Acest dosar este prezentat exclusiv pentru informare.

Stimate cititor!

Daca DVS doriţi sa copiaţi acest dosar, el urmează a fi inlaturat fara intirziere, imediat dupa ce ati făcut cunoştinţa cu conţinutul lui.
Copiind si pastrind dosarul in cauza,
DVS va asumaţi toata responsabilitatea
in conformitate cu legislaţia in vigoare.
Toate drepturile de autor asupra dosarului dat se păstrează dupa deţinătorul de drept.
Orice utilizare in scopuri comerciale sau alte scopuri, cu excepţia 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 spiritualităţii cititorilor si serveşte drept reclama a ediţiilor de hirtie a acestor documente.

Inapoi

PARTEA I

REȚEAUA DE CANALIZARE

În centrele populate și în interiorul incintelor industriale se acumulează diferite categorii de ape uzate provenite de la bucătării, dușuri, băi, săli de mese, closete, stropitul străzilor, piscine, procese tehnologice industriale etc. Substanțele conținute în aceste ape pot fi de natură organică sau minerală; cele de natură organică constituie un mediu propice pentru dezvoltarea diferitelor bacterii, printre care unele patogene, care pot produce boli grave, ca tifos, dizenterie ș.a.; cele de natură organică sau minerală pot conține, de asemenea, substanțe toxice provenite de la diferite industrii, de la spitale etc., care pot conduce la îmbolnăviri deosebit de grave.

Atît în centrele populate cît și în interiorul incintelor industriale se acumulează și trebuie evacuate și apele meteorice.

Totalitatea apelor menționate trebuie colectate și evacuate pe drumul cel mai scurt în cursul de apă cel mai apropiat, în condițiile admise de normele sanitare. Îndepărtarea apelor uzate, de orice natură, se face printr-un ansamblu de construcții și instalații: canale, stații de pompare, stații de epurare etc., care poartă denumirea de *sistem de canalizare*. Totalitatea apelor colectate în rețeaua de canalizare poartă denumirea de *ape de canalizare* (se folosește uneori și termenul de „ape uzate"). Cursul de apă (rîu, fluviu, lac, mare etc.) în care se evacuează apele uzate poartă și denumirea de *emisar* (receptor). Drept emisar se pot folosi și depresiuni, soluri permeabile etc.

Evacuarea apelor în emisar trebuie să fie astfel concepută încît acesta să poată fi folosit în aval de evacuare, în condițiile impuse de normele în vigoare. Cînd condițiile impuse nu pot fi respectate (cantitatea de substanțe impurificatoare depășește o anumită limită) este necesar să se recurgă la construcția unei *stații de epurare*, care să rețină o parte din aceste substanțe.

Capitolul 1

SCHEME ȘI SISTEME DE CANALIZARE

1.1. CLASIFICAREA APELOR DE CANALIZARE

Apele de canalizare sînt alcătuite din totalitatea restituțiilor folosințelor de apă sau ale obiectelor care compun folosințele de apă, precum și ale altor ape sau substanțe care necesită a fi îndepărtate prin canalizare (STAS 1846-77).

După proveniență și calitate, apele de canalizare pot fi: ape uzate, ape meteorice, de suprafață și subterane.

Apele uzate pot fi:

— ape uzate menajere, rezultate din satisfacerea nevoilor de apă gospodărești ale centrelor populate, precum și ale nevoilor gospodărești, igienico-sanitare și social-administrative ale diferitelor feluri de unități industriale, agrozootehnice etc.;

— ape uzate publice, rezultate din satisfacerea nevoilor de apă în instituțiile publice ale centrelor populate;

— ape uzate industriale, rezultate de la industria locală și de la industria republicană de orice natură (inclusiv industria extractivă — ape de mină, ape de sondă, foraje etc.), precum și alte activități asemănătoare, construcții, transporturi etc.;

— ape uzate de la unități agrozootehnice (I.A.S., C.A.P., ferme, I.M.A. etc.);

— ape uzate rezultate din satisfacerea nevoilor tehnologice (proprii) de apă ale sistemelor de alimentare cu apă și canalizare, ca: spălatul colectoarelor, pregătirea soluțiilor de reactivi, ape neepurate din stația de epurare, ape pentru antrenarea zăpezii etc.;

— ape uzate de la spălatul și stropitul străzilor și incintelor de orice natură, precum și de la stropitul spațiilor verzi din centre populate, unități agricole, unități industriale, agrozootehnice etc.;

— alte ape uzate indiferent de proveniență, precum și substanțele reziduale care se îndepărtează prin obiectele care compun canalizările.

Se menționează că toate aceste ape de mai sus provin în general din satisfacerea cerințelor de apă ale folosințelor definite prin STAS 1343-77.

Apele meteorice provin din precipitațiile care cad pe terenurile amenajate și neamenajate (intravilane și extravilane) în interiorul centrelor populate, ale incintelor de orice natură sau altor obiective (inclusiv pe terenurile înconjurătoare dacă scurgerea de pe acestea se face prin interiorul incintei respective) etc. și care se îndepărtează prin colectoare închise sau deschise.

Apele meteorice se diferențiază după influența pe care o pot avea asupra emisarilor în:

— ape meteorice convențional-curate, colectate din centrele populate și unele zone industriale;

— ape meteorice nocive, care se colectează de pe unele porțiuni ale incintelor industriale și care necesită epurarea prealabilă vărsării în emisar.

Apele de suprafață provin din cursuri de ape, lacuri, bălți sau mlaștini, cînd acestea se îndepărtează prin rețeaua de canalizare.

Apele subterane pot să provină:

— din construcții pentru drenare și desecări, din coborîrea nivelului apelor subterane (afară de apele provenite din desecări și drenaje cu scop hidroameliorativ);

— din infiltrații în canalizare.

1.2. SCHEME DE CANALIZARE

Schema de canalizare este reprezentarea în plan orizontal (fig. 1.1.) a obiectelor principale care determină circuitul apei de canalizare cu indicarea poziției lor relative (rețele de canale, colectoare principale, deversoare, puncte obligate, stații de pompare, traversări de obstacole, stații de epurare, guri de vărsare în emisar etc.).

Din schema de canalizare nu rezultă dimensiunile canalelor sau ale obiectelor care o compun, dar se pot face aprecieri generale asupra modului de soluționare a canalizării.

Amplasarea canalelor și a obiectelor care alcătuiesc canalizarea este funcție de sistematizarea localităților, situația cursurilor de apă învecinate sau care traversează localitatea, existența emisarilor și alegerea lor în condiții tehnico-economice avantajoase, cantitatea și calitatea apei de canalizat, caracteristicile bazinelor de canalizare, relieful terenului și natura amplasamentului stației de epurare etc.

În funcție de dispoziția canalelor față de emisar, schemele rețelelor de canalizare orășenească pot fi: perpendiculară directă sau indirectă, paralelă sau în etaje, ramificată și radială.

Schema perpendiculară directă (fig. 1.2, *a*) cuprinde colectoare perpendiculare pe cursul de apă în care se evacuează apele uzate; colectoarele evacuează apele de canalizare direct în emisar, schema putînd fi aplicată numai pentru îndepărtarea apelor meteorice în sistemul separativ de canalizare.

Schema perpendiculară indirectă (fig. 1.2, *b*) cuprinde colectoare perpendiculare pe emisar, care sînt interceptate de un colector principal paralel cu emisarul și care se varsă în emisar în aval de localitatea ce se canalizează, prin intermediul unei stații de epurare. Această schemă aplicată în sistem unitar înlesnește descărcarea apelor meteorice prin canale deversoare. Deoarece colectorul principal are de obicei pantă redusă, execuția este dificilă în vecinătatea emisarului.

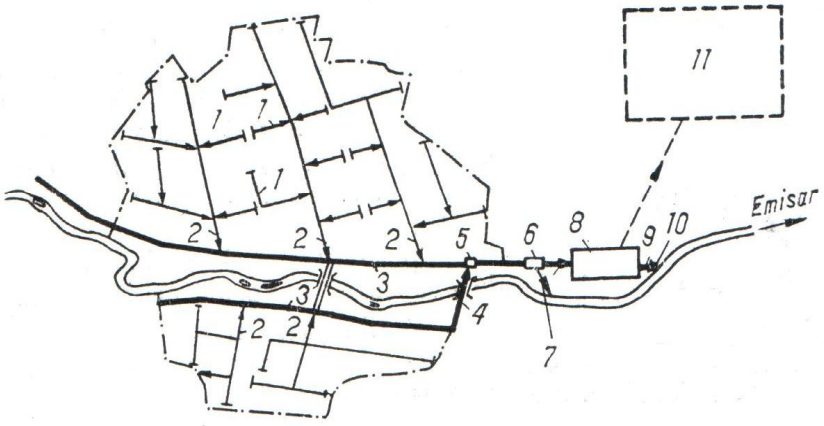


Fig. 1.1. Schema de canalizare a unei localități mici:

1 — canale de serviciu; *2* — colectoare secundare; *3* — colectoare principale; *4* — sifon de canalizare; *5* — cameră de intersecție; *6* — cameră de deversare; *7* — canal deversor; *8* — stație de epurare; *9* — canal de evacuare a apelor epurate; *10* — gură de vărsare; *11* — teren pentru valorificarea nămolurilor deshidratate.

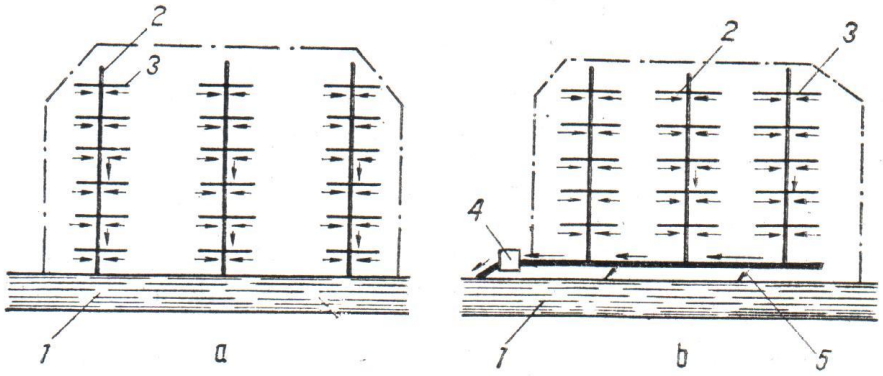


Fig. 1.2. Schema perpendiculară:
a — directă; *b* — indirectă; *1* — emisar; *2* — colector principal; *3* — colector secundar; *4* — stație de epurare; *5* — canal deversor.

Schema paralelă sau în etaje (fig. 1.3) cuprinde o serie de colectoare paralele cu emisarul, interceptate de un colector principal, care își evacuează apele de canalizare în aval de localitate prin intermediul unei stații de epurare. Această dispoziție permite obținerea unei pante mai favorabile pentru canalele secundare și pentru colectorul principal.

Schema ramificată (fig. 1.4, *a*) cuprinde colectoare distribuite de ambele părți ale colectorului principal, care își evacuează apele în aval de oraș prin intermediul unei stații de epurare.

Schema radială (fig. 1.4, *b*) cuprinde colectoare care pornesc radial din centrul zonei de canalizat spre periferie și are în general emisari diferiți. Este aplicabilă în localități la care suprafața de canalizat are denivelări pronunțate în direcții diferite.

Alegerea schemei de canalizare trebuie să se bazeze pe studierea mai multor variante privind:

— canalizarea independentă sau în comun a centrului populat și a obiectivelor de orice natură;

— calitatea apelor ce se canalizează și sistemele de canalizare;

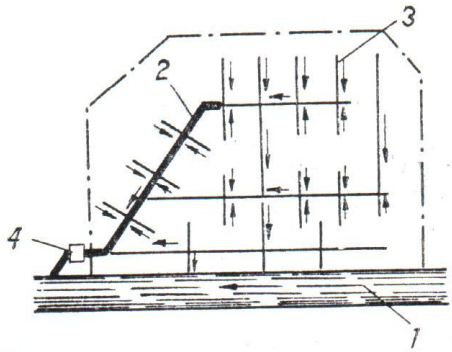


Fig. 1.3. Schema paralelă sau în etaje:
1 — emisar; *2* — colector principal; *3* — colector secundar; *4* — stație de epurare.

— trasee diferite ale principalelor canale;

— amplasamentele stațiilor de epurare;

— posibilitatea racordării la canalizarea ce se proiectează, în condiții tehnico-economice, a localităților și a obiectivelor învecinate;

— posibilitățile de realizare a condițiilor de evacuare a apelor uzate în emisar;

— posibilitatea realizării cît mai urgente a stației de epurare în vederea protecției emisarilor;

— volumul total al investițiilor și posibilitatea eșalonării acestora;

— volumul investițiilor necesare pentru intrarea în funcțiune a canalizării;

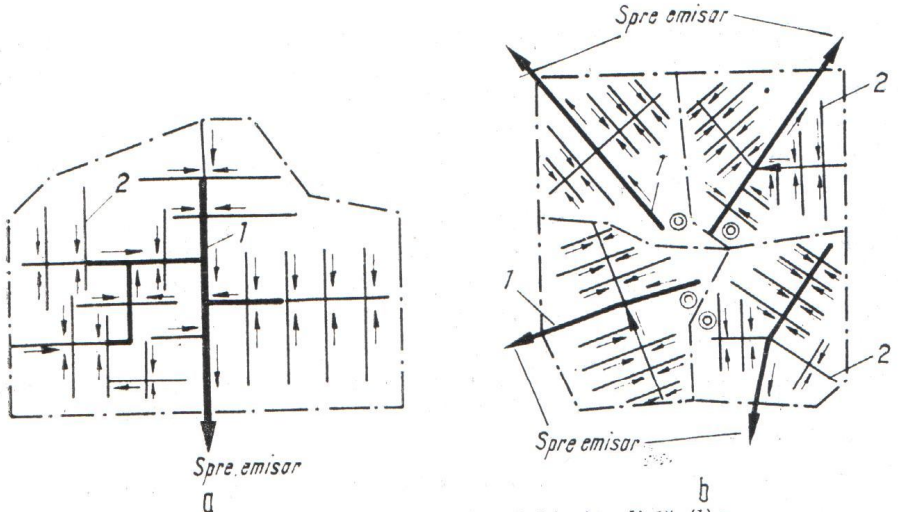


Fig. 1.4. Schema ramificată (*a*) și radială (*b*):
1 — colector principal; *2* — colector secundar.

— costul apei transportate prin rețeaua de canalizare, inclusiv epurarea pe etape cu îndepărtarea substanțelor reținute și a nămolurilor.

La alegerea schemei de canalizare vor trebui examinate în mod special:

— posibilitatea de evacuare a apelor de canalizare pe drumul cel mai scurt spre emisar, în scopul reducerii secțiunii canalelor;

— posibilitatea evacuării gravitaționale a apelor de canalizare;

— asigurarea, în condițiile cele mai avantajoase, a calității apelor uzate pentru a putea fi descărcate în emisar, în condițiile stabilite de STAS 4706-74;

— posibilitățile de îndepărtare a nămolurilor și a altor substanțe rezultate din exploatarea rețelelor de canalizare și a stației de epurare sau de preepurare;

— adoptarea unei adîncimi minime de pozare a canalelor, în funcție de cotele obligatorii ale obiectelor ce se canalizează, de adîncimile minime de îngheț (conform STAS 6054-64) și de condițiile de rezistență a canalelor;

— reducerea secțiunii și lungimilor canalelor de ape meteorice pe străzile unde se pot evacua aceste ape prin rigole;

— posibilitățile de extindere a canalizării peste limitele cunoscute în momentul proiectării;

— utilizarea unor materiale și metode înaintate de construcție și îndeosebi a prefabricatelor;

— economie de metal și alte materiale deficitare;

— posibilitatea de realizare a unei etanșeități cît mai bune a rețelei de canalizare, pentru cazurile cînd este necesară protecția calității stratelor de apă subterană sau a altor obiective din zonă.

1.3. SISTEME DE CANALIZARE

Sistemul de canalizare cuprinde totalitatea construcțiilor și instalațiilor care colectează, transportă, epurează și evacuează în emisar apele de canalizare, deosebindu-se:

— sistem de canalizare unitar, care colectează și transportă prin aceeași rețea toate apele din teritoriul localității sau al obiectivului ce se canalizează;

— sistem de canalizare separativ care colectează și transportă prin cel puțin două rețele separate toate apele din bazinul ce se canalizează (de obicei una pentru ape uzate și alta pentru ape meteorice);

— sistem de canalizare mixt, care colectează și transportă apele din bazinul ce se canalizează prin sisteme diferite, în parte prin sistem de canalizare unitar și în parte prin sistem de canalizare separativ.

Un sistem de canalizare cuprinde trei grupe de obiecte și dispozitive:

— rețele de canale cu racorduri la diferite obiecte (locuințe, industrii etc.) și la gurile de scurgere a apelor de ploaie, inclusiv construcțiile anexe (deversoare, guri de vărsare, stații de pompare, cămine, sifoane etc.);

— stații de epurare, respectiv stații de preepurare;

— construcții, instalații și amenajări pentru evacuarea apelor de canalizare în emisar și îndepărtarea substanțelor reținute și a nămolurilor.

Sistemul separativ este indicat:

— în localitățile mici, dacă terenul și străzile au pante suficiente pentru ca apele meteorice să poată fi scurse la suprafață;

— în localitățile mici cu pante insuficiente pentru scurgerea la suprafață și fără neajunsuri a apelor meteorice, precum și în localitățile mari, apele meteorice urmînd să fie evacuate prin canale subterane. Se va examina problema sub aspectul diferenței de cheltuieli de investiție față de sistemul unitar al stînjenirii circulației în timpul executării lucrărilor pe străzile cu trafic mare, al consumului mare de apă la spălarea depunerilor din rețeaua de ape uzate, al cheltuielilor de exploatare mărite prin dublarea rețelei etc.;

— în cazul cînd pentru obținerea unei pante suficiente punctul de descărcare al canalizării trebuie ales departe de localitate, lungindu-se prin aceasta canalul colector principal, sistemul separativ poate deveni mai economic prin aceea că secțiunea colectorului principal este mai mică. La calculul costului a 1 m^3 de apă evacuată se va ține seama însă și de costul colectoarelor pentru apele meteorice, necesare în sistemul separativ;

— în localitățile cu apă subterană aproape de suprafață (la adîncime de maximum 2 m), se vor lua în considerare avantajele sistemului separativ, în care canalele pentru scurgerea apelor meteorice se pot așeza la o adîncime mică;

— sistemul separativ are avantajul că se poate executa etapizat (la început rețeaua de canale pentru ape menajere, apoi pentru apele meteorice).

Sistemul unitar:

— avînd o singură rețea de canale, se recomandă în localitățile importante unde scurgerea la suprafață a apelor meteorice nu este posibilă fără neajunsuri, precum și acolo unde scurgerea la suprafață nu se poate face din cauza pantelor insuficiente ale străzilor și rigolelor;

— costul lucrărilor de execuție și de exploatare este în general mai mic decît în sistemul separativ;

— consumul de apă pentru spălarea depunerilor de pe rețea este mult mai redus decît în sistemul separativ, fiind necesar numai în perioadele secetoase pentru gurile de scurgere a apelor meteorice, precum și pentru unele canale incipiente fără pantă suficientă;

— dificultățile și cheltuielile pentru epurarea apelor de canalizare sînt mai mari în sistemul unitar decît în cel separativ, din cauza variației concen-

trației apelor uzate și sporirii debitului acestora prin amestecul lor cu apele meteorice;

— la unele ploi torențiale, canalul public în sistemul unitar poate fi pus sub presiune, producînd uneori inundarea subsolurilor clădirilor, a căror canalizare este legată la rețeaua publică.

Unele recomandări privind alegerea sistemului de canalizare sînt date în STAS 1481-76.

Capitolul 2

DEBITELE APELOR DE CANALIZARE

Debitul apelor de canalizare rezultă din însumarea debitelor apelor uzate, meteorice, de suprafață și subterane. Debitul maxim de calcul al rețelei de canalizare rezultă din suma debitelor maxime ale apelor uzate Q_{uz}, meteorice Q_{plo}, de suprafață Q_{su} și subterane Q_{sa}:

$$Q_{max} = Q_{uz} + Q_{plc} + Q_{su} + Q_{sa}. \qquad (2\text{-}1)$$

2.1. DEBITUL APELOR UZATE

Debitul apelor uzate este în general aproximativ egal cu debitul cerințelor de apă Q_s. Determinarea cerințelor de apă în care sînt incluse necesarul de apă, apa pierdută prin aducțiune și rețeaua de distribuție, apa pentru nevoile tehnologice ale sistemului de alimentare cu apă și canalizare, precum și apa pentru combaterea incendiilor se stabilesc în conformitate cu STAS 1343-77 „Alimentări cu apă. Determinarea cantităților de apă de alimentare pentru centrele populate" [38].

Debitul de ape uzate Q_{uz}, care se ia în considerare la calculul rețelei de canalizare, este *debitul orar maxim*; în conformitate cu STAS 1343-77 se ia în calcul numai 0,8 din acesta, deci, $Q_{uz} = 0{,}8 \times Q_{so\,max}$.

Debitele de ape uzate se consideră uniform distribuite în bazinul de canalizare. Dacă localitatea ce se canalizează este prevăzută cu zone diferite de densitate a populației, pentru fiecare zonă se determină $Q_{so\,max}$.

La dimensionarea rețelei de canalizare și a stației de epurare intervine uneori și *debitul orar minim*; în mod aproximativ acesta rezultă din înmulțirea debitului zilnic maxim cu 0,25 pentru localitățile sub 10 000 locuitori; cu 0,35 pentru localitățile cu 10 000 — 50 000 locuitori; cu 0,60 pentru cele cu 50 000—100 000 locuitori și cu 0,75 pentru cele cu peste 100 000 locuitori.

Suprafețele pe care sînt situate obiecte ce evacuează debite de peste 10 l/s se scad din suprafața pentru care se face dimensionarea, debitele respective introducîndu-se în calcule ca debite concentrate.

Cantitățile de ape uzate provenite din industrii și unități agrozootehnice, evacuate prin rețeaua de canalizare, sînt evaluate pe baza datelor tehnologice,

furnizate de unități similare, pe baza normativelor interne ale ministerelo: respective sau conform STAS 1343/2-77 și 1343/3-77.

Cantitățile de apă uzată privind diferitele obiective racordate la rețeaua de canalizare se determină conform STAS 1795-74.

Variația orară a apelor uzate din centrele populate evacuate prin rețea se poate determina orientativ folosind graficul consumului de apă din centrele populate dat de STAS 1343/1-77; în mod normal însă, aceasta trebuie stabilită prin măsurători.

Graficele de variație se stabilesc prin însumarea diferitelor categorii de ape, avînd ca bază cantitățile de apă care să satisfacă integral folosințele, considerîndu-se situația cea mai dezavantajoasă pentru canalizare; trebuie deci avute în vedere simultaneitățile diferitelor restituții, care țin seama de specificul funcțional al folosințelor de apă.

În general, cantitățile mari de ape uzate industriale conduc la reducerea variației debitelor, deoarece evacuarea lor este în majoritatea cazurilor uniformă.

Graficele de variație a apelor de canalizare sînt folosite îndeosebi pentru dimensionarea stațiilor de pompare.

2.2. DEBITUL APELOR METEORICE

La dimensionarea rețelei de canalizare se iau în considerare numai apele de ploaie. Experiența a arătat că în țara noastră o rețea de canalizare suficientă pentru evacuarea apelor de ploaie poate satisface și evacuarea celor provenite din topirea unor cantități masive de zăpadă.

2.2.1. Caracteristicile și măsurarea precipitațiilor

Precipitațiile sînt caracterizate prin intensitate, durată și frecvență.

Intensitatea ploii i reprezintă cantitatea de precipitații care cade pe unitatea de suprafață orizontală, în unitatea de timp.

Intensitatea se exprimă prin relația:

$$i = \frac{h}{t} \text{ [mm/min]}, \tag{2-2}$$

în care:

h este înălțimea precipitațiilor căzute în timpul t, în mm;

t — durata de cădere a precipitațiilor, în min.

În calculul canalizărilor, intensitatea se exprimă în dm³/s și ha; în acest caz din ecuația (2-2) rezultă:

$$i = \frac{h}{t} = \frac{10\,000 \times 1\,000}{60 \times 1\,000} \times \frac{h}{t} = 170\,\frac{h}{t} \text{ [dm}^3\text{/s și ha]}. \tag{2-3}$$

Intensitatea calculată pentru toată durata ploii se numește *intensitatea medie*. În timpul ploii intensitatea variază foarte mult; s-a constatat că, cu cît ploile au o durată mai mare, cu atît intensitatea medie este mai mică.

Durata ploii este timpul scurs de la începerea pînă la terminarea ei, exprimat în minute. Uneori durata ploii se determină pentru un anumit interval, cu intensitatea corespunzătoare.

Frecvența unei ploi de intensitate i și durată t reprezintă numărul ploilor de durată t a căror intensitate este egală sau depășește în cursul unui an intensitatea i a ploii considerate. De exemplu, dacă o ploaie de 100 dm^3/s și ha și o durată de 15 min se repetă de două ori pe an cu aceeași durată și o intensitate egală sau depășită, frecvența ploii este 2; dacă aceeași ploaie se repetă la cinci ani, frecvența este 1/5.

Frecvența se determină prin împărțirea numărului total al ploilor de aceeași intensitate căzute într-o perioadă de observații cît mai lungă (15—20 ani) la durata acestei perioade.

Rețeaua de canalizare se dimensionează la ploi a căror intensitate nu reprezintă pe cea maximă în zona respectivă, deoarece rezultă canale de dimensiuni prea mari. Dimensionarea se face la intensități care asigură, de exemplu, că debitul apelor meteorice corespunzător nu este depășit decît de două ori pe an (frecvența 2) sau o dată la cinci ani (frecvența 1/5). În momentul depășirii debitului luat în calcul, rețeaua intră sub presiune.

La alegerea frecvenței trebuie să se țină seamă de o serie de factori locali: configurația terenului de canalizat, existența unor depresiuni a căror inundare ar putea produce mari pagube, importanța obiectelor de pe suprafața de canalizat, existența subsolurilor și a altor construcții subterane etc.

Cantitățile de precipitații se măsoară în stațiunile meteorologice, folosind pluviometre și pluviografe autoînregistratoare.

Pluviometrul este compus dintr-un vas metalic de formă cilindrică, cu secțiunea de 200 cm^2, deschis la partea superioară. Vasul se așază pe un stîlp la înălțimea de 2 m de la suprafața terenului. Zilnic se determină cantitatea de precipitații ce se acumulează în vas, stabilindu-se în milimetri coloană de apă — cantitatea de precipitații lunară sau anuală.

Pluviograful autoînregistrator constă, de asemenea, dintr-un vas în care se găsește un plutitor cu pîrghie pe care este fixată o peniță. În funcție de cantitatea de precipitații, penița trasează o linie, pe o bandă de hîrtie înfășurată pe un cilindru, numită pluviogramă. Banda de hîrtie este împărțită pe verticală în milimetri, iar pe orizontală în ore. Pe pluviogramă se poate citi cantitatea de precipitații și timpul cît a durat o anumită ploaie.

Institutul de Meteorologie și Hidrologie centralizează și prelucrează toate datele de pe teren. Astfel, se întocmesc hărți cu *izohiete* — curbe de egale precipitații — care pot fi folosite pentru calculul debitului apelor de ploaie, cînd nu se dispune de măsurători îndelungate înregistrate de pluviografe.

2.2.2. Calculul debitului apelor meteorice

Pentru calculul debitului apelor meteorice este necesară cunoașterea unor noțiuni, definiții și elemente de bază.

Secțiunea de calcul (control) este secțiunea de pe canal în care se stabilesc debitele, calitatea apei și alți parametri în vederea proiectării sau funcționării canalizării.

Ploaia de calcul este ploaia de frecvență normată a cărei durată este egală cu timpul necesar pentru ca apa să se colecteze de pe suprafața de cădere, să ajungă la canal și să-l parcurgă pînă la secțiunea de calcul; intensitatea ploii de calcul se stabilește conform STAS 1846-77 [39].

Frecvența normată reprezintă numărul anual de ploi de durată t, a căror intensitate depășește intensitatea ploii de calcul și pentru care canalizarea asigură evacuarea apelor. Frecvența normată a ploii se alege în raport cu importanța obiectului de canalizat din următoarele frecvențe:

$$\frac{1}{50};\ \frac{1}{20};\ \frac{1}{10};\ \frac{1}{5};\ \frac{1}{3};\ \frac{1}{2};\ \frac{1}{1};\ \frac{2}{1};\ \frac{3}{1}\ \left(\frac{\text{număr de ploi}}{\text{număr de ani}}\right).$$

Frecvența normată se stabilește în funcție de clasa de importanță a obiectului pentru care se face canalizarea apelor meteorice (tabela 2.1), de către organele de proiectare și se aprobă de beneficiarul canalizării.

La alegerea valorilor frecvențelor normate pentru clasele din tabela 2.1, trebuie să se țină seama ca frecvențele mai mici să corespundă unităților industriale sau localităților mai importante.

TABELA 2.1

Frecvența normată a precipitațiilor (Conform STAS 1846-77)

Clasa de importanță a obiectului conform STAS 4273-76	Unități industriale și unități productive de altă natură	Centre populate
I	1/5	—
II	1/3 — 1/2	1/2 — 1/1
III	1/2 — 1/1	1/1 — 2/1
IV	1/1 — 2/1	2/1
V	2/1	—

Pentru stabilirea categoriei sistemelor de canalizare a unităților industriale, în conformitate cu pct. 2.6. din STAS 4273-76, se vor adopta clase superioare de importanță numai pentru obiectivele industriale republicane, care au importanță deosebită pentru economia națională.

La propunerea proiectantului și cu aprobarea beneficiarului, pe bază de calcule tehnico-economice, se pot stabili și alte frecvențe, decît cele din tabela 2.1.

Uneori în interiorul zonei de canalizat este necesar să se stabilească mai multe frecvențe normate, în funcție de importanța anumitor obiective (cartiere, secții industriale, unități agrotehnice ș.a.), de condițiile de relief, de scurgerea superficială etc.

Durata ploii de calcul t reprezintă timpul de curgere a apei de la punctul cel mai îndepărtat al bazinului de canalizare pînă la secțiunea de calcul pentru care se face dimensionarea și se calculează cu relația:

$$t = t_{cs} + \frac{l}{v_{ap}}\ [\text{min}], \tag{2-4}$$

în care:

t_{cs} este timpul de concentrare superficială a apei, adică timpul necesar ajungerii apei de ploaie de pe sol, din rigole, de pe acoperișuri etc. pînă la canal;

l — lungimea cea mai mare parcursă de apă în canal, de la capătul amonte al canalului și pînă la secțiunea de calcul;

v_{ap} — viteza de curgere a apei în canal, apreciată inițial, corespunzător capacității maxime pentru curgerea cu nivel liber, în m/s (1 m/s la șes, 2 m/s la munte).

Literatura sovietică recomandă, pentru timpul de concentrare superficială, să se ia valorile din tabela 2.2.

TABELA 2.2

Timpi de concentrare superficială t_{cs}

Felul suprafeței	t_{cs}(min)
Acoperișuri și burlane	0,25—0,50
Curte pînă la rigola din stradă	5—10
Curte asfaltată	3,5—5,0
Curte pavată cu bolovani	8—12
Clădiri cu burlane interioare	0,5—5,0

Durata minimă a ploii de calcul se recomandă:
5 min pentru zone de munte (pante medii generale mai mari ca 0,005);
10 min pentru zone de deal (pante medii generale 0,002—0,005);
15 min pentru zone de șes (pante medii generale mai mici ca 0,002).

Bazinul de canalizare al unui canal este teritoriul de pe care acesta își colectează apele.

Intensitatea ploii de calcul i reprezintă intensitatea ploii, stabilită în funcție de frecvența normată a ploii și de durata ploii de calcul; se determină cu ajutorul diagramelor din STAS 9470-73 „Ploi maxime, intensități, durate, frecvențe", în funcție de zona în care se află localitatea ce trebuie canalizată. În figura 2.1 este dată ca exemplu diagrama intensităților pentru ploile maxime în funcție de durate și frecvențe în zona 8 a R.S. România (zona 8 cuprinde teritoriul între București, Ploiești și Roșiori de Vede).

Pentru lucrări speciale și pentru lucrări situate în zone de munte se pot obține date suplimentare, înregistrate eventual chiar pentru localitatea respectivă, de la Institutul de Meteorologie și Hidrologie.

Coeficientul de scurgere Φ este raportul dintre cantitatea de apă care se scurge q_p în rețeaua de canalizare de pe o suprafață receptoare și cantitatea totală de apă căzută q_t pe aceeași suprafață:

$$\Phi = \frac{q_p}{q_t}. \tag{2-5}$$

Din cantitatea de apă ce cade pe teritoriul de canalizat, parte se infiltrează în pămînt, parte se evaporă, iar parte ajunge în canal. Cantitatea de apă ce curge prin canal este funcție de natura și panta teritoriului de canalizat, de durata ploii și de intensitatea ei. Astfel, dacă apa de ploaie ajunge pe un acoperiș sau pe un pavaj asfaltic, cantitatea de apă de ploaie care ajunge la canal este mai mare decît dacă ploaia ar fi căzut pe un teren arabil.

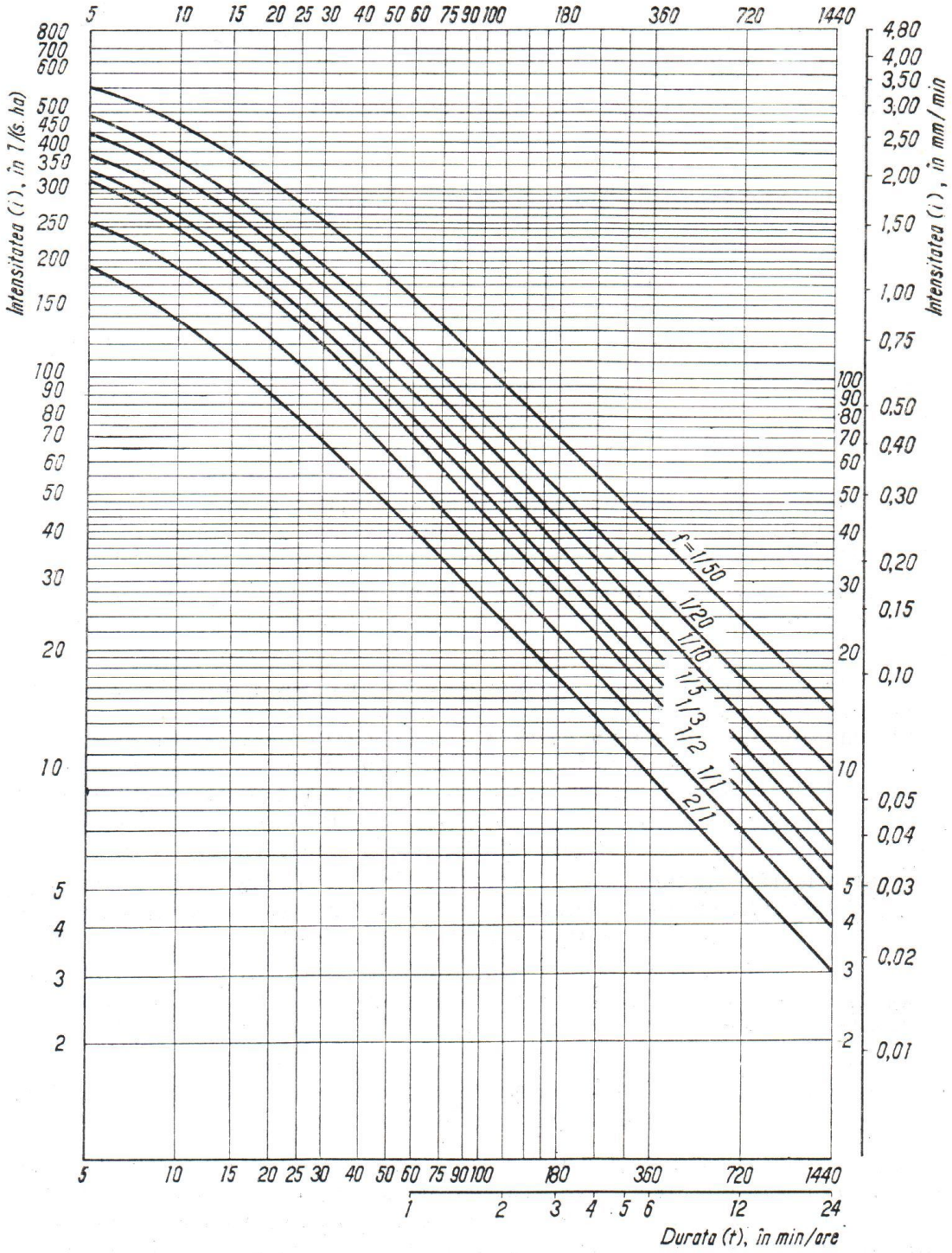

Intensitatea (i), în l/(s. ha)
Intensitatea (i), în mm/min
Durata (t), în min/ore
5 10 15 20 25 30 40 50 60 75 90 100 180 360 720 1440
800 700 600 500 450 400 350 300 250 200 150 100 90 80 70 60 50 40 30 20 10 5 4 3 2
4,80 4,00 3,50 3,00 2,50 2,00 1,50 1,00 0,75 0,50 0,40 0,30 0,20 0,15 0,10 0,05 0,04 0,03 0,02 0,01
1 2 3 4 5 6 12 24
r=1/50
1/20
1/10
1/5
1/3
1/2
1/1
2/1

Fig. 2.1.

Conform STAS 1846-77, pentru stabilirea coeficientului de scurgere se aleg zone caracteristice situate în cadrul bazinelor de canalizare, care să cuprindă diferite tipuri de amenajare a suprafețelor de colectare determinîndu-se coeficienții de scurgere medii, care se aplică pe aceste zone.

Ținînd seama de prevederile schiței de sistematizare a localităților sau de proiectele incintelor respective, precum și de regimul de construcție a diferitelor zone caracteristice (suprafața clădită și felul ei, suprafața plantată, pavată cu diferite feluri de pavaje, spații necădite etc.), se aplică coeficienții de scurgere din tabela 2.3, în funcție de felul de amenajare a suprafețelor care alcătuiesc zonele din care este format bazinul aferent tronsonului de canal luat în considerare în calcul. Limitele superioare ale coeficienților se iau pentru pante mari și climă umedă (v. STAS 1846-77).

TABELA 2.3

Coeficient de scurgere, conform STAS 1846-77

Felul suprafeței	Φ
Învelitori metalice, de ardezie, țiglă sau sticlă	0,95
Terenuri asfaltate	0,85—0,96
Pavaje din asfalt, piatră sau alte materiale cu rosturi umplute cu mastic	0,80—0,85
Pavaje din piatră cu rosturi umplute cu nisip	0,60—0,70
Drumuri din piatră spartă (macadam)	0,25—0,60
Drumuri împietruite	0,15—0,30
Terenuri de sport amenajate, scuaruri și grădini	0,10—0,20
Incinte și curți nepavate	0,15—0,25
Parcuri și suprafețe împădurite	0,05—0,10

La începutul unei ploi, apa colectată în rețeaua de canalizare găsește liber spațiul afectat pentru evacuare și în timp începe să se acumuleze. Debitul maxim al canalizării se va realiza numai după ce rețeaua se umple cu apă de ploaie. De aceea, la calculul debitului apelor de ploaie se ține seama de *capacitatea de înmagazinare a rețelei de canalizare.*

Modul de calcul al capacității de înmagazinare a rețelei de canalizare nu este încă bine stabilit, astfel încît metodele sînt diferite în cele mai multe țări.

La noi în țară, conform STAS 1846-77, capacitatea de înmagazinare a rețelei se ia în calcul sub forma unui coeficient și este funcție de poziția tronsonului și de lungimea canalului care se dimensionează.

Coeficientul de înmagazinare m este funcție de durata de curgere a apei pe canal t. Astfel:

$$\text{pentru } t \leq 40 \text{ min}, \; m = 0{,}8;$$

$$\text{pentru } t > 40 \text{ min}, \; m = 0{,}9.$$

Valorile de mai sus au rezultat din constatarea că la o durată de curgere mai mică variația intensităților este mai rapidă, astfel încît este justificată și o reducere mai mare. Cercetările efectuate pe colectorul B_3 din orașul București au arătat că reducerea prin introducerea coeficientului m este justificată.

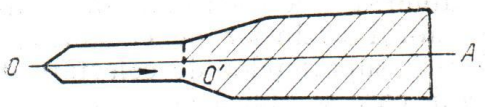


Fig. 2.2. Bazin de canalizare cu forma alungită în amonte.

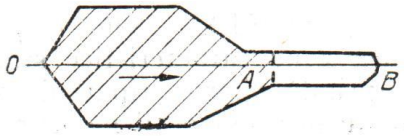


Fig. 2.3. Bazin de canalizare cu forma alungită în aval.

Debitul de calcul al apelor de ploaie Q_{plc} se stabilește cu ecuația:

$$Q_{plc} = m \cdot s \cdot i \cdot \Phi \ [\mathrm{dm^3/s}], \qquad (2\text{-}7)$$

în care:

m este coeficientul de înmagazinare;
s — suprafața bazinului de canalizare aferent canalului care se dimensionează, în ha;
i — intensitatea ploii de calcul (normate), în $\mathrm{dm^3/s}$ și ha;
Φ — coeficient de scurgere.

La canalele ale căror bazine de canalizare au forme neregulate și lățimi variabile și ale căror pantă și coeficienți de scurgere au variații mari, trebuie dată o deosebită atenție modului de stabilire a debitului de calcul. În asemenea bazine debitul de calcul care rezultă în amonte de secțiunea de control nu se obține întotdeauna din considerarea ploii pe întreg bazinul din amontele secțiunii aferente, ci numai pe o anumită porțiune din suprafața bazinului, neglijîndu-se suprafața datorită căreia se diminuează debitul.

De exemplu, în cazul unui bazin de canalizare ca în figura 2.2, debitul de calcul în secțiunea A se va obține prin luarea în considerare numai a suprafețelor hașurate, neglijîndu-se fîșia îngustă nehașurată din amonte, iar ca lungime de parcurs l a apei, pentru calculul duratei ploii, se va lua ca origine punctul 0′ în loc de 0.

Dacă bazinul de canalizare se îngustează în partea din aval pe o lungime importantă (fig. 2.3), considerarea suprafeței bazinului începînd de la originea 0, poate conduce la un debit de calcul în secțiunea B din aval, mai mic decît cel din secțiunea A aflat în amonte, ceea ce nu corespunde realității. În asemenea cazuri, pentru calculul secțiunii canalului din aval nu se va lua în considerare un debit inferior celui corespunzător unui punct amonte, afară de cazul cînd între secțiunea din amonte și cea din aval există deversoare.

Cazurile particulare menționate trebuie avute în vedere și pe tronsoanele de colectoare în care pătrund canale secundare.

Cantitatea de apă de ploaie la racordurile diferitelor obiective la rețeaua de canalizare se determină în conformitate cu STAS 5433-68.

2.3. DEBITUL APELOR DE SUPRAFAȚĂ

Uneori, datorită configurației terenului, este necesar să se creeze condiții pentru canalizarea și evacuarea apelor de suprafață din vecinătatea suprafeței de canalizat, pentru a evita pătrunderea acestora în zona ce urmează a fi canalizată. În general, pentru îndepărtarea acestor ape se folosesc canale deschise, care conduc apele de suprafață în emisarul cel mai apropiat.

Cantitățile de apă de suprafață Q_{su} care se colectează prin canalizare se determină printr-un studiu anume întocmit pe baza datelor hidrologice, obținute din observațiile pe mai mulți ani și măsurări directe pe teren sau prin alte metode, debitele maxime stabilindu-se conform prevederilor STAS 1628-67, 4068-62 și 4273-76.

De asemenea, la calculul canalizărilor care colectează ape de suprafață, se va ține seama de asigurările normate pentru protecția împotriva apelor de suprafață, prevăzute în STAS 4273-76.

2.4. DEBITUL APELOR SUBTERANE

Apele subterane Q_{sa} care pătrund în canalizare provin din drenajele și desecările organizate, realizate prin construcții și instalații adecvate, precum și din apele freatice infiltrate în canalizare, ca urmare a neetanșeității acesteia.

Debitul apelor subterane provenite din drenaje și desecări rezultă din proiectele respective.

Debitul apelor subterane care pătrund în rețeaua de canalizare ca urmare a neetanșeității acesteia este greu de determinat. De obicei, apele subterane infiltrate influențează numai canalele care transportă ape uzate. La canalele prin care curg apele de ploaie, presiunea interioară creată prin umplerea canalului nu mai permite infiltrații. De aceea, în cazul acestora nu se ține seama de debitul provenit din infiltrarea apelor subterane.

Pentru canalele de ape uzate, apele subterane infiltrate se iau în considerare sub două forme:

— la dimensionare se consideră că apele uzate umplu parțial secțiunea de curgere, restul rămînînd pentru apele infiltrate; conform STAS 3051-68, se consideră o înălțime maximă de (0,60—0,80) H, în care H este înălțimea secțiunii;

— la calculul canalelor cu dimensiuni sub 500 mm sau alte secțiuni echivalente, executate din elemente care nu sînt etanșe (tuburi prefabricate) și stau permanent acoperite de ape freatice cu cel puțin 0,8 m peste creastă, în lipsa unor date mai exacte pentru determinarea debitului maxim, se vor considera infiltrații de 1 dm^3/s și km; cu acest debit maxim se va verifica umplerea canalelor, asigurîndu-se gradul de umplere conform STAS 3051-68.

2.5. APE ADMISE ÎN REȚEAUA DE CANALIZARE

Apele uzate descărcate în rețeaua de canalizare trebuie ca, prin conținutul și cantitatea lor, să nu degradeze construcțiile și instalațiile din rețea, să nu aducă prejudicii igienei și sănătății publice sau personalului de exploatare și să nu împiedice procesele de epurare sau să reducă capacitatea instalațiilor de epurare ale centrelor populate.

În acest sens se au în vedere două secțiuni de control: una, în căminul limită de proprietate și alta în secțiunea de intrare a apelor uzate în stația de epurare.

În căminul limită de proprietate, „Normativul privind condițiile de descărcare a apelor uzate în rețelele de canalizare ale centrelor populate" (N2-70, publicat în Buletinul Construcțiilor nr. 2/1971) precizează că apele uzate care se descarcă în rețeaua de canalizare nu trebuie să conțină:

materii în suspensie a căror cantitate, mărime și natură constituie un factor activ de erodare a canalelor, provoacă depuneri sau stînjenesc curgerea hidraulică normală cum sînt:

— suspensii grele sau alte materiale care se pot depune;

— corpuri solide plutitoare sau antrenate care nu trec prin grătarul cu spații libere de 20 mm între bare;

— suspensii dure antrenate, care să genereze zone de erodare a colectoarelor;

— suspensii, care în apa rețelelor de canalizare au efect de coagulant și produc depuneri;

substanțe cu agresivitate chimică asupra materialelor folosite în mod obișnuit la construcția rețelelor de canalizare și a stațiilor de epurarea apelor uzate din centrele populate;

substanțe de orice natură în stare de suspensie sau dizolvate, care în această stare sau prin evaporare stînjenesc exploatarea normală a canalelor și stațiilor de epurare, sau provoacă împreună cu aerul amestecuri detonante, precum: benzină, benzen, eter, cloroform, acetilenă, dicloretilenă, alte hidrocarburi clorurate, sulfură de carbon și alți solvenți, apă și nămol din generatoarele de acetilenă;

substanțe nocive care pot pune în pericol personalul de exploatare a canalizării;

substanțe inhibatoare ale procesului de epurare în cantități care, în condițiile realizării diluării în rețeaua de canalizare, ar putea prejudicia funcționarea instalațiilor de epurare sau a celor de tratare a nămolului.

Condițiile de calitate (limite admise) în secțiunea de control de la căminul de control limită de proprietate sînt date în tabela 2.4.

TABELA 2.4

Condiții de calitate a apelor uzate în secțiunea de control de la căminul limită de proprietate

Indicatorul normat	U/M	Limita admisă
Temperatura	°C	maximum 40 *
pH	mg/dm³	6,5—11,0
Cianuri (CN)	mg/dm³	maximum 1,0
Clor liber (Cl_2)	mg/dm³	maximum 1,0 *
Hidrogen sulfurat și sulfuri	mg/dm³	maximum 1,0 *
Produse petroliere (păcură, motorină, uleiuri grele)	mg/dm³	maximum 30
Indicatori pentru protecția betoanelor împotriva agresivității apelor	—	STAS 3349-74

* În cazurile în care pe colectorul rețelei de canalizare a centrului populat în secțiunea de control curge în permanență un debit care asigură diluarea corespunzătoare a apelor uzate evacuate în acesta, întreprinderile care au în exploatare rețeaua de canalizare a centrului populat vor putea stabili, de la caz la caz, condiții de descărcare ce vor ține seama de diluarea realizată. În aceste cazuri folosințele care se racordează la rețeaua centrului populat sînt obligate să amenajeze căminul de racord corespunzător cu necesitățile de protejare a construcției și cu cele de respectare a condițiilor de salubritate și igienă pentru spațiul înconjurător.

În secțiunea de la intrarea în stația de epurare concentrațiile maxime admise, pentru substanțele ce ar putea deranja procesele de epurare biologică sau de fermentare a nămolului, sînt cele prevăzute în tabela 2.5.

TABELA 2.5

Concentrații maxime admise la intrarea în stația de epurare

Substanța normată	Concentrația maximă admisă (mg/dm³)
Substanțe fenolice	50
Detergenți aminoactivi biodegradabili	50
Crom total (Cr)	1,0
Cupru (Cu)	1,0
Cadmiu (Cd)	1,0
Nichel (Ni)	1,0
Zinc (Zn)	1,0
Plumb (Pb)	1,0

Normativul N2-70 indică și o serie de condiții care trebuie îndeplinite înainte de evacuarea în rețeaua de canalizare a apelor provenite de la unitățile medicale curativo-profilactice, de la laboratoarele și instituțiile de cercetare și unitățile care folosesc izotopi radioactivi.

Capitolul 3

PROIECTAREA REȚELEI DE CANALIZARE

Proiectarea rețelei de canalizare comportă o serie de operații a căror complexitate depinde de mărimea canalului, natura terenului, condițiile de execuție etc.

După stabilirea traseului, operații de deosebită importanță sînt calculul hidraulic și static al rețelei, pentru care trebuie avute în vedere o serie de caracteristici ale mișcării apei uzate în canale, precum și condițiile necesare unei bune funcționări a rețelei.

3.1. CALCULUL HIDRAULIC AL REȚELEI DE CANALIZARE

Calculul hidraulic al rețelei de canalizare include dimensionarea canalelor, construcțiilor anexă (sifoane, deversoare, guri de scurgere etc.), precum și a stației de pompare.

3.1.1. Canale și conducte de canalizare

Apele uzate conțin numeroase substanțe în suspensie, coloidale și în soluție, care pot fi de proveniență organică sau animală. Materiile în suspensie ușoare plutesc la suprafață, iar cele grele se depun pe radierul canalului. Depunerile conduc la remuuri și deci la stabilirea unei mișcări neuniforme în canal; la acest rezultat contribuie și numeroasele puncte de confluență, schimbări de pantă etc.

Deși în general mișcarea apei într-un canal se poate considera neuniformă, în special în canalele de dimensiuni mici, cercetările și practica au arătat că se pot aplica cu rezultate bune formulele mișcării uniforme.

În acest sens, STAS 3051-68 indică pentru calculul hidraulic al rețelelor de canalizare închise și al canalelor deschise următoarea relație:

$$Q = A \cdot k \cdot R^{2/3} \cdot I^{1/2} \ [\mathrm{m^3/s}], \qquad (3\text{-}1)$$

în care:

Q este debitul de calcul, în m^3/s;
A — aria secțiunii de curgere, în m^2;
k — coeficient cu valorile: 83 — pentru canale din tuburi de fontă, bazalt, gresie ceramică; 74 — pentru canale din tuburi de beton, din zidărie de piatră cu fața cioplită regulat, din zidărie de cărămidă; 90 — pentru canale din tuburi de azbociment sau policlorură de vinil; 59 — pentru canale deschise căptușite cu plăci de beton; 50 — pentru canale deschise pereate cu piatră brută; 40 — pentru canale deschise brăzduite;
R — raza hidraulică, în m;
I — panta radierului canalului.

Pentru dimensionarea canalelor se pot folosi diagramele pentru canale circulare din fontă, respectiv beton din anexele 1 și 2 și pentru canalele ovoidale, respectiv clopot din anexele 3 și 4. În anexa 5 sînt date curbele de umplere a canalelor circulare, ovoidale și clopot.

Canalele închise pot fi:
— cu profil circular (fig. 3.1);
— cu profil ovcidal normal (fig. 3.2);
— cu profil ovcidal cu banchetă și cunetă (fig. 3.3);

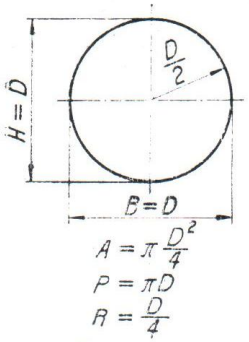


Fig. 3.1.

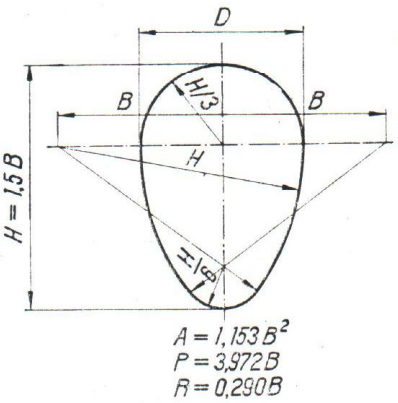


Fig. 3.2.

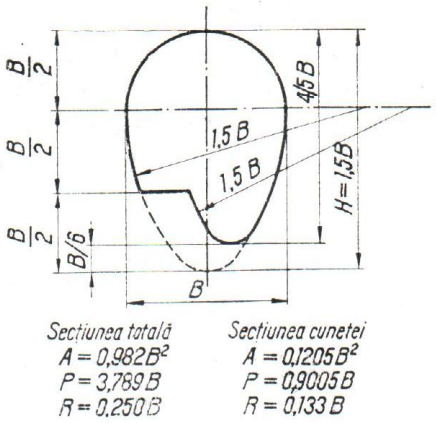
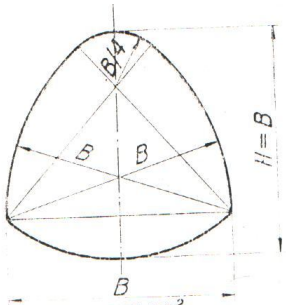
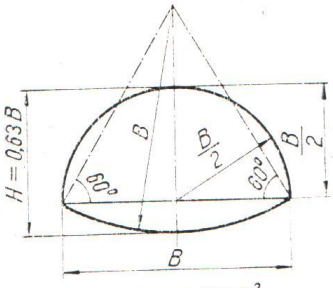


Fig. 3.3.



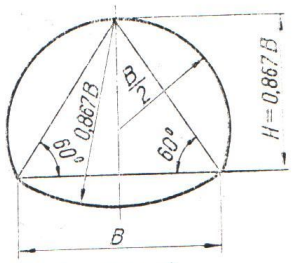
$A = 0{,}736\,B^2$
$P = 3{,}111\,B$
$R = 0{,}234\,B$

Fig. 3.4.



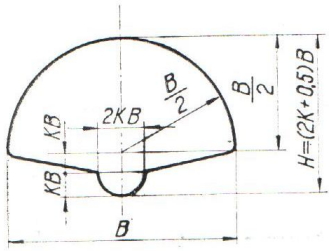
$A = 0{,}482\,B^2$
$P = 2{,}616\,B$
$R = 0{,}184\,B$

Fig. 3.5.



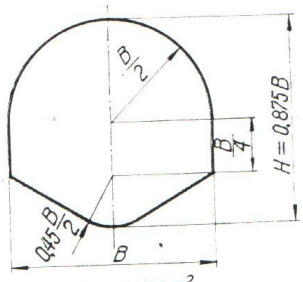
$A = 0{,}70\,B^2$
$P = 3{,}00\,B$
$R = 0{,}233B$

Fig. 3.6.



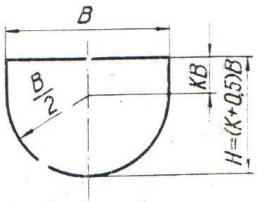
Secțiunea totală
$A = B^2(2{,}57K^2 + 0{,}5K + 0{,}392)$
$P = B(1{,}57 + 3{,}14K + 2\sqrt{0{,}25 - K + 2K^2})$
$R = \frac{A}{D}$

Fig. 3.7.



$A = 0{,}766\,B^2$
$P = 3{,}172\,B$
$R = 0{,}242\,B$

Fig. 3.8.

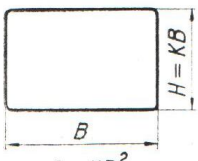


$A = B^2(K + 0{,}3927)$
$P = B(2K + 2{,}571)$
$R = B\frac{K + 0{,}3927}{2K + 2{,}571}$

Fig. 3.9.

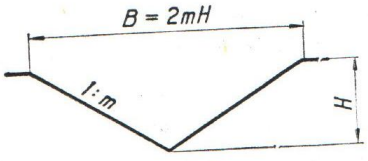
— cu profil clopot semieliptic (fig. 3.4);
— cu profil clopot circular (fig. 3.5);
— cu profil clopot înălțat (fig. 3.6);
— cu profil circular având cunetă în ax (fig. 3.7);
— cu profil clopot circular cu pereți verticali și cu rigolă (fig. 3.8);
— cu profil semicircular cu pereți verticali (fig. 3.9);
— cu profil dreptunghiular închis (fig. 3.10).

Canalele deschise pot avea următoarele forme:
— cu profil triunghiular (fig. 3.11);
— cu profil dreptunghiular (fig. 3.12);



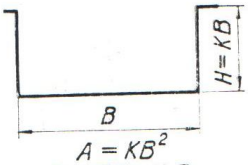
$A = KB^2$
$P = 2B(K+1)$
$R = \frac{KB}{2(K+1)}$

Fig. 3.10.



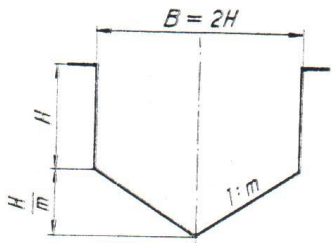
$A = mH^2$
$P = 2H\sqrt{1+m^2}$
$R = \frac{mH}{2\sqrt{1+m^2}}$

Fig. 3.11.



$A = KB^2$
$P = (2K+1)B$
$R = \frac{KB}{2K+1}$

Fig. 3.12.

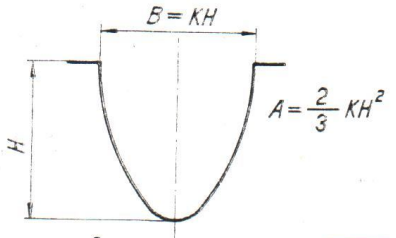


$$A = H^2\left(2 + \frac{1}{m}\right)$$

$$P = \frac{2H}{m}(m + \sqrt{1 + m^2})$$

$$R = \frac{H(2m + 1)}{2(m + \sqrt{1 + m^2})}$$

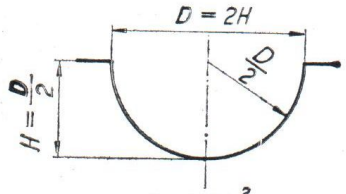
Fig. 3.13.



$$P = \frac{K^2}{8}\left(\frac{4H}{K^2}\sqrt{K^2 + 16} + H\ln\frac{4 + \sqrt{K^2 + 16}}{K}\right)$$

$$R = \frac{16H^2}{3K\left(\frac{4H}{K^2}\sqrt{K^2 + 16} + H\ln\frac{4 + \sqrt{K^2 + 16}}{K}\right)}$$

Fig. 3.15.

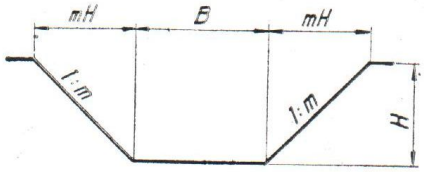


$$A = 1{,}57H^2$$

$$P = 3{,}14H$$

$$R = 0{,}5H$$

Fig. 3.14.



$$A = H(B + mH)$$

$$P = B + 2H\sqrt{1 + m^2}$$

$$R = \frac{H(B + mH)}{B + 2H\sqrt{1 + m^2}}$$

Fig. 3.16.

— cu profil combinat din profil triunghiular cu cel dreptunghiular (fig. 3.13);

— cu profil semicircular (fig. 3.14);

— cu profil parabolic (fig. 3.15);

— cu profil trapezoidal (fig. 3.16).

În figurile 3.1—3.16 s-au notat cu:

D — diametrul canalului;

A — aria secțiunii de curgere;

P — perimetrul udat al profilului;

R — raza hidraulică a profilului;

H — înălțimea interioară a profilului;

B — lățimea interioară a profilului;

K — raportul între dimensiunile canalului;

m — tangenta unghiului format de taluz cu verticala.

Valorile A, P, R sînt valabile în cazul umplerii complete a canalului.

Grad de umplere. Canalele rareori sînt pline cu apă; gradul de umplere este raportul dintre înălțimea apei din canal h și diametrul D sau înălțimea H a canalului, adică:

$$\frac{h}{D} \text{ sau } \frac{h}{H}.$$

Funcție de gradul de umplere variază și debitul Q și viteza apei V într-o secțiune dată (anexa 5 și tabela 3.1).

TABELA 3.1

Debite și viteze maxime în canale în funcție de gradul de umplere

Secțiunea canalului	Gradul de umplere h/D sau h/H la care se realizează	
	V_{max}	Q_{max}
Circulară	0,813	0,950
Ovoidală	0,854	0,950
Clopot	0,796	0,924

Secțiunile canalelor trebuie să corespundă următoarelor cerințe:

— din punct de vedere static, canalele trebuie să suporte în bune condiții sarcinile la care sînt supuse;

— din punct de vedere economic, raportul dintre costul unui metru de canal montat și capacitatea sa de evacuare trebuie să fie cît mai mic;

— în exploatare, canalele trebuie să fie accesibile curățirii și spălării lor și astfel construite încît să nu se înfunde.

După raportul între înălțimea H și lățimea B profilele canalelor pot fi circulare ($H = D$), turtite ($H < B$) și înălțate ($H > B$).

Profilele circulare sînt avantajoase pentru debite constante, avînd gradul de umplere cuprins între 0,50 și 0,95. Cînd secțiunea unui canal circular este plină, capacitatea de transport și viteza sa nu sînt maxime; viteza maximă și debitul maxim se realizează pentru un grad de umplere de 0,813, respectiv 0,95. La un grad de umplere de 0,50 viteza este aceeași ca la umplerea totală, iar debitul este jumătatea celui corespunzător umplerii totale (v. anexa 5).

Profilele turtite au o capacitate mare de evacuare pentru o înălțime redusă a secțiunii; de aceea se folosesc în special cînd apele de evacuat au debite mari cu variații mici.

Datorită înălțimii mici de construcție, ele sînt folosite în condiții hidrologice nefavorabile (nivelul apelor subterane este aproape de nivelul solului) sau cînd trebuie economisită adîncimea de așezare a canalelor.

Profilele înălțate sînt avantajoase în cazul debitelor variabile și mici, deoarece datorită razei hidraulice mai mari, pentru aceleași debite se obține o viteză mai mare în comparație cu secțiunile circulare. Aceste profile sînt indicate a se construi, de asemenea, pe străzi înguste unde lățimea săpăturii trebuie să fie cît mai mică. În general, aceste profile sînt cel mai des folosite, cînd profilele circulare nu mai corespund din punctul de vedere al debitului.

Secțiunea canalelor deschise se alege, de obicei, funcție de debit și natura solului. Astfel, pentru debite mici, se folosesc secțiuni triunghiulare sau compuse (fig. 3.17), care reprezintă secțiunea obișnuită de transport a apelor de ploaie prin rigole.

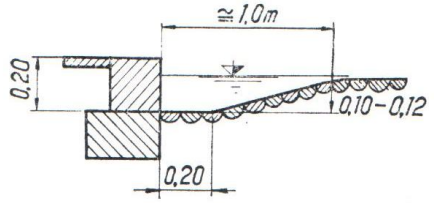


Fig. 3.17. Rigolă de colectare a apelor de ploaie.

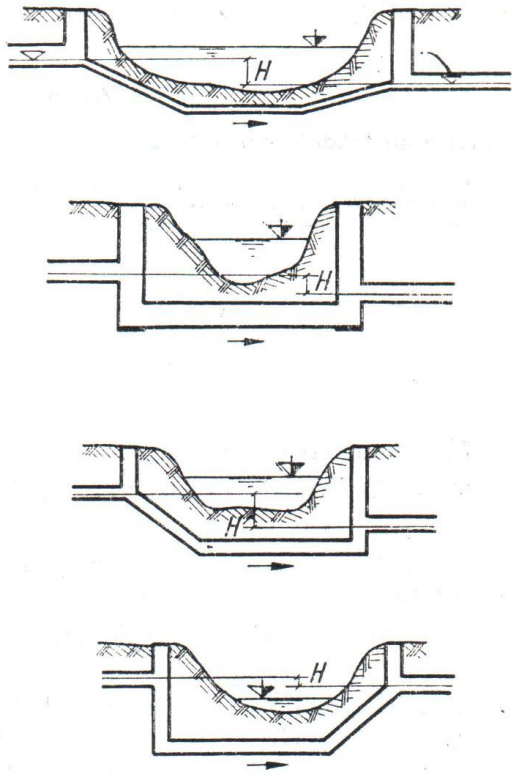


Fig. 3.18. Tipuri uzuale ale sifoanelor înecate.

Secțiunile trapezoidale sînt folosite pentru debite mai mari; dimensiunea optimă se determină cu formula stabilită astfel ca pentru o secțiune, pantă și rugozitate date, debitul să fie maxim (v. fig. 3.16):

$$\frac{B}{4} = \sqrt{1 + m^2} - m. \qquad (3\text{-}2)$$

3.1.2. Sifoane de canalizare

Sifonul de canalizare, cunoscut sub numele de *sifon înecat* sau *invers*, este o conductă așezată după o linie frîntă în plan vertical, folosind la trecerea apelor uzate pe sub rîuri, văi etc., la o cotă inferioară restului conductei (fig. 3.18). La capătul amonte și aval al sifonului se construiesc, în mod obligatoriu, cămine de vizitare.

Viteza în sifon trebuie să fie obișnuit între 1,2 și 1,5 m/s (în cazuri excepționale chiar 1,0 m/s) pentru a se evita depunerea suspensiilor în sifon.

