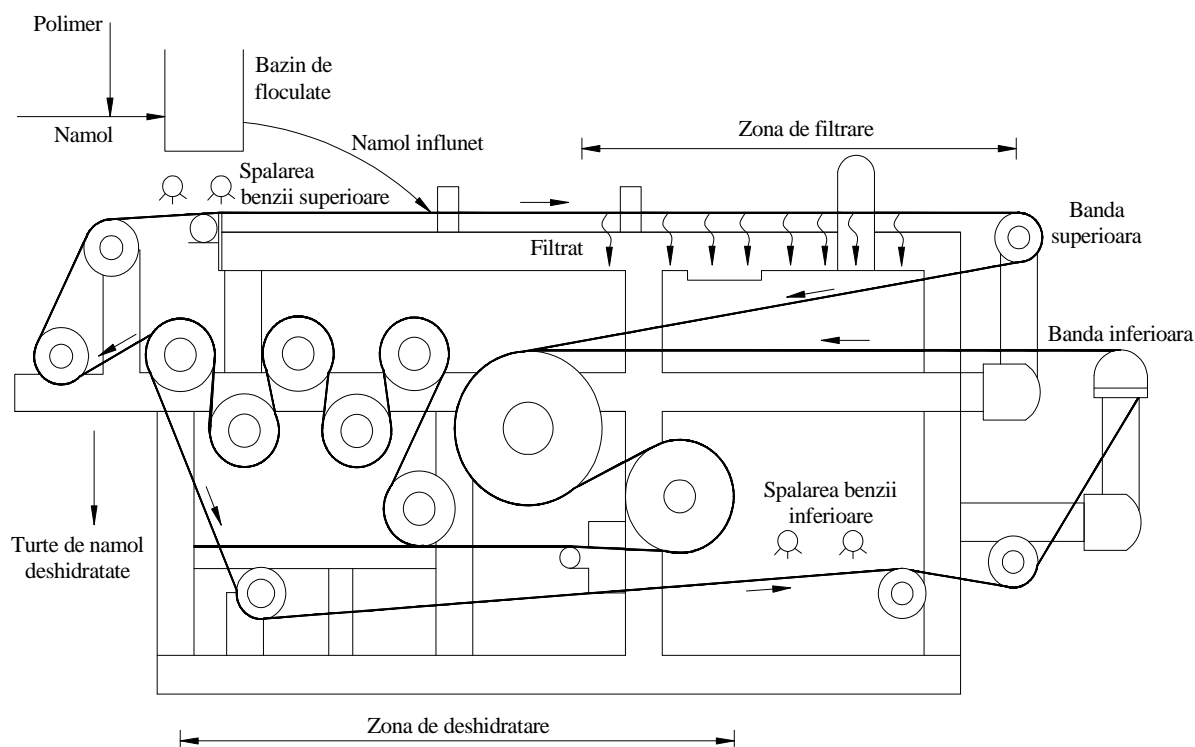


Figura 9.23. Filtru bandă.

Tabel 9.19. Încărcări, eficiențe filtre bandă.

Tip de nămol	Materii solide (%)	Încărcarea pe m de lățime de bandă (%)		Doze polimer la materii solide din nămol (g/kg)	Materii solide (%)	
		dm ³ /s,m	kg/h,m		Uzual	Domeniul de variație
0	1	2	3	4	5	6
Primar brut	3 – 7	1,8 – 3,2	360 – 550	1 – 4	28	26 – 32
Activat în exces	1 – 4	0,7 – 2,5	45 – 180	3 – 10	15	12 – 20
Primar + Activ în exces (50 : 50)	3 – 6	1,3 – 3,2	180 – 320	2 – 8	23	20 – 28
Primar + în exces (40:60)	3 – 6	1,3 – 3,2	180 – 320	2 – 10	20	18 – 25
Primar + nămol de la filtrele precolatoare	3 – 6	1,3 – 3,2	180 – 320	2 – 8	25	23 – 30
Fermentat anaerob						
Primar	3 – 7	1,3 – 3,2	360 – 550	2 – 5	28	24 – 30
Activat în exces	3 – 4	0,7 – 2,5	45 – 135	4 – 10	15	12 – 20
Primar + Activ în exces	3 – 6	1,3 – 3,2	180 – 320	3 – 8	22	20 – 25

Tip de nămol	Materii solide (%)	Încărcarea pe m de lăţime de bandă (%)		Doze polimer la materii solide din nămol (g/kg)	Materii solide (%)	
		dm ³ /s,m	kg/h,m		Uzual	Domeniul de variaţie
Fermentat aerob						
Primar + Activ în exces, neconcentrat	1 – 2	0,7 – 3,2	135 – 225	2 – 8	16	12 – 20
Primar + Activ în exces, concentrat	4 – 8	0,7 – 3,2	135 -225	2 – 8	18	12 – 25
Nămol active în exces cu însuflare de oxigen	1 – 3	0,7 – 2,5	90 – 180	4 – 10	18	15 – 23

Evaluarea corectă a eficienţei filtrului cu bandă la un tip de nămol se efectuează pe o unitate pilot. Datele din testele pilot, includ încărcarea hidraulică și încărcarea cu materii solide, tipul polimerului și dozele, procentul de materii solide și reţinerea materiilor solide.

Dozarea polimerului și regimul de alimentare al mașinii trebuie să fie optimizate cu mașina. Testele rezistenței specifice și a timpului de sucțiune capilară pot fi folosite pentru a compara caracteristicile filtrării a diferitelor tipuri de nămol și pentru a determina optimul necesar în coagulare.

Evalueare performanțelor filtrelor cu bandă se realizează luând în considerare cantitatea și calitatea filtratului și a apei de filtrare și efectele lor asupra sistemului de epurare a apelor uzate.

9.8.2.3 Deshidratarea cu filtre presă

Sistemul de filtre presă produce turte care sunt mult mai bine deshidratate până la 65% umiditate. Filtrele presă se pot adapta la caracteristicile variabile ale materiilor solide, au o fiabilitate bună, necesar de energie comparabil cu alte tipuri de sisteme.

Dezavantajele filtrelor presă sunt costurile de investiție ridicate, aderența turtelor pe filtru, necesitatea îndepărtării manual și costuri relativ ridicate de funcționare și întreținere.

Filtrele presă sunt eficiente din punct de vedere al costurilor când turtele trebuie incinerate. Conținutul ridicat de substanțe uscate al turtelor rezultate de la filtrele presă sunt combustibile la incinerare și se reduce necesarul de combustibil.

Filtrul presă conține un număr de panouri fixate pe un cadru ce asigură aliniamentul; aceste sunt presate între capătul fix și cel mobil (fig.9.24) .Un dispozitiv presează și menține închise panourile, în timp ce influentul este pompat în interiorul preseii printr-un orificiu de admisie la o presiune cuprinsă între 7 bar și 15 bari.

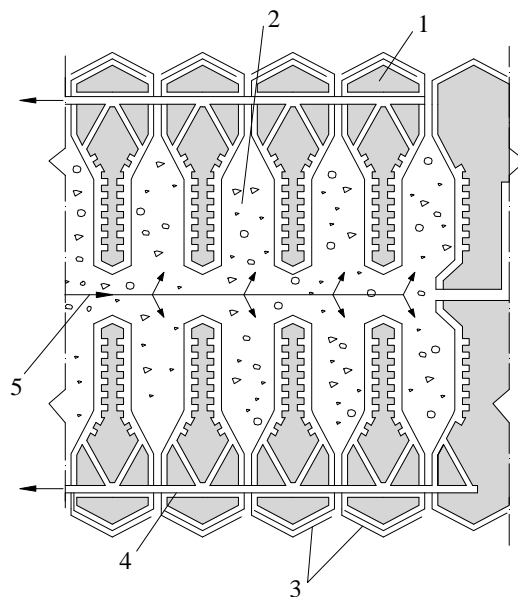


Figura 9.24. Schema filtrului presă.

1 – plăci încastrate; 2 – cameră de filtru; 3 – filtru de pânză;
4 – conducte interne de evacuare nămol; 5 – orificii.

Etapele filtrării

Filtrul presă lucrează utilizând mai multe tipuri de procedee de presare. Fiecare procedeu cuprinde etapele:

- 1) **Închiderea preseii:** atunci când filtrul este gol, capătul mobil acționat de un cilindru, fixează plăcile una peste alta; presiunea de închidere este ajustată automat pe durata perioadei de presare pentru asigurarea încastrării plăcilor;
- 2) **Admisia nămolului:** este o etapă scurtă (max 10 minute); o pompă dozatoare umple camerele de filtrare cu nămol; timpul de admisie selectat depinde de filtrabilitatea nămolului (dacă acesta este ușor filtrabil timpul de admisie va fi mai scurt);
- 3) **Filtrarea :** o dată ce au fost umplute camerele cu nămol, debitul de nămol influent (ce continuă să alimenteze filtrul) impune o creștere a presiunii datorată formării unui strat de nămol pe plăcile filtrului; presiunea maximă de filtrare este atinsă într-o perioadă de 30 – 45 minute; procesul de filtrare poate dura între 1 – 5 ore depinde de înălțimea camerei și de filtrabilitatea nămolului; Când este oprită pompa, aerul comprimat este utilizat pentru drenarea supernatantului ; Etapa de filtrare este oprită de un cronometru (programat pentru perioada de presiune maximă) și atunci când filtratul îndeplinește o încărcare pe suprafața de filtrare după cum urmează:

- Condiționat cu polimer: 5 – 10 l/m²,h;

- Condiționat cu reactivi minerali: 10 – 20 l/m²,h;
- 4) **Deschiderea ramei:** capătul mobil este retras astfel ca prima cameră de filtrare să se deschidă; turta de nămol alunecă sub greutate proprie; un sistem mecanizat va trage fiecare turtă individual; pentru un filtru cu 100 de camere, perioada de descărcare a turtelor de nămol va fi între 15 – 45 minute; această etapă trebuie supravegheată deoarece, datorită condiționării chimice a nămolurilor, turtele de nămol pot fi lipicioase și greu de îndepărtat de pe plăcile filtrului;
- 5) **Etapă de curățare:** curățarea plăcilor filtrului; această spălare se face la fiecare 10 – 15 cicluri de filtrare în cazul nămolurilor condiționate cu polimeri și la fiecare 30 – 40 de cicluri în cazul condiționării cu reactivi minerali; instalațiile de spălare pot funcționa nesupravegheate în cazul unităților de deshidratare de capacitate mare; perioada de spălare este de 2 – 3 ore; în cazul utilizării unei cantități mari de var pentru condiționare, plăcile filtrului trebuie curățate la fiecare 500 de cicluri cu soluție HCl 5 – 7 %.

Consumul energetic al unui filtru – presă este redus: 25 – 35 kWh/t s.u.

În tabelul următor se indică eficiența filtrelor presă.

Tabel 9.20. Eficiența filtrelor presă.

Nr. crt.	Tipul de nămol	Concentrația (% s.u.)	Raportul FeCl ₃ /s.u. (%)	Polimer (kg /t s.u)	Conținutul de s.u (%)	Durata ciclului ¹⁾ (h)
0	1	2	3	4	5	6
1	Nămol de la stabilizare aerobă	4 – 5	2 – 5	5 – 7	25 – 29	3 – 4
2	Nămol proaspăt de la SE cu raportul np/nb = 70/30	4,5 – 6	2 – 3	3 – 4	33 – 36	2 – 3
3	Nămol proaspăt de la SE cu raportul np/nb = 50/50	4 – 5	3 – 4	5 – 6	30 – 34	2,5 – 3,5
4	Nămol fermentat de la SE cu raportul np/nb = 50/50	3 – 4	4 – 5	3 – 4	30 – 34	3 – 4

1) Pentru o turtă de 30 mm grosime;

np – nămol primar;

nb – nămol biologic;

Dimensionarea filtrelor presă

Date de bază:

- cantitatea de suspensii solide (nămol și reactivi de condiționare): $M = \text{kg s.u./zi}$;
- ciclul de funcționare (T) necesar pentru a decide numărul de cicluri K care să pot fi utilizate zilnic;
- substanțe uscate medii în conținutul turtei; $S_F (\% \text{ s.u.})$.

Capacitatea totală a camerelor de filtrare:

$$V_T = \frac{M}{K \cdot S_F \cdot \rho_d} \quad (\text{dm}^3) \quad (9.76)$$

unde:

M, **S_F**, **K** – definite anterior;

ρ_d – densitatea turtei, (kg/dm^3);

Schema tehnologică pentru deshidratarea cu filtre presă se prezintă în figura 9.25.

Tehnologia deshidratării nămolului din stația de epurare cu filtre presă se va adopta:

- în condițiile impuse pentru umiditatea nămolului livrat de stația de epurare la $w = 65 - 70\%$;
- cantități de nămol care să permită obținerea unor indicatori economici/energetici favorabili; 25 – 35 kWh/ t ss.

În operarea filtrelor presă se impune asigurarea spălării la 10 – 15 cicluri în cazul condiționării cu polimer, 30 – 40 cicluri în cazul condiționării cu substanțe minerale. Durata unei spălări 3 – 4 h.

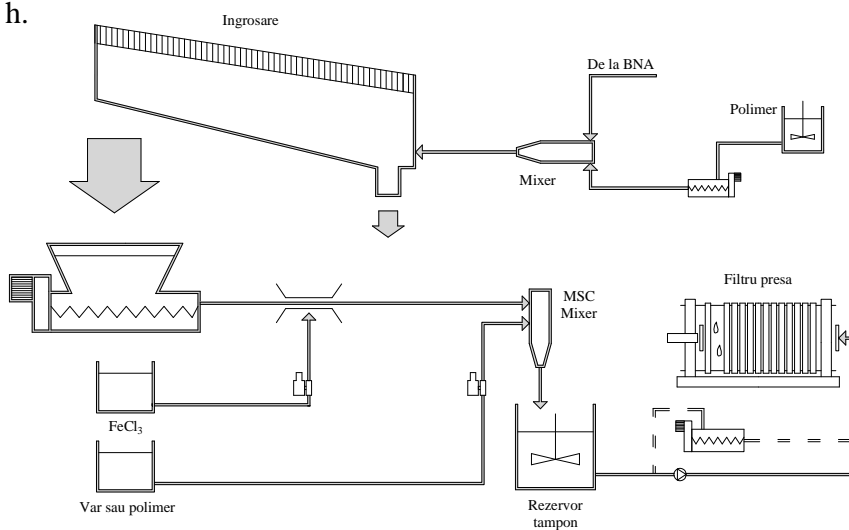


Figura 9.25. Tehnologia deshidratării cu filtre presă.

9.9 Tehnologii de prelucrare avansată a nămolurilor

9.9.1 Compostarea nămolurilor

Compostarea este o metoda biochimică de stabilizare a nămolurilor din apele uzate pentru a putea fi folosite ca produse de îmbunătățire a calității solurilor. Este un proces autoterm (50 – 70 °C), ce reduce agenții patogeni și produce material similar cu pământul natural. Un produs bine stabilizat prin compostare poate fi depozitat și are un miros aproape insesizabil. Compostarea este recomandată pentru utilizarea finală a produsului. Se poate folosi în agricultură, pentru controlul eroziunii solului, pentru îmbunătățirea proprietăților pământului și pentru recultivarea pământului și aceste obiective sunt atinse doar după ce se realizează reducerea agenților patogeni, maturarea și uscarea materialului compostat. Aproximativ 20–30 % din materiile volatile sunt transformate în dioxid de carbon și apă.

Procesul de compostare se poate desfășura în medii aerate sau în medii neaerate. Compostarea aerobă accelerează descompunerea materialului având ca rezultat creșterea temperaturii necesare distrugerii agenților patogeni și reduce cantitatea de gaze mirositoare ce rezultă în timpul procesului.

Pot fi compostate nămoluri brute, fermentate sau stabilizate pe cale chimică. Nămolurile stabilizate prin fermentarea aerobă sau anaerobă înainte de a fi compostate, pot duce la reducerea suprafeței de compostare cu 40%.

Factorii care stabilesc alegerea procesului de compostare sunt:

- producția zilnică de nămol;
- suprafața necesară desfășurării procesului;
- proprietățile nămolului, tipul proceselor și echipamentelor de prelucrare a nămolului utilizate în amonte;

9.9.1.1 Etapele procesului

Etapele procesului de compostare:

- 1) Amestecul nămolului cu materialul de umplutură;
- 2) Descompunerea, aerarea amestecului prin mijloace mecanice, prin insuflare de aer sau ambele;
- 3) Maturarea și depozitarea care permite desfășurarea fenomenului de stabilizare a nămolului și răcirea compostului;

4) Post-procesarea (sitarea pentru îndepărtarea materialului nebiodegradabil și mărunțirea acestuia);

5) Valorificarea.

O parte din produsul final este recirculat pentru o condiționare mai bună a amestecului format din nămol și material de umplură.

9.9.1.2 Desfășurarea procesului

Procesul de compostare implică distrugerea complexă a substanțelor organice cu formarea de acid humic și compost.

Microorganismele implicate în procesul de compostare sunt bacteriile, actinomyces și ciupercile. Bacteriile sunt responsabile pentru distrugerea unei părți semnificative de material organic. Inițial, la temperaturi mezofile ($< 40^{\circ}\text{C}$), ele metabolizează carbohidrații, zaharurile și proteinele. La temperaturi termofile (mai mari de 40°C), bacteriile descompun proteinele, lipidele, și fracțiunile de semiceluloză. Acestea sunt responsabile pentru energia produsă pentru încălzire.

Ciupercile sunt prezente atât la temperatură mezofilă cât și la temperatură termofilă. Activitatea lor este asemănătoare cu cea a actinomyces. Ambele se găsesc pe părțile exterioare ale grămezilor compostate. În figura 9.26 se prezintă tipurile de bacterii și temperaturile corespunzătoare de acțiune.

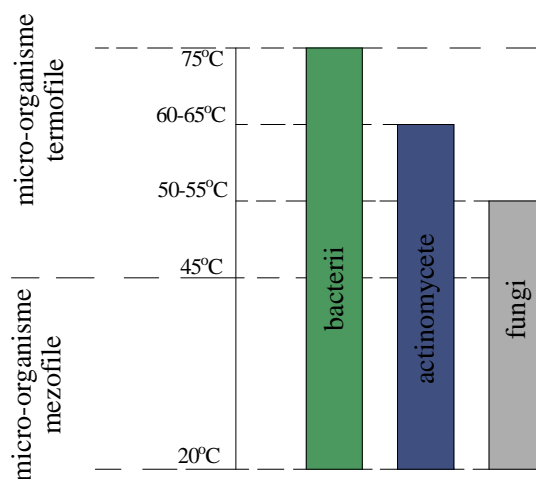


Figura 9.26. Microorganismele active în procesul de compostare.

Procesul de compostare cuprinde 3 etape de asociate cu temperatura: activitate la temperatură mezofilă, la temperatură termofilă și la temperatură scăzută (de răcire). În activitatea mezofilă, temperatura crește de la temperatura mediului ambiant până la 40°C, cu apariția de ciuperci și bacterii. În perioada termofilă temperatura crește până la 70°C, iar microorganismele existente sunt înlocuite cu bacterii termofile, actinomycece și ciuperci termofile. La temperatura termofilă are loc reducere semnificativă a substanțelor organice. Etapa de răcire este caracterizată prin reducerea activității microorganismelor și înlocuirea organismelor termofile cu cele mezofile. În această etapă are loc evaporarea apei din materialul compostat, stabilizarea pH-ului și formarea acizilor humici.

9.9.1.3 Balanța energetică

Căldura este generată de transformarea carbonului organic în dioxid de carbon și vapori de apă. Combustibilul provine din partea de substanțe volatile degradată rapid.

Căldura este disipată în timpul aerării și mixării materialului de compostat. Temperatura procesului nu va crește dacă pierderile de căldură depășesc temperatura generată de proces. Dacă raportul dintre cantitatea de apă evaporată și cantitatea de substanțe volatile reduse este mai mic de 8 – 10, trebuie să fie disponibilă suficientă energie pentru încălzire și evaporare. Dacă raportul depășește 10, amestecul va rămâne rece și umed. Această generalizare se bazează pe căldura de evaporare și nu se ia în considerare efectul mediului ambiant asupra evaporării și a suprafeței de răcire.

9.9.1.4 Raportul carbon/azot

Microorganismele folosesc carbon și azot în proporții fixate de către compoziția biomasei microbiene. Raportul ideal de carbon la azot variază între 25:1 și 35:1. Dacă raportul carbon/azot este mai mic de 25:1, excesul de azot va fi transformat în amoniac, având ca rezultat pierderea de nutrient și emisia de miros amoniacal. Dacă raportul depășește 35:1, materialul organic se va degrada din ce în ce mai încet și va rămâne activ în etapa de tratare.