Problema care trebuie rezolvată la dimensionarea unui sifon este determinarea diferenței de nivel H între nivelul apei amonte și aval, astfel încît mișcarea apei uzate în sifon să se facă în limitele vitezelor arătate anterior, respectiv:

$$H = Z_1 - Z_2. \qquad (3\text{-}3)$$

Diferența de nivel H între amonte și aval este datorată pierderilor de sarcină produse:

— la intrarea în conducta sifon, care se pot determina cu formulele cunoscute din hidraulică sau cu ajutorul tabelei 3.2*, în care V este viteza apei în amonte de sifon;

TABELA 3.2

Pierderi de sarcină la intrarea în sifon

V (m/s)	0,75	0,90	1,00	1,10	1,25
$h_{intrare}$(m)	0,0161	0,0323	0,0286	0,0346	0,0447

* După prof. I. A. Arhanghelski: Materiale pentru proiectarea etapei a treia de canalizare a orașului Moscova.

— pe conducta sifon, determinate cu ajutorul formulelor sau diagramelor cunoscute din hidraulică;

— la ieșirea din conducta sifon, determinate cu formulele din hidraulică sau cu ajutorul tabelei 3.3, în care V este viteza în sifon și V_0 — viteza în canalul amonte;

TABELA 3.3

Pierderi de sarcină la ieșirea din sifon

$V-V_0$ (m/s)	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5
$h_{ieșire}$ (m)	0,00051	0,00204	0,00459	0,00816	0,01275

— în curbe, determinate cu formulele din hidraulică, de forma [15]:

$$h_c = \frac{\theta}{90^\circ}\ \xi\ \frac{V^2}{2g}, \tag{3-4}$$

în care:

θ este unghiul curbei, în grade;

$\xi = 0{,}131 + 1{,}847\left(\frac{r}{R}\right)^{1/2}$;

R — raza curbei, în m;

r — raza conductei, în m;

V — viteza în sifon, în m/s.

În general, pierderile de sarcină la intrare, ieșire și în curbe reprezintă 5—10% din pierderile totale de sarcină pe conductă, deci pentru un calcul aproximativ de determinare a valorii lui H, acestea se înmulțesc cu (1,05—1,10), valoarea reprezentînd pierderea totală prin sifon.

3.1.3. Deversoare și canale deversoare

Deversoarele sînt construcții folosite în sistemul unitar de canalizare pentru a evacua în emisarul învecinat o parte din apă, în timpul ploilor, în momentul cînd diluția admisă (între apele meteorice și cele uzate) a fost atinsă. În acest fel, canalul colector capătă în aval dimensiuni mai mici prin evacuarea directă în emisar a unei părți din apele de canalizare.

Debitele pentru care deversoarele intră în funcțiune, respectiv raporturile de diluare sînt stabilite ținînd seama de datele din STAS 4706-74.

Deversorul este așezat în camera de deversare, în care, pe de o parte, intră canalul colector AB care aduce apele uzate, iar pe de altă parte pleacă canalul deversor BD care evacuează apele în emisar și canalul colector BC, care transportă mai departe apele rămase după deversare (fig. 3.19). În secțiune, deversoarele sînt de cele mai multe ori de tip lateral (fig. 3.20) și mai rar de tip frontal, curb sau drept.

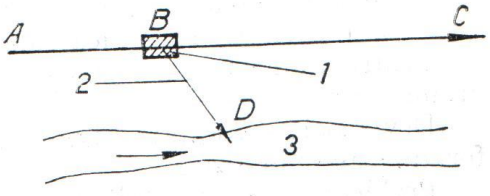


Fig. 3.19. Schema de calcul al deversoarelor:

1 — camera de deversare; *2* — canal deversor; *3* — emisar.

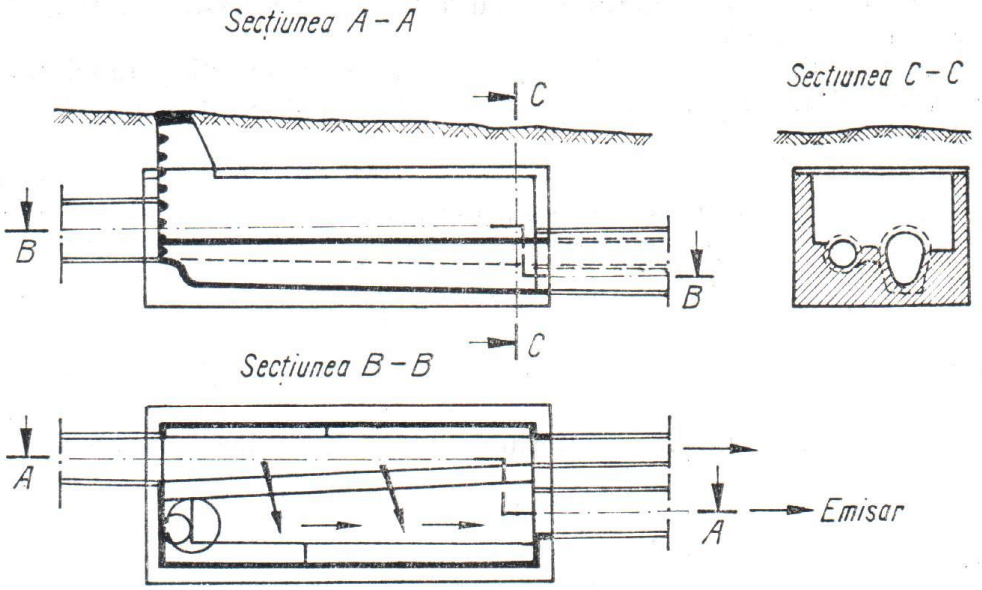


Fig. 3.20. Deversor lateral cu o singură lamă deversantă.

Debitul de calcul al deversorului lateral este [18]:

$$Q = \frac{2}{3}\mu \cdot l\sqrt{2g} \cdot h^{3/2}, \tag{3-5}$$

în care:

Q este debitul deversorului, în m^3/s;
μ — coeficient de debit, circa 0,65;
l — lungimea deversorului, în m;
h — înălțimea medie a lamei de apă, pe lungimea deversorului, în m.

Înălțimea deversorului se ia de obicei egală cu înălțimea maximă de apă, din colectorul BC.

Pentru dimensionarea hidraulică a unui deversor (v. fig. 3.19) desfășurarea calculului este următoarea:

— se stabilește raportul de diluare;
— se determină debitul ce trece mai departe (pe canalul BC);
— se determină secțiunea canalului în aval de deversor BC;
— se calculează gradul de umplere în amonte și aval de deversor, deci pe AB și BC;
— se determină înălțimea lamei deversante; în acest sens, înălțimea se consideră jumătate din diferența dintre nivelul apei amonte, pe AB și aval, pe BC;
— se determină lungimea deversorului;
— se determină secțiunea canalului deversor BD.

Pentru dimensionarea deversoarelor laterale se recomandă folosirea diagramei din anexa 6.

Deversoarele frontale (fig. 3.21) mai puțin folosite se dimensionează cu formule asemănătoare.

Problema dimensionării deversoarelor este destul de complexă, deoarece în afară de dimensionarea hidraulică mai sînt necesare studii privind stabilirea gradului de diluare, a frecvenței funcționării deversorului, a cantității anuale de apă deversată etc.

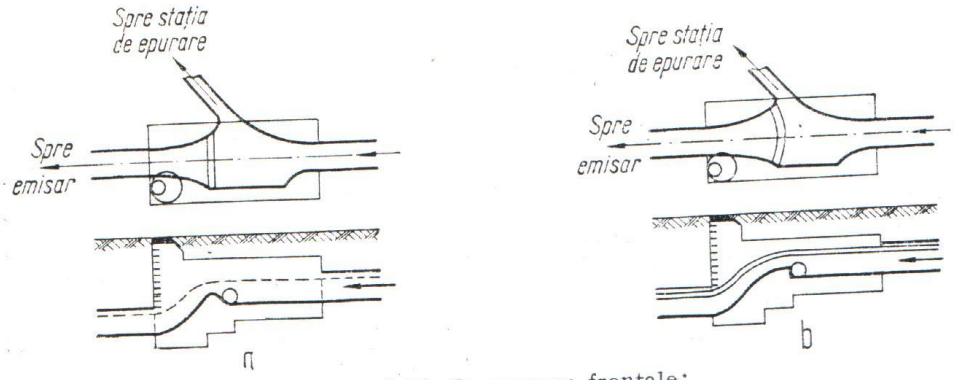


Fig. 3.21. Deversoare frontale:
a — drept; *b* — arcuit.

3.1.4. Guri de scurgere

Gurile de scurgere au ca scop colectarea apelor meteorice și introducerea lor prin tuburi de racord, în rețeaua de canalizare. Debitul capabil al unei guri de scurgere se stabilește pe baza unor relații rezultate experimental. Academia de Gospodărie Comunală (AKH) din Moscova a propus ecuațiile de mai jos:

$$Q = 1{,}5 \cdot l \cdot H_0^{1,5} \ [\mathrm{m^3/s}], \quad \text{pentru } H_0 = \frac{V^2}{2g} \leqslant 1{,}33 \frac{A}{l} [\mathrm{m}]; \tag{3-6}$$

$$Q = 2{,}0 \cdot A \cdot H_0^{0,5} \ [\mathrm{m^3/s}], \quad \text{pentru } H_0 \geqslant 1{,}33 \frac{A}{l} [\mathrm{m}], \tag{3-7}$$

în care:

H_0 este adîncimea admisibilă a apei în rigolă;
V — viteza apei în rigolă în vecinătatea gurii de scurgere;
A — suprafața golurilor grătarului;
l — lungimea frontului de deversare, considerat egal cu perimetrul grătarului.

La stabilirea acestor ecuații s-a ținut seama de reducerea secțiunii orizontale de curgere cu 25%, datorită unor eventuale depuneri și cu 10% pentru contracția curentului la intrare.

Prin aplicarea ecuațiilor (3-6) sau (3-7) pentru un grătar de 50 × 50 cm, înălțimea apei în rigolă de 0,08 m și viteza $V = 0{,}6$ m/s, debitul capabil al gurii de scurgere este de 6 dm³/s.

STAS 3051-68 recomandă ca gurile de scurgere să se așeze conform STAS 6701-73, corespunzător condițiilor locale.

W. Geisler recomandă, ca normă, o gură de scurgere la 500—700 m² de stradă, ceea ce revine a amplasa cîte o gură de scurgere de fiecare parte a străzii la intervale de 30—50 m.

3.1.5. Construcții pentru ruperi de pantă

Aceste construcții sînt necesare pe rețeaua de canalizare în vederea evitării unor obstacole supraterane sau subterane, precum și pentru evitarea depășirii vitezei limită corespunzătoare materialelor din care este executată rețeaua.

Dimensionarea diferitelor tipuri de construcții pentru ruperea pantei se face în funcție de alcătuirea acestora. Astfel, modul de calcul al construc-

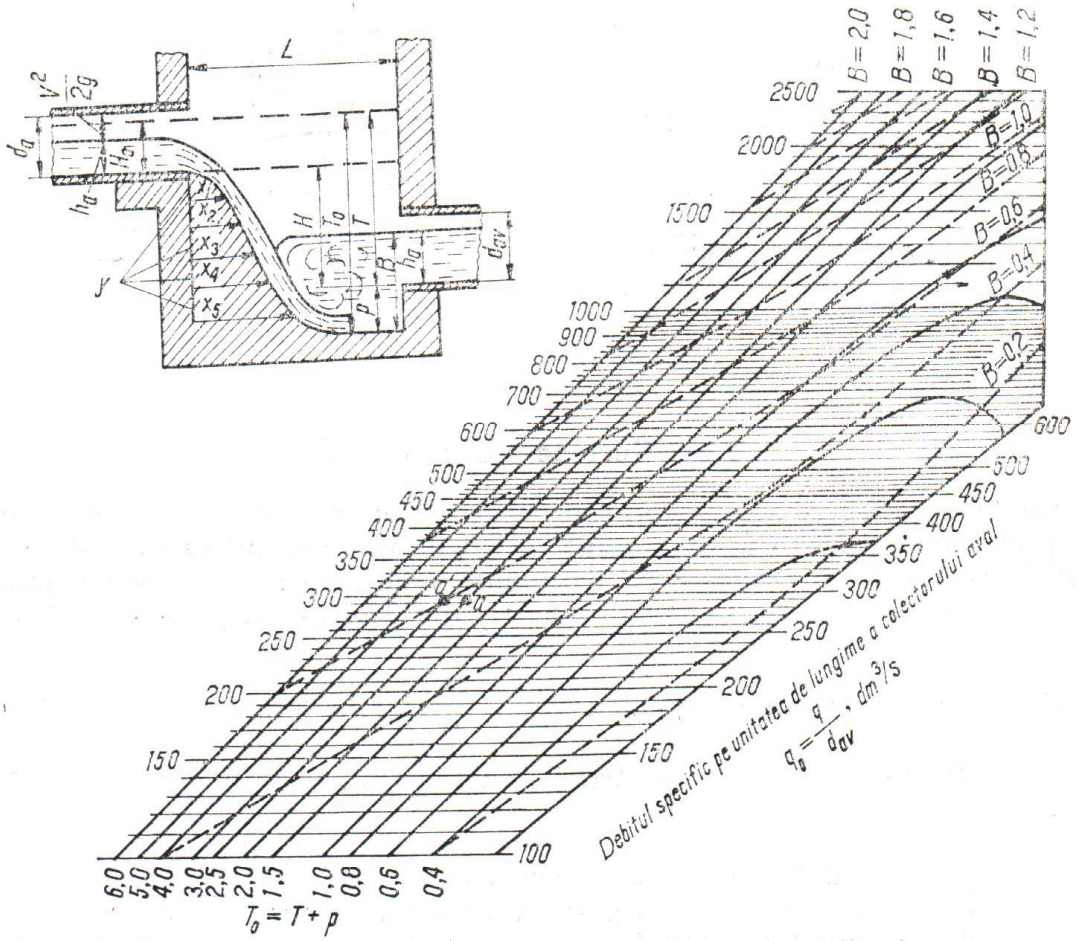


Fig. 3.22. Diagramă pentru calculul construcțiilor de rupere a pantei (tip rapid) cu profil practic și saltea de apă.

țiilor numite *rapiduri, cu profil practic și saltea de apă*, folosite de obicei pentru canale peste 500 m diametru și diferențe de nivel între intrare și ieșire mai mari ca 2,0 m, după M. A. Certousov, este următorul (fig. 3.22):

— *adîncimea totală a construcției* se calculează cu relația:

$$T_0 = H + H_0 + p = H + h_a + \frac{V^2}{2g} + p, \tag{3-8}$$

în care:

T_0 este înălțimea totală în cameră;
H — diferența de nivel între radierele canalelor;
H_0 — înălțimea cinetică egală cu $h_a + \frac{V^2}{2g}$;
h_a — adîncimea apei în canalul amonte;
V — viteza apei în canalul amonte;
p — pragul rapidului;

— *lungimea construcției* se determină cu relația:

$$L = 2l, \tag{3-9}$$

în care: L este lungimea totală a construcției;
l — jumătate din lungimea totală.

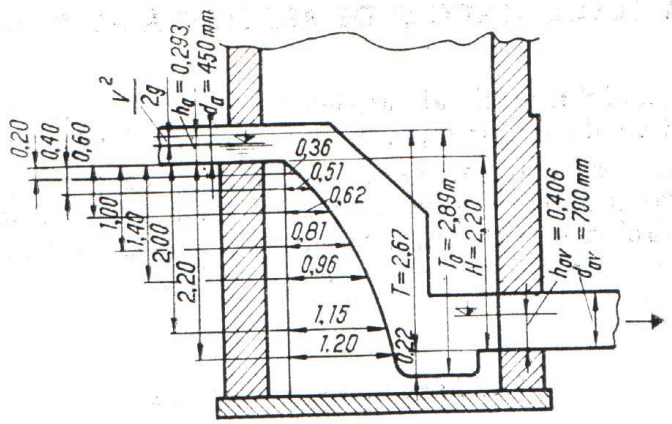


Fig. 3.23.

Valoarea l rezultă din relația:

$$l = 1{,}15\sqrt{H_0(H+0{,}33\,H_0)}; \qquad (3\text{-}10)$$

— *coordonatele x și y ale parabolei* care leagă cele două niveluri (fig. 3.22) se stabilesc cu ecuația:

$$x = l\sqrt{\frac{y}{H}}. \qquad (3\text{-}11),$$

Exemplul de calcul 3.1. Să se dimensioneze rapidul așezat pe un canal colector avînd un debit de 205 dm³/s și o diferență de nivel între intrarea și ieșirea din rapid, $H = 2{,}2$ m; canalul amonte are diametrul $d_a = 450$ mm, $i = 0{,}01$, $V = 1{,}86$ m/s și $h_a = 0{,}65 \cdot d_a$; canalul aval are diametrul $d_{av} = 700$ mm, $i = 0{,}0015$, $V = 0{,}89$ m/s și $h_{av} = 0{,}58\ d_{av}$ (fig. 3.23).

Înălțimea de apă: $h_a = 0{,}293$ m; $h_{av} = 0{,}406$ m.

Înălțimea T_0, în primă aproximație se consideră egală cu $T_0 = H + h_a + V^2/2g = 2{,}2 + 0{,}293 + 1{,}86/19{,}62 = 2{,}67$ m.

Debitul pe unitatea de lățime a canalului aval $q_0 = 0{,}205/0{,}7 = 0{,}293$ m³/s.

Se determină B în primă aproximație din diagrama din figura 3.22, la intersecția valorii lui q_0 cu T_0 (pct. *a*.), rezultă, $B = 0{,}57$ m; se obține: $p = B - h_{av} = 0{,}57 - 0{,}406 = 0{,}17$ m; în a doua aproximație se ia $T_0 = 2{,}67 + 0{,}17 = 2{,}84$ m, pentru care, în dreptul valorii lui $q_0 = 0{,}293$ m³/s, rezultă: $B = 0{,}59$ m (pct. *a'*); cu această valoare se determină: $p = B - h_{av} = 0{,}59 - 0{,}406 = 0{,}19$ m; valorile lui p fiind apropiate, calculul se poate opri aici; în general, valoarea lui p se mărește cu 10—15 %; $p = 1{,}15 \times 0{,}19 = 0{,}22$ m.

Valoarea l rezultă din ecuația (3-10): $l = 1{,}15\sqrt{0{,}468\,(2{,}20 + 0{,}33 \times 0{,}468)} = 1{,}2$ m.

Lungimea camerei $L = 2\,l = 2 \times 1{,}2 = 2{,}4$ m.

Coordonatele parabolei se determină cu ecuația (3-11), $x = l\sqrt{y/H}$, obținîndu-se valorile din tabela 3.4.

TABELA 3.4

Valorile coordonatelor parabolei corespunzătoare rapidului din exemplul 3.1

y (cm)	$l/\sqrt{H}$ (cm)	$\sqrt{y}$ (cm)	x (cm)
20	8,1	4,47	36,2
40	8,1	6,32	51,2
60	8,1	7,75	62,6
100	8,1	10,00	81,0
140	8,1	11,83	96,0
200	8,1	14,14	115,0
220	8,1	14,83	120,0

3.2. CALCULUL STATIC ŞI DE REZISTENŢĂ AL CANALELOR

În cadrul calculului static al canalelor se stabilesc solicitările la care sînt supuse elementele de construcţie, necesare dimensionării de rezistenţă.

Profilul transversal al canalelor şi dimensiunile pereţilor se determină în funcţie de sarcinile care acţionează asupra lor şi de rezistenţa admisibilă a materialelor din care se execută. Sarcinile care acţionează asupra canalelor sînt de două categorii: fundamentale şi accidentale.

3.2.1. Sarcini fundamentale

Sarcinile fundamentale se împart în:

— sarcini permanente: greutatea proprie a canalului, greutatea pămîntului de umplutură de deasupra canalului, împingerea pămîntului fără suprasarcini, presiunea interioară şi exterioară a apei şi greutatea apei din canal;

— suprasarcini: greutatea oamenilor, a vehiculelor care circulă pe arterele sub care se găseşte canalul, precum şi greutatea materialelor depozitate temporar pe traseul canalelor.

Greutatea proprie a canalelor se determină pe baza dimensiunilor iniţial apreciate ale pereţilor, bolţilor şi radierului, ţinînd seama de greutatea specifică a materialului din care se execută canalul.

Greutatea pămîntului de umplutură de deasupra canalului constă din:

— presiunea verticală a pămîntului de umplutură G_1, care acţionează asupra *canalelor îngropate în tranşee* (fig. 3.24); considerîndu-se că se execută o bună compactare a umpluturii din tranşee, aceasta se calculează cu formula:

$$G_1 = C \cdot \gamma \cdot H \cdot \frac{B_t + D_{ext}}{2} \quad [\text{daN/m}], \tag{3-12}$$

în care:

C este un coeficient care depinde de raportul H/B (fig. 3.25);

γ — greutatea specifică aparentă a terenului de umplutură, în daN/m³ (kgf/m³);

H — adîncimea de aşezare a crestei canalului faţă de nivelul terenului, în m;

B_t — lăţimea tranşeei la nivelul crestei canalului, în m;

D_{ext} — diametrul exterior al canalului, în m;

B — lăţimea tranşeei, în m.

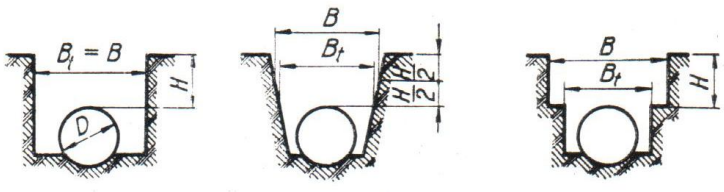


Fig. 3.24. Diferite tipuri de tranşee.

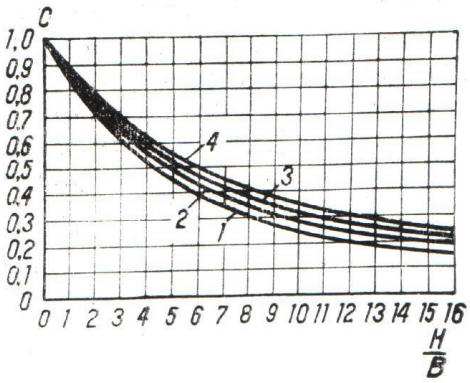


Fig. 3.25. Diagramă pentru determinarea coeficientului C:

1 — nisipuri și pămînturi vegetale uscate; *2* — idem, umede și saturate cu apă, argile compacte; *3* — argile plastice; *4* — argile curgătoare.

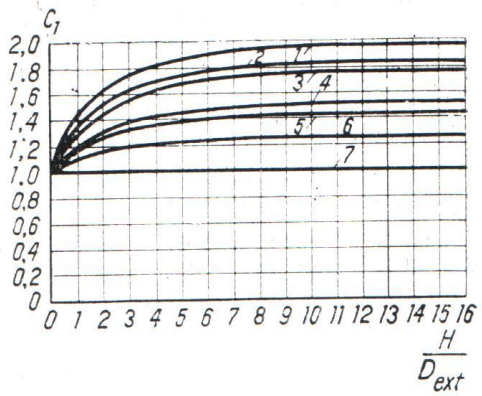


Fig. 3.26. Diagramă pentru determinarea coeficientului C_1.

— presiunea verticală a pămîntului G_2 asupra *canalelor executate în ramblee*, care se calculează cu formula:

$$G_2 = C_1 \cdot \gamma \cdot H \cdot D_{ext} \quad [\text{daN/m}] \tag{3-13}$$

în care: C_1 — este un coeficient care depinde de raportul H/D_{ext} și ale cărui valori se iau din diagrama din figura 3.26 și tabela 3.5.

TABELA 3.5

Natura terenului de fundație corespunzătoare curbelor din figura 3.26

Natura curbei pentru:		Natura terenului de fundație
canale rezemate normal	canale rezemate pe fundație de beton	
1	2	Roci stîncoase și consolidate
3	3	Bolovănișuri, pietrișuri, nisipuri mari și medii, argile compacte
5	4	Argile de compactitate medie, nisipuri fine și prăfoase compacte, argile plastice
7	6	Nisipuri fine și prăfoase de compactitate medie, argile curgătoare

Pentru canalele îngropate în tranșee presiunea verticală G_1 se determină și cu formula (3-12), în calcule, alegîndu-se valoarea minimă obținută.

Pentru canalele cu diametrul exterior (inițial apreciat) peste 1 m, așezat la o adîncime mai mică decît diametrul exterior, trebuie să se țină seama și de greutatea suplimentară G_3 a pămîntului din spațiile bolții superioare (fig. 3.27), care se calculează cu relația:

$$G_3 = 0{,}1075 \cdot \gamma \cdot D_{ext}^2 \quad [\text{daN/m}]. \tag{3-14}$$

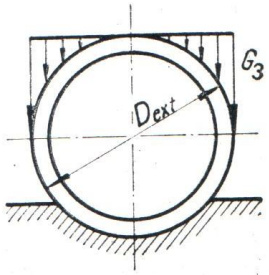


Fig. 3.27. Canal așezat la adîncime mai mică decît diametrul exterior.

Pentru canale executate în tunel sau în scut, calculul presiunilor se face după indicațiile literaturii de specialitate.

Împingerea pămîntului se stabilește în funcție de importanța canalului.

Pentru canale de importanță mică, executate în tranșee, împingerea laterală a umpluturii se poate lua 1/6 din presiunea verticală, repartizată uniform pe toată secțiunea. În cazul canalelor cu secțiune mică așezate sub ramblee sau în tranșee de lărgime mare, împingerea laterală se poate lua 1/5—1/4 din presiunea verticală. Zona de repartiție a împingerii laterale se va socoti de la creasta canalului pînă la terenul de fundație.

Pentru calculul canalelor importante, greutatea specifică a pămîntului și unghiul taluzului natural se recomandă a se determina în laboratoare de specialitate. Împingerea laterală care acționează asupra canalelor se calculează cu formula:

$$f = \gamma H_1 \cdot \operatorname{tg}^2\left(45° - \frac{\varphi}{2}\right) [\mathrm{daN/m^2}], \tag{3-15}$$

în care:

γ este greutatea specifică a pămîntului în care s-a săpat tranșeea de execuție a canalului, în daN/m³ (kgf/m³);

H_1 — adîncimea la care se calculează împingerea pămîntului măsurată de la suprafața terenului, în m;

φ — unghiul taluzului natural al pămîntului, în care s-a săpat tranșeea, în grade.

La calculul presiunii pămîntului asupra canalelor situate în pămînturi cu apă subterană, se va lua în considerare greutatea volumetrică a pămîntului imersat.

Pentru stabilirea greutății specifice și a valorii:

$$\alpha = \frac{1}{2} \operatorname{tg}^2 (45° - \varphi/2), \tag{3-16}$$

se pot utiliza valorile din tabela 3.6.

TABELA 3.6

Greutatea specifică a pămînturilor γ și valoarea α

Natura pămîntului	γ (daN/m³)	α
Pămînt obișnuit în stare uscată ($\varphi = 37°$)	1400	0,124
Pămînt obișnuit în stare de umiditate naturală ($\varphi = 27°$) ..	1600	0,188
Pămînt obișnuit saturat de umiditate ($\varphi = 22°$)	1800	0,228
Pămînt argilos uscat ($\varphi = 45°$)	1600	0,086
Pămînt argilos umed ($\varphi = 20°$)	2100	0,245
Nisip uscat ($\varphi = 32°$)	1500—1650	0,153
Nisip umed ($\varphi = 27°$)	2100	0,188
Prundiș uscat ($\varphi = 35°$)	1700	0,136
Prundiș umed ($\varphi = 25°$)	2000	0,203

Presiunea exterioară a apei se ia în calcul în cazul canalelor situate în pămînturi cu ape subterane. Se face atît verificarea de rezistență la eforturile datorate presiunii apei, cît și la stabilitatea la plutire. Coeficientul de siguranță la stabilitatea la plutire se ia minimum 1,1.

Presiunea exterioară laterală p_0 (componenta orizontală) pe metru de conductă este (fig. 3.28):

$$p_0 = \gamma_a \cdot F \cdot \left(h + \frac{D}{2}\right) = \gamma_a \cdot D \cdot \left(h + \frac{D}{2}\right), \quad [\text{daN/m}] \tag{3-17}$$

în care:

F este proiecția pe verticală a suprafeței pe care se exercită presiunea, în m^2;
γ_a — greutatea specifică a apei, în daN/m^3;
h — înălțimea nivelului hidrostatic deasupra crestei canalului, în m;
D — diametrul canalului, în m.

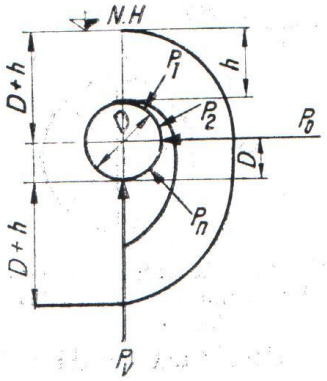


Fig. 3.28. Presiunea exterioară a apei.

Presiunile unitare $p_1, p_2, \ldots, p_n$ sînt perpendiculare pe suprafața laterală a conductei, repartizarea lor făcîndu-se după un cerc cu diametrul $(D + h)$.

Suprapresiunea (componenta verticală) p_v a apei pe metru de conductă este:

$$p_v = \gamma_a \cdot V_c \quad [\text{daN/m}], \tag{3-18}$$

în care V_c este volumul conductei pe 1 m, în m^3.

În cazul canalelor care se execută în terenuri acvifere, suprapresiunea apei se consideră egală cu presiunea hidrostatică corespunzătoare adîncimii elementului de suprafață care se calculează, înmulțită cu un coeficient K, a cărui valoare depinde de gradul de permeabilitate a terenului de la baza canalului (tab. 3.7).

TABELA 3.7

Valorile coeficientului K pentru terenuri acvifere

Natura pămîntului	K
Stîncă permeabilă, omogenă	0,3
Argilă nisipoasă, nisip argilos	0,7—0,8
Idem, îmbibate cu apă	0,8—0,9
Stîncă puternic fisurată	0,8—1,0

Presiunea interioară a apei se exercită perpendicular pe suprafața interioară. Se disting două cazuri:

— canalul este umplut parțial sau total cu apă, iar curgerea are loc sub gravitație (fig. 3.29). În acest caz componenta orizontală a presiunii interioare pe 1 m este:

$$p_0 = \gamma_a \cdot F_h \cdot \frac{h}{2} = \gamma_a \cdot h \cdot \frac{h}{2} = \gamma_a \cdot \frac{h^2}{2} \quad [\text{daN/m}] \tag{3-19}$$

în care F_h este proiecția pe verticală a suprafeței pe care se exercită presiunea.

Componenta verticală pe 1 m este:

$$p_v = \gamma_a \cdot V_c \quad [\text{daN/m}], \tag{3-20}$$

în care V_c este volumul de apă din conductă pe metru.

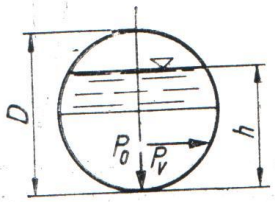


Fig. 3.29. Presiunea interioară a apei — canal parțial umplut cu apă.

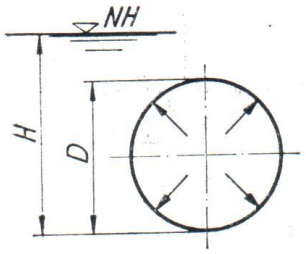


Fig. 3.30. Canal funcționînd sub presiune — presiunea interioară.

Componenta verticală pe 1 m pentru conducta jumătate plină este:

$$p'_v = \gamma_a \cdot \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot \frac{1}{2} = \gamma_a \cdot \frac{\pi D^2}{8} \quad [\text{daN/m}]. \qquad (3\text{-}21)$$

Componenta verticală pe 1 m pentru conducta plină este:

$$p''_v = \gamma_a \cdot \frac{\pi \cdot D^2}{4} \quad [\text{daN/m}]; \qquad (3\text{-}22)$$

— canalul funcționează sub presiune, iar curgerea are loc sub presiune (fig. 3.30).

Presiunea totală (medie) pe suprafața interioară este:

$$P = \gamma_a \cdot \pi \cdot D \cdot \left(H - \frac{D}{2}\right). \qquad (3\text{-}23)$$

Pentru canale a căror secțiune interioară nu depășește pe cea a unui cerc de 1 m diametru, se poate neglija influența adîncimii apei în canal asupra presiunii interioare; pentru secțiuni mai mari, se ține seama în calcul de variația presiunii în raport cu adîncimea.

Greutatea apei în canal rezultă din luarea în considerare a volumului canalului și a greutății specifice:

$$G_a = \gamma_a \cdot V_c = p_v. \qquad (3\text{-}24)$$

Sarcinile fundamentale — suprasarcini, care se iau în considerare în conformitate cu STAS 3051-68, la calculul static al secțiunii canalelor sînt:

— sarcinile rezultate din depozitarea pe teren a diferitelor materiale în lungul traseului canalului;

— sarcinile mobile maxime rezultate din convoaiele care servesc pentru calculul podurilor de cale ferată (normală sau industrială);

— sarcinile mobile maxime care servesc pentru calculul podurilor de șosea, pasarelelor etc.

Presiunile verticale care acționează asupra canalelor din suprasarcini se determină cu ecuația:

$$p_z = \frac{3 \cdot P \cdot Z^3}{2 \cdot \pi \cdot (Z^2 + t^2)^{2,5}}, \qquad (3\text{-}25)$$

în care:

p_z este presiunea verticală în punctul A considerat (fig. 3.31);

P — forța concentrată aplicată la suprafața terenului, în daN (kgf);

Z — adîncimea punctului A considerată de la suprafața terenului, în m;

t — proiecția orizontală a distanței R dintre punctul de aplicație a forței P și punctul considerat A, în m.

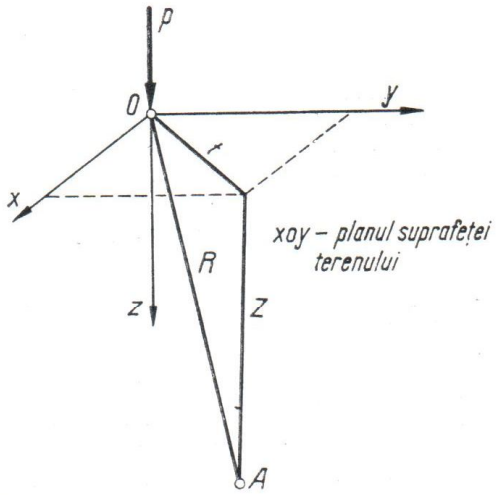


Fig. 3.31. Presiunea verticală asupra canalelor datorată suprasarcinilor — canal cu partea superioară a crestei situată la o adîncime mai mică decît lățimea proiecției orizontale a secțiunii transversale a canalului.

În cazul mai multor forțe (încărcări date de $P_1 ..., P_n$) se va ține seama de influența tuturor forțelor acestora pe baza ecuației (3-25). În cazul sarcinilor mobile, se determină poziția convoiului pentru care se realizează valoarea maximă a lui p_z.

Pentru canale a căror parte superioară (creastă) este situată la o adîncime mai mare decît lățimea proiecției orizontale a secțiunii transversale a canalului, se poate considera că presiunea unitară p_z este repartizată uniform pe întreaga lățime a proiecției orizontale a canalului și are valoarea egală cu cea calculată conform ecuației (3-25) în punctul A (fig. 3.32). În aceste condiții presiunea verticală totală G_4 rezultă din ecuația:

$$G_4 = f \cdot p_z \cdot D_{ext} \quad [\text{daN/m}], \qquad (3\text{-}26)$$

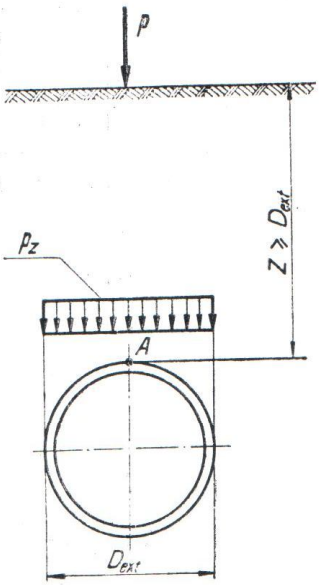


Fig. 3.32. Presiunea verticală asupra canalelor datorată suprasarcinilor — canal cu partea superioară a crestei situată la o adîncime mai mare decît lățimea proiecției orizontale a secțiunii transversale a canalului.

în care f este coeficientul dinamic ale cărui valori se determină astfel:

— pentru autovehicule (încărcări conform STAS 3221-63),

$$f = 1 + \frac{0{,}3}{H}, \qquad (3\text{-}27)$$

în care: $H \geq 0{,}5$ m este adîncimea crestei canalului, în m;

— pentru vehicule de cale ferată (încărcări conform STAS 3220-65) și piste pentru aerodromuri,

$$f = 1 + \frac{0{,}6}{H}, \qquad (3\text{-}28)$$

în care $H \geq 1{,}0$ m este adîncimea crestei canalului, în m;

— pentru vehicule pe șenile (încărcări STAS 3221-63),

$$f = 1.$$

Cînd aceste condiții nu se realizează, se va ține seama de repartizarea reală a presiunilor asupra canalului.

Pentru calculul canalelor situate sub căi de comunicație, la care convoiul de calcul, conform STAS 3221-63, este unul din convoaiele A_8, A_{10} sau A_{13}, presiunea verticală totală G_4' se poate calcula cu ecuația

$$G_4' = f \cdot C_2 \cdot P, \qquad (3\text{-}29)$$

în care:

f este coeficientul dinamic;

C_2 — coeficient care depinde de adîncimea H, în m, a crestei canalului și de lățimea D_{ext} a acestuia și a cărui mărime se determină conform diagramei din figura 3.33;

P — sarcina concentrată, în daN (kgf), pe roata osiei celei mai încărcate, a celui mai greu vehicul din convoiul A_8, A_{10} sau A_{13} (vehicul supraîncărcat), la care se calculează.

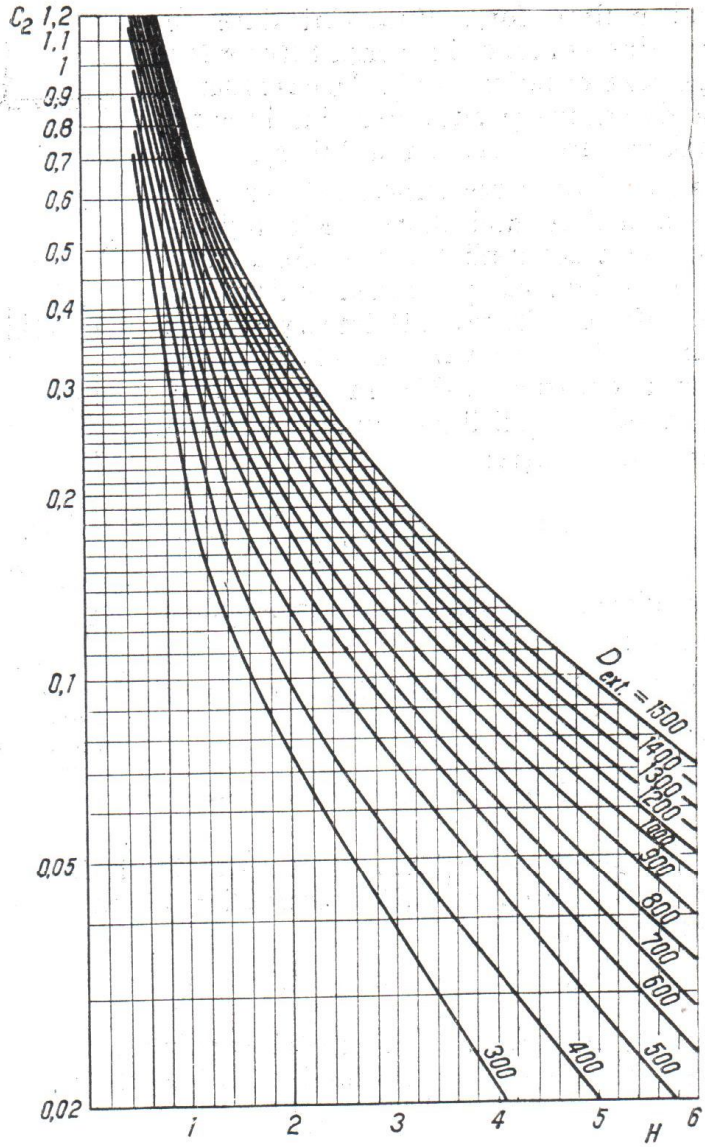


Fig. 3.33. Diagramă pentru determinarea coeficientului C_2 pentru calculul canalelor situate sub căi de comunicație, pentru convoaiele A_8, A_{10}, A_{13} (STAS 3221-63).

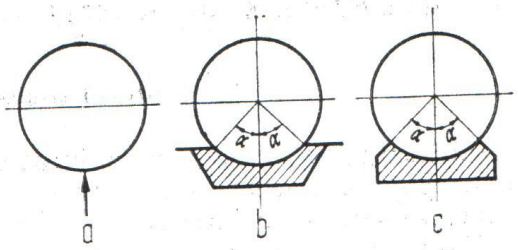
3.2.2. Sarcini accidentale

Sarcinile accidentale iau naștere în urma punerii sub presiune a canalelor. Verificarea rezistenței canalelor se face la o presiune de 0,6 at, această sarcină considerîndu-se accidentală în cazul punerii sub presiune a canalului la ploi torențiale.

3.2.3. Calculul static al secțiunilor

Cu ajutorul sarcinilor evaluate ca mai sus se calculează momentele și forțele normale la naștere, cheie, la 45° și la radier, folosindu-se metodele obișnuite. Pentru determinarea acestor eforturi va trebui în prealabil să se

Fig. 3.34. Tipuri de rezemare a canalelor:
a — axială; *b* — poligonală; *c* — orizontală.



stabilească modul de rezemare a canalului. În prezent se iau în considerare trei feluri de rezemări: axiale (a), poligonale (b) și orizontale (c) (fig. 3.34).

Rezemarea axială este cea mai dezavantajoasă, deoarece produce eforturile cele mai mari; ea trebuie corectată prin realizarea unui pat de rezemare corespunzător, sau, la canalele pe piloți, prin prevederea a cel puțin două rînduri de piloți. În terenuri stîncoase, vîrfurile neamenajate ar putea să formeze reazeme la distanțe mari, care ar solicita canalul la încovoiere și de aceea trebuie prevăzut un pat de nisip (0,10—0,15 m).

Rezemarea poligonală (curbă, circulară) este avantajoasă îndeosebi pentru tuburile circulare sau clopot.

Rezemarea orizontală este recomandabilă pentru terenurile mai slabe și la dimensiuni nu prea mari ale canalului.

Pentru diferitele tipuri de rezemare, tratatele de specialitate dau tabele pentru calculul momentelor și forțelor normale, în funcție de coeficienții corespunzători diferitelor feluri de încărcări.

După stabilirea momentelor și forțelor normale aferente diferitelor categorii de încărcări, în diferite puncte ale canalului, pentru dimensionarea secțiunilor, se vor însuma momentele și forțele normale în două ipoteze:

— numai sarcini fundamentale;

— sarcini fundamentale + sarcini accidentale.

Gruparea sarcinilor se va face astfel încît în diferitele secțiuni să se obțină eforturile cele mai mari. Se exceptează ipoteza canal plin cu apă și pămîntul din jurul canalului îndepărtat, care se va lua în considerare numai în cazuri speciale apreciate de proiectant.

Verificarea rezistențelor în secțiune se va face cu formula cunoscută:

$$\sigma_a = \frac{N}{A} \pm \alpha \frac{M}{W} \quad [\text{daN/cm}^2] \tag{3-30}$$

în care:

N este forța normală în secțiune, în daN;

M — momentul în secțiune, în daN·cm;

A — suprafața secțiunii, în cm²;

α — coeficient, de obicei 0,6;

W — modulul de rezistență, în cm³.

Rezistențele admisibile pentru secțiuni de beton sau beton armat nu vor depăși pe cele prevăzute în standardele în vigoare.

3.3. RECOMANDĂRI ÎN VEDEREA PROIECTĂRII REȚELEI DE CANALIZARE

3.3.1. Studii necesare proiectării

Elementul de bază pentru întocmirea proiectului de canalizare a unui centru populat este schița de sistematizare, iar pentru obiective de orice natură planul general al incintei sau zonei ce se canalizează.

Dacă schița de sistematizare lipsește, proiectul de canalizare se poate face pe baza studiilor de sistematizare existente cu avizul organelor centrale, care coordonează sistematizarea centrelor populate, și respectiv al ministerelor beneficiare pentru industrii și alte unități care își însușesc aceste schițe.

Pentru cazuri excepționale cînd este necesară canalizarea unui număr redus de obiective mici (cîteva blocuri, construcții rurale și agrozootehnice izolate) și nu se întrevăd alte construcții ample în decursul următorilor 10—15 ani, se pot proiecta canalizări parțiale sau tranzitorii stabilite prin temă de beneficiar, cu acordul proiectantului canalizării și al organului de sistematizare. Asemenea canalizări vor trebui să se încadreze în cît mai mare măsură în viitoarea canalizare a centrului populat respectiv; calculele justificative trebuie să țină seama de eficiența economică a investițiilor.

Din schița de sistematizare se iau: istoricul dezvoltării centrului populat; planul general de situație la scara de 1 : 25 000 sau 1 : 10 000, avînd curbe de nivel din 5 în 5 m sau din 10 în 10 m; planurile de situație la scara 1 : 5 000 sau 1 : 2 000, avînd curbe de nivel din metru în metru; planurile de dezvoltare a localităților cu precizarea obiectivelor social-culturale, industriale, agrozootehnice etc., care ar putea să furnizeze debite concentrate mai mari, profile în lung pe arterele de circulație, planurile și cotele altor rețele subterane (apă potabilă și industrială, apă caldă, gaze, energie electrică, cabluri pentru telefon etc.); traseele căilor ferate, amenajări hidraulice, studii hidrografice, studii geotehnice etc.

Dezvoltarea de perspectivă a centrelor populate se consideră pe o perioadă de 25 ani începînd de la data proiectării.

Proiectele de canalizare se elaborează, în conformitate cu Decretul Consiliului de Stat 420/1976, precum și cu decretele 78/1973; 452/1973 și 2/1976, legile 72/1969; 8/1972; 8/1976 și H.C.M. 900/1970.

Realizarea *proiectării obiectelor de investiții* se face în două etape:

— note de comandă realizate de ministere, centrale, comitetele executive ale consiliilor populare etc.;

— proiect de execuție realizat de unitățile de cercetare și inginerie tehnologică și de proiectare a lucrărilor de construcții și instalații.

Pentru stabilirea sistemului și schemei de canalizare sînt necesare o serie de studii de specialitate, care se elaborează pe baza datelor cunoscute (documentarea generală) și a temei furnizate de beneficiar; se întocmesc o serie de variante preliminare de schemă, care folosesc și pentru elaborarea programului și temelor ce urmează a fi realizate în scopul executării studiilor de specialitate.

Documentarea generală trebuie să se refere la:

— studiul hărților topografice, hidrologice, geologice și geotehnice, al anuarelor hidrologice, hidrogeologice și meteorologice, al cadastrului apelor, al studiilor și cercetărilor de specialitate etc.;

— analizarea prevederilor din planurile de amenajare a bazinelor hidrografice din studiile generale pe bazine hidrografice privind modificarea regimului de curgere, alimentarea cu apă, protecția resurselor de apă, evacuarea apelor uzate etc., din planurile sau schițele de sistematizare, din proiectele de organizare intergospodărească a teritoriului agricol etc.;

— recunoașteri pe teren pentru identificarea situației centrelor populate sau a unităților ce trebuie canalizate, a obiectivelor cu canalizare existentă, a posibilităților de inundație în zonele ce urmează a fi canalizate, a eventualelor puncte de descărcare a apelor de canalizare, a condițiilor geotehnice, hidrologice etc.;

— informări de teren asupra condițiilor social-culturale și economice, asupra posibilităților de cooperare între centrul populat și unitățile industriale și agricole, asupra posibilităților de expropriere a unor terenuri etc.

— recunoașterea eventualelor influențe pe care le-ar exercita canalizarea ce se proiectează asupra terenurilor și obiectivelor din zonă, precum și asupra folosințelor de apă etc.

Elementele enumerate împreună cu tema de proiectare trebuie să furnizeze proiectantului cel puțin următoarele date:

— amplasamentul folosințelor care urmează a fi canalizate, cu dezvoltarea lor de perspectivă, eventuale cooperări posibile;

— cantitățile de apă uzată evacuate loco-folosință, pentru fiecare etapă de perspectivă, în conformitate cu STAS 1846-77;

— cantitățile de apă de canalizare pe tipuri de ape uzate (cu indicarea caracteristicilor calitative), durate de evacuare etc.;

— posibilitățile de evacuare a apelor de canalizare în diferiți emisari;

— categoriile de calitate a emisarilor, conform STAS 4706-74;

— posibilitățile de epurare a apelor de canalizare în comun cu cele provenite din industrie;

— condiții speciale privind canalizarea apelor uzate de ploaie, subterane și de suprafață.

Cu aceste date se întocmesc o serie de variante preliminare de scheme de canalizare, care în final conduc la elaborarea programului de studii ce urmează a fi efectuate pentru întocmirea proiectului.

Studiile ce se efectuează sînt (v. STAS 1481—76):

— studiul hidrologic privind emisarii și eventualele cursuri de apă care traversează sau sînt vecine orașului și care ar putea să producă inundații. Studiul hidrologic urmărește stabilirea debitelor, nivelurilor de apă, calitatea apei, dinamica albiei, fenomene caracteristice pe timp de iarnă etc.;

— studiul hidrogeologic are ca scop să determine cantitatea de apă ce ar putea să pătrundă în rețeaua de canalizare și care, eventual, ar conduce în timpul execuției la necesitatea unor lucrări suplimentare. În cadrul acestui studiu se vor mai urmări: calitatea apelor subterane, caracteristicile hidrologice ale straturilor acvifere, posibilitățile de introducere a apelor de canalizare în straturile acvifere, influența asupra apelor subterane a eventualelor exfiltrații sau a apelor uzate provenite de pe platformele industriale sau de gunoaie;

— studiul meteorologic urmărește stabilirea caracteristicilor precipitațiilor în vederea obținerii datelor necesare calculului debitului apelor de ploaie precum și datele necesare proiectării unor obiecte din stația de epurare;

— studiul folosințelor de apă existente se referă la toate folosințele din amonte și aval de punctul de descărcare (alimentări cu apă, canalizări, stranduri etc.), caracterizate din punct de vedere calitativ și cantitativ;

— studiul condițiilor de calitate a apei emisarilor (de suprafață sau subterane), care pot apărea ca posibili pentru evacuarea apelor de canalizare în condițiile menționate de STAS 4706-74;

— studiul pentru preepurarea unor ape uzate industriale înainte de evacuarea în canalizarea orășenească sau pentru epurarea unor ape de canalizare orășenești cu caractere deosebite față de media cunoscută; cercetările și studiile se fac în laborator sau în stații pilot și au ca scop stabilirea posibilităților de epurare în comun a apelor uzate menajere cu cele industriale;

— studiul geotehnic se referă la rețeaua de canalizare și la obiectivele stației de epurare;

— studiul topografic se referă, de asemenea, la rețeaua de canalizare și la stația de epurare;

— alte studii ce mai apar ca necesare, unele din acestea pe modele, referitoare la regularizări, îndiguiri, detalii de construcții ale unor obiecte din stația de epurare sau rețea etc.

3.3.2. Alegerea sistemului și schemei de canalizare

Alegerea sistemului și schemei de canalizare se realizează, de obicei, în cadrul unor variante comune, ținînd seama de recomandările făcute anterior și de STAS 1481—76.

În ceea ce privește sistemul de canalizare, în calculele comparative trebuie să se aibă în vedere:

— calitatea apelor ce se evacuează și influența acestora asupra construcției și procesului de epurare, precum și a emisarului;

— eficiența economică a lucrărilor și îndeosebi posibilitatea eșalonării investițiilor.

Întocmirea schemei se începe prin trasarea canalelor principale, amplasarea stațiilor de pompare, traversărilor, stației de epurare etc. Colectoarele principale se trasează, în general, în părțile mai joase ale suprafeței de canalizat. Trebuie urmărită pe cît posibil conducerea apelor de canalizare pe drumul cel mai scurt spre stația de epurare și prin gravitație, evitîndu-se pomparea apelor. Colectoarele principale se amplasează, de obicei, paralel cu emisarul și în zonele mai joase ale suprafeței de canalizat, creîndu-se în acest fel și posibilitatea de construcție a deversoarelor pentru apele de ploaie. Canalele secundare se amplasează, în cele mai multe cazuri, cît mai aproape de perpendiculara pe colectoarele principale și pe curbele de nivel. Cînd orașul este amplasat pe ambele maluri ale unui rîu, de regulă, se prevede cîte un colector principal pe ambele maluri. În aval de oraș, unul din colectoare se sifonează pe sub rîu, pentru a se uni cu celălalt și a conduce întreaga cantitate de apă de canalizare spre stația de epurare.

În ceea ce privește schema rețelei pentru apele de ploaie, în general, cea mai economică este cea care prevede cele mai multe guri de descărcare în emisar. În cadrul variantelor ce se studiază pentru alegerea schemei de canalizare, de o deosebită importanță este și alegerea emisarului.

Punctele de evacuare a apelor de canalizare în emisari sînt stabilite pe baza acordurilor date de consiliile populare ale orașelor sau județelor respective.

Alegerea emisarului rezultă în final din analiza mai multor variante, la care se iau în considerare:

— cheltuielile de investiții și exploatare necesare pentru aducerea apelor de canalizare pînă la stația de epurare și de la aceasta la emisar;

— cheltuielile de investiții și exploatare necesare pentru epurarea apelor pînă la gradul necesar respectării condițiilor de evacuare;

— cheltuielile aferente lucrărilor și măsurilor pentru modificarea calității apelor emisarului în amonte și aval de punctul de primire a apelor de canalizare, ca urmare a primirii acestor ape;

— posibilitatea eșalonării investițiilor în stația de epurare, în funcție de modificarea calității emisarului în diferite etape de perspectivă;

— asigurarea calității apelor emisarului față de depășirea accidentală a calității stabilite pentru emisarul respectiv;

— posibilitatea utilizării în viitor a respectivului emisar pentru primirea altor ape de canalizare;

— cheltuielile impuse pentru eventuala modificare a condițiilor de curgere a apelor emisarului în vederea primirii apelor de canalizare;

— efectele sociale pe care le pot avea descărcările în emisar a apelor de canalizare epurate.

La alegerea schemei de epurare și a sistemului de canalizare contribuie în mare măsură gradul necesar de dezvoltare a stației de epurare, depărtarea acesteia față de oraș, posibilitățile de acces și de dotare cu diferite utilități a acesteia etc.

Exproprierile necesare construcției stației de epurare și canalelor principale sau secundare pot influența uneori, în mare măsură, alegerea schemei și sistemului de canalizare.

3.3.3. Trasarea rețelei și a bazinelor de canalizare

Operația de trasare a rețelei și bazinelor de canalizare se face numai pentru cîteva din schemele de canalizare studiate, care au rezultat mai avantajoase.

Pe schema de canalizare se trasează canalele de serviciu ținînd seama, la fel ca și pentru schema de canalizare, de relieful zonei de canalizare, amplasamentul stației de epurare, natura terenului de fundație, lățimea străzilor, amplasamentul obiectivelor cu debite mai mari, necesitatea exproprierii unor terenuri și clădiri etc.

Colectoarele se amplasează, de obicei, în apropiere și paralel cu emisarii, precum și pe marile bulevarde, avîndu-se în vedere și posibilitatea de asigurare permanentă a circulației, uneori această obligație făcînd necesară adoptarea unor soluții mai costisitoare, de ocolire sau de execuție a canalului în scut sau tunel. În plan, colectoarele se amplasează de obicei în axa străzilor sau bulevardelor, sub zonele de verdeață sau mai puțin circulate, pentru a nu produce întreruperi ale circulației în timpul construcției sau exploatării.

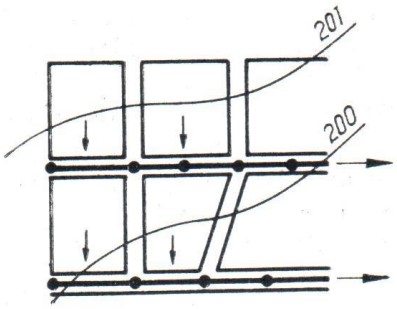


Fig. 3.35. Schema unei rețele cu canale laterale.

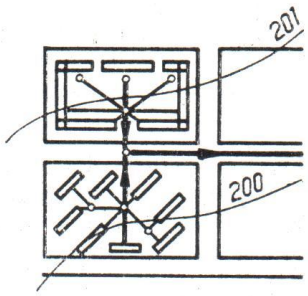


Fig. 3.36. Schema unei rețele cu canale la interior.

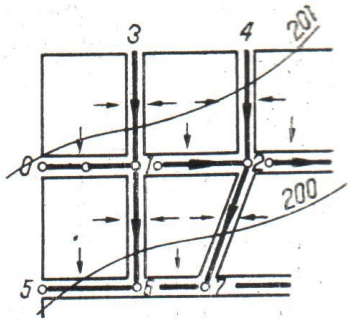


Fig. 3.37. Schema unei rețele cu canale generale.

Canalele de serviciu (secundare) se amplasează în funcție de gradul de definitivare a sistematizării [3]. În ansamblurile de clădiri noi, sistematizate, se pot amplasa lateral (fig. 3.35) sau interior (fig. 3.36), schema cea mai economică putînd reduce costul rețelei cu 10—20%. În ansamblurile de clădiri mai vechi, cu clădiri existente și pe terenuri plate, canalele trebuie amplasate pe toate străzile (fig. 3.37). În toate cazurile, sensul de curgere a apei în canale trebuie să fie în aceeași direcție cu sensul coborîtor al curbelor de nivel ale terenului și în direcția de curgere a apelor de canalizare a canalului în care sînt vărsate, în scopul obținerii unor condiții hidraulice normale.

Pe traseul canalelor de toate categoriile, se marchează sensul de curgere a apei, pornind de la capătul amonte al rețelei către stația de epurare.

La trasare se vor alege, pe cît posibil, traseele cu terenuri de fundație cît mai bune, reducîndu-se astfel costul lucrărilor prin evitarea terenurilor necorespunzătoare, umpluturilor, terenurilor acvifere etc. În pămînturi macroporice, sensibile la înmuiere, se va căuta să se realizeze amplasarea colectoarelor la distanțe care să nu impună măsuri speciale.

La trasarea canalelor trebuie să se țină seama de existența beneficiarilor cu debite mari, examinînd, pe baza calculelor tehnico-economice, soluția avantajoasă (apropierea canalului de obiectiv, un racord mai lung la canalizarea publică, sau un racord direct la stația de epurare). De asemenea, canalele trebuie amplasate la distanțe convenabile de obiectivele cultural-istorice astfel încît să nu le pericliteze în timpul construcției sau ulterior. Se vor evita, de asemenea, terenurile în care se efectuează cercetări arheologice. Mai mult, se va examina posibilitatea ca prin noua canalizare să fie asigurată desecarea unor asemenea terenuri, contribuind astfel la menținerea unor bunuri unice.

La trasarea rețelei se va evita pe cît posibil scoaterea din circuitul agricol a suprafețelor cultivabile, distrugerea de bunuri.

Trasarea rețelei pentru colectarea apelor meteorice prezintă unele particularități, deoarece în interiorul localităților ele pot fi în general evacuate la suprafața solului sau în canale îngropate la mică adîncime; ca urmare, rețeaua de ape meteorice poate fi deschisă, închisă și mixtă. Rețeaua deschisă este utilizată în localități mici, în localități cu relief foarte pronunțat — ca primă etapă a canalizării. Rețeaua închisă și mixtă se aplică în mai toate localitățile canalizate în sistem separativ. Astfel, pe sectoarele situate în porțiunile incipiente ale canalelor, apa meteorică se evacuează prin rigolele

străzilor și se introduce în canale subterane, acolo unde capacitatea rigolelor este depășită și apele ar inunda trotuarele.

Odată cu trasarea rețelei se amplasează și o serie de obiective importante, cum ar fi stațiile de pompare, deversoarele, traversările, bazinele pentru apă de ploaie, stația de epurare.

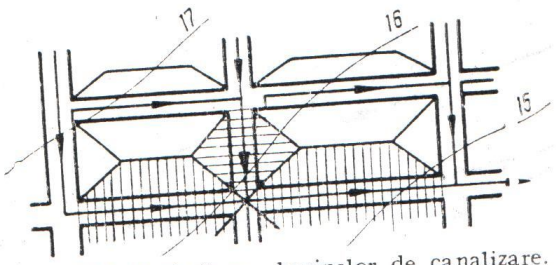


Fig. 3.38. Delimitarea bazinelor de canalizare.

Trasarea bazinelor de canalizare se face după ce s-a trasat rețeaua. Prin delimitarea bazinelor de canalizare se stabilește suprafața (în ha) deservită de un canal de serviciu sau de un canal colector.

Bazinele de canalizare se delimitează pe planurile cu curbele de nivel. Pentru terenuri plane, în general, limitele bazinelor rezultă din trasarea bisectoarelor unghiurilor formate la intersecțiile străzilor (fig. 3.38).

Pentru suprafețe cu relief pronunțat, metoda de mai sus poate fi numai parțial aplicată (v. fig. 3.38), deoarece nu se poate admite scurgerea apei în contra direcției pantei naturale a terenului, decît pe o zonă îngustă paralelă cu strada, unde se amenajează platforme orizontale.

3.3.4. Profilul în lung al canalului și amplasarea acestuia în profil transversal

Amplasarea în plan vertical și orizontal a canalelor se va coordona cu amplasarea rețelelor subterane și aeriene existente sau proiectate, respectîndu-se prescripțiile tehnice în vigoare.

După trasarea rețelei și a bazinelor de canalizare este necesar să se execute profilul în lung al terenului, pe care, apoi, ținînd seama de indicațiile de mai jos, se trasează panta viitorului canal în mod aproximativ, urmînd a fi definitivată după ce s-au efectuat calculele propriu-zise ale canalelor ce alcătuiesc rețeaua. Scara profilelor se ia:

— pentru compararea diferitelor variante:

lungimi	1 : 10 000	— 1 : 5 000;
înălțimi	1 : 200	— 1 : 1 000;

— pentru proiectul de execuție:

lungimi	1 : 5 000	— 1 : 1 000;
înălțimi	1 : 200	— 1 : 100.

În primul caz profilele terenului se execută după planurile cu curbe de nivel existente, iar pentru proiectul de execuție după ridicările topografice executate în acest scop pe teren.

Așezarea în plan vertical a rețelei se face ținînd seama de configurația terenului, de cota subsolurilor clădirilor și a adîncimii de îngheț, de sarcinile care acționează asupra canalului, de punctele obligate, de dimensiunile canalelor, de nivelul apei subterane, de regimul rîului în care se evacuează apele uzate.

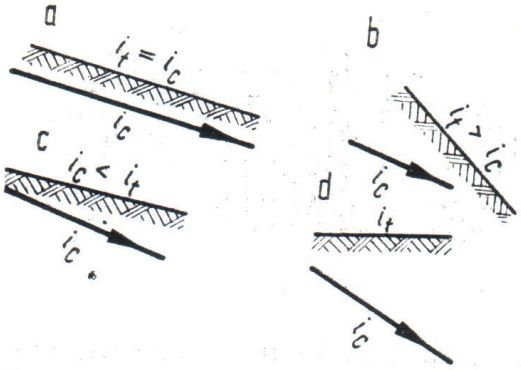


Fig. 3.39. Diferite posibilități de amplasare a canalului în raport cu relieful terenului.

Față de configurația terenului (panta terenului) se pot întîlni următoarele situații:

— panta canalului egală cu panta terenului (fig. 3.39, *a*); se alege un astfel de diametru încît să se obțină viteza și gradul de umplere cuprinse între limitele recomandate;

— panta terenului este mult mai mare decît panta canalului (fig. 3.39, *b*). Pe profilul în lung se va trasa canalul cu o astfel de pantă, încît viteza maximă admisă (5 m/s) să nu fie depășită. În punctele unde acoperirea cu pămînt nu este suficientă se va executa un cămin sau o cameră de rupere de pantă (fig. 3.40, *a*), după care se va continua canalul cu o pantă corespunzătoare, astfel încît viteza maximă să nu fie depășită; dacă acoperirea rezultă iar insuficientă, se proiectează o altă cameră de rupere de pantă ș.a.m.d. Pentru diferențe de nivel nu prea mari (1—3 m) se poate construi un *rapid*, canalul pe porțiunea respectivă avînd o pantă și respectiv viteză mai mare decît cea admisibilă (fig. 3.40, *b*). Canalul pe această porțiune se execută din materiale rezistente la uzură (oțel, fontă etc.), pentru care vitezele maxime pot depăși 5 m/s;

— panta terenului este mai mică sau inversă față de cea a canalului proiectat (fig. 3.39, *c* și *d*). În acest caz se alege diametrul astfel încît să asigure realizarea pantei și vitezei minime.

Schimbările de pantă se realizează în cămine de vizitare numai la canale nevizitabile, cu înălțimea profilului sub 800 mm.

Adîncimea inițială a canalelor depinde de necesitatea de canalizare a subsolurilor, de adîncimea de îngheț și de sarcinile care acționează asupra canalului.

Canalizarea subsolurilor este funcție de adîncimea acestora și de distanța lor față de canalul public. Dacă adîncimea subsolurilor și distanța față de canalul public sînt prea mari, pentru a nu amplasa la adîncime canalul, se recomandă a construi stații de pompare locale care să pompeze apele în canalul public.

În conformitate cu STAS 3051-68 și 6054-64, adîncimea măsurată la fața radierului nu va fi mai mică decît adîncimea de îngheț.

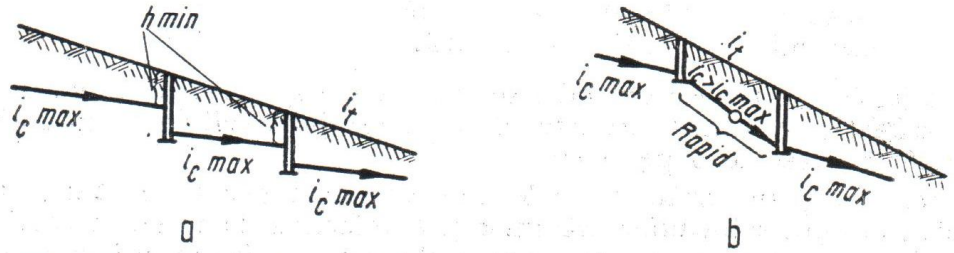


Fig. 3.40. Amplasarea în profilul în lung a canalului cînd se depășește viteza maximă de curgere a apei în canal: h_{min} —adîncimea minimă de așezare a conductelor; *a* — cu cămin de rupere de pantă; *b*—cu rapid.