Materialul de umplură echilibrează conținutul de materii solide al amestecului, asigură o sursă suplimentară de carbon pentru a ajusta raportul carbon/azot și balanța energetică, și asigură integritatea structurală pentru a menține porozitatea amestecului. Materialul de umplură poate fi constituit din resturi vegetale din agricultură (tulpini de floarea soarelui,

coceni de porumb, paie), deșeuri menajere orășenești, deșeuri animale, materiale rezultate de la prelucrarea lemnului.

Procesul cu grămadă statică aerată și unele procese ce au loc în bazine special amenajate necesită amestecuri cu o porozitate mare, pentru a putea fi aerate de către suflante la presiune mică.

Datorită materialului de umplură, volumul produsului compostat este egal sau mai mare decât volumul turtelor deshidratate. Pentru un volum dat de materii solide, volumul de material ce trebuie compostat crește odată cu descreșterea procentuală a materiilor solide datorită volumului mai mare de amestec.

9.9.1.5 Controlul temperaturii și aerarea

Aerarea scade temperatura și vaporii de apă și aprovizionează cu oxigen microorganismele. În timp ce debitul de aer insuflat este crescut într-un sistem de aerare forțat, temperatura ce se acumulează scade și debitul de vaporii de apă evacuați crește. Amestecare rapidă eliberează căldură și vaporii de apă, și sporește de asemenea aerarea prin îmbunătățirea porozității. Fără o aerare suficientă, temperatura ce se acumulează poate depăși 70°C, ceea ce este în detrimentul activității microbiene. Temperatura optimă pentru degradarea substanțelor volatile variază între 40 – 50°C. Temperatura de 40 – 50°C este optimă pentru îndepărtarea vaporilor de apă, deoarece debitul ridicat de aer insuflat este necesar pentru a menține temperaturi scăzute pentru un proces cu activitate ridicată. Pentru a asigura reducerea agenților patogeni, temperatura trebuie să fie mai mare de 55°C pentru un timp specificat (2 săptămâni), funcție de tipul procesului de compostare.

9.9.1.6 Reducerea agenților patogeni

Organismele patogene ce se găsesc în apele uzate se împart în cinci grupe: bacteriile, virușii, protozoa cystis, viermii parazitari și ciuperci. Primele patru grupe sunt adesea denumite organisme patogene primare, deoarece ele pot îmbolnăvi persoanele sănătoase și pot genera diferite boli. Ultimul grup, ciupercile, sunt organisme patogene secundare deoarece ele doar infectează persoanele și pot crea probleme de respirație sau boli ale sistemului imunitar.

Temperatura ridicată este una dintre metodele de distrugere a agenților patogeni. Temperatura din interiorul grămezii de compostat poate să nu fie uniformă datorită variațiilor pierderilor de căldură, caracteristicilor de mixare și a debitului de aer. Compostarea în cazul în

care temperatura atinge pe cea termofilă, trebuie să elimine practic toate organismele patogene virale, bacteriene și parazitare. Unele ciuperci (*Aspergillus fumigatus*) sunt termo-tolerante și supraviețuiesc procesului de compostare.

9.9.1.7 Maturarea

Termenul de maturare se referă la transformarea componentelor rapid biodegradabile, a materialului organic și a materialului de umplură în substanțe similare cu cele ale solului. Materialul compostat ce a fost insuficient maturat va genera miros în timpul depozitării și după umezire. Va împiedica germinarea prin generarea de acizi organici.

Termenul de stabilizare în compostare se referă la raportul de degradare microbiană a componentelor biodegradabile din amestec.

9.9.1.8 Uscarea

Vaporii de apă sunt îndepărtați în timpul compostării având loc o creștere a conținutului de materii solide din amestec de 40% – 55%. Uscarea este critică în procesele care includ sitarea deoarece sitele nu funcționează bine când materialul compostat are un conținut de materii solide mai mic de 50 – 55%. Uscarea are loc prin prevederea unei aerări suficiente și a unei agitări care să îndepărteze vaporii de apă.

Postj – procesarea este adesea utilizată pentru a realiza materialul compostat comercial. Dimensiunile particulelor din produsul final variază între 6 și 25 mm.

9.9.1.9 Elemente de proiectare a sistemelor de compostare

Următorii factori trebuie avuți în vedere:

- volumul total de material;
- greutatea totală a materiilor în stare umedă;
- conținutul de materii solide;
- conținutul de materii volatile din nămol;
- conținutul de materii volatile din materialul pentru compostat;
- umiditatea;
- cantitatea de material de umplură necesară amestecului;

Procentul de materii solide din materialul pentru compostat trebuie să fie de aproximativ 40% pentru o compostare eficientă.

Tabelul 9.21 prezintă regulile de proiectare pentru procesele de compostare aerobă.

Tabel 9.21. Parametrii de proiectare pentru procesele de compostare aerobă.

Nr. crt.	Parametri	Observații
0	1	2
1	Tipul de nămol	Se compozază atât nămolurile neprelucrate cât și nămolurile fermentate; nămolurile neprelucrate emană gaze mirositoare; nămolul neprelucrat are o putere energetică mai mare, se degradează mult mai ușor și necesită mai mult oxigen.
2	Materialul de umplutură	Caracteristicile materialului de umplutură au efecte semnificative asupra procesului și asupra calității produsului rezultat.
3	Raportul carbon/azot	Raportul carbon/azot trebuie să varieze în intervalul 20:1 - 35:1. La raport scăzut are loc producerea de amoniac. Sursa de carbon trebuie verificată dacă este rapid biodegradabilă.
4	Substanțe volatile	Substanțele volatile ale amestecului pentru compostat trebuie să fie mai mare de 30% din conținutul total de materii solide. Nămolul deshidratat necesită de obicei adăugarea de material de umplutură pentru reglarea conținutului de materii solide.
5	Necesarul de aer	Aerul ce conține cel puțin 50% oxigen rămas trebuie să fie difuzat în materialului compostat pentru obținerea unor rezultate optime, în special în cazul sistemelor mecanice.
6	Umiditatea	Umiditatea amestecului nu trebuie să fie mai mare de 60% pentru grămezile statice sau cele amestecate și mai mică de 65% pentru compostarea în bazine închise.
7	Controlul pH-ului	pH-ul trebuie să varieze între 6 și 9. Pentru o descompunere aerobă optimă pH-ul trebuie să aibe valori cuprinse între 7 și 7,5.
8	Temperatura	Temperatura trebuie să ia valori cuprinse între 50 și 55°C pentru primele zile și 55 - 60°C pe restul perioadei de compostare. Dacă temperatura crește peste 65°C pentru o perioadă mai mare de timp, activitatea biologică va fi redusă.
9	Controlul agenților patogeni	Dacă procesul se desfășoară corespunzător, pot fi distruși toți agenții patogeni. Pentru aceasta trebuie menținută o temperatură cuprinsă între 60 și 70°C pentru o perioadă de 24 h.
10	Amestecarea	Materialul de compostat trebuie amestecat după un program stabilit în prealabil. Frecvența de amestecare va depinde de tipul compostării.
11	Metalele grele	Trebuie monitorizat conținutul de metale grele atât din nămolul de compostat cât și din materialul compostat pentru a se aprecia modul final de aplicare a compostului.
12	Problema amplasamentului	Factorii ce trebuie analizați pentru alegerea amplasamentului includ disponibilitatea zonei, condițiile climatice, disponibilitatea zonelor de tranzitare.

Soluțiile pentru compostarea nămolului există sunt: așezarea sub formă de grămezi statice aerate (fig. 9.27), așezarea în brazde (întoarse și aerate) și compostarea mecanică.

Compostarea prin dispunerea sub formă de grămezi aerate statice se realizează prin așezarea amestecului format din nămol și material de umplutură sub formă de grămezi de 2 – 2,5 m pe grătare alcătuite din conducte perforate. Un strat de material compostat și sitat cu rol de izolare, este adăugat peste movila cu material pentru compostare. Amestecul este compostat pentru o perioadă de 21 – 28 zile, după care urmează maturarea timp de 30 zile.

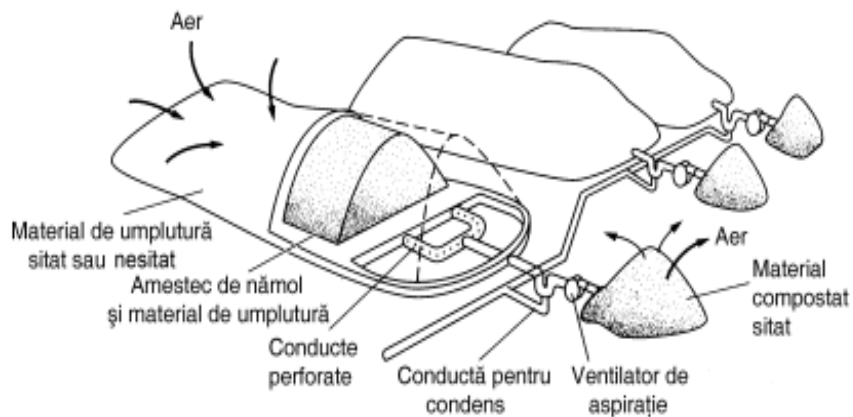


Figura 9.27. Dispunerea materialului pentru compostare sub formă de grămezi statice.

Cea de-a doua metodă de compostare o constituie dispunerea materialului sub formă de brazde de 1–2 m înălțime și o lățime la bază de 2–4,5 m. Brazdele sunt răsturnate și amestecate periodic în timpul procesului de compostare în vederea aerării mecanice. Se poate folosi aerarea mecanică. Perioada de compostare este de 21 – 28 zile, iar în această perioadă brazda cu materialul de compostare este răsturnată de cel puțin 5 ori ca temperatura menținută la 55°C. În timpul compostării condițiile aerobe sunt greu de menținut. Activitatea microbiană poate fi aerobă, anaerobă sau combinată, depinzând de cât de des sunt răsturnate și amestecate grămezile. Răsturnările sunt însoțite de emanarea de mirosuri neplăcute datorită condițiilor anaerobe. Uneori această compostare se face în spații acoperite sau chiar închise.

Compostarea mecanică în containere închise este însoțită de sisteme mecanice de control a mirosului, a temperaturii și a concentrației de oxigen. Aceste sisteme sunt eficiente, controlează mai bine mirosurile ce se degajă în timpul procesului de compostare, iar echipamentele necesită un spațiu mult mai redus.

În figura 9.28. se indică un exemplu de termocompostare cu biocontainere pentru 12.000 L.E:

- nămol deshidratat din BNA cu aerare prelungită (2.500 t/an);
- conținut SV (substanțe volatile): 14 %;
- volum maxim de nămol: 250 m³/lună;
- biocontainere: 30 m³, 12 unități;
- co–produse: resturi lemnoase, frunze, deșeuri verzi;
- control mirosuri: biofiltru.

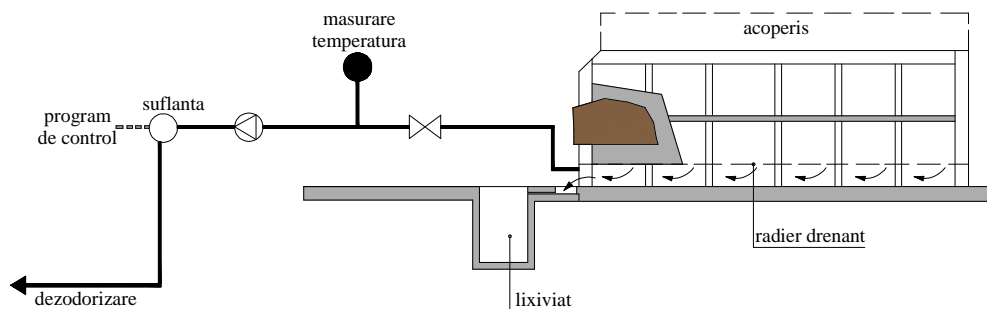


Figura 9.28. Schema compostare cu biocontainere.

9.9.2 Uscarea nămolurilor

Uscarea nămolului se realizează prin evaporarea apei și reducerea umidității la un conținut de substanță uscată superior la 35 – 40 %. Prin uscarea nămolului se reduc costurile de transport și depozitare prin obținerea unor volume de nămol reduse și distrugerea agenților patogeni și extinderea ariei de utilizare.

Turtele uscate de nămol pot fi utilizate ca material fertilizator sau pentru îmbunătățirea calității solului, pentru depozitarea prin împrăștierea pe pământ sau pentru incinerare.

Tehnologia uscării realizează eliminarea prin evaporare a apei interstițiale prezentă în nămoluri.

Uscarea poate fi:

- parțială: 10-30% umiditate;
- totală: conținut de apă 5-10%.

Uscarea este aplicată nămolurilor deshidratate; deshidratarea fiind un proces mai puțin costisitor comparativ cu uscarea.

Eliminarea apei interstițiale a unui nămol, într-o etuvă la $t^{\circ}\text{C} = \text{const.}$ prezintă două faze (fig. 9.29):

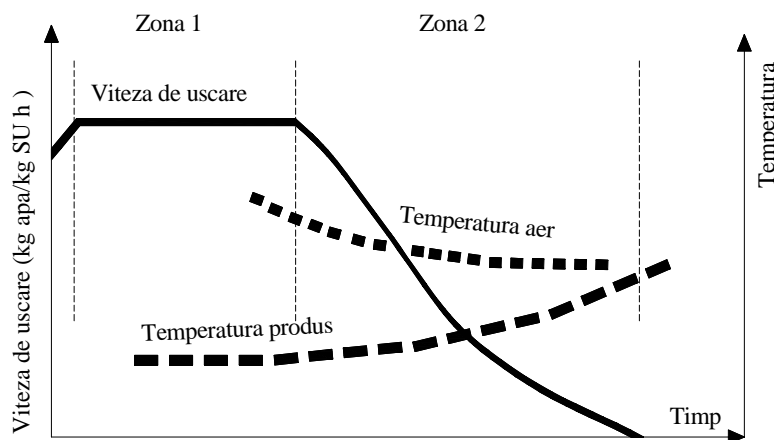


Figura 9.29. Fazele uscării nămolului.

Conform diagramei se pune în evidență:

- faza de uscare rapidă la viteză constantă (zona 1) în timpul căreia presiunea parțială a lichidului care se evaporă la suprafața materialului este egală cu presiunea vaporilor la temperatura considerată; se produce o migrare a apei la suprafață și se evacuează toată apa capilară;
- faza de uscare lentă (zona 2) care corespunde unei variații a presiunii vaporilor în profunzime provocată de gradientul de temperatură de la suprafață spre adâncime.

În materialele higroscopice unde umiditatea este dată esențial de forțele de adsorbție sau osmotice, uscarea este caracterizată de zona 2. Nămolurile din SE predeshidratate se încadrează în această categorie.

Uscarea poate fi:

- directă; nămolul se află în contact cu gazul de combustie;
- indirectă; aportul caloric se realizează prin suprafațe de schimb încălzite de vapori.

Uscătoarele sunt dimensionate în funcție de cantitatea de apă de evaporat.

Schema tehnologică a unei instalații de uscare se prezintă în figura 9.30.

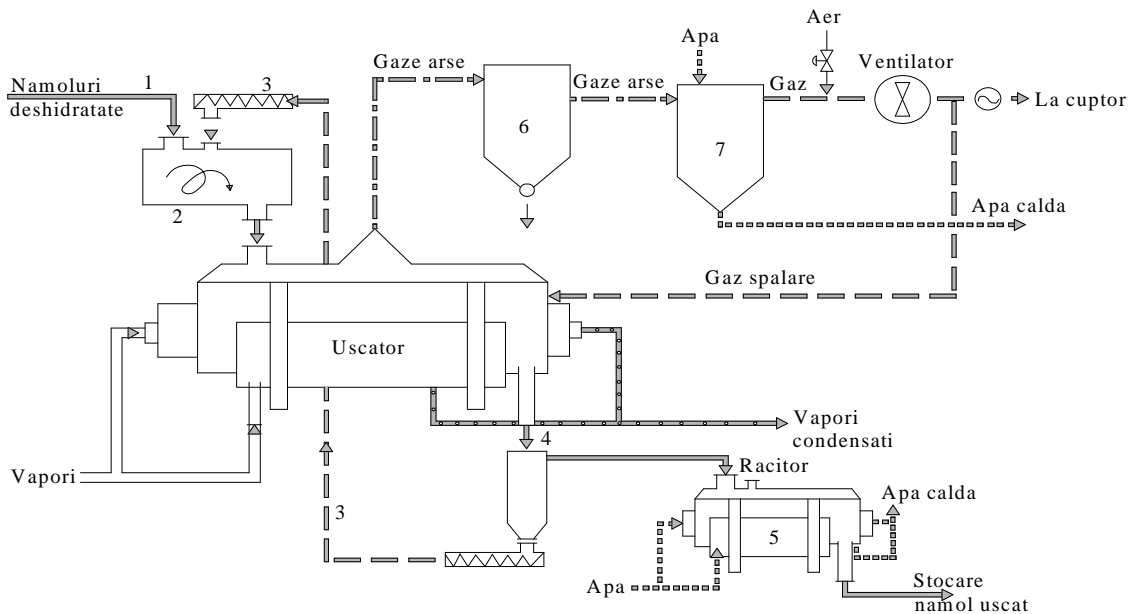


Figura 9.30. Schema instalație de uscare a nămolurilor.

- 1 – Nămol deshidratat influent; 2 – Sistem de amestec (șurub elicoidal);
- 3 – Nămol uscat recirculat pentru eliminare aderență; amestecul: 40-50% umiditate;
- 4 – Nămol uscat la 80-100 °C; 5 – Sistem de răcire cu apă;
- 6 – Ciclone de separare particule; 7 – Turn de condensare.

Consumul de vapori: 1,3-1,5 kg/kg apă evaporat; 800-900 kcal/kg apă evaporat luând în considerație și pierderile; rata de evaporare/ m² de suprafață globală încălzită: 12-15 kg apă/m² h.

9.9.2.1 Uscătoare rotative tubulare

În figura 9.31 se prezintă schema tehnologică a uscării nămolului cu un uscător rotativ.

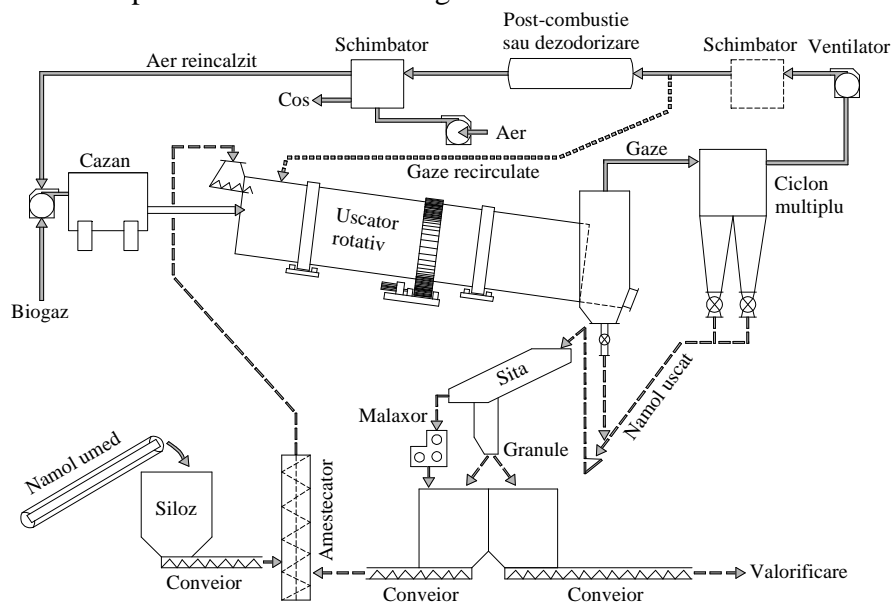


Figura 9.31. Schema tehnologică a uscării nămolului cu un cuptor rotativ co-curent.

Aceste tipuri de uscătoare sunt cele mai utilizate în tehnica uscării nămolurilor din SE.

Uscătoarele rotative sunt formate din:

- cilindri rotativi (1– 2,5 m diametru $L = 10$ m) echipați cu sisteme care să asigure curgerea lentă a nămolului în timpul uscării;
- alimentare cu gaze la 120 – 200 °C având praful eliminat în cicloane.

Randamentul acestor utilaje asigură evaporarea a 4–5 t de apă pe oră la tamburi de 2–2,5 m diametru.

9.9.2.2 Bilanțul termic

O instalație care consumă sau produce energie este reprezentată de un bilanț de căldură guvernat de legile termodinamicii; bilanțul exprimă relațiile între entalpiile influente și cele efluente. Bilanțul poate fi utilizat pentru calculul consumului de energie sau de emisii induse de către sistem precum și bilanțul de substanțe solide și volatile.

Entalpiile se definesc astfel:

- entalpii influente:
 - reacții exoterme bazate pe oxidarea produșilor procesați (combustia materiilor organice din nămol);
 - energiile recirculate din proces (în cazul incinerării, entalpia aerului încălzit);
 - energia obținută prin arderea combustibilului (cantitatea de combustibil/ $h \times$ valoarea calorică a combustibilului);
- entalpii efluente:
 - reacții endoterme date de sistem: energia latentă eliminată prin evaporarea apei conținute în nămol;
 - entalpie de la producția reacției de descompunere a materiei influente în sistem; în cazul nămolurilor se referă la energiile obținute prin supraîncălzirea apei evaporate și a produșilor rezultați din combustia incompletă a nămolului;
 - entalpie de la producția reacției de ardere a combustibililor utilizați în proces;
 - pierderile de energie ale sistemului; se utilizează ecuații clasice de transfer de căldură; pentru a simplifica lucrurile, aceste pierderi de energie (căldură) sunt acceptate la o valoare de 3% din suma entalpiilor efluente.

Bilanțul se realizează printr-o serie de iterații admitând:

- temperatura efluentă minimă a sistemului;
- cantitatea de oxigen liber din gazele evacuate de sistem (aer în exces).

Se aplică în cazul proceselor de incinerare sau piroliză când temperatura minimă admisă este 850°C și când concentrația de oxigen liber este de 6% în gazele uscate (echivalentul a 3 – 3,5 % în gazele umede).

Compoziția medie a SO a nămolurilor urbane este dată în tabelul următor.

Tabel 9.22. Compoziția nămolurilor urbane în substanțe organice.

Tip nămol	C%	H%	O%	N%
N. proaspete	56-62	7,9-8,7	26,5-29	3,5-6,8
N. fermentate	53-59	7,2-8,5	28-31	3-7

Puterea calorică specifică a nămolurilor: 4.500 – 6.000 kcal/kg SV.

Bilanțul termic reprezintă suma:

- termenilor pozitivi – cantitatea de căldură degajată de produsele combustibile și aportul produselor de ardere;
- termenilor negativi reprezentând cantitatea de căldură absorbită de produsele de combustie, evaporarea apei, cenuși și cuptor.

Formula generală:

$$(P + F) + \gamma(PV_B + FV_F) \cdot C_A \cdot T_P = \quad (9.77)$$

$$= (PV_G + FV_C) \cdot C_F \cdot T_C + (\gamma - 1) \cdot (PV_B + FV_B) \cdot C_A \cdot T_C + \frac{1 - S}{S} \Delta H_{H_2O} + 0,05 \cdot (P + F)$$

unde:

P – PCS – puterea calorică specifică a nămolurilor;

F – aportul caloric în combustibil;

γ – coeficient de exces de aer (ardere stoichiometrică $\gamma = 1$);

V_B – capacitatea de combustie a nămolurilor;

V_F – capacitatea de combustie a combustibilului;

C_A – căldură specifică aer;

T_P – temperatura aerului de combustie;

V_G – puterea fumigenă a nămolurilor;

V_C – puterea fumigenă a combustibilului;

C_F – căldura specifică a gazelor arse;

T_C – temperatura gazelor arse la ieșirea din reactor;

S – gradul de uscare al nămolului;

ΔH_{H_2O} – diferența entalpiei apei între 20 °C și T_C .

Simplificat bilanțul energetic se poate sintetiza astfel:

- Căldura influentă:

$$CI = (M_{SV} \times PCS) + [(EXA + V_{BV}) \times 0,242 \times T_P] \quad (9.78)$$

- Căldura efluentă:

$$CE = [0,301 \times T_C \times (M_{MS} + V_{BV} + M_{H_2O} + EXA)] + (M_{H_2O} \times 586) \quad (9.79)$$

- Pierderile termice:

$$PT = 10^{[5+(C_N/k)^{1/2}]} \quad (9.80)$$

Dacă:

$$CI < CE + PT \text{ – necesar aport de combustibil exterior} \quad (9.81)$$

Dacă:

$$CI > CE + PT \text{ – sistem autotermic} \quad (9.82)$$

unde:

M_{SV} – masa substanței volatile de incinerat kg SV/h;

PCS – puterea calorică specifică a SV (kcal/kg SV);

V_{BV} – capacitatea de combustie a SV în kg aer/h cf. expresiei:

$$V_{BV} = M_{SV} \times \frac{PCS}{1000} \times 1,405 \quad (9.83)$$

EXA – masa de aer în exces (kg aer/h)

$$EXA = \frac{(VGU + 1,244 M_{H_2O}) \cdot T_{O_2}}{(0,209 - T_{O_2})} \times 1,287 \quad (9.84)$$

T_{O_2} – conținutul de oxigen în gazele umede (ex. 7%; $T_{O_2} = 0,07$)

VGU – volum gaze umede în N m³/h;

$$VGU = V_{GV} \times 0,76 \quad (9.85)$$

V_{GV} – puterea fumigenă a SV în kg gaze arse/h;

M_{MS} – masa SU de incinerat (kg SU/h);

M_{H_2O} – masa de apă de evaporat (kg/h);

C_N – sarcina nominală a cuptorului (kg/h);

k – coeficient (35 – patfluidizat, 26 – piroliză, 29 – cuptoare etajate de piroliză)

Se precizează în manualele de specialitate:

- Pentru diferite tipuri de unități de incinerare limita domeniului de evaporare se află între valorile 5.000 – 7.500 kJ/kg apă (1.200 – 1.800 kcal/kg).
- Legislația europeană impune pentru gazele arse temperaturi de 700 – 900 °C și un conținut minim de oxigen care să asigure oxidarea totală a materiilor organice.

Aceste exigențe degradează bilanțul termic al unui cuptor și analizele se extind asupra:

- deshidratării prealabile a nămolurilor;
- recuperării căldurii din gazele arse indiferent de încărcarea cu praf.

Elemente componente ale unei tehnologii de uscare/incinerare (fig. 9.32)

a) Sistem alimentare cu nămol:

- bazin de stocare, compensare pentru reglarea debitelor influente;
- dotare opțională sistem de mărunțire, omogenizare.

Se utilizează: benzi rulante, conveiere cu șurub melcat, pompe de nămol.

b) Uscător/incinerator;

c) Sistem de ventilație:

- pentru gazul/aerul de uscare;
- pentru gazul/aerul de combustie;
- aer de fluidizare, de răcire;
- funcționare subpresiune/depresiune

d) Ansamblul de desprăfuire:

- sistemul ciclon pentru gazele parțial răcite
- sistemul umed cu pulverizare, venturi;
- sistemul electrostatic.

e) Evacuare cenuși:

- sistemul uscat în containere închise;
- sistemul hidraulic prin pomparea suspensiei la concentrații sub 200-300 g/dm³;
- sistemul umidificat în containere deschise.

În figura 9.32 este prezentată schema tehnologiei de incinerare a nămolului.

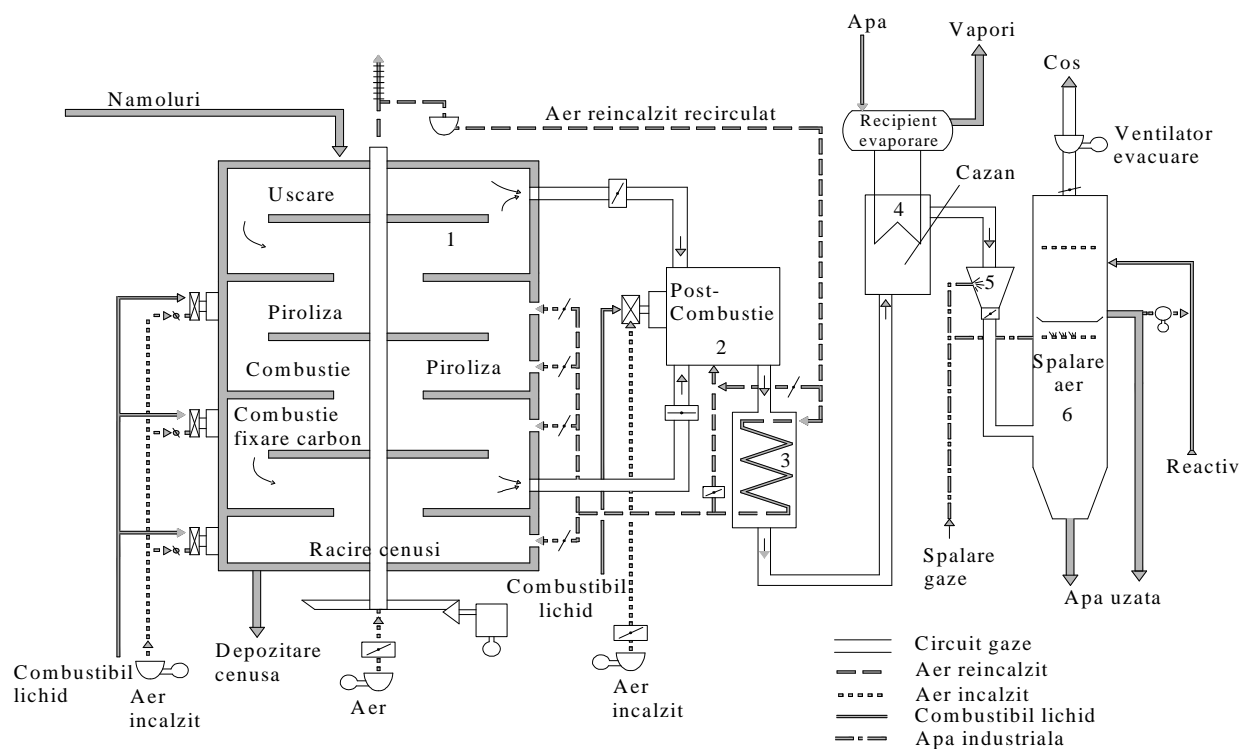


Figura 9.32. Schema tehnologiei de incinerare nămol.

- 1 – Cuptor etajat; 2 – Cameră postcombustie 750-900 °C; 3 – Schimbător termic gaze/aer;
 4 – Cazan de recuperare-furnizează vapori la 15 bar și asigură reducerea temperaturii gazelor la sub 300 °C;
 5, 6 – Ansamblu de spălare gaze.

9.9.2.3 Alegerea soluției de uscare/ incinerare a nămolurilor din stațiile de epurare

9.9.2.3.1 Elemente generale

Pentru fiecare stație de epurare sau grupuri de stații de epurare din cadrul unui Operator Regional se va elabora o strategie pe termen mediu și lung privind procesarea și valorificarea nămolurilor rezultate din stație.

Strategia de procesare și valorificare a nămolurilor va fi dezvoltată pe baza următoarelor criterii specifice:

- fiabilitate economică: costuri de investiție, energie încorporată;
- criterii tehnice: adoptarea celor mai bune soluții;
- criterii ecologice: influențe minime asupra mediului.

Strategia managementului nămolului va lua în considerație:

- Capacitatea de implementare; baza strategiei va fi dată de condițiile și resursele locale cu posibilitatea de adaptare la condițiile potențiale; se vor include utilizarea infrastructurii și resurselor existente pentru adoptarea uneia sau mai multor procese: utilizarea în agricultură direct sau prin producție de compost și/sau alte combinații cu agenții economici: fabrici de ciment, combinate petrochimice, centrale termoelectrice;
- Fiabilitatea; se obține din combinarea unor opțiuni multiple: unele vor fi dezvoltate pe termen mediu, altele vor fi implementate pe termen lung; este necesară crearea condițiilor pentru reorientarea viitoare, pe baza tendințelor tehnologice și modificării (completării) exigențelor de mediu;
- Impactul asupra mediului; nămolurile din SE vor fi considerate produse ale SEAU folosite ca materie primă în noi procese/produse;
- Riscul asupra sănătății umane; este necesară conformarea la normele și standardele naționale și europene pentru toată perioada de existență a proiectului;
- Costurile sociale: costurile de investiție și cele operaționale nu vor putea duce la creșterea semnificativă a tarifelor utilizatorilor sistemului de canalizare.

9.9.2.3.2 Mărimea SEAU

a) Pentru SE care deserveșc $N < 10.000$ LE alegerea soluției de neutralizare a nămolurilor va lua în considerație utilizarea în agricultură direct sau prin biocompostare; se vor utiliza suprafețele, zonele apropiate amplasamentului astfel încât costurile de transport nu vor trebui să depășească 10% din costurile totale

b) Pentru SE care deserveșc 200.000 LE

Se vor asigura nămoluri produse cu minim 35% SU.

Opțiunile care vor fi luate în considerație sunt:

- utilizarea depozitelor ecologice regionale din zona amplasamentului SE;
- dezvoltarea/implementarea progresivă (de la 25% la 100%) a unei tehnologii de uscare care să asigure 70-75% SU; se va avea în vedere capacitatea de preluare a depozitelor ecologice;
- implementarea într-o perioadă de 20-25 ani a unui sistem de incinerare combinat cu procesul de uscare și cu asigurarea unei producții de materiale de construcții cu utilizarea materialului inert produs prin incinerare.

c) Pentru SE care deserveșc 50.000-150.000 LE

Soluția adoptată va avea la bază configurația situației locale:

- existența unor condiții favorabile pentru utilizarea în agricultură și/sau producția de biocompost;
- condiționări impuse de preluarea la depozitele de deșeuri ecologice;
- situații favorizante: combinarea cu centrale termo-electrice, fabrici de prelucrare materiale lemnoase; acestea pot conduce la costuri de investiție și operaționale competitive.

În tabelul 9.23 se prezintă în sinteză elementele care stau la baza alegerii scenariilor de valorificare a nămolurilor.

Tabel 9.23. Scenarii de valorificare a nămolurilor provenite de la SE

Nr. crt.	Scenariu	Aspecte operaționale	Costuri	Avantaje	Dezavantaje/Restricții	Costuri medii (€/tonă SU)
1.	Agricultură/ sivicultură direct sau biocompost	<ul style="list-style-type: none"> – transport – împrăștiere nămol – verificarea calității nămolului – verificarea calității solului – tehnologia de împrăștiere nămol – depozitare temporară 	<ul style="list-style-type: none"> – transport – împrăștiere nămol – testare nămol-sol – investiții privind tehnologia de împrăștiere 	<ul style="list-style-type: none"> – Investiții reduse – Depozitarea unor volume mari de nămol – Conduce la creșterea valorii terenurilor – Refacerea terenurilor degradate – Reducerea utilizării îngrășămintelor chimice – Soluție pe termen mediu 	<ul style="list-style-type: none"> – Disponibilitatea terenului – Siguranța redusă – Restricții date de compoziția solurilor (nutrienți, metale) – Monitorizarea continuă a calității solurilor, nămolurilor și produselor obținute – Dependența sezonieră și climatică – Efecte pe termen lung asupra solului și apelor subterane – Dependența de tipul culturilor 	≈ 100,0
2.	Depozitarea nămolului de epurare la depozite ecologice	<ul style="list-style-type: none"> – transportul la unul sau mai multe depozite de deșeuri 	<ul style="list-style-type: none"> – deshidratare $\geq 35\%$ SU – costuri operare instalație deshidratare – transport – depozitare 	<ul style="list-style-type: none"> – Costuri de investiție scăzute – Depozitarea unor volume mari de nămol – Costuri relativ scăzute de operare – Posibilitatea utilizării imediate 	<ul style="list-style-type: none"> – Directive viitoare de depozitare a deșeurilor – Dependența de capacitatea de depozitare – Reevaluare anuală – Reduce durata de operare a depozitului 	≈ 25,0
3.	Uscare/ incinerare	<ul style="list-style-type: none"> – utilaje complexe și sisteme de evitare risc poluare atmosferică – energie suplimentară 	<ul style="list-style-type: none"> – cost instalație deshidratare/uscare – cost instalație de incinerare 	<ul style="list-style-type: none"> – Soluție pe termen lung – Siguranța în proces – Reducerea cantităților de nămol – Recuperare energie – Reutilizarea cenușii – Se pot elimina procesele de fermentare – Recomandat managementul integrat cu deșeuri urbane 	<ul style="list-style-type: none"> – Costuri de investiție mari – Emisii în atmosferă: necesare tehnologii performante – Necesitate evaluare regională – Eficiența energetică depinde de calitatea nămolului 	70-100,0

9.9.2.3.3 Folosirea nămolurilor în agricultură

Limitările aplicării procesului se datorează, uneori, compoziției neadecvate a nămolului (existența metalelor grele), a dificultăților de a găsi un teren potrivit la o distanță nu prea mare de sursă.

Dacă azotul din azotat este aplicat în cantități mai mari decât poate fi absorbit de plante, azotul în exces poate contamina apele subterane și/sau de suprafață.

Căile de pătrundere a azotului în sol sunt diverse. Procesele care afectează formele de azot din sol sunt mineralizarea, nitrificarea, denitrificarea, fixarea, adsorbția, volatilizarea, schimbul de ioni, convecția, dispersia și preluarea de către plante.

Mineralizarea (conversia azotului organic la amoniac) se produce la viteze variabile în funcție de condițiile de climă și sol și de natura materiei organice, iar nitrificarea (oxidarea amoniacului la azotat) se produce relativ repede în solurile acide când temperaturile sunt favorabile. Pe de altă parte denitrificarea (transformarea azotului din azotat în azot gazos) are loc în lipsa oxigenului și când există sursă de carbon favorabilă desfășurării activității biologice.

Microorganismele utilizează o parte din azotul din sol pentru a sintetiza noi celule. Ionii de amoniu pot fi fixați de materia organică și de argilele cu silicați fiind protejate de atacul biologic. Volatilizarea amoniacului poate fi importantă la solurile cu pH ridicat.

Norme tehnice privind protecția mediului și în special a solurilor, când se utilizează nămoluri de epurare în agricultură

Aceste norme stabilesc condițiile de valorificare a potențialului agrochimic al nămolurilor provenite din epurarea apelor uzate, prevenirea și micșorarea efectelor nocive asupra solurilor, apelor, vegetației, animalelor, astfel încât să se asigure utilizarea corectă a acestora.

Concentrația de metale grele în solurile pe care se aplică nămoluri, concentrațiile de metale grele din nămoluri și cantitățile maxime anuale ale acestor metale grele care pot fi introduse în solurile cu destinație agricolă sunt prezentate în tabelele 9.24, 9.25 și 9.26.

Utilizarea nămolurilor atunci când concentrația unuia sau mai multor metale grele din sol depășește valorile maxime stabilite în tabelul 9.24 este interzisă.

Pe terenurile agricole se pot împrăști numai nămolurile al căror conținut în elemente poluante nu depășeșc valorile maxime prezentate în tabelul 9.25.

Cantitățile maxime admisibile de metale grele care pot fi aplicate pe sol pe unitatea de suprafață (ha) și an sunt prezentate în tabelul 9.26.

Respectarea reglementărilor menționate mai sus intră în atribuțiile autorităților competente la nivel teritorial, după cum urmează:

- autoritatea teritorială de mediu;
- autoritatea teritorială agricolă.

În atribuțiile acestora este întocmirea, anual, a unui raport de sinteză privind utilizarea nămolurilor în agricultură, cantitățile utilizate, pe tipuri și caracteristici ale nămolurilor, tipurile de sol și evoluția caracteristicilor acestora, dificultățile apărute, etc.

Tabel 9.24. Valorile maxime admisibile al concentrațiilor de metale grele în solurile pe care se aplică nămoluri (mg/kg SU într-o probă reprezentativă de sol cu un pH mai mare de 6,5)

Indicatorul	Valoarea maximă (C.M.A.) (mg/kg s.u)
Calciu	3
Cupru	100
Nichel	50
Plumb	50
Zinc	300
Mercur	1
Crom	100

Tabel 9.25. Concentrațiile maxime admisibile de metale grele din nămolurile utilizate pentru fertilizare în agricultură (mg/kg SU).