Din punctul de vedere al rezistenței canalelor la sarcinile ce acționeaza asupra acestora, în general, se consideră că o acoperire cu pămînt, de circa 0,8 m peste creasta canalului este suficientă. Totuși, ținînd seama de greutățile mereu crescînde ale sarcinilor mobile, de la caz la caz, este necesar să se facă verificări corespunzătoare.

Canalele care transportă ape meteorice trebuie executate la un nivel cît mai ridicat, respectînd totuși minimum de acoperire menționat.

Adîncimea maximă de așezare a canalelor depinde de modul de executare a săpăturii și se determină prin calcule tehnico-economice. În săpătură deschisă se poate merge în funcție de natura terenului pînă la adîncimi de 10—12 m. Peste aceste adîncimi lucrarea se execută în tunel, cu scut etc.

Profilul în lung al canalului este condiționat de *punctele obligate* constituite din construcțiile sau obstacolele naturale intersectate, care prin poziția lor impun lucrări speciale în rețeaua de canalizare. Exemple de puncte obligate sînt: un pasaj inferior construit în debleu, cu nivelul de trecere inferior adîncimii normale a canalului public; un complex sportiv cu clădiri monumentale avînd recipiente de canal la adîncimi mai mari decît adîncimea la care s-ar monta un canal în lipsa unor asemenea lucrări; canale laterale ce trebuie racordate la anumite adîncimi; nivelul inferior al unui curs de apă care trebuie traversat etc.

Asemenea puncte obligate sînt marcate pe profilul în lung. Dacă ele impun adîncimea canalului care se proiectează, trebuie ca în variante să se aibă în vedere măsuri pentru ridicarea nivelului punctelor obligate (spre exemplu în cazul unui canal lateral reconstruirea lui pe un alt traseu sau cu alte pante), sau pomparea apelor din respectivul punct obligat (soluție puțin recomandabilă pentru debite mari) etc. Soluția va fi adoptată pe baza unor calcule tehnico-economice.

Schimbarea dimensiunilor canalelor în profil transversal se face diferit, în funcție de mărimea acestora: în cămine la tuburi de dimensiuni mici și în camere de schimbarea dimensiunii, la canale cu diametre mai mari de 1,0 m (fig. 3.41).

Spre aval dimensiunile canalelor trebuie să crească; totuși, dacă panta crește mult pe un tronson, se poate admite o reducere a dimensiunilor canalului, cu condiția ca acesta să nu coboare sub 250 mm pentru a evita înfundarea. În cazul cînd schimbarea de dimensiune rezultă dintr-un aport suplimentar de debit adus de un canal lateral, se recomandă ca schimbarea de dimensiune să se facă într-un cămin de intersecție cu radier coborît.

Racordarea canalelor în profil longitudinal se poate face la radier, la creastă și la oglinda apei.

Racordarea la radier (fig. 3.42, *a*) prezintă următoarele avantaje: construcția este mai simplă, permite să se utilizeze mai bine panta disponibilă, iar la ploi mici se sporește panta hidraulică; se produc însă remuuri, respectiv depuneri, deoarece înălțimea

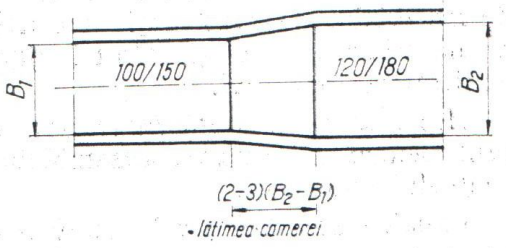


Fig. 3.41. Schimbarea dimensiunilor la canale mai mari ca 1 m (dimensiunea cea mai mică).

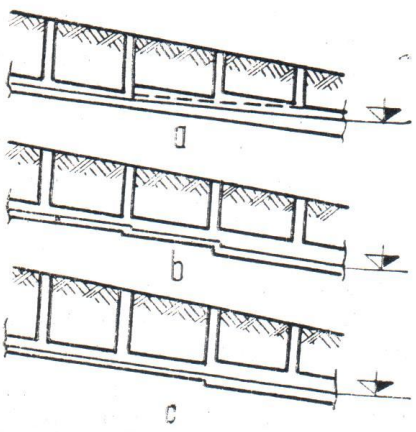


Fig. 3.42. Racordarea canalelor în profil longitudinal.

apei în aval este în general mai mare decît cea din amonte.

Racordarea la creastă (fig. 3.42, *b*) evită formarea de remuuri în sectoarele amonte, canalele au o capacitate de curgere mai mare decît cea de calcul; se pierde însă din panta disponibilă și, ca urmare a vitezei sporite în treapta amonte, există pericolul unor depuneri spre capătul aval al sectoarelor.

Racordarea la oglinda apei (fig. 3.42, *c*) constituie aparent soluția optimă; în practică însă această soluție nu este realizabilă, deoarece variațiile de debit au drept efect variații de înălțime ale apei; în plus, amplasarea canalelor implică greutăți de execuție.

Racordarea după creastă este preferată de constructori.

La intersecția canalelor secundare cu cele principale se va căuta ca radierul canalului secundar să nu fie așezat sub nivelul apei din colectorul principal; este bine ca nivelul apei în cele două canale care se intersectează să fie pe cît posibil același.

Se va evita întotdeauna așezarea canalelor sub nivelul apei subterane, deoarece costurile de investiție și exploatare pot crește în mare măsură; cînd din cauza situației locale, rețeaua de canalizare trebuie așezată sub nivelul apei subterane, atunci ea va avea și rolul de a coborî nivelul hidrostatic al apei subterane prin colectarea acesteia în drenuri accesorii canalelor; aceste drenuri înlesnesc și epuizarea din tranșee a apelor în timpul executării canalizării și trebuie executate odată cu canalizarea.

În ceea ce privește amplasarea canalului care evacuează apele de canalizare în rîu, este important a se urmări așezarea acestuia la o astfel de cotă încît să se evite înecarea lui cu o frecvență prea mare, îngreunîndu-se prin aceasta curgerea apelor de canalizare.

Amplasarea canalelor în profil longitudinal trebuie să țină seama și de condițiile de fundare, îndeosebi pentru canalele colectoare. Se vor ocoli zonele cu pămînturi de fundare slabe sau macroporice, sensibile la înmuiere, cu ape freatice la mică adîncime sau agresive, foste gropi de gunoi, cu ape freatice agresive față de beton, zone alunecătoare, foste lunci ale rîurilor etc.

În cazul canalelor care vor trebui totuși amplasate în zone sensibile la înmuiere, se vor adopta măsurile înscrise în prescripțiile speciale în vigoare. De asemenea, cînd canalul trebuie amplasat în ape subterane agresive față de materialul de construcție a canalului, se vor lua măsuri de protecție a materialului, ca și atunci cînd apa subterană trebuie protejată de exfiltrațiile canalului.

Amplasarea în profil transversal a canalelor constituie un element important pentru organizarea ansamblului de rețele subterane ale localității sau centrului industrial.

Canalele se așază paralel cu linia construcțiilor și în general în axa străzii. Dacă pe o arteră sînt mai multe construcții pe o parte, canalul se așază pe partea cu cele mai multe clădiri, micșorînd astfel lungimea racordurilor.

În cazul cînd lățimea străzii este mai mare ca 40 m, este recomandabil să se prevadă cîte un canal secundar pe fiecare parte a străzii. De asemenea, cînd distanțele între racorduri sînt mai mici de 40—50 m, iar colectarea apelor uzate ar urma să se facă printr-un colector cu dimensiunea pe verticală mai mare ca 1 000 mm, este recomandabil a se prevedea un canal secundar, astfel încît colectorul să nu fie perforat la distanțe apropiate.

În general canalele secundare sau de serviciu se amplasează cît mai aproape de linia fațadelor clădirilor pe care trebuie să le canalizeze, însă nu mai aproape de 2 m. Dacă această condiție nu poate fi îndeplinită, se vor folosi tuburi cu îmbinări perfect etanșe. În pămînturi macroporice distanțele față de clădiri se măresc și se iau măsurile necesare prevăzute în normativele în vigoare. Amplasarea canalelor și colectoarelor în profil transversal trebuie să țină seama și de celelalte rețele subterane existente și prevăzute pentru viitor.

Schimbarea de direcție și intersecția în plan a canalelor se fac prin intermediul căminelor sau camerelor. Astfel, schimbarea de direcție la canale de dimensiuni mici se face în cămine de tip obișnuit, conform STAS 2448-73 (v. fig. 4.1), iar la canale mari (lățimi mai mari de 1 000 mm), în camere de schimbare a direcției, prin curbarea axei canalului (v. fig. 4.28), cu raza de curbură de (5—10) B, în care B este lățimea canalului. Unghiul la centru al curburii trebuie să fie de cel puțin 90°. Intersecția în plan a canalelor mici se face în cămine obișnuite, conform STAS 2448-73 (v. fig. 4.1.), iar a canalelor mari prin intermediul unor camere de intersecție (v. fig. 4.26).

În figura 3.43 se arată detalii de amplasare în profil transversal a canalelor, iar în figura 3.44 un detaliu de amplasare în plan a canalelor.

Pe străzile cu circulație mare, unde executarea săpăturilor pentru întreținere poate stînjeni circulația sau unde terenul de fundație poate fi degradat de apele de exfiltrație, uneori, este avantajos a se monta toate rețelele subterane în galerii edilitare. În figura 3.45 se arată o galerie edilitară, secțiune tip, executată conform Legii 37/1975, privind „Sistematizarea,

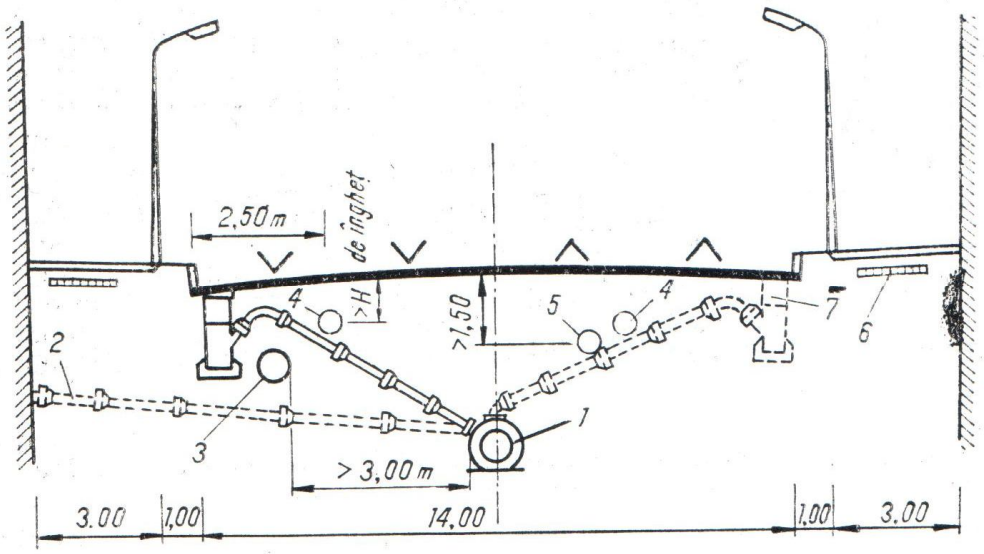
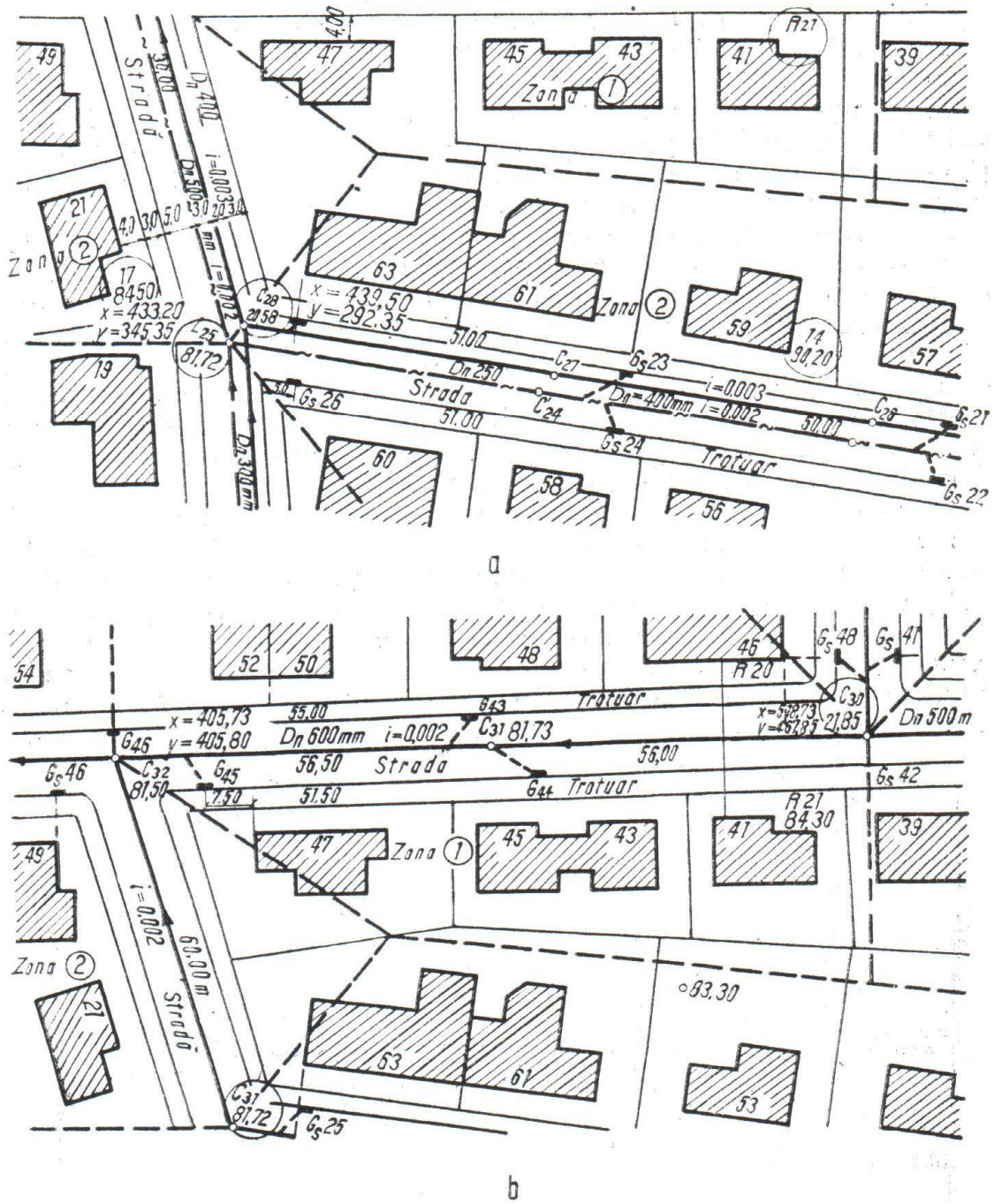


Fig. 3.43. Profil transversal printr-o stradă:
1 — canal; *2* — racord; *3* — arteră de apă; *4* — conductă de apă de serviciu; *5* — conductă de gaze; *6* — cabluri electrice și telefonice; *7* — gură de scurgere.



a

b

Fig. 3.44. Amplasarea în plan a canalelor pe străzi canalizate:
a — în sistem divizor; *b* — în sistem unitar.

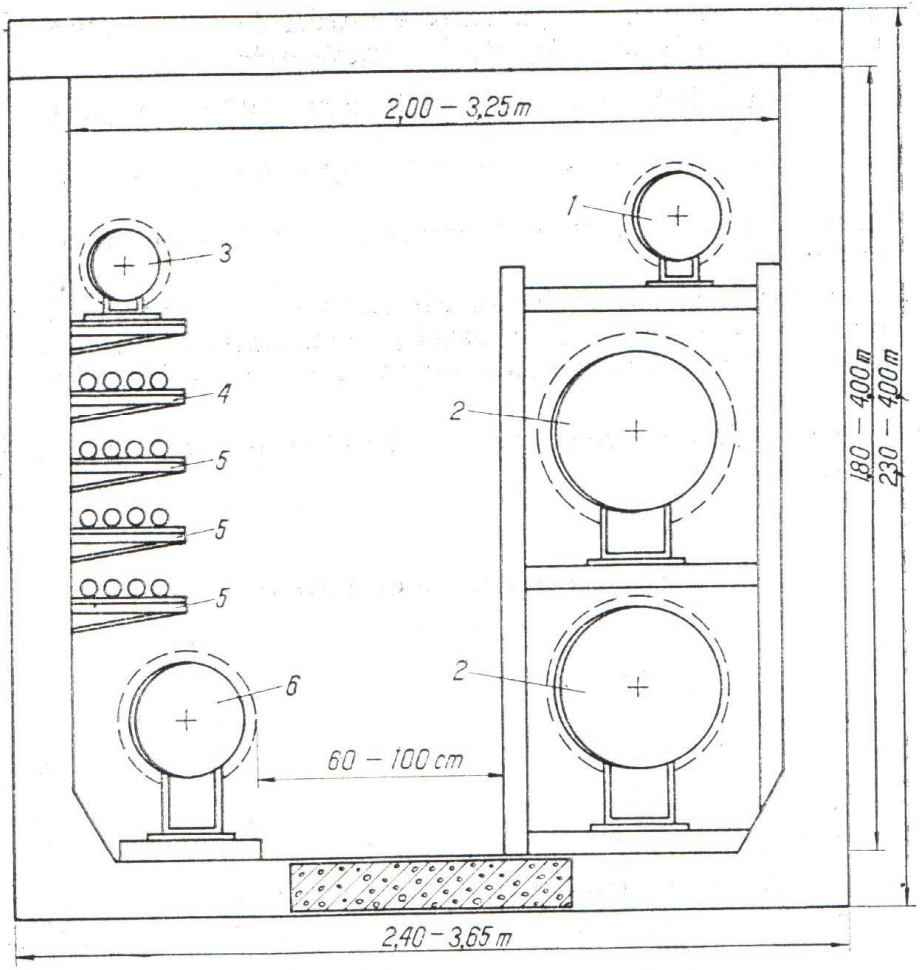


Fig. 3.45. Galerie edilitară — profil tip:
1 — conductă de apă; *2* — canal; *3* — conductă de gaze; *4* — cabluri telefonice; *5* — cabluri electrice; *6* — termoficare.

proiectarea și realizarea arterelor de circulație în localități urbane și rurale".

Proiectul directiv, în fază STE, 1224-72 „Galerii vizitabile din elemente prefabricate pentru pozarea rețelelor subterane urbane" face o serie de precizări necesare proiectării și executării acestor galerii.

În ceea ce privește amplasarea rețelelor subterane edilitare în centrele populate și în zonele industriale, STAS 8591/1-75 indică în detaliu condițiile de amplasare a canalelor în raport cu celelalte rețele edilitare.

3.3.5. **Recomandări din punct de vedere hidraulic**

Formulele de calcul hidraulic al canalelor au fost arătate anterior; în cele ce urmează se vor face unele recomandări cu caracter practic, referitoare îndeosebi la valorile maxime și minime, ale unor parametri de dimensionare.

Panta longitudinală a canalelor trebuie să fie astfel aleasă încît la debitul maxim orar al apelor uzate să se realizeze viteza de autocurățire de minimum 0,7 m/s. Acolo unde panta este mare și prin aceasta viteza maximă ar fi depășită se construiesc cămine de rupere de pantă.

Pantele minime admise corespunzătoare vitezei de autocurățire, pe baze experimentale, în canale sînt orientativ următoarele:

Dn,	mm:	250	300	400	500	600	800	1000	1200
i,	%:	0,35	0,28	0,25	0,20	0,17	0,15	0,08	0,05

Pante mai mari ca 10% nu sînt recomandabile, deoarece prezintă greutăți în construcție.

Vitezele maxime de curgere în canalele închise nu trebuie să depășească 8 m/s pentru conducte metalice, din bazalt, beton armat centrifugat și beton precomprimat, și 5 m/s pentru beton simplu, gresie ceramică, PVC și azbociment.

La canalele deschise vitezele maxime admisibile se iau în funcție de felul îmbrăcămintii (tab. 3.8).

TABELA 3.8

Viteze maxime la canale deschise

Îmbrăcămintea canalului	Viteza maximă admisibilă (m/s)
Înierbare	1,00
Brăzduire	1,50
Pereu uscat din piatră	2,50
Pereu din dale de beton	3,50
Pereu din piatră și mortar de ciment	4,00
Zidărie de cărămidă sau de piatră, mortar de ciment, beton sau beton armat prefabricat	5,00

Vitezele minime, pentru toate tipurile de canale, nu trebuie să coboare sub 0,7 m/s, care este viteza de autocurățire; viteze mai mici decît acestea conduc la depunerea substanțelor în suspensie din apele uzate. Dacă pe unele porțiuni nu se poate asigura viteza de autocurățire, se recurge la spălarea artificială a canalelor prin intermediul căminelor de spălare, chiar în sistemul unitar.

În cazul unei variații mari de debit, pentru realizarea vitezei de autocurățire se vor adopta profile cu cunetă la partea inferioară.

Pentru canalele ce transportă ape meteorice, viteza minimă este 0,6 m/s, iar în șanțurile exterioare orașului, necesare îndepărtării apelor meteorice, vitezele minime vor fi cuprinse între 0,25 și 0,40 m/s.

Se recomandă ca vitezele să crească către avalul canalului; la canalele cu dimensiuni mai mari viteza medie este mai mare ca la cele cu dimensiuni mai mici.

Viteza minimă în sifoane este de 1,0 m/s; la debitul de calcul ea trebuie să fie de 1,2—1,5 m/s.

Gradul de umplere în sistemul separativ pentru debitul de calcul al apelor uzate menajere se ia conform tabelei 3.9. În sistemul unitar și în siste-

TABELA 3.9

Grade de umplere în funcție de înălțimea liberă a canalului

Înălțimea liberă a canalului H (mm)	Gradul de umplere h/H
Pînă la 300	0,60
350 — 450	0,70
500 — 900	0,75
peste 900	0,80

mul separativ pentru apele meteorice, gradul de umplere la debitul de calcul (maxim orar) se ia egal cu 1,0.

Forma secțiunii transversale a canalelor se alege în funcție de următoarele considerente:

— condițiile hidraulice de curgere pentru asigurarea vitezei minime necesară autocurățirii;

— eficiența economică;

— natura terenului de fundație;

— spațiile disponibile pentru execuție;

— coordonarea cu alte folosințe (introducerea canalului în interiorul unui tunel vizitabil);

— durata de execuție a canalului.

După natura apelor ce se evacuează, forma secțiunii transversale se recomandă a se alege astfel:

— conform figurilor 3.1—3.16, pentru ape meteorice, ape industriale, ape convențional curate, ape curate;

— conform figurilor 3.1—3.10, pentru ape uzate neepurate și parțial epurate;

— conform figurilor 3.11—3.16, cu aprobarea organelor sanitare, a organelor de gospodărire a apelor și cu avizul consiliilor populare interesate, pentru ape uzate neepurate și parțial epurate.

La alegerea formei secțiunii transversale se vor avea în vedere și recomandările făcute anterior.

Diametrele maxime și minime ale canalelor, în cazul folosirii canalelor cu secțiune circulară, cu nivel liber sînt:

— în sistemul de canalizare unitar — 300 mm;

— în sistemul de canalizare separativ: pentru ape meteorice — 300 mm, iar pentru celelalte ape — 250 mm;

— în incinte — 200 mm.

În cazul folosirii canalelor ovoidale, dimensiunea minimă este de 400/600 mm.

Diametrul circular maxim pentru evacuarea apelor uzate menajere este de 500 mm, iar secțiunea ovoidală maximă 2,0 × 3,0 m; pentru celelalte tipuri de secțiuni, dimensiunile minime și maxime nu sînt încă precizate. Diametrul minim pentru sifoane este de 200 mm.

3.3.6. Particularitățile proiectării rețelelor de canalizare din întreprinderile industriale

Apele uzate industriale au, în majoritatea cazurilor, o compoziție diferită de cele menajere. Cînd au o compoziție apropiată de cele menajere, astfel încît să nu dăuneze proceselor de epurare din stația de epurare, se pot transporta și epura în comun.

Cînd compoziția apelor industriale este diferită de cea a apelor uzate menajere, se amenajează, de la caz la caz, una sau mai multe rețele de canalizare pe teritoriul întreprinderii industriale. Stabilirea numărului de rețele de canalizare se face ținînd seama de:

— cantitatea și calitatea apelor evacuate în rețeaua de canalizare în urma diverselor operații tehnologice efectuate în ateliere, secții etc.;

— influența acestor ape asupra conductelor, exploatării rețelei și epurării lor;

— necesitatea preepurării apelor uzate înaintea evacuării în rețeaua de canalizare.

În majoritatea cazurilor rețeaua de canalizare a întreprinderilor industriale se construiește în sistem separativ.

Cînd apele industriale convențional curate (spre exemplu apele de răcire) îndeplinesc condițiile necesare evacuării în emisar, sînt evacuate prin rețeaua de ape de ploaie. Apele menajere și industriale cu caracter organic sînt evacuate de obicei printr-o rețea comună.

O atenție deosebită trebuie să se dea fiecărui tip de apă uzată industrială; astfel, apele de la distilarea petrolului degajă vapori de produse petrolifere care în combinație cu azotul din aer produc un amestec exploziv, iar suprafața apei poate lua foc ușor, executîndu-se în aceste cazuri închideri speciale hidraulice (la distanțe de 200—300 m); dacă apele uzate degajă gaze rău mirositoare, se prevăd ventilații pe rețea; dacă apele uzate sînt fierbinți rețeaua poate fi așezată chiar în zone de îngheț, economisindu-se prin aceasta cantități importante de săpături (fără a neglija condițiile de rezistență a canalelor).

Ținînd seama de complexitatea proiectării rețelei de canalizare pentru apele uzate industriale, uneori este necesar a se recurge la studii și cercetări înainte de proiectarea ei.

3.3.7. Încrucișarea rețelei de canalizare cu alte rețele edilitare (conducte de apă, gaze, încălzire centrală, cabluri electrice etc.)

La *încrucișarea canalului de ape uzate cu conductele de alimentare cu apă* trebuie respectate următoarele condiții:

— în cazul în care canalul este așezat la o adîncime mai mare decît conducta de apă, pe porțiunea de încrucișare acesta se execută din tuburi metalice (fontă sau oțel), în cazul cînd are un diametru mic, iar dacă are un diametru mijlociu (afară de colectoarele de beton armat turnate pe loc) trebuie așezat într-un masiv de beton; între conducta de alimentare cu apă și canal trebuie să existe o distanță de circa 0,4 m; tuburile de protecție trebuie să aibă o lungime de cel puțin 2,5 m în teren impermeabil și de 5,0 m în teren per-

meabil (tuburile de protecție, de obicei metalice, au diametre mai mari decît canalul, care se introduce în interiorul lor);

— cînd canalul este la același nivel cu conducta de apă, aceasta trece pe deasupra canalului prin curbare, iar canalul se execută respectînd condițiile arătate;

— cînd canalul este situat deasupra conductei de alimentare cu apă (trebuie evitată această amplasare), pe porțiunea de încrucișare acesta se execută, pentru diametre mici, din tuburi metalice introduse într-un tub protector de metal, iar dacă are un diametru mijlociu se introduce într-un masiv de beton (exceptînd colectoarele de beton armat turnate pe loc).

La *încrucișarea canalului de ape uzate cu canalul de ape de ploaie:*

— cînd canalul de ape uzate este așezat deasupra sau dedesubtul canalului de ape de ploaie, trebuie prevăzută, ținînd seama de distanța dintre canale, o amenajare a încrucișării care să evite transmiterea sarcinii unui canal asupra celuilalt;

— cînd canalul de ape uzate este la același nivel cu canalul de ape de ploaie, pe unul dintre acestea se amenajează un cămin de rupere de pantă, ocolind astfel pe celălalt.

La *încrucișarea canalului de ape uzate cu o conductă de gaz* se vor avea în vedere următoarele:

— cînd canalul este așezat deasupra sau dedesubtul conductei de gaz și distanța între ele este mai mică decît 1 m, iar canalul are un diametru mic, acesta se execută din tuburi de fontă și se așază într-un tub metalic de protecție, iar cînd are un diametru mai mare, într-o protecție de beton; lungimea porțiunii de tuburi din fontă și a protecției de beton nu trebuie să fie mai mare de 3 m de o parte și de alta a punctului de încrucișare;

— cînd canalul este la același nivel cu conducta de gaz, aceasta trebuie curbată pe deasupra canalului, respectîndu-se condițiile de execuție arătate.

La *încrucișarea canalului de ape uzate cu conducte de apă caldă sau tunele:*

— conducta de apă caldă poate fi curbată, ocolind canalul;

— canalul poate străpunge tunelul, dacă gabaritul acestuia permite;

— cînd canalul este așezat deasupra sau dedesubtul tunelului, la încrucișarea acestora trebuie evitată transmiterea presiunilor de la unul la celălalt.

La *încrucișarea canalului de ape uzate cu cabluri de înaltă sau joasă tensiune* se va asigura condiția ca aceste cabluri să treacă la peste 0,3 m deasupra canalului.

Distanțele minime între diferite conducte, canale, cabluri subterane etc. sînt indicate în STAS 8591-75.

3.3.8. Dimensionarea rețelei de canalizare

Dimensionarea rețelei în cele două sisteme de canalizare — divizor și unitar — se efectuează conform STAS 1846-77 și 3051-68.

În sistemul divizor — ape uzate succesiunea operațiilor pentru dimensionarea rețelei este următoarea (v. tabela 3.10, *a* și *b*, fig. 3.46 și 3.48, exemplul 3.2):

— trasarea pe planul de situație a schemei și rețelei de canalizare, indicînd în același timp punctele de plecare a diferitelor canale, precum și sensul de curgere;

— delimitarea bazinului fiecărui colector sau canal și stabilirea suprafeței acestuia;

— executarea profilului în lung al terenului pentru canalul ce urmează a fi dimensionat;

— stabilirea adîncimii minime a canalului;

— stabilirea debitelor specifice de calcul în funcție de suprafață (q_{uz}, în dm³/s și ha) sau de lungime (q'_{uz}, în dm³/s și km) cu relațiile:

$$q_{uz} = \frac{0{,}8\, Q_{orar\ max}}{\Sigma S};$$

$$q'_{uz} = \frac{0{,}8\, Q_{orar\ max}}{\Sigma L};$$

în care:

$Q_{orar\ max}$ este stabilit conform STAS 1343-77;

ΣS — suprafața totală a centrului populat sau a zonei de canalizat;

ΣL — lungimea totală a străzilor (respectiv canalelor) din centrul populat sau a zonei de canalizat.

La $Q_{orar\ max}$ se adaugă, cînd este cazul și debitele de apă subterană Q_{sa}.

Debitul de calcul Q_c pe un tronson oarecare rezultă din suma următoare (v. tabela 3.10, *a*):

$$Q_c = Q_{tr} + Q_l + Q_t,$$

în care:

Q_{tr} este cantitatea de apă din amontele tronsonului (debit de tranzit);

Q_l — cantitatea de apă de pe un canal lateral, ce evacuează apele uzate în tronsonul respectiv (debit lateral);

Q_t — cantitatea de apă colectată din bazinul de canalizare aferent tronsonului (debit de tronson).

Debitele Q_{tr}, Q_l, Q_t rezultă fie din înmulțirea $q_{uz} \cdot S$, în care S este suprafața bazinului de canalizare aferent canalului care se dimensionează, fie din înmulțirea $q_{uz} \cdot L$, în care L este lungimea canalului care se dimensionează, proiectantul urmînd a alege modul de lucru (ultimul mod de calcul este indicat a fi aplicat, fiind mai simplu, dacă distribuția evacuărilor este uniformă în lungul străzilor). Debitul de calcul Q_c se înscrie în coloana *3* din tabela 3.10, *b*;

— trasarea pantei, respectiv a crestei canalului pe profilul în lung în conformitate cu recomandările făcute anterior: să urmărească pe cît posibil panta terenului; să respecte adîncimea minimă; în zona stației de epurare canalul să ajungă la suprafața terenului etc.; panta se înscrie în coloana *4*;

— cu ajutorul debitului și pantei, din anexele 1—6 se determină secțiunea, viteza și debitul la plin al canalului, înscriindu-se în coloanele *5*, *6* și *7*;

— se determină apoi, de asemenea, cu ajutorul diagramelor raporturile h/Dn și V_{ef}/V_{pl}, respectiv valorile înălțimii apei în canal și vitezei efective, înscriindu-se în coloanele *8—12*.

Cînd condițiile de viteză minimă și maximă nu sînt îndeplinite, se modifică panta și se reia dimensionarea, construindu-se eventuale cămine de rupere de pantă;

— din înmulțirea pantei I cu lungimea tronsonului L se obține pierderea de sarcină, care se înscrie în coloana *13*;

— se înscriu cotele terenului în coloana *14*;

— cotele radierului în punctele aval ale fiecărui tronson rezultă din scăderea pierderilor de sarcină, din cotele amonte ale radierului (se înscriu în coloana *15*);

— pe profilul în lung se fixează apoi căminele la distanțele menționate anterior, în funcție de dimensiunile canalului;

— se înscriu apoi pe profilul în lung parte din datele rezultate din calcul (v. fig. 3.48);

— în coloanele *16* și *17* se înscrie adîncimea săpăturii, respectiv media ei.

În sistemul divizor — ape meteorice succesiunea operațiilor este următoarea (v. tabela 3.11, fig. 3.47 și 3.49, exemplul 3.3):

— trasarea pe planul de situație a schemei și rețelei de canalizare, indicînd în același timp punctele de plecare a diferitelor canale, precum și sensul de scurgere (prin săgeți);

— delimitarea bazinului fiecărui colector sau canal și stabilirea suprafeței acestuia, datele înscriindu-se în coloanele *2—8*;

— stabilirea coeficientului de scurgere și înscrierea în coloanele *9* și *10* (dacă sînt două zone, ca în exemplu);

— înmulțirea suprafețelor cu coeficientul de scurgere și înscrierea rezultatelor în coloanele *11*, *12* și *13*;

— executarea profilului în lung al terenului pentru canalul care urmează a fi dimensionat;

— stabilirea adîncimii minime a canalului;

— se alege viteza apreciată V_{ap} conform recomandărilor date anterior și se înscrie în coloana *14*;

— se înscrie în coloana *15* lungimea tronsonului de calcul L;

— se determină durata ploii de calcul t cu ecuația (2-3) și se înscrie în coloana *16*; în practică, pentru fiecare tronson se introduce L în ecuația (2-3), se împarte la viteza apreciată și se adaugă la t anterior;

— se determină frecvența;

— se stabilește coeficientul de înmagazinare și se înscrie în coloana *17*;

— cu ajutorul diagramei din STAS 9470-73 se determină intensitatea ploii de calcul, care se înscrie în coloana *18*;

— debitul apelor de ploaie Q_{plc} rezultă din înmulțirea coeficientului de înmagazinare m cu S_r și i; rezultatul se înscrie în coloana *19*;

— trasarea pe profilul în lung a pantei (respectiv radierului canalului) și înscrierea ei în coloana *20*;

— cu ajutorul debitului și pantei din diagramele anexă, se determină secțiunea, debitul și viteza la plin, care se înscriu în coloanele *21—23*;

— se verifică dacă viteza la plin V_{pl} este între limitele $\pm 20\%$ față de V_{ap}; dacă această condiție nu este îndeplinită se reface calculul luînd viteza la plin rezultată drept viteză apreciată;

— se determină pierderea de sarcină din înmulțirea pantei i cu lungimea tronsonului L și rezultatul se înscrie în coloana *24*;

— se înscriu cotele terenului în coloana *25*;

— se înscriu cotele radierului în coloana *26*, rezultate prin scăderea pierderii de sarcină din cotele radierului amonte de punctul de calcul;

— pe profilul în lung se fixează apoi căminele la distanțe corespunzătoare dimensiunilor canalului;

— se înscriu apoi pe profilul în lung parte din datele rezultate din calcul (v. fig. 3.49).

În sistemul unitar succesiunea operațiilor este următoarea (v. tabelul 3.12, figurile 3.50 și 3.51, exemplul 3.4);

— trasarea pe planul de situație a schemei și rețelei de canalizare, indicînd în același timp punctele de plecare a diferitelor canale, precum și sensul de scurgere (prin săgeți);

— stabilirea debitelor apelor uzate Q_c conform indicațiilor anterioare și înscrierea lor în coloana *1*; dacă se lucrează cu q_{uz}, suprafețele se înscriu în coloanele *2—5*;

— delimitarea bazinului fiecărui colector sau canal și stabilirea suprafeței acestora, înscrierea rezultatelor în coloanele *2—5*;

— stabilirea coeficientului de scurgere Φ, înmulțirea lui cu suprafețele pe zone (se obține S_r, suprafața redusă) și înscrierea rezultatelor în coloanele *6* și *7*;

— executarea profilului în lung al terenului, pentru canalul ce trebuie dimensionat;

— se alege viteza apreciată V_{ap} și se înscrie în coloana *8*;

— se înscrie în coloana *9* lungimea tronsonului care trebuie dimensionat;

— se determină durata ploii de calcul cu ecuația (2—3) și se înscrie în coloana *10*;

— se determină frecvența ploii de calcul;

— cu ajutorul diagramelor din STAS 9470-73 se determină intensitatea ploii de calcul și se înscrie în coloana *11*;

— se stabilește coeficientul de înmagazinare;

— debitul apelor de ploaie Q_{plc} rezultă din înmulțirea coeficientului m cu S_r și i, rezultatul înscriindu-se în coloana *12*;

— înscrierea în coloana *13* a debitului total de calcul, $Q_{tot} = Q_c + Q_{plc}$;

— trasarea pe profilul în lung, în conformitate cu recomandările făcute anterior, a pantei (respectiv a radierului canalului) și înscrierea ei în coloana *14*;

— cu ajutorul debitului și pantei, din diagramele din anexe se determină secțiunea, debitul și viteza la plin, care se înscriu în coloanele *15—17*;

— se verifică dacă viteza la plin este între limitele $\pm$ 20% față de V_{ap}; dacă această condiție nu este îndeplinită, se reface calculul cu viteza rezultată;

— se determină cu ajutorul diagramelor și a raportului Q_c/Q_{pl} rapoartele h/Dn, V/V_{pl}, respectiv valorile înălțimii apei în canal și a vitezei efective, înscriindu-se rezultatele în coloanele *18—22*;

— în coloana *23* se înscrie rezultatul înmulțirii pantei cu lungimea, respectiv pierderea de sarcină;

— se înscriu cotele terenului în coloana *24*;

— se înscriu cotele radierului în coloana *25*, rezultate din scăderea pierderii de sarcină din cotele radierului amonte de secțiunea de calcul (pentru racordarea canalelor de diferite diametre, vezi fig. 3.42);

— pe profilul în lung se fixează apoi căminele la distanțele menționate anterior, în funcție de dimensiunile canalului;

— se înscriu apoi pe profilul în lung parte din datele rezultate din calcul (fig. 3.51).

Exemplele de calcul 3.2 și 3.3. Să se dimensioneze rețeaua de canalizare în sistem divizor (rețeaua de apă uzată orășenească exemplul 3.2 și rețeaua de apă meteorică, exemplul 3.3) a localității din planul de situație din figura 3.46 (pentru ape uzate orășenești) și 3.47 (pentru ape meteorice) scara 1:5 000. Se cunosc: numărul locuitorilor peste 25 ani — 25 000; localitatea este împărțită în două zone (zona A: $S = 30{,}71$ ha; zona B: $S = 46{,}19$ ha) cu dotări diferite: 60 % din populație locuiește în zona A și 40 % în zona B, categoria zonelor de clădiri de locuit conform cu STAS 1343-77 este pentru: zona A=3; zona B = 4 (încălzire cu gaze sau electrică); subsolul clădirilor nu coboară sub 1,20 m sub nivelul terenului; distanța de la recipiente și pînă la fațada clădirii este de 20—50 m; natura suprafețelor din intravilanul orașului se împarte în: clădiri învelite cu țiglă — zona A — 20 %, zona B — 15 %; terase asfaltate — zona A — 15 %, zona B — 5 %; pavaje din piatră — zona A — 5 %, zona B — 10 %, drumuri împietruite — zona A — 20 %, zona B — 20 %; curți nepavate — zona A — 40 %, zona B — 50 %. Din punctul de vedere al precipitațiilor, conform STAS 9470-73, localitatea se găsește în zona 8.

Din rețea se va dimensiona numai colectorul A, B, ... SE, R, pentru ape uzate și A', B' ... F', R', pentru ape meteorice.

● *Exemplul 3.2.* (v. fig. 3.46 și 3.48). *Calculul cantității de apă uzată*, evacuată se face folosind tabela 1 din STAS 1343-77; se determină numai debitul maxim orar deoarece la 0,8 din acesta se dimensionează rețeaua de canalizare.

Rezultă: $Q_{0\,max} = K_0 Q_{zi}/24$, unde $K_0 = 1{,}3$ (v. STAS 1343/1-77); pentru *zona A*: $Q_{0\,max\,A} = 1{,}3 \times 180/24 = 9{,}75$ dm³/om oră; pentru *zona B*: $Q_{0\,max\,B} = 1{,}3 \times 280/24 = 15{,}16$ dm³/om oră.

Conform STAS 1343/1-77: $Q_u = 0{,}8\,Q_{0\,max}$; pentru *zona A*: $Q_{u\,A} = 0{,}8 \cdot 9{,}75 = 7{,}8$ dm³/om oră; pentru *zona B*: $Q_{uB} = 0{,}8 \cdot 15{,}16 = 12{,}13$ dm³/om oră.

Cantitatea totală de apă evacuată: pentru *zona A*: $Q_{t\,A} = 15\,000 \times 7{,}8/3\,600 = 32{,}5$ dm³/s; pentru *zona B*: $Q_{t\,B} = 10\,000 \times 12{,}13/3\,600 = 33{,}7$ dm³/s. Debitele specifice pe zone: pentru *zona A*: $q_{uz\,A} = 32{,}50/30{,}72 = 1{,}05$ dm³/s și ha; pentru *zona B*: $q_{uz\,B} = 37{,}5/44 = 0{,}76$ dm³/s și ha.

Trasarea rețelei de canalizare și delimitarea bazinelor de canalizare este arătată în figura 3.46.

În tabela 3.10, a, s-au înscris datele privind suprafața bazinelor de canalizare aferente colectorului dimensionat, precum și debitele respective.

În tabela 3.10, b, s-au înscris datele necesare și rezultatele dimensionării canalului A, B, ... SE, R.

În figura 3.48, conform datelor de calcul, se arată profilul în lung al canalului dimensionat.

● *Exemplul 3.3.* (v. fig. 3.47 și 3.49). Stabilirea *coeficientului de scurgere* Φ se face folosind datele din STAS 1846-77: în *zona A*: $\Phi_{mediu\,A} = 0{,}2 \times 0{,}95 + 0{,}15 \times 0{,}85 + 0{,}05 \times 0{,}7 + 0{,}2 \times 0{,}2 + 0{,}4 \times 0{,}20 = 0{,}49$; în *zona B*: $\Phi_{mediu\,B} = 0{,}15 \times 0{,}95 + 0{,}05 \times 0{,}85 + 0{,}1 \times \times 0{,}6 + 0{,}2 \times 0{,}2 + 0{,}5 \times 0{,}25 = 0{,}31$.

Conform STAS 1846-77 frecvența normată a precipitațiilor pentru zona A este 1/1, pentru zona B 2/1; se ia pentru întreaga localitate 1/1.

În părțile amonte ale rețelei există posibilitatea ca debitul apelor de ploaie să fie transportat pe *rigole*. Presupunînd o rigolă cu secțiunea din figura 3.17, rezultă: $A = (1{,}0 + 0{,}2) \times 0{,}2/2 = 0{,}072$ m²; $R = A/P = 0{,}072/0{,}12 = 0{,}064$; $R^{2/3} = 0{,}16$; panta medie conform planului de situație este: $I = 0{,}025$; $\sqrt{I} = 0{,}16$; debitul unei rigole este: $Q = A \cdot K \cdot R^{2/3} \times I^{1/2} = 0{,}072 \times \times 50 \times 0{,}16 \times 0{,}16 = 0{,}092$ m³/s; din tabela 3.11, rezultă că pe tronsoanele $A'B'$ și $B'C'$, debite de 76, respectiv 148 dm³/s pot fi transportate pe două rigole; pe tronsonul următor apa de ploaie colectată trebuie transportată cu un canal închis.

În *tabela 3.11* se arată modul de dimensionare a canalului $A'B'$ ... R'.

În *figura 3.49*, conform datelor de calcul se arată profilul în lung al canalului dimensionat.

Exemplul de calcul 3.4 (v. fig. 3.50 și 3.51). Să se dimensioneze un canal colector din rețeaua de canalizare a localității de șes din planul de situație anexat, scara 1 : 5 000; în acest scop se dau următoarele date: numărul locuitorilor peste 25 ani — 50 000; localitatea este împărțită în două zone (zona A: $S_A = 49{,}9$ ha; zona B: $S_B = 68{,}4$ ha) cu dotări diferite: 60 % din populație locuiește în zona A și 40 % în zona B.

Categoria zonelor de clădiri de locuit, în conformitate cu STAS 1343-77 este pentru: zona A — 3; zona B — 4 (încălzite cu lemne sau cărbuni).

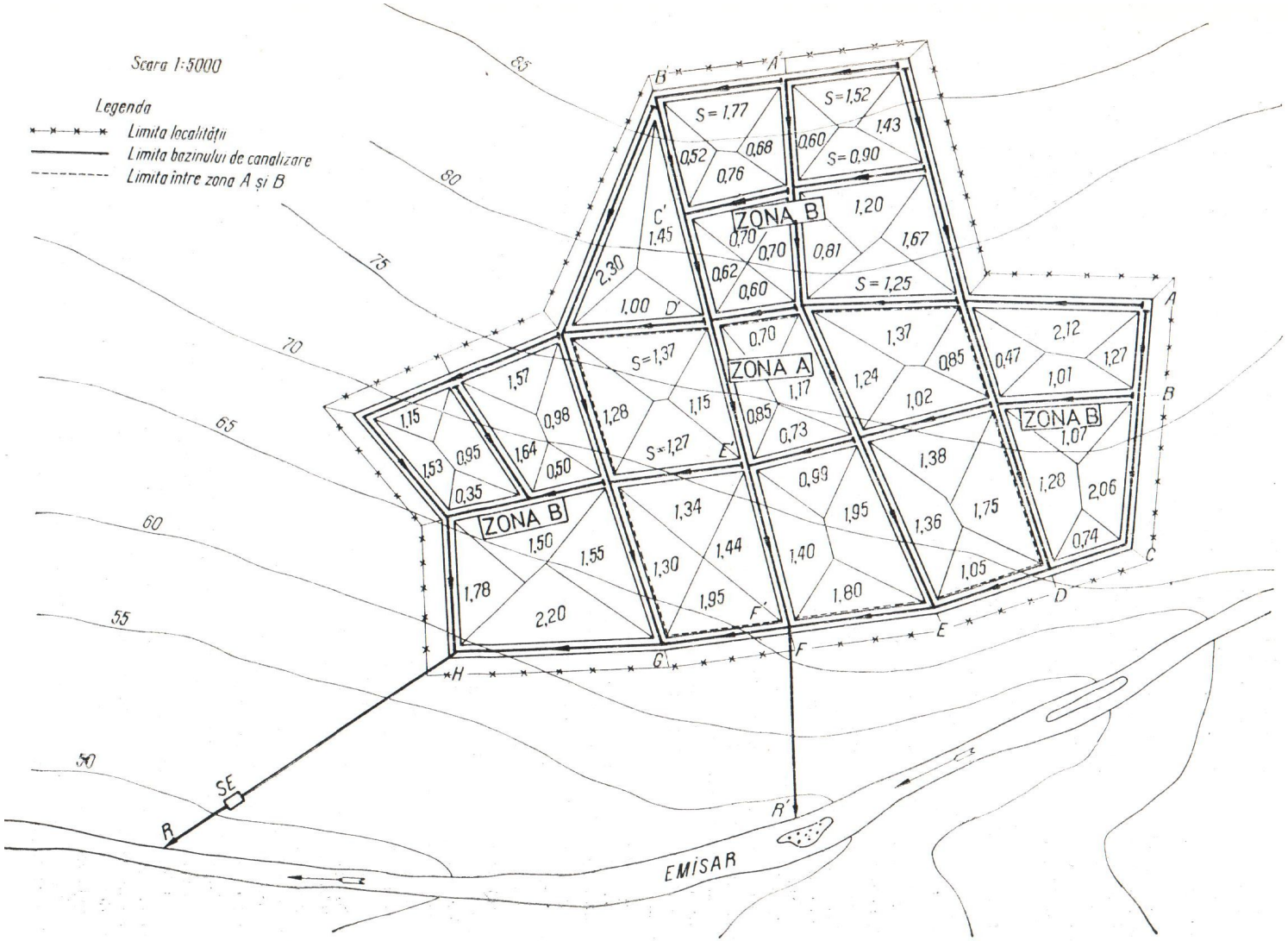


Fig. 3.46. Plan de situație cu schema rețelei de canalizare în sistem divizor — ape uzate.

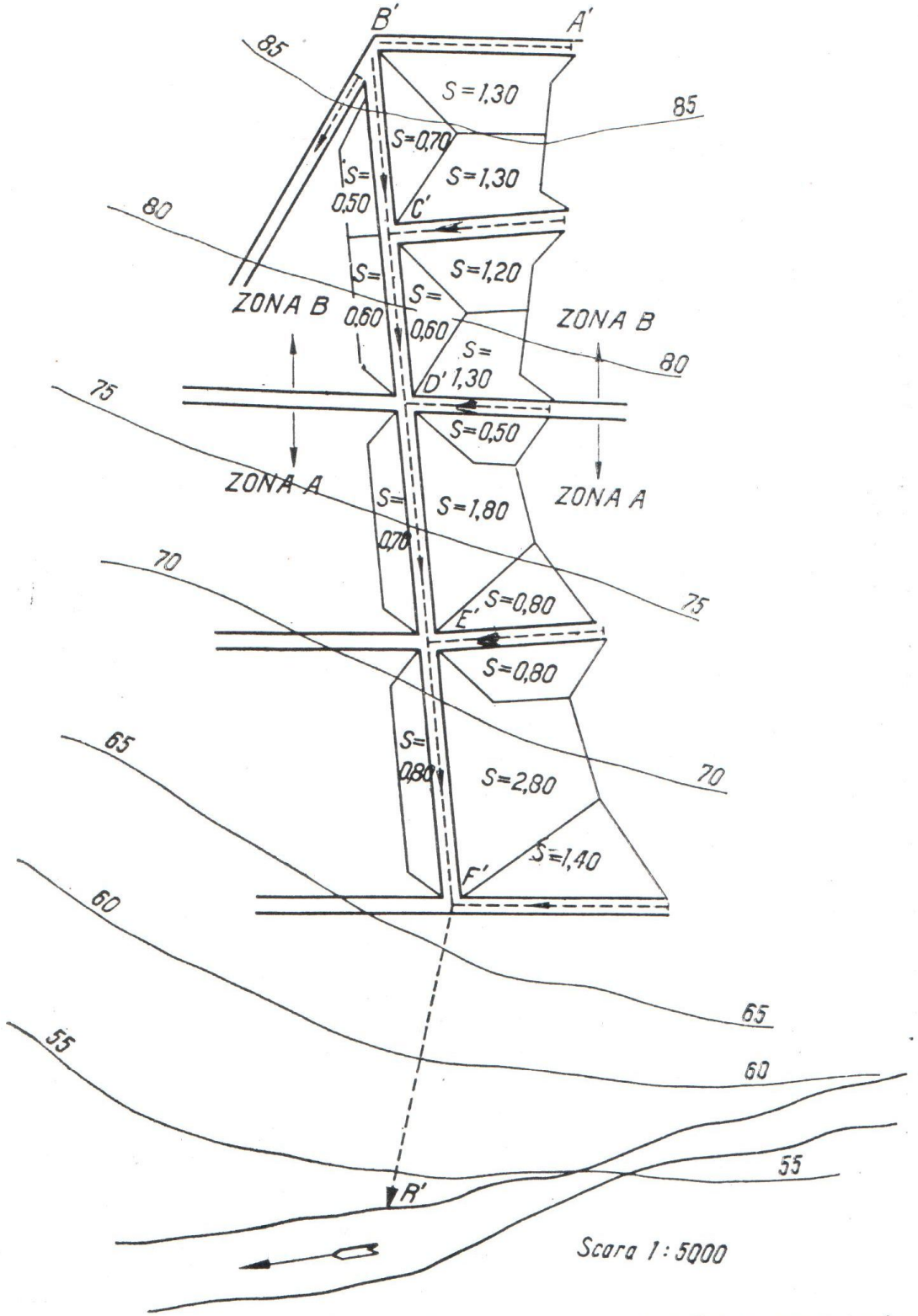


Fig. 3.47. Plan de situație cu schema rețelei de canalizare în sistem divizor—ape meteorice.

Tabel centralizator al suprafețelor și debitelor. Colector A, B, ... SE, R.
(Sistem divizor – ape uzate)

TABELA 3.10, a

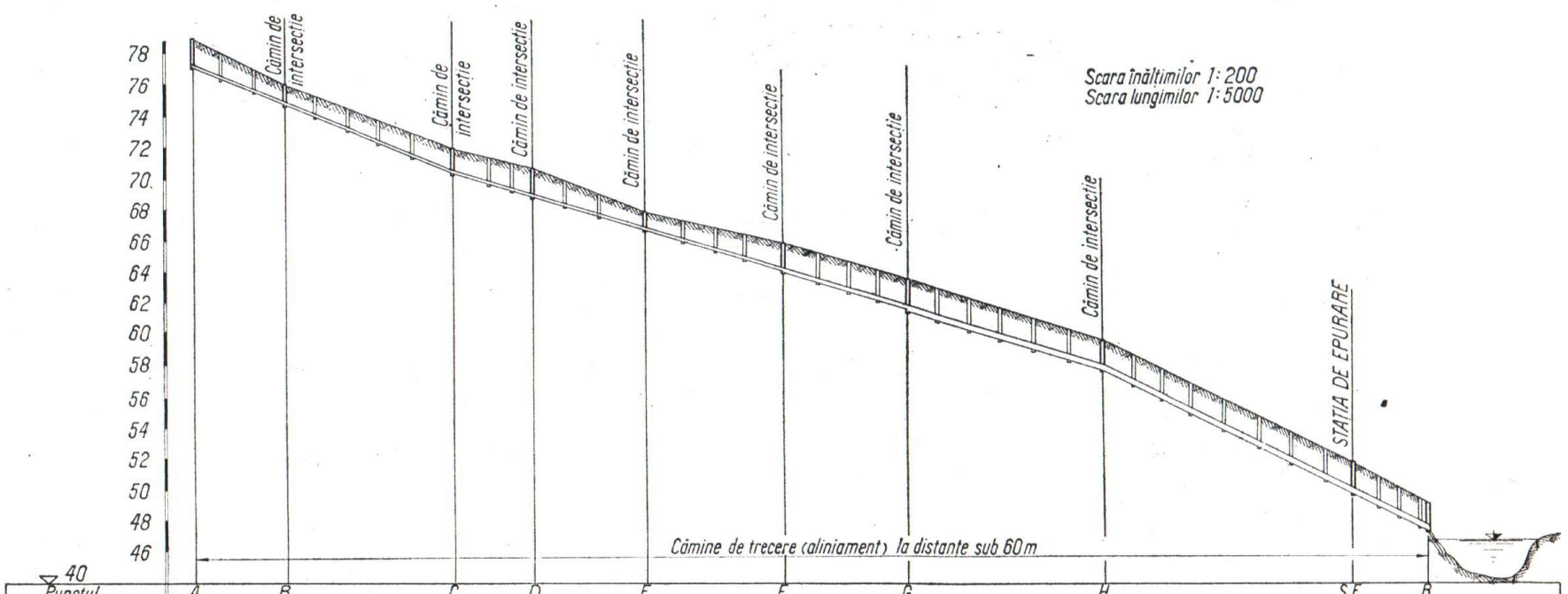
TRONSON	Suprafața (ha)								q_{uz} (dm³/s și ha.)		q_{cz} (dm³/s)		Q_c (dm³/s)
	Tranzit		Lateral		Tronson		Total						
	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A + B
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
A B	—	—	—	—	—	1,27	—	1,27	1,05	0,76	—	0,96	0,96
B C	—	1,27	—	—	—	2,06	—	3,33	1,05	0,76	—	2,53	2,53
C D	—	3,33	—	—	—	0,74	—	4,07	1,05	0,76	—	3,09	3,09
D E	—	4,07	2,60	9,05	1,05	—	3,65	13,12	1,05	0,76	3,83	9,97	13,80
E F	3,60	13,12	9,49	7,66	1,80	—	14,94	20,78	1,05	0,76	15,68	15,79	31,47
F G	14,94	20,78	7,26	6,41	1,95	—	24,15	27,19	1,05	0,76	25,35	20,66	46,01
G H	24,15	27,19	6,56	5,83	—	2,20	30,71	35,22	1,05	0,76	32,24	26,76	59,00
H SE	—	—	—	—	—	—	30,71	46,19	—	0,76	32,24	35,10	67,34
SE R	—	—	—	—	—	—	30,71	46,19	—	—	32,24	35,10	67,34

TABELA 3.10, b

Tabel de calcul — colector A, B ... SE, R.
(Sistem divizor — ape uzate)

Porţiunea de calcul	Lungime tronson L (m)	Debitul de calcul Q_c (dm³/s)	Panta I	Secţiunea (cm)	Viteza la secţiunea plină (m/s)	Debitul la plin (dm³/s)	GRAD DE UMPLERE					Pierderea de sarcină $I.L$	COTE		Adîncime săpătură	Săpătură H_{mediu}
							$\frac{Q_c}{Q_{pl}}$	$\frac{V_{ef}}{V_{pl}}$	h (cm)	V_{ef} (m/s)	$\frac{h}{Dn}$		Teren	(+) Radier		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
$A-B$	150	0,96	0,015	25	1,45	70	0,013	0,33	2,0	0,47	0,08	2,25	78,50 76,00	77,00 74,75	1,50 1,25	1,37
$B-C$	275	2,53	0,015	25	1,45	70	0,036	0,45	3,5	0,65	0,14	4,12	76,00 72,20	74,75 70,63	1,25 1,57	1,41
$C-D$	125	3,09	0,012	25	1,22	55	0,056	0,51	4,5	0,62	0,18	1,50	72,20 70,70	70,63 69,13	1,57 1,57	1,57
$D-E$	185	13,80	0,012	25	1,22	55	0,250	0,75	8,5	0,91	0,34	2,20	70,70 68,15	69,13 66,93	1,57 1,22	1,39
$E-F$	225	31,47	0,012	25	1,22	55	0,570	1,04	13,5	1,26	0,54	2,70	68,15 66,00	66,93 64,23	1,22 1,77	1,49
$F-G$	200	46,01	0,012	30	1,40	100	0,460	0,95	13,8	1,33	0,46	2,40	66,00 63,50	64,13 61,73	1,87 1,77	1,82
$G-H$	325	59,00	0,012	40	1,60	220	0,268	0,78	13,6	1,25	0,34	3,90	63,50 59,50	61,63 57,73	1,87 1,77	1,82
$H-SE$	400	67,34	0,020	40	2,20	275	0,240	0,73	12,8	1,60	0,32	8,00	59,50 51,50	57,73 49,73	1,77 1,77	1,77
$SE-R$	125	67,34	0,020	40	2,20	275	0,240	0,73	12,8	1,60	0,32	2,50	51,50 49,00	49,73 47,23	1,77 1,77	1,77

(+) Racordul la creastă



Punctul	A	B	C	D	E	F	G	H	S.E	R
Cote teren	78,50	76,00	72,20	70,70	68,15	66,00	63,50	59,50	51,50	49,00
Cote radier	77,00	74,75	70,63	69,13	66,93	64,23	64,13 / 61,73	61,63	57,73	49,73 / 47,23
Cote săpătură	76,90	74,65	70,53	69,03	66,83	64,13	64,03 / 61,63	61,53	57,63	49,63 / 47,13
H mediu săpătură (m)	1,37	1,41	1,57	1,39	1,49	1,82	1,82	1,77	1,77	
Distante partiale (m)	150	275	125	185	225	200	325	400	125	
Distante cumulate (m)	0	150	425	550	735	960	1160	1485	2285	2410
Pante și viteze efective (m/s)	V_{ef}=0,65 i=0,015	V_{ef}=0,84 i=0,015	V_{ef}=0,80 i=0,012	V_{ef}=1,15 i=0,012	V_{ef}=1,44 i=0,012	V_{ef}=1,52 i=0,012	V_{ef}=1,60 i=0,012	V_{ef}=2,08 i=0,020	V_{ef}=2,08 i=0,020	
Schema în plan diametre (cm)	Dn=25	Dn=25	Dn=25	Dn=25	Dn=25	Dn=30	Dn=40	Dn=40	Dn=40	

Fig. 3.48. Profilul în lung prin colectorul dimensionat, în sistem divizor — ape uzate.

TABELA 3.11

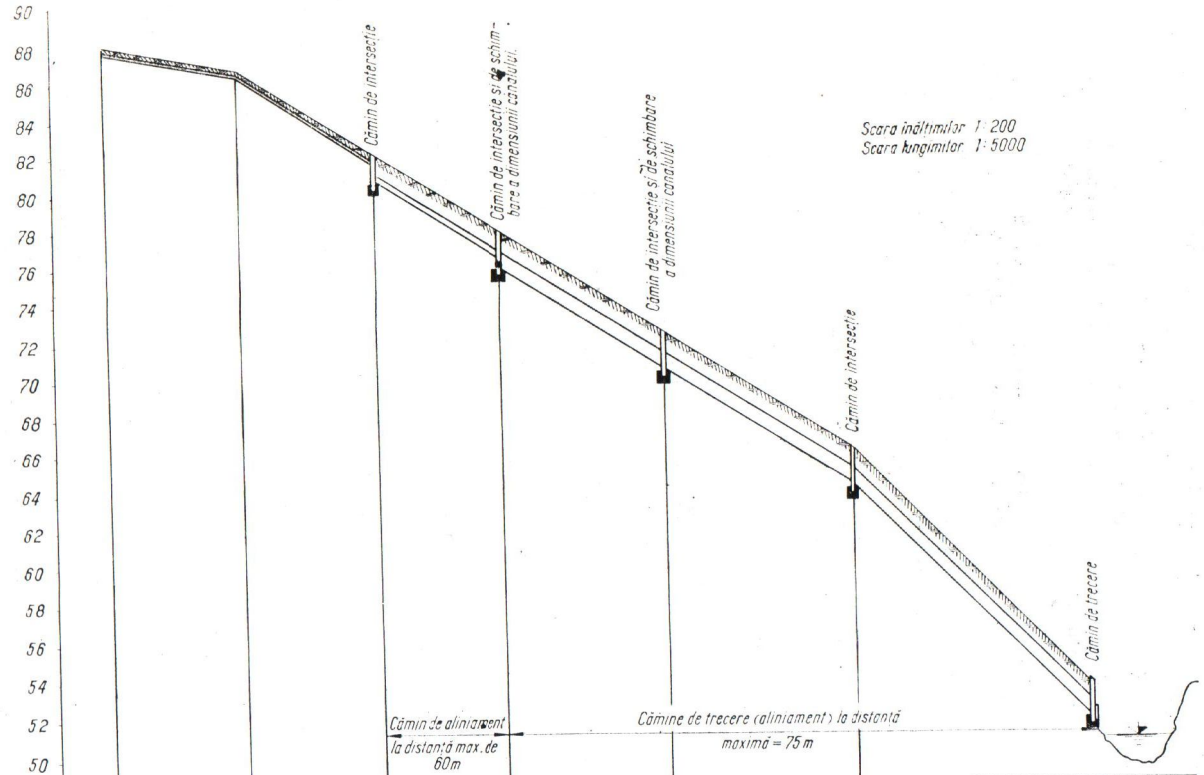
Tabelul de calcul colector A'-B' ... F'-R
(Sistem divizor – ape meteorice)

Tronson	Suprafața								Φ		Suprafața redusă $S_t \times \Phi$ (ha)		Suprafața totală redusă S_t (ha)	Viteza apreciată V_{ap}(m/s)	Lungimea tronsonului (m)
	Tranzit		Lateral		Tronson		Total (S_t)								
	A	*B*	*A*	*B*	*A*	*B*	*A*	*B*	*A*	*B*	*A*	*B*			
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
A' *B'*	—	—	—	—	—	1,30	—	1,30	0,49	0,31	—	0,40	0,40	1,3	180
B' *C'*	—	1,30	—	—	—	1,20	—	2,50	0,49	0,31	—	0,78	0,78	1,3	180
C' *D'*	—	2,50	—	2,50	—	1,20	—	6,20	0,49	0,31	—	1,92	1,92	2,2	170
D' *E'*	—	6,20	0,50	1,30	2,50	—	3,00	7,50	0,49	0,31	1,47	2,33	3,80	1,2	220
E' *F'*	3,00	7,50	1,60	—	3,60	—	8,20	7,50	0,49	0,31	4,02	2,33	6,35	1,2	250
F' *R'*	8,20	7,50	1,40	—	—	—	9,60	7,50	0,49	0,31	4,70	2,33	7,02	—	300

TABELA 3.11 (continuare)

Durata ploii de calcul $t = t_{cs} + \frac{L}{V_{ap}}$ (min)	Coeficient de înmagazinare (m)	Intensitatea i (dm³/s · ha) (a)	Debitul $Q = S_t \cdot m \cdot i$ (dm³/s)	Panta I	Secțiunea (cm)	Debitul la plin Q_{pl} (dm³/s)	Viteza la plin V_{pl} (m/s)	Pierderea de sarcină $I \cdot L$ (m)	Cote		Obs.
									Teren	Radier (d)	
16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27
$t = 5 + \frac{180}{1{,}3 \times 60} = 7{,}3$ $\boxed{10{,}00}$ (b)	—	190	76	0,005	(c)	76	0,53	1,00	88,00 87,00	87,80 86,80	Rigole
$7{,}3 + \frac{180}{1{,}3 \times 60} = 9{,}6$ $\boxed{10{,}00}$ (b)	—	190	148	0,025	(c)	148	1,03	5,00	87,00 82,00	86,80 81,80	Rigole
$9{,}6 + \frac{170}{2{,}2 \times 60} = 10{,}88$ $\boxed{10{,}88}$	0,8	180	277	0,025	40	320	2,50	4,25	82,00 78,00	80,60 76,35	
$10{,}88 + \frac{220}{1{,}2 \times 60} = 13{,}94$ $\boxed{13{,}94}$	0,8	160	486	0,025	60/90	480	1,15	5,50	78,00 72,00	75,85 70,35	
$13{,}94 + \frac{250}{1{,}2 \times 60} = 17{,}40$ $\boxed{17{,}40}$	0,8	140	711	0,025	70/105	720	1,30	6,25	72,00 66,00	70,20 63,95	
17,40 $\boxed{17{,}40}$	0,8	140	786	0,040	70/105	900	1,60	12,00	66,00 54,00	63,95 51,95	

(a) — Intensitatea a fost stabilită conform STAS 9470-73, pentru zona 8, frecvența 1/1.
(b) — Conform STAS 1846-77, dacă $t < 10'$ pentru orașe de deal, durata ploii se ia de minimum 10'
(c) — Rigolă, ale cărei dimensiuni sînt date.
(d) — Acoperire minimă, peste creasta canalului, 1,0 m.