Indicatorul	Valoarea maximă (mg/kg s.u)
Cadmiu	10
Cupru	500
Nichel	100
Plumb	300
Zinc	2.000
Mercur	5
Crom	500
Cobalt	50
Arsen	10
AOX (suma compușilor halogenați)	500
HAP (hidrocarburi aromatice policiclice) – suma următoarelor substanțe: antracen, benzopiren, benzoantracen, benzofluorantren, benzoperilen, benzopiren, fluorantren, indeno (1,2,3) piren, naftalină, fenantren, piren	5
PCB (bifenoli policlorurați) – suma compușilor cu numerele 28, 52, 101, 118, 138, 153, 180 conform Ordinului M.A.P.P.M. nr. 756/1997, pentru aprobarea Regulamentului privind evaluarea poluării mediului, publicat în Monitorul Oficial al României, P. I-a, nr. 303 bis din 6 Noiembrie 1997	0,8

Tabel 9.26. Valorile maxime pentru cantitățile anuale de metale grele care pot fi introduse în terenurile agricole pe baza unei medii de 10 ani (kg/ha, an)

Indicatorul	Valoarea maximă (kg/ha,an)
Cadmiu	0,15
Cupru	12
Nichel	3
Plumb	15
Zinc	30
Mercur	0,1
Crom	12

Legislația Uniunii Europene în domeniul utilizării agricole a nămolurilor poate fi sintetizată după cum urmează:

- Directiva nr. 91/271/EEC privind epurarea apelor uzate orășenești stabilește că „nămolul provenit din epurarea apelor uzate se va reutiliza ori de câte ori acest lucru este adecvat” și „traseele către locul de stocare a nămolului se vor reduce la maximum pentru a reduce efectele negative asupra solului”.
- Directiva 86/278/EEC pentru protecția mediului și în special a solurilor, în cazul utilizării agricole a nămolurilor. Aceasta stă la baza controlului calității nămolurilor și solurilor și limitează aceste utilizări la situațiile când se pot asigura avantaje economice pentru culturi.
- Directiva 91/676/EEC privind prevenirea poluării solurilor și apelor subterane cu azotați – stabilește controlul asupra răspândirii nămolurilor în zone cu tendințe de eutrofizare sau poluare cu azotați prin indicarea unor zone maxime de azot.
- Directiva cadru pentru reziduuri solide – stabilește prioritatea acțiunilor întreprinse cu privire la reziduurile solide:
 - evitarea și minimizarea generării de reziduuri;
 - reciclarea reziduurilor;
 - incinerarea reziduurilor (cu recuperarea de căldură);
 - stocarea reziduurilor pe sol.

Legislația U.E. privind reziduurile nu clasifică nămolul „reziduu periculos”.

Directiva stocării reziduurilor pe sol stabilește limitele maxime ale conținutului de materie organică ce se poate stoca pe soluri.

Conform Directivei 86/278/EEC și al Ordinului nr. 49/2004 al Ministerului Mediului și Gospodăririi Apelor, la utilizarea nămolurilor în agricultură se vor urmări:

- nu se admite împrăștierea nămolului când pH-ul solului este sub valoarea 5; limitele pentru metale în soluri depind de pH-ul solului;
- nămolul se utilizează numai pentru a satisface cerințele de nutrienți (N și P) ale culturilor;
- nu se recomandă utilizarea nămolurilor pe câmp când există risc de poluare a apelor subterane;
- pentru diversele metode de aplicare a nămolului sunt necesare metode adecvate de prelucrare a acestuia;
- se precizează restricțiile în privința recoltării culturilor fertilizate cu nămol;
- se specifică interdicții de utilizare a nămolului la anumite culturi.

Limitele concentrațiilor pentru anumite substanțe chimice care se pot acumula în sol, în funcție de valoarea pH a solului sunt prezentate în tabelul 9.27.

Tabel 9.27. Limitele concentrațiilor pentru anumite substanțe chimice care se pot acumula în sol conform Directivei 86/278/EEC.

	Valori limită în nămol (mg/kg SU)		Valori limită în sol (86/278/EEC)	
	Directiva 86/278/EEC	Limite europene noi propuse	Sol (mg/kg)	Indice de aplicare (kg/ha.an)
Cd	20 – 40	10	1 – 3	0,15
Cu	1000 – 1750	1000	50 – 140	12
Hg	16 – 25	10	1 – 1,5	0,1
Ni	300 – 400	300	30 – 75	3
Pb	750 – 1200	750	50 – 300	15
Zn	2500 – 4000	2500	150 – 300	30

Prin utilizarea nutrienților din nămol principalul beneficiu este reducerea sau eliminarea consumului de îngrășăminte chimice.

Nămolul prelucrat, transportat la amplasamentul destinat, trebuie încorporat în sol (arătură) imediat pentru a reduce la maximum efectele mirosurilor.

Factorul limitativ al utilizării agricole a nămolului este aportul de azot. În ipoteza unui conținut mediu de azot de 2,5% și aplicând nămol în cantități de azot de până la 250 kg/ha, conform Directivei Europene a azotaților (91/676/EEC) rezultă un indice de aplicare a nămolului de 10 t S.U./ha.

Aplicarea anuală a acestui volum va conduce la o acumulare excesivă de azot și fosfor în sol; în consecință se prevede ca aplicarea de nămol să se facă o dată la patru ani. Pe această bază se poate calcula volumul de nămol posibil de absorbit prin valorificarea pe terenuri agricole.

BIBLIOGRAFIE

1. NTPA 001/28 februarie 2002, modificat și completat în 2005 – Normativ privind stabilirea limitelor de încărcare cu poluanți a apelor uzate industriale și orășenești la evacuarea în receptori naturali.
2. NTPA 002/28 februarie 2002, modificat și completat în 2005 – Normativ privind condițiile de evacuare a apelor uzate în rețelele de canalizare ale localităților și direct în stațiile de epurare.
3. NTPA 011/28 februarie 2002, modificat și completat în 2005 – Normativ privind colectarea, epurarea și evacuarea apelor uzate orășenești.
4. NTPA 013/2002 – Normativ privind normele de calitate pe care trebuie să le îndeplinească apele de suprafață utilizate pentru potabilizare.
5. NP 032/ 1999 – Normativ pentru proiectarea construcțiilor și instalațiilor de epurare a apelor uzate orășenești. Partea I: Treapta mecanică.
6. NP 088/ 2003 – Normativ pentru proiectarea construcțiilor și instalațiilor de epurare a apelor uzate orășenești. Partea a II – a: Treapta biologică.
7. NP 089/ 2003 – Normativ pentru proiectarea construcțiilor și instalațiilor de epurare a apelor uzate orășenești. Partea a III – a: Stații de epurare de capacitate mică ($5 < Q \leq 50$ l/s) și foarte mică ($Q \leq 5$ l/s).
8. NP 107/ 2004 – Normativ pentru proiectarea construcțiilor și instalațiilor de epurare a apelor uzate orășenești. Partea a IV – a: Treapta de epurare avansată a apelor uzate.
9. NP 118/ 2006 – Normativ pentru proiectarea construcțiilor și instalațiilor de epurare a apelor uzate orășenești. Partea a V – a: Prelucrarea nămolurilor.
10. H.G. 188/2002 modificată și completată prin H.G. 352/ 2005 pentru aprobarea unor norme privind condițiile de descărcare în mediul acvatic a apelor uzate.
11. Legea 10/1995 a calității în construcții.
12. Legea Apelor 107/1996 modificată prin Legea 310/2004.
13. Legea Protecției Mediului 137/1996 modificată și completată cu Legea 265/2005.
14. Legea 458/2002 modificată și completată prin Legea 311/2004, privind calitatea apei potabile.
15. O.U.G. 152/ 2005 privind prevenirea și controlul integrat al poluării.

16. O.M. 1146/2002 pentru aprobarea Normativului privind obiectivele de referință pentru clasificarea calității apelor de suprafață.
17. Directiva 86/278/EEC pentru protecția mediului și în special a solurilor, în cazul utilizării agricole a nămolurilor.
18. Directiva 91/271/EEC privind epurarea apelor uzate orășenești.
19. Directiva 91/676/EEC privind prevenirea poluării solurilor și apelor subterane cu azotați.
20. SR 1343 – 1/2006: Alimentări cu apă. Determinarea cantităților de apă potabilă pentru localități rurale și urbane.
21. SR 1846 – 1/2006: Canalizări exterioare. Prescripții de proiectare. Partea 1: Determinarea debitelor de ape uzate de canalizare.
22. SR 1846 – 2/2007: Canalizări exterioare. Prescripții de proiectare. Partea 2: Determinarea debitelor de ape meteorice.
23. SR ISO 6060/1996: Ape de suprafață și ape uzate. Determinarea consumului chimiz de oxigen.
24. SR EN ISO 6878/2005: Calitatea apei. Determinarea conținutului de fosfor. Metoda spectrometrică cu molibdat de amoniu.
25. SR EN 124/1996: Dispozitive de acoperire și de închidere pentru cămine de vizitare și guri de scurgere în zone carosabile și pietonale. Principii de construcție, încercări tip, marcare, inspecția calității.
26. SR EN 8591/1997: Rețele edilitare subterane. Condiții de amplasare.
27. SR EN 295 – 2/1997: Tuburi și accesorii de gresie și îmbinarea lor la racorduri și rețele de canalizare. Partea 2: Inspecția calității și eșantionarea.
28. SR EN 25663/2000: Ape de suprafață și ape uzate. Determinarea conținutului de azot Kjeldahl. Metoda după mineralizare cu seleniu.
29. SR EN 1899-2/2003: Determinarea consumului biochimic de oxigen după n zile (CBO_n). Partea 2: Metoda pentru probe nediluate.
30. SR EN 1917/ 2005: Cămine de vizitare și cămine de racord din beton simplu, beton slab armat și beton armat.
31. SR EN 752/2008: Rețele de canalizare în exteriorul clădirilor.
32. STAS 9470/1973: Hidrotehnică. Ploi maxime. Intensități, durate, frecvențe.

33. STAS 6054/1977: Teren de fundare. Adâncimi maxime de îngheț. Zonarea teritoriului României.
34. STAS 6953/1981: Ape de suprafață și ape uzate. Determinarea conținutului de materii în suspensie, a pierderii de calcinare și a rezidului la calcinare.
35. STAS 6701/1982: Canalizări. Guri de scurgere cu sifon și depozit.
36. STAS 2448/1982: Canalizări. Cămine de vizitare. Prescripții de proiectare.
37. STAS 427 /1983: Construcții hidrotehnice. Încadrarea în clase de importanță.
38. STAS 4162 – 1/1989: Canalizări. Decantoare primare. Prescripții de proiectare.
39. STAS 4162 – 2/1989: Canalizări. Decantoare secundare. Prescripții de proiectare.
40. STAS 10101 – 20 /1990: Acțiuni în construcții. Încărcări date de vânt.
41. STAS 10101 – 20 /1992: Acțiuni în construcții. Încărcări date de zăpadă.
42. STAS 12264/1991: Canalizări. Separatoare de uleiuri și grăsimi la stații de epurare orășenești. Prescripții generale de proiectare.
43. Blitz, E. – Canalizări, Editura Didactică și Pedagogică, București 1979.
44. Dumitrescu, D., Pop, R.A., ș.a. – Manualul inginerului hidrotehnician, vol. I și II, Editura Tehnică, București, 1980.
45. Negulescu, M. – Canalizări, Editura Didactică și Pedagogică, București 1988.
46. Negulescu, M. – Epurarea apelor uzate orășenești, Editura Tehnică București, 1988.
47. Ianuli, V. – Stații de epurare ape uzate. Exemple de calcul. Partea I., Editura ICB, București, 1983.
48. Dègremont – Memento Technique de L'Eau, Volume 2, 9^{me} Edition, France, 1989.
49. Pallasch, O. – Lehr und Handbuch der Abwassertechnik. Berlin, München, 1990.
50. ATV–A 131–Arbeitsblatt ATV-A 131. Bemessung von einstufigen Belebungsanlagen. April 1999.
51. Racovițeanu, R. – Epurarea apelor uzate, Matrix ROM, București 2001.
52. Tchobanoglous, G.– Wastewater Engineering: Treatment, Disposal, Reuse. Second Edition. Metcalf & Eddy Inc., McGraw Hill Book Co., New York, Edițiile III (1993) și IV (2002).

53. Metcalf & Eddy – Wastewater Engineering: Treatment, Disposal, Reuse. 4th Edition (2002), McGraw Hill.
54. M.A.P.A.M. – Ordinul nr. 49 pentru aprobarea Normelor tehnice privind protecția mediului și în special a solurilor, când se utilizează nămoluri de epurare în agricultură, București 2004.
55. Negulescu, C.A.L. – Prelucrarea și valorificarea nămolurilor rezultate din epurarea apelor uzate orășenești, industriale și din zootehnie, AgroTehnica 2006.
56. Degrèmont – Water Treatment Handbook, Volume 1 & 2, 7th Edition, France, 2007.
57. Blitz E. – Proiectarea canalizărilor, Editura tehnică, București, 1980.
58. Anton, L., Balint, D., ș.a. – Mecanica fluidelor, mașini hidraulice și acționări. Aplicații de calcul. Editura Orizonturi Universitare, Timișoara, 2004.
59. Giurconiu, M. – Canalizări, vol. I și II, Editura IPT, 1983.
60. Luca, O., Luca, A., B. – Hidraulica construcțiilor, Editura Orizonturi Universitare, Timișoara, 2002.
61. Mateescu, Th. – Calculul instalațiilor sanitare-apă-canal-gaze, Editura Gheorghe Asachi Iași, 1996
62. Mirel, I., Fabry, G., Meter, A., ș.a. – Utilizarea sistemelor vacuumate de canalizare pentru colectarea apelor uzate menajere, provenite de pe vatra colectivităților rurale, Revista ROM AQUA, nr. 4, București, 2010.
63. Perju, S. – Stații de pompare în sisteme de alimentare cu apă și canalizări, Editura COMPRESS, București, 2009.

EXECUTAREA, EXPLOATAREA SI MONITORIZAREA SISTEMELOR DE CANALIZARE

1. Prevederi legislative

În România, proiectarea, execuția și exploatarea construcțiilor și instalațiilor aferente unui sistem de canalizare, este reglementată de următoarele prevederi legislative mai importante:

- Legea apelor nr. 107/1996, publicată în Monitorul Oficial al României, Partea I, nr. 244/8 octombrie 1996;
- Legea protecției mediului, nr. 137/1995, publicată în Monitorul Oficial al României, Partea I, nr. 304/30 decembrie 1995;
- NP 032/99 - Normativ pentru proiectarea construcțiilor și instalațiilor de epurare a apelor uzate orășenești. Partea I: Treapta mecanică;
- NP 088-03 - Normativ pentru proiectarea construcțiilor și instalațiilor de epurare a apelor uzate orășenești. Partea a II-a: Treapta biologică;
- NP 089-03 - Normativ pentru proiectarea construcțiilor și instalațiilor de epurare a apelor uzate orășenești. Partea a III-a: Stații de epurare de capacitate mică ($5 < Q \leq 50$ l/s) și foarte mică ($Q \leq 5$ l/s);
- NTPA 001/2002 - Normativ privind stabilirea limitelor de încărcare cu poluanți a apelor uzate industriale și orășenești la evacuarea în receptorii naturali - aprobat prin H.G. nr. 188/28.02.2002;
- NTPA 002/2002 - Normativ privind condițiile de evacuare a apelor uzate în rețelele de canalizare ale localităților și direct în stațiile de epurare aprobat prin H.G. nr. 188/28.02.2002;
- NTPA 011/2002 - Norme tehnice privind colectarea, epurarea și evacuarea apelor uzate orășenești - aprobate prin H.G. nr. 188/28.02.2002.
- Legea nr. 10/1995 privind calitatea în construcții - pentru toate lucrările aferente sistemului de canalizare vor fi respectate prevederile acestei legi;
- Legea nr. 98/94 - Lege privind stabilirea și sancționarea contravențiilor la Normele legale de igienă și sănătate publică. Nerespectarea prevederilor specifice menționate în reglementările de mai sus, conduc la sancțiuni conform legii 98/94, cu completările din HG nr. 108/99.
- Pentru dimensionarea elementelor componente care alcătuiesc sistemul de canalizare (rețea, stație de epurare, etc.) se vor aplica prevederile specifice din standardele și normativele în vigoare la data elaborării proiectului (v. anexa IV.20 a prezentei documentații) și din literatura tehnică de specialitate.

2. Materiale utilizate în realizarea lucrărilor de canalizare

Pentru fundamentarea alegerii materialelor utilizate, proiectantul sistemului de canalizare trebuie să prezinte o analiză tehnico-economică privind utilizarea a cel puțin două tipuri de materiale. Analiza tehnico-economică trebuie să se refere la următoarele aspecte: durabilitate, cheltuieli de investiție, cheltuieli de exploatare, siguranță în exploatare și numărul estimat de avarii în timp, durata de reparare a avariilor.

Materialele utilizate în realizarea construcțiilor și instalațiilor unui sistem de canalizare vor trebui să îndeplinească anumite criterii generale, valabile, evident, funcție de rolul și importanța construcției sau instalației, de domeniul de utilizare, de caracterul temporar sau permanent al lucrării, etc.

Deoarece utilizarea materialelor este legată în general de prezența apei uzate, ele trebuie să îndeplinească următoarele criterii:

- să fie rezistente la acțiunea corozivă și hidratantă a apei;
- să asigure o foarte bună etanșeitate a elementelor executate pentru evitarea exfiltrațiilor și/sau a infiltrațiilor;
- să aibă rezistențele mecanice cerute de domeniul de utilizare;

- să aibă rugozitate mică în scopul limitării pierderilor de sarcină distribuite;
- să aibă o fiabilitate cât mai mare, care să depășească, de regulă, duratele de serviciu normate (v. Legea nr. 15/24 martie 1994 privind amortizarea capitalului imobilizat în active corporale și necorporale, în care se indică aceste durate);
- să fie rezistente la acțiunea diferiților factori externi funcție de domeniul lor de utilizare, (temperatura apei și a aerului, sarcini mecanice interioare și exterioare, acțiunea agresivă a pământului, curenți electrici vagabonzi, etc.) și să nu se deformeze permanent sub acțiunea acestora;
- să nu se dizolve în contact cu apa uzată sau nămolul și să nu fie dăunătoare pentru microorganismele care realizează epurarea;
- să nu prezinte pericol de orice natură pentru persoanele cu care vin în contact, care le manevrează și utilizează;
- să aibă un cost redus;
- să nu necesite cheltuieli de investiție și exploatare mari;
- să fie ușor de pus în operă, depozitate și manevrate;
- să permită montare și demontare ușoară (cazul conductelor, pieselor speciale, armăturilor, etc.);
- să permită realizarea unor îmbinări etanșe (cazul conductelor, de exemplu);
- să reziste alternanțelor de umiditate, de temperatură și de îngheț-dezgheț, dacă lucrează în medii și domenii în care pot avea loc astfel de alternanțe;
- să corespundă cerințelor beneficiarilor și caietelor de sarcini întocmite de către proiectanți și rețetelor de preparare indicate de proiectant și realizate de constructor (pentru betoane, mortare, tencuieli, etc.);
- să aibă un volum, greutate și dimensiuni care să permită transportul lor pe drumurile publice;
- să-și păstreze calitățile, caracteristicile și proprietățile în cazul depozitării corespunzătoare pe durata de garanție a fabricantului;
- echipamentele prevăzute a fi achiziționate să fie fiabile, cu randament energetic ridicat și cu o durată de serviciu normată mai mare de 10-15 ani;
- să se aleagă materiale pentru care se cunoaște tehnologia de realizare practică și pentru care există mijloace normale de punere în operă;
- să fie disponibile persoane calificate pentru execuție și exploatare;
- materialele să fie atestate de către organele abilitate și de către inspectoratele sanitare teritoriale;
- după epuizarea capacității de lucru, să permită fie o reutilizare ușoară, fie o distrugere simplă și depozitare în condiții acceptabile pentru mediul înconjurător.

Gama de materiale necesare pentru realizarea sistemelor de canalizare este foarte diversificată, funcție de domeniile în care sunt utilizate. Astfel, diversele materiale de construcții și instalații pot fi utilizate pentru:

- transportul lichidelor (ape uzate, nămoluri cu diferite umidități, soluții de reactivi, etc.) în conducte sub presiune sau în canale cu nivel liber;
- instalații de pompare (conducte de aspirație, de refulare, piese speciale, armături, ș.a.);
- realizarea construcțiilor din cărămidă, beton simplu, beton armat, beton precomprimat, etc.;
- etanșări.

Dintre materialele utilizate curent în realizarea sistemelor de canalizare se evidențiază următoarele:

- nisip, pietriș, ciment, apă și aditivi pentru prepararea mortarelor și betoanelor;
- bare din oțel neted (OB 37) sau profilat la cald (PC 52, PC 60) pentru realizarea construcțiilor din beton armat, precomprimat, conducte și canale, etc.;
- cauciuc, carton asfaltat, folii din material plastic, rășini epoxidice, ș.a. pentru etanșări și protecții;
- oțel, fontă, polietilenă, polipropilenă, poliester armat cu fibră de sticlă (PAFS), tuburi din beton armat centrifugat (tuburi PREMO), PVC, oțel inoxidabil, ș.a., pentru conducte, canale, cămine de vizitare prefabricate, cuve pentru instalații mici de pompare și instalații compacte de epurare, etc.

Având în vedere lipsa datelor de exploatare privind comportamentul în timp al materialelor plastice utilizate la realizarea sistemelor de canalizare, se impune prezentarea de garanții privind calitatea acestor materiale plastice. Astfel, furnizorul de conducte, canale, cămine de vizitare

prefabricate, cuve, etc., executate din materiale plastice va trebui să prezinte certificate de încercări emise de laboratoare acreditate.

De asemenea, ținând cont de experiențele negative referitoare la utilizarea tuburilor din beton armat precomprimat (tolerante diferite de la producător la producător, calitate slabă, neîndeplinirea condițiilor de rezistență la acțiunea chimică a apelor uzate transportate), se impune încercarea la presiune a tuturor tuburilor, tub cu tub, pe standul fabricii producătoare și în prezența beneficiarului. Se evită în acest mod apariția cheltuielilor suplimentare care pot apărea pentru înlocuirea acelor tuburi care nu rezistă la proba de presiune efectuată pe șantier.

3. Proiectul tehnologic

3.1. Se recomandă ca lucrările de construcții a tuturor obiectelor din componenta sistemelor de canalizare să se desfășoare pe baza unui **proiect tehnologic** în vederea asigurării executării lor, în conformitate cu proiectul lucrărilor, în condiții de siguranță și calitate.

3.2. Proiectul tehnologic are ca obiect întocmirea unei documentații tehnico-economice și tehnologice de executare a sistemelor de canalizare prin care se rezolvă, în principal, următoarele probleme:

- analizarea procesului tehnologic și stabilirea de variante de mecanizare;
- selectarea variantei de executare a sistemelor canalizare pe baza indicatorilor tehnico-economici și indicarea variantelor de rezervă;
- alegerea/proiectarea dispozitivelor auxiliare folosite;
- elaborarea planurilor tehnologice de mecanizare a lucrărilor și a fișelor tehnologice pe activități simple și pe procese complexe;
- programarea executării mecanizate a lucrărilor de construcții sub aspectul necesarului de resurse și a eșalonării tehnologice a acestora, precum și optimizarea programului în vederea încadrării în indicatorii tehnico-economici a lucrărilor;
- elaborarea prevederilor referitoare la siguranța lucrărilor, protecția muncii și a mediului.

3.3. În cadrul proiectului tehnologic se vor avea în vedere toate lucrările de construcții-montaj care constituie continutul proiectelor în faza detaliu de executare (**DDE**) pe obiectele componente ale sistemelor de canalizare.

3.4. Proiectul tehnologic va ține cont și de alte aspecte prevăzute în celelalte faze de proiectare anterioare fazei **DDE**: studiu geotehnic, proiect tehnic și caiete de sarcini pentru executarea lucrărilor.

3.5. Proiectul tehnologic se întocmește de către constructor în funcție de dotarea tehnică a acestuia și forța de muncă necesară. Se au în vedere următoarele aspecte: facilitatea executării lucrării, încadrarea în costurile programate; respectarea termenului de executare programat, respectarea normelor AQ impuse. Personalul tehnic de specialitate, care participă la elaborarea proiectului tehnologic, trebuie să fie atestat în acest sens de către asociațiile profesionale de profil.

3.6. Continutul cadru al unui proiect tehnologic cuprinde piese scrise și piese desenate.

3.6.1. Piese scrise din cadrul proiectului tehnologic conțin:

- analiza (descrierea) procesului tehnologic, stabilirea listei de activități și a caracteristicilor acestora;
- stabilirea variantei tehnologice aplicate;
- selectarea pe baza criteriilor tehnico-economice a echipamentelor tehnologice în condiții de eficiență și siguranță a lucrărilor;
- liste cu necesarul de resurse (echipamente tehnologice, personal, materiale, componente de construcții și resurse energetice);
- caiete de sarcini tehnologic, și fișele tehnologice de ansamblu și cele analitice;
- planul de control al calității lucrărilor și elementele justificative aferente;
- norme de securitate, protecție și sănătate în muncă;
- norme PSI;

- prevederi referitoare la protecția mediului înconjurător și evacuarea deșeurilor rezultate în activitățile de construcții și reabilitări ;
- alte măsuri considerate necesare pentru condiții speciale de desfășurare a lucrărilor.

3.6.2. Piesele desenate din cadrul proiectului tehnologic conțin:

- planul de amplasament și al organizării de șantier;
- secțiunile principale și detaliile de executare pentru structuri (profilele transversale și longitudinale) preluate din documentația tehnică de executare;
- planurile tehnologice de executare a lucrărilor;
- diagramele (graficele) de folosire a resurselor (diagramele cu bare pentru necesarul de echipamente tehnologice, histograma de personal, histograma pentru materiale și resurse energetice);
- diagramele (graficele) de programare a lucrărilor (diagrame cu bare orizontale de programare a executării, analiza de rețea prin metoda drumului critic);

3.6.3. Caietul de sarcini, tehnologic, trebuie să cuprindă:

- ordinea de executare, probele, testele și verificările lucrării;
- standardele, normativele și alte prescripții care trebuie respectate la materiale, echipamente tehnologice, confecții, executare, montaj, probe, teste și verificări.

4. Executarea lucrărilor rețelei de canalizare

4.1. Considerații generale privind organizarea executării lucrărilor de canalizare

Organizarea executării lucrărilor de canalizare cuprinde complexul de măsuri prin care se asigură realizarea acestora în conformitate cu proiectele respective, în limita valorilor și termenelor planificate.

Principalele obiective urmărite de antreprenor pentru o organizare rațională a executării lucrărilor sunt:

- realizarea lucrărilor la termenele stabilite prin graficul de execuție;
- îmbunătățirea calității lucrărilor executate;
- nedepășirea costului de execuție a lucrărilor față de prevederile din devizul ofertă;
- reducerea termenului de execuție;
- ridicarea productivității muncii și a gradului de folosire a utilajelor;
- adoptarea unor tehnologii de execuție caracterizate printr-un procent maxim de mecanizare.

4.2. Trasarea lucrărilor pe teren și pregătirea traseului

4.2.1. Trasarea canalului se execută ținând seama de:

- prevederile documentației tehnice (proiectul de execuție);
- nivelmentul reperelor permanente, efectuat cu precizia stabilită prin proiect;
- prevederea de-a lungul traseului a unor repere provizorii, pentru execuție, legate de reperele definitive;
- materializarea axelor de trasare și a unghiurilor, fixate și legate de obiecte permanente, existente pe teren (clădiri, construcții etc.) sau de stâlpii montați pe traseu în acest scop;
- intersecțiile traseului canalului cu traseele construcțiilor și rețelelor subterane existente, ce vor fi marcate la suprafața terenului, prin semne speciale.

4.2.2. Desfacerea pavajelor

Pavajele se desfac pe o lățime suficientă pentru desfășurarea lucrărilor în conformitate cu prevederile proiectului. Materialele rezultate din desfacerea pavajelor se depozitează pe trotuare sau pe o parte a tranșeei, pe cealaltă parte păstrându-se loc pentru pământul din săpătură.

4.2.3. Executarea săpăturilor

Lucrările de săpătură a tranșeei și a gropilor de fundații se execută în conformitate cu prevederile proiectului. Lucrările se atacă întotdeauna din aval spre amonte. Metodele de executare a săpăturilor

sunt determinate de volumul lucrărilor, de caracteristicile solului, precum și de adâncimea și forma tranșeelor. Tranșeele pentru montarea canalelor se execută cu pereți verticali sau în taluz, în funcție de natura solului și de spațiul disponibil pentru executarea săpăturii.

Pământul rezultat din săpătură se depozitează pe o singură parte lăsându-se o banchetă de siguranță de 50 cm. Săpătura se adâncește în mod potrivit în dreptul îmbinărilor dintre tuburi pentru a permite executarea etanșeității îmbinării și a se evita rezemarea tubului numai pe mufe.

Pe toată durata execuției se va analiza ce cantitate de pământ se poate depozita lateral tranșeii, astfel încât pe toată lungimea străzii pe care se execută săpături să se asigure o fâșie suficientă accesului și circulației autovehiculelor Salvării și Pompierilor.

Pentru circulația pietonilor peste tranșei se prevăd la distanțe de 30 ... 50 m podețe (pasarele) de acces dotate cu balustrade de protecție.

Depozitarea pământului rezultat din săpătură în lungul tranșeii va avea în vedere și asigurarea scurgerii apelor din precipitații astfel încât să se evite inundarea săpăturilor sau terenurilor învecinate.

4.2.4. Sprijinirea tranșeelor

Executarea săpăturilor tranșeelor cu pereți verticali se face cu sprijinirea pereților. Pentru adâncimi de săpătură mai mari de 5,0 m, sprijinirea traseului se va face pe baza unui proiect de sprijiniri.

Sprijinirea malurilor se face cu ajutorul dulapilor și bilelor din lemn de brad sau al sprijinitor metalice, în așa fel încât să se obțină o siguranță suficientă pentru lucrările de montaj și o ușoară executare a lucrărilor în interiorul tranșeii.

4.2.5. Epuizamente

Problema epuizării apei subterane din săpătură poate constitui un factor determinant în alegerea metodei de execuție a lucrărilor de canalizare și a adoptării materialelor adecvate pentru asigurarea realizării unor lucrări corespunzătoare.

Factorii principali care determină metodele și mijloacele de epuizare a apelor din săpături sunt:

- mărimea debitelor infiltrate;
- nivelul maxim al pânzei freatice față de fundul săpăturii.

Metodele folosite pentru epuizarea apelor din săpături se stabilesc și în funcție de consistența și permeabilitatea terenurilor în care s-a executat săpătura.

În cazul în care apare pericolul de antrenare a materialelor fine se folosește metoda puțurilor forate filtrante sau a incintelor epuizate prin baterii de filtre aciculare.

Puțurile filtrante se realizează, de obicei, prin introducerea unor coloane de foraj cu adâncimea de 7-20 m și Φ 300-600 mm, în interiorul cărora se amplasează o a doua coloană de Φ 100-150 mm. Înainte de a începe săpătura la tranșee, se execută, pe laturile ei, puțuri forate la o anumită distanță unul de altul, de obicei 3-7 m și așezate în plan în poziție de șah. La adâncimi mai mici decât 6-7 m ale nivelului hidrodinamic maxim, extragerea apei se poate face cu pompe cu ax orizontal, printr-un sorb, iar în cazul adâncimilor peste 6-7 m extragerea apei se face cu pompe submersibile.

Instalația de filtre aciculare se compune în principal din:

- două pompe speciale autoamorsante care asigură pomparea concomitentă a apei și a aerului din porii pământului;
- colectorul metalic la care se racordează filtrele aciculare prin intermediul unor manșoane flexibile de cauciuc;
- filtrele aciculare propriu-zise sunt realizate din țevi metalice verticale de câte 1 m lungime și circa 50 mm diametru, asamblate cu filet pentru a forma țevi cu lungimea de înfigere necesară.

4.2.6. Pozarea tuburilor și executarea colectoarelor

Metodele de montare a tuburilor prefabricate se aleg în funcție de dimensiunile și de greutatea lor. Înainte de introducerea tuburilor în tranșee se face o verificare și eventual se corectează fundul săpăturii. Coborârea tuburilor în tranșee se face manual pentru tuburile cu greutate redusă, iar atunci când greutatea lor este mai mare se folosesc trepiede cu macara diferențială sau macarale mobile, pe pneuri sau șenile.

După coborârea tuburilor în tranșee se realizează îmbinarea lor unul după altul și etanșarea corespunzătoare. Tuburile se montează pe pat de nisip pregătit conform prevederilor caietului de sarcini.

La pozarea tuburilor, pentru diferite adâncimi, se vor respecta indicațiile proiectantului (pe baza calculului static efectuate) și ale producătorului materialului.

4.2.7. Executarea umpluturilor

Umplerea tranșeeilor se face cu pământul rezultat din săpătură, după un control de nivelment și verificarea calității execuției lucrării. Pe tuburi se așează numai pământ afânat, eventual cernut, eliminându-se bolovanii mari sau resturi din beton sau din alte materiale dure. Pământul afânat se așează în straturi care se compactează separat cu o deosebită îngrijire.

Umpluturile se execută manual, în straturi de 10-15 cm pe primii 0,30 m deasupra tubului. Fiecare strat se compactează separat cu maiul de mână sau cu maiul "broască". Restul umpluturii se face în straturi de câte 20-30 cm grosime, de asemenea, bine compactate, până la suprafața terenului, urmărindu-se realizarea unui grad de compactare Proctor de minimum 97%, în conformitate cu prevederile STAS 2914.

Se interzice îngroparea lemnului provenit din cofraje, sprijiniri, etc. în umplutură.

5. Executarea lucrărilor stației de epurare

5.1. Lucrări de organizare

Aceste lucrări sunt premergătoare execuției și au drept scop asigurarea condițiilor pentru realizarea eficientă și de calitate a lucrărilor. Elementele principale ale organizării sunt:

- amenajarea terenului;
- identificarea instalațiilor subterane existente;
- marcarea, delimitarea suprafeței ce va fi ocupată de șantier;
- asigurarea căilor de acces pentru utilajele și mijloacele necesare transportului;
- verificarea materialelor și echipamentelor de lucru;
- asigurarea cu dotări de protecția muncii și de prevenire a incendiilor;
- asigurarea cu rețelele de utilități necesare (apă, electricitate, etc.).

5.2. Amenajarea terenului pentru stația de epurare

Înainte de introducerea utilajelor la frontul de lucru, este necesară o recunoaștere a terenului, în ceea ce privește:

- categoria terenului în care se va săpa;
- identificarea rețelelor subterane de apă, gaze, petrol, electricitate, telefoane, etc.;
- dimensiunile săpăturii de executat (adâncime, gabarit lateral de depozitare a pământului din săpătură);
- traseul de acces al utilajelor și mijloacelor de transport;
- condiții de scurgere a apelor de ploaie;
- doborârea arborilor și defrișarea arbuștilor;
- existența rețelelor aeriene de electricitate în ampriza săpăturii.

5.3. Trasarea poziției stației de epurare

Materializarea poziției stației, se realizează prin operațiuni de trasare, care trebuie să fixeze poziția viitoarei stații și a racordurilor de intrare ape uzate menajere și de ieșire ape epurate, gaze, electricitate, apă potabilă, etc.).

5.4. Execuția lucrărilor de construcții pentru stația de epurare

Executarea săpăturilor

Săpăturile pentru fundații trebuie să aibă în vedere următoarele:

- menținerea echilibrului natural al terenului în jurul gropii de fundație după începerea săpăturilor;
- în terenurile sensibile, la umezire, săpătura se va opri cu 20-30 cm mai sus decât cota finală, în cazul când turnarea betonului nu se face imediat.

Necesitatea sprijinirilor săpăturilor este în funcție de:

- adâncimea săpăturii;
- natura, omogenitatea, stratificația, coeziunea terenului, prezența apei subterane, etc.

În aceeași incintă, în faza inițială, se atacă lucrările fundate la adâncimea cea mai mare, pentru a nu afecta ulterior terenul de fundare al viitoarelor lucrări învecinate.

Săpăturile cu lungimi mari vor avea fundul săpăturii înclinat spre unul sau mai multe puncte, pentru asigurarea colectării și evacuării apelor pluviale sau de infiltrație.

Lucrările de epuizamente nu trebuie să producă afuieri sub construcțiile învecinate din zonă.

Pentru evitarea adâncirii ulterioare a gropii, care ar conduce la modificarea cotelor de fundare, se recomandă turnarea imediată a unui strat de beton de egalizare la nivelul inferior al săpăturii.

Săpături deasupra nivelului apelor subterane

Săpături cu pereți verticali nesprijiniți se pot executa până la adâncimi de:

- 0,75 m în cazul terenurilor necoezive sau/și slab coezive;
- 1,50 m în cazul terenurilor cu coeziune medie;
- 2,00 m în cazul terenurilor cu coeziune mare aflate deasupra nivelului apelor subterane

Săpături cu pereți verticali sprijiniți, se utilizează în următoarele cazuri:

- adâncimea săpăturii depășește valorile limită de la săpături cu pereți verticali nesprijiniți;
- nu este suficient spațiu lateral pentru realizarea săpăturii în taluz;
- când în urma unui calcul economic săpătura sprijinită este mai avantajoasă decât cea taluzată.

Alegerea și dimensionarea sistemului de sprijinire se face pe baza datelor din studiile geotehnice și hidrogeologice.

Săpături cu pereți în taluz, se pot executa în orice teren, cu respectarea următoarelor condiții:

- pământul are o umiditate naturală între 12-18%;
- săpătura nu stă deschisă mult timp;
- nivelul maxim al apei subterane este sub cota de fundare;
- panta taluzului săpăturii să nu depășească valorile maxime de mai jos:

Tabel 1

Natura terenului	Adâncimea săpăturii (h)	
	până la 3m	peste 3m
	$\text{tg } \alpha = h/b$	
Nisip pietros	1:1,25	1:1,50
Nisip argilos	1:0,67	1:1
Argilă nisipoasă	1:0,67	1:0,75
Loess	1:0,50	1:0,67
	1:0,50	1:0,75

unde,

b - este proiecția pe orizontală a taluzului săpăturii;

h - este adâncimea săpăturii;

α - unghiul pe care îl face taluzul săpăturii cu orizontala.

Săpături sub nivelul apelor subterane

În cazul săpăturilor adânci, care se execută sub nivelul apei subterane, îndepărtarea apei se poate face prin:

- epuizamente directe, prin colectarea apei de infiltrație într-o bașă și evacuarea prin pompare a acesteia în exteriorul gropii de fundație;
- epuizamente indirecte, prin utilizarea filtrelor aciculare sau a puțurilor forate dispuse perimetral, la distanțele rezultate din calcule.

Sprijinirea pereților săpăturii se poate face cu: palplanșe metalice, ecrane impermeabile din pereți mulați din beton, turnați în teren.

În cazul sprijinirii cu palplanșe, se vor lua următoarele măsuri:

- ghidarea acestora în tot timpul înfîngerii în teren;
- lungimea palplanșei va fi egală cu adâncimea gropii plus fișa acesteia.

Înfingerea palplanelor se va face prin vibrare, în pământuri necoezive și batere, în pământuri coezive, sau prin combinarea celor două metode.

Epuismente directe

Pe măsură ce cota săpăturii coboară sub nivelul apei subterane, excavațiile se protejează prin intermediul unor rețele de șanțuri de drenaj, care captează apa și o dirijează spre puțurile (bașele) de colectare de unde este evacuată prin pompare. În bașa de aspirație a pompei, în jurul sorbului, se amenajează un filtru invers cu rolul de a limita influența aspirației asupra stabilității straturilor de pământ, micșorând viteza de mișcare a apei subterane spre bașă sub valoarea vitezei limită de neantrenare a particulelor fine care alcătuiesc aceste straturi. Șanțurile se adâncesc pe măsura avansării săpăturii, ele având adâncimea între 0,4-0,8 m în funcție de caracteristicile pământului. Puțurile colectoare (bașele) vor avea adâncimea de cel puțin 1,0 m sub cota fundului săpăturii.

Epuismente indirecte

Se execută cu ajutorul puțurilor filtrante, sau al filtrelor aciculare. Acestea se așează în afara conturului excavației, pe unul sau mai multe rânduri. Ele pot coborî temporar, pe durata execuției, nivelul apei subterane cu 4-5 m. Dacă nivelul apelor subterane necesar a fi coborât este mai mare de 4-5 m, filtrele se așează etajat și decalat în plan pe două sau mai multe fronturi.

Puțurile de epuismenț se realizează în foraje cu diametrul de 200-600 mm, în care se lansează o coloană filtrantă metalică sau din plastic cu diametrul de 150-200 mm, prevăzută cu fante. Coloana filtrantă se dispune în adâncime pe toată grosimea stratului acvifer al cărui nivel trebuie coborât pentru executare "la uscat" a construcției. Între coloana de lucru și coloana cu fante, se introduce material filtrant granular (după regula filtrului invers) cu nisip spre exterior și pietriș mărgăritar la contactul cu coloana șlițuită.

Filtrele aciculare sunt puțuri cu diametrul mic (Φ 7,5-10,0 cm) care se înfig de obicei cu jet de apă. Filtrele se racordează la stații de pompare cu vacuum. În condiții normale se pot realiza depresionări de 4-5 m, la o treaptă de filtrare, distanța între filtre fiind de 1-5 m.