Punctul	A'	B'	C'	D'	E'	F'	R'
Cote teren	88,00	87,00	82,00	78,00	72,00	66,00	54,00
Cote radier	87,80	86,80	81,80 / 80,60	76,35 / 75,85	70,35 / 70,20	63,95 / 63,95	51,95
Cota săpătură	87,70	86,70	81,70 / 80,50	76,25 / 75,75	70,25 / 70,10	63,85 / 63,85	51,85
Adîncimea medie a săpăturii (m)		0,30	0,30	1,02	2,00	2,02	2,15
Distanțe parțiale		180	180	170	220	250	300
Distanțe cumulate		180	360	530	750	1000	1300
Pante și viteze la plin (m/s)		$V_{pl}=0,53$ $i=0,005$	$V_{pl}=1,03$ $i=0,025$	$V_{pl}=2,50$ $i=0,025$	$V_{pl}=1,15$ $i=0,025$	$V_{pl}=1,30$ $i=0,025$	$V_{pl}=1,60$ $i=0,040$
Schema în plan (diametre – mm)		Rigole	Rigole	Dn = 40	Ovoid 60/90	Ovoid 70/105	Ovoid 70/105

Fig. 3.49. Profilul în lung prin colectorul dimensionat, în sistem divizor — ape meteorice.

Natura suprafețelor din intravilanul orașului se împarte după cum urmează: clădiri învelite cu tablă, zona A — 10 %, zona B — 15 %; străzi asfaltate, zona A — 15 %, zona B — 5 %; pavaj din piatră, zona A — 5 %, zona B — 10 %; curți nepavate, zona A — 20 %, zona B — 20 %; scuaruri, grădini, zona A — 40 %, zona B — 50 %.

Subsolul clădirilor nu coboară sub 1,30 m de la nivelul terenului; distanța de la recipienți și pînă la fațada clădirii este de circa 10 m. Conform STAS 9470-73, localitatea se găsește în zona 9 (din punctul de vedere al precipitațiilor).

Calculul coeficientului de scurgere Φ se face luînd în considerare datele din STAS 1846-77;
zona A: $\Phi_{med\ A} = 0,1 \times 0,95 + 0,15 \times 0,85 + 0,05 \times 0,6 + 0,2 \times 0,2 + 0,4 \times 0,2 = 0,3725$;
zona B: $\Phi_{med\ B} = 0,15 \times 0,95 + 0,05 \times 0,85 + 0,1 \times 0,6 + 0,2 \times 0,2 + 0,5 \times 0,20 = 0,385$.

Calculul cantității de apă uzată evacuată se face folosind tabelele din STAS 1343-77; pentru dimensionarea rețelei se consideră: $0,8 \times Q_{0max}$.

Pentru zona A, numărul de locuitori este de 30 000; $K_0 = 1,2$; $Q_{u\ zi\ max} = 180$ dm³/om.zi.

$$Q_{0\ max\ A} = \frac{K_0\, Q_{u\ zi\ max}}{24} = \frac{1,2 \times 180}{24} = 9 \text{ dm}^3\text{/om oră};$$

$$Q_{uA} = 0,8 \cdot Q_{0max} = 7,2 \text{ dm}^3\text{/om oră};$$

$$Q_{u\ total\ A} = \frac{7,2 \times 30\,000}{3\,600} = 60 \text{ dm}^3\text{/s}.$$

Pentru zona B, numărul de locuitori este de 20 000; $Q_{u\ zi\ max} = 235$ dm³/om zi.

$$Q_{0\ max\ B} = \frac{1,2 \times 235}{24} = 11,75 \text{ dm}^3\text{/om oră};$$

$$Q_{uB} = 0,8 \times 11,75 = 9,4 \text{ dm}^3\text{/om oră};$$

$$Q_{u\ total\ B} = \frac{9,4 \times 20\,000}{3\,600} = 52,2 \text{ dm}^3\text{/s}.$$

Calculul debitelor specifice pe zone

$$\text{Zona } A\ q_{sA} = \frac{60}{49,9} = 1,202 \text{ dm}^3\text{/s și ha};$$

$$\text{Zona } B\ q_{sB} = \frac{52,2}{68,4} = 0,763 \text{ dm}^3\text{/s și ha}.$$

Trasarea rețelei de canalizare și delimitarea bazinelor de canalizare sînt arătate în figura 3.50.

În tabela 3.12 s-au înscris datele necesare precum și rezultatele corespunzătoare dimensionării colectorului *A, B ... SE, R*. Conform STAS 1846-77, $f = 1$.

În figura 3.51, conform datelor de calcul, se arată profilul în lung al canalului dimensionat.

Se menționează că în punctul D_v imediat aval de *F*, s-a prevăzut un deversor care conduce spre stația de epurare un debit de $2\ Q_{0\ max}$; restul debitului este evacuat în emisar.

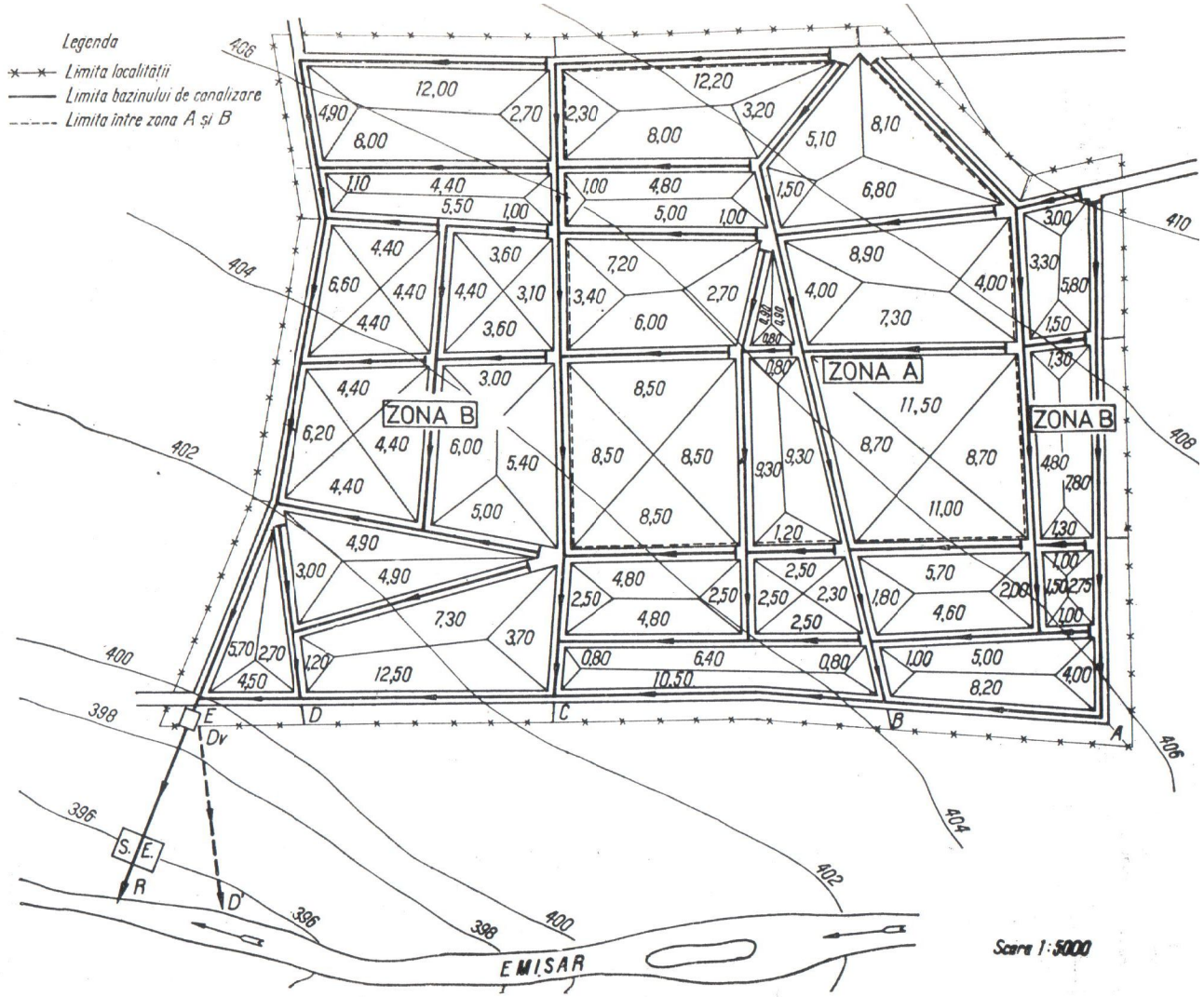


Fig. 3.50. Planul de situație cu schema rețelei de canalizare, în sistem unitar.

Porțiuni de canal	Q_c (dm³/s)	Suprafața ha (Zona A / Zona B)					
		Tranzit	Lateral	Tronson	Total	Suprafața redusă pe zone	Suprafața redusă total S_r
0	1	2	3	4	5	6	7
A	5,40	—	—	—	—	—	2,74
B		—	5,08	2,05	7,13	2,74	
B	45,63	—	25	—	25	9,3	17,16
C		7,13	10,67	2,62	20,42	7,86	
C	86,40	25	24,9	—	49,9	18,56	31,89
D		20,42	11,1	3,12	34,64	13,13	
D	90,90	49,9	—	—	49,9	18,56	34,16
E		34,64	4,77	1,12	40,53	15,60	
E	112,20	49,90	—	—	49,9	18,56	44,87
Dv		40,53	27,82	—	68,35	26,31	
Dv	112,20	—	—	—	—	—	—
SE							
SE	112,20	—	—	—	—	—	—
R							

(a) Conform STAS 1846-77 dacă *t* este mai mic decît 15′ pentru orașe de la șes se ia intensitatea corespunzătoare la 15′.

A.B. ... E, Dv, SE, R.
unitar)

V_{ef} (m/s) / (m/min)	L (m)	t (min)	i (dm³/s·ha) (b)	$Q_{pl.c} = m\, S_r \cdot i$ (dm³/s) (c)	$Q_{tot} = Q_c + Q_{pl \cdot c}$ (dm³/s)	I
8	9	10	11	12	13	14
1,4 / 84	325	$9 + \frac{325}{84} = 8{,}86 = \boxed{15'}$ (a)	140	306,88	312,28	0,0046
2,0 / 120	475	$8{,}86 + \frac{475}{120} = 12{,}8 = \boxed{15'}$	140	1921,92	1967,55	0,0042
2,4 / 144	375	$12{,}8 + \frac{375}{144} = \boxed{15{,}4'}$	136	3469,63	3556,03	0,0042
2,0 / 120	150	$15{,}4 + \frac{150}{120} = \boxed{16{,}65'}$	130	3552,64	3643,54	0,0042
2,8 / 168	10	$16{,}65 + \frac{10}{168} = \boxed{16{,}70'}$	130	4666,48	4778,68	0,007
—	215	—	—	—	224,40	0,007
—	75	—	—	—	224,40	0,007

(b) Intensitatea s-a stabilit conform STAS 9470-73 pentru zona 9, frecvența 1/1.
(c) — Conform STAS 1846-77, deoarece $t < 40$ min, $m = 0{,}8$

Secțiunea (cm)	V_{pl} (m/s)	Q_{pl} (dm³/s)	Gradul de umplere				
			$\frac{Q_c}{Q_{pl}}$	$\frac{h}{Dn}$	$\frac{V_{ef}}{V_{pl}}$	h (cm)	V_{ef} (m/s)
15	16	17	18	19	20	21	22
50	1,28	250	0,021	0,10	0,40	5,0	0,51
$\frac{100}{150}$	2,1	2350	0,023	0,10	0,45	15,0	0,94
$\frac{120}{180}$	2,4	4000	0,022	0,10	0,45	18,0	1,08
$\frac{120}{180}$	2,4	4000	0,022	0,11	0,46	19,8	1,10
$\frac{120}{180}$	3,1	5000	0,022	0,11	0,46	19,8	1,42
50	1,5	300	0,75	0,63	1,08	31,5	1,62
50	1,5	300	0,75	0,63	1,08	31,5	1,62

TABELA 3.12 (continuare)

Pierderea de sarcină $I \cdot L$	Cote		Adîncime săpătură (m)	Adîncime medie săpătură (m)
	Teren (m)	Radier (m)		
23	24	25	26	27
1,5	405,75 404,75	403,85 402,35	1,90 2,40	2,15
2,0	404,75 402,25	401,25 399,25	3,50 3,00	3,25
1,57	402,25 400,60	398,85 397,28	3,40 3,32	3,36
0,63	400,60 400,00	397,28 396,65	3,32 3,35	3,34
0,07	400,00 399,80	396,65 396,58	3,35 3,22	3,28
1,5	399,80 396,00	396,58 395,08	3,22 0,92	2,07
0,525	396,00 395,00	394,08 393,55	1,92 1,45	1,68

Observații: De la *A* la *Dv* racordarea canalului s-a făcut la creastă, iar de la *Dv* la *R*, la radier.

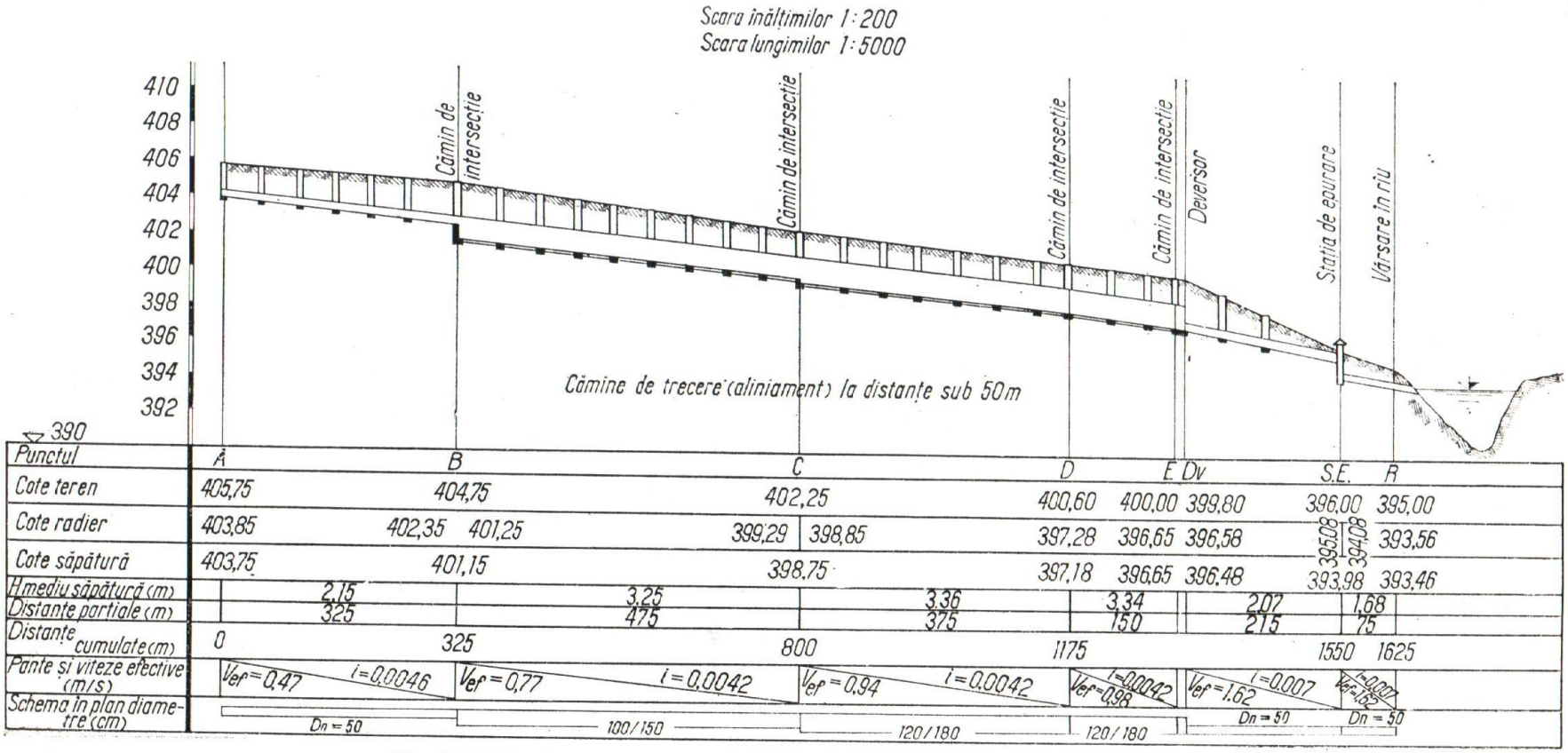


Fig. 3.51. Profilul în lung prin colectorul dimensionat, în sistem unitar.

Capitolul 4

CONSTRUCȚII ANEXĂ PE REȚEAUA DE CANALIZARE

Pentru întreținere, precum și pentru buna funcționare a rețelei de canalizare, se execută o serie de construcții anexă, ca de exemplu: cămine de vizitare, de rupere de pantă, de intersecție, guri de scurgere, deversoare, guri de descărcare, sifoane, bazine de retenție etc.

4.1. CĂMINE

Căminele sînt de mai multe categorii: cămine de vizitare (de racord), de trecere-aliniament, de intersecție, de schimbare a direcției, de schimbare a dimensiunilor, de schimbare a pantei, cămine de rupere de pantă și cămine de spălare.

4.1.1. Cămine de vizitare

Conform STAS 3051-68, căminele de vizitare se prevăd:

la canalele nevizitabile (cu înălțimea profilului sub 800 mm):

— în aliniament, la distanță maximă de 60 m;

— în punctele de schimbare a dimensiunilor;

— în punctele de schimbare a pantei;

— în punctele de schimbare a direcției;

— în punctele de descărcare a canalelor colectoare nevizitabile, în alte canale colectoare;

— în punctele de intersecție a canalului avînd lățimea pînă la 500 mm;

la canalele semivizitabile (cu înălțimea profilului de 800—1 500 mm; în aliniament, la distanță maximă de 75 m;

la canalele vizitabile (cu înălțimea profilului peste 1 500 mm); în aliniament, la distanță maximă de 150 m;

la toate categoriile de canale:

— în punctele în care apele de canalizare necesită control calitativ din partea organelor de exploatare;

— în punctele de racord pentru canale de racord a căror secțiune este mai mare de 0,12 m^2;

— în punctele de racord pentru canale de racord care evacuează debite mai mari de 100 dm^3/s.

Datele de proiectare și execuție pentru căminele de racord, de trecere (aliniament) și de control a apelor, precum și pentru căminele de intersecție folosite numai pentru canale nevizitabile sînt indicate în STAS 2448-73. Căminele pentru schimbarea direcției, a dimensiunilor și a pantei au o construcție similară celor de racord și trecere.

Schimbarea dimensiunilor, precum și intersecția canalelor semivizitabile și vizitabile se fac în camere de schimbarea dimensiunilor, respectiv camere de intersecție vizitabile (v. STAS 3051-68).

Schimbarea direcției la canale a căror lățime B depășește 1 000 mm se face prin curbarea traseului canalului într-un cămin de schimbarea direcției; raza de curbură se ia 5—10 B (v. STAS 3051-68).

Față de secțiunea transversală a canalelor, căminele de vizitare se amplasează suprapuse acesteia sau lateral.

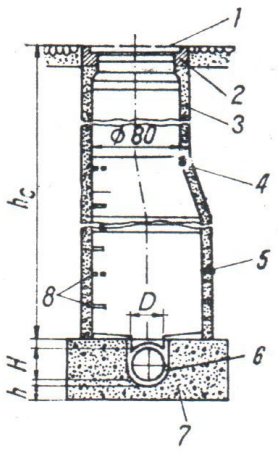


Fig. 4.1. Cămin de vizitare alcătuit din tuburi de beton cu piesă tronconică între camera de lucru și coșul de acces:

1 — capac cu ramă din beton armat sau din fontă; *2* — beton simplu monolit sau piese prefabricate; *3* — tuburi din beton B 250; *4* — piesă tronconică din beton B 250; *5* — mortar de ciment M 100; *6* — tencuială cu mortar de ciment M 100; *7* — fundație; *8* — trepte de acces (sau scări) din oțel-beton.

Amplasarea căminelor de vizitare *suprapuse* secțiunii transversale a canalelor se face prin:

— includerea secțiunii transversale a canalelor în cămine, în cazul în care dimensiunea orizontală maximă a secțiunii canalelor este sub 0,1 m;

— amplasarea căminelor de vizitare tangent, interior, la secțiunea transversală a canalelor.

Amplasarea căminelor de vizitare *lateral* canalelor se poate realiza dacă înălțimea canalelor la care se face accesul este mai mare de 1,8 m, prevăzîndu-se în acest caz de la căminele de vizitare la canale o galerie de legătură avînd următoarele dimensiuni: lățimea 1,0 m și înălțimea minimă 1,8 m.

Dimensiunile, forma și materialele care alcătuiesc ansamblul căminelor de vizitare sînt conform STAS 2448-73 executate din:

— tuburi de beton cu piesă tronconică între camera de lucru și coșul de acces (fig. 4.1.);

— tuburi de beton cu mufă, cu placă între camera de lucru și coșul de acces (fig. 4.2.);

— zidărie de cărămidă (fig. 4.3.).

Dacă adîncimea *h* a căminului de vizitare este sub 2,0 m, se poate renunța la camera de lucru.

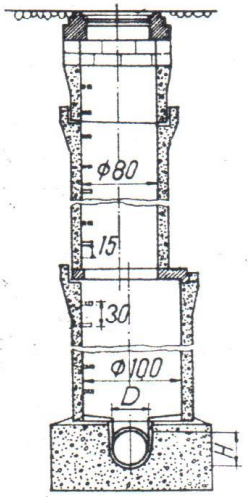
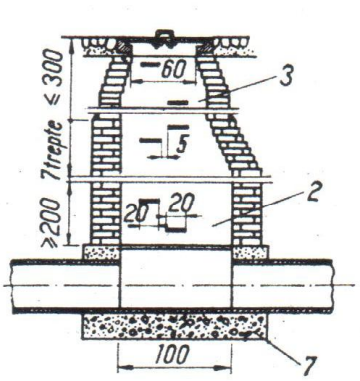


Fig. 4.2. Cămin de vizitare alcătuit din tuburi de beton cu mufă, cu placă între camera de lucru și coșul de acces.



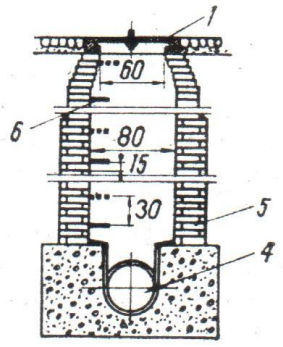


Fig. 4.3. Cămin de vizitare alcătuit din zidărie de cărămidă:

1 — capac cu ramă din beton armat sau fontă; *2* — cameră de lucru; *3* — coș de acces; *4* — tencuială cu mortar; *5* — zidărie de cărămidă; *6* — trepte de acces; *7* — fundație.

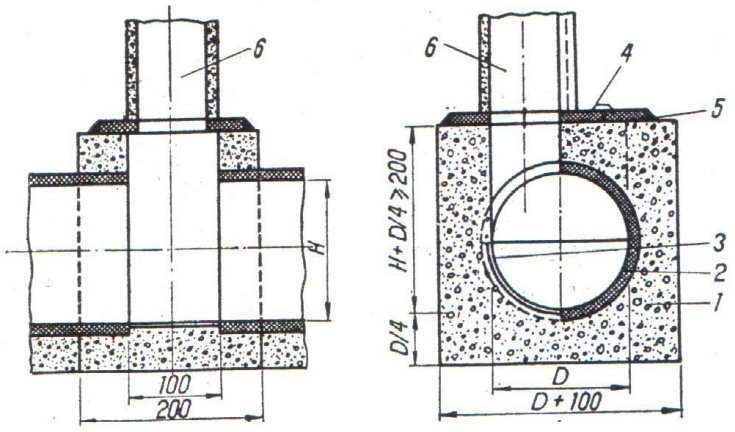


Fig. 4.4. Fundația căminului tip CVT-A3-f:

1 — fundație din beton simplu sau armat; *2* — canalul la care se face accesul, alcătuit din: tuburi prefabricate de beton, fundație de beton turnat și boltă prefabricată, beton turnat monolit; *3* — rigolă tencuită cu mortar de ciment M 100; *4* — placă între fundație și coșul de acces; *5* — guler de mortar de ciment M 100 pentru etanșare; *6* — coș de acces.

Forma și dimensiunile fundațiilor căminelor de vizitare sînt determinate de dimensiunile orizontale sau verticale ale secțiunii transversale a canalelor la care se face accesul, de structura acestora, precum și de felul camerei de lucru; în STAS 2448-73 sînt indicate 16 tipuri. În figura 4.4. este arătată fundația căminului tip CVT-A3-f, la care se racordează un canal din tuburi prefabricate din beton cu secțiune circulară.

Formele și dimensiunile radierului căminelor de vizitare de intersecție, indicate de asemenea în STAS 2448-73, sînt de 11 tipuri. În figura 4.5. se arată radierul unui cămin de vizitare de intersecție tip CVI-2 c(r).

Căminele de vizitare de racord și de control al apelor au alcătuiri similare celor de trecere sau intersecție.

În STAS 2447-73 și STAS 816-71 sînt date o serie de detalii pentru piesele prefabricate din beton care alcătuiesc căminele de vizitare.

Grosimea pereților pentru căminele de vizitare mai adînci de 7 m se stabilește prin calcul.

Fundațiile căminelor de vizitare se execută din beton simplu sau armat marca B 100. Armarea fundației canalului se continuă și în fundația căminelor de vizitare.

La căminele în care se face schimbarea direcției canalului, unghiul între cele două direcții trebuie să fie de maximum:

— 90 grade, în cazul canalului cu dimensiunea orizontală a secțiunii transversale pînă la 50 cm inclusiv;

— 45 grade, în cazul canalului cu dimensiunea orizontală a secțiunii transversale de 60—100 cm.

Camera de lucru trebuie să aibă înălțimea maximă de 1,80 m și lățimea de 1 m, măsurată în sensul axului canalului la care se face accesul, simetric față de axul canalului de acces. În cameră se prevede un spațiu de adăpostire

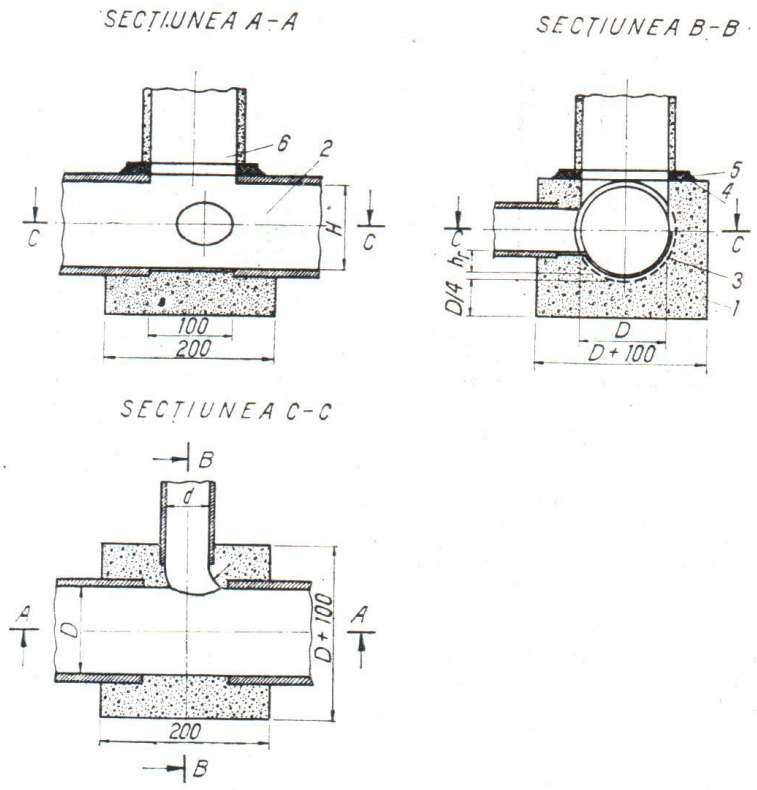


Fig. 4.5. Radierul unui cămin de vizitare de intersecție tip CVI-2c(r).

lărgit în afara coșului de acces pe toată lățimea camerei, cu înălțimea de 1,8 m și lățimea de minimum 20 cm.

Pereții interiori ai căminelor se tencuiesc cu un strat de 2 cm mortar de ciment, în cazul căminelor executate din beton monolit, și se rostuiesc în cazul căminelor din cărămidă sau tuburi prefabricate.

Îmbinarea tuburilor prefabricate se face cu mortar de ciment M 100.

Prima treaptă a scării de acces, la căminele de vizitare, se fixează la maximum 50 cm distanță de capac, iar ultima la maximum 30 cm deasupra banchetei. Treptele sînt executate din oțel-beton ⌀ 20 mm, protejat prin vopsire contra coroziunii.

Capacele și ramele căminelor de vizitare, în conformitate cu STAS 2308-74, sînt clasificate în funcție de rezistența minimă la rupere, în cinci categorii, respectiv nouă variante constructive. Cele mai puțin rezistente avînd forța minimă de rupere 15 kN și masa de 29 kg, sînt folosite în grădini, în subsolul clădirilor etc.; cele mai rezistente, avînd forța minimă de rupere 400 kN și masa de 167,20 kg, sînt folosite pentru străzi cu trafic foarte intens.

Conform STAS 2308-74, în figura 4.6 se arată un ansamblu capac-ramă tip I—15 kN; în figura 4.7 ansamblul capac-ramă tip II A și II B — 50 kN și în figura 4.8 ansamblul capac și ramă tip IV A și IV B — 250 kN. În STAS 2308-74 se indică, de asemenea, și verificările ce trebuie făcute asupra capacelor și ramelor, modul de marcare, transport etc.

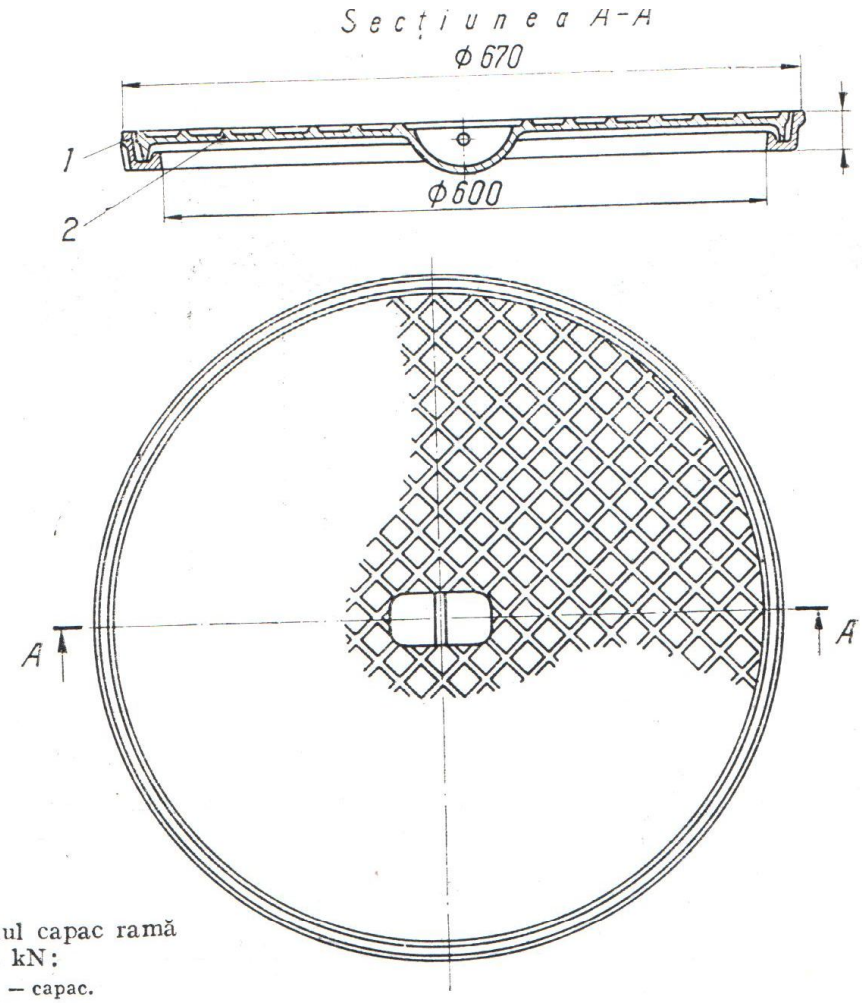


Fig. 4.6. Ansamblul capac ramă tip I-15 kN:
1 – ramă; *2* – capac.

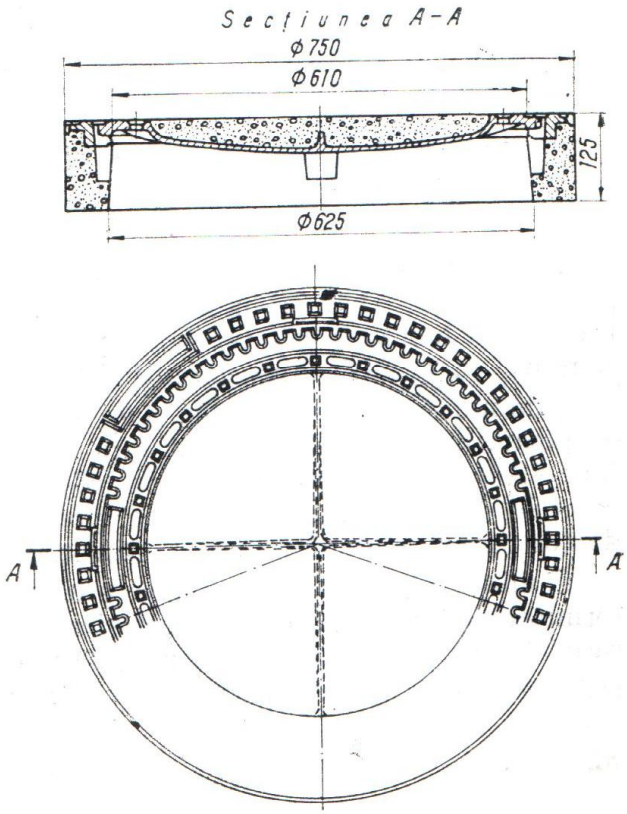


Fig. 4.7. Ansamblul capac ramă tip II A și II B – 50 kN.

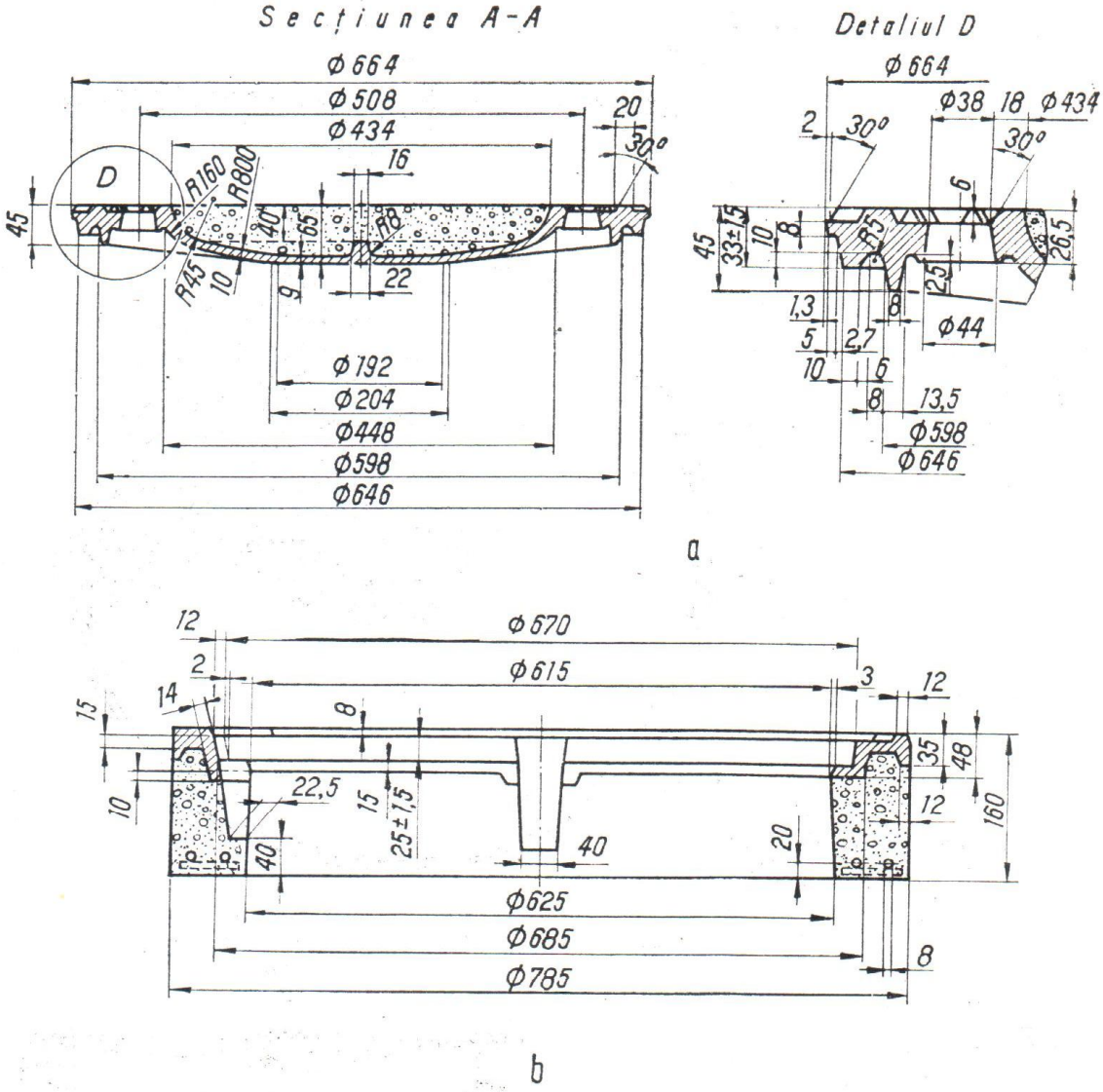


Fig. 4.8. Capac (*a*) și ramă (*b*) tip IV A și IV B — 250 kN.

În sistemul divizor de canalizare este recomandabil să se construiască pentru fiecare canal (de ploaie și de ape uzate) cămine de vizitare separate. Dacă acest lucru nu este posibil, cele două canale se construiesc într-o tranșee comună, în același timp executîndu-se și cămine comune (fig. 4.9 și 4.10).

Căminul în *diagonală* (fig. 4.9) este preferabil, deoarece canalul de apă de ploaie lucrează independent față de cel de ape uzate. Căminul *în paralel* (fig. 4.10) are dezavantajul că la ploi mari, cînd apa de ploaie deversează peretele despărțitor dintre canale, poate da naștere la un remuu în canalul de ape uzate, producînd unele deranjamente în rețea.

Căminele descrise mai sus sînt proiectate și construite, în general, în conformitate cu indicațiile date anterior; dimensiunile lor depind de mărimea canalelor ce pătrund în acestea. Lungimea căminului nu va depăși 1 m, iar lățimea trebuie să aibă cel puțin 0,75 m mai mult decît diametrul canalului.

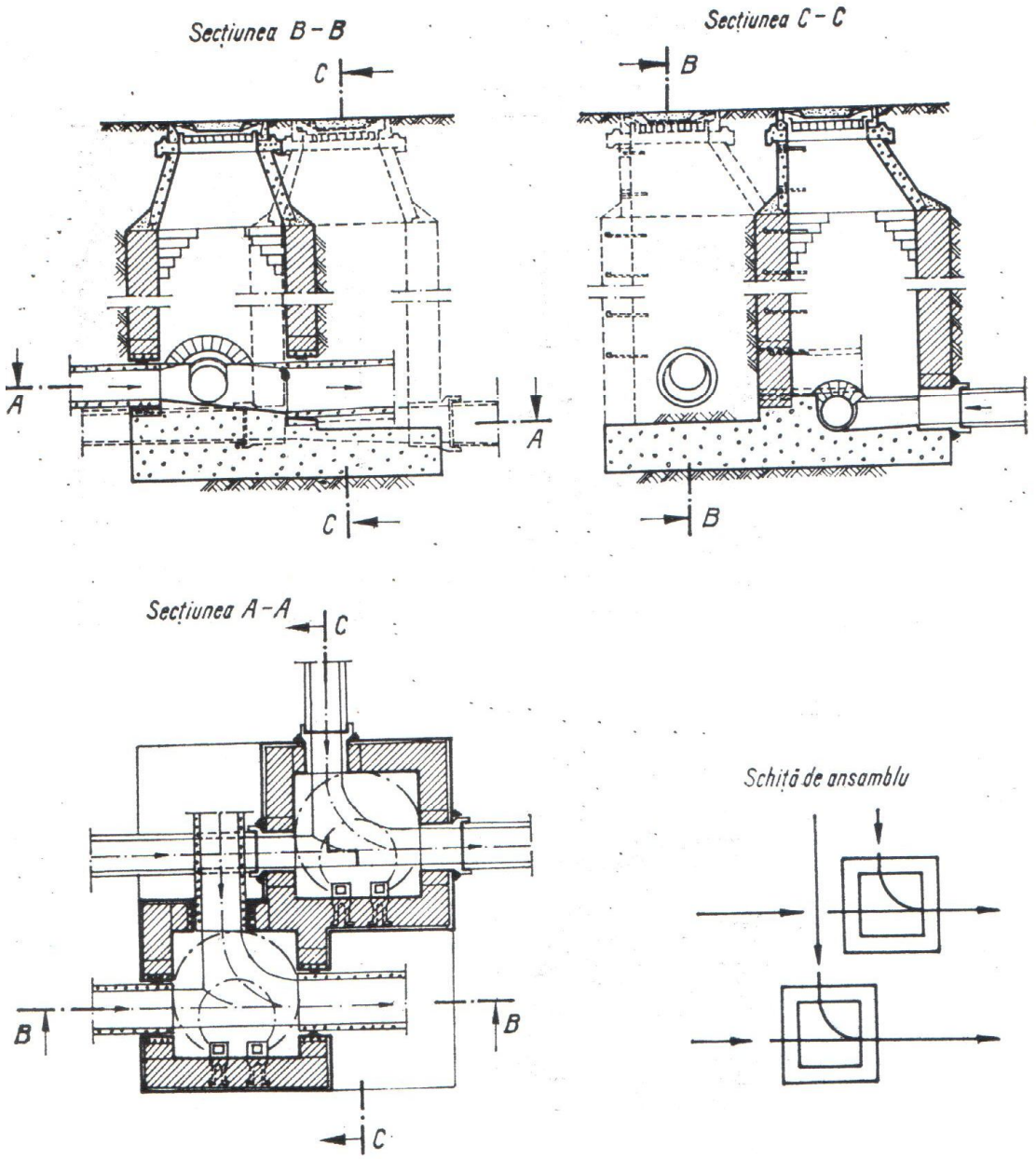


Fig. 4.9. Cămin comun în diagonală.

Capacul se așază deasupra canalului situat la adîncimea cea mai mare, pentru a se asigura un bun acces la interior.

Peretele interior se face suficient de lat, pentru a se putea circula pe fața superioară; eventual se prevăd și balustrade.

Planșeul căminului se așază la cel puțin 1,80 m peste fața superioară a peretelui despărțitor.

Rigolele pentru conducerea apei de ploaie se îmbracă cu o tencuială sclivisită, iar cele pentru ape menajere precum și peretele despărțitor, cu un material rezistent la uzură, de exemplu plăci de bazalt.

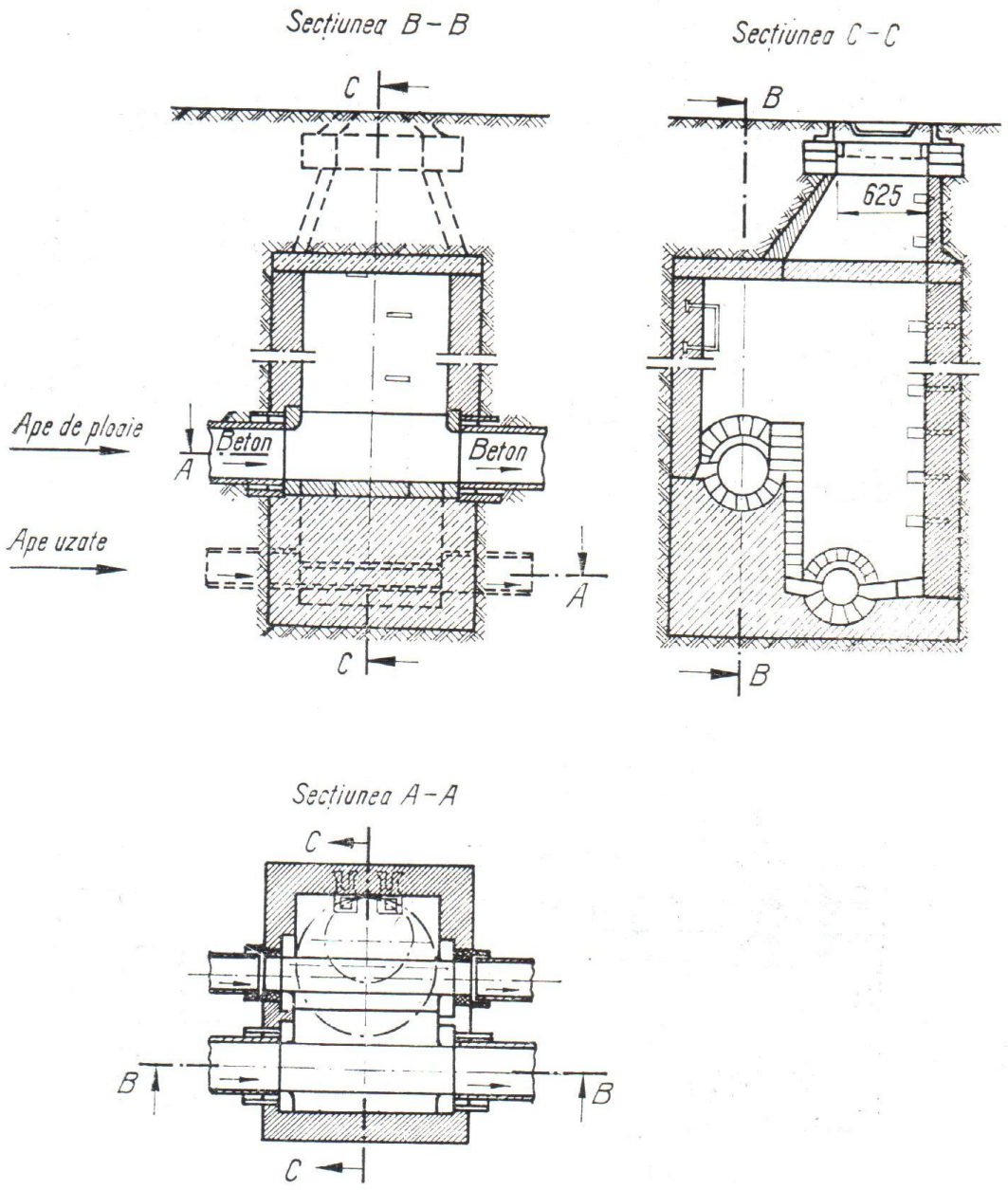


Fig. 4.10. Cămin comun în paralel.

În general, căminele din tuburi prefabricate sînt cele mai recomandate; urmează apoi, ținînd seama de posibilitățile de execuție, căminele din cărămidă și din beton sau beton armat.

4.1.2. Cămine de rupere de pantă

Pentru a se evita depășirea vitezei maxime admisibile, corespunzătoare materialului din care este executat canalul, pe rețeaua de canalizare se execută cămine de rupere de pantă.

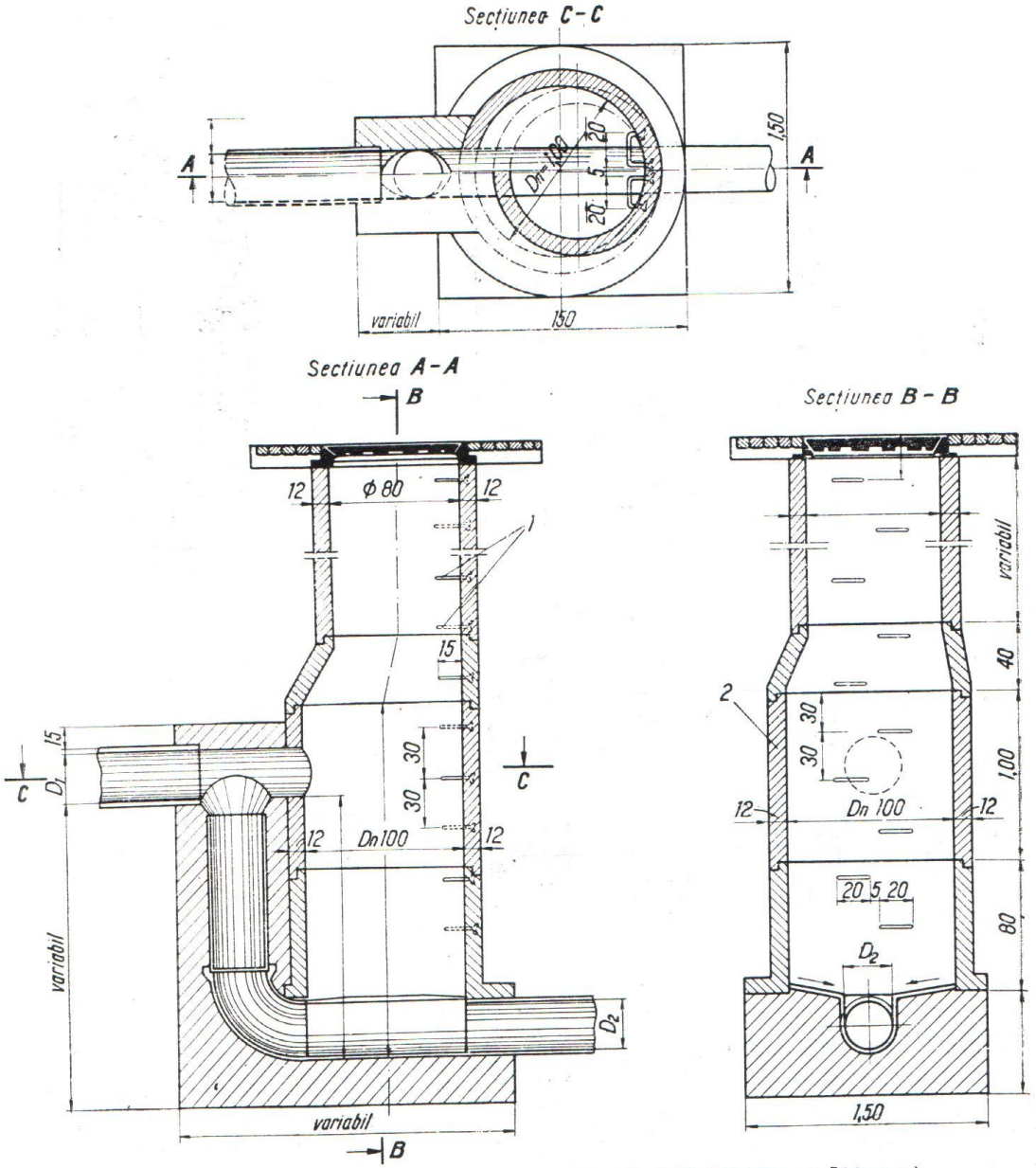


Fig. 4.11. Cămin de rupere de pantă, proiect tip ISLGC ($Dn < 500$ mm).

Pentrul canale cu diametrul pînă la 500 mm și diferențe de nivel între intrare și ieșire sub 1,5 m, se execută cămine de rupere de pantă de tipul celui arătat în figura 4.11, conform proiectului tip ISLGC. Construcția constă dintr-un cămin asemănător căminelor de vizitare, în fața căruia se plasează o conductă verticală din oțel, fontă sau dintr-un alt material foarte rezistent la uzură. În mod obișnuit, apele de canalizare circulă prin tubul vertical; cînd debitul este mai mare, parte din apă trece și prin tubul orizontal. Tubul vertical trebuie astfel dimensionat pentru a împiedica formarea depunerilor. Dacă diametrul canalului amonte este sub 300 mm, diametrul tubului vertical este de cel puțin 150 mm; pentru canale cu diametre mai mari, se vor alege diametre de cel puțin 200 m.

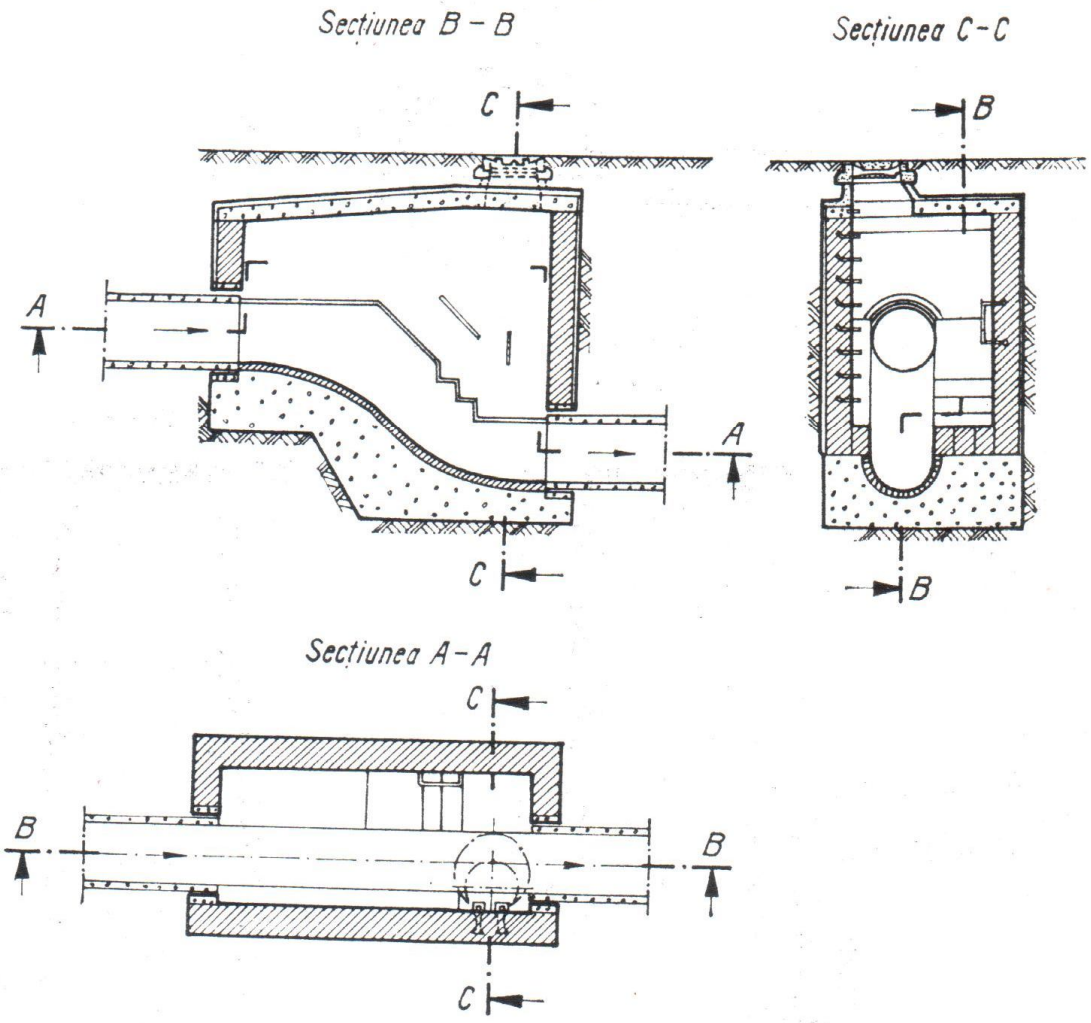


Fig. 4.12. Cămin de rupere de pantă pentru canale cu $Dn > 500$ mm.

Pentru canale cu diametre mai mari de 500 mm și diferențe de nivel sub 2,0 m se construiesc camere de rupere de pantă de tipul celei din figura 4.12. Profilul și dimensiunile acestor construcții sînt în funcție de înălțimea de cădere și diametrul canalului din amonte și din aval. Conducerea apei din amonte spre aval se face printr-un jgheab cu secțiune parabolică. Pe una din părți se execută trepte pentru controlul camerei, iar în părțile amonte și aval, podeste cu balustradă. Grosimea minimă a radierului este de 20 cm pentru căderi de 75 cm; peste această valoare, grosimea radierului este de cel puțin 25 cm. Capacul de acces se așază deasupra punctului cel mai coborît al jgheabului. Aceste camere de rupere de pantă sînt numite *rapiduri* (fără disipator de energie, în comparație cu cel din fig. 3.22).

Pentru diferențe de nivel mai mari de 2,0 m și diametre sub 500 mm se construiesc camere de rupere a presiunii de tipul celei din figura 3.22.

Pentru canalizarea orașului Moscova [32], la canale cu diametre mari, sînt folosite camere de rupere de pantă ca cea din figura 4.13, cu saltea de apă. Pentru a nu stînjeni activitatea muncitorilor din exploatare, în fața zonei de cădere a apei se construiește un paravan.

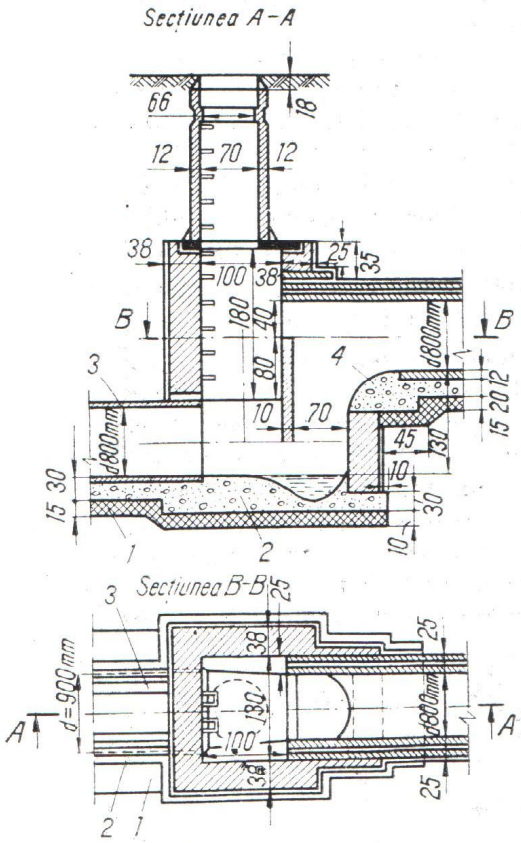


Fig. 4.13. Cameră de rupere de pantă cu saltea de apă.

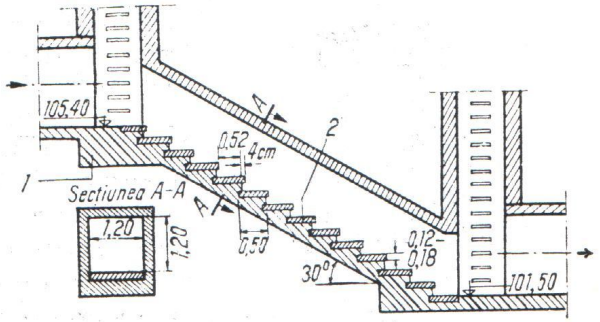


Fig. 4.14. Cameră de rupere de pantă în trepte multiple:
1 — beton *2* — plăci (calupuri de granit).

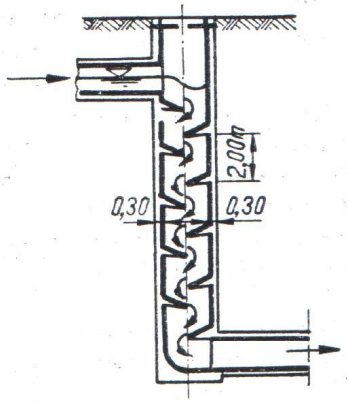


Fig. 4.15. Cameră de rupere de pantă cu trepte multiple, pentru diferențe de nivel de peste 5 m.

Pentru diferențe de nivel mari, peste 5 m, se execută camere de rupere de pantă cu trepte multiple (fig. 4.14), sau de tipul celor utilizate la canalizarea orașului Leningrad [31], pentru căderi de 16—18 m (fig. 4.15).

4.1.3. Cămine și rezervoare de spălare

Pentru porțiuni de canal în care, fie din cauza debitului redus, fie din cauza pantei mici, viteza de autocurățire nu poate fi asigurată, canalul trebuie să fie spălat la anumite intervale cu apă sub presiune. Cele mai multe cămine sînt amplasate în partea amonte a rețelei.

Spălarea constă în trimiterea sub presiune a unui curent de apă, care antrenează depunerile ce s-au format pe radierul canalului. Eficiența spălării este cu atît mai mare cu cît debitul și presiunea sînt mai mari.

Spălarea rețelei se practică numai la canalizarea în sistem divizor, pentru canalele care transportă ape menajere. Spălarea este aplicată în general canalelor care nu depășesc 500 mm diametru.

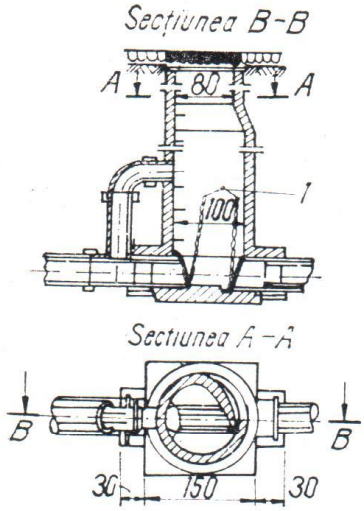


Fig. 4.16. Cămin de spălare:
1 – lanț.

Pentru asigurarea debitului și presiunii necesare spălării este necesar să se construiască rezervoare pentru înmagazinarea apei, din care, la anumite perioade, apa este introdusă pe porțiunea de canal care trebuie spălată. Rezervoarele nu trebuie amplasate prea departe de rețeaua de canalizare și este recomandabil a se construi mai multe rezervoare mai mici. Capacitatea minimă de înmagazinare este de 3 m³. Rezervoarele trebuie să fie impermeabile, în care scop se iau măsuri corespunzătoare constructive.

Apa de alimentare se poate aduce fie dintr-un rîu, lac, surse subterane, mare, rețea de alimentare cu apă, fie din bazine de acumulare a apei uzate sau de ploaie. Dacă se folosește apa din rețeaua de alimentare cu apă potabilă, căminul se umple prin intermediul unui furtun, în nici un caz printr-un racord fix subteran. Dacă se folosește apa uzată, pentru înmagazinare se pot utiliza căminele de vizitare ale rețelei, amenajate în mod special.

Pe tronsoanele de canal, unde panta și debitul sînt reduse și se cunoaște că se vor forma depuneri în permanență, se proiectează rezervoare de spălare automate.

Construcția cea mai simplă a unui cămin de spălare este arătată în figura 4.16. Cele două capete ale canalului din căminul de spălare sînt închise cu clapete ce pot fi manevrate prin intermediul unui lanț, de la partea superioară.

Pentru secțiuni mai mari de canale se pot folosi construcții de tipul celei din figura 4.17, la care închiderea canalelor se face prin vane stăvilar.

În figura 4.18 se arată un rezervor de spălare cu funcționare automată, cu dispozitiv de automatizare de tip Passavant. La acest dispozitiv nu există nici o piesă mobilă care ar putea să se defecteze la contactul cu apa uzată. Dispozitivul este for-

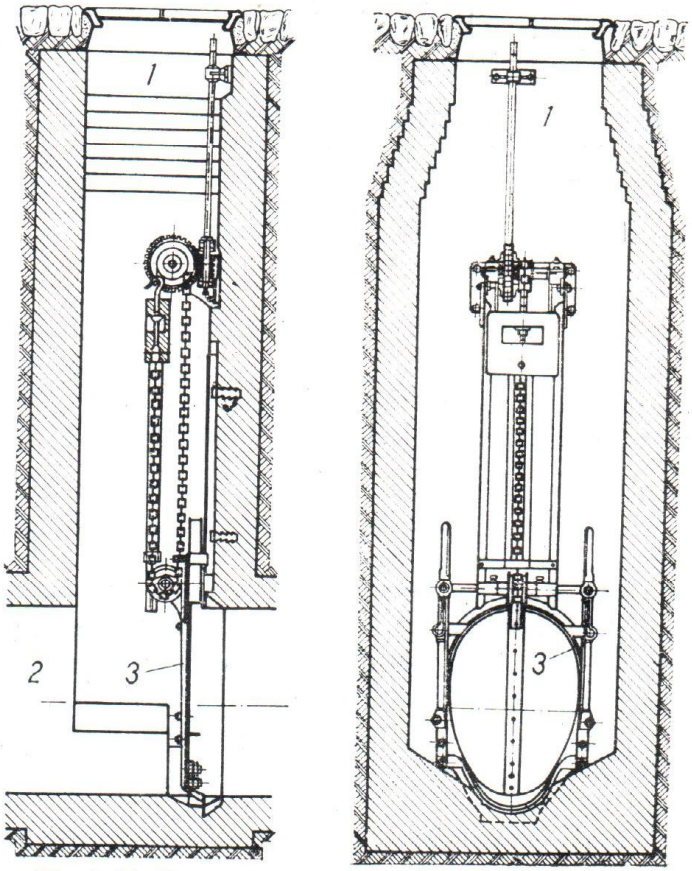


Fig. 4.17. Cămin de spălare cu vane stăvilar:
1 – cămin; *2* – canal; *3* – vană stăvilar.

mat dintr-o închidere hidraulică 1, una secundară 2 și un sifon-clopot 3 legat printr-un tub cu conducta de evacuare a apei. Cînd nivelul apei crește în rezervor, crește și în sifon, presează asupra aerului de aici, care iese afară prin intermediul tubului 4, pînă cînd nivelul apei în sifon ajunge în 5. La creșterea nivelului apei presiunea din sifon crește și odată cu aceasta nivelul apei scade de la *a—a* la *b—b*. O creștere în continuare a presiunii conduce la punerea în funcțiune a sifonului prin deversarea apei peste muchia superioară a acestuia. Funcționarea dispozitivului depinde de relația între 1 și 2 și volumul de aer din clopotul sifonului.

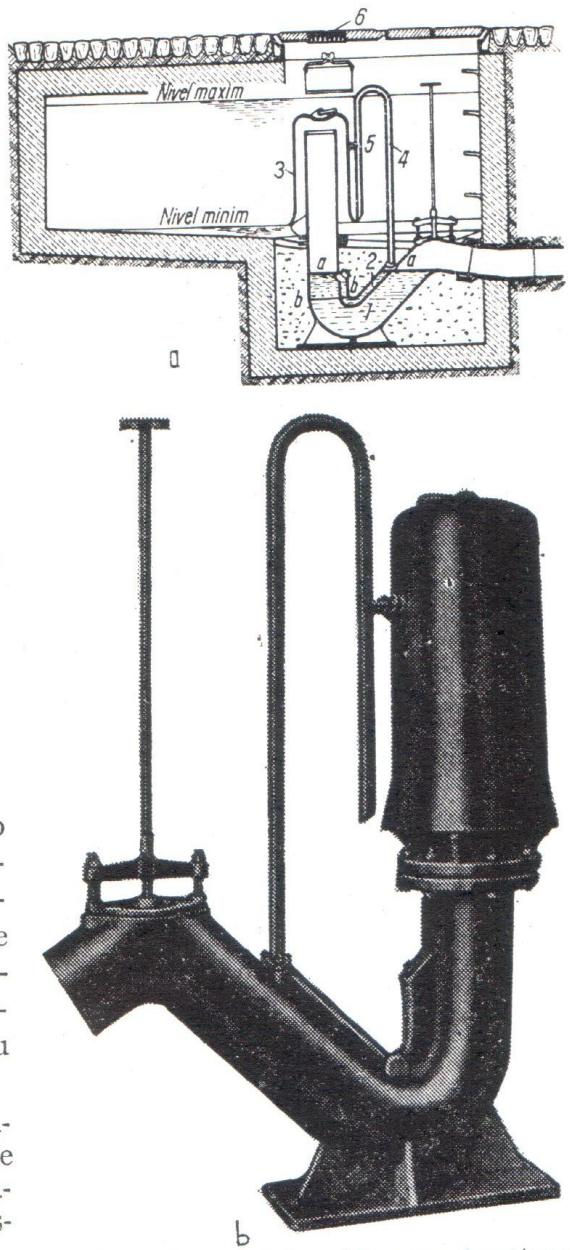


Fig. 4.18. Rezervor de spălare cu funcționare automată:

a — ansamblu; *b* — detaliu; *1* — închidere hidraulică; *2* — închidere hidraulică secundară; *3* — sifon-clopot; *4* — tub; *5* — by-pass; *6* — ventilație.

4.2. GURI DE SCURGERE

Gurile de scurgere au drept scop colectarea apelor meteorice și conducerea acestora în rețeaua de canalizare; ele sînt de trei tipuri: guri de scurgere cu sifon și depozit (STAS-6701-73); guri de scurgere fără depozit și sifon; guri de scurgere cu depozit și fără sifon.

Gurile de scurgere sînt astfel construite încît adîncimea oglinzii de apă să fie cel puțin egală cu adîncimea de îngheț din regiunea respectivă (STAS 6054-64).

Distanța între gurile de scurgere pe străzi depinde de panta longitudinală a străzii (tab. 4.1).

Tabela 4.1

Distanțe recomandate între gurile de scurgere

Panta longitudinală a străzii	Distanța între gurile de scurgere (m)	Panta longitudinală a străzii	Distanța între gurile de scurgere (m)
pînă la 0,004	50	0,010—0,030	80
0,004—0,006	60	peste 0,030	100
0,006—0,010	70	peste 0,030	100

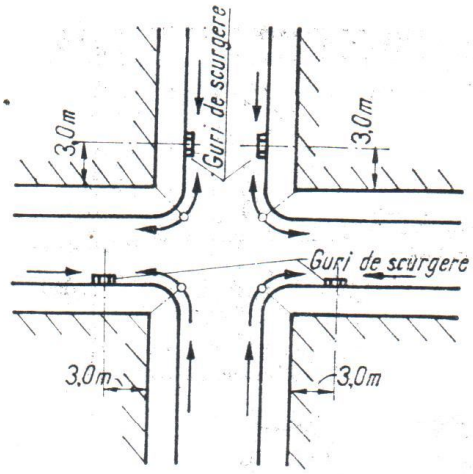


Fig. 4.19. Amplasarea gurilor de scurgere la intersecția străzilor.

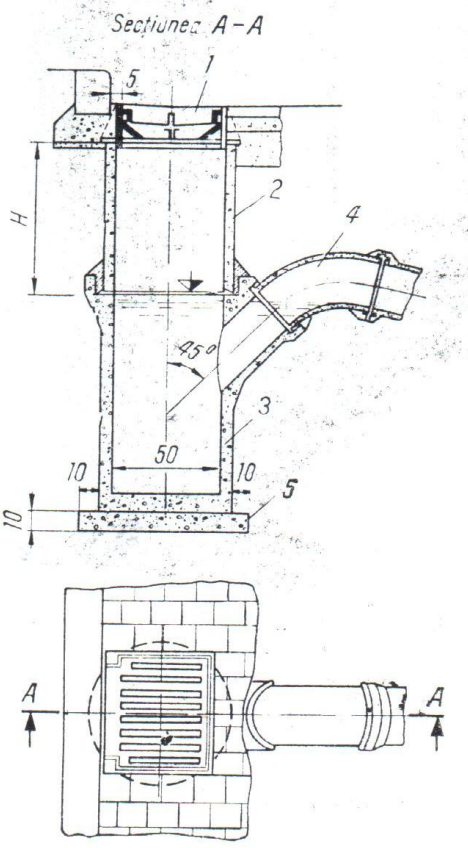


Fig. 4.20. Gură de scurgere cu depozit, sifon și un singur grătar, tip A_1 și B:
1 — grătar; *2* — tub din beton simplu *Dn* 500; *3* — piesă din beton simplu pentru guri de scurgere; *4* — cot din beton *Dn* 150; *5* — radier din beton simplu B 25.

Pentru a se reduce cît mai mult numărul gurilor de scurgere se recomandă instalarea lor la încrucișarea străzilor, astfel încît să deservească rigolele de pe ambele străzi; trebuie însă amplasate în afara benzilor pentru traversarea pietonilor (fig. 4.19).

Gurile de *scurgere cu sifon și depozit* sînt folosite în rețeaua de canalizare în sistem unitar, care își colectează apele meteorice de pe pavaje de bolovani sau piatră cubică, adică în general acolo unde apele meteorice antrenează materii în suspensie. Sifonul are rolul de a forma o închidere hidraulică, astfel încît gazele din canal să nu poată ieși prin gura de scurgere. Aceste guri trebuie curățate periodic, deoarece în perioadele de secetă substanțele depozitate intră în putrefacție, iar apa se evaporă; în acest fel închiderea hidraulică nu mai funcționează, iar gazele din rețeaua de canalizare ajung la suprafața solului.

Gurile de scurgere cu sifon și depozit (STAS 6701-73) sînt de trei tipuri:

— tip A_1 (fig. 4.20) cu un singur grătar carosabil (STAS 3272-76), putînd primi debite între 7 și 11 dm³/s, după cum accesul apei se face dintr-o singură direcție, respectiv mai multe;

— tip A_2 (fig. 4.21) cu două grătare carosabile (STAS 3272-76) putînd primi debite între 11 și 17 dm³/s, după cum accesul apei se face dintr-o singură direcție, respectiv mai multe;

— tip B (fig. 4.22) cu un singur grătar necarosabil (STAS 3272-76), putînd primi un debit de 4 dm³/s.

Legătura între gura de scurgere și canalul de pe stradă se face printr-un racord, care trebuie să aibă cel puțin 150 mm diametru în cazul gurilor de scurgere de tip A_1 și B, și 200 mm diametru în cazul gurilor de scurgere tip A_2.

Grătarele cu ramă din fontă pentru guri de scurgere sînt executate în conformitate cu STAS 3272-76 și sînt de două tipuri: tip A, carosabil (fig. 4.22)

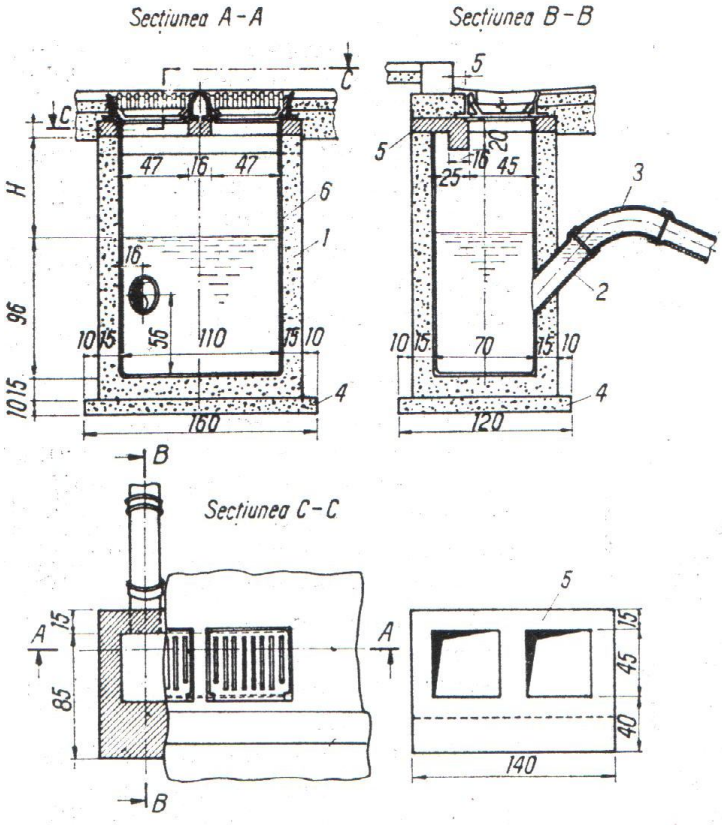


Fig. 4.21. Gură de scurgere cu depozit, sifon și două grătare:
1 — beton; *2* — tub din beton cu mufă *Dn* 150; *3* — cot din beton *Dn* 150; *4* — radier din beton de egalizare; *5* — placă de susținere a grătarului; *6* — tencuială sclivisită.

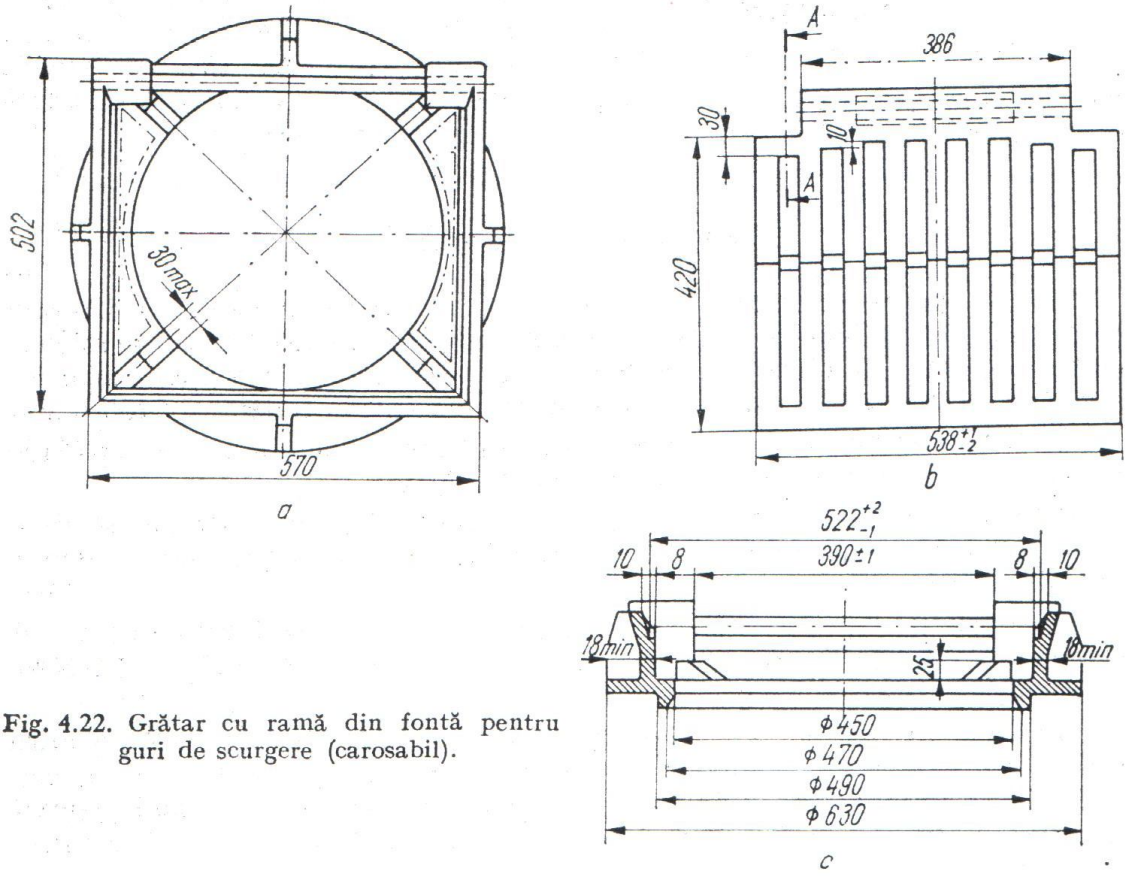


Fig. 4.22. Grătar cu ramă din fontă pentru guri de scurgere (carosabil).

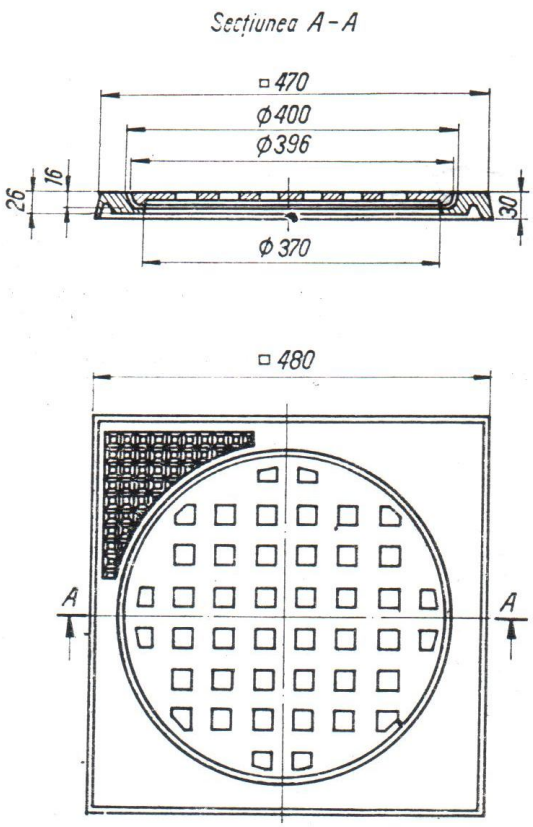


Fig. 4.23. Grătar cu ramă din fontă pentru guri de scurgere (necarosabil).

și tip B, necarosabil (fig. 4.23). Tipul A are o masă de maximum 122 kg, iar tipul B masa de circa 30 kg.

Pentru rețeaua de ape de ploaie se folosesc două tipuri de guri de scurgere: *fără depozit și sifon* și *cu depozit și fără sifon*. Sifonul, respectiv închiderea hidraulică, nu este necesară, deoarece în general depunerile din rețea sînt de natură mai mult minerală, și nu dau naștere la gaze cu miros neplăcut.

Gurile de scurgere fără depozit sînt așezate pe străzi asfaltate, deoarece cantitatea de suspensii ce poate fi antrenată este mică, în timp ce gurile de scurgere cu depozit sînt folosite pe străzi pavate cu pavele sau bolovani de rîu, de pe acestea fiind antrenate cantități mai mari de nisip.

Materialele de execuție ale acestor guri de scurgere sînt aceleași ca pentru cele cu depozit și sifon, prevăzute în STAS 816-71 (pentru tuburi) și STAS 3272-76 (pentru grătare), proiectantul urmînd a face adaptările necesare.

4.3. GURI DE ZĂPADĂ

Pentru evacuarea zăpezii prin rețeaua de canalizare, pe canalele vizitabile și semivizitabile (diametre peste 1 000 mm sau secțiuni peste 80/120) se folosesc guri de zăpadă. De obicei gurile de zăpadă se construiesc în orașele canalizate în sistem unitar și pe canale care transportă cel puțin un debit de 250 dm³/s.

În sistemul divizor de canalizare rareori se montează guri de zăpadă și în aceste cazuri numai pe rețeaua de ape de ploaie.

Pentru a nu deranja buna funcționare a sifoanelor, deversoarelor, stațiilor de pompare etc., gurile de zăpadă trebuie plasate la cel puțin 1 000 m depărtare de acestea.

Deoarece odată cu zăpada sînt antrenate și diferite reziduuri de pe străzi, precum și nisip, la începutul primăverii, în aval de gurile de zăpadă, trebuie să se curețe cu grijă canalul.

Gurile de zăpadă se plasează în punctele cu circulație mai redusă, pe străzi mai late, în piețe etc. Pentru transportul zăpezii, la gurile de zăpadă, este indicat a se folosi mijloace de transport cu volum mai mic, care nu blochează străzile, cu atît mai mult cu cît trebuie evitată introducerea de cantități mari de zăpadă într-un timp scurt.

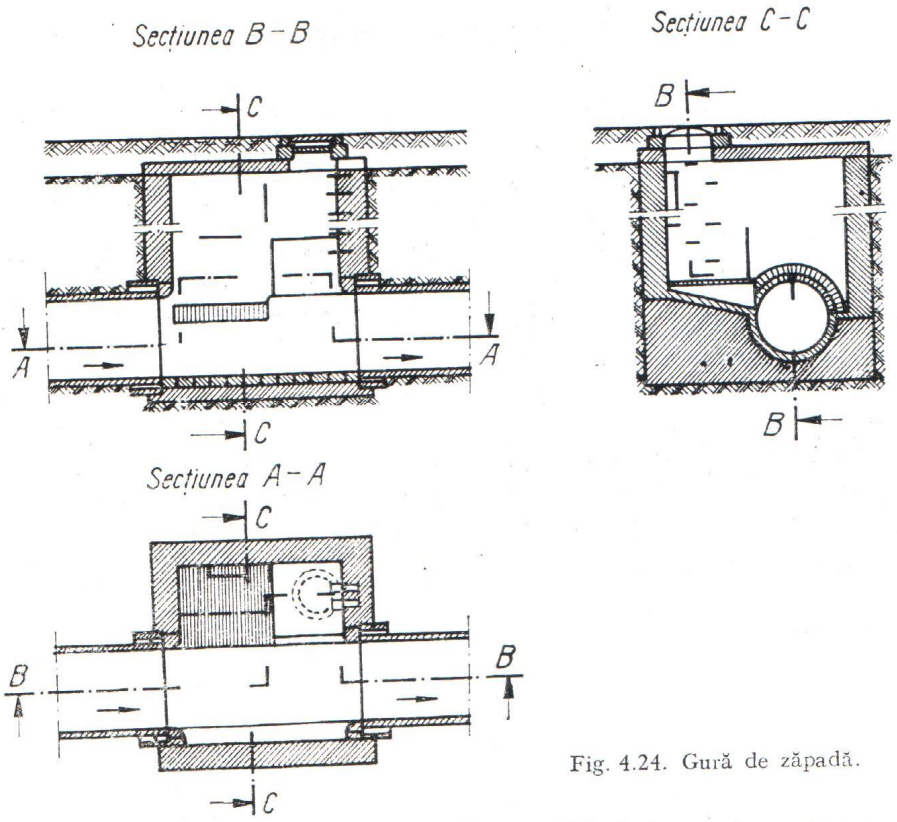


Fig. 4.24. Gură de zăpadă.

Gurile de zăpadă (fig. 4.24) au două deschideri (capace) pentru acces: una pentru zăpadă și alta pentru personalul de supraveghere. Zăpada cade în primul rînd pe un podest așezat la nivelul crestei canalului și de aici prin alunecare ajunge în canal. Panta podestului este de obicei 1: 5. Personalul de exploatare ajută la alunecarea zăpezii în canal.

În figura 4.25 se arată un alt tip de gură de zăpadă, folosită în canalizarea orașului Köln.

Se menționează că zăpada se poate evacua și prin căminele de canalizare, în special pe cele amplasate pe colectoarele mari.

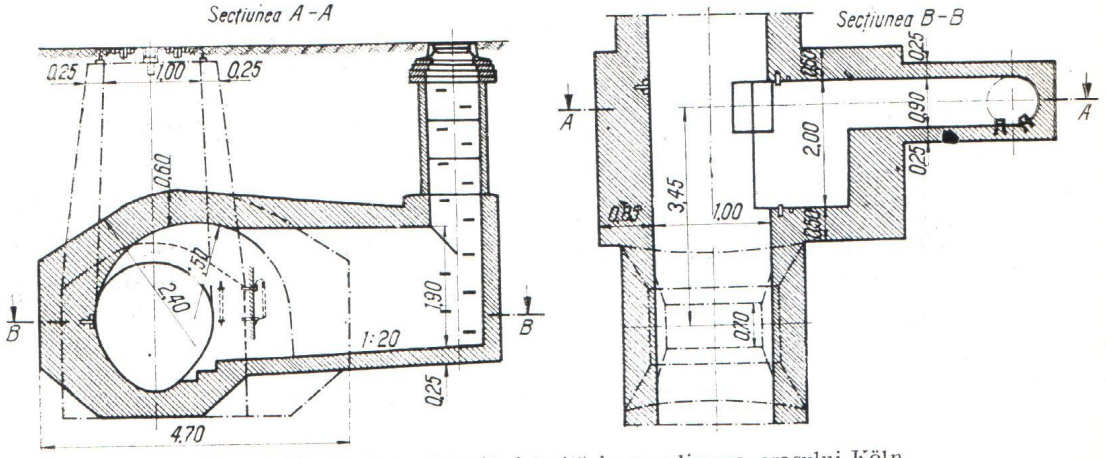


Fig. 4.25. Gură de zăpadă folosită în canalizarea orașului Köln.

4.4. CAMERE DE INTERSECȚIE

Aceste camere sînt cunoscute și sub numele de camere de racordare sau îmbinare. Intersectarea canalelor ce depășesc 500 mm diametru trebuie să se realizeze în camere de intersecție, a căror formă și dimensiuni depind de numărul canalelor care se intersectează. Direcția în care se așază tuburile are o deosebită importanță pentru asigurarea unei scurgeri normale. În acest scop axa canalului principal trebuie să fie tangentă la axa canalului care intră în camera de intersecție. Canalul care urmează a se intersecta în cameră se continuă cu o rigolă pînă la punctul de intersecție cu canalul principal, aici rezultînd o muchie verticală pînă la radier.

Înălțimea liberă în camera de intersecție trebuie să fie de 1,8 m. Deasupra camerei se construiește un planșeu de beton armat, peste care se așază un strat de izolație și apoi beton de egalizare. Dacă adîncimea canalului este mică, planșeul se poate așeza imediat sub pavajul străzii, prevăzîndu-se între acestea un strat de nisip de 15—25 cm, pentru repartizarea sarcinilor. La camere de intersecție de dimensiuni mari se recomandă executarea a două cămine de acces.

În figura 4.26 se arată o cameră de intersecție cu un singur cămin de acces pentru două canale, $Dn = 1\,000$ mm, executată în rețeaua de canalizare a orașului București.

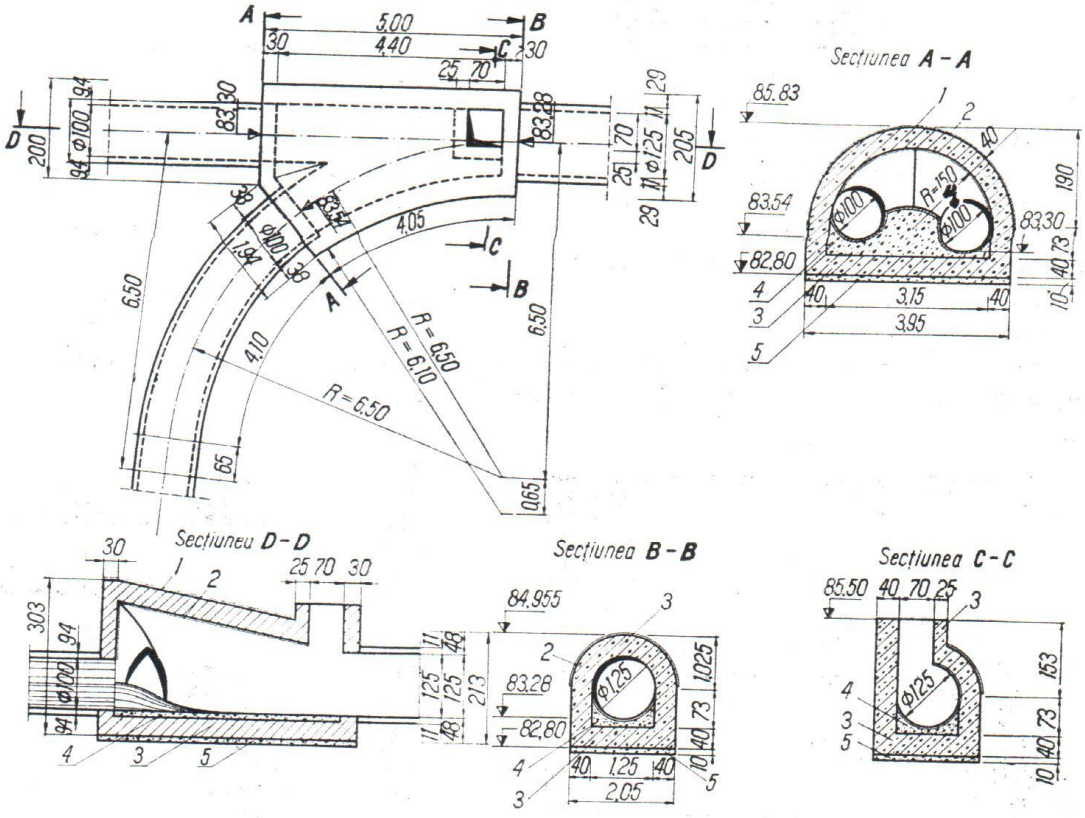


Fig. 4.26. Cameră de intersecție (București):
1 — șapă de protecție; *2* — tencuială sclivisită; *3* — B 200; *4* — B 150; *5* — B 25.

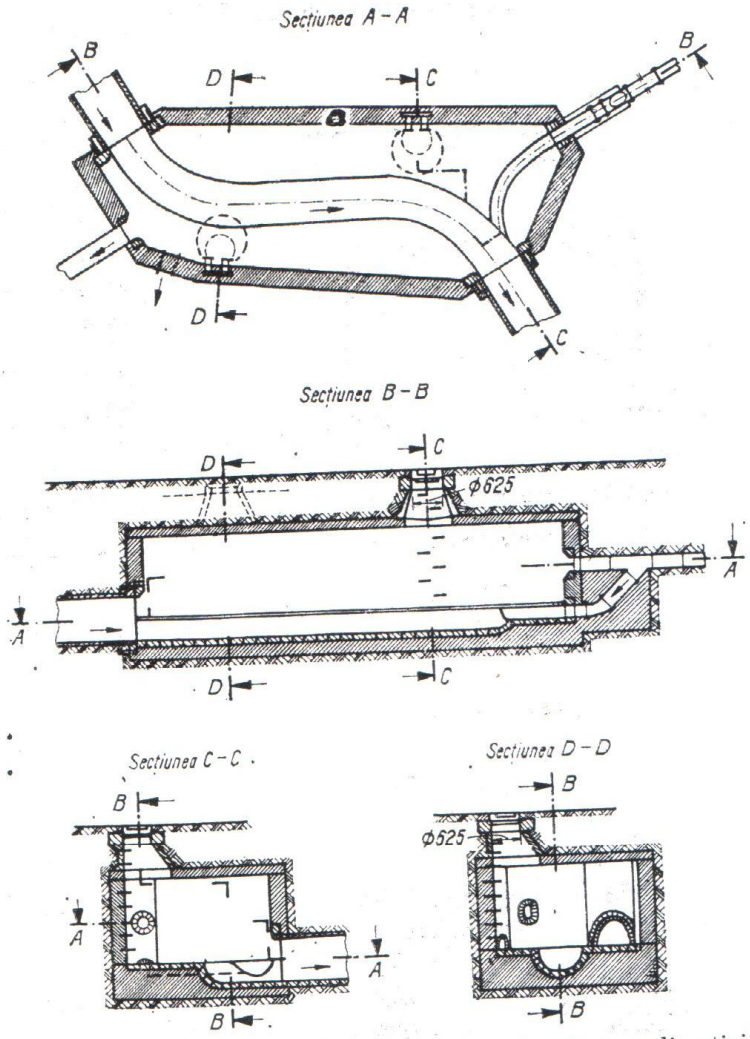


Fig. 4.27. Cameră de intersecție și de schimbare a direcției.

În figura 4.27 se arată o cameră de intersecție și de schimbare a direcției, cu două cămine de acces, în care se intersectează mai multe canale și unde, în același timp, se realizează și schimbarea direcției canalului principal.

4.5. CAMERE PENTRU SCHIMBAREA DIRECȚIEI

Pentru dimensiuni de canale ce depășesc 1 000 m, se execută camere pentru schimbarea direcției. Forma și dimensiunile acestora depind de dimensiunile și unghiul sub care trebuie să se realizeze schimbarea direcției.

Pe radierul camerei se execută un jgheab (rigolă) care trebuie să permită o dirijare ușoară a apei și o curgere normală. Pentru debite mici raza de curbură nu poate coborî sub 1,5 D, în care D este diametrul canalului. Pentru debite mari, respectiv canale cu dimensiuni mari, raza de curbură se stabilește în funcție de debit și viteză, acestea fiind în directă legătură cu panta ca-

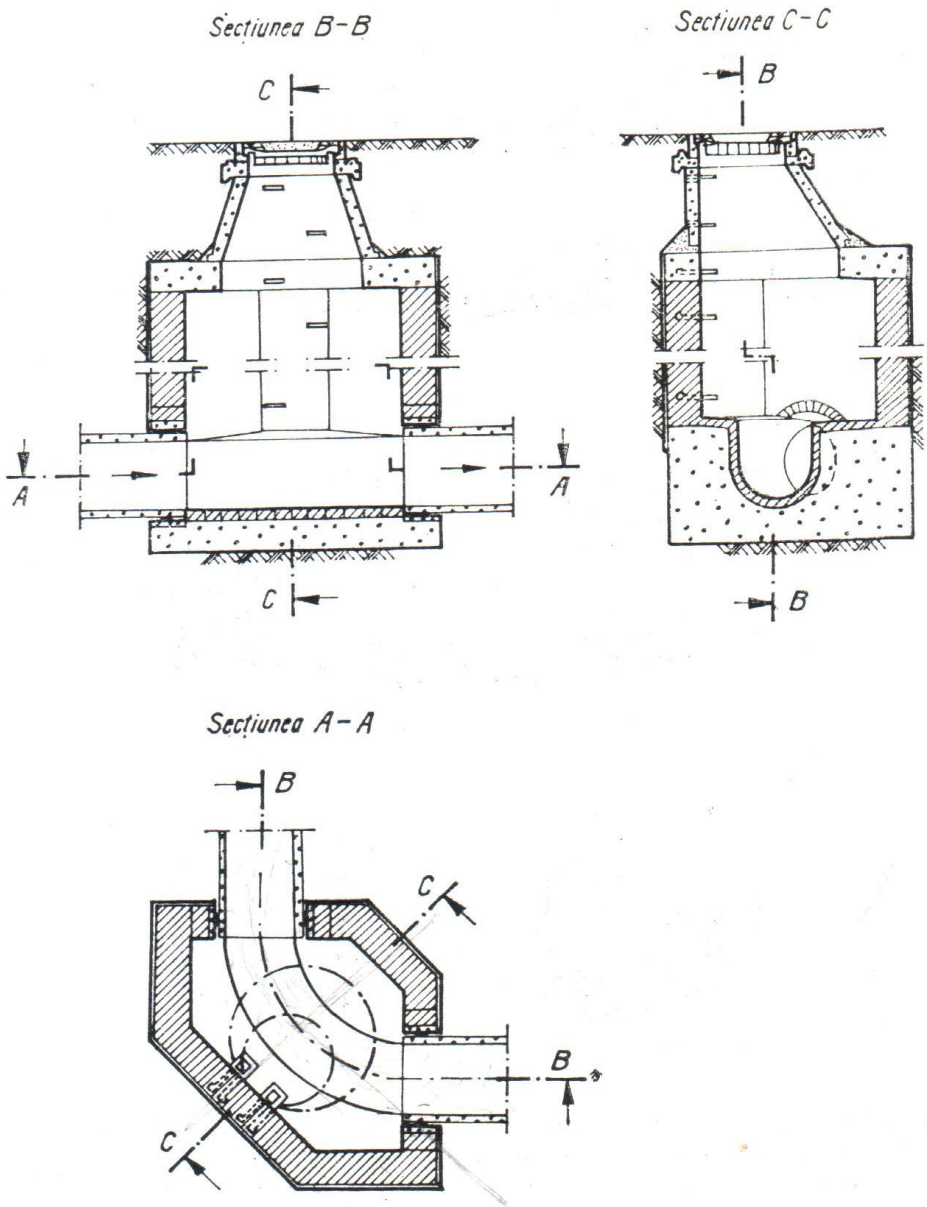


Fig. 4.28. Cameră pentru schimbarea direcției la 90°.

nalului amonte. Cu cît debitul și viteza sînt mai mari, cu atît trebuie să fie mai mare raza de curbură și panta rigolei mai aproape de orizontală. În general raza de curbură pentru diametre mari este de (3—5) D, uneori putînd ajunge și pînă la 10 D. Pentru a evita formarea vîrtejurilor, acolo unde viteza este mare, radierul se înalță sub forma unui arc de cerc concav. Conform STAS 2448-73, numai pentru canale de dimensiuni mai mici (sub 50 cm diametru) se pot prevedea schimbări de direcție la 90° într-o singură cameră (fig. 4.28); pentru canale mai mari este necesar să se construiască două camere, în fiecare direcția schimbîndu-se cu 45°; dacă aceste condiții nu se pot respecta este necesar să se proiecteze camere pentru schimbarea direcției.

4.6. DEVERSOARE

Deversoarele de apă de ploaie sînt construcții folosite în sistemul unitar de canalizare, pentru evacuarea în emisarul învecinat a unei părți din apa uzată din rețeaua de canalizare, în timp de ploaie, în momentul cînd diluția admisă (între apele meteorice și uzate) a fost depășită.

4.6.1. Dimensionarea deversoarelor

Dimensionarea din punctul de vedere hidraulic al deversoarelor a fost arătată.

Dimensionarea din punctul de vedere al gradului de murdărire, respectiv stabilirea raportului de diluare, al apelor uzate ce pătrund prin canalul deversor în emisar se face ținînd seama de indicațiile STAS 4706-74.

Prin raportul de diluare n se înțelege suma:

$$n = 1 + n_0, \tag{4-1}$$

în care n_0 este coeficientul de diluare, adică raportul dintre cantitatea de ape de ploaie și cea uzată. Raportul de diluare este în fapt raportul dintre debitul total de apă ce curge prin canal (apă meteorică și uzată) și debitul de apă uzată.

Spre exemplu, prin raport de diluare 5 se înțelege 1 parte apă uzată (debit pe timp uscat) și 4 părți apă de ploaie ($n_0 = 4$).

Raporturile obișnuite de diluare sînt 3—5, iar maxime, 20—25. Astfel, pentru orașul București raportul de diluare este 5; în orașele din S.U.A. 3—4,8; în Polonia 2—5 etc.

Pentru calcule tehnico-economice și sanitare, normele sovietice prevăd pentru coeficientul de diluare n_0, următoarele valori:

— la descărcarea în cuprinsul orașului, în rîuri cu debite de peste 10 m³/s, $n_0 = 1—2$;

— idem, peste 5—10 m³/s și viteză mai mare de 0,2 m/s, $n_0 = 3—5$;

— la descărcarea înainte de stații de pompare, în funcție de poziția stației de pompare, limita intravilanului și caracteristica rîului, $n_0 = 0{,}2—2$;

— la descărcarea înainte de stația de epurare $n_0 = 0{,}5—1$.

Calculul raportului de diluare n, respectiv al coeficientului de diluare n_0, se poate efectua cu suficientă exactitate dacă se cunosc debitele și caracteristicile calitative ale apelor uzate amestecate cu apele de ploaie [23].

Astfel din ecuația:

$$CBO_5^{c,am} = \frac{cQ_c + CQ}{Q_c + Q}, \tag{4-2}$$

în care:

$CBO_5^{c,am}$ este consumul biochimic la oxigen la 5 zile al amestecului de ape uzate, de ploaie și din emisar;

c — consumul biochimic de oxigen la 5 zile al apelor uzate amestecate cu apele de ploaie; în general se poate considera că este egal cu 50—100 % din consumul biochimic de oxigen al apelor uzate;

C — consumul biochimic de oxigen la 5 zile al apei emisarului înainte de deversor;

Q — debitul emisarului, rezultat din luarea în considerare a debitelor medii lunare minime cu asigurarea de 95%, determinate dintr-un șir de date de minimum 20 de ani;

Q_c — debitul de calcul al canalului (debitul orar maxim q și meteoric Q_{pl}) în amonte de deversor,

se determină consumul biochimic de oxigen la 5 zile al amestecului de ape uzate, de ploaie și din emisar, după deversor.

Dacă $CBO_5^{g,am}$ este mai mare ca CBO_5^{STAS} (consumul biochimic de oxigen la 5 zile al apelor emisarului, corespunzător categoriei de calitate conform STAS 4706-74, 5 mgf/dm³ — categoria I; 7 mgf/dm³ — categoria II și 12 mgf/dm³ — categoria III) este necesar să se determine cantitatea de ape uzate și meteorice ce poate fi evacuată direct în emisar. Cantitatea de ape uzate și meteorice Q_{adm} ce poate fi evacuată direct în emisar cu îndeplinirea condițiilor STAS 4706-74 rezultă din ecuația:

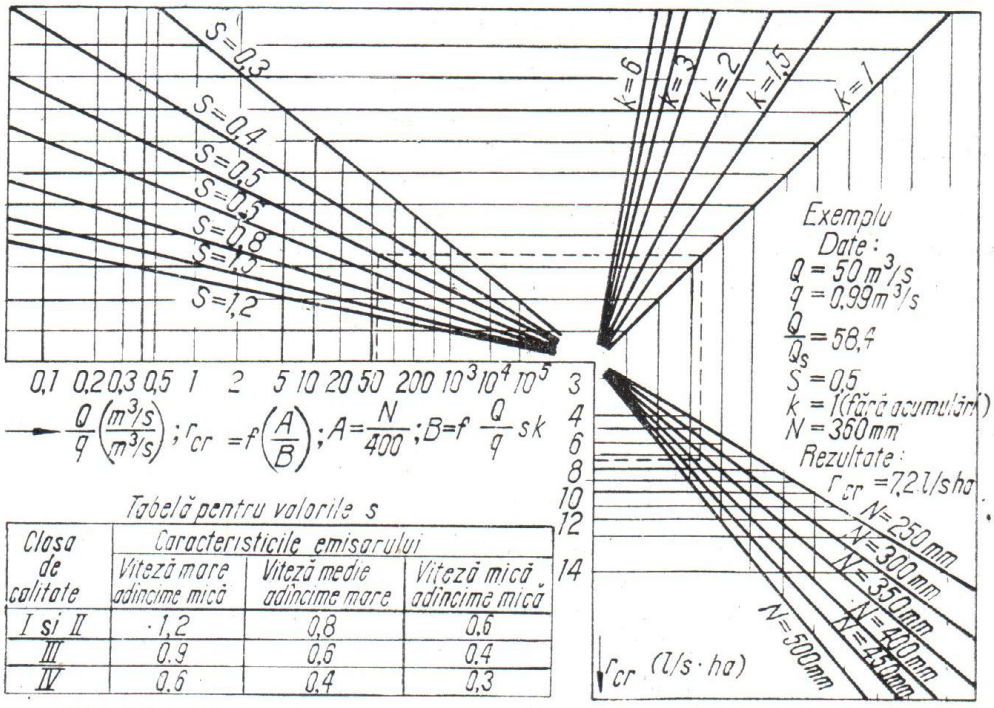
$$CBO_5^{STAS} = \frac{Q_{adm} \cdot c + Q \cdot C}{Q_{adm} + Q}. \qquad (4\text{-}3)$$

Dacă din Q_c (debitul de ape meteorice și uzate în amonte de deversor) se scade Q_{adm} se obține cantitatea de apă ce trebuie vehiculată mai departe sau trebuie înmagazinată.

Din motive tehnico-economice trebuie vehiculate spre stația de epurare debite ce nu depășesc de 3—5 ori debitul pe timp uscat q; restul de apă trebuie să fie înmagazinată în bazine de retenție a apei de ploaie.

În R. F. Germania dimensionarea deversoarelor se face pe baza *debitului critic specific de apă de ploaie* r_{cr}, care reprezintă cantitatea de apă de ploaie pînă la valoarea căreia nu trece peste deversor nici un fel de apă. Determinarea acestui parametru se face cu ajutorul graficului din figura 4.29. Se determină:

— raportul dintre debitul emisarului Q și al apelor uzate q;



Tabelă pentru valorile s

Clasa de calitate	Caracteristicile emisarului		
	Viteză mare adîncime mică	Viteză medie adîncime mare	Viteză mică adîncime mică
I și II	1,2	0,8	0,6
III	0,9	0,6	0,4
IV	0,6	0,4	0,3

Fig. 4.29. Diagramă pentru determinarea debitului critic specific (r_{cr}).

— posibilitatea de autoepurare a emisarului, exprimată prin valoarea s, în funcție de calitatea și viteza de curgere a apei emisarului conform tabelei din figura 4.29 (categoriile I și a II-a din tabelă pot fi asimilate cu categoria I din STAS 4706-74; categoria a III-a cu categoria a II-a, iar categoria a IV-a cu categoria a III-a din același STAS);

— coeficientul de acumulare k al rețelei cu ecuația:

$$k = \frac{V}{300\, Q_c}, \tag{4-4}$$

în care:

V este volumul tuturor spațiilor existente ce pot acumula ape de ploaie și uzate (bazine de apă de ploaie, canale etc.), în m³;

Q_c — cantitatea totală de ape uzate și de ploaie în amonte de deversor, în m³/s;

300 — secunde, timpul maxim de acumulare.

În cele mai multe cazuri, cînd nu există lucrări speciale de acumulare, $k = 1$;

— conform datelor meteorice, înălțimea medie N a precipitațiilor în semestrul de vară.

Debitul critic al apei de ploaie rezultă din relația:

$$Q_{cr} = r_{cr} \cdot \Phi \cdot S, \tag{4-5}$$

în care Φ este coeficientul de scurgere, iar S — suprafața bazinului afectată de deversor.

Debitul critic total, care reprezintă cantitatea de apă uzată și de ploaie ce este vehiculată mai departe prin rețeaua de canalizare, este dat de relația:

$$Q_{crt} = Q_{cr} + q, \tag{4-6}$$

în care q este debitul orar maxim aferent bazinului amonte de deversor.

Cantitățile de apă mai mari ca debitul critic total sînt deversate în emisar.

În Elveția debitul critic specific r_{cr}, numit și „ploaia limită", se consideră 10—15 dm³/s și ha; în R. F. Germania, r_{cr} se lua 6—10 dm³/s și ha.

Ținîndu-se seama, așa cum s-a arătat anterior, de calitatea apelor uzate și ale emisarului, autorul, în revista Hidrotehnica (aprilie 1964), în articolul „Considerații asupra raportului de diluare a apelor reziduale la evacuarea prin deversoarele de apă de ploaie", indică de asemenea o metodă practică de dimensionare a deversoarelor.

Exemplul de calcul 4.1. Un colector de canalizare transportă apele uzate colectate dintr-un bazin de canalizare a cărui suprafață $S = 30$ ha și care are un coeficient de scurgere $\Phi = 0{,}5$; debitul de ape uzate $q = 0{,}03$ m³/s; debitul emisarului în zona unde se propune a se construi un deversor de ape de ploaie, $Q = 5{,}0$ m³/s; timpul de parcurgere a apei în bazin pînă în zona deversorului este de 45 minute, iar lungimea corespunzătoare, $L = 3$ km; bazinul de canalizare se găsește în zona 1 conform STAS 9470-73; frecvența, ținînd seama de clasa de importanță a obiectivului, conform STAS 4273-76, se ia $f = 1$; consumul biochimic de oxigen la 5 zile al apei emisarului, $C = 2$ mgf/dm³; CBO_5 al apelor uzate amestecate cu apele meteorice, $c = 100$ mgf/dm³; calitatea apei în zona de deversare, conform STAS 4706-74 trebuie să corespundă categoriei II ($CBO_5^{STAS} = 7$ mgf/dm³); emisarul poate fi considerat că are o „viteză medie" de mișcare a apei (v. fig. 4.29); înălțimea medie a precipitațiilor pe semestrul de vară, $N = 400$ mm (v. fig. 4.29).

Să se calculeze cantitatea de apă ce poate fi evacuată în emisar, peste deversor, și cea care trebuie să fie vehiculată în continuare sau înmagazinată.

A. *Prima metodă*

Debitul apelor de ploaie: $Q_{pl} = m \cdot S \cdot \Phi \cdot i = 0{,}8 \times 30 \times 0{,}5 \times 75 = 0{,}9$ m³/s.

$CBO_5^{e \cdot am} = (cQ_c + CQ) / (Q_c + Q) = [100 \times (0{,}9 + 0{,}03) + 2 \times 5] / [(0{,}9 + 0{,}03) + 5] = 17{,}40$ mgf/dm³.

Deoarece $CBO_5^{e \cdot am} > CBO_5^{STAS}$, este necesar să se stabilească cantitatea de apă ce poate fi evacuată direct în emisar.

Cantitatea de apă ce poate fi evacuată direct în emisar: $(CBO_5^{STAS} = (Q_{adm} \cdot c + Q \cdot C) / (Q_{adm} + Q)$; $7 = (Q_{adm} \times 100 + 5 \times 2) / (Q_{adm} + 5)$; $Q_{adm} = 0{,}27$ m³/s.

Cantitatea de apă ce trebuie vehiculată sau înmagazinată este: $0{,}90 + 0{,}03 - 0{,}27 = 0{,}66$ m³/s; deoarece cantitatea de apă este mai mare decît 2—5 ori debitul orar maxim, se trimite mai departe, pe rețea, un debit de $3 \times 0{,}03 = 0{,}09$ m³/s (raport de diluare $n = 3$, iar coeficientul de diluare $n_0 = 2$); restul de apă ($Q_{b.r} = 0{,}66 - 0{,}09 = 0{,}57$ m³/s) se înmagazinează într-un bazin de retenție a apei de ploaie (v. exemplul 4.3).

B. *Metoda a doua*

Raportul: $Q/q = 5/0{,}03 = 167$.

Valoarea s se determină conform figurii 4.29 și considerînd că în tabela anexă a figurii clasa a III-a corespunde categoriei a II-a de calitate din STAS 4706-74, rezultă pentru o „viteză medie" de mișcare a apei în emisar, $s = 0{,}6$.

Înălțimea precipitațiilor în semestrul de vară, conform temei, $N = 400$ mm.

Coeficientul de acumulare, deoarece nu există lucrări speciale de acumulare, se ia $k = 1$.

Din figura 4.29 rezultă $r_{cr} = 6$ dm³/s și ha.

Debitul critic al apei de ploaie, conform relației (4-5) $Q_{cr} = r_{cr} \cdot \Phi \cdot S = 6 \times 0{,}5 \times 30 = 90$ dm³/s.

Debitul critic total, conform relației (4-6), $Q_{crt} = Q_{cr} + q = 90 + 30 = 120$ dm³/s = $= 0{,}12$ m³/s, cantitate de apă ce trece mai departe în aval prin colectorul de canalizare; raportul de diluare 4.

Cantitatea de apă ce este evacuată peste deversor direct în emisar este: $Q_c - Q_{crt} = (0{,}90 + 0{,}03) - 0{,}12 = 0{,}78$ m³/s.

C. *Metoda a treia*

Se consideră o ploaie limită de 10 dm³/s și ha.

Debitul critic al apei de ploaie, $Q_{cr} = 10 \times 0{,}5 \times 30 = 150$ dm³/s.

Debitul critic total, $Q_{crt} = 150 + 30 = 180$ dm³/s = 0,180 m³/s.

Cantitatea de apă ce este evacuată peste deversor direct în emisar: $Q_c - Q_{crt} = (0{,}90 + 0{,}03) - 0{,}180 = 0{,}72$ m³/s.

La prima metodă se evacuează direct în emisar 0,66 m³/s, la a doua 0,78 m³/s și la a treia 0,72 m³/s. Dacă se ține seama că la prima metodă s-a folosit un număr mai mare și mai concret de date de bază, rezultă că aceasta ar trebui considerată ca cea mai exactă.

4.6.2. Alcătuirea deversoarelor

Din punct de vedere constructiv, deversoarele sînt alcătuite din trei părți principale:

— camera de deversare, în care se găsește deversorul propriu-zis;

— canalul de evacuare a apei deversate în emisar (canalul deversor);

— gura de vărsare a canalului de evacuare.

Dimensiunile și forma camerei de deversare depind de tipul deversorului.

Deversorul propriu-zis poate fi de mai multe tipuri. Cel mai răspîndit este deversorul lateral (fig. 4.30). Se remarcă bancheta lată de 0,60 m, necesară întreținerii. Înălțimea între banchetă și planșeu este bine să nu coboare sub 1,80 m. Dacă debitele sînt mai mari, iar spațiul unde trebuie construit deversorul nu este prea mare, se recomandă folosirea deversoarelor duble (fig. 4.31),

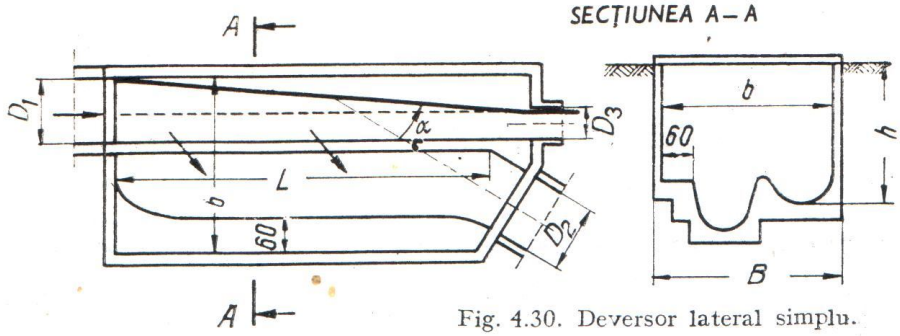


Fig. 4.30. Deversor lateral simplu.

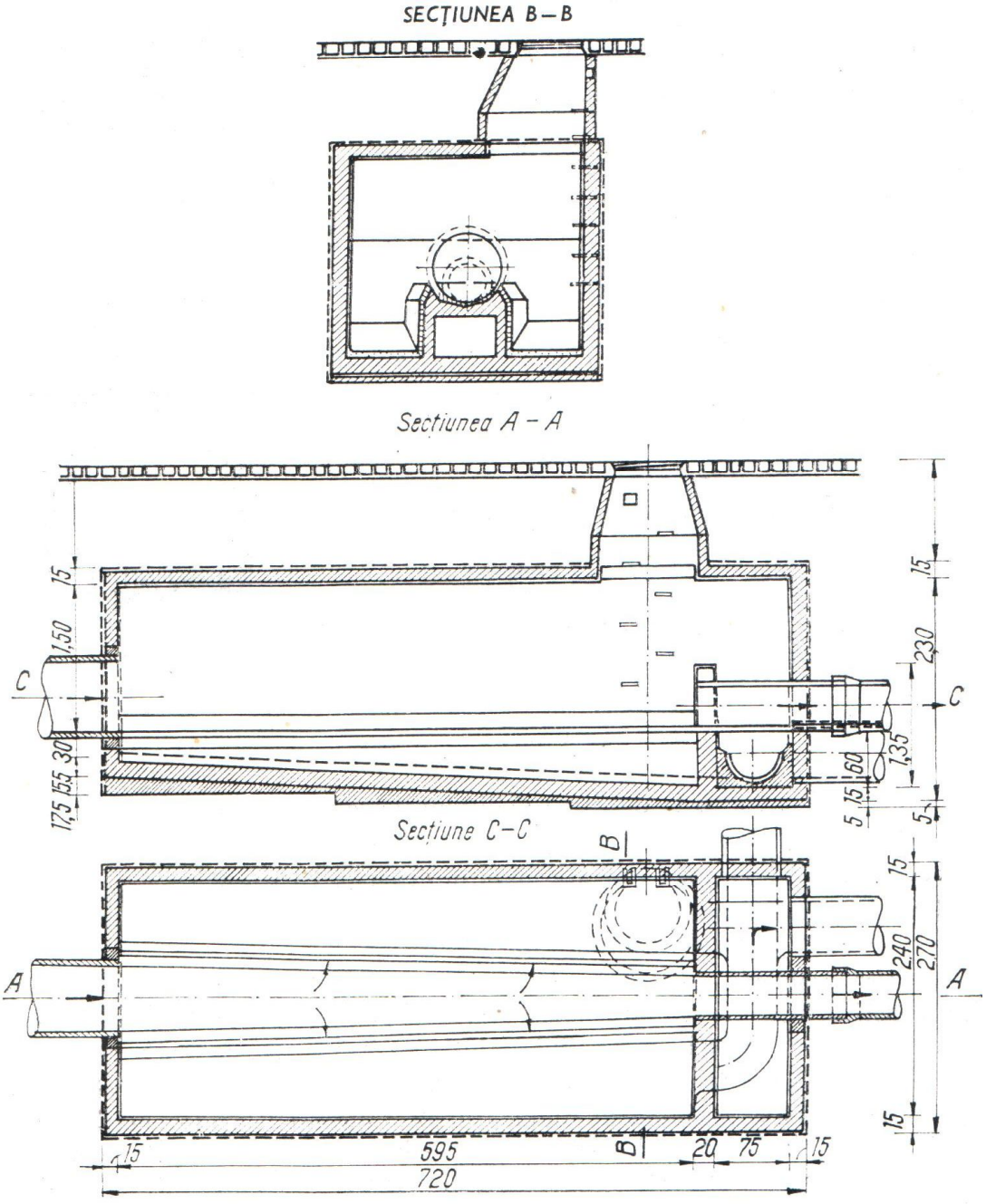


Fig. 4.31. Deversor lateral dublu.

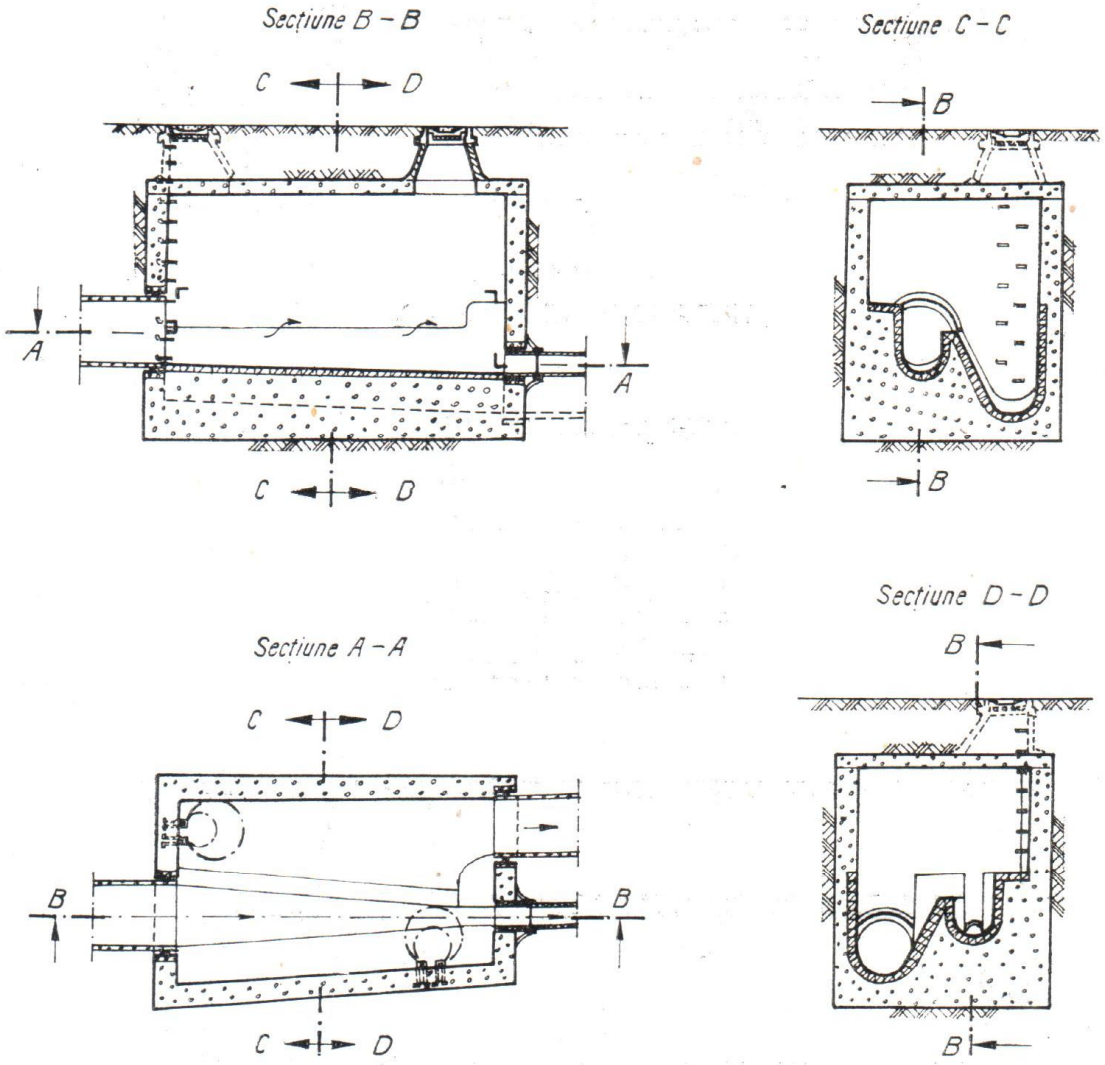


Fig. 4.32. Deversor cu strangulare.

care însă nu conduc și la dublarea debitului deversor în raport cu deversorul simplu, datorită micșorării sarcinii deversorului.

Un alt tip de deversor este așa-numitul deversor cu strangulare (fig. 4.32).

Deversoarele frontale drepte și curbe sînt mai rar folosite în prezent, deoarece conduc la pierderi importante de nivel.

Uneori problema depunerilor și antrenarea lor din camerele de deversare pot constitui teme de cercetare ce trebuie soluționate pe modele de laborator; montarea unor panouri submersibile soluționează în parte această problemă.

Deoarece camerele de deversare se amplasează întotdeauna în vecinătatea emisarilor, există posibilitatea inundării lor în timpul apelor mari. Dacă variațiile de nivel sînt mici, așezarea unor grinzi sau dulapi la gura canalului de deversare poate împiedica intrarea apei pe acesta; dacă variațiile de nivel sînt mari, pe canalul de deversare se montează stăvilare automate.

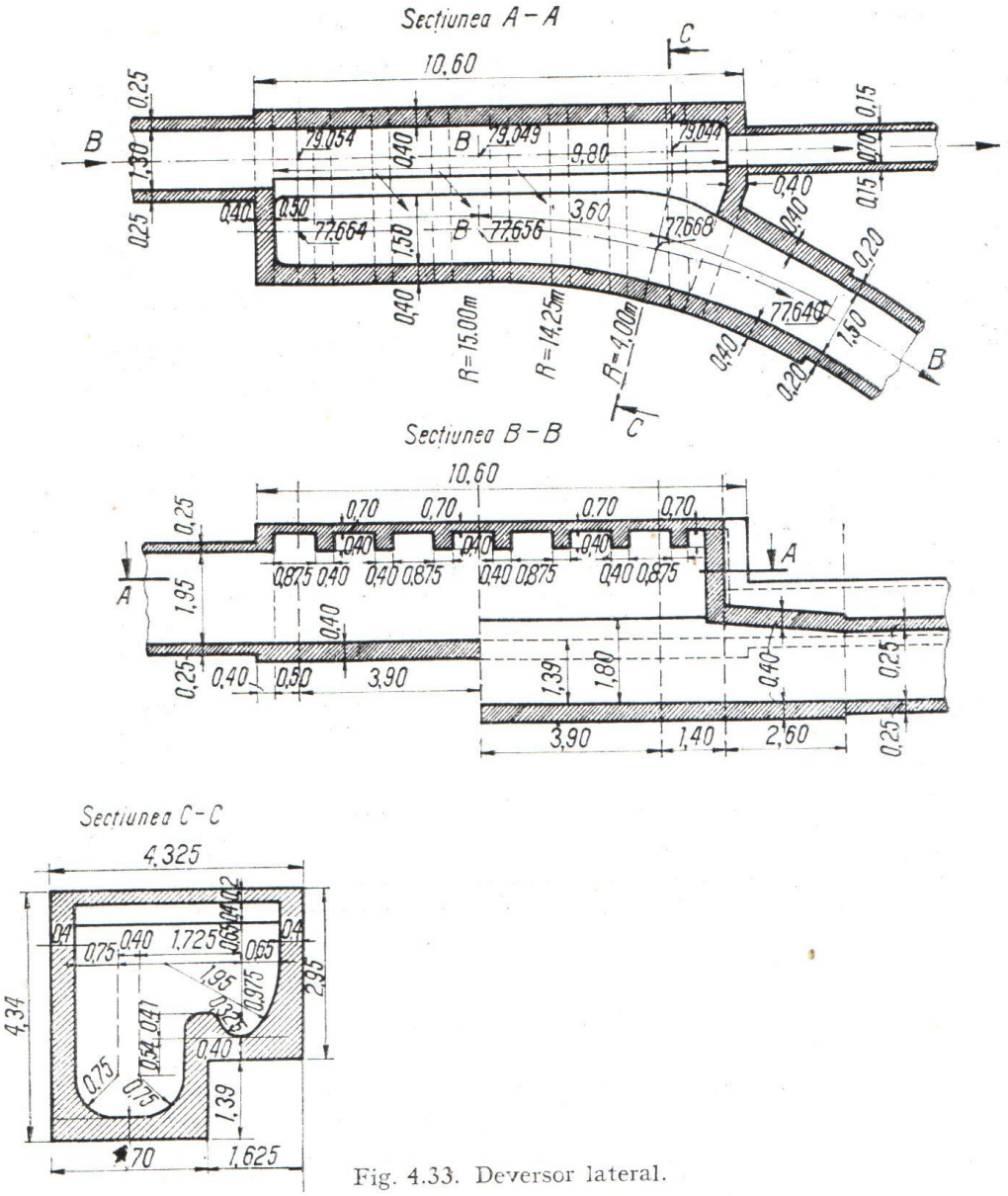


Fig. 4.33. Deversor lateral.

În zonele din apropierea stațiilor de epurare, respectiv în afară de intravilan, deversoarele de apă de ploaie pot fi amenajate sub forma unor construcții deschise.

În figura 4.33 se arată o cameră de deversare cu deversor lateral folosită în canalizarea orașului București. Camera (pereții, grinzile și planșeul) este executată din beton armat.

În figura 4.34 se arată un deversor lateral așezat pe un canal circular.

În ceea ce privește canalul de evacuare (canalul deversor) a apei deversate în emisar, el se proiectează și se execută în condiții similare canalelor din rețea.

Construcția gurii de descărcare a canalului deversor se execută în condițiile descrise la 4.8.

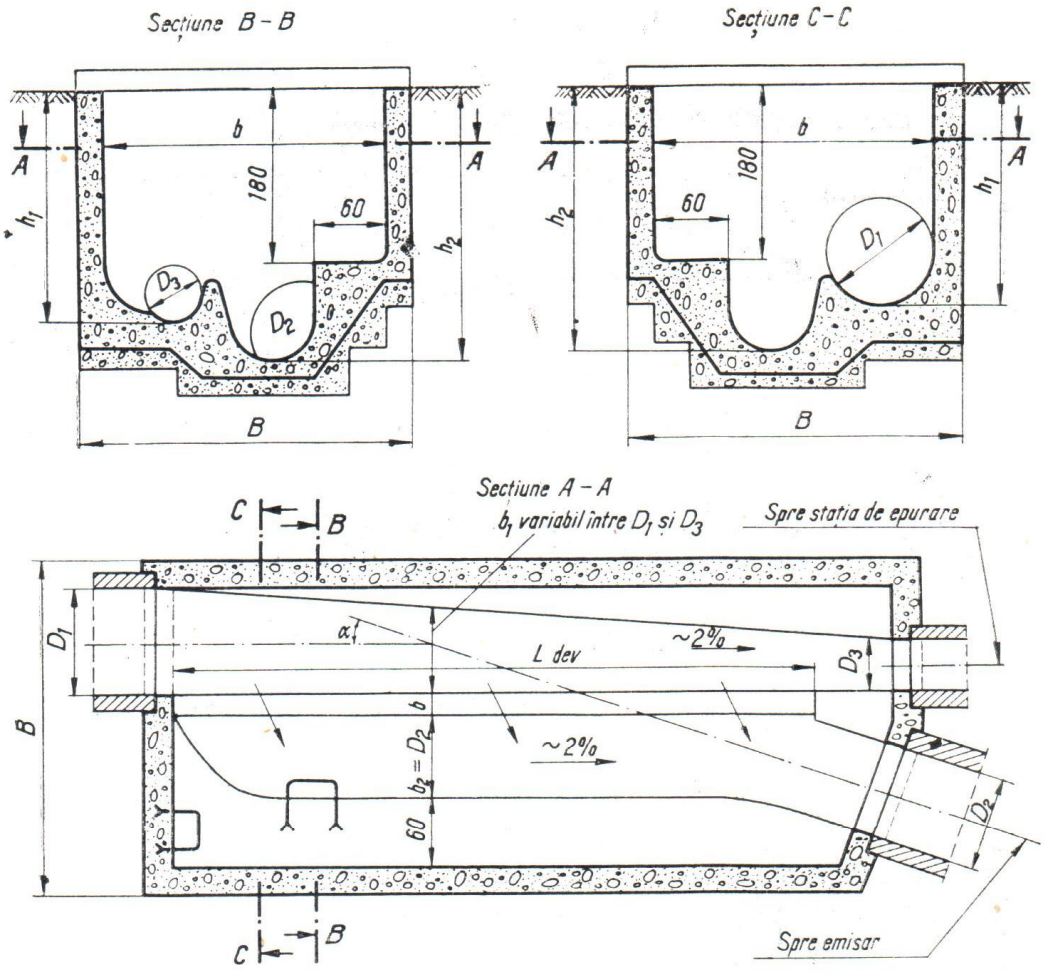


Fig. 4.34. Deversor pentru canale circulare, proiect tip (ISLGC-2280).

4.7. BAZINE PENTRU RETENȚIA APELOR DE PLOAIE

Bazinele pentru retenția apelor de ploaie au drept scop principal înmagazinarea unei cantități de apă uzată și de ploaie, în vederea micșorării debitelor de vîrf, care ar conduce la suprasolicitarea rețelei de canalizare, la supradimensionarea emisarului cînd apa de ploaie este deversată în acesta sau la tratarea unor ape de ploaie impurificate peste limitele normale.