Umpluturi

Umpluturile se vor executa, de regulă, cu pământ rezultat din lucrările de săpătură. Se pot utiliza, pentru umpluturi, de asemenea, zguri, reziduuri din exploatarea miniere etc., cu condiția prealabilă de a fi studiată posibilitatea de compactare și acțiunea chimică asupra elementelor de construcție în contact cu umplutura.

Cofraje și sustineri

Cofrajele și sustinerile trebuie să îndeplinească următoarele condiții:

- asigure obținerea formei și a dimensiunilor elementelor din beton, etc., respectându-se înscrierea în abaterile admisibile precizate în anexa III.1 din Codul de practică pentru executarea lucrărilor de beton, beton armat și beton precomprimat NE 012-99;
- să fie etanșe, pentru a nu permite pierderea laptelui de ciment;
- să fie stabile și rezistente la solicitările date de betonul proaspăt și de echipamentele de vibrare a betonului;
- să asigure ordinea de montare și demontare (decofrare) stabilită, fără a degrada elementele din beton deja întărit;
- să permită, la decofrare, o preluare a încărcării de către elementele de construcție care s-au betonat.

Cofrajele se pot confecționa din: lemn, produse pe bază din lemn, metal sau materiale plastice produse pe bază de polimeri.

Pentru a reduce aderența între beton și cofraje, acestea se ung cu agenți de decofrare, pe fețele care vin în contact cu betonul. Agenții de decofrare, trebuie să nu păteze betonul, să se aplice ușor și să nu afecteze calitatea betonului turnat pe zona de contact.

Montarea cofrajelor, cuprinde următoarele operațiuni:

- trasarea poziției cofrajelor pe baza planurilor din proiect;
- verificarea poziției corecte a carcaselor de armătură în interiorul cofrajului;
- asamblarea și susținerea provizorie;
- verificarea și corectarea poziției finale a panourilor;

- poziționarea și fixarea pieselor de trecere în cofraj;
- încheierea, legarea și sprijinirea definitivă.

Armături

Oțelurile trebuie să aibă ca referință condițiile tehnice prevăzute în STAS 438/1, 2, 3; Se utilizează următoarele tipuri de armături din bare individuale sau plase sudate:

- OB37 - armături de rezistență sau constructive;
- STNB - armături de rezistență sau constructive;
- PC52 - armături de rezistență;
- PC60 - armături de rezistență.

Pentru oțeluri din import este obligatorie existența certificatului de calitate, în care se va menționa tipul de oțel echivalent. Se recomandă a se ține seamă de prevederile STAS 438/1, 2, 3.

Armăturile ce se fasonază, trebuie să fie curate și drepte, fără urme de coroziune, în care scop se vor îndepărta eventualele impurități și rugina de pe suprafața barelor, cu ajutorul periei de sârmă. Barele tăiate și fasonate vor fi etichetate și depozitate, astfel încât să nu fie confundate între ele la montaj și să li se asigure păstrarea formei, până în momentul montării.

La montarea armăturilor se vor adopta măsuri pentru asigurarea bunei desfășurări a turnării și compactării betonului prin:

- crearea la intervale de max. 3,0 m, a unor spații libere, între armăturile de la partea superioară, care să permită pătrunderea liberă a betonului în cofraje;
- crearea spațiilor necesare pătrunderii vibratorului printre bare, prin montarea parțială a armăturii sau prin solicitarea reexaminării dispozițiilor de armare în caz că acestea nu permit vibrarea.

Armăturile vor fi montate în poziția prevăzută în proiect, luându-se măsuri care să asigure menținerea acestora în timpul turnării betonului (distanțieri, agrafe, capre, etc.).

La încrucișări, barele de armătură sunt legate între ele prin legături cu sârmă neagră sau prin puncte de sudură. La legarea cu sârmă, se vor utiliza două fire de sârmă de 1 ... 1,5 mm diametru.

Pentru asigurarea protecției armăturii, contra coroziunii și buna conlucrare cu betonul, este necesar să se realizeze, pentru elementele de beton armat, un strat de acoperire cu beton. Grosimea acestuia se alege având ca referință prevederile STAS 10107, respectiv Codul NE 012-99, anexa II.3.

Betoane

Agregatele naturale trebuie să aibă ca referință condițiile tehnice din STAS 1667, iar pentru cele concasate, se au ca referință prevederile din STAS 667. Apa utilizată la betoane are ca referință condițiile tehnice din STAS 790. Tipurile uzuale de aditivi și condițiile de utilizare, sunt indicate în anexa V.3, iar verificarea caracteristicilor se fac conform anexei I.4 din NE 012-99.

Betonul se prepară în stațiile de betoane, care funcționează pe baza certificatului de atestare, eliberat la înființare, de către Comisia tehnică de atestare.

La turnarea betonului trebuie respectate următoarele reguli generale:

- cofrajele și betonul vechi venit în contact cu betonul proaspăt se vor stropi cu apă cu 2-3 ore înainte de turnare, respectându-se prevederile din caietul de sarcini;
- din mijlocul de transport, betonul se descarcă în pompe pentru beton, benzi transportoare sau direct în lucrare;
- betonul trebuie pus în lucru în max. 15 min de la aducerea lui;
- dacă betonul nu se încadrează în limitele de lucrabilitate admise și prevăzute în caietul de sarcini, se refuză la turnare;
- înălțimea de cădere liberă a betonului nu trebuie să fie mai mare de 3 m;
- betonarea elementelor cofrate, cu înălțimi mai mari de 3 m, se va face prin ferestre intermediare, cu etapizarea turnării pe verticală;
- betonul trebuie răspândit uniform în lungul și latul elementului, funcție de forma acestuia;
- se vor respecta prescripțiile normativului C 16 privind betonarea pe timp friguros.

Durata maximă admisă a întreprinderilor între două betonări succesive, nu trebuie să depășească timpul de începere a prizei (nu mai mult de 2 ore de la prepararea betonului).

6. Măsuri pentru asigurarea calității lucrărilor

Asigurarea cerințelor de calitate, privind atât materialele utilizate, cât și sistemul de asigurare a calității lucrărilor executate se va face cu respectarea prevederilor Legii nr. 10/1995, privind calitatea în construcții.

Pe parcursul desfășurării lucrărilor de execuție se verifică:

- cotele de nivel și poziția săpăturilor, fundațiilor, golurilor, părților de construcție, montării echipamentelor și instalațiilor, toleranțele admise, dacă sunt cele indicate în proiecte;
- respectarea prevederilor din caietul de sarcini;
- dacă echipamentele și materialele folosite la execuția stațiilor de epurare au suferit degradări în timpul transportului și se caută modalitatea de remediere;

Proba de etanșeitate la bazinele din beton armat se va face înainte de realizarea hidroizolațiilor la interiorul și exteriorul bazinelor.

Probele de etanșeitate pentru conducte și bazine se vor realiza în conformitate cu Normativul C 56, după:

- verificarea amănunțită a interiorului bazinelor, pentru a se constata corectitudinea execuției, a dimensiunilor interioare, lipsa corpurilor străine, a murdăriilor;
- la bazinele prefabricate, o deosebită atenție se va acorda modului în care sunt executate îmbinările;
- înainte de punerea în funcțiune, toate conductele și bazinele trebuie curățate de resturile rămase de la execuție.

Pentru asigurarea calității lucrărilor se mai urmăresc următoarele:

- corespondența caracteristicilor terenului de fundație stabilite pe teren la deschiderea săpăturii, cu cele din studiul geologic;
- poziția corectă a armăturilor, numărul, diametrul și forma din proiect a barelor, dimensiunile geometrice ale cofrajelor și poziția golurilor sau a pieselor de trecere prin pereți, cu toleranțele indicate;
- calitatea betonului pus în operă, turnarea acestuia fără întrerupere între rosturile de turnare prevăzute în proiect, vibrarea și tratarea ulterioară a betoanelor pentru asigurarea etanșeității și a rezistenței;
- poziția corectă a conductelor față de elementele de construcție din beton.

7. Recepția lucrărilor

Recepția reprezintă acțiunea prin care beneficiarul acceptă și preia lucrarea de la antreprenor în conformitate cu documentația de execuție, certificându-se că executantul și-a îndeplinit obligațiile contractuale cu respectarea prevederilor proiectului. În urma recepției lucrării, aceasta trebuie să poată fi dată în exploatare.

În vederea realizării **recepției la terminarea lucrărilor**, executantul va comunica investitorului data terminării lucrărilor prevăzute în contract, printr-un document confirmat de dirigintele de șantier. Comisiile de recepție vor fi numite de investitor și vor fi alcătuite din cel puțin 5 membri. Obligatoriu va fi prezent un reprezentant al investitorului și un reprezentant al administrației publice locale, restul membrilor comisiei vor fi specialiști în domeniu.

Începerea **recepției la terminarea lucrărilor** va fi organizată de investitor în maximum 15 zile de la comunicarea terminării lucrărilor de către executant.

În vederea recepției instalațiilor este obligatorie existența următoarelor acte legale:

- procese verbale de lucrări ascunse;
- procese verbale de probe tehnologice;
- certificate de calitate ale materialelor;
- dispoziții derogatorii de la proiect date de proiectant pe parcursul execuției lucrărilor;
- procese verbale întocmite la fazele determinante ale execuției, preliminare recepției.

Comisia examinează:

- executarea lucrărilor conform documentației de execuție a proiectului și a reglementărilor specifice, cu respectarea exigențelor esențiale de calitate;

- respectarea prevederilor din autorizația de construcție, din avize și din alte condiții de execuție;
- terminarea tuturor lucrărilor conform contractului;
- refacerea lucrărilor publice/particulare afectate și readucerea mediului ambiant la condițiile anterioare începerii lucrărilor de execuție;
- funcționarea sistemului.

Recepția bazinelor de stocare, de tranzitare, decantare, aerare, etc., este precedată de controlul riguros al acestora, care va cuprinde în mod obligatoriu următoarele elemente:

- respectarea dimensiunilor și cotelor prevăzute în documentația de execuție;
- respectarea prescripțiilor de montaj și funcționare corectă a echipamentelor;
- asigurarea etanșeității;
- funcționarea tehnologică;
- respectarea măsurilor de protecția și securitatea muncii.

Recepția finală se face la maxim 15 zile după expirarea perioadei de garanție prevăzută în contract și se organizează de executant.

Comisia de recepție examinează:

- procesele verbale de recepție la terminarea lucrărilor;
- finalizarea lucrărilor cerute la terminarea lucrărilor;
- referatul investitorului privind comportarea instalațiilor în perioada de garanție;
- analiza fiabilității stației, rezultată dintr-un studiu de specialitate.

La terminarea recepției finale, comisia de recepție finală va consemna observațiile într-un proces verbal.

Funcționarea în bune condiții a stațiilor de epurare, din care fac parte conductele, bazinele, echipamentele, necesită luarea următoarelor măsuri obligatorii:

- existența regulamentului de exploatare și întreținere, conform legislației în vigoare (legea nr. 326/01, O.G. nr. 32/02);
- verificarea gradului de instruire a personalului de exploatare și însușirea de către acesta a prevederilor regulamentului de exploatare;
- asigurarea unui sistem corespunzător de informare și transmitere a datelor privind funcționarea stației de epurare.

8. EXPLOATAREA LUCRĂRILOR DE CANALIZARE

8.1. Elaborarea Regulamentului de Exploatare si Întreținere

Exploatarea rețelei de canalizare și a stației de epurare cuprinde totalitatea operațiunilor și activităților efectuate de către personalul angajat în vederea funcționării corecte a sistemului de canalizare în scopul obținerii în final a unui efluent epurat care să respecte indicatorii de calitate impuși de normele în vigoare.

Ținând seama de mărimea sistemului (ca debit), componența sa (construcții, instalații, obiecte tehnologice), gradul de automatizare a proceselor și dotarea cu aparatură automată de măsură și control a unor indicatori de calitate ai apei uzate, pentru exploatarea și întreținerea corespunzătoare a ansamblului stație de epurare - rețea de canalizare la nivelul parametrilor de funcționare prevăzuți în proiect este necesară elaborarea unui **Regulament de exploatare și întreținere** care să conțină principalele reguli, prevederi și proceduri necesare funcționării corecte a acestuia.

Regulamentele de exploatare și întreținere vor fi elaborate prin grija beneficiarului (primărie, regie de gospodărie comunală, societate privată, etc.) de operatorii de servicii conform legislației în vigoare, fie de către personalul propriu sau de o societate de proiectare de specialitate, avându-se în vedere indicațiile din proiect, instrucțiunile de exploatare, avizele și recomandările organelor abilitate (companiile de gospodărirea apelor, inspectoratele sanitare și cele de protecția mediului), precum și alte prescripții legale existente din domeniu.

Regulamentul de exploatare și întreținere va trebui să cuprindă în mod detaliat descrierea construcțiilor și instalațiilor sistemului de canalizare, releveele acestora, schema funcțională, modul în care sunt organizate activitățile de exploatare și întreținere, responsabilitățile pentru fiecare formație de lucru și loc de muncă, măsurile igienico - sanitare și de protecția muncii, de pază și de

prevenire a incendiilor, sistemul informațional adoptat, evidențele ce trebuie ținute de către personalul de exploatare, modul de conlucrare cu alte societăți colaboratoare, cu beneficiarul, etc. După definitivare, **Regulamentul de exploatare și întreținere** va fi aprobat de către Consiliul de administrație al unității care exploatează sistemul de canalizare și de către autoritățile locale (primărie, consiliul local, consiliul județean, etc.).

Regulamentul va fi completat și reaprobat de fiecare dată când în sistemul de canalizare se produc modificări constructive și funcționale, reabilitări ale unor obiecte tehnologice, schimbarea unor utilaje și/sau echipamente sau alte operațiuni care ar putea afecta procesele tehnologice. Din cinci în cinci ani, regulamentul va fi în orice caz reactualizat pentru a se ține seama de experiența acumulată în decursul perioadei de exploatare anterioară.

Prevederile regulamentului trebuie aplicate integral și în mod permanent de către personalul de exploatare și întreținere, acesta fiind examinat periodic, la intervale de cel mult un an sau ori de câte ori se constată o insuficientă cunoaștere a regulamentului, situație care ar putea conduce la o exploatare sau o întreținere necorespunzătoare a construcțiilor și instalațiilor sistemului de canalizare.

8.2. Conținutul cadru al regulamentului de exploatare și întreținere

Regulamentul de exploatare și întreținere se va întocmi având în vedere următoarele documentații principale:

- proiectul construcțiilor și instalațiilor sistemului de canalizare precum și toate documentațiile și actele modificatoare;
- releveele construcțiilor după terminarea lucrărilor de execuție, care țin seama de toate modificările efectuate pe parcursul execuției;
- planurile de situație, schemele funcționale, dispozițiile generale ale construcțiilor și instalațiilor;
- instrucțiunile de exploatare ale construcțiilor și instalațiilor elaborate de către proiectant;
- fișele tehnice ale utilajelor și echipamentelor montate în sistem;
- avizele organelor abilitate privind realizarea și exploatarea lucrărilor de investiție;
- documentația referitoare la recepția de la terminarea lucrărilor și de la recepția definitivă;
- cartea tehnică a construcțiilor;
- schema administrativă a personalului de exploatare.

8.3. Indicatori de performanță pentru stațiile de epurare a apelor uzate

Tabel 2. Valori limită de încărcare cu poluanți a apelor uzate industriale și orășenești evacuate în receptori naturali

Nr. crt	Indicator de calitate	U.M.	Limite maxime admisibile	Metoda de analiză de referință ⁶⁾
A. Indicatori fizici				
1	Temperatura ¹⁾	°C	35°C	
B. Indicatori chimici				
2	Concentrația ionilor de hidrogen (pH)	unit. PH	6,5-8,5	SR ISO 10523-97
	Pentru Fluviul Dunărea		6,5-9,0	
3	Materii în suspensie (MS) ²⁾	mg/dm ³	35,0 (60,0)	STAS 6953-81
4	Consum biochimic de oxigen la 5 zile (CBO ₅) ³⁾	mg/dm ³	20,0 (25)	STAS 6560-82 SR ISO 5815-98

5	Consum chimic de oxigen - metoda cu dicromat de potasiu (CCO _{Cr}) ³⁾	mg/dm ³	70,0 (125)	SR ISO 6060-96
6	Azot amoniacal (NH ₄ ⁺) ⁴⁾	mg/dm ³	2,0 (3,0)	STAS 8683-70
7	Azot total (N) ⁴⁾	mg/dm ³	10,0 (15,0)	STAS 7312-83
8	Azotați (NH ₃) ⁴⁾	mg/dm ³	25,0 (37,0)	STAS 8900/1 SR ISO 7890-98
9	Azotiți (NO ₂) ⁴⁾	mg/dm ³	1,0 (2,0)	STAS 8900/2-71 SR ISO 6777-96 Pentru apă de mare: STAS 12754-89
10	Sulfuri și hidrogen sulfurat (H ₂ S)	mg/dm ³	0,5	STAS 7510-97
11	Sulfiiți	mg/dm ³	1,0	STAS 7661-89
12	Fenoli antrenabili cu vapori de apă (C ₆ H ₅ OH)	mg/dm ³	0,05	STAS 7167-92
13	Substanțe extractibile cu eter de petrol	mg/dm ³	20,	STAS 7587-96
14	Produse petroliere ⁵⁾	mg/dm ³	5,0	STAS 7277-95
15	Fosfor total (P) ⁴⁾	mg/dm ³	1,0 (2,0)	SR EN 1189-99
16	Mangan total (Mn)	mg/dm ³	1,0	STAS 8662-96
17	Magneziu (Mg ²⁺)	mg/dm ³	100,0	STAS 6674-77
18	Cobalt (Co ²⁺)	mg/dm ³	1,0	STAS 8288-69
19	Cianuri totale (CN ⁻)	mg/dm ³	0,1	SR ISO 6703/1-98 STAS 7685-79
20	Clor rezidual liber (Cl ₂)	mg/dm ³	0,2	STAS 6364-78
21	Cloruri (Cl ⁻)	mg/dm ³	500,0	STAS 8663-70
22	Reziduu filtrat la 105 ⁰ C	mg/dm ³	2000,0	STAS 9187-84

¹⁾ Prin primirea apelor uzate temperatura receptorului natural nu va depăși 35⁰C.

²⁾ A se vedea tabelul nr. 1 prevăzut la pct. nr. VI. la hotărâre - NTPA 011 și art. 7 alin. (2) din anexa la pct. nr. VI. - Plan de acțiune privind colectarea, epurarea și evacuarea apelor uzate orășenești.

³⁾ Valorile de 20 mg O₂/l pentru CBO₅ și 70 mg O₂/l pentru CCO(Cr) se aplică în cazul stațiilor de epurare existente sau în curs de realizare. Pentru stațiile de epurare noi, extinderi sau re tehnologizări, preconizate să fie proiectate după intrarea în vigoare a prezentei hotărâri, se vor aplica valorile mai mari, respectiv 25 mg O₂/l și 125 mg O₂/l pentru CCO_{Cr}.

⁴⁾ Valori ce trebuie respectate pentru descărcări în zone sensibile, conform tabelului nr. 2 din pct. nr. VI. la hotărâre - NTPA011.

⁵⁾ Suprafața receptorului în care se evacuează produse petroliere să nu prezinte irizații.

⁶⁾ Metoda de analiză va avea ca referință standardul în vigoare.

Tabel 3.

Concentrația minimă de oxigen dizolvat admisă (normată) în apa emisarului, funcție de categoria de calitate a acestuia

Categoria emisarului	Concentrația minimă de oxigen dizolvat admisă (normată)
I	7 mg O ₂ /l
II	6 mg O ₂ /l
III	5 mg O ₂ /l
IV	4 mg O ₂ /l
V	< 4 mg O ₂ /l

9. Măsurile de protecția muncii și a sănătății populației

9.1. Măsurile de protecția și securitatea muncii la executarea, exploatarea și întreținerea sistemului de canalizare

Activitățile impuse de executarea, exploatarea și întreținerea sistemului de canalizare prezintă pericole importante datorită multiplelor cauze care pot provoca îmbolnăvirea sau accidentarea celor care lucrează în acest mediu, de aceea este necesar a se lua măsuri speciale de instruire și prevenire.

Accidentele și îmbolnăvirile pot fi cauzate în principal de:

- prăbusirea peretilor transeelor sau excavatiilor realizate pentru montajul conductelor sau pentru fundatii;
- căderea tuburilor sau a altor echipamente în timpul manipulării acestora;
- intoxicații sau asfixieri cu gazele toxice emanate (CO, CO₂, gaz metan, H₂S etc.);
- îmbolnăviri sau infecții la contactul cu mediul infectat (apa uzată);
- explozii datorate gazelor inflamabile;
- electrocutări datorită cablurilor electrice neizolate corespunzător din rețeaua electrică a stației;
- căderi în cămine sau în bazinul de aspirație al stației de pompare a apelor uzate menajere, etc.