Bazinele de apă de ploaie pot fi:

— pentru retenția apelor de ploaie (fig. 4.35, *a*);

— bazine pentru retenția și deversarea apelor de ploaie în emisar (fig. 4.35, *b*);

— bazine de decantare a apelor de ploaie (fig. 4.35, *c*).

Bazinele pentru retenția apelor de ploaie acumulează o parte din debitul de vîrf și-l transmit apoi rețelei fie prin gravitație, fie prin pompare. Dacă bazinul se găsește chiar în amonte de stația de epurare, el are rolul de a regla

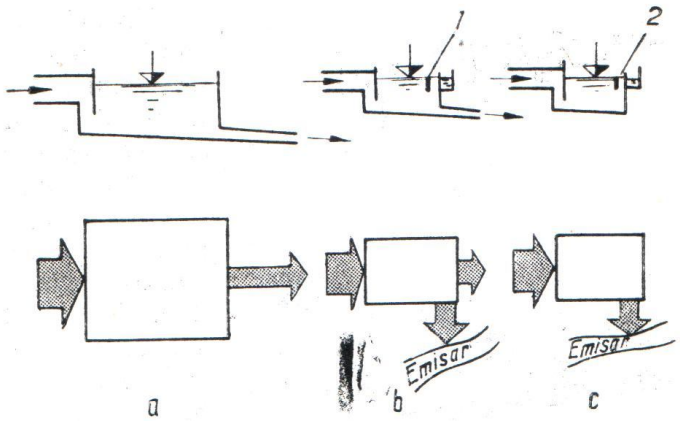


Fig. 4.35. Bazine pentru apele de ploaie:
1 – deversor; 2 – deversor și ieșire.

cantitatea de apă ce pătrunde în aceasta. În general, aceste bazine sînt anexe ale rețelei de canalizare; evacuarea apelor în întregime se face în rețea; numai uneori, pentru cazuri excepționale, sînt prevăzute deversoare care conduc apele spre emisarul cel mai apropiat.

Bazinele de retenția și deversarea apelor de ploaie în emisar implică în construcția lor un deversor pentru evacuarea unei părți din apă în emisar. În aceste bazine se realizează o preepurare a apei ce urmează a fi evacuată în emisar, cantitatea acesteia fiind funcție de calitatea și cantitatea apei emisarului. Ele se construiesc, în cele mai multe cazuri, ca anexă a deversoarelor și în special a acelora din fața stațiilor de epurare.

Bazinele de decantare a apelor de ploaie au ca scop principal epurarea — decantarea — acestora înainte de evacuarea lor în emisar, în special a apelor de ploaie provenite din sistemul separativ de canalizare.

Se menționează că de fapt nu se rețin numai ape de ploaie, ci în cele mai multe cazuri un amestec de ape de canalizare (ape de ploaie cu ape uzate).

Bazinele pot fi *închise* sau *deschise*. Bazinele închise sînt realizate de obicei din beton armat, sub nivelul solului, fiind amplasate în interiorul centrului populat. Bazinele deschise sînt amplasate în afara centrului populat, deoarece degajă gaze neplăcute; ele sînt executate uneori în depresiuni existente, în funcție de condițiile locale. În stațiile de epurare bazinele de apă de ploaie sînt deschise și în toate cazurile sînt realizate din beton armat.

Aceste bazine sînt necesare în rețelele de canalizare, de exemplu care transportă debite importante de apă de ploaie amestecată cu apă uzată sau, în locul unui colector cu secțiune mare, necesar numai în timp de ploaie, este mai avantajoasă construcția unui bazin de retenție cu sau fără deversor. Un calcul tehnico-economic poate stabili soluția optimă, însă trebuie avută în vedere necesitatea pompării apei din bazin (deoarece canalul aval are adîncime mai mare decît cel amonte — fig. 4.35), respectiv costul pompării, care poate interveni în mod hotărîtor.

Construcția unui bazin de retenție a apelor de ploaie poate elimina necesitatea refacerii rețelei de canalizare, pentru adoptarea unor diametre mai mari, cînd se construiesc ansambluri noi de locuințe ce îndesesc zonele existente. Debitele de vîrf ce nu pot fi transportate prin vechea rețea sînt preluate de bazinul de retenție.

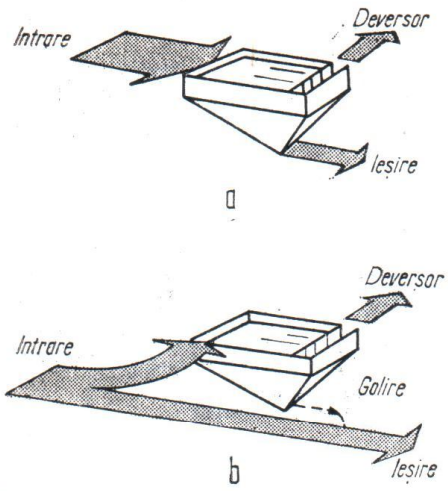


Fig. 4.36. Amplasarea pe orizontală a bazinelor pentru apele de ploaie: *a* — în serie; *b* — în paralel.

Uneori, datorită debitului mic al emisarului, apele de ploaie amestecate cu cele uzate nu pot fi deversate prin deversoarele de apă de ploaie cu respectarea condițiilor de calitate impuse de STAS 4706-74. În asemenea situații construcția unor bazine de retenție cu deversor poate crea condiții corespunzătoare deversării apelor amestecate în emisar prin înmagazinarea temporară a debitelor ce depășesc pe cele admise a fi evacuate în emisar; după încetarea ploii, apa înmagazinată este evacuată în emisar, în limitele permise, prin pompare sau prin gravitație.

Bazinele de retenție și în special cele prevăzute cu deversor sînt necesare aproape întotdeauna înaintea stațiilor de epurare care tratează ape uzate provenite dintr-o canalizare în sistem unitar. Deoarece în stațiile de epurare se primesc de obicei două debite orare maxime, cantitatea de apă suplimentară trebuie deversată în emisar; acesta însă, datorită condițiilor de calitate impuse de STAS 4706-74, nu poate primi decît o parte din apa ce trebuie deversată în emisar, iar restul se înmagazinează în bazine de retenție și deversare.

Bazinele de recepție ale stațiilor de pompare din cadrul rețelelor în sistem unitar sînt în fapt bazine de retenție a apelor de ploaie; prin înmagazinarea unei părți din apă se obține o putere instalată mai mică în stație și un diametru mai mic al conductelor de refulare.

Înmagazinarea apelor de ploaie trebuie analizată cînd se poate reduce volumul de ape supuse epurării, gradul de epurare, mărimea stației de pompare, cheltuielile de construcție pentru rețeaua de canale etc.

Amplasarea pe orizontală a bazinelor pentru apele de ploaie se poate face pe aceeași linie cu colectorul de canalizare — în serie — (fig. 4.36, *a*) sau în paralel cu acesta (fig. 4.36, *b*). În prima variantă, bazinul este traversat în permanență de apele uzate, deci atît pe timp uscat cît și pe ploaie; în cea de-a doua variantă, bazinul de apă de ploaie este amplasat lateral, el primind numai cantitățile de apă ce depășesc pe cele care trebuie să-și continue drumul în rețeaua de canalizare. Cînd construcțiile sînt folosite ca bazine pentru retenția apei de ploaie (deci nu au deversor), în prima variantă, după încetarea ploii, bazinul se golește automat, în funcție de secțiunea conductei aval; în cea de-a doua variantă, golirea se face prin intermediul unei conducte de legătură între bazine, care este de asemenea dimensionată pentru a primi numai cantitatea de apă ce nu depășește pe cea care trebuie să-și continue drumul în rețea.

Bazinele așezate în paralel sînt mai avantajoase, deoarece nefiind traversate în permanență de apă, în perioadele de timp uscat pot fi curățate, reparate etc.; de asemenea, în bazin, nu ajung suspensiile mai mari, acestea fiind antrenate pe colector, iar volumul de decantare este mai mare, deoarece nu toată apa traversează bazinul.

Amplasarea pe verticală este recomandabilă cînd condițiile locale permit ca ieșirea apei din bazin să se facă prin gravitație (fig. 4.37); dacă aceasta nu este posibilă, se impune construirea unei stații de pompare. Pomparea apelor de ploaie din bazine este aproape în toate cazurile neeconomică.

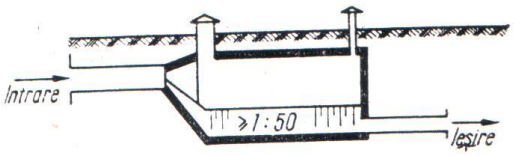


Fig. 4.37. Secțiune longitudinală printr-un bazin pentru reținerea apelor de ploaie.

La amplasarea pe verticală a bazinelor de apă de ploaie, trebuie avut în vedere că remuurile generate de acestea pot conduce la neajunsuri în exploatare, ca, spre exemplu, depuneri de suspensii în cantități mari, inundarea subsolurilor etc. De aceea, la proiectare, trebuie studiată în amănunt toată rețeaua de canalizare învecinată bazinului. Cînd condițiile locale permit, construcția unor bazine verticale (decantoare verticale) poate fi avantajoasă, îndeosebi datorită unei curățiri rapide a depunerilor ce se formează în acestea.

Bazinele orizontale (cu curgerea apei pe orizontală) necesită cheltuieli mai mari pentru curățirea depunerilor, în comparație cu cele verticale; pentru a ușura curățirea, uneori se compartimentează.

Rezultate foarte bune au dat bazinele cu deversarea apelor de ploaie din figura 4.38. Apa de ploaie și cea uzată parcurg în mod normal canalul închis așezat pe radierul bazinului; în momentul cînd cantitatea de apă ce pătrunde în bazin depășește pe cea care poate pleca prin canalul aval, începe acumularea, iar cînd se atinge nivelul crestei deversorului din amontele bazinului, începe deversarea. Suspensiile mari sînt antrenate prin canalul închis în timp ce suspensiile mai mici se depun pe radierul bazinului prevăzut cu o serie de jgheaburi. După încetarea ploii și golirea bazinului, depunerile sînt evacuate cu jeturi de apă prin canalul aval.

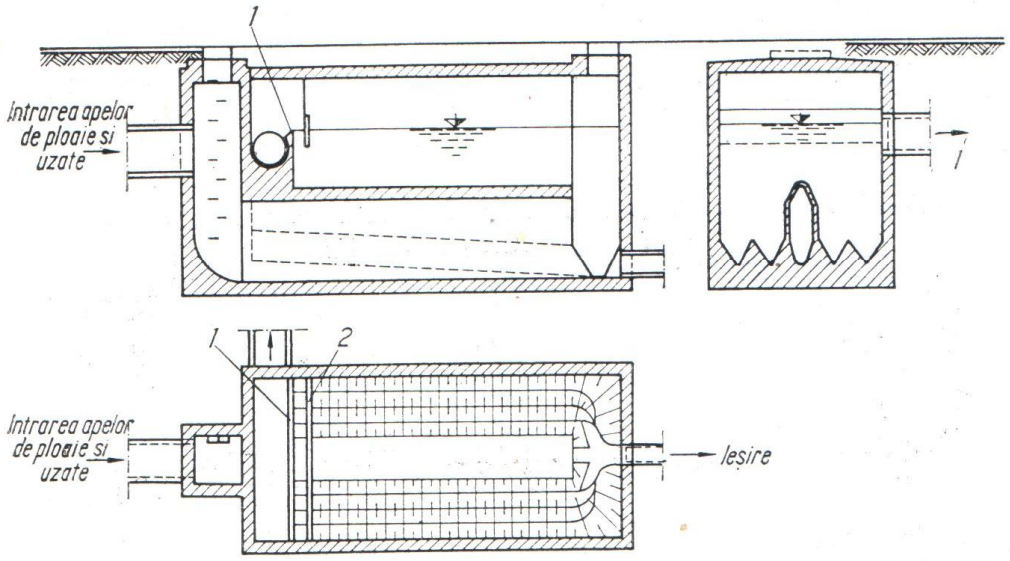


Fig. 4.38. Bazin de reținere și deversare a apelor de ploaie (sistem Mannes):
1 — deversor; *2* — perete semiscufundat.

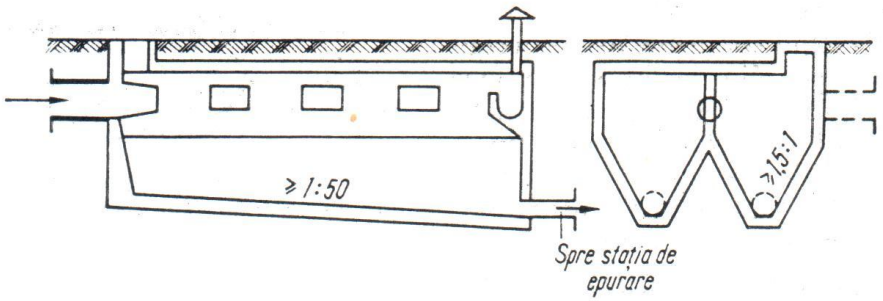


Fig. 4.39. Bazin orizontal pentru retenția și deversarea apelor de ploaie.

Un alt tip de bazin de retenție cu deversarea apelor provenite din sistemul unitar de canalizare este arătat în figura 4.39. Se remarcă o serie de detalii referitoare la panta radierului și a jgheaburilor, necesare unei bune colectări și evacuări a depunerilor.

Dacă din motive constructive, radierul trebuie să fie aproape orizontal (fig. 4.40) și în mod permanent bazinul trebuie să fie traversat de ape uzate, pe radier se execută o rigolă, iar pentru curățirea depunerilor se folosesc racloare.

Apa necesară curățirii și antrenării depunerilor de pe radierul bazinului poate fi luată din bazin, în care scop se acumulează în timpul ploii într-un cămin alăturat cantitatea de apă considerată necesară, sau de la rețeaua de alimentare cu apă, însă nu printr-un branșament fix, ci prin intermediul unui furtun.

În fața deversoarelor, la bazinele cu deversarea apelor de ploaie, se așază pereți semicufundați pentru reținerea suspensiilor plutitoare.

La bazinele închise este necesară prevederea unei iluminări artificiale (apărată contra exploziilor) și aerisire corespunzătoare, uneori chiar artificială.

O atenție deosebită trebuie dată regulilor de protecția muncii la bazinele închise, deoarece gazele rezultate de la fermentarea nămolului depus pot provoca explozii, intoxicații etc.

Bazinele deschise, în pământ, pentru apele de ploaie își găsesc mai rar aplicarea, deoarece condițiile locale nu permit întotdeauna construcția lor. Ele au înfățișarea unor iazuri, care au taluzurile și parțial radierul înierbate

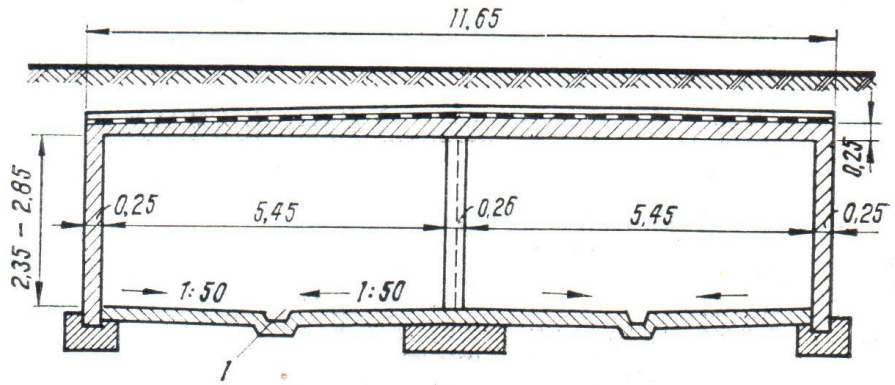


Fig. 4.40. Bazin pentru retenția apelor de ploaie cu radier orizontal și cu rigole:

1 — rigolă de evacuare a apei și nămolului.

sau pereate cu plăci de beton. Uneori bazinele deschise, în pămînt, sînt executate în trepte.

Pentru a evita diferite accidente, bazinele deschise sînt împrejmuite.

În ceea ce privește *proiectarea bazinelor pentru retenția apelor de ploaie*, determinante sînt mărimea și durata debitelor de intrare și ieșire din bazin. Cantitatea de apă care pătrunde în bazin se determină așa cum s-a arătat; cantitatea de apă ce iese din bazin depinde de dimensiunile canalului din aval, ea fiind variabilă de-a lungul întregii durate a acumulării, datorită nivelului de apă variabil din bazin. Pentru calcul, se determină debitul mediu al canalului aval (dacă acesta este deja construit), cu relația:

$$Q_m = \frac{1}{2}(Q_{min} + Q_{max}), \tag{4-7}$$

în care:

Q_{min} este debitul canalului aval la grad de umplere maxim și nivel liber;

Q_{max} — debitul canalului aval, corespunzător nivelului maxim al apei în bazin.

În general, volumul bazinului de retenție trebuie să rezulte din luarea în considerare a curbelor care indică variația debitelor de intrare și ieșire. În figura 4.41, *a*, volumul bazinului este dat de suprafața hașurată, iar în figura 4.41, *b*, de diferența între ordonatele celor două curbe, care reprezintă suma debitelor intrate și ieșite.

Deficiența acestei metode constă în necunoașterea intensității și duratei ploii care va determina valoarea maximă a volumului bazinului. Ar trebui făcute numeroase încercări cu durate și intensități diferite ale ploilor, sau luată în calcul o ploaie de durată și intensitate maximă.

Annen și Londong [1] în anul 1960 au stabilit o metodă simplă și suficient de precisă pentru dimensionarea acestor bazine. Pentru aplicarea acestei metode trebuie să se cunoască:

S — suprafața bazinului de canalizare din care pătrund apele uzate și meteorice în bazinul de retenție, în ha;

Φ — coeficientul de scurgere;

t — timpul de curgere a apei în bazinul de canalizare, pînă la bazinul de retenție, în min;

i_{15} — intensitatea ploii de calcul pentru $t = 15$ min, conform STAS 9470-73, în dm³/s și ha;

Q_m — debitul canalului aval bazinului, conform ecuației (4-7), în dm³/s:

$$Q_{15} = i_{15} \cdot S \cdot \Phi \ [\text{dm}^3/\text{s}] \tag{4-8}$$

$$\eta = \frac{Q_m}{Q_{15}}. \tag{4-9}$$

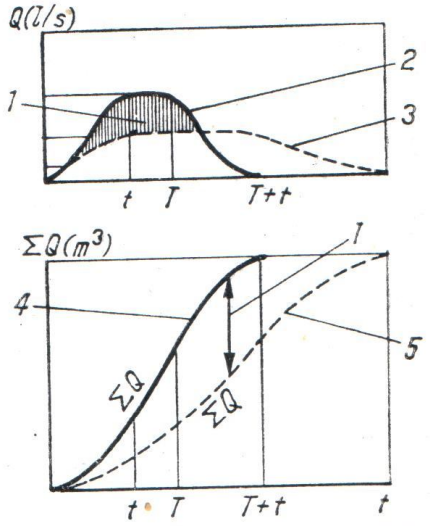


Fig. 4.41. Stabilirea pe cale grafică a volumului bazinelor de retenție a apelor de ploaie:

1 — volumul bazinului de retenție; *2* — curba debitelor intrate în bazinul de retenție; *3* — curba debitelor ieșite din bazinul de retenție; *4* — curba debitelor intrate în bazinul de retenție (suma); *5* — curba debitelor ieșite din bazinul de retenție (suma); *t* — timpul de scurgere; *T* — durata ploii.

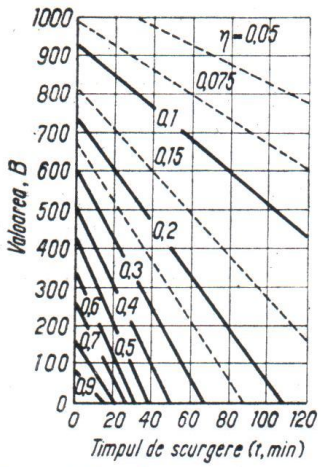


Fig. 4.42. Grafic pentru dimensionarea bazinelor de retenție a apelor de ploaie (după Annen și Londong).

Din graficul din figura 4.42 se determină valoarea B, cu ajutorul căreia se stabilește volumul bazinului de retenție cu ecuația:

$$V_r = \frac{B \cdot Q_{15}}{1\,000} \ [\text{m}^3]. \qquad (4\text{-}10)$$

Exemplul de calcul 4.2. Să se dimensioneze bazinul pentru retenția apelor de ploaie, cunoscîndu-se următoarele date: $S = 50$ ha, $t = 30$ min, $\Phi = 0{,}5$; bazinul de canalizare se încadrează în zona 18 din STAS 9470-73; frecvența ploii de calcul, conform STAS 4273-76, se ia 1/1; diferența de nivel a apei între amonte și aval, în bazinul de retenție este de 3,0 m; la evacuarea apei din bazin, canalul aval are diametrul $Dn = 300$ mm și panta $I = 0{,}001$; la 60 m de bazin se găsește un cămin de vizitare.

Debitul minim al canalului aval Q_{min}, la curgerea liberă, ținînd seama de $Dn = 300$ mm și $I = 0{,}001$, este $Q_{min} = 30$ dm³/s.

Debitul maxim al canalului aval Q_{max}, ținînd seama că diferența de nivel a apei în bazin este de 3 m și că în căminul aval nivelul apei va fi la nivelul crestei canalului (deci $i = 0{,}05$ și $Dn = 300$ mm), $Q_{max} = 210$ dm³/s.

Debitul mediu al canalului aval, conform relației (4-7), este: $Q_m = 1/2\,(30 + 210) = 120$ dm³/s.
Conform STAS 9470-73, $i_{15} = 110$ dm³/s și ha.
$Q_{15} = S \cdot \Phi \cdot i = 50 \times 0{,}5 \times 110 = 2750$ dm³/s.
$\eta = Q_m/Q_{15} = 120/2750 = 0{,}0435$.
Conform figurii 4.42, $B = 1\,000$.
Volumul rezervorului de retenție este: $V = B \cdot Q_{15}/1\,000 = 1\,000 \times 2\,750/1\,000 = 2\,750$ m³.
Suprafața orizontală a bazinului, $S_0 = 2\,750/3 = 916$ m²; se execută un bazin cu o suprafață pătrată 30 × 30 m, compartimentat și cu radierul în formă de jgheaburi.

Proiectarea bazinelor de retenție și deversare a apelor de ploaie necesită atît luarea în considerare a debitului ce poate fi vehiculat prin canalul aval de bazin, cît și a calității și cantității de apă amestecată ce poate fi evacuată în emisar.

De aceea, se determină în primul rînd debitul apelor de ploaie cu relația (2-6), $Q_{pl} = m \cdot S \cdot \Phi \cdot i$.

Se determină apoi consumul biochimic de oxigen la 5 zile a amestecului de apă uzată, de ploaie și din emisar $CBO_5^{c\cdot am}$ cu ecuația (4-2).

Se determină cantitatea de apă uzată și de ploaie Q_{adm} ce poate fi evacuată direct în emisar, cu îndeplinirea condițiilor STAS 4706-74, cu ecuația (4-3).

Debitul ce trebuie înmagazinat $Q_{b.r}$ rezultă din relația:

$$Q_{b.r.} = Q_c - nq - Q_{adm}, \qquad (4\text{-}11)$$

în care:

Q_c este suma debitelor de apă uzată și de ploaie, $Q_c = q + Q_{pl}$;
n — raport de diluare; se ia maximum 5 în interiorul rețelei și 2 înainte de stația de epurare;
q — debitul orar maxim al apelor uzate;
Q_{adm} — definit anterior.

Volumul bazinului de retenție și deversare rezultă din luarea în considerare a prevederilor literaturii de specialitate [33], care recomandă un timp de rămînere a apei în bazin de 10 min și în cazuri excepționale de maximum 20 min.

W. Triebel (în 1975) recomandă o altă metodă: după calculul valorii r_{cr} se stabilește raportul de diluare n și se determină debitul specific de ploaie cu relația:

$$q_{p.sp} = \frac{Q'}{S \cdot \Phi} [\text{dm}^3/\text{s și ha}], \qquad (4\text{-}12)$$

în care:

S este suprafața bazinului, în ha;
$Q' = Q_m - q$;
Φ — coeficient de scurgere.

Din graficul din figura 4.43, ținînd seama de $q_{p.sp}$ și r_{cr}, se determină parametrul i, cu ajutorul căruia se stabilește volumul bazinului de retenție și deversare cu relația:

$$V = i \cdot S \cdot \Phi \cdot L, \qquad (4\text{-}13)$$

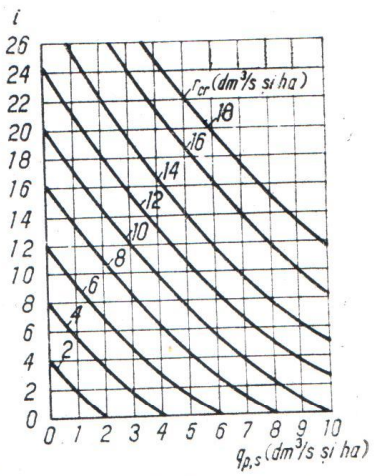


Fig. 4.43. Grafic pentru dimensionarea bazinelor de retenție și deversare a apelor de ploaie.

în care L este lungimea drumului parcurs de apă pînă la bazinul de retenție și deversare, în km.

Normativul elvețian recomandă ca volumul rezervorului să corespundă la reținerea timp de 10 min a unui debit specific de 10—15 dm³/s și ha; cantități de apă de 40 dm³/s și ha vor trebui să poată traversa bazinul, în timp ce debitele mai mari vor trece în aval printr-un by-pass.

Imhoff [13] recomandă volumuri corespunzătoare înmagazinării a 1,5 debite orare maxime.

Deoarece bazinele de retenție și deversare a apelor de ploaie pot primi uneori ape uzate cu produse petroliere, se recomandă ca încărcarea superficială să nu depășească 10—15 m/h.

Exemplul de calcul 4.3. Folosind datele și rezultatele din exemplul 4.1, să se stabilească volumul și dimensiunile rezervorului de retenție și deversare a apelor de ploaie.

A. *Prima metodă*

În exemplul 4.1 s-au determinat: $Q_{pl} = 0{,}9$ m³/s; $CBO_5^{e.am} = 17{,}40$ mgf/dm³; $Q_{adm} = 0{,}27$ m³/s; $Q_{b.r} = 0{,}57$ m³/s.

Volumul de înmagazinare timp de 10 min: $V_1 = 10 \times 60 \times 0{,}57 = 342$ m³.

Încărcarea superficială pentru o adîncime a bazinului de 2 m este 12 m/h, încadrîndu-se în prevederile de mai sus.

B. *Metoda Triebel*

Din exemplul 4.1, $r_{cr} = 6$ dm³/s și ha.

Debitul specific de ploaie, ținînd seama că în rețeaua de canalizare circulă în continuare în aval de deversor, $Q = 0{,}09$ m³/s (v. ex. 4.1), este $q_{p.sp} = Q'/S \cdot \Phi = 60/30 \times 0{,}5 = 4$ dm³/s și ha.

Parametrul i, conform figurii 4.43, pentru $r_{cr} = 6$ dm³/s și ha și $q_{spl} = 4$ dm³/s și ha este, $i = 2{,}8$.

Volumul bazinului de retenție și deversare din ecuația (4-13) este: $V_2 = i \cdot S \cdot \Phi \cdot L = 2{,}8 \times 30 \times 0{,}5 \times 3 = 126$ m³.

C. *Metoda după normativul elvețian*

Volumul de înmagazinare V_3, considerînd un debit specific de 10 dm³/s și ha și 10 min timp de înmagazinare, este: $V_3 = 10 \times 60 \times 0{,}01 \times 30 = 180$ m³.

D. *Metoda Imhoff*

$V_4 = 1{,}5 \times 0{,}03 \times 3\,600 = 162$ m³.

Concluzie. Volumele de înmagazinare variază după cele patru metode, de la simplu la de trei ori; proiectantul urmează a decide, în funcție de condițiile locale și de faptul că la prima metodă sînt folosite date de bază mai multe și mai concrete.

4.8. GURI DE DESCĂRCARE

Gurile de descărcare sînt construcții care se execută în punctul de descărcare a apelor de canalizare în emisari. Forma și dimensiunile lor depind de mărimea emisarului, de cantitatea și calitatea apelor ce se evacuează etc.

Gurile de descărcare trebuie să asigure o evacuare normală a apelor din punct de vedere hidraulic; pe de altă parte, ele trebuie să nu producă degradări ale albiei emisarului sau alte perturbări în scurgerea obișnuită a acestuia.

Se recomandă ca așezarea gurilor de descărcare să se facă sub un unghi de 30—45° față de direcția de curgere a emisarului.

Gurile de descărcare necesare evacuării apelor uzate provenite din sistemul divizor de canalizare, precum și cele din sistemul unitar de canalizare, epurate mecanic sau biologic, trebuie să asigure o cît mai bună dispersie a apelor de canalizare în emisar, respectiv un amestec cît mai bun.

Pentru emisari cu debite mici (sub 5—10 m^3/s) se pot adopta construcții asemănătoare celor din figurile 4.44 și 4.45.

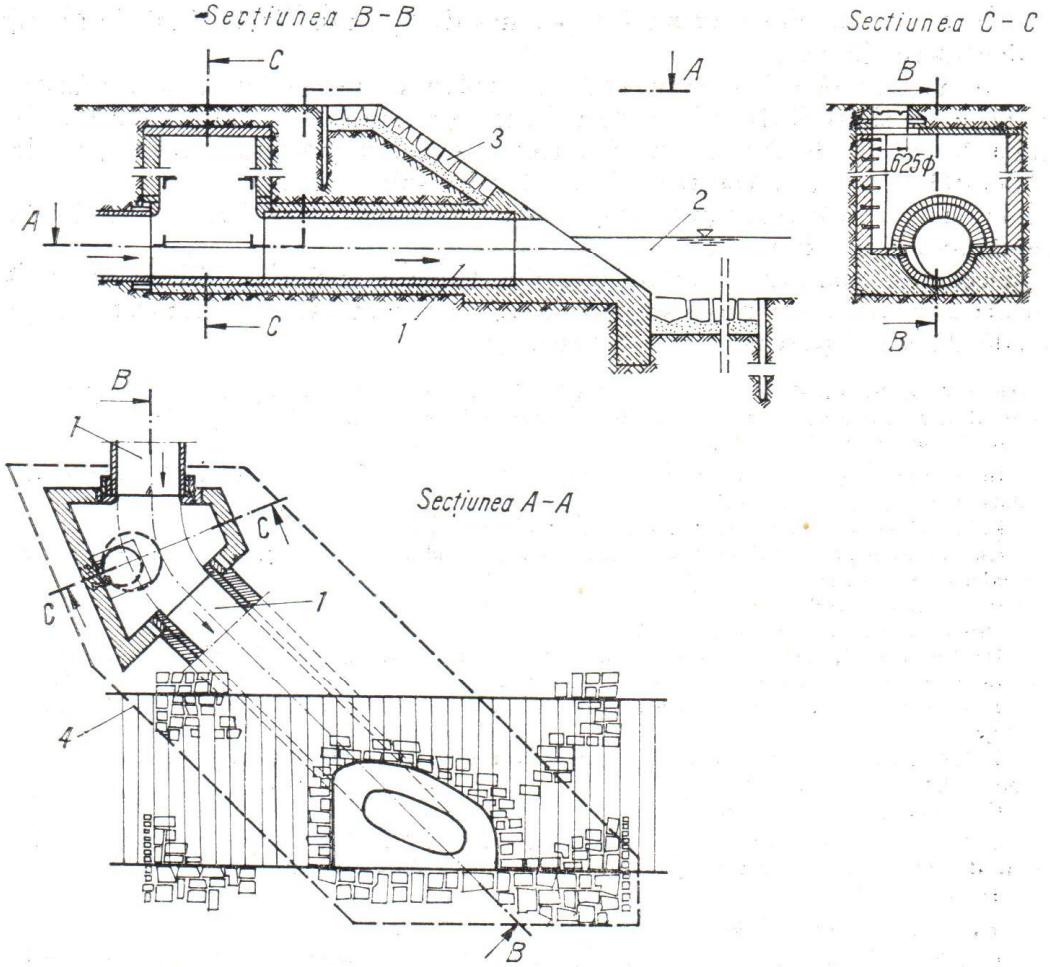


Fig. 4.44. Gură de descărcare pentru emisari cu debite mici:
1 — tuburi de beton; *2* — emisar; *3* — pereu; *4* — palplanșe.

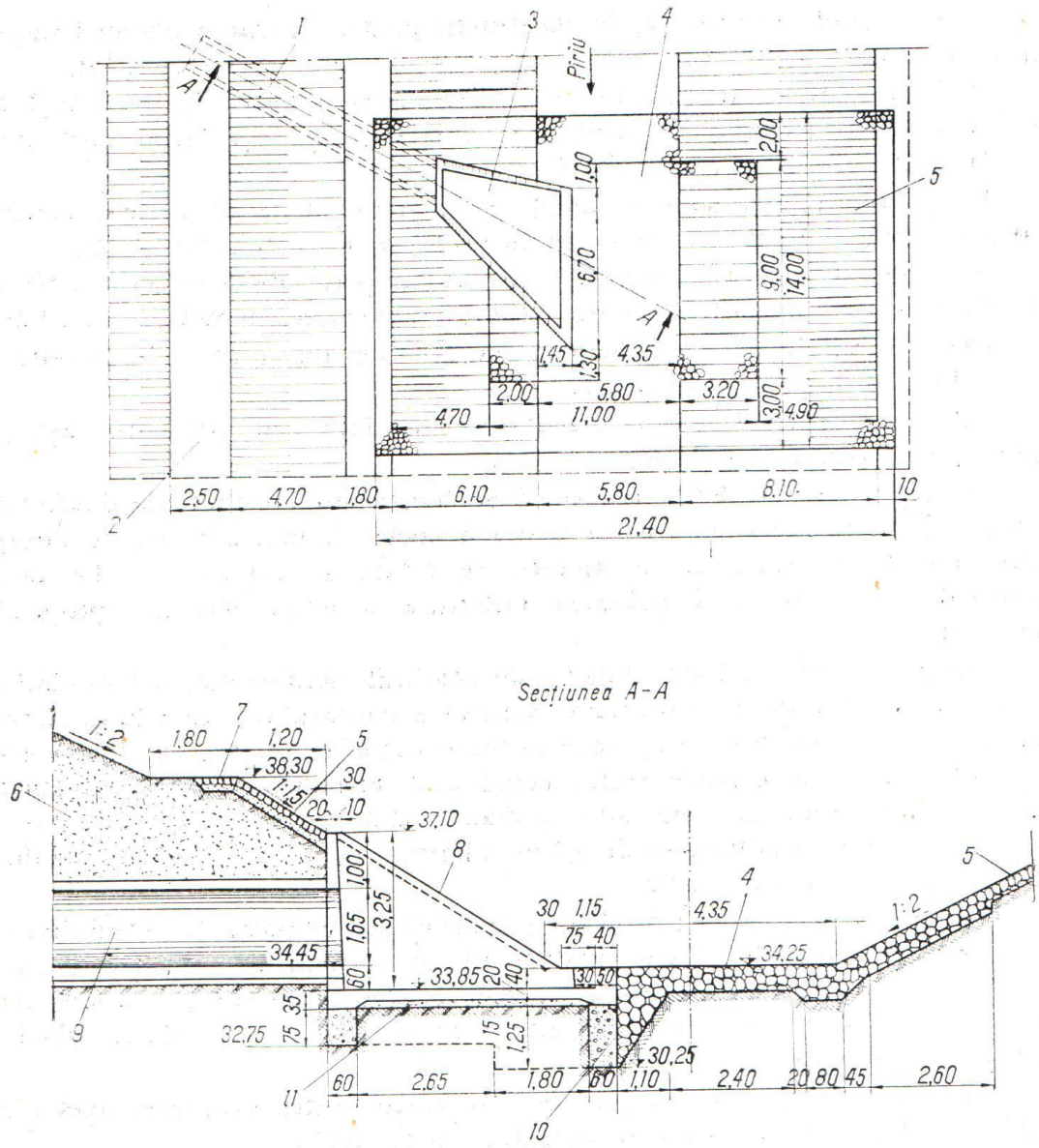


Fig. 4.45. Gură de descărcare pentru emisari cu debite mici (cu aripi pentru protecția taluzurilor):
1 — canal deversor; *2* — dig de pământ; *3* — gură de descărcare; *4* — protecție din anrocamente de minimum 30 cm grosime; *5* — pereu uscat de 20 cm grosime; *6* — umplutură de pământ; *7* — fundație de balast de 10 cm grosime; *8* — aripi din beton armat; *9* — canal de descărcare ovoidal; *10* — fundație de beton; *11* — beton de egalizare.

În apropierea punctului de evacuare se construiește un cămin de vizitare (fig. 4.44). Dacă înainte de evacuare canalul este perpendicular pe direcția de curgere a emisarului, în cămin se curbează canalul astfel încît să se obțină înclinarea necesară față de emisar. Dacă emisarul are o albie adîncă, iar radierul canalului care urmează a se evacua se găsește la un nivel mai ridicat față de acesta, se va evita să se dea o pantă prea mare canalului în punctul de descărcare, pentru a nu produce degradarea albiei.

Se recomandă executarea de construcții pentru disiparea energiei în zonele de contact între apele emisarului și cele de canalizare (fig. 4.45).

Radierul gurii de descărcare se va așeza la o astfel de înălțime față de patul emisarului, încît să se împiedice colmatarea canalului prin substanțele în suspensie aduse de apa emisarului.

Pe porțiunea între căminul menționat și punctul de descărcare, canalul (pentru dimensiuni mici) trebuie să se protejeze cu beton (fig. 4.44).

În locul unde se termină canalul se execută un perete de beton de 40—50 cm grosime și circa 1,0 m adîncime sub patul rîului, pentru consolidarea canalului.

Patul rîului cît și taluzurile se perează pe cel puțin 10 m în amonte și 30 m în aval de punctul de descărcare.

Întreaga construcție este asigurată, cîteodată, cu palplanșe așezate împrejurul acesteia (fig. 4.46).

Pentru emisari cu debite mai mari, se construiesc conducte de descărcare așezate în patul acestora, care evacuează apele cît mai aproape de talveg. Prin aceasta se realizează o amestecare totală și rapidă a celor două feluri de apă și se evită poluarea puternică a emisarului în apropierea malului.

Lungimea conductei este funcție de condițiile locale: mai redusă cînd se alege pentru descărcare o porțiune concavă a emisarului și mai lungă într-o zonă convexă, care trebuie aproape în toate cazurile evitată. În figura 4.47 se arată gura de descărcare pentru canalizarea orașului Duisburg. Conducta de evacuare are lungimea de 130 m și diametrul de 1,5 m. Tranșeea de pozare a conductei a avut adîncimea de 3,2 m și lățimea de 2,5 m. Deasupra conductei s-a așezat piatră spartă.

Pentru evacuarea apelor de ploaie (canale de apă de ploaie în sistem divizor și canale deversoare), debitele fiind de 30—50 ori mai mari decît cele uzate sau provenite din sistemul unitar, gurile de descărcare au dimensiuni mai mari și trebuie să fie astfel construite, încît să se evite degradarea albiei și stînjenirea navigației.

În figura 4.48 se arată o gură de descărcare pentru evacuarea apelor de ploaie, folosită în canalizarea orașului Charlottenburg.

Gurile de descărcare necesită de cele mai multe ori dispozitive de închidere, care trebuie să împiedice intrarea apei emisarului în canalizare, în timpul apelor mari. În forma cea mai simplă, aceste închideri constau din grinzi de lemn sau metalice care se așază manual în niște ghidaje metalice.

Închideri mai etanșe se realizează cu ajutorul clapetelor și vanelor de perete. În figura 4.49 se arată o clapetă de închidere care oscilează în jurul unui ax așezat deasupra canalului. O contragreutate ușurează oscilarea acesteia cînd apele de ploaie sînt evacuate în emisar. Dacă apa emisarului depășește nivelul apei din gura de descărcare, clapeta se închide automat datorită presiunii mai mari din exterior.

Vanele de perete sînt acționate manual, sau pot fi automatizate în funcție de nivelul apei din emisar și din gura de descărcare.

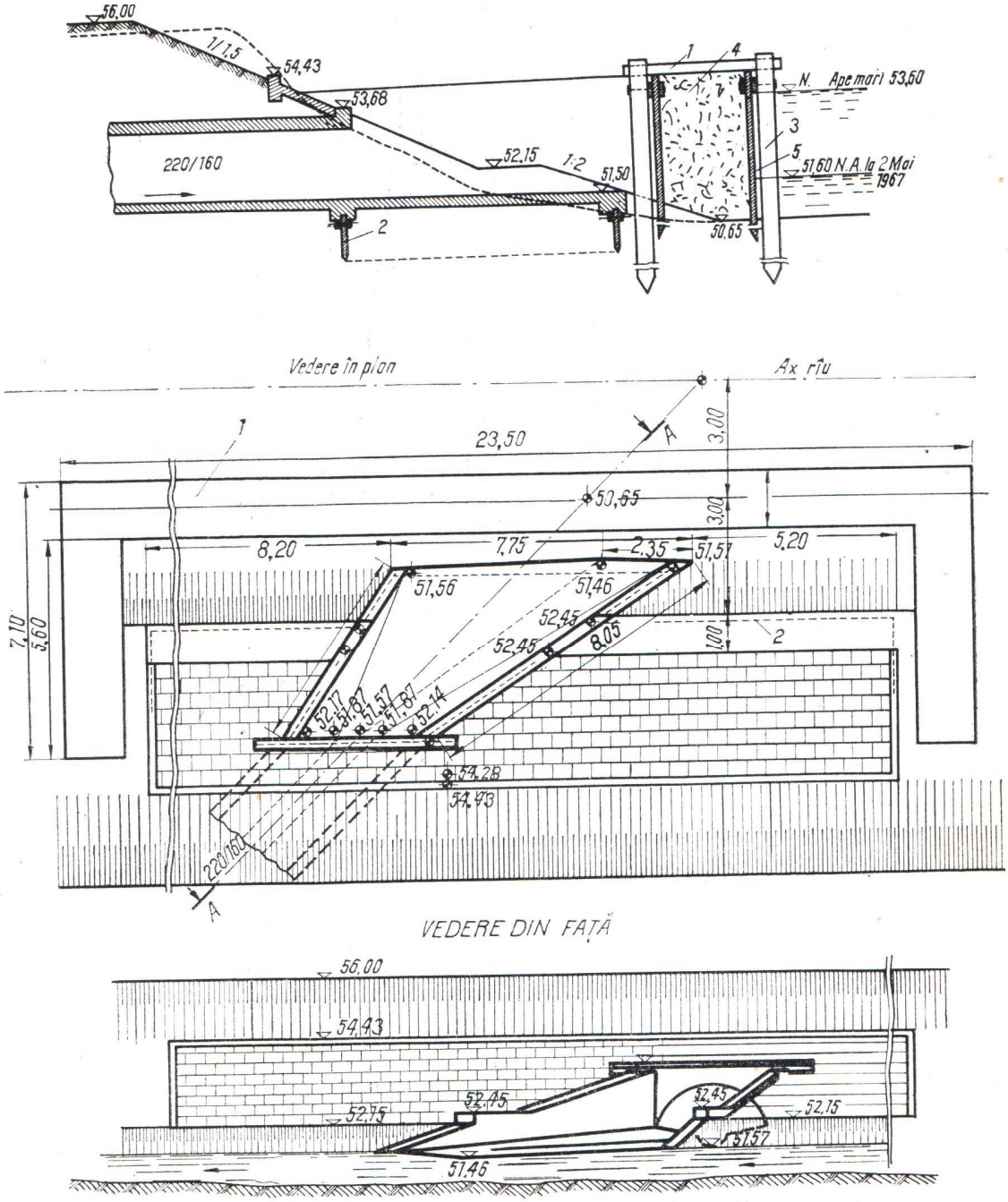


Fig. 4.46. Gură de descărcare pentru un colector de canalizare:
1 — batardou; *2* — palplanșe $2,5 \times 0,06 \times 0,20$; *3* — piloți Ø 20, $l = 7,0$ m; *4* — umplutură de argilă; *5* — palplanșe $5 \times 0,06 \times 0,20$.

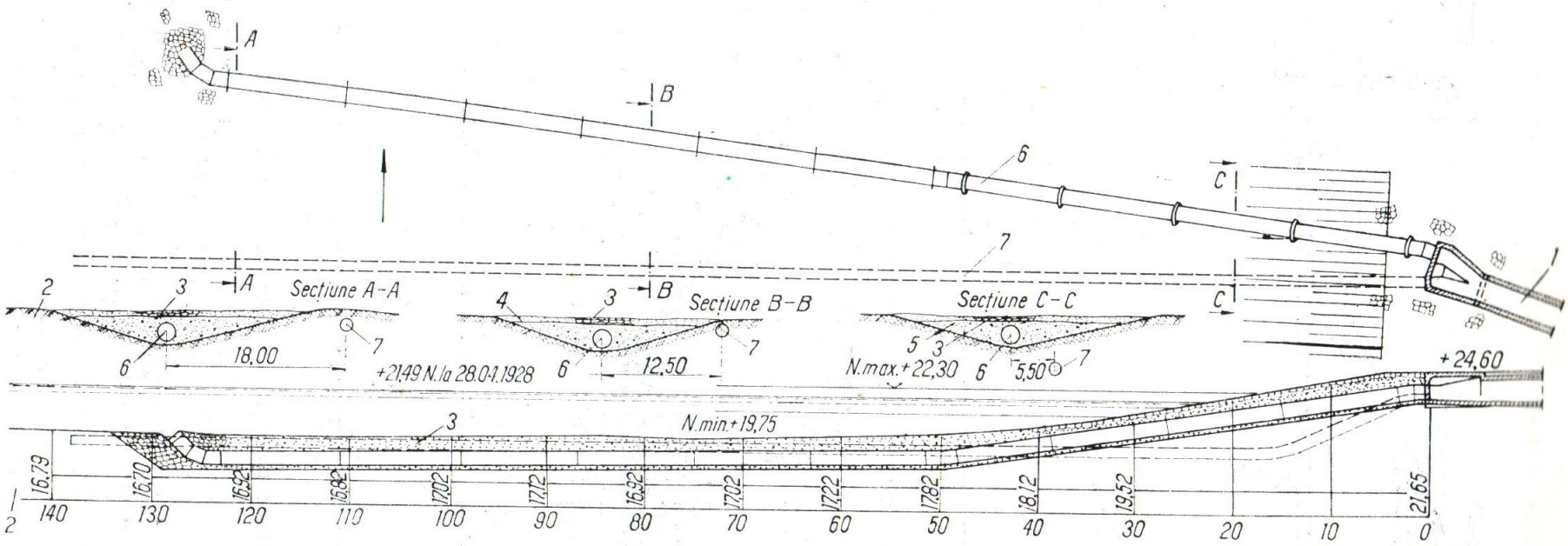


Fig. 4.47. Gură de descărcare cu conductă de evacuare a apei uzate orășenești în albie (Duisburg):
1 — canal de ape uzate; *2* — patul fluviului Rin; *3* — piatră spartă; *4* — nisip; *5* — pietriș; *6* — conducta nouă; *7* — conducta veche.

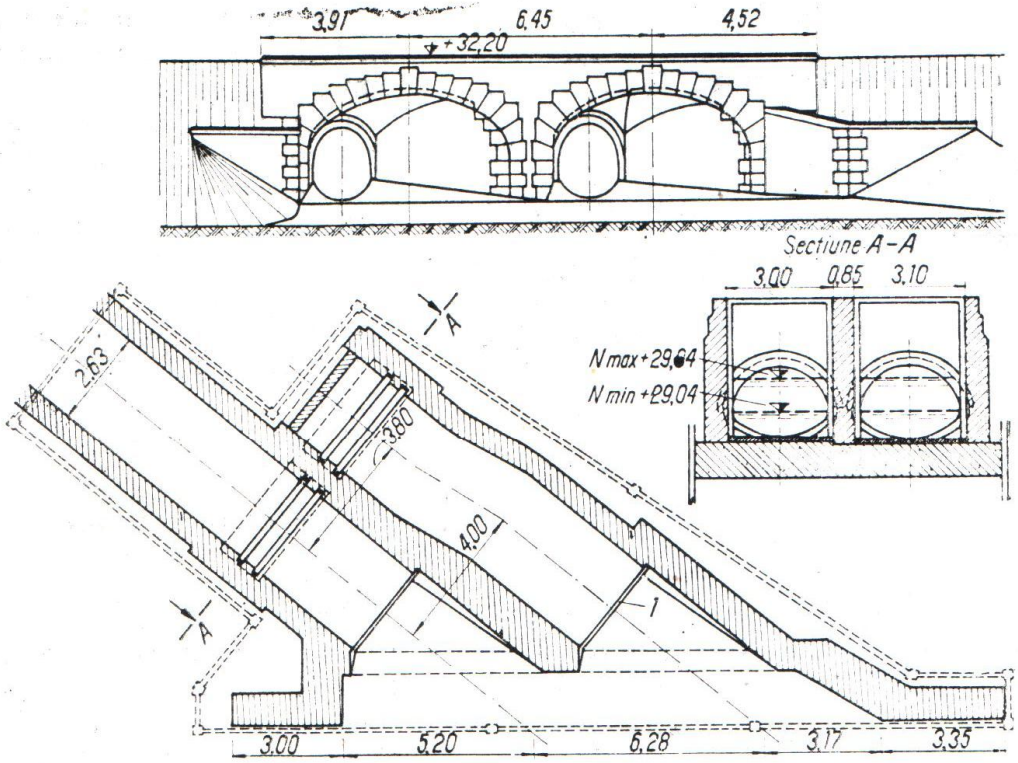


Fig. 4.48. Gură de descărcare pentru evacuarea apelor de ploaie (Charlottenburg) :
1 — stăvilar metalic.

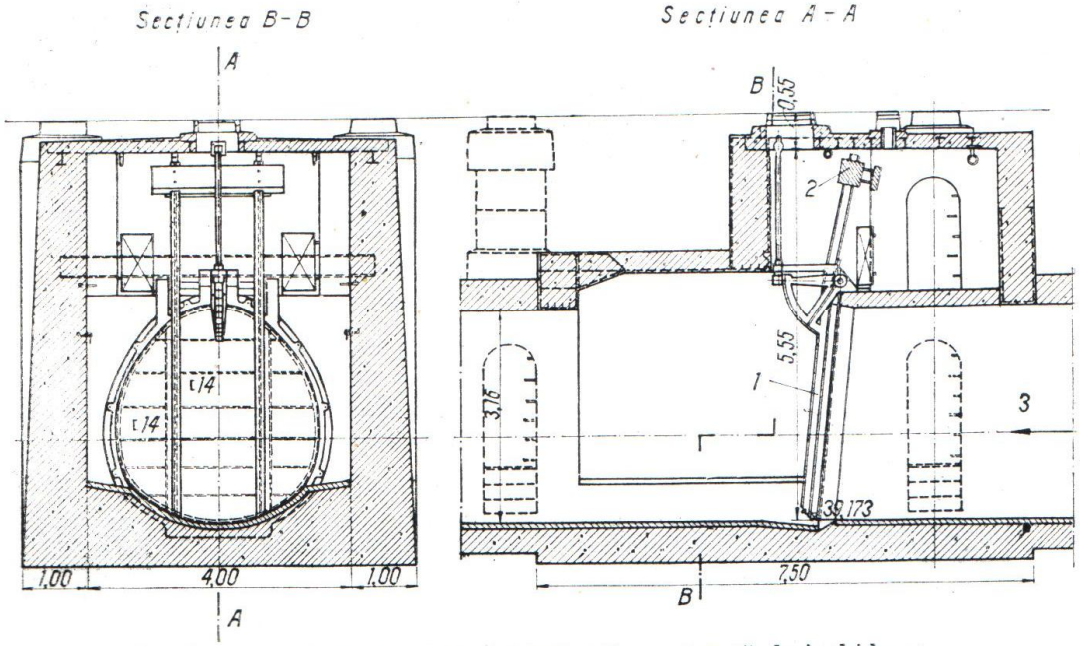


Fig. 4.49. Gură de descărcare prevăzută cu clapetă de închidere:
1 — clapetă metalică; *2* — contragreutate; *3* — canal de ape uzate.

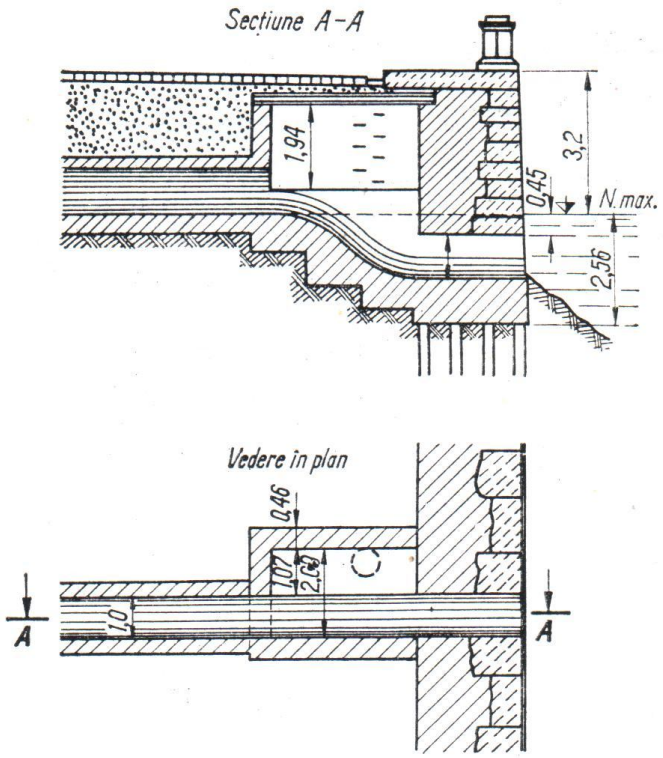


Fig. 4.50. Gură de descărcare pentru un emisar cu cheiuri.

În figura 4.50 se arată construcția gurii de descărcare la un emisar cu debit mare, avînd cheiuri verticale din piatră. Radierul colectorului este aproape la același nivel cu nivelul maxim al apelor emisarului. Gura de descărcare se așază sub fața inferioară a stratului de gheață, în vederea asigurării scurgerii apelor rezultate din topirea zăpezilor în timpul primăverii.

4.9. SIFOANE DE CANALIZARE

Traversarea cursurilor de apă se face de obicei prin sifoane. Sifonul propriu-zis comportă două ramuri, una la capătul amonte și alta la capătul aval, verticale sau înclinate, și o ramură orizontală intermediară (fig. 4.51).

La alegerea traseului unui sifon trebuie să se țină seama ca:

— direcția sifonului să fie cît mai perpendiculară pe direcția de curgere a cursului de apă, pentru ca lungimea să fie cît mai scurtă;

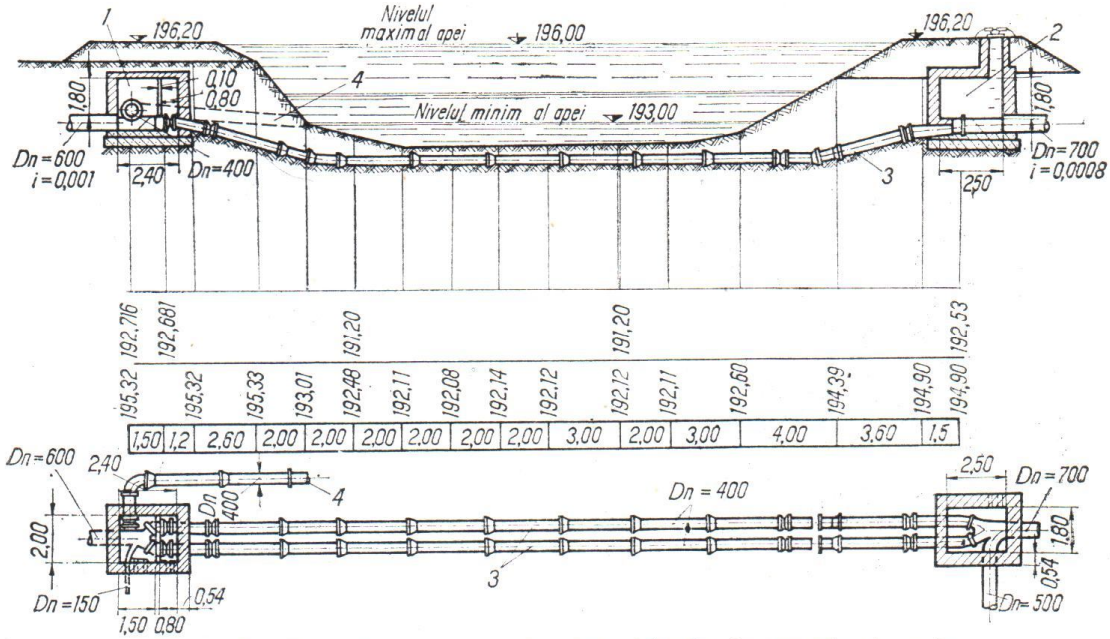


Fig. 4.51. Sifon de canalizare cu ramuri înclinate amonte și aval:
1 — camera de intrare; *2* — camera de ieșire; *3* — conducta sifon; *4* — conducta de spălare.

— albia cursului de apă în zona de traversare să fie cît mai stabilă;
— adîncimea albiei să fie cît mai mică.

La un sifon se disting trei părți principale: camera de intrare, conducta sifon și camera de ieșire (v. fig. 4.51).

Camera de intrare are de obicei un compartiment, așa-numit „umed", în care se așază rigolele de repartiție și capătul conductei de golire în caz de avarii, și un compartiment „uscat" unde se așază capetele conductelor sifon cu vanele respective. Fiecare compartiment are acces separat.

Camera de ieșire are un singur compartiment, unde sînt amenajate rigolele de scurgere spre canal. La capătul aval al conductei sifon nu se montează vane.

Camerele de intrare și ieșire se execută din cărămidă, beton și beton armat, alegerea materialului făcîndu-se în raport cu condițiile locale. Lîngă rigole se construiesc banchete late de cel puțin 0,6 m. Înălțimea camerei, măsurată de la banchetă, este de minimum 1,8 m.

Conducta sifon se execută din tuburi de oțel, fontă și beton armat. Alegerea materialului depinde de posibilitățile de execuție, de sistemul de canalizare, de cantitatea și calitatea apelor de canalizare etc. La exterior, tuburile de oțel trebuie protejate, făcîndu-se în acest scop protecții uzuale.

Conducta sifon se pozează sub nivelul albiei la o astfel de adîncime, încît să se obțină o acoperire peste creasta ei de cel puțin 50 cm. Deasupra conductei se așază pămînt rezultat din săpături, piatră spartă etc.; cîteodată, pentru o bună consolidare a conductei, se îmbracă cu beton.

De obicei, se prevăd mai multe conducte; la canalizările în sistem unitar se execută cel puțin două conducte, una pentru transportul apei uzate pe timp uscat și alta pentru transportul apei de ploaie. În scopul intrării în funcțiune a conductei pentru apa de ploaie în timpul precipitațiilor, conducta se așază în camera de intrare la un nivel superior față de conducta pentru ape uzate, sau accesul la ea este comandat de un deversor.

Cîteodată, se construiesc mai multe conducte care intră în funcțiune pe rînd, paralel cu creșterea debitului. Folosirea mai multor conducte are avantajul că pot fi dimensionate în așa fel încît perioadele în care funcționează sub viteze de autocurățire să fie cît mai scurte.

La canalizările în sistem divizor, pentru apele de ploaie de folosesc 2 sau 3 conducte, care intră în funcțiune pe rînd, pe măsura creșterii debitului.

Atît pentru canalizările în sistem unitar cît și divizor, se recomandă întotdeauna construirea unei conducte sifon de rezervă.

Distanța între conductele sifon se ia 300—500 mm.

Se preferă sifoanele cu ramurile de la capetele amonte și aval în pantă, în locul celor verticale (cu cămin). Panta sifonului la capătul amonte se recomandă a fi 1 : 1—1 : 2, iar la capătul aval 1 : 3—1 : 6, pentru evitarea depunerilor. La unele sifoane, pentru a se reține parte din substanțele în suspensie, în special nisipul care se poate depune pe conducte, s-au construit amonte de acestea deznisipatoare.

Pentru spălarea de depuneri a sifonului se execută *o conductă de spălare*, care poate aduce apă din cursul de apă traversat cînd nivelul în acesta depășește nivelul conductei. Această conductă servește și drept conductă de descărcare în caz de avarii. Dacă soluția de mai sus nu este posibilă, în camera umedă se aduce apă de la rețeaua publică, după ce în prealabil s-au închis capetele conductelor din căminul de intrare; după umplerea cu apă a căminu-

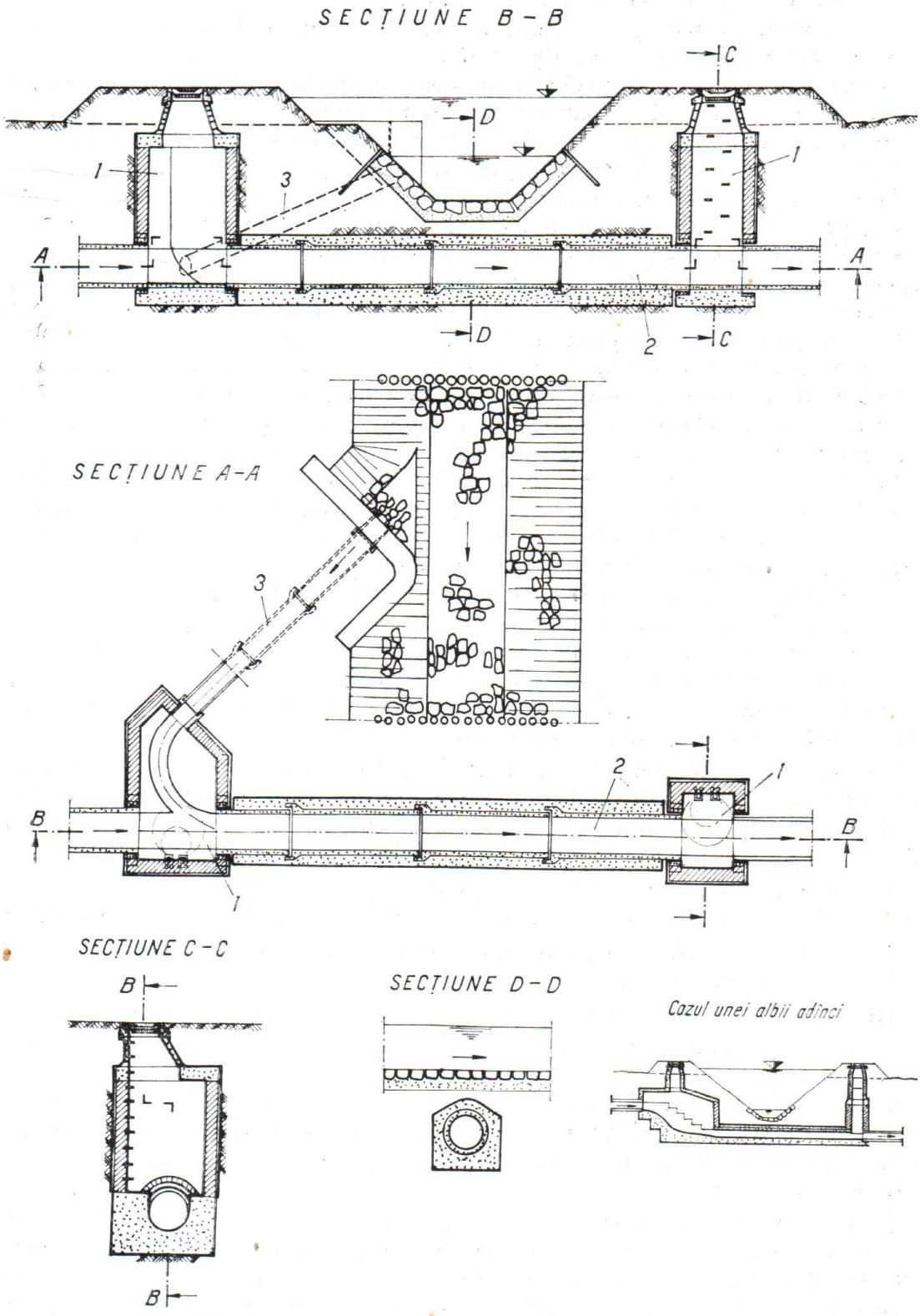


Fig. 4.52. Sifon de canalizare fără ramuri amonte și aval:
1 — cămin de vizitare; *2* — canal de beton; *3* — conductă de spălare.

lui se deschid brusc conductele; apa care pătrunde cu presiune prin conductele sifon curăță depunerile. Uneori apa necesară spălării sifonului se poate obține în timp de ploaie prin obturarea pe o perioadă scurtă a canalelor și conductelor sifon din camera de intrare.

Taluzurile și patul cursului de apă se recomandă a fi consolidate în zona de traversare, pe lungimi de cîțiva zeci de metri amonte și aval.

Dacă albia cursului de apă nu este prea adîncă, iar canalul se găsește la o adîncime mai mare, traversarea acestuia se poate face fără construcția unui sifon; canalul pe sub albie are aceeași pantă ca în amonte. Este necesar însă ca la cele două capete să se construiască cămine de vizitare, cel din amonte fiind prevăzut cu conductă de spălare (fig. 4.52).

4.10. ESTACADE

Estacada este o construcție asemănătoare unui pod, pe care se așază canalul ce trebuie să traverseze depresiunea. Ea constă dintr-o serie de pile, pe care se așază un fel de jgheab în care se montează canalul (fig. 4.53). Pentru a feri canalul de îngheț, în jgheab se așază, împrejurul canalului, materiale izolante (rumeguș, zgură etc.).

Estacadele se execută în cea mai mare parte din beton armat sau metal. Cînd canalul așezat pe estacadă are lungime mare, se execută și cămine de vizitare.

Uneori estacada poate fi folosită și ca pasarelă pentru pietoni, în acest caz gabaritul mărindu-se corespunzător.

4.11. TRAVERSĂRI PE SUB CĂI FERATE ȘI ȘOSELE

Traversarea pe sub linia de cale ferată, la fel ca și a cursurilor de apă, se poate face prin gravitație și prin sifonare. La proiectarea și executarea acestor lucrări trebuie să se țină seama de următoarele:

— canalul sau sifonul trebuie să traverseze cît mai perpendicular calea ferată sau șoseaua;

— canalul sau sifonul trebuie să fie protejate împotriva acțiunii sarcinilor dinamice ale convoaielor mobile;

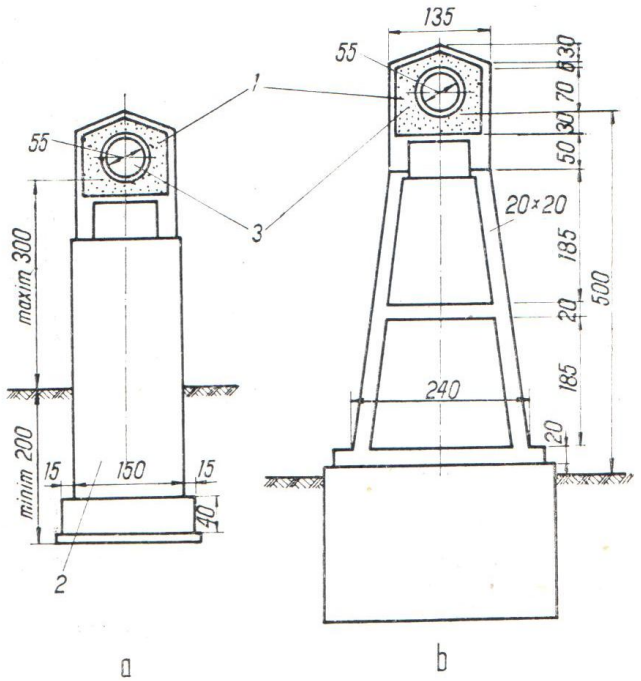


Fig. 4.53. Estacade:
a — pentru înălțimi sub 3,0 m; *b* — pentru înălțimi între 3,0 și 5,0 m; *1* — umplutură de zgură; *2* — zidărie din piatră; *3* — canal.

— se recomandă așezarea canalelor în galerii vizitabile sau în tuburi de protecție, pentru a se permite o ușoară reparare a lor;

— sifoanele se execută după indicațiile date la paragraful 4.9;

— căminele de intrare și ieșire trebuie așezate în afara liniei de presiune asupra terenului, rezultată ca urmare a încărcării cu convoaie mobile.

Executarea acestor lucrări se poate face fie prin săpături deschise, fie prin foraj orizontal (scut sau alte metode).

În figura 4.54 se arată construcția de traversare a unei căi ferate printr-un canal funcționînd prin gravitație. Pentru construcția canalului s-au folosit tuburi din beton armat, împinse pe sub calea ferată cu ajutorul preselor hidraulice. Presa hidraulică a fost așezată într-un cămin, a cărui lungime este determinată de lungimea presei și a tuburilor; căminul s-a amplasat în afara liniei de presiune.

În figura 4.55 este arătată traversarea pe sub o cale ferată a unui canal

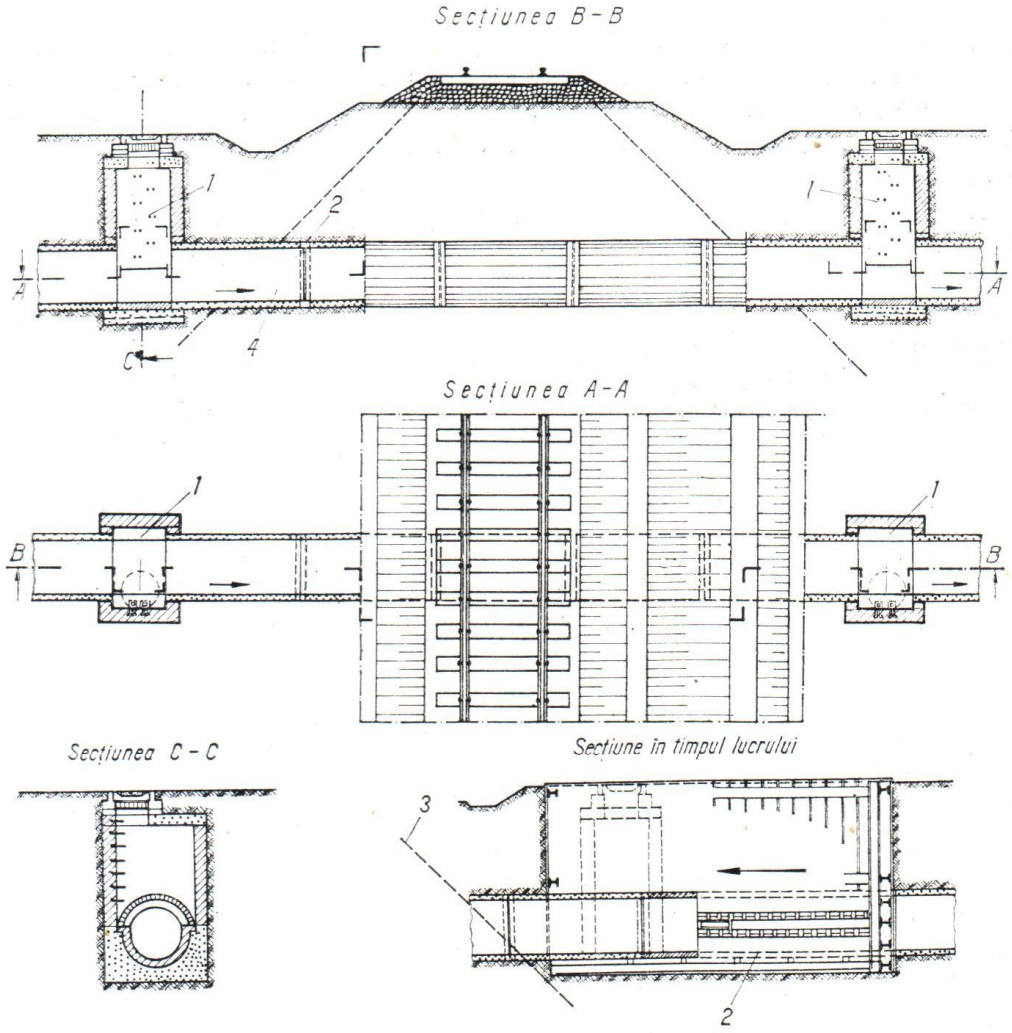


Fig. 4.54. Traversare pe sub cale ferată; canalul este executat din tuburi de beton armat:
1 — cămin; *2* — inel de oțel; *3* — linie de presiune; *4* — tub de beton armat.

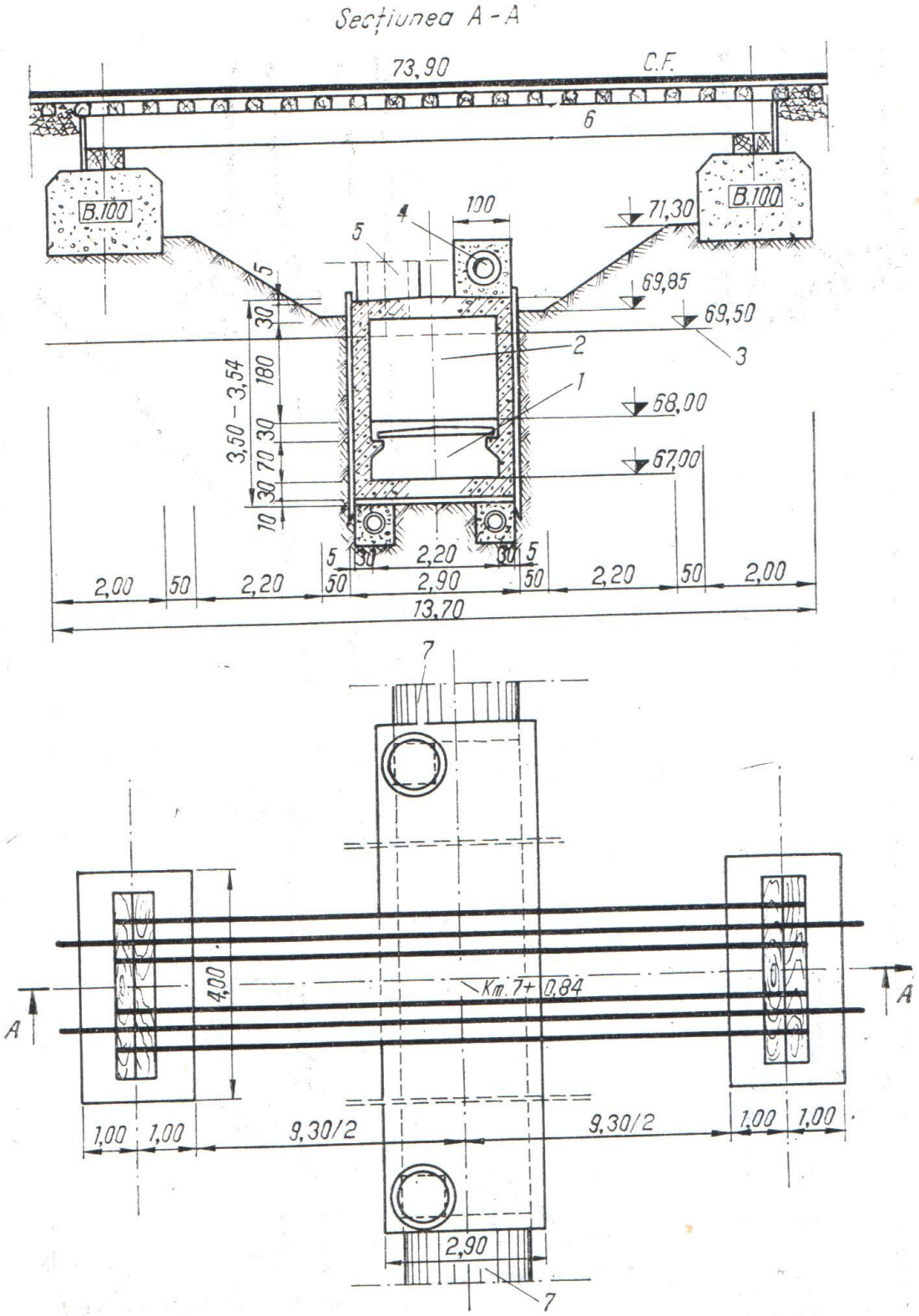


Fig. 4.55. Traversare pe sub calea ferată a unui canal de ape meteorice și uzate:

1 — canal pentru ape uzate orășenești; *2* — canal pentru ape pluviale; *3* — nivelul apei subterane; *4* — conductă de apă, protejată cu tub de protecție înglobat în beton; *5* — coș de acces 70×70; *6* — grinzi Peine P 60; *7* — canal din tuburi „Carpați".

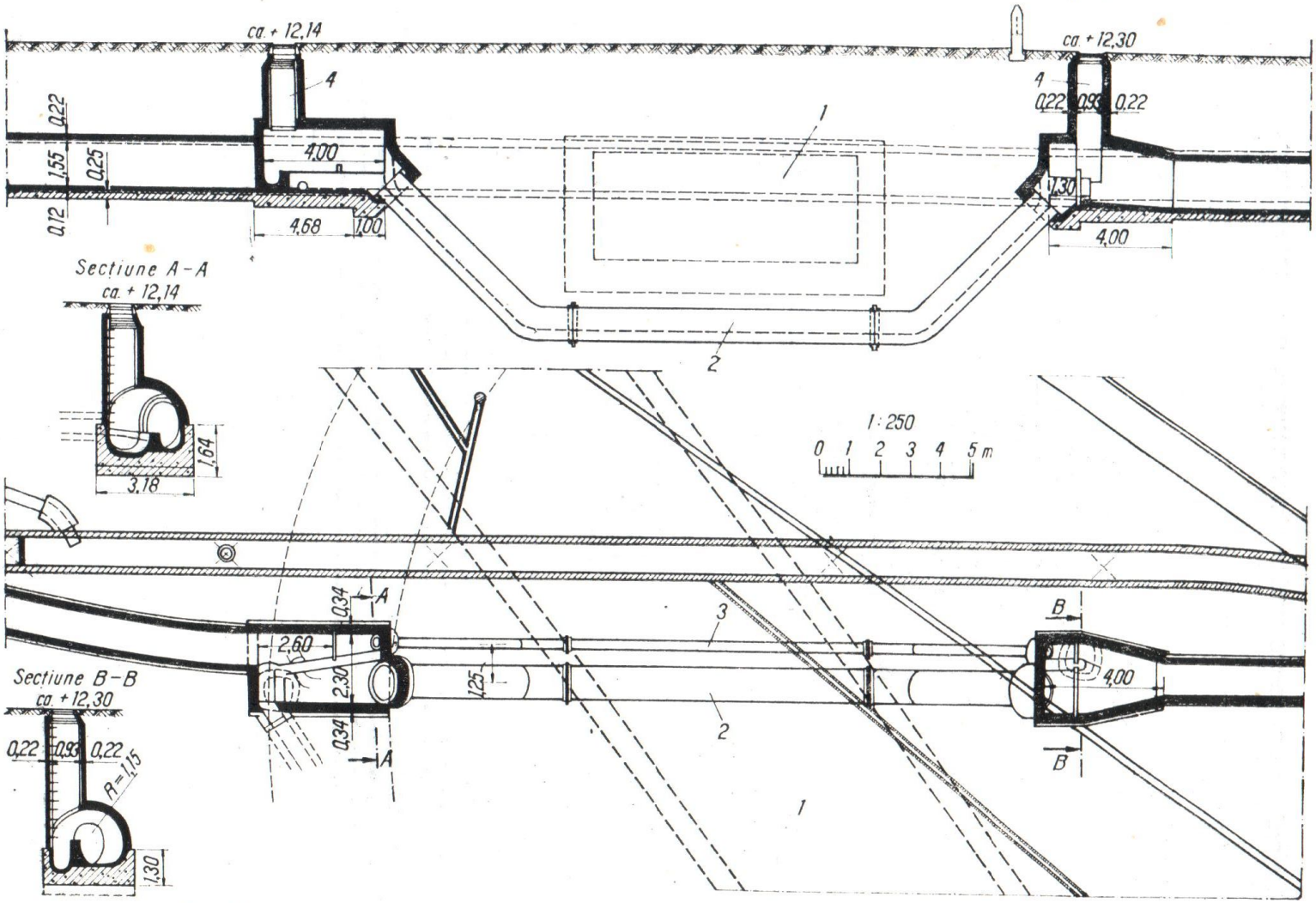


Fig. 4.56. Traversare în sifon pe sub un metrou a canalelor de ape uzate orășenești și meteorice:
1 – tunelul metroului; *2* – sifon $Dn = 1{,}1$ m; *3* – sifon $Dn = 0{,}35$ m; *4* – cămin.

(ape uzate și ape meteorice) din rețeaua orașului București, iar în figura 4.56 traversarea în sifon a unui canal (ape uzate și ape meteorice) pe sub un metrou.

STAS 9312-73 face o seria de precizări în legătură cu traversarea canalelor pe sub căi ferate și drumuri naționale.

4.12. RACORDURI

Racordul este construcția care face legătura între clădiri sau ansambluri de locuit și canalul public.

De obicei, racordul constă dintr-un cămin interior de racord (în incinta locuinței, clădirii etc.), un canal de racord și un cămin de racord exterior, așezat la punctul de intersecție al canalului de racord cu canalul public. Căminele au dimensiuni și forme indicate de STAS 2448-73, iar canalul de racord conform STAS 816-71.

La punctul de intersecție trebuie evitată posibilitatea creării de remuuri; în acest scop trebuie ca radierul canalului de racord să fie deasupra nivelului apei din canalul de pe stradă.

Uneori căminul, care face legătura între canalul de racord și canalul public, poate lipsi, legătura făcîndu-se direct printr-o ramificație tip STAS 816-71. Acest sistem are dezavantajul unor greutăți de exploatare în momentul înfundării racordului; în acest caz este necesar să se sape și să se desfacă canalul de racord la punctul de legătură, singurul loc pe unde se pot introduce unelte pentru desfundare.

Cînd canalul este așezat la adîncime mare, racordarea se face prin cămin de rupere de pantă, așezat cît mai aproape de punctul de intersecție.

4.13. CONSTRUCȚII PENTRU VENTILAȚIA REȚELEI DE CANALIZARE

În spațiul de deasupra canalelor se acumulează numeroase gaze care se degajă din apele de canalizare. Unele din acestea pot produce coroziunea materialelor din care este executată rețeaua, altele pot produce explozii, îmbolnăvirea muncitorilor care deservesc rețeaua etc.

În tabela 4.2 sînt date cîteva din gazele de canal, care în contact cu aerul pot produce explozii, dacă se găsesc în procentele arătate în tabelă. În tabela 4.3 sînt date o serie de gaze de canal, care pot fi toxice pentru personalul de exploatare a rețelei. Gazele menționate se degajă ca rezultat al fermentării nămolului depus pe radierul canalelor.

Îndepărtarea acestor gaze se realizează printr-o bună aerisire a rețelei de canalizare. Aerisirea se poate face prin construcțiile existente (cămine, guri de scurgere, deversoare etc., neetanșeitățile la capace ajutînd la aerisire),

TABELA 4.2

Procente de gaz care pot produce explozii

Felul gazului	Conținutul de gaz în aer (%)
Benzină, benzol	1,0 — 1,4
Oxid de carbon	circa 16,5
Acetilenă	circa 3,0
Metan	circa 6,0
Gaz de iluminat	7 — 8
Hidrogen sulfurat	0,1

TABELA 4.3

Gaze toxice de canal pentru personalul de exploatare

Felul gazului	Conținutul de gaz (%) care:		
	în timp de 0,5—1,0 ore poate produce moartea	în timp de 0,5—1,0 ore periclitează viața	în timp de 6 ore nu dă simptome importante
Hidrogen sulfurat	0,039	0,03	0,0078
Benzină	1,08	0,93	0,16
Benzol	0,84	0,70	0,14
Metan	puțin otrăvitor		
Acid carbonic	4,53	3,03	0,505
Oxid de carbon	0,16	0,12	0,008
Gaz de iluminat	corespunzător conținutului de monoxid de carbon în stare pură sînt puțin otrăvitoare		
Acetilenă			
Clor	0,0031	0,0016	0,0001

instalațiile interioare (în special prin coloanele de ventilație) și prin construcții amenajate în acest scop.

În ceea ce privește circulația aerului prin canale, trebuie precizat că aceasta se realizează de cele mai multe ori în același sens cu direcția de curgere a apei de canalizare. Diferența de temperatură între spațiul din interiorul canalului și exterior influențează în mare măsură circulația gazelor. Astfel, la evacuarea gazelor prin intermediul instalațiilor din clădiri, datorită temperaturii mai ridicate a aerului din aceste instalații, se formează o circulație dinspre canalul de stradă spre spațiul din interiorul conductelor și apoi în exterior. O circulație asemănătoare este justificată și în cazul celorlalte construcții menționate. Vîntul contribuie pozitiv la evacuarea gazelor de canalizare; el produce un fel de absorbție a gazelor care au pătruns în coloanele de ventilație.

Bornele de aerisire sînt construcții obișnuite ce se execută pentru aerisirea rețelei. Bornele se așază pe trotuoare la cîteva sute de metri una de alta (fig. 4.57) și sînt legate de obicei la cămine. În punctele expuse inundației, bornele sînt prelungite pe stîlpi pînă la o înălțime corespunzătoare.

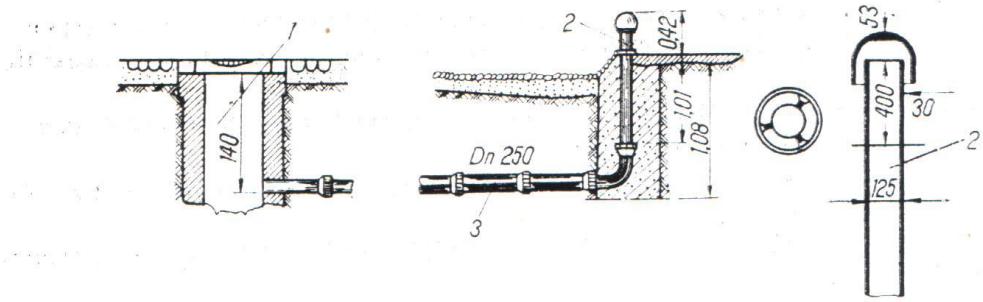


Fig. 4.57. Borne de aerisire:
1 — cămin; *2* — borna propriu-zisă; *3* — racord.

Deoarece în cele mai multe cazuri s-a constatat că aerisirea rețelei, respectiv îndepărtarea gazelor, se face în condiții satisfăcătoare prin construcțiile curente ale rețelei sau prin instalațiile din clădiri, în ultimul timp, bornele de aerisire sînt folosite numai la sectoarele colectoarelor cu adîncimi mari față de nivelul terenului, la căminele de rupere de pantă, de asemenea cu adîncimi mari, și în general acolo unde se consideră că ventilația nu se produce fără aceste construcții speciale.

Capitolul 5

MATERIALE ȘI PREFABRICATE FOLOSITE ÎN REȚEAUA DE CANALIZARE

Canalele folosite în rețeaua de canalizare, pot fi închise și deschise.

Canalele închise se execută din: beton simplu (STAS 816-71); beton armat centrifugat; beton precomprimat (STAS 7039-71); gresie ceramică (STAS 1743/1-4-70); gresie ceramică antiacidă (STAS 4234/1-7-69); azbociment (STAS 7345-75); fontă (STAS 1675-74 și 1674-74); policlorură de vinil (STAS 6675-76); țevi din oțel (STAS 7656-76 și 7657-71) etc.

Canalele deschise pot fi cu taluzuri înierbate, cu taluzuri brăzduite, cu pereu uscat din piatră, cu pereu din piatră cu mortar de ciment, cu pereu din dale de beton, din zidărie de cărămidă, din zidărie de piatră cu mortar de ciment, din beton simplu, din beton prefabricat.

5.1. CONDIȚII CERUTE MATERIALELOR FOLOSITE ÎN REȚEAUA DE CANALIZARE

Pentru o bună funcționare și exploatare a rețelei de canalizare, materialele folosite, precum și prefabricatele trebuie să îndeplinească următoarele condiții:

— să reziste din punct de vedere mecanic sarcinilor permanente și accidentale;

— să fie impermeabile pentru a nu permite infiltrarea (din exterior în interiorul canalului), cît și exfiltrarea (din interior în exteriorul canalului) apelor;

— să reziste la coroziunea apelor agresive exterioare și interioare, precum și la acțiunea curenților vagabonzi;

— să reziste la ape cu temperaturi mai mari ca 40°C (cazul apelor provenite de la industrii);

— să reziste la acțiunea de eroziune datorită particulelor solide antrenate de apele uzate;

— să aibă o suprafață interioară cît mai netedă, pentru ca circulația apei să se facă fără rezistențe mari;

— să aibă un cost cît mai redus;

— să se poată lucra cît mai ușor, adaptîndu-se metodelor rapide de construire a canalizării.

Cele mai folosite materiale în construcția rețelei de canalizare sînt: betonul, betonul armat, gresia ceramică, gresia ceramică antiacidă, azbocimentul, tuburile din fontă și oțel etc.

Cele mai rezistente materiale (tuburi) la ape acide sînt tuburile din gresie antiacidă; la ape slab acide (pH = 5—6) se folosesc tuburi ceramice și de azbociment; pentru ape uzate obișnuite (pH = 7) se folosesc cu prioritate tuburile din beton și beton armat.

Pentru ape slab alcaline (pH = 8—10) se folosesc tuburi din beton, azbociment și ceramică, iar pentru ape puternice alcaline, conducte din fontă și oțel.

5.2. TUBURI ȘI PIESE DE CANALIZARE DIN BETON SIMPLU

Tuburile din beton (STAS 816-71) pot fi: cu secțiune circulară cu mufă sau cep și buză, ultimele putînd fi cu sau fără talpă; cu secțiune ovoidală cu cep și buză și cu talpă.

Tuburile cu secțiune circulară și mufă au următoarele diametre interioare: 100, 125, 150, 200, 250, 300, 400, 500, 600, 700, 800, 1 000 mm, grosimile pereților fiind cuprinse între 22 și 90 mm (fig. 5.1).

Tuburile cu secțiune circulară cu cep și buză, fără talpă au aceleași diametre ca cele cu mufă (în afară de Dn = 125 mm) și aceleași grosimi ale pereților (fig. 5.2).

Tuburile cu secțiune circulară cu cep și buză cu talpă au diametre și grosimi ale pereților asemănătoare cu cele fără talpă (fig. 5.3.).

Tuburile cu secțiune ovoidală au următoarele dimensiuni: 500 × 750; 600 × 900; 700 × 1 050; 800 × 1 200; 900 × 1 350; 1 000 × 1 500 mm. Dimensiunile și grosimile pereților sînt date în STAS 816-71 (fig. 5.4).

Coturile cu mufă, cu sau fără cep și buză au indicate în STAS 816-71, pentru diferite diametre, razele de curbură, grosimile pereților etc. (fig. 5.5).

Ramificațiile pentru tuburi circulare și ovoidale sînt folosite în special pentru legarea la rețea a diferitelor construcții (locuințe, unități industriale etc.) prin intermediul racordurilor (fig. 5.6).

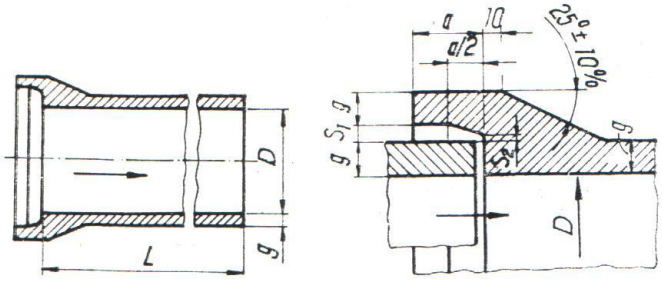


Fig. 5.1. Tuburi cu secțiune circulară și mufă.

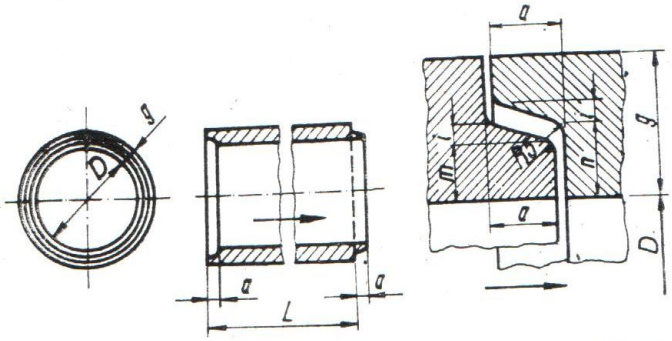


Fig. 5.2. Tuburi cu secțiune circulară, cu cep și buză.

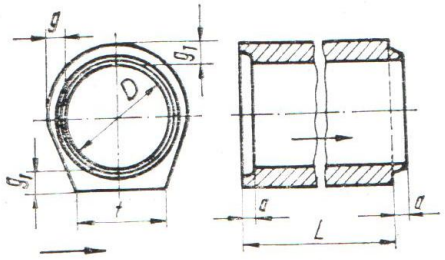


Fig. 5.3. Tuburi cu secțiune circulară, cu talpă, cep și buză.

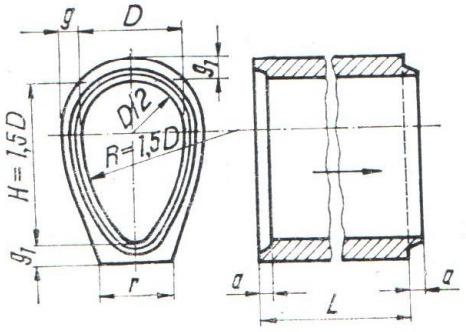


Fig. 5.4. Tuburi cu secțiune ovoidală.

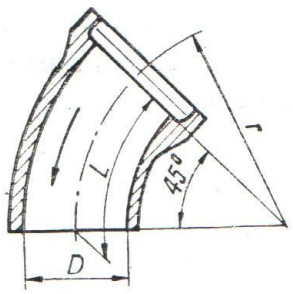


Fig. 5.5. Coturi cu mufă.

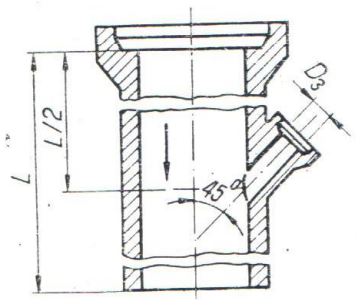


Fig. 5.6. Ramificație pentru tuburi cu secțiune circulară cu mufă.

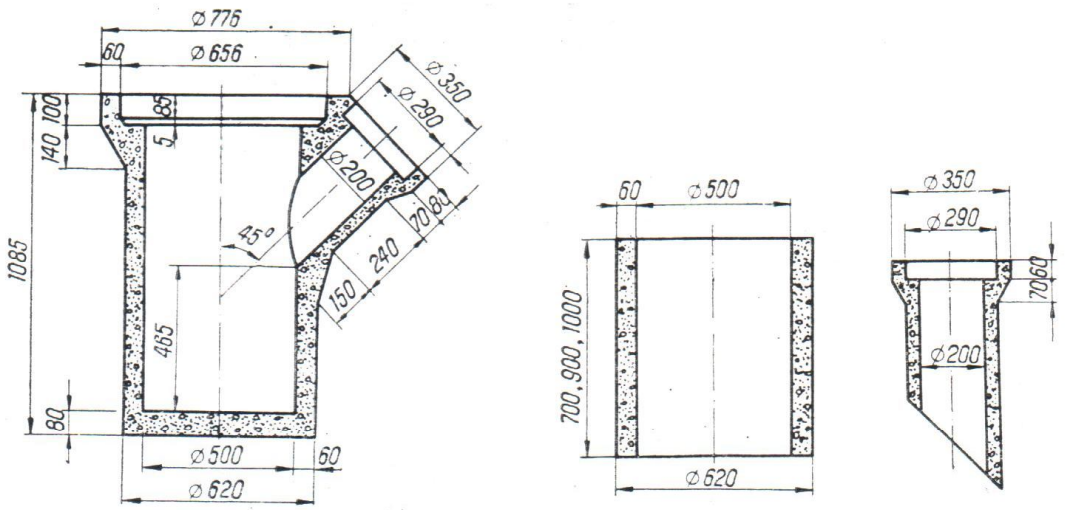


Fig. 5.7. Piese pentru guri de scurgere.

Piesele pentru guri de scurgere sînt prevăzute, de asemenea, în STAS 816-71 (fig. 5.7).

Tuburile sînt supuse la o serie de încercări pentru a le determina *gradul de impermeabilitate*. Valoarea medie a absorbției de apă, determinată sub presiune de 5 m col. H_2O, nu trebuie să depășească limitele prevăzute de STAS 816-71 referitoare la cm^3 apă absorbită/m lungime de tub întreg și la cm^3 apă absorbită/dm^2 suprafață de încercare pe cioburi de tub (de exemplu, la un tub circular cu $Dn = 500$ mm, pentru 1 m de tub, absorbția de apă nu trebuie să depășească 270 cm^3).

O verificare importantă a tuburilor este și cea privind *rezistența la compresiune pe generatoare*, STAS 816-71 indicînd sarcinile minimale la care trebuie să reziste tuburile (de exemplu, un tub ovoidal 900 × 1 350 trebuie să aibă o rezistență la compresiune pe generatoare corespunzătoare unei sarcini minime de 6 800 daN/m).

În ceea ce privește calitatea materialelor, se folosește ciment cu marcă mai mare ca 400; agregatele trebuie să îndeplinească condițiile prevăzute în STAS 1667-76, iar betonul trebuie să aibă marca cel puțin B 250 etc.

În STAS 816-71 sînt date în detaliu condițiile de verificare a tuburilor și metodele respective, precum și modul de marcare, depozitare și transport.

Etanșarea tuburilor cu cep și buză se face obișnuit cu manșon de mortar de ciment, iar a tuburilor cu mufă cu frînghie gudronată și mastic bituminos (fig. 5.8) sau cu mortar de ciment.

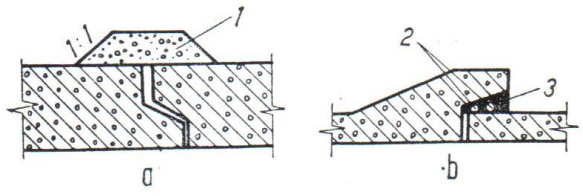


Fig. 5.8. Etanșarea îmbinărilor la tuburi prefabricate din beton:

a — cu manșon de mortar de ciment; *b* — prin ștemuire cu frînghie gudronată și mastic de bitum; *1* — mortar de ciment; *2* — frînghie gudronată; *3* — mastic de bitum.

5.3. TUBURI PREFABRICATE, CANALE TURNATE PE LOC ŞI SEMIFABRICATE

Tuburile prefabricate sînt de două tipuri: din beton armat centrifugat (STAS 6315-71) şi de presiune din beton precomprimat (STAS 7039-71).

— Tuburile din beton armat centrifugat au diametre de 400, 500, 600, 800, 1 000, 1 200, 1 400 mm şi lungimi variind între 3 500 şi 2 500 mm şi se fabrică la Bucov (judeţul Ploieşti).

Presiunile nominale *Pn*, care reprezintă presiunile maxime de exploatare (inclusiv lovitura de berbec), variază între 0,5 şi 2,0 daN/cm². Îmbinarea tuburilor se face cu mufă, iar etanşarea cu inele de cauciuc (STAS 6907-74) de secţiune circulară.

— Tuburile de presiune din beton precomprimat au diametre de 400, 500, 600, 800, 1 000 şi 1 200 mm şi lungimi de 5 000 mm şi se execută după procedeul „Premo", la fabricile din Bucureşti, Craiova, Călăraşi etc. Presiunile nominale *Pn* variază între 1 şi 10 at. Îmbinarea tuburilor se face cu mufă, iar etanşarea cu inele de cauciuc (STAS 6907-74) de secţiune circulară.

Standardele tuburilor de presiune prefabricate dau o serie de detalii privind reguli şi metode pentru verificarea tuburilor, marcare, manipulare, depozitare şi transport.

Uneori, mai rar în prezent, sînt folosite canale prefabricate circulare şi ovoidale din beton armat executate în mod obişnuit (fără centrifugare sau comprimare). Canalele prefabricate din beton armat conduc la un consum sporit de armătură, faţă de canalele monolite din beton simplu sau armat, sau de cele cu boltă prefabricată.

Canalele turnate pe loc (monolite) din beton simplu sau armat pot fi de diferite tipuri: circulare, ovoidale, clopot circular, clopot semieliptic etc. Canalele ovoidale se execută din beton simplu; canalele tip clopot se execută din beton simplu pentru secţiuni mici şi din beton armat pentru secţiuni mari.

Faţă de canalele semifabricate, cele turnate pe loc sînt mai avantajoase prin gradul mare de etanşeitate ce-l pot realiza, dar au un consum important de materiale pentru cofraje, timp mare de execuţie şi volum mare de muncă.

Canalele semifabricate sînt, ca şi cele turnate pe loc, de diferite tipuri: circulare, ovoidale, clopot circular, clopot semieliptic etc. În general comportă un radier turnat pe loc şi o boltă prefabricată. Au avantajul unei execuţii mai uşoare, în comparaţie cu canalele monolit. Bolta poate fi executată şi din două bucăţi (pentru canale de dimensiuni mari); aceasta măreşte însă neetanşeitatea canalului, în comparaţie cu cele monolite, dar o micşorează, în comparaţie cu canalele prefabricate.

La rezemarea pe radier, bolta se aşază în scaune speciale; pentru o cît mai bună etanşeitate se prevede şi un dop de mastic bituminos, peste care se toarnă mortar de ciment.

Etanșarea rosturilor dintre bolți se poate face fie prin turnarea unui manșon din mortar de ciment cu dozajul de 450 kg/m³, sau cu beton de marcă superioară cu agregat mărunt, fie cu frînghie gudronată și mastic bituminos *protejat cu mortar de ciment.*

În tabela 5.1 sînt arătate tipurile de canale turnate pe loc și semifabricate, uzuale conform proiectului directiv IPACH.

TABELA 5.1

Tipuri de tuburi turnate pe loc semifabricate (proiect directiv)

Tipul secțiunii canalului	Tipul bolții	Terenuri coezive			Terenuri necoezive		
		Radier monolit din:					
		Beton simplu	Beton armat cu armătură din oțel		Beton simplu	Beton armat cu armătură din oțel	
			PC 52	OL 37		PC 52	OL 37
Circular	Semifabricat din beton simplu	A	C	E	B	D	F
Ovoidal	Monolit — beton simplu/ beton armat	H	—	—	G	—	—
	Semifabricat din beton armat	B	D	F	A	C	E
Clopot circular	Monolit — beton simplu/ beton armat	D —	— E	— F	D —	— E	— F
	Semifabricat din beton armat	A	B	C	A	B	C
Clopot semieliptic	Monolit — beton simplu/ beton armat	D —	— E	— F	D —	— E	— F
	Semifabricat din beton armat	A	B	C	A	B	C

Parte din tipurile din această tabelă sînt date în figurile 5.9 (canal circular semifabricat din beton armat, tip C și D); 5.10 (canal ovoidal din beton simplu monolit, tip G și H); 5.11, *a* (canal clopot circular semifabricat din beton armat, tip B) și 5.11, *b* (canal clopot semieliptic semifabricat din beton armat, tip B, C).

La canalele ovoidale, în prezența unei pînze de apă subterană se va prevedea un dren sub radierul canalului.

La alegerea tipului de canal trebuie să se țină seama de:

— lungimea canalului, care poate impune soluții cu elemente de construcție industrializabile în cazul sectoarelor de lungime mare, sau soluții

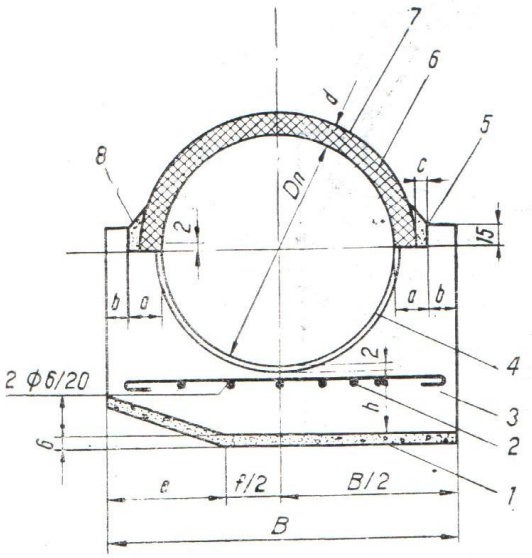


Fig. 5.9. Canal circular semifabricat din beton armat, tip C și D:

1 — beton de egalizare; *2* — armătura Ø 6/20; *3* — beton armat B 150; *4* — tencuială sclivisită 2 cm; *5* — mortar de ciment matat; *6* — boltă prefabricată din beton armat B 250; *7* — strat de bitum; *8* — mortar de poză.

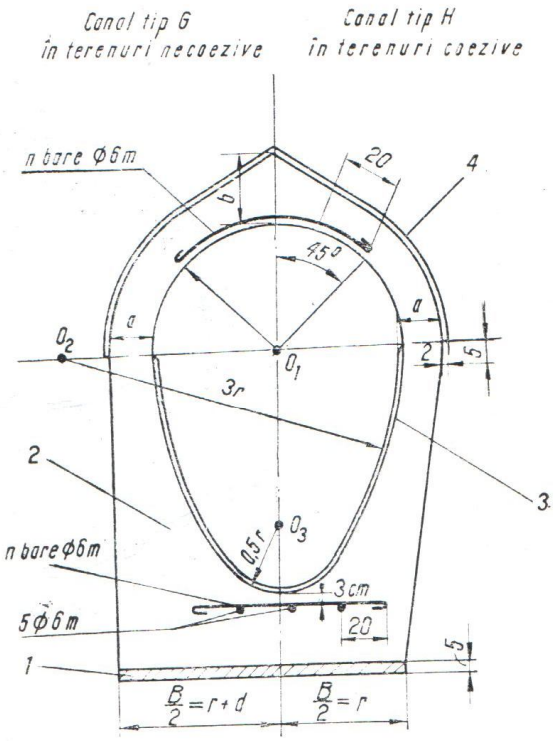


Fig. 5.10. Canal ovoidal din beton simplu, tip G și H:

1 — beton de egalizare; *2* — beton simplu B 150; *3* — tencuială sclivisită 2 cm; *4* — tencuială drișcuită 2 cm și strat de bitum.

excepționale în cazul unor sectoare scurte. Datorită posibilităților mari de amortizare, cofrajele pneumatice sau glisante pot conduce la soluții foarte economice în cazul canalelor lungi;

— dimensiunile canalului în secțiune transversală; în general se utilizează canale prefabricate pentru dimensiuni avînd diametrul sub 600 mm, respectiv 80 × 120; peste aceste dimensiuni se utilizează canale prefabricate, semifabricate sau turnate pe loc;

— natura terenului de fundație și în special prezența apei subterane este uneori hotărîtoare în ceea ce privește alegerea tipului de canal. Dacă apele freatice sînt în cantități importante, se execută canale turnate pe loc, pentru a evita infiltrarea și deci transportul unor mari cantități de apă subterană prin canal, ceea ce ar duce la mărirea secțiunii canalului. De asemenea, exfiltrarea apei poate conduce uneori la infectarea stratului acvifer, iar în terenuri macroporice, la degradarea canalului; de aici necesitatea de a executa canale cît mai etanșe;

— rapiditatea în execuție poate impune uneori soluții speciale, legate de circulație, rezistența unor construcții etc.;

— sarcinile care acționează asupra canalului.

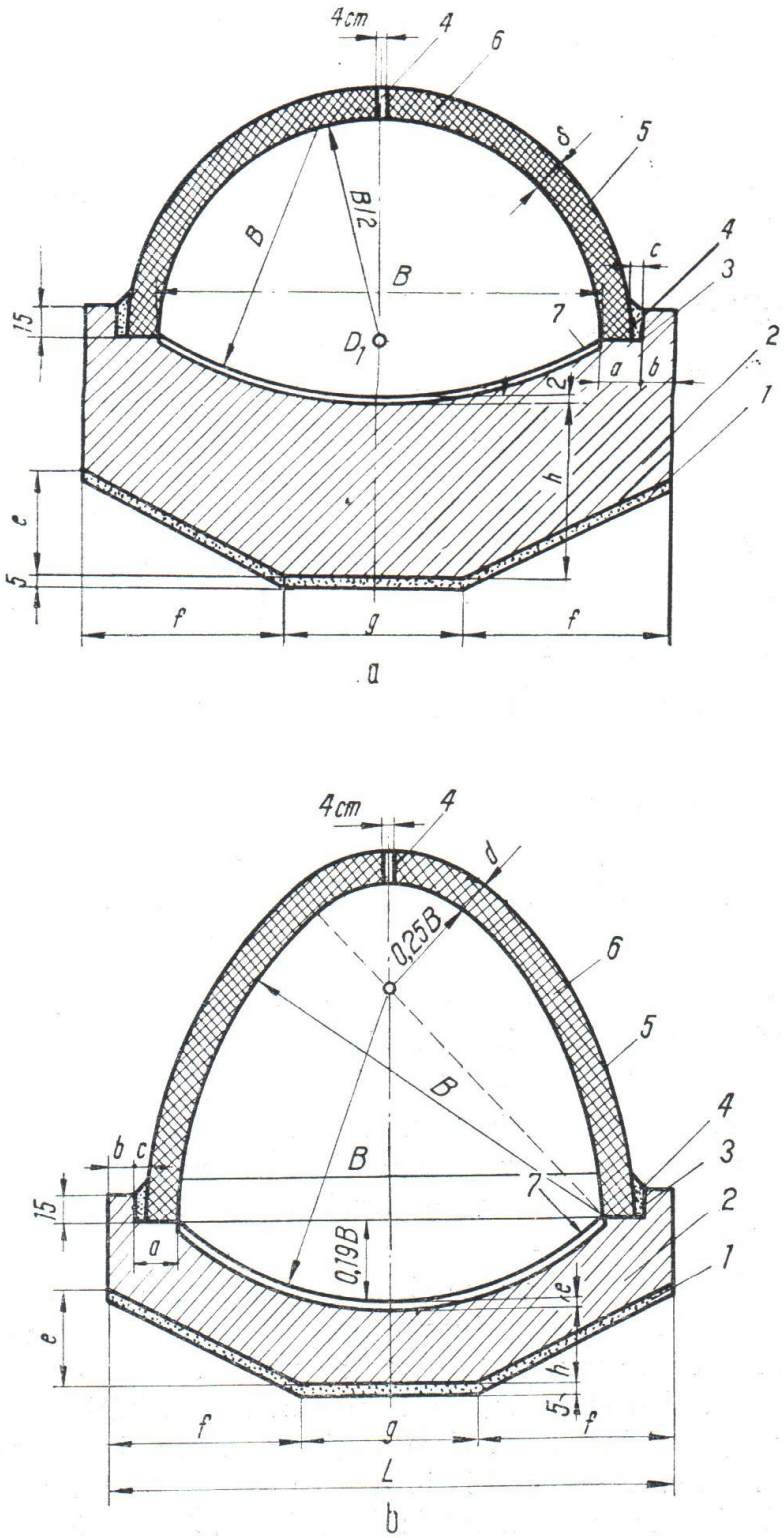


Fig. 5.11. Canal clopot semifabricat din beton armat:
a — circular tip B; *b* — semieliptic tip B şi C; *1* — beton de egalizare; *2* — beton armat B 150; *3* — mortar de poză; *4* — mortar de ciment matat; *5* — strat de bitum; *6* — boltă prefabricată din beton armat B 250; *7* — tencuială sclivisită.

5.4. TUBURI DIN FONTĂ

Tuburile din fontă cu mufă (STAS 1674-74) și cu flanșe (STAS 1675-74) sînt folosite în special la construcțiile anexă rețelei de canalizare, în stațiile de pompare, pentru sifoane, cămine de rupere de pantă, sarcini exterioare mari, terenuri alunecătoare.

Presiunile nominale la ambele tipuri de tuburi sînt de 10 daN/cm^2. Diametrele standardizate sînt: 80, 100, 125, 150, 200, 250, 300, 350, 400, 500, 600, 700, 800, 900, 1 000 mm; lungimile variază între 4 000 și 6 000 mm.

Etanșarea tuburilor cu mufă se face cu frînghie gudronată și plumb, iar a celor cu flanșe cu garnituri de cauciuc conform STAS 1773-76.

5.5. ȚEVI DIN OȚEL

Țevile din oțel sînt folosite pentru presiuni mai mari ca 10 at, pentru traversări de rîuri, căi ferate, șosele, în stațiile de pompare, în regiuni cu grad mare de seismicitate, în terenuri puțin stabile etc. Țevile din oțel sînt de două tipuri: cu sudură și fără sudură.

Țevile din oțel sudate longitudinal, pentru instalații (STAS 7656-76), au diametre exterioare de 10—150 mm și lungimi de 4—7 m. Îmbinarea țevilor se face prin sudură sau cu manșon filetat.

Țevile din oțel sudate longitudinal, pentru construcții (STAS 7657-71), au diametre exterioare de 16—114 mm și lungimi de 4—8 m; îmbinarea țevilor se face prin sudură.

Țevile din oțel sudate elicoidal, pentru conducte (STAS 6898-68), au următoarele diametre exterioare: 521, 620, 720, 820, 920, 1 020 mm și lungimi de 6—16 m. Îmbinarea țevilor se face prin sudură, capetele fiind prelucrate la un unghi de 30 $\pm$ 5° față de un plan perpendicular pe axa țevii.

Țevile din oțel fără sudură laminate la cald, pentru construcții (STAS 404-71), au diametre exterioare de 25—530 mm și lungimi de 4—12,5 m. Îmbinarea țevilor se face prin sudură, capetele țevilor putînd fi, la cerere cu capetele lărgite sau îngustate precum și cu capete calibrate.

Țevile din oțel fără sudură, trase sau laminate la rece, pentru construcții (STAS 530-71), au diametre exterioare de 4—200 mm și lungimi de 1,5—8 m. Îmbinarea tuburilor se face prin sudură, capetele putînd fi teșite.

Țevile sudate sînt folosite pentru presiuni de 20—25 at, iar cele fără sudură, laminate, pentru presiuni de 25—60 at.

Țevile sînt protejate de obicei la exterior prin bitumare, la cererea beneficiarului putîndu-se stabili condiții speciale de protecție.

Țevile din oțel sînt supuse aproape în toate cazurile la coroziune, fie la interior, fie la exterior. Acest fenomen duce la producerea de defecte de etanșeitate și apoi la avarii cu pierderi importante de apă, la sporirea rugozității interioare a peretelui, ceea ce mărește rezistența hidraulică și micșorează capacitatea de transport a conductei, deci la scurtarea duratei de funcționare a conductei.

Coroziunea poate fi: *chimică*, fenomenul desfășurîndu-se la contactul metalului cu gaze uscate și soluții care nu conduc curentul electric, *electrochimică*, fenomenul desfășurîndu-se la suprafața metalului în contact cu soluții de electroliți, în condițiile trecerii curentului electric generat de procesele electrochimice ce se produc la limita dintre cele două faze și *electrocoroziunea* sau coroziunea, produsă de curenții de dispersie (curenți exteriori sau curenți vagabonzi), care se desfășoară tot după mecanismul eletrochimic. Acest ultim tip de coroziune apare curent în vecinătatea căilor de transport cu tracțiune electrică, la care închiderea circuitului se face prin pămînt.

Coroziunea conductelor poate fi redusă prin îmbunătățirea calității metalului, aplicarea de straturi izolatoare la exterior și interior, protecția catodică, canalizarea (drenarea) curenților electrici de dispersie (vagabonzi) etc. În general se procedează la izolarea conductelor și ca măsură suplimentară la protecția catodică.

Izolația exterioară a țevilor de oțel se face cu un strat de grund și 1—3 straturi de bitum cu cîte o înfășurare exterioară de protecție, din pînză de iută, cînepă sau bumbac etc.

Izolația interioară se face cu lac bituminos, cu un strat de masă plastică, prin cauciucare și mai rar cu straturi de zinc, cupru etc.

Protecția catodică (STAS 7335/9-71) constă din introducerea unui curent electric în direcția sol-conductă, întreaga suprafață a conductei transformîndu-se în catod. Protecția se datorește fenomenului de polarizare catodică, potrivit căruia hidrogenul se depune pe catod și formează un film protector care izolează conducta față de pămînt, împiedicînd procesul de coroziune.

5.6. TUBURI DIN AZBOCIMENT

Tuburile din azbociment sînt fabricate dintr-un amestec intim și omogen cuprinzînd în special ciment și fibre de azbest în prezența apei, cu excluderea materialelor care ar putea să compromită în timp calitatea tuburilor.

Conform STAS 7345-75, tuburile se clasifică în funcție de presiunea hidraulică de încercare, care reprezintă dublul presiunii nominale, în două serii (cu 6 clase la seria întîi și 5 clase la seria a doua). Presiunea nominală este cuprinsă între 0,25 și 1,5 N/mm^2.

Îmbinarea tuburilor se face cu mufe, iar etanșarea cu inele de cauciuc (STAS 6907-74).

Diametrele nominale variază între 80 și 2000 mm; lungimea minimă a tuburilor este de 3,0 m, iar cea maximă de 6,5 m.

Tuburile se încearcă la presiunea hidraulică interioară, la spargere, la presiunea hidraulică exterioară, la rupere prin strivire, la încovoiere generală și se verifică rectiliniaritatea.

Tuburile din azbociment sînt folosite pe tronsoanele unde trebuie evitată infiltrația și exfiltrația, în incintele întreprinderilor care evacuează ape acide, la conductele de refulare etc. Deoarece sînt puțin rezistente la lovire, trebuie manipulate cu grijă și folosite numai acolo unde nu sînt supuse la sarcini importante.

5.7. TUBURI ŞI PIESE DE LEGĂTURĂ DIN GRESIE CERAMICĂ ŞI GRESIE CERAMICĂ ANTIACIDĂ

Tuburile din gresie ceramică și piesele de legătură din gresie ceramică și gresie ceramică antiacidă sînt folosite pentru evacuarea apelor de canalizare cu conținut de acizi și alcalii.

Tuburile și piesele de legătură din gresie ceramică (STAS 1743/1-4-70) sînt prevăzute la unul din capete cu mufă; interiorul mufei și partea superioară a capetelor fără mufă sînt prevăzute cu caneluri.

Diametrele tuburilor din gresie ceramică sînt: de la 75 pînă la 1 000 mm, lungimile variind între 1 000 și 1 500 mm.

În figura 5.12 sînt date ramificațiile uzuale pentru tuburile de gresie ceramică, dimensiunea cea mai mare fiind 400/200 mm, iar în figura 5.13 coturile uzuale, dimensiunea cea mai mare fiind $Dn = 400$ mm.

Tuburile și piesele de legătură sînt verificate ca dimensiuni, aspect, impermeabilitate, capacitate de absorbție a apei, rezistență la șoc, la compresiune (STAS 1743/1-4-70) și hidraulică (STAS 3051-68).

Tuburile și piesele de legătură din gresie ceramică antiacidă au diametre între 25 și 300 mm și lungimi de 500—1 000 mm (STAS 4234-69).

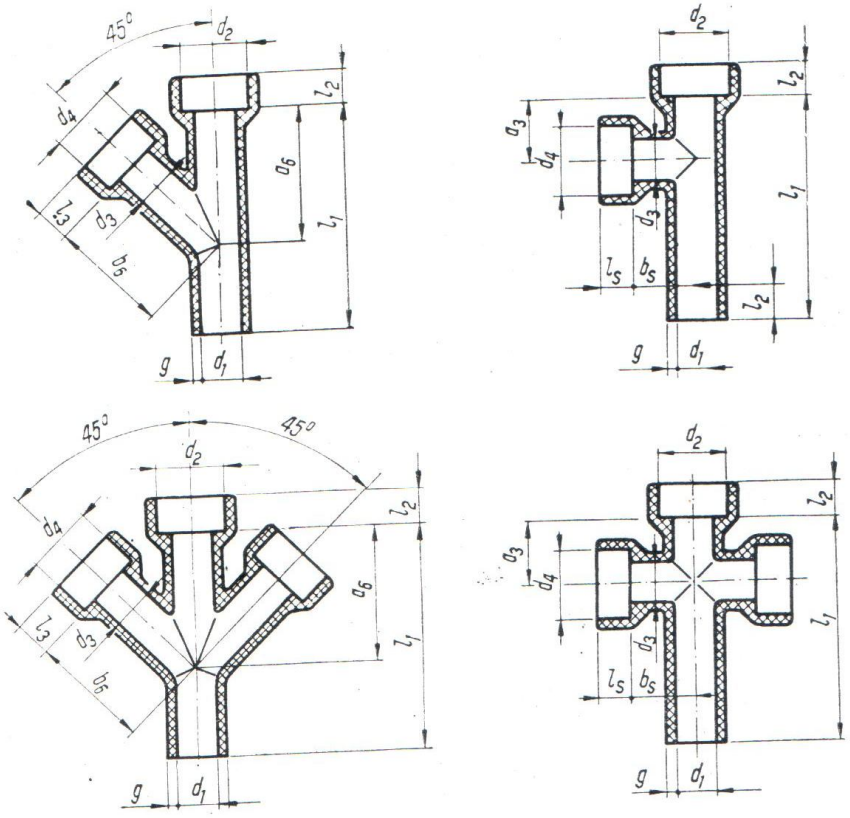


Fig. 5.12. Ramificații uzuale din gresie ceramică.

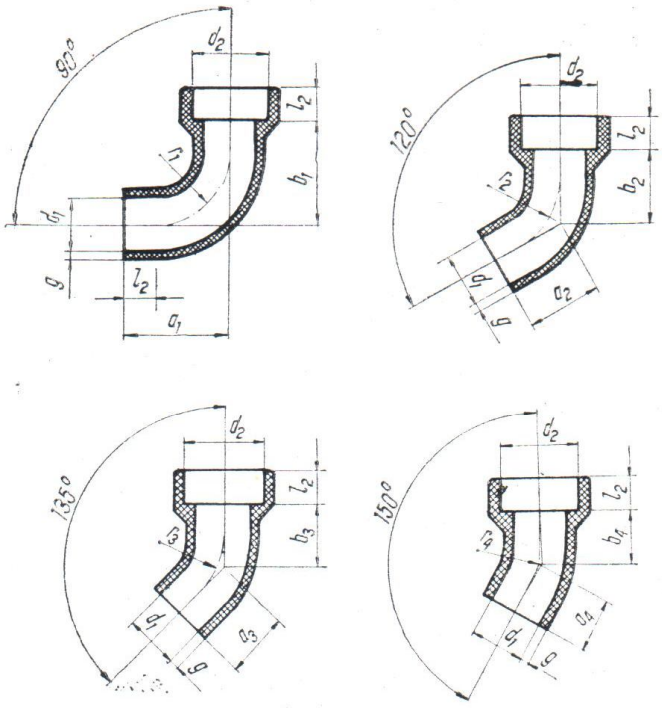


Fig. 5.13. Coturi uzuale din gresie ceramică.

Piesele de legătură constau din coturi cu mufă cu flanșă (90 și 135°), ramificații simple cu mufă la 90 și 45°, reducții cu mufă sau cu flanșă, teu cu flanșă, ramificație dublă cu mufă, cruce cu flanșă etc.

Tuburile și piesele de legătură din gresie ceramică antiacidă sînt verificate în aceleași condiții ca și cele din gresie ceramică.

5.8. ȚEVI DIN MATERIAL PLASTIC

Țevile din material plastic au o aplicare din ce în ce mai largă, dat fiind avantajul pe care-l prezintă acest material: greutate specifică și rezistență hidraulică reduse, rezistență mecanică ridicată, îmbinare ușoară etc.

La noi în țară se fabrică *țevi de policlorură de vinil neplastifiată* (STAS 6675/1-8-76), recomandate pentru ape de canalizare necorosive; acestea sînt de patru tipuri:

— tip 1 pentru presiuni de $2{,}5 \cdot 10^5$ N/m^2, de culoare neagră;

— tip 2 pentru presiuni de $4 \cdot 10^5$ N/m^2, de culoare bej;

— tip 3 pentru presiuni de $6 \cdot 10^5$ N/m^2, de culoare cenușie;

— tip 4, pentru presiunea nominală $10 \cdot 10^5$ N/m^2, culoare cenușie.

Lungimea tuburilor este de 4 — 6 m, iar diametrul 10 — 400 mm.

Îmbinarea țevilor se face prin lipire cu adeziv în mufe și prin sudură. La tipul de țevi fabricate la noi în țară îmbinarea se face prin lipire cu adeziv în mufe.

Verificarea țevilor se face ca: dimensiuni, aspect și culoare, dimensiuni și culoare după încălzire, absorbție de apă la fierbere, rezistența la presiunea hidraulică interioară, determinarea rezistenței la șoc și determinarea toxicității.

În ultimul timp au căpătat o deosebită dezvoltare tuburile din materiale plastice armate; din această categorie fac parte și tuburile și fitingurile ROPAFS „poliester armat cu fibre din sticlă", care sînt executate din materiale plastice termorigide, sau din rășini sintetice cu o armătură din fibră, conținînd în unele cazuri și o umplutură minerală. Tuburile ROPAFS au remarcabile proprietăți fizico-mecanice și deosebite rezistențe chimice la majoritatea mediilor agresive; tuburile sînt executate de M.I.C.

5.9. CANALE DESCHISE

Canalele deschise sînt folosite în general pentru transportul apelor meteorice și al altor ape convențional curate. Ele se construiesc sub formă de rigole, șanțuri și canale deschise.

Rigolele sînt folosite pentru transportul apelor meteorice colectate de pe străzi (v. fig. 3.17).

Șanțurile, canale săpate în pămînt, nepereate de cele mai multe ori, au drept scop colectarea apelor meteorice din extravilan. Forma lor obișnuită este trapezoidală, mai rar triunghiulară. Înclinarea taluzurilor depinde de natura terenului, de obicei 1 : 1,5 în terenuri coezive.

Canalele deschise (v. fig. 3.11—3.16) transportă debite de apă de ploaie importante.

Capitolul 6

EXECUTAREA REȚELEI DE CANALIZARE

Executarea rețelei de canalizare reprezintă una din operațiile dificile din cadrul construcțiilor edilitare, necesitînd volume mari de lucrări, a căror realizare angajează importante cantități de materiale și forțe de muncă cu calificare deosebită.

Canalele se execută din aval spre amonte, deoarece în acest fel orice tronson terminat poate fi dat imediat în funcțiune și folosit în același timp și în cadrul execuției rețelei, îndeosebi pentru evacuarea apelor subterane.

6.1. LUCRĂRI PRELIMINARE

În proiectul rețelei de canalizare, este inclus și proiectul de organizare a execuției lucrărilor.

Proiectul de organizare a lucrărilor are drept scop:

— stabilirea celor mai bune metode de execuție a rețelei de canalizare, cu folosirea intensivă a utilajelor necesare, a micii mecanizări și a sculelor speciale, aplicînd tehnica avansată și metoda de lucru în flux continuu, în vederea industrializării acestor lucrări;

— stabilirea unui plan calendaristic rațional de eșalonare a execuției lucrărilor, pentru respectarea termenelor de dare în folosință a fiecăreia din principalele părți ale lucrării. Din planul calendaristic trebuie să rezulte o folosire cît mai uniformă a mijloacelor de producție;

— organizarea rațională a teritoriului șantierului pentru asigurarea legăturilor prin folosirea căilor de comunicație și a instalațiilor provizorii de deservire;

— determinarea necesarului (materiale, utilaje, forțe de muncă) și stabilirea corespunzătoare a mijloacelor pentru executarea la timp a lucrărilor;

— stabilirea necesarului și a surselor de aprovizionare a șantierului cu energie electrică, aer comprimat etc.;

— stabilirea naturii, volumului și programului de executare a construcțiilor provizorii necesare și a costului lor, ținînd seama de folosirea resurselor locale.

Executarea lucrărilor începe prin *recunoașterea traseului* canalului și luarea în primire de către constructor, de la beneficiar, a reperelor lucrării, instalate pe teren de către acesta, conform proiectului. Dacă se consideră necesar, la această lucrare participă și proiectantul. În lista reperelor lucrării care se predă executantului intră:

— reperele de planimetrie, care servesc pentru fixarea vîrfurilor de unghi ale aliniamentelor, racordurilor de colectoare, poziției stațiilor de pompare, poziției căminelor, gurilor de zăpadă etc.;

— reperele de nivelment.

Reperarea lucrării va fi realizată, după importanță, prin borne și țăruși care permit materializarea traseelor și amplasamentelor lucrării ca planimetrie și nivelment. Executantul, cu ocazia luării în primire a reperelor, va verifica exactitatea plantării reperelor conform proiectului, semnalînd eventualele nepotriviri.

Trasarea lucrării se începe prin pichetarea axei canalului și a punctelor caracteristice; se execută apoi un nivelment de precizie, în raport cu reperele topografice permanente existente sau realizate cu prilejul lucrărilor de canalizare.

Pentru execuția canalului și în special pentru amplasarea lui pe axul trasat și la cotele respective, se execută la distanțe de 40—60 m și în punctele caracteristice construcția din figura 6.1, de preferință în dreptul țărușilor de ax (picheților). De o parte și de alta a țărușilor de ax se bat doi stîlpi de lemn, în care se prinde o scîndură orizontală numită *riglă*. Stîlpii se așază la distanțe de 70—80 cm de marginea tranșeei și trebuie să rămînă nemișcați pînă la sfîrșitul lucrării. Lateral, la o distanță de circa 30 cm (în exterior) de unul din stîlpi, se așază repere fixe alcătuite dintr-un țăruș de nivelment, incastrat într-o fundație de beton și care poate rămîne și după terminarea canalului. Țărușul are deasupra o placă metalică pe care se așază mira. Se execută apoi un nou nivelment de precizie pe țărușii de nivelment (repere fixe), notîndu-se cotele absolute (față de nivelul Mării Negre) într-un carnet de nivelment.

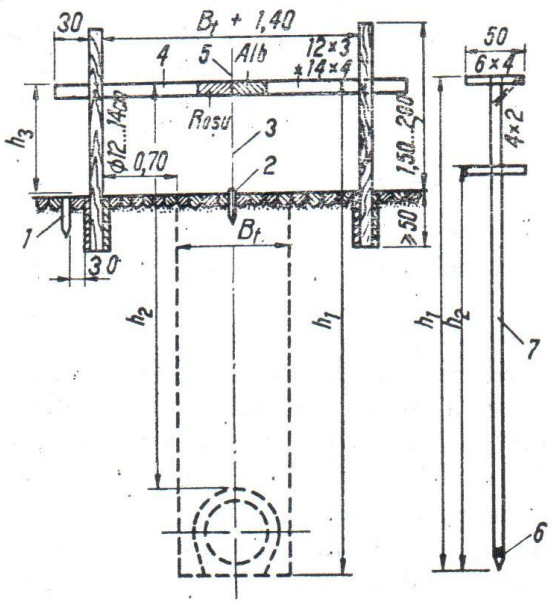


Fig. 6.1. Construcție auxiliară necesară execuției canalelor:

1 — țăruș de nivelment Ø 4—5 cm; *2* — țăruș de axă; *3* — axa canalului; *4* — riglă; *5* — cui; *6* — sabot; *7* — vizieră 8×6 — 10×6.

Cu ajutorul datelor de nivelment se așază riglele, astfel încît planul determinat de fețele superioare ale acestora să constituie un plan paralel cu panta canalului, respectiv cu toate elementele canalului (săpătură, radier, creastă).

Riglele sînt date la rindea pe toate fețele; după așezarea lor la cota respectivă, cu ajutorul firului cu plumb, se ridică *axul* de pe țărușul de ax și se marchează pe riglă printr-un cui bătut pe muchia superioară a acesteia. În acest fel, se materializează puncte de pe axul longitudinal al canalului. Acesta se verifică prin operații topografice, aducîndu-se totodată eventuale corecții, impuse de inexacta transpunere pe țăruși. De o parte și de alta a axului, rigla se colorează pe circa 50 cm în roșu și alb, culorile alternînd pe cele două fețe ale riglei și pe riglele așezate pe ax. Linia de separație între cele două culori marchează axul canalului. Axul canalului, marcat prin cuiele de pe rigle, trebuie verificat periodic.

6.2. EXECUTAREA SĂPĂTURILOR

Executarea săpăturilor se începe prin *desfacerea pavajului* pe lățimi corespunzătoare (minimum 0,60 m de o parte și de alta a tranșeei), astfel încît să se respecte prevederile de protecția muncii. Materialele rezultate din desfacerea pavajului se depozitează în figuri regulate la marginea trotuarului, fără a împiedica curgerea apelor de ploaie prin rigole și la o distanță de cel puțin 0,50 m de marginea săpăturii.

Tranșeele se execută cu *lățimi* minime necesare, cu respectarea condițiilor de execuție a lucrărilor, în funcție de modul de execuție a săpăturilor, de natura terenului și de lățimea exterioară a canalului sau a diametrului exterior al conductei, justificîndu-se în proiect dimensiunile adoptate.

Pentru canalele cu secțiune circulară avînd diametrul interior 200—400 mm, executate din tuburi de beton simplu, prefabricate, se dau lățimile maxime ale săpăturii în tabela 6.1. Lățimea tranșeelor depinde, în general, de felul terenului, de metoda de săpare (mecanizată sau manuală), de tipul utilajului de săpare și de modul de execuție a sprijinirilor.