Pentru a preveni evenimentele de genul celor enumerate mai sus, este necesar ca tot personalul care lucrează în rețeaua de canalizare să fie instruit în prealabil prin ținerea unui curs special teoretic și practic.

Toți lucrătorii care lucrează la exploatarea și întreținerea rețelei de canalizare trebuie să facă un examen medical riguros și să fie vaccinați împotriva principalelor boli hidrice (febră tifoidă, dizenterie, etc.). De asemenea, zilnic vor trebui controlați astfel încât celor care au răni sau zgârieturi oricât de mici să li se interzică contactul cu rețeaua de canalizare. Toți lucrătorii sunt obligați să poarte echipament de protecție corespunzător (cizme, salopete și mănuși), iar la sediul sectorului să aibă la dispoziție un vestiar cu două compartimente, pentru haine curate și haine de lucru, precum și dușuri, săpun, prosop etc.

Echipele de control și de lucru pentru rețeaua de canalizare trebuie să fie dotate în afară de echipamentul de protecție obișnuit cu lămpi de miner tip Davis, măști de gaze și centuri de siguranță, detectoare de gaze toxice (oxid de carbon, amoniac, hidrogen sulfurat) sau inflamabile (metan).

Înainte de intrarea în cămine sau în canal este necesar să se deschidă 3 capace în amonte și în aval pentru a se realiza o aerisire de 2-3 ore, precum și a se verifica prezența gazelor cu ajutorul lămpii de miner. Dacă lămpile se sting, se recurge la ventilarea artificială iar intrarea în cămin se face numai cu măști de gaze și centuri de siguranță, lucrătorul fiind legat cu frânghie ținută de un alt lucrător situat la suprafață.

De asemenea, când muncitorii se află în cămine sau parcurg trasee ale unor canale amplasate pe partea carosabilă, trebuie luate măsuri cu privire la circulația din zonă prin semnalizarea punctului de lucru cu marcaje rutiere corespunzătoare atât pentru zi cât și pentru noapte.

În unele cazuri există pericol de a se produce explozii datorită gazelor ce se degajă din apele uzate, sau ca rezultat al unor procese de fermentare care se pot produce în rețelele de canalizare. În aceste

situații, nu este permis accesul în cămine decât cu lămpi de tip minier și este interzisă categoric aprinderea chibriturilor sau fumatul.

O atenție deosebită trebuie acordată pericolului de electrocutare prin prezența cablurilor electrice îngropate în vecinătatea rețelelor de canalizare, precum și a instalațiilor de iluminat în zone cu umiditate mare care trebuie prevăzute cu lămpi electrice funcționând la tensiuni nepericuloase de 12-24 V.

9.2. Măsuri de protecția și securitatea muncii pentru stațiile de pompare

Pentru exploatarea stațiilor de pompare se vor respecta prevederile legislației în vigoare privind regulile igienico-sanitare și de protecție a muncii, astfel (legea nr. 90/1996 a protecției muncii și Normele metodologice de aplicare precum și "Norme specifice de securitatea muncii pentru evacuarea apelor uzate de la populație și din procesele tehnologice", publicate în 2001 de Ministerul Muncii și Protecției Sociale):

- se vor folosi salopete de protecție a personalului în timpul lucrului;
- se va păstra curățenia în clădirea stației de pompare;
- se va asigura întreținerea și folosirea corespunzătoare a instalațiilor de ventilație;
- folosirea instalației de iluminat la tensiuni reduse (12-24 V), verificarea izolațiilor, a legăturilor la pământ precum și a măsurilor speciale de prevenire a accidentelor prin electrocutare la stațiile de pompare subterane unde frecvent se poate produce inundarea camerei pompelor;
- folosirea servomotoarelor sau a mecanismelor de multiplicare a forței sau cuplului la acționarea vanelor în cazul automatizării funcționării stației de pompare;
- la stațiile de pompare având piese în mișcare (rotori, cuplaje etc.), trebuie prevăzute cutii de protecție pentru a apăra personalul de exploatare în cazul unui accident produs la apariția unei defecțiuni mecanice.
- pentru prevenirea leziunilor fizice, este necesar ca la efectuarea reparațiilor, piesele grele care se manipulează manual să fie ridicate cu ajutorul mușchilor de la picioare astfel încât să se evite fracturile și leziunile coloanei vertebrale;
- pentru evitarea eforturilor fizice este rațional a se păstra în bune condiții de funcționare instalațiile mecanice de ridicat.

9.3. Măsuri de protecția și securitatea muncii pentru stațiile de epurare

În exploatarea și întreținerea construcțiilor și instalațiilor din stația de epurare se vor respecta și aplica toate regulile de protecția muncii cuprinse în materialele cu caracter normativ ca și în actele care conțin prevederi ce au contingență cu specificul lucrărilor și activităților care se desfășoară într-o stație de epurare.

În cadrul regulamentului de exploatare și întreținere se va insista în mod deosebit asupra regulilor și măsurilor privind:

- accesul în diferite cămine și camere de inspecție a armăturilor sau aparatului, în canale deschise, bazinele de aspirație a pompelor sau în bazinele obiectelor tehnologice etc., a personalului de exploatare din punct de vedere al coborârii, circulației în spațiile respective, manevrării capacelor și dispozitivelor respective, etc.;
- circulația în lungul bazinelor deschise, pe platforma de manevră a robinetilor de introducere a reactivilor în bazine, etc.;
- folosirea echipamentului de protecție și de lucru;
- efectuarea unor operațiuni la lumină artificială, în medii cu un grad ridicat de umiditate;
- marcarea cu panouri și plăcuțe avertizoare a locurilor periculoase (întă tensiune, pericol de cădere, acumulări de gaze inflamabile, etc.);
- manevrarea panourilor de aerare, a electropompelor, vanelor, electrosuflantelor, mixerelor, etc.;
- activitatea pe șantier ce se desfășoară cu ocazia remedierii avariilor (sprijinirea malurilor, coborârea în tranșee, folosirea utilajelor de intervenție ca motopompe, pickkammere, electropompe, compresoare, macarale, aparate de sudură, etc.);
- activitatea pe timp friguros care comportă măsuri deosebite privind echipele de lucru (în cazul instalațiilor în aer liber), circulația spre obiectele tehnologice și pe pasarelele aferente unde accesul

poate deveni periculos prin alunecare pe gheață, utilizarea sculelor și dispozitivelor pentru îndepărtarea gheții, ș.a.m.d.

- asigurarea ventilării corespunzătoare a camerelor și a bazinelor înainte de accesul personalului de exploatare pentru prevenirea asfixierilor din lipsă de oxigen sau inhalării unor gaze letale;
- folosirea echipamentului electric antiexploziv;
- controlul periodic al atmosferei din spațiile închise pentru a determina prezența gazelor toxice și inflamabile;
- interdicțiile privind utilizarea surselor de aprindere în apropierea instalațiilor, construcțiilor, canalelor și căminelor de vizitare unde s-ar putea produce și acumula gaze inflamabile;
- circulația în jurul electropompelor, electrosuflantelor, a tablourilor electrice și a mixerelor din bazinul de epurare fizico-chimică și din stabilizatorul de nămol, nefiind admis ca în spațiile dintre agregate, dintre acestea și pereți, etc. să se depoziteze materiale, scule, piese ș.a. care să stingherească operațiunile de manevrare și control, de demontare-montare, revizii, etc.;
- protejarea golurilor din planșee și pasarele cu parapete de protecție în cazul în care acestea nu au capace;
- pasarelele de acces la diferitele părți ale instalațiilor să fie confecționate din tablă striată sau din panouri cu împletitură metalică și bordaj din cornier, în scopul reducerii pericolului de alunecare;
- ungerea pieselor în mișcare să se facă numai după oprirea agregatelor respective;
- manipularea agregatelor să se facă numai cu mijloace de ridicare adecvate, nefiind admisă folosirea de mijloace de ridicare improvizate;
- asigurarea, în spațiile în care este necesar acest lucru, a microclimatului și a ventilației.

La elaborarea Regulamentului de exploatare a stației de epurare se va preciza modul în care se face instructajul personalului de specialitate, împrospătarea periodică a cunoștințelor acestuia, afișarea la locurile de muncă a principalelor reguli de protecția muncii, acordarea primului ajutor în caz de accidentare, etc.

9.4. Protecția sanitară

Regulamentul de exploatare și întreținere a rețelelor de canalizare și stațiilor de epurare va cuprinde și prevederi referitoare la aspectele igienico-sanitare, prevederi stabilite în mod obligatoriu în colaborare cu organele locale ale inspecției sanitare de stat.

Privitor la personalul de exploatare, conducerea administrativă va preciza felul controlului medical, periodicitatea acestuia, modul de utilizare a personalului găsit cu anumite contraindicații medicale, temporare sau permanente, minimum de noțiuni igienico-sanitare care trebuie cunoscute de anumite categorii de muncitori, etc.

Privitor la protecția sanitară a stațiilor de epurare se va stabili, (cu respectarea prevederilor cuprinse de legislația în vigoare), modul în care se reglementează, îndeosebi următoarele:

- delimitarea și marcarea zonei de protecție (în cazul stațiilor de epurare izolate);
- modul de utilizare a terenului care constituie zona de protecție;
- executarea de săpături, depozitarea de materiale, realizarea de conducte, puțuri sau alte categorii de construcții în interiorul zonei de protecție.

Societatea care exploatează și întreține sistemul de canalizare este obligată să acorde îngrijirea necesară personalului de exploatare, în care scop:

- a) va angaja personalul de exploatare numai după un examen clinic, radiologic și de laborator făcut fiecărei persoane;
- b) va asigura echipamentul necesar de lucru pentru personal (cizme, mănuși de cauciuc, ochelari de protecție, măști de gaze, centură de salvare cu frânghie, etc.) conform normativelor în vigoare;
- c) va face instructajul periodic de protecție sanitară (igienă) conform normelor în vigoare;
- d) în stația de epurare va exista o trusă farmaceutică de prim ajutor, eventual un aparat de respirat oxigen cu accesoriile necesare pentru munca de salvare;
- e) se vor asigura muncitorilor condiții decente în care să se spele, să se încălzească și să servească masa (o încăpere încălzită și vestiar cu dușuri cu apă rece și apă caldă);

- f) medicul societății care exploatează și întreține sistemul de canalizare este obligat să urmărească periodic (lunar) starea de sănătate a personalului de exploatare;
- g) personalul stației de epurare se va supune vaccinării T.A.B. la intervalele prevăzute de instrucțiunile Ministerului Sănătății.
- Funcție de mărimea și importanța stației de epurare, beneficiarul va lua măsurile de protecția și securitatea muncii, precum și de protecție sanitară care se impun pentru cazul respectiv.

9.5. Măsuri de protecție contra incendiului

În general, în sistemele de canalizare (rețea, stație de epurare, gură de vărsare în emisar) pericolul de incendiu poate apare în locurile și în situațiile în care se pot produce gaze de fermentare sau degajări de vapori în canale datorate prezenței unor substanțe inflamabile (eter, diclorețan, benzină, etc.) în apa uzată provenită de la unele industrii sau societăți comerciale care nu respectă la evacuarea în rețeaua de canalizare NTPA 002-2002.

Incendiul poate apare și în locurile unde există substanțe inflamabile (laboratoare de analiză a apei și nămolului, magazii, depozit de carburanți, centrală termică, sobe care utilizează drept carburant gazele naturale, etc.).

În toate aceste locuri se vor lua măsurile cerute de Normele de pază și prevenire contra incendiilor, funcție de natura pericolului respectiv. De asemenea, se vor respecta prevederile Ordinilor MI nr. 88/2001 și nr. 778/1998.

Dintre măsurile suplimentare care trebuie luate, se menționează mai jos câteva, specifice construcțiilor și instalațiilor din sistemul de canalizare:

- asigurarea ventilării corespunzătoare a camerelor și a bazinelor înainte de accesul personalului de exploatare pentru prevenirea asfixierilor din lipsă de oxigen, inhalării unor gaze letale sau aprinderii unor vapori inflamabili;
- folosirea echipamentului electric antiexploziv;
- controlul periodic al atmosferei din spațiile închise pentru a determina prezența gazelor toxice și inflamabile;
- interdicțiile privind utilizarea surselor de aprindere în apropierea instalațiilor, rezervoarelor de fermentare a nămolului, construcțiilor, canalelor și căminelor de vizitare unde s-ar putea produce și acumula gaze inflamabile;
- marcarea cu panouri și plăcuțe avertizoare a locurilor periculoase (întă tensiune, pericol de cădere, acumulări de gaze inflamabile, etc.);

Dintre măsurile strict necesare se mai menționează prevederea de hidranți de incendiu exterior în locurile și la distanțele recomandate de Normele de pază și securitate contra incendiilor, iar în clădiri, magazii, depozite, a hidranților interiori necesari, a stingătoarelor de incendiu și chiar a unor rețele de sprinclere, dacă este cazul.

CONSTRUIREA CURBELOR IDF (Intensitate – Durata – Frecventa)

1. Consideratii generale

1.1. Precipitatiea punctuală este precipitatiea înregistrată la statie. Probabilitatea de depășire $P\%$ a precipitatiei maxime sau a intensității acesteia la statie este reprezentată sub formă de frecvență (1:T) sau sub forma perioadei medii de repetare T .

$$P = \frac{1}{T} \text{ sau } T = \frac{1}{P}$$

1.2. Pentru prelucrarea statistică a precipitatiilor se constituie seria parțială a valorilor extreme ale precipitatiilor de durată D prin unul din următoarele procedee:

- a) Seleționând precipitatiile maxime anuale de durată D , ceea ce conduce la un număr de valori ale sirului statistic egal cu numărul de ani cu observatii.
- b) Seleționând precipitatiile maxime de durată D , care depășesc un anumit prag (Peaks Over Threshold - POT); în acest fel în anumiți ani vor fi seleționate 2 sau chiar mai multe precipitatii exceptionale, în timp ce în alti ani nu va fi seleționată nici o valoare. Pragul de la care se iau în considerare precipitatiile maxime este o mărime aleasă arbitrar, însă este preferabil ca numărul de valori rezultate să fie egal cu numărul de ani pentru care se dispune de măsurători. Seria de date parțială obținută în cadrul metodei POT trebuie sa fie constituită din elemente independente, ceea ce înseamnă că vârfurile selectionate trebuie să fie separate de o perioadă fără precipitatii. Mărimea ei variază după diversi autori între 1 h și 1-6 zile; ca un compromis se poate considera suficientă o durată fără precipitatii de 1 zi.

1.3. După prelucrarea statistică a precipitatiilor maxime pentru diverse durate D , rezultatele obtinute sunt reprezentate pe un grafic având pe abscisă timpul, iar pe ordonată intensitatea. Prin unirea tuturor punctelor aferente aceleiasi probabilități de depășire (frecvente) rezultă curbele IDF, fiecare curbă corespunzând unei anumite frecvente sau perioade medii de repetare.

1.4. Curbele IDF permit calculul intensității medii a ploii corespunzătoare unei frecvente date pentru o gamă de valori ale duratei precipitatiilor. Ele sunt utilizate în cazul unor suprafețe de bazin mai mici de 10 km^2 pentru dimensionarea rețelilor urbane de canalizare sau a bazinelor de retenție temporară a precipitatiilor în exces care nu pot fi evacuate de rețea pe durata ploii.

1.5. În cazul în care se utilizează precipitatiile maxime pentru diverse durate D , pentru calculul curbelor IDF sunt necesare înregistrări continue ale precipitatiilor pe o perioadă de cel puțin 30 de ani. Pentru cazul unor statii cu mai puțin de 20 de ani de înregistrări se va recurge la utilizarea metodei POT, astfel încât sirul precipitatiilor maxime de durată D să contină cel puțin 30 de valori. La statiile cu date lipsă pe anumite perioade, dar dispunând de date pe o durată totală cuprinsă între 20-30 de ani, datele lipsă până la 30 de ani se completează prin corelații cu statiile vecine sau din zone similare sau se poate apela de asemenea la metoda POT. Metoda POT poate fi utilizată și în cazul în care numărul de ani cu date din înregistrări depășește pragul de 30 de ani.

1.6. Principala problemă care apare în cazul metodei POT la seleționarea unui număr de precipitatii diferit de numărul de ani este legată de faptul că intervalul mediu de eșantionare are o

durată oarecare, mai mică sau mai mare de un an, după cum se selecționează mai multe precipitații decât numărul de ani sau mai puține decât acesta. Ca urmare, probabilitățile teoretice, care corespund unei precipitații maxime pe alt interval decât anul, trebuie convertite în probabilități anuale de depășire. Dacă se notează cu $P_1\%$ probabilitatea anuală de depășire, respectiv cu $P_d\%$ probabilitatea de depășire care corespunde precipitației calculate pentru mărimea d a intervalului mediu de calcul, relația de trecere este:

$$P_d = \frac{n}{m} P_1$$

unde m este numărul de precipitații luate în calcul, iar n este numărul de ani.

O altă relație de calcul a probabilității $P_d\%$, care se poate aplica atât pentru cazul în care $m < n$, cât și pentru $m > n$ este următoarea:

$$P_{d=n/m} = 1 - (1 - P_1)^{n/m}$$

Aceste probleme de calcul suplimentar pot fi eliminate în principiu dacă numărul de precipitații selecționate este egal cu numărul de ani ai perioadei de calcul.

1.7. Pentru analiza statistică seria de date parțială trebuie să fie omogenă și staționară. Se recomandă utilizarea următoarelor teste de semnificație:

- independența datelor (testul Wald-Wolfowitz)
- omogenitate (testul Mann-Whitney, testul Wilcoxon)
- staționaritate (testul Mann-Kendall, recomandat de WMO).

1.8. Dacă setul de date este neomogen sau prezintă trend este necesară împărțirea lui în submultimi omogene sau utilizarea pentru setul de date recente a metodei POT, cu mai multe vârfuri în anumiți ani în așa fel încât să se dispună de minim 30 de valori.

1.9. Pentru calculul repartiției empirice se recomandă utilizarea formulei Weibull:

$$P_i^e = \frac{i}{n+1}$$

unde n este numărul de ani (intervale) ale perioadei de calcul.

1.10. Ca repartiții teoretice se pot folosi utiliza:

- a) Distribuția Generalizată a Extremelor (GEV – General Extreme Values) de tip I (Gumbel) pentru seria parțială precipitațiilor maxime anuale de durată D
- b) Distribuția Pareto Generalizată (GPD – General Pareto Distribution) pentru seria parțială a precipitațiilor maxime de durată D peste un anumit prag.

1.11. Pentru estimarea parametrilor repartițiilor teoretice se utilizează în general metoda momentelor, metoda momentelor ponderate sau metoda verosimilității maxime.

2. Algoritm pentru construirea curbelor IDF utilizând precipitațiile maxime anuale de durată D

Fie $h_{i,j,k}$ precipitația cumulată, exprimată în mm coloană de apă, la momentul i din cadrul ploii j din anul k .

Se notează prin D_l durata ploii de calcul, considerată multiplu al pasului de timp Δt cu care se înregistrează precipitațiile; ca atare, $D_l = l \cdot \Delta t$, unde l este număr natural.

- 1) Înălțimea stratului precipitat în cadrul ploii j din anul k pe durata D_l a ploii de calcul în intervalul cuprins între momentele $(i-l) \cdot \Delta t$ și $i \cdot \Delta t$ se obține utilizând relația:

$$\Delta h_{i,j,k,l} = h_{i,j,k} - h_{i-l,j,k} \quad \text{unde } i-l \geq 0$$

- 2) Înălțimea maximă a stratului precipitat pe durata D_l în cadrul ploii j din anul k rezultă căutând maximul valorilor astfel calculate:

$$\Delta h_{j,k,l}^{\max} = \max_i \{ \Delta h_{i,j,k,l} \}$$

- 3) În continuare, baleind multimea ploilor j din anul k , se calculează înălțimea maximă anuală a stratului precipitat în intervalul $D_l = l \cdot \Delta t$:

$$\Delta h_{k,l}^{\max} = \max_j \{ \Delta h_{j,k,l}^{\max} \} = \max_j \max_i \{ \Delta h_{i,j,k,l} \}$$

- 4) Valorile astfel obținute ale precipitațiilor maxime de durată D_l sunt transformate în intensități prin împărțire la durata ploii, egală cu timpul de concentrare t_c :

$$I_{k,l} = \frac{\Delta h_{k,l}^{\max}}{D_l} = \frac{\Delta h_{k,l}^{\max}}{t_c}$$

Intensitatea se exprimă de regulă în mm/minut sau l/s ha.

- 5) Pentru fiecare durată D_l sirul rezultat este prelucrat statistic, determinând intensitatea precipitațiilor cu diverse probabilități de depășire (care se exprimă însă sub formă de frecvențe sau de perioade medii de repetare).
- 6) În final, valorile corespunzând aceleiași frecvențe (perioade medii de repetare) se unesc printr-o curbă, rezultând o familie de curbe Intensitate – Durată – Frecvență (IDF) corespunzătoare frecvențelor $1:T$ (sau perioadelor medii de repetare T) luate în considerare.

3. Algoritm pentru construirea curbelor IDF utilizând precipitațiile de durată D peste un anumit prag

Notatiile $h_{i,j,k}$ (precipitația cumulată la momentul i din cadrul ploii j din anul k) și D_l (durata ploii de calcul) își păstrează semnificația din paragraful precedent. De asemenea, primul și ultimii 2 pași sunt identici ca în algoritmul care utilizează maximele anuale ale ploii de durată D_l . Pentru ușurință, se expune însă întregul algoritm.

- 1) Înălțimea stratului precipitat în cadrul ploii j din anul k pe durata D_1 a ploii de calcul în intervalul cuprins între momentele $(i - l) \cdot \Delta t$ și $i \cdot \Delta t$ se obține utilizând relația:

$$\Delta h_{i,j,k,l} = h_{i,j,k} - h_{i-l,j,k} \quad \text{unde } i - l \geq 0$$

- 2) Calculul de la pasul 1 se repetă pentru toate ploile j din anul k , parcurgând treptat totii anii de calcul
- 3) Multimea valorilor astfel obținută este concatenată, după care se ordonează în ordine descrescătoare
- 4) Din multimea rezultată după ordonare se păstrează primele n valori, unde n este numărul anilor de calcul.
- 5) Se verifică independența valorilor reținute, ceea ce înseamnă că două valori ale ploii de durată D_1 nu pot să aparțină aceluiași episod pluvial, ele trebuind să fie separate de un interval cu precipitație nulă. Dacă se constată că două valori ale ploii nu sunt independente, se exclude valoarea cea mai mică dintre ele, locul ei fiind luat de prima valoare din sirul rămas după prelucrările de la pasul 4, respectiv 5 (dacă au mai survenit situații similare pe parcursul procesului de la acest pas).
- 6) Valorile astfel obținute ale precipitațiilor maxime de durată D_1 peste un anumit prag sunt transformate în intensități prin împărțire la durata ploii, egală cu timpul de concentrare t_c :

$$I_{k,l} = \frac{\Delta h_{k,l}^{\text{ord desc}}}{D_1} = \frac{\Delta h_{k,l}^{\text{ord desc}}}{t_c}$$

unde: $\Delta h_{k,l}^{\text{ord desc}}$ reprezintă valoarea cu rangul k din sirul ordonat descrescător al precipitațiilor de durată D_1 superioare unui prag (rezultat din condiția de a reține n valori independente ale ploii de calcul). Se observă că în acest caz, indicele $k = \overline{1, n}$ nu mai reprezintă anul curent, ci valoarea curentă a precipitației peste prag.

- 7) Pentru fiecare durată D_1 sirul rezultat este prelucrat statistic, determinând intensitatea precipitațiilor cu diverse probabilități de depășire (care se exprimă însă sub formă de frecvențe sau de perioade medii de repetare).
- 8) În final, valorile corespunzând aceleiași frecvențe (perioade medii de repetare) se unesc printr-o curbă, rezultând o familie de curbe Intensitate – Durată – Frecvență (IDF) corespunzătoare frecvențelor (perioadelor medii de repetare) luate în considerare.

4. Determinarea precipitațiilor în puncte fără măsurători

În cazul bazinelor mici (sub 10 km²) care nu dispun de măsurători se va apela la o analiză regională utilizând datele de la stațiile vecine, situate la o distanță de maxim 25-30 km. Se poate utiliza unul din următoarele procedee:

- a) ponderarea cu inversul pătratului distanței față de stațiile cele mai apropiate
- b) analiza variabilității regionale a parametrilor statistici

4.1. Ponderarea cu inversul pătratului distanței față de stațiile cele mai apropiate

4.2.1. Într-o fază inițială se determină parametrii statistici ai repartiției alese la toate cele N stații vecine amplasamentului care nu dispune de măsurători.

4.2.2. În continuare, fiecare parametru statistic în locația fără măsurători este estimat ca o medie a valorilor aceluiași parametru la stațiile din zonă ponderate cu inversul pătratului distanței față de aceste stații:

$$\hat{\theta}_{wd} = \sum_{i=1}^N \frac{1}{d_{i0}^2} \hat{\theta}_i / \left(\sum_{i=1}^N \frac{1}{d_{i0}^2} \right)^{-1}$$

unde: $\hat{\theta}_i$ este valoarea estimată la stația i pentru parametrul θ_i ,

$\hat{\theta}_{wd}$ - media ponderată cu distanța a valorilor aceluiași parametru

d_{i0} - distanța de la stația i la amplasament (identificat prin 0)

4.2.3. Într-o abordare mai avansată, se va ține seama și de numărul n_i de valori înregistrate la fiecare stație, parametrul estimat $\hat{\theta}_{wn}$ fiind:

$$\hat{\theta}_{wn} = \sum_{i=1}^N n_i \hat{\theta}_i / \left(\sum_{i=1}^N n_i \right)^{-1}$$

O relație de ponderare atât cu distanța, cât și cu numărul de valori înregistrate la fiecare stație are următoarea expresie:

$$\hat{\theta}_w = \alpha \hat{\theta}_{wd} + (1 - \alpha) \hat{\theta}_{wn}$$

unde $0 \leq \alpha \leq 1$ este un factor de ponderare al celor doi estimatori: $\hat{\theta}_{wd}$ și $\hat{\theta}_{wn}$. Dacă $\alpha = 1$, la estimarea parametrului necunoscut contează doar distanța față de amplasament, iar dacă $\alpha = 0$ este importantă doar lungimea sirului de date de la stații. Pentru valori intermediare ale lui α , utilizând redundanța celor doi estimatori se obține o estimare mai bună a parametrului căutat.

Valoarea parametrului de ponderare α rezultă în urma calculului pentru diferite valori ale lui α a parametrului $\hat{\theta}_w$ la stațiile la care valoarea acestui parametru este cunoscută, utilizând doar valorile de la celelalte stații și apoi comparând valorile rezultate ale parametrului căutat cu valorile cunoscute ale aceluiași parametru. Această analiză servește ca bază pentru alegerea optimă a parametrului de ponderare α .

4.2. Analiza variabilității regionale a parametrilor statistici

4.2.1. Această metodă se aplică în condițiile în care corelația spațială între valorile maxime anuale ale precipitațiilor poate fi neglijată. Pentru verificarea acestei ipoteze, se calculează coeficienții de corelație a maximelor anuale de la stațiile din zona limitrofă. Dacă corelația coeficienților cu distanța între stații este slabă, atunci se poate concluziona că nu există corelație spațială între maximele anuale ale precipitațiilor. În cazul metodei POT, este necesar ca gradul de asociere să descrească cu mărimea pragului.

4.2.2. O altă condiție pentru aplicarea metodei este ca parametrii statistici să fie relativ egali în cadrul regiunii analizate.

4.2.3. Fie θ_i valoarea unuia dintre parametrii statistici ai repartiției analizate pentru stația $i = \overline{1, N}$. Egalitatea parametrilor θ_i poate fi analizată calculând statistica:

$$X^2 = \sum_{i=1}^N (\hat{\theta}_i - \hat{\theta}_w)^2 / \sigma^2(\hat{\theta}_i)$$

unde $\hat{\theta}_i$ este valoarea estimată pentru parametrul θ_i , iar $\hat{\theta}_w$ este media ponderată a valorilor aceluiași parametru cu numărul de valori n_i măsurate la stația i :

$$\hat{\theta}_w = \sum_{i=1}^N n_i \hat{\theta}_i / \sum_{i=1}^N n_i$$

Valoarea statisticii X^2 se calculează pentru diverse durate, inferioare timpului de concentrare al ploii pe bazinul studiat.

În condițiile în care nu există dependentă spațială între valorile maxime ale precipitațiilor sau această dependentă este redusă, pentru ipoteza nulă $\theta_1 = \theta_2 = \dots = \theta_N$ statistica X^2 are o distribuție χ^2 cu $N-1$ grade de libertate,.

4.2.3. Egalitatea parametrilor poate fi verificată de asemenea construind corelații ale parametrilor $\hat{\theta}_i$ de la cele N stații cu precipitația medie multianuală. Panta dreptei de regresie pentru fiecare durată a ploii trebuie să fie foarte aproape de zero (sub valoarea corespunzătoare unui prag de semnificație de 5% pentru testul Student).

4.2.4. Dacă dependența spațială între valorile maxime este redusă, iar parametrii repartiției nu au variație spațială, atunci seriile de timp ale precipitațiilor de la toate stațiile din zona analizată pot fi concatenate și analizate ca și cum ar fi un singur sir. După prelucrarea statistică a acestui sir se obțin valorile precipitațiilor sau intensităților cu probabilitățile de depășire (frecvențele) dorite.

5. Repartiții statistice utilizate.

5.1. Distribuția Gumbel (EVI)

5.1.1. Repartiția Gumbel sau Extreme Value de tip I (EVI) este larg utilizată pentru analiza precipitațiilor maxime anuale și are densitatea de repartiție:

$$f(x) = \frac{1}{\alpha} \exp \left[-\frac{x-u}{\alpha} - \exp \left(-\frac{x-u}{\alpha} \right) \right]; \quad -\infty < x < \infty$$

respectiv funcția de repartiție complementară (probabilitatea de depășire):

$$F^c(x) = 1 - F(x) = \exp \left[-\exp \left(-\frac{x-u}{\alpha} \right) \right]; \quad -\infty < x < \infty$$

5.1.2. Parametrii α și u pot fi exprimați funcție de abaterea medie pătratică s_n și de valoarea medie \bar{x} a sirului de precipitații maxime de durată D folosind relațiile:

$$\alpha = \frac{\sqrt{6} s_n}{\pi}$$

$$u = \bar{x} - 0.5772 \alpha$$

unde: media $\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$,

iar abaterea medie pătratică de selecție $s_n = \left[\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \right]^{1/2}$

Se observă că parametrul α este pozitiv. Parametrul u reprezintă modul distribuției (valoarea variabilei pentru care densitatea de repartiție este maximă).

5.1.3. Funcția de repartiție complementară este inversabilă, adică permite determinarea cuantilei x_T corespunzătoare probabilității de depășire $P\%$ (frecvenței $1/T$, respectiv perioadei medii de repetare T):

$$x_T = u - \alpha \ln \left(-\ln \left(1 - F^c(x) \right) \right) = u - \alpha \ln \left(-\ln \left(1 - \frac{1}{T} \right) \right)$$

După determinarea parametrilor α și u pe baza mediei și abaterii medii pătratice a sirului de valori selecționat, cu relația anterioară se poate determina direct valoarea precipitației sau intensității acesteia corespunzătoare frecvenței $1/T$.

5.1.4. În mod uzual, în practică calculul este simplificat prin definirea variabilei reduse:

$$y = \frac{x - u}{\alpha}$$

Înlocuind variabila redusă în expresia probabilității de depășire rezultă:

$$F^c(x) = 1 - F(x) = 1 - \exp[-\exp(-y)]$$

Rezolvând ecuația în raport cu y se obține:

$$y = -\ln \left(-\ln \left(F(x) \right) \right) = -\ln \left(-\ln \left(1 - \frac{1}{T} \right) \right)$$

Relația astfel obținută se înlocuiește în expresia variabilei reduse y , rezultând cuantilele corespunzătoare perioadei de repetare T :

$$x_T = u + \alpha \cdot y_T$$

5.1.5. Procedura de calcul este următoarea:

- Se calculează parametrii statistici \bar{x} și s_n (valoarea medie și abaterea medie pătratică de selecție a sirului statistic al precipitațiilor maxime sau intensităților corespunzătoare)
- Se determină apoi parametrii α și u ai repartiției Gumbel
- Se calculează valoarea variabilei reduse y_T funcție de T
- Cu aceste elemente se calculează valoarea cuantilei x_T care corespunde perioadei medii de repetare T .

5.2. Distribuția Generalizată a Extremelor (GEV)

5.2.1. Distribuția Gumbel poate să fie utilizată cu rezultate bune pentru perioade de repetare relativ mici (până la 10 ani). În schimb, ea subestimează cuantilele corespunzătoare unor perioade de repetare mari. În acest caz, alternativa o constituie utilizarea distribuției extremelor (GEV – generalized extreme value) care descrie mai bine distribuția în zona valorilor mari datorită unui parametru suplimentar. Pentru estimarea corectă a parametrului de formă sunt necesare seturi mari de date. Este posibilă și utilizarea datelor de la mai multe stații din zonă, în condițiile ipotezei ca parametrul de formă este constant sau foarte puțin variabil în cadrul zonei.

5.2.2. Distribuția Generalizată a Extremelor (GEV) are următoarea expresie a funcției de repartiție:

$$F(x) = \exp \left[- \left(1 - k \frac{x - u}{\alpha} \right)^{1/k} \right]$$

unde k , u și α sunt parametri care trebuie determinați.

5.2.3. Distribuția GEV combină 3 distribuții extreme într-o singură distribuție.

Pentru valoarea $k = 0$ se obține repartiția Gumbel sau Extreme Value de tip I (EVI). Pentru $k < 0$ se obține repartiția EVII (Fréchet), iar pentru $k > 0$ rezultă distribuția EVIII (Weibull).

5.2.4. Deoarece funcția $F(x)$ este inversabilă, cuantila x_T reprezentând valoarea variabilei corespunzătoare perioadei medii de repetare T se obține cu relația:

$$x_T = u + \frac{\alpha}{k} \{ 1 - [-\ln(1 - T^{-1})] \}$$

unde $T = \frac{1}{1-F}$ este perioada medie de repetare.

5.2.5. Pentru determinarea parametrilor distribuției GEV pentru valorile maxime anuale se recomandă metoda L-momentelor. Pentru început se calculează momentele ponderate cu probabilitatea:

$$b_0 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$$

$$b_1 = \frac{1}{n} \sum_{i=2}^n \frac{i-1}{n-1} x_i$$

$$b_2 = \frac{1}{n} \sum_{i=3}^n \frac{(i-1)(i-2)}{(n-1)(n-2)} x_i$$

unde x_i reprezintă valorile maxime anuale ordonate descrescător.

L-momentele selecției se obțin cu relațiile:

$$l_1 = b_0$$

$$l_2 = 2 b_1 - b_0$$

$$l_3 = 6 b_2 - 6 b_1 + b_0$$

Valoarea estimată \hat{k} a parametrului de formă se obține din relația:

$$\hat{k} = 7.8590 c + 2.9554 c^2$$

unde: $c = \frac{2}{3+l_2/l_1} - \frac{\ln 2}{\ln 3}$

Valorile estimate pentru α și u sunt:

$$\hat{\alpha} = \frac{l_2 \hat{k}}{(1 - 2^{-\hat{k}}) \Gamma(1 + \hat{k})}$$

$$\hat{u} = l_1 - \hat{\alpha} \frac{1 - \Gamma(1 + \hat{k})}{\hat{k}}$$

unde $\Gamma(\cdot)$ este funcția Gama.

5.3 Distribuția Pareto Generalizată (GPD)

5.3.1. Distribuția Pareto Generalizată (GPD) are următoarea expresie a funcției de repartiție:

$$F(x) = 1 - \left(1 - a \frac{x-c}{b}\right)^{1/a} \quad \text{pentru } a \neq 0$$

$$F(x) = 1 - \exp\left(-\frac{x-c}{b}\right) \quad \text{pentru } a = 0$$

unde c este limita inferioară a repartiției, b este parametrul de scară, iar a este parametrul de formă.

5.3.2. Densitatea de repartiție este:

$$f(x) = \frac{1}{b} \left(1 - a \frac{x-c}{b}\right)^{\frac{1}{a}-1} \quad \text{pentru } a \neq 0$$

$$f(x) = \frac{1}{b} \exp\left(-\frac{x-c}{b}\right) \quad \text{pentru } a = 0$$

5.3.3. Deoarece funcția $F(x)$ este inversabilă, cuantila x_T reprezentând valoarea variabilei corespunzătoare perioadei medii de repetare T se obține cu relația:

$$x_T = c + \frac{b}{a} (1 - T^{-a}) \quad \text{pentru } a \neq 0, \text{ respectiv}$$

$$x_T = c + b \ln T \quad \text{pentru } a = 0, \text{ respectiv}$$

unde T este perioada medie de repetare. În continuare, pentru calculul cuantilei x_T sunt necesari parametrii a , b și c .

5.3.4. Parametrii a , b și c se pot calcula prin metoda momentelor, egalând momentele teoretice cu cele empirice:

$$c + \frac{b}{1+a} = \bar{x}$$

$$\frac{b^2}{(1+a)^2(1+2a)} = s^2$$

$$\frac{2(1-a)(1+2a)^{0.5}}{(1+3a)} = G$$

unde: media $\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$ este momentul de ordinul 1

dispersia $s^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2$ este momentul de ordinul 2

asimetria $G = \frac{n \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^3}{(n-1)(n-2)}$ este momentul de ordinul 3.

Pentru început se obține parametrul a rezolvând ultima ecuație. Ceilalți 2 parametri pot fi apoi calculați funcție de a cu relațiile:

$$b = s(1+a)(1+2a)^{0.5}$$

$$c = \bar{x} - \frac{b}{1+a}$$

5.3.5. Parametrii a , b și c se pot calcula de asemenea prin metoda momentelor ponderate, cu expresiile:

$$a = \frac{W_0 - 8W_1 - 9W_2}{-W_0 + 4W_1 - 3W_2}$$

$$b = \frac{(W_0 - 2W_1)(W_0 - 3W_2)(-4W_1 + 6W_2)}{-W_0 + 4W_1 - 3W_2^2}$$

$$c = \frac{2W_0W_1 - 6W_0W_2 + 6W_1W_2}{-W_0 + 4W_1 - 3W_2}$$

unde: W_r este momentul ponderat de ordinul r ($r = 0, 1, 2, \dots$) și are expresia:

$$W_r = \frac{1}{r+1} \left(c + \frac{b}{a} \right) - \frac{b}{a} \cdot \frac{1}{a+r+1}$$

5.3.6. În sfârșit, parametrii a , b și c se pot calcula prin metoda verosimilității maxime rezolvând sistemul:

$$\sum_{i=1}^n \frac{(x_i - c)/b}{1 - a(x_i - c)/b} = \frac{n}{1 - a}$$

$$\sum_{i=1}^n \ln [1 - a(x_i - c)/b] = -n \cdot a$$

$$c = x_1$$

5.3.7. Pentru o asimetrie redusă se obțin rezultate mai bune cu metoda momentelor și metoda momentelor ponderate, în timp ce pentru valori mari ale asimetriei se recomandă metoda verosimilității maxime.

Bibliografie

Ben-Zvi, A., 2009. Rainfall intensity–duration–frequency relationships derived from large partial duration series. *Journal of Hydrology* 367, 104–114.

De Michele, C., Salvadori, G., 2005. Some hydrological applications of small sample estimators of generalized Pareto and extreme value distributions. *Journal of Hydrology* 301, 37–53.

Durrans, S.R., Kirby S. T., 2004. Regionalization of extreme precipitation estimates for the Alabama rainfall atlas. *Journal of Hydrology* 295, 101–107

Hosking, J. R. M. & Wallis, J. R., 1987. Parameter and quantile estimation for the Generalized Pareto Distribution. *Technometrics* 29(3), 339–349.

Koutsoyiannis, D., Demosthenes, K., Manetas, A., 1998. A mathematical framework for studying rainfall intensity–duration–frequency relationships. *Journal of Hydrology* 303, 215–230.

Koutsoyiannis, D., 2004. Statistics of extremes and estimation of extreme rainfall: II. Empirical investigation of long rainfall records. *Hydrological Science Journal* 49, 591–610.

Maidment, D.R., 1993. Handbook of Hydrology. McGraw-Hill, New York, NY.

Overeem, A., Buishand, A., Holleman, I., 2008. Rainfall depth-duration-frequency curves and their uncertainties. *Journal of Hydrology* 348, 124–134.

Singh, V.P. & Guo H., 1995. Parameter estimation for 3-parameter Generalized Pareto Distribution by the principle of maximum entropy (POME). *Hydrological Sciences - Journal des Sciences Hydrologiques* 40 (2), 165–181.