TABELA 6.1

Lățimile tranșeelor pentru canale circulare (dimensiuni informative)

Diametrul interior al tubului (mm)	Lățimea maximă a săpăturii (m)
200	0,80
250	0,85
300	0,90
400	1,05

Pereții tranșeelor se execută vertical sau în taluz, în funcție de natura solului și a spațiului disponibil pentru executarea săpăturilor. La adîncimi mari și în cazul unor condiții hidrogeologice nefavorabile, tranșeele se execută de multe ori combinat: partea superioară mecanizat (în taluz), iar partea inferioară manual (cu pereți verticali).

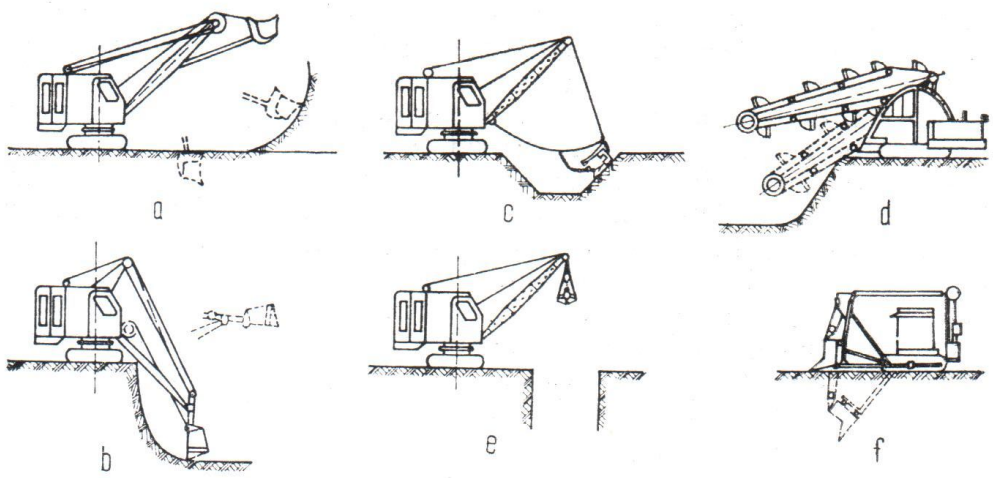


Fig. 6.2. Utilaje pentru săparea mecanizată.

Executarea săpăturilor (săparea și îndepărtarea pămîntului din tranșee) se poate face mecanizat, semimecanizat și manual. La săparea mecanizată, ultimii 20—30 cm deasupra cotei radierului se sapă manual.

Săparea mecanizată se execută cu excavatoare universale obișnuite cu cupă de 0,15—0,30 m³ (fig. 6.2, *a*) sau cu lingură întoarsă (fig. 6.2, *b*), cu săpătoare frontale, numite și săpătoare de șanțuri (fig. 6.2, *c*), cu dragline (fig. 6.2, *d*), cu graifăre (fig. 6.2, *e*) sau cu buldozere (fig. 6.2, *f*).

Săparea semimecanizată se practică în special pe străzile unde trebuie refăcut canalul și subsolul este parțial ocupat de alte construcții edilitare. În aceste zone se sapă de la caz la caz fie manual, fie mecanic, evacuarea pămîntului făcîndu-se cu benzi transportoare așezate pe radierul tranșeei, direct în camioane, ce așteaptă pe mal sau chiar în tranșee. Îndepărtarea pămîntului din tranșee se poate face și cu macarale pionier sau cu macarale teleferice (portal) cu capacitate de ridicare pînă la 4 t (fig. 6.3), utilaje care pot fi folosite și pentru introducerea tuburilor, betoanelor și altor materiale în tranșee.

Pentru săpături în terenuri foarte tari și tari se folosește ciocanul pneumatic de abataj dotat cu cazma și lopată.

Săparea manuală se practică din ce în ce mai puțin în prezent; ea își găsește aplicare în cazul tranșeelor de dimensiuni mici, pentru corectarea săpăturii mecanice, în porțiunile cu rețele subterane numeroase etc. Săparea se face cu tîrnăcopul și cazmaua, iar îndepărtarea pămîntului cu lopata. Dacă înălțimea de aruncare a pămîntului depășește 2—2,5 m se construiesc din 2 în 2 m pe verticală și din loc în loc „poduri" pentru îndepărtarea prin relee a pămîntului (fig. 6.4).

Pe străzile mai înguste, dacă nu se poate asigura o bandă de cel puțin 4 m pentru circulația vehiculelor, se alege un amplasament la o distanță cît mai mică de centrul de greutate al șantierului, în care se depozitează provizoriu pămîntul pînă la începerea umpluturii.

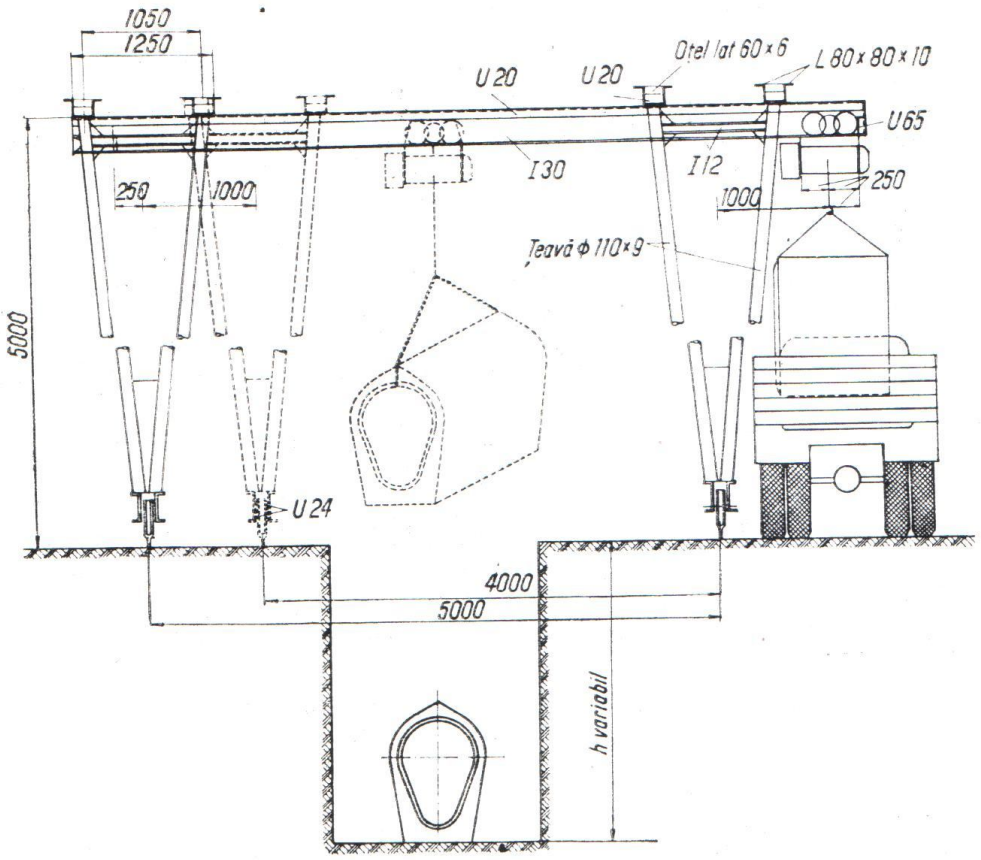


Fig. 6.3. Macara teleferică.

O atenție deosebită trebuie dată asigurării stabilității construcțiilor și instalațiilor învecinate tranșeei, luînd uneori măsuri de consolidare sau protejare, precum și pentru protecția circulației pietonilor și vehiculelor.

Devierea sau suprimarea unor cabluri, conducte etc. învecinate tranșeelor, se face de către întreprinderile de specialitate prin grija beneficiarului lucrării și în conformitate cu aprobarea dată de Consiliul Popular.

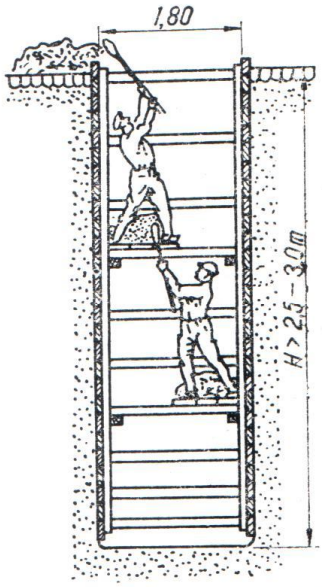


Fig. 6.4. Schema evacuării pămîntului cu lopata din tranșeele adînci.

6.3. SPRIJINIREA TRANȘEELOR

De cele mai multe ori, pereții tranșeelor sînt verticali. Pentru a împiedica degradarea pereților și alunecarea terenului din vecinătatea tranșeei, acestea se sprijină cu ajutorul dulapilor și bilelor de brad sau a sprijinirilor metalice de inventar, funcție de natura terenului.

În terenuri coezive sprijinirea se realizează cu dulapi orizontali (4,5 × 0,25 × 0,05 m) așezați la intervale de 0,5 — 1,0 m și dulapi verticali (4,5× ×0,25×0,05 m) așezați la distanțe de 1,0—1,5 m

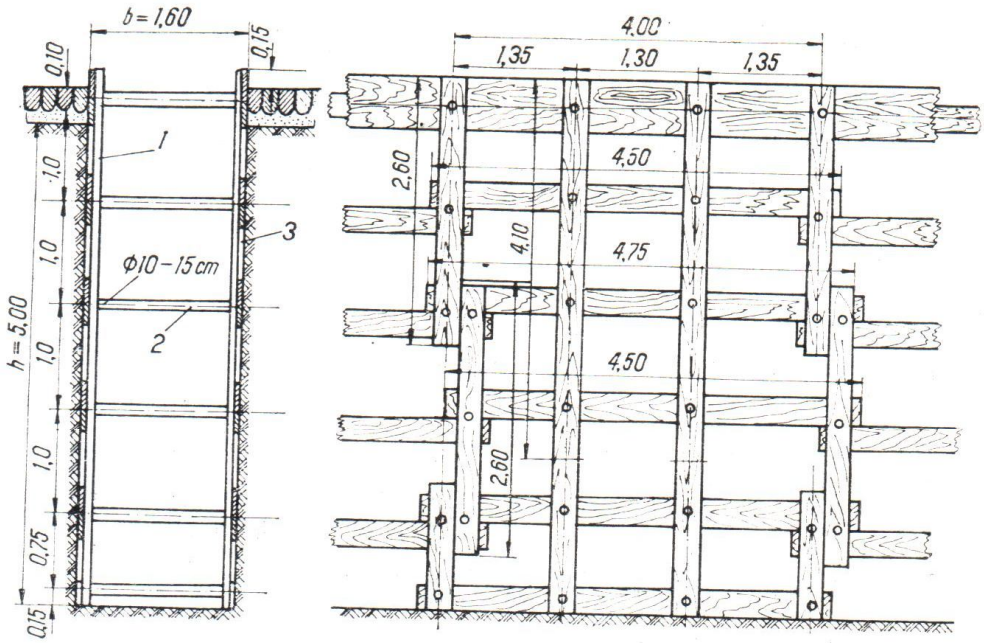


Fig. 6.5. Sprijinirea tranşeelor în terenuri coezive:
1 – dulap vertical; *2* – şpraiţ; *3* – dulap orizontal.

(fig. 6.5). Între dulapii verticali se bat bile (Ø = 0,10 — 0,15 m) numite *şpraiţuri* la intervale de 0,6—0,8 m, sub ale căror capete se bat bucăţi de scîndură pentru a împiedica şpraiţul să cadă. În prezent, în locul sprijinirilor care folosesc material lemnos, se folosesc dulapi de metal şi şpraiţuri metalice de inventar (fig. 6.6). Sprijinirea începe cînd tranşeea are o adîncime de 1,0—1,5 m.

În terenuri slab coezive şi puţin acvifere, dulapii orizontali se aşază unul lîngă altul.

În terenuri acvifere se execută sprijiniri prin palplanşe (fig. 6.7). În acest scop, după ce s-a ajuns cu săpătura pînă la circa 1,0 m adîncime, se instalează pe fundul săpăturii un cadru de lemn care se sprijină pe piloţi aşezaţi la distanţă de circa 2 m unul de altul; la interior se aşază un alt cadru. Între cele două cadre se bat palplanşe de lemn (5,00 × 0,25 × 0,05 m) sau metalice; la început, pentru ghidarea palplanşelor, se montează la înălţimea de 2 m un cadru provizoriu.

Pe măsura avansării săpăturii se bat şi palplanşele, iar la distanţe de 70—80 cm se montează la interior un alt cadru. În timpul lucrului palplanşele trebuie să fie încastrate pe o înălţime minimă de 0,5 m. Îmbinarea între palplanşe se face prin nut şi feder, pentru o cît mai bună etanşare a tranşeei; partea inferioară a palplanşei este ascuţită şi uneori se îmbracă cu tablă pentru a pătrunde mai uşor în teren.

Baterea palplanşelor se face manual sau cu berbecul acţionat mecanic. După ce s-au bătut palplanşele pe toată înălţimea şi se continuă săpătura, se bat din nou piloţi pe care se aşază un alt cadru şi se bat noi palplanşe. Pentru lucrări mai importante, palplanşele din lemn sînt înlocuite cu palplanşe metalice de diferite tipuri.

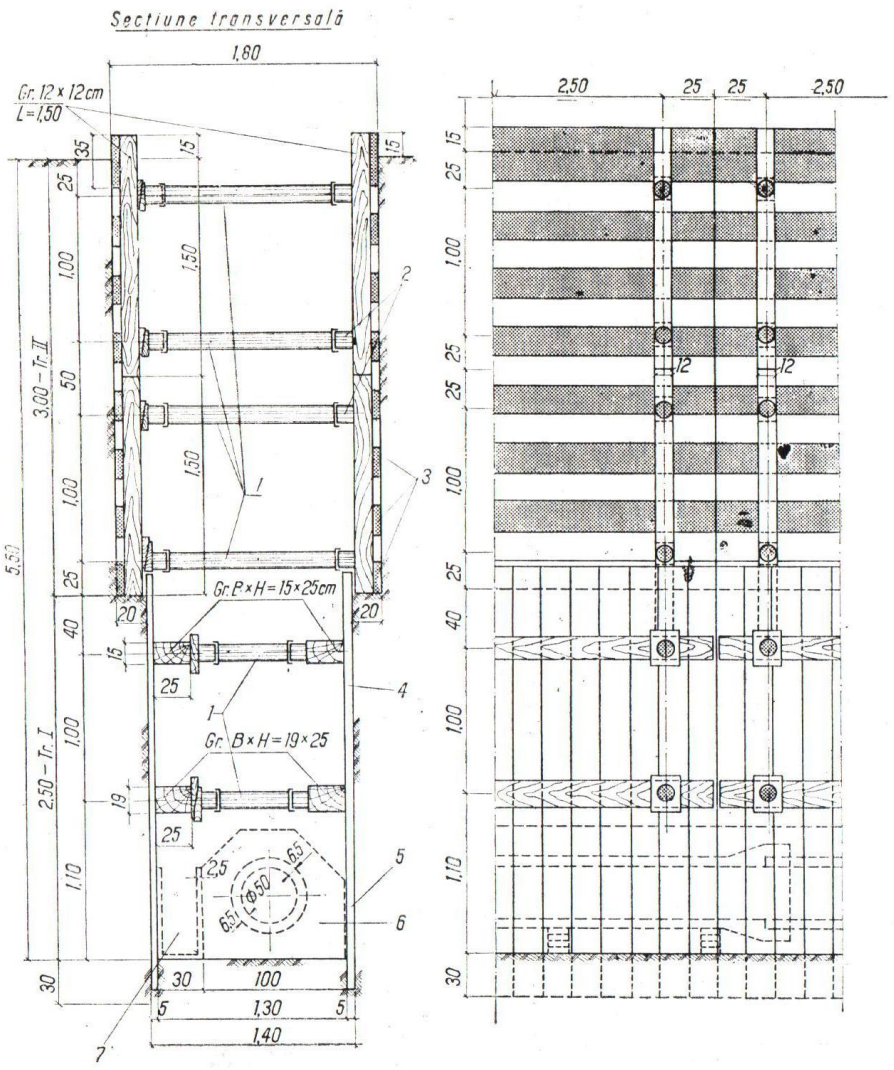


Fig. 6.6. Sprijinirea tranșeelor cu piese metalice de inventar:

1 — șpraițuri metalice de inventar; *2* — bile de completare Ø 12 cm; *3* — dulapi metalici orizontali cu interspații de 20 cm; *4* — dulapi metalici verticali 5 × 20 × 300; *5* — carton bitumat așezat vertical cu $h = 0{,}70$; *6* — tub $Dn = 500$, înglobat în beton B 150; *7* — jgheab din scînduri de 2 cm, căptușite cu carton bitumat 25 × 63 cm.

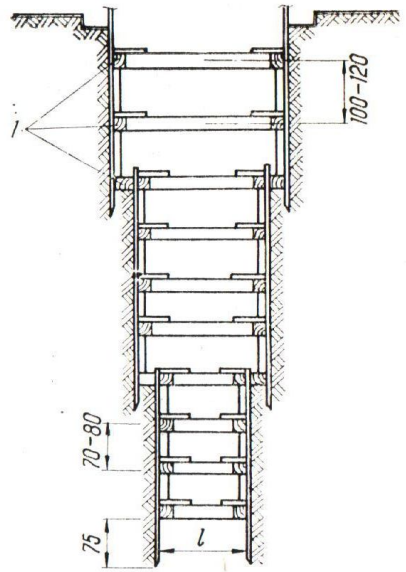


Fig. 6.7. Sprijinirea tranșeelor în terenuri acvifere:

1 — cadre.

6.4. EPUISMENTE

Uneori, rețeaua de canalizare trebuie să se execute sub nivelul apelor subterane; în asemenea situație, este necesară executarea de epuismente. Procedeele de execuție ale epuismentelor depind de natura terenului, nivelul apelor subterane, dimensiunile tranșeelor etc.

În terenuri cu permeabilitate redusă și cantități mici de apă, pe radierul tranșeei, din loc în loc se fac o serie de gropi, din care cu ajutorul moto-sau electropompelor se evacuează apa.

În terenuri cu permeabilitate mai mare se execută sub viitorul radier al canalului drenuri, de o parte și de alta a acestuia sau în ax. Apa colectată de drenuri, pe anumite tronsoane, este evacuată apoi prin pompare. După terminarea lucrării, drenurile nu sînt dezafectate, ele colectînd în continuare apele subterane, care sînt evacuate apoi în mod natural, în emisar. Aceste drenuri coboară nivelul apei subterane în zona canalului, evitîndu-se astfel, inundarea subsolurilor sau infiltrarea apelor subterane în canal.

Dacă terenurile au permeabilitate mare, pentru a se putea lucra în uscat, se coboară nivelul apei subterane cu ajutorul unor șiruri de puțuri forate (Ø 250—500 mm), plasate în lungul tranșeei, de o parte și de alta a acesteia, la 3—10 m distanță de pereți (fig. 6.8).

În ultimul timp, în locul puțurilor forate se utilizează *filtre aciculare*, executate din țevi metalice, de 1 m lungime și 0,05 m diametru, asamblate prin filet, și care au elementul filtrant la partea inferioară. Acesta constă din două țevi concentrice perforate, de 1 m lungime, înfășurate cu plasă metalică; la partea inferioară este prevăzută o bilă-supapă, pentru a antrena particulele fine în timpul epuizării apei. Filtrele se introduc în pămînt, în poziție verticală, pînă la cota prevăzută în proiect, cu ajutorul instalației de pompare, care, împingînd apa și aerul din sol în filtrul acicular, împinge în jos bila sferică și lasă astfel ca apa sub presiune să iasă la exterior. Se

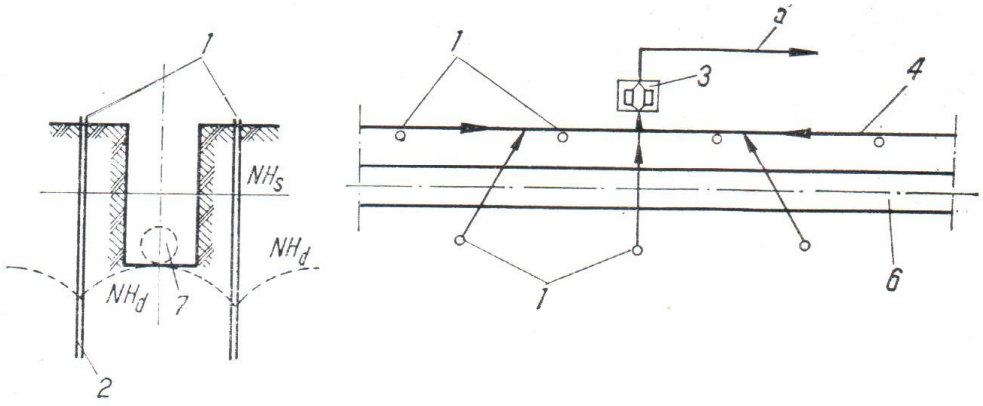


Fig. 6.8. Amplasarea puțurilor pentru epuizarea apei din tranșeele pentru construcția canalelor:

1 — puțuri; *2* — filtrul puțului; *3* — stație de pompare; *4* — conductă de aspirație; *5* — conductă de refulare; *6* — tranșee; *7* — canal.

produce astfel o spălare hidraulică a terenului, materialul dislocat fiind împins la suprafața solului (fig. 6.9).

În spațiul creat în jur, în cazul nisipurilor fine, se introduce pietriș ciuruit pînă la cota inițială a pînzei freatice și apoi se execută un dop de argilă. Puțurile se racordează la o conductă generală așezată paralel și lateral tranșeei, prin intermediul unor manșoane flexibile de cauciuc. Instalația de pompare constă din două electropompe speciale autoamorsate. Pe măsură ce se spală terenul, filtrul acicular pătrunde mai adînc în sol, pînă se ajunge la cota din proiect. După această operație, prin aceleași conducte, se aspiră apa prin filtrul acicular — din sol — pentru a menține coborît nivelul apei subterane și a executa în uscat restul lucrărilor.

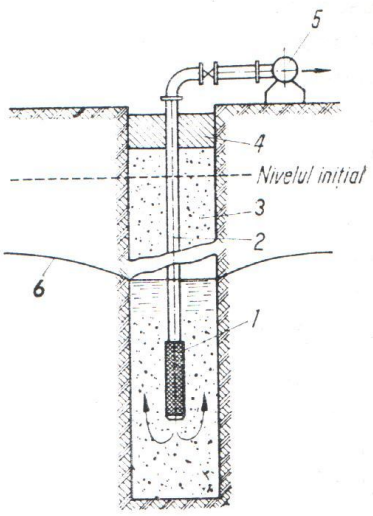


Fig. 6.9. Filtru acicular:
1 — element filtrant; *2* — conductă 50—60 mm; *3* — filtru de pietriș; *4* — dop de argilă; *5* — conductă generală; *6* — nivel hidrodinamic.

6.5. MONTAREA TUBURILOR ȘI EXECUTAREA CĂMINELOR

Montarea tuburilor începe prin turnarea fundației cămînelor la dimensiunile din proiect; apoi se execută rigola de pe radierul căminului și se montează tuburile care pătrund în cămin. În continuare, se poate executa, în paralel, montarea tuburilor și pereților cămînelor. În terenurile necorespunzătoare, trebuie luate măsuri speciale pentru fundare (de exemplu, se bat piloți). După terminarea zidăriei sau montarea tuburilor prefabricate din care este constituit căminul, se rostuiește zidăria cu mortar de ciment, se montează scările, capacele etc.

Înainte de a se monta tuburile se verifică și eventual se corectează radierul tranșeei, cu ajutorul așa-numitei „cruci" (v. fig. 6.1). Aceasta constă dintr-o riglă verticală, a cărei lungime este egală cu distanța dintre fundul săpăturii și muchia superioară a riglei; la partea ei superioară se fixează o altă riglă de 0,5 m lungime, așezată orizontal pe rigla verticală; muchia ei superioară trebuie să corespundă cu muchia superioară a riglelor din construcția din figura 6.1, atunci cînd este așezată vertical pe radierul tranșeei. Sub rigla orizontală este fixată o altă riglă orizontală, muchia superioară a acesteia corespunzînd cu creasta canalului, cînd crucea este așezată vertical pe aceasta.

Pentru verificarea radierului tranșeei se mișcă crucea între două rigle (v. fig. 6.1), astfel încît să se vadă în același plan fața superioară a celor două rigle între care se mișcă crucea și rigla superioară a crucii; în caz de neconcordanță se fac eventuale corectări ale radierului tranșeei. După terminarea acestei operații se începe așezarea tuburilor, verificîndu-se și acestea cu crucea.

În terenuri cu pietrișuri grosiere, marne sau stîncă nu este permisă rezemarea directă pe sol a tuburilor circulare fără talpă. În asemenea situații,

este necesară executarea unui reazem de nisip, balast (cu granule de maximum 3 cm) sau beton. Reazemul va avea grosimea de cel puțin $10 + Dn/10$ (cm) pentru nisip și balast și $5 + Dn/10$ (cm) pentru beton. Contactul dintre reazemul de beton și tub trebuie să fie continuu, fără denivelări, pentru a evita concentrările de eforturi în tuburi.

Lansarea tuburilor în tranșee se poate face cu trepiede de montare a conductelor, macarale portal, tractoare speciale de lansare (pentru tuburi mai mici), automacarale, excavatoare, dragline echipate cu braț de macara. Pentru lansare trebuie să se folosească chingi late; cablurile sau lanțurile pot deteriora stratul superficial.

Îmbinarea și etanșarea tuburilor se face după recomandările din capitolul 4 și „Instrucțiunile tehnice pentru proiectarea și executarea conductelor de apă și canalizare din tuburi de beton, beton armat și gresie ceramică" (CSEAL 1972).

6.6. CANALE TURNATE PE LOC

Una din problemele importante ale construcției canalelor turnate pe loc (monolite) sau a celor prefabricate se referă la construcția cofrajelor (fig. 6.10). Acestea, trebuie să fie astfel construite, încît să reziste la sarcinile din timpul

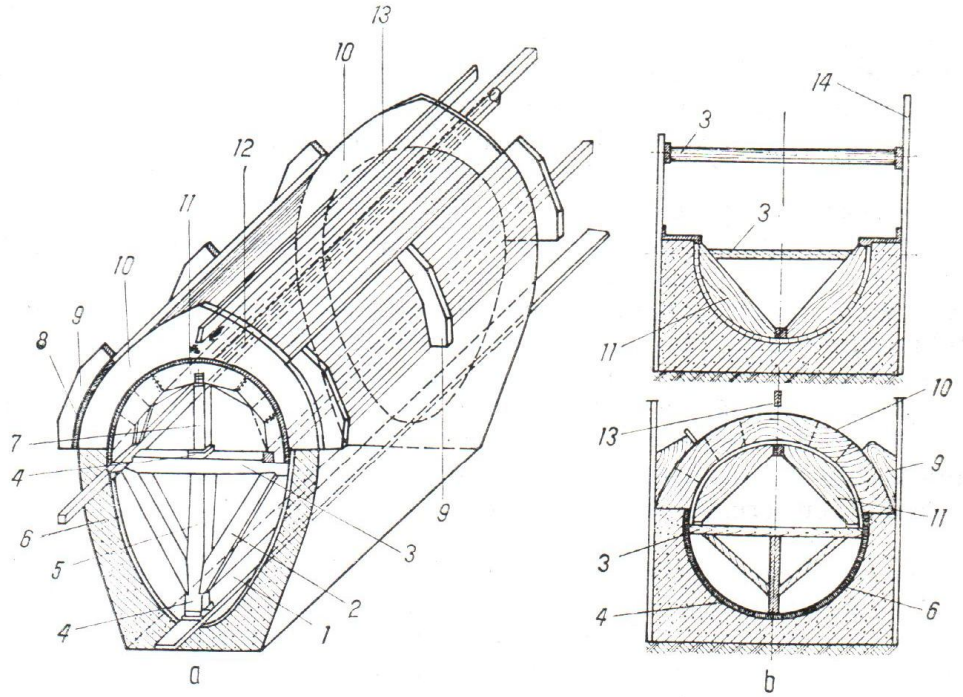


Fig. 6.10. Cofraje pentru executarea canalelor monolite:

a — vedere; *b* — secțiune; *1* — talpă; *2* — contrafișe; *3* — proptea; *4* — pene; *5* — stîlp; *6* — tencuială; *7* — pop; *8* — manta exterioară; *9*—coroană exterioară; *10*—tipar de boltă; *11*—coroană interioară; *12* — manta interioară; *13* — dreptar; *14* — căptușeală.

execuției canalului, să asigure după decofrare o suprafață cît mai netedă pentru o bună curgere hidraulică și să se poată utiliza de cît mai multe ori.

În figura 6.10, *b* sînt arătate două tipuri de cofraje, mai des utilizate. În ultimul timp, pentru realizarea de suprafețe aparente netede și pentru eliminarea tencuielilor, se folosesc panouri de cofraj netede, prefabricate, cum sînt panourile din tablă de oțel, plăcile de placaj tegofilm și plăcile fibrolemnoase dure.

De asemenea, în ultimul timp, pentru canale monolit de dimensiuni mari se folosesc cofraje glisante și pneumatice; la ambele tipuri se toarnă întîi radierul. Cofrajele glisante folosite pentru pereți și radier sînt montate pe un cărucior, care se deplasează pe o cale de rulare așezată pe radier. După 48 h de la turnarea betonului cofrajul este tras de un cablu și așezat pe o nouă poziție.

Cofrajele pneumatice sînt tuburi flexibile cu secțiune circulară, executate din mai multe straturi de pînză specială cauciucată, care se umflă cu aer comprimat. După 24 h de la turnare, cofrajele sînt dezumflate și montate pe o altă poziție, pentru a nu se produce o aderare puternică între cofraj și beton.

După decofrarea canalelor și după aproximativ 20 zile de la turnarea betonului, canalele se verifică în conformitate cu STAS 3051-68.

La canalele nevizitabile se verifică aliniamentele cu ajutorul oglinzilor, iar pantele prin nivelment. La pante se admit abateri de $\pm$ 10% față de panta proiectată; la cote, abaterile admise sînt de $\pm$ 5 cm față de cotele proiectate, fără a se depăși toleranța admisă pentru pantă.

La canalele vizitabile se verifică aliniamentele, pantele, dimensiunile interioare ale canalului și calitatea tencuielii; abaterile limită la pante și cote sînt aceleași ca la canalele nevizitabile.

Proba de etanșeitate se execută, de regulă, între două cămine, realizînd în prealabil o serie de lucrări pregătitoare: umpluturi parțiale peste canal, lăsînd îmbinările libere; închiderea etanșă a tuturor orificiilor, blocarea capetelor canalelor etc.

Se umple apoi canalul cu apă pe la capătul aval, evacuînd aerul pe la capătul amonte; se lasă canalul plin cu apă timp de maximum 24 h, pentru a permite absorbția apei de către materialul pereților și evacuarea aerului rămas. Presiunea de probă pentru canalele cu nivel liber de apă, măsurată la capătul aval al tronsonului, se ia egală cu 5 N/cm^2. Durata probei este de 15 min; în timpul probei se completează mereu apa pierdută, măsurîndu-se cantitățile adăugate. Pierderile maxime de apă admise pentru canalele circulare și ovoidale sînt arătate în tabela 6.2.

După efectuarea probelor de mai sus se încheie un proces-verbal.

TABELA 6.2

Pierderile maxime admise pentru canale circulare și ovoidale la proba de etanșeitate, la presiunea 5 N/cm²

Forma	Dimensiunile canalului (mm)	Pierderile de apă maxime admise (dm³/m² de suprafață udată)			
		Canale din beton simplu	Canale din beton armat centrifugat și precomprimat	Canale din bazalt sau gresie ceramică	Canale din azbociment
Profil circular	250	0,40	0,20	0,20	0,002
	300—600	0,30	0,15		
	700—1000	0,25	0,13	—	—
	peste 1000	0,20	0,10		
Profil ovoidal	400/600 500/750	0,30	0,15	—	—
	600/900 800/1200	0,25	0,13	—	—
	900/1350 1200/1800	0,20	0,10	—	—

6.7. EXECUTAREA UMPLUTURILOR

Îndepărtarea sprijinirilor din tranșee se face pe măsura efectuării umpluturii, de jos în sus; numai dacă există pericolul degradării malurilor și accidentării muncitorilor care lucrează la umplerea tranșeei, sprijinirile nu se scot din tranșee, parțial sau total.

Umplerea tranșeelor se face cu lopata pentru volume mici de pămînt, canale de dimensiuni reduse etc.; pentru canale mai mari și atunci cînd este posibil, umplerea se face cu ajutorul buldozerelor.

Umplerea cu pămînt a tranșeelor se face în straturi de 0,20 m. Dacă pămîntul se prezintă sub formă de bulgări, aceștia trebuie sfărîmați. În jurul canalului se asigură o umplutură manuală, executată din straturi de circa 10 cm, bine compactate pînă la cel puțin 30 cm deasupra crestei canalului; compactarea peste acest nivel se realizează mecanic, folosindu-se ciocanul bătător (cu greutatea discului 2,7 daN, presiunea de batere 4—6 at), maiuri mecanice (cu greutate circa 100 daN, productivitate 150 m³/h, adîncime de compactare 35 cm), maiuri vibrante, cilindrul compresor vibrant etc.

După terminarea umpluturii se reface pavajul, cînd este cazul, iar pămîntul excedentar se transportă la exteriorul șantierului.

6.8. EXECUTAREA LUCRĂRILOR ÎN CONDIȚII SPECIALE

Executarea lucrărilor în condițiile arătate întîmpină uneori dificultăți și de aceea construcția canalelor și chiar utilajul este diferit de cel uzual; în această categorie se încadrează lucrările în tunel, în pămînturi macroporice, la traversarea unor cursuri de apă, executate în timp de iarnă etc.

6.8.1. Lucrările în tunel

Lucrările în tunel devin necesare cînd canalele se construiesc la adîncimi mai mari de 8—10 m, cînd săpătura deschisă devine neeconomică și cînd circulația pe strada unde se execută canalul nu poate fi stînjenită. Pentru lucrările în tunel se folosesc în prezent trei metode: minieră, cu scut și prin presarea tuburilor.

La *metoda minieră*, ca dealtfel la toate cele trei metode, se începe cu executarea unui puț, ale cărui dimensiuni depind în principal de natura utilajului de executare a săpăturii. Deasupra puțului se construiește *casa puțului*, în care se instalează utilajul de ridicat sau de coborît materialele, echipamentele etc. De la partea inferioară a puțului se începe săparea în tunel a canalului. Sprijinirea pereților se face cu cadre de lemn, beton armat prefabricate sau cadre metalice.

La *metoda cu scut* nu este necesară sprijinirea pereților, deoarece însuși scutul realizează această operație. Scutul constă dintr-un cilindru metalic cu grosimea peretelui de 20—25 mm și diametrul de 2,5—5,0 m; diametrul scutului folosit la executarea a numeroase canale în București este de 3,10 m, iar lungimea 4,5 m. Scutul este împărțit în trei părți: în partea din față este prevăzut spațiul pentru excavare; în partea centrală se găsesc presele hidraulice care, sprijinindu-se pe canalul executat anterior, împing scutul înainte; în partea din spate se găsește dispozitivul pentru montarea bolțarilor de beton armat — ce constituie pereții canalului (fig. 6.11) — care constă dintr-un vinci centric cu posibilitate de acționare în trei direcții.

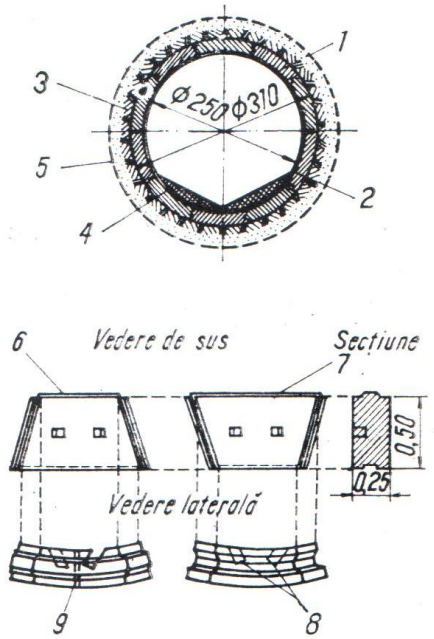


Fig. 6.11. Secțiune transversală printr-un colector cu scut:

1 — cămășuială din bolțari prefabricați; *2* — cămășuială secundară torcretată; *3* — zonă de injecție cu mortar; *4* — profil din beton; *5* — virola scutului; *6* — bolțari pană; *7* — bolțari contrapană; *8* — găuri de prindere la montare; *9* — găuri Ø 5 cm pentru injecții.

Săparea la interiorul scutului se execută manual, pămîntul rezultat transportîndu-se cu vagonete la puțul de evacuare a materialelor. Procesul tehnologic de construcție a canalelor cu ajutorul scutului comportă următoarele operații principale, care împreună constituie un ciclu: săparea pămîntului și evacuarea lui; avansarea scutului cu 50 cm (în etape de 5—20 cm); montarea inelului de bolțari. Pentru etanșarea canalului, între bolțari se introduce mastic bituminos, în grosime de 3 cm. După montarea inelelor

pe o lungime de 20—25 m, în spatele acestora se injectează mortar de ciment pentru a se face legătura cu terenul. La interior, pe bolțari, se execută o cămășuială interioară, constînd dintr-un strat de beton armat torcretat în grosime de 5 cm. Dacă este necesar se execută și o cunetă de beton.

După terminarea lucrării, puțurile de evacuare a materialelor sînt folosite drept cămine de vizitare, fiind amenajate în acest scop.

În București, între anii 1955—1960, s-au executat canale cu scut hidromecanic, la care săparea s-a făcut hidromecanic.

La *metoda cu tuburi de protecție* rolul tunelului îl îndeplinesc tuburile de protecție, care sînt împinse înainte cu prese hidraulice.

6.8.2. Lucrări în pămînturi macroporice

Realizarea unor rețele de canalizare durabile în pămînturile macroporice, sensibile la înmuiere, depinde în cea mai mare măsură de condițiile de execuție și exploatare, respectiv de măsura în care lucrările de canalizare sînt etanșe și se poate împiedica accesul apelor de suprafață și subterane la fundațiile lor.

Pentru executarea și menținerea în bune condiții a construcțiilor de canalizare executate în pămînturile macroporice, trebuie prevăzute măsuri pentru:

— evitarea infiltrării sau scurgerii apelor de suprafață înainte și după fundarea construcțiilor de canalizare;

— fundarea pe pămînturi consolidate;

— evitarea pierderilor de apă în apropierea construcțiilor supra- și subterane, precum și protecția acestora împotriva infiltrațiilor din canale;

— rezistența suplimentară a canalelor;

— corecta exploatare a canalizărilor.

6.8.3. Executarea sifoanelor de canalizare

Executarea sifoanelor de canalizare necesită de cele mai multe ori execuarea de lucrări speciale în albia cursului de apă. Dintre metodele de exeutare a sifoanelor de canalizare se menționează:

— metoda batardourilor, utilizată cînd canalele necesită manoperă chiar e locul de montare, cum ar fi tuburile de fontă care trebuie îmbinate, canaele din beton turnate pe loc ș.a. În cadrul acestei metode, se construiește a jumătatea cursului de apă un batardou, în care se realizează în uscat săpăura, se montează tuburile etc.; după terminare, se desface acest batardou i se construiește un altul nou pe cealaltă jumătate a cursului de apă, în care e execută cealaltă parte a sifonului;

— metoda lansării conductei poate fi aplicată cînd sifonul se execută din uburi de oțel și apa nu are adîncime prea mare. Săparea tranșeei se face ub apă, folosind diverse procedee, iar tuburile se lansează în apă cu ajutorul nei ambarcații, unde se face și îmbinarea acestora;

— metoda de deviere a cursului de apă este cea mai comodă în ceea ce rivește executarea sifonului, însă aplicarea ei depinde de condițiile locale.

6.8.4. Executarea canalelor în timp de iarnă

Executarea canalelor în timp de iarnă, în special în perioadele foarte friguroase, necesită luarea de măsuri corespunzătoare pentru a asigura buna executare a unor asemenea construcții.

O primă operație constă în dezgheța rea pământului cu ajutorul grătarelor de cărbuni. Pentru lucrări mai importante se folosește abur trimis sub nivelul terenului cu ajutorul unor tuburi înfipte în pământ prin batere. Pentru a se evita înghețarea tranșeei în perioadele cînd nu se lucrează, acestea se acoperă cu rogojini. Tranșeea se sapă pînă la 30—50 cm deasupra cotei radierului; în momentul cînd se hotărăște montarea tuburilor se sapă și cei 30—50 cm, pentru a poza tuburile pe teren neînghețat.

Înainte de folosire, mufele, garniturile etc. se curăță bine de gheață și zăpadă.

Umplerea tranșeei, în special în zona îmbinărilor (în cazul tuburilor de fontă), se face numai cu pământ neînghețat; pământul înghețat poate fi folosit numai după ce s-a asigurat umplutura pe cel puțin 1 m înălțime cu pământ dezghețat.

La temperaturi sub 0°C nu se fac probe hidraulice.

6.9. RECEPȚIA LUCRĂRILOR

Executarea lucrărilor de canalizare se încheie cu recepția acestora. Comisia de recepție este formată din reprezentanți ai beneficiarului, constructorului, băncii de investiții, organelor locale, forului tutelar etc.; la lucrări importante comisia de recepție este numită prin H.C.M. Recepția, în conformitate cu Legea nr. 8/1977 se desfășoară în două etape: recepția preliminară și recepția finală.

Recepția preliminară se face numai după terminarea integrală a lucrărilor de construcții și constă în principal din verificarea tuturor construcțiilor și instalațiilor. Constructorul și beneficiarul trebuie să aibă grijă să prezinte comisiei de recepție proiectele, inclusiv modificările acestora apărute pe parcurs, situația financiară, procesele-verbale de recepție parțială (în special pentru lucrările așa-numite ascunse) și orice alt document care prezintă stadiul lucrării la data recepției. Comisia verifică obiect, cu obiect elaborind pentru fiecare un proces-verbal în care se menționează dacă lucrarea a fost sau nu recepționată, observațiile comisiei, remedierile necesare cu termene de predare etc.

Recepția finală se efectuează la expirarea perioadei de garanție (1 an). Unitatea de construcții-montaj este obligată să semnaleze toate defectele de calitate ivite în perioada de garanție, care nu se datoresc culpei beneficiarului. Prin recepția finală se verifică și se atestă:

— comportarea normală în exploatare în perioada de garanție a obiectului recepționat, inclusiv a lucrărilor aferente;

— efectuarea remedierii defectelor constatate la recepția preliminară sau apărute în perioada de garanție, precum și calitarea lor.

Remedierea defectelor de calitate apărute în perioada de garanție se efectuează de către organizația de construcții-montaj care a executat obiectul recepționat.

Capitolul 7

EXPLOATAREA REȚELEI DE CANALIZARE. COSTUL DE PRODUCȚIE AL APEI TRANSPORTATE PRIN REȚEAUA DE CANALIZARE

7.1. EXPLOATAREA REȚELEI DE CANALIZARE

Exploatarea rețelei de canalizare se efectuează în unități profilate numai pe asemenea operații. Numărul și calificarea personalului depind, în principal, de mărimea și de numărul de locuitori ai centrului populat. Se poate admite informativ că este necesar: pînă la 5 000 locuitori, 1 tehnician; între 5 000—25 000 locuitori și rețea sub 50 km lungime, 1 tehnician și 1 ajutor; între 25 000—50 000 locuitori și rețea între 50—80 km se organizează o secție de exploatare condusă de 1 inginer; între 50 000—100 000 locuitori se organizează un serviciu de exploatare cu mai mulți ingineri, tehnicieni și muncitori calificați și necalificați; pentru orașe cu peste 100 000 locuitori se recomandă împărțirea personalului pe sectoare de canalizare, prevăzîndu-se cîte 1 om pentru fiecare 1,5 km de rețea; se constată că numărul personalului de exploatare este cu atît mai mare (raportat la kilometrul de rețea) cu cît centrul populat este mai mare.

Personalul de exploatare trebuie să asigure: controlul periodic al rețelei, spălarea și curățirea rețelei și efectuarea lucrărilor de reparații.

Controlul periodic al rețelei constă în efectuarea de verificări interioare și exterioare ale rețelei, în vederea unei bune funcționări. Controlul exterior constă în verificarea căminelor (de exemplu, funcționarea în bune condiții a capacelor), gurilor de scurgere (dacă ramele sau grătarele sînt sparte sau deplasate), pavajelor din jurul obiectelor de canalizare, plăcilor indicatoare, stațiilor de pompare etc.

Controlul interior constă de asemenea în verificarea căminelor (scările, tencuiala etc.), gurilor de scurgere, canalelor, stațiilor de pompare etc., stabilindu-se totodată și necesitatea unor reparații. La canalele vizitabile controlul interior se face prin deplasarea de-a lungul lor a echipei de control; la cele nevizitabile, verificarea se face cu ajutorul oglinzilor montate în căminele de vizitare. În prezent, controlul interior se realizează cu mijloace moderne (se folosesc camere de luat vederi pentru televiziune). La sifoane sau conducte de refulare verificarea constă în proba de funcționare a pieselor anexă (vane, ventile de aerisire ș.a.). La stațiile de pompare mecanicul de tură trebuie să controleze continuu funcționarea pompelor, conductelor, dispozitivelor de măsură și control etc.

Tot în cadrul controlului periodic se urmărește buna funcționare a aparatelor de înregistrare a debitelor, precum și aparatele de luarea probelor automate și proporționale din diferite puncte ale rețelei; rezultatele măsurătorilor și analizelor de apă se trec în registre speciale.

Spălarea și curățirea rețelei de canalizare sînt două operații foarte importante pentru buna funcționare a rețelei.

— Spălarea se face prin intermediul căminelor de spălare sau a rezervoarelor de spălare automată; dacă prin spălare nu se obțin rezultate suficiente, se recurge la curățirea canalului cu mijloace manuale, cînd canalul

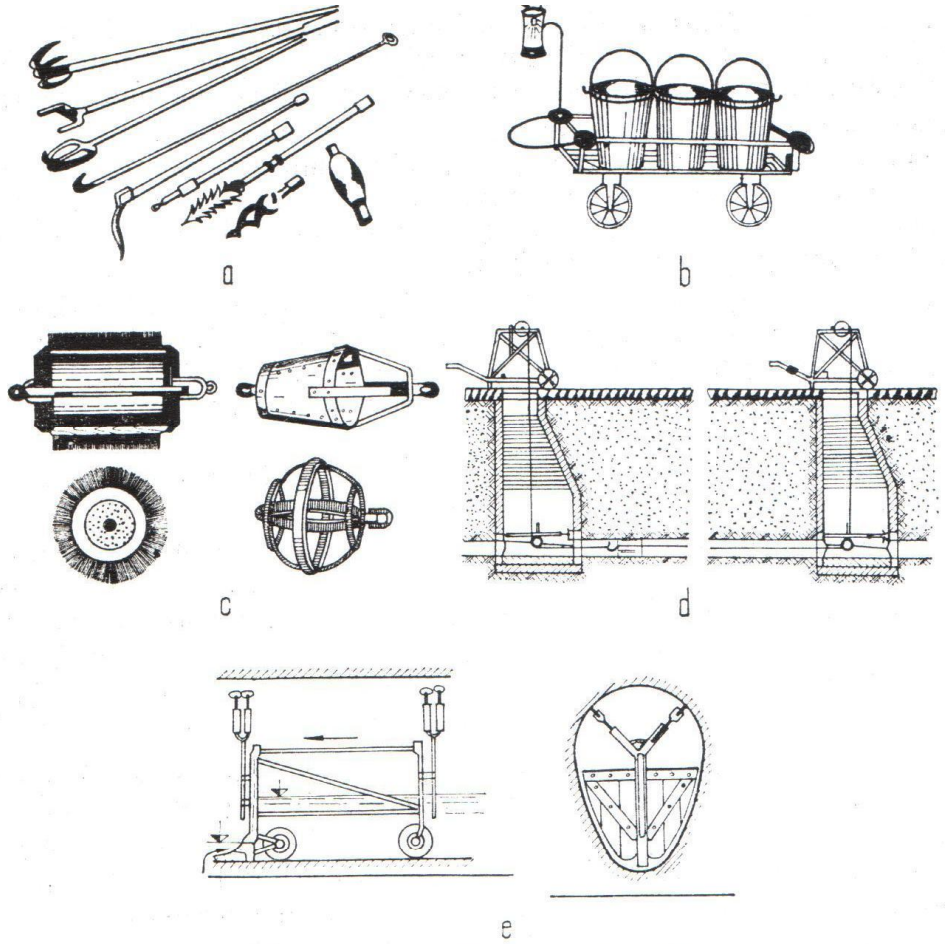


Fig. 7.1. Unelte pentru curățirea canalelor.

este vizitabil, sau mecanice în caz contrar. Curățirea canalelor, în afară de îndepărtarea depunerilor rezultate din apele uzate, mai are ca scop și îndepărtarea unor materiale mai grele, ajunse în canal și neantrenate de apa uzată, rădăcini etc.

Curățirea manuală se face cu unelte ca lopeți, tîrnăcoape, furci (fig. 7.1, *a*), materialul rezultat fiind încărcat în găleți și transportat cu cărucioare speciale (fig. 7.1, *b*) pînă la căminul aval, de unde este ridicat cu macarale la suprafața solului și apoi evacuat cu camioanele.

Curățirea cu mijloace mecanice se face cu ajutorul diferitelor unelte (fig. 7.1, *c*), ca sfere de fier, perii, răngi etc. Pentru introducerea acestor unelte în canal se folosesc bastoane de lemn de 1 m lungime, care se introduc prin plutire sau prin împingere din căminul amonte spre căminul aval; bastoanele se prind între ele cu mufe sau se înșurubează, de ultimul legîndu-se un cablu metalic care este tras în căminul aval prin deșurubarea, în acesta, a bastoanelor. De cablu se prinde unealta considerată ca necesară, iar cele două capete se prind la două macarale (fig. 7.1, *d*). Prin mișcări de du-te-vino depunerile sînt antrenate de apă și evacuate prin căminul aval. Uneltele de curățit se introduc succesiv începînd cu cea mai mică. Cînd canalul este

obturat, desfundarea se face cu ajutorul unor prăjini înșurubate ca și bastoanele, pe care se fixează diferite unelte (sfredel, furcă etc.); dacă nu se reușește desfundarea lui, este mai mult ca sigur că s-a produs degradarea acestuia și este nevoie să se procedeze la înlocuirea lui pe porțiunea deteriorată.

Spălarea mecanică se face uneori cu ajutorul unor dispozitive cu funcționare hidraulică (fig. 7.1, *e*). O placă metalică, montată pe un cărucior, formează un scut îndreptat spre amonte, asupra căruia acționează presiunea apei împingînd căruciorul spre aval; de acesta sînt prinse perii pentru spălarea fundului și pereților canalului.

Odată cu curățirea canalelor se face și curățirea construcțiilor anexă (guri de scurgere, cămine de intersecție, deversoare etc.). O deosebită atenție trebuie dată curățirii gurilor de scurgere, deoarece acestea prin înfundare, conduc la băltirea apelor de ploaie pe partea carosabilă a străzii și chiar pe trotuare.

Reparațiile rețelelor de canalizare, ca dealtfel ale tuturor construcțiilor, sînt de două categorii: curente și capitale.

— Reparațiile curente constau din refacerea tencuielilor în construcțiile anexă, înlocuirea capacelor la cămine sau a grătarelor la gurile de scurgere, refacerea pavajelor în zonele afectate de rețeaua de canalizare etc. și se execută după planurile anuale de exploatare. Ele sînt astfel planificate încît majoritatea să constituie acțiuni preventive și numai rareori să se încadreze în categoria lucrărilor de reparații accidentale, neprevăzute.

— Reparațiile capitale, constînd din lucrări de importanță mai mare, de exemplu înlocuirea canalului pe un tronson de cîteva sute de metri, schimbarea unor piese la motoarele sau pompele stației etc., se execută la perioade fixate de normele în vigoare și pe baza constatărilor făcute asupra rețelei. Documentațiile, care stau la baza aprobării fondurilor necesare, se elaborează de obicei de serviciul de canalizări care are în grijă rețeaua.

7.2. COSTUL DE PRODUCȚIE AL APEI TRANSPORTATE PRIN REȚEAUA DE CANALIZARE

Costul de producție al transportului a 1 m³ apă uzată prin rețeaua de canalizare se determină cu relația:

$$C = \frac{C_a}{V_{an}} \text{ [lei/m}^3\text{]}, \tag{7-1}$$

în care:

C_a reprezintă cheltuielile anuale pentru exploatarea și amortizarea rețelei pe timp de 1 an, în lei/an;

V_{an} — cantitatea totală de apă transportată în timp de 1 an, în m³/an.

Cheltuielile anuale pentru exploatarea și amortizarea rețelei sînt date de relația:

$$C_a = C_1 \cdot i_1 + C_2 \cdot i_2 + C \cdot i_3 + C_e + C_{ex} + C_s, \tag{7-2}$$

în care:

C_1 este costul de investiții al lucrărilor de construcții-montaj;

i_1 — cota de amortizare aferentă investițiilor la lucrările de construcții-montaj; se ia conform dispozițiilor în vigoare 0,02; cotele de amortizare se stabilesc în conformitate cu Legea 62/1968 și H.C.M. 139/1969, privind „Amortizarea fondurilor fixe";

C_2 — costul de investiții al utilajelor (pompe, compresoare, motoare etc.);

i_2 — cota de amortizare aferentă investițiilor pentru utilaje; se ia conform normelor în vigoare 0,05 — 0,10;

C — costul total al investițiilor, $C = C_1 + C_2$;

i_3 — cota de întreținere, în care sînt incluse cheltuielile de reparații curente și capitale, de administrare, indirect legate de exploatarea propriu-zisă a rețelei; se ia de obicei 0,005 — 0,01;

C_e — cheltuieli anuale reprezentînd energia consumată de pompe, compresoare, lumină etc.;

C_{ex} — cheltuieli anuale pentru exploatarea rețelei de canalizare (spălarea și curățirea rețelei, sifoanelor, combustibil, transporturi etc.);

C_s — retribuțiile anuale ale personalului de exploatare; se iau (0,005—0,01) C.

Stabilirea la proiectare a costului de producție al transportului a 1 m^3 apă uzată conduce la determinarea variantei optime.

Uneori compararea variantelor se poate face numai pe baza cheltuielilor anuale C_a sau a timpului de recuperare a investițiilor.

7.3. TEHNICA SECURITĂȚII ȘI PROTECȚIA MUNCII LA REȚELELE DE CANALIZARE

La exploatarea rețelelor de canalizare accidentele cele mai frecvente pot fi datorate:

— intoxicațiilor cu gaze toxice (oxid și bioxid de carbon, gaz metan, hidrogen sulfurat etc.);

— exploziilor în cămine, canale, stații de pompare din cauza gazelor inflamabile;

— îmbolnăvirilor, infectărilor etc.;

— electrocutărilor, atît în stațiile de pompare, cît și datorită cablurilor din apropierea rețelei;

— surpărilor de maluri;

— căderilor în cămine, tranșee etc.

Pentru evitarea acestor accidente este nevoie să se ia măsurile de protecția muncii prevăzute în „Normele republicane de protecția muncii", precum și cele speciale activității în domeniul canalizărilor.

Deoarece accidentele și măsurile speciale de protecția muncii sînt similare celor din stațiile de epurare, detaliile respective sînt date în partea a II-a „Stația de epurare", capitolul 20.

PARTEA A II-A

STAȚIA DE EPURARE

Epurarea apelor uzate are ca obiectiv principal (v. STAS 1481-76) îndepărtarea din apele uzate a substanțelor în suspensie, coloidale și în soluție, a substanțelor toxice, microorganismelor etc., în scopul protecției mediului înconjurător (emisar, aer, sol etc.).

Evacuarea apelor uzate neepurate sau epurate necorespunzător poate prejudicia, printre altele, în primul rînd sănătatea publică; în această ordine de idei STAS 1481-76 prevede ca apele uzate să fie evacuate întotdeauna în aval de punctele de folosință. De asemenea, STAS 4706-74 stabilește o serie de categorii de calitate a apei emisarului, care trebuie avute în vedere la evacuarea apelor uzate.

Epurarea apelor uzate se realizează în stații de epurare; acestea reprezintă ansamblul de construcții și instalații, în care apele de canalizare sînt supuse proceselor tehnologice de epurare, care le modifică calitățile astfel încît să îndeplinească condițiile prescrise de primire în emisar și de îndepărtare a substanțelor reținute din aceste ape.

În prezent, stațiile de epurare pot fi clasificate în două mari categorii: *orășenești* și *industriale*.

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

Stațiile de epurare industriale tratează numai ape uzate industriale.

Uneori, și literatura de specialitate recomandă aceasta, epurarea în comun a apelor uzate orășenești cu cele industriale — atunci cînd ultimele sînt în cantități mult mai mari decît cele ce intră în mod normal în apele uzate orășenești — este avantajoasă. Epurarea în comun a celor două feluri de ape conduce la o serie de avantaje, dintre care se menționează:

— desfășurarea optimă a procesului de epurare datorită substanțelor nutritive conținute în unele ape uzate industriale;

— existența unei singure stații de epurare în care se tratează ambele feluri de ape uzate poate conduce la reducerea costului de producție al epurării apei și la o cooperare mai eficientă între industrie și centrul populat, în vederea epurării apelor uzate;

— existența unui singur responsabil pentru epurarea apelor uzate de pe întreg teritoriul centrului populat, ceea ce asigură și o eficiență mai mare a exploatării.

Epurarea în comun poate fi împiedicată de existența unor substanțe inhibitoare în suspensie din apele uzate industriale; în numeroase cazuri

acestea pot fi îndepărtate în *stații de preepurare*, făcîndu-se astfel posibilă epurarea lor în comun.

Condițiile evacuării apelor uzate industriale în rețeaua de canalizare, precum și concentrațiile maxime admise la intrarea în stațiile de epurare a apelor uzate, sînt date de „Normativul privind condițiile de descărcare a apelor uzate în rețelele de canalizare a centrelor populate" C 90—70 R, MAS N-2-70, MAS 261-1972, publicat în Buletinul construcțiilor nr. 2-1971.

În vederea epurării apelor uzate și a micșorării costului de epurare, în afară de măsurile luate pentru preepurarea unor ape uzate, care conduc în final la ușurarea epurării acestora, mai trebuie avute în vedere și următoarele: folosirea la irigații a apelor uzate orășenești sau industriale, procedeu de epurare care conduce la sporirea recoltelor; recircularea apelor uzate epurate, care are ca rezultat reducerea investițiilor aferente stațiilor de tratare și de epurare a apelor; reținerea și refolosirea unor substanțe valoroase antrenate de apele uzate (fibre de lemn, produse petroliere etc.) sau rezultate la epurarea apelor (nămoluri, gaze etc.); înlocuirea unor substanțe greu degradabile, care fac parte din procesul tehnologic al unor industrii, cu altele mai ușor degradabile, pentru simplificarea procesului de epurare și reducerea costurilor de epurare; folosirea capacității de autoepurare a emisarilor, în scopul reducerii instalațiilor de epurare etc. [2].

Capitolul 8

COMPOZIȚIA APELOR UZATE ȘI DE SUPRAFAȚĂ. DEBITELE DE DIMENSIONARE ALE STAȚIILOR DE EPURARE

Compoziția apelor uzate determină în mare măsură dimensiunile stațiilor de epurare; în același sens și calitatea apelor de suprafață — emisarii cei mai des folosiți — pot interveni la alegerea procedeului și schemei de epurare.

Compoziția apelor uzate și a celor de suprafață se stabilește prin analize de laborator care: determină cantitatea și starea materiilor de orice fel conținute în apă și în special prezența materiilor specifice apelor uzate (materii în suspensie, azot, grăsimi, cloruri etc.); ajută la urmărirea mersului descompunerii apelor uzate sau de suprafață (prin determinarea CBO_5, O_2, pH etc.); stabilește prezența și felul organismelor din apă, în scopul cunoașterii stadiului epurării în diferite trepte ale stației de epurare.

8.1. CARACTERISTICILE APELOR UZATE ȘI DE SUPRAFAȚĂ

8.1.1. Caracteristici fizice

Turbiditatea apelor uzate și a emisarilor indică numai în linii mari conținutul de materii în suspensie ale acestora, deoarece nu există un raport bine definit între turbiditate și conținutul în suspensii. Turbiditatea se măsoară

în grade în scara silicei și se determină, în principal, pentru apa emisarilor ș numai uneori pentru apele uzate. Apele uzate orășenești au în general turbi ditate de 400 — 500 grade în scara silicei.

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

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

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

8.1.2. Caracteristici chimice

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

În tabela 8.1 sînt date comparativ valori privind materiile în suspensie, valabile pentru orașele germane, după Imhoff, și pentru un cartier din orașul București.

Din cele două situații, se constată că, în general, valorile sînt comparabile, cu deosebirea că pentru cartierul din orașul București substanțele minerale sînt în cantitate mai mare decît cele organice, deși din literatura de specialitate rezultă că substanțele organice sînt în cantitate mai mare decît cele minerale. Această inversare a valorilor se datorește industriei care evacuează cantități masive de substanțe minerale și demonstrează încă o dată influența apelor uzate industriale asupra compoziției apelor uzate orășenești.

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

În privința materiilor solide în suspensie și dizolvate, ținînd seama că în timpul ploii apele amestecate (ape uzate și de ploaie) sînt aproape tot la fel de murdare ca apele uzate din timp uscat, valorile din tabela 8.1 linia A se recomandă a fi mărite cu 15—20 % pentru a ține seama de suspensiile aduse de apele de ploaie provenite de pe străzi, curți sau antrenate din canale etc.

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

Analizele pentru stabilirea caracteristicilor apelor uzate, necesare proiectării stațiilor de epurare, furnizează suficiente detalii referitoare la aspectele deosebite menționate; trebuie însă avută în vedere și dezvoltarea de viitor a centrului populat, în special industriile ce urmează a se construi, care pot influența în măsură însemnată caracteristicile apelor uzate.

Materiile solide în suspensie separabile prin decantare (v. tab. 8.1) sînt de o deosebită importanță la dimensionarea decantoarelor și a bazinelor de

TABELA 8.1

Caracteristicile substanțelor solide din apele uzate

Substanțe		Substanțe solide (mgf/dm³)/(gf/loc și zi)			CBO_5 (mgf/dm³)/(gf/loc și zi)
		Minerale	Organice	Total	
Materii solide în suspensie:					
— separabile prin decantare	*A*	130 / 20	270 / 40	400 / 60	130 / 19
	B	20 / 10	30 / 10	50 / 20	55 / 20
— neseparabile prin decantare	*A*	70 / 10	130 / 20	200 / 30	80 / 12
	B	40 / 15	40 / 15	80 / 30	40 / 15
Materii solide dizolvate	*A*	330 / 50	330 / 50	660 / 100	150 / 23
	B	280 / 100	90 / 35	370 / 135	80 / 30
Total	*A*	530 / 80	730 / 110	1260 / 190	360 / 54
	B	340 / 125	160 / 60	500 / 185	175 / 65

A — oraș german (după K. Imhoff) canalizat în sistem divizor, ape uzate în special menajere, consum specific al apei de alimentare 150 dm³/loc și zi.
B — cartier industrializat din București, canalizat în sistem unitar, consum specific de 350—400 dm³/loc, zi.

fermentare a nămolurilor. Materiile solide organice dizolvate (v. tab. 8.1) constituie impurificarea organică și pe baza ei se dimensionează treapta de epurare biologică din stațiile de epurare.

Oxigenul dizolvat (O_2) se găsește în cantități mici în apele uzate (1—2 mgf/dm³), însă numai cînd sînt proaspete și după epurarea biologică. Apele de suprafață conțin cantități mai mari sau mai mici de oxigen, funcție de gradul de poluare. Cantitățile de oxigen la saturare, la diferite temperaturi, conținute în apa curată sînt date în tabela 8.2.

TABELA 8.2

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

Temperatura (°C)	0	5	10	12	14	16	18
O_2 în apă	14,23	12,80	11,33	10,83	10,37	9,95	9,64

Temperatura (°C)	20	22	24	26	28	30	—
O_2 în apă	9,17	8,83	8,53	8,22	7,92	7,63	—

O apă se consideră *saturată* cînd conține cantitățile de oxigen din tabela 8.2; peste aceste cantități apa este *suprasaturată*, iar sub aceste cantități, *subsaturată*.

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

Cantitatea de oxigen care lipsește unei ape pentru a atinge valoarea de saturare se numește *deficit de oxigen*.

Cunoașterea conținutului de oxigen al unei ape de suprafață este de mare importanță pentru stabilirea gradului de murdărire a acesteia.

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

Consumul biochimic de oxigen exprimă gradul de impurificare a apei uzate sau de suprafață; cu cît valoarea acestuia este mai mare, cu atît apa este mai murdară.

Consumul biochimic de oxigen, respectiv descompunerea biochimică a apelor uzate se produce în două faze (fig. 8.1):

— faza primară (a carbonului), în care oxigenul se consumă pentru oxidarea substanțelor organice, care începe imediat și are pentru apele uzate menajere o durată de circa 20 zile, la temperatura de 20°C. În urma descompunerii materiilor organice, în al căror conținut intră carbon, azot și fosfor, se formează în principal bioxidul de carbon (CO_2), care rămîne ca gaz în soluție sau se degajă;

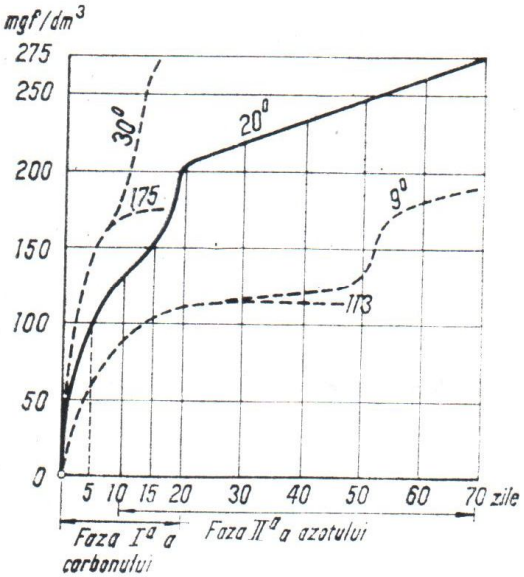


Fig. 8.1. Fazele descompunerii biochimice a substanțelor organice din apele uzate.

— faza secundară (a azotului), în care oxigenul se consumă îndeosebi pentru transformarea amoniacului în nitriți (N_2O_3) și apoi în nitrați (N_2O_5), începe după circa 10 zile și durează circa 100 zile și chiar mai mult. Transformarea constituie așa-numitul proces de nitrificare a materiilor organice.

Toate aceste transformări se realizează în conformitate cu legea stabilită de Wilhelmy înainte de anul 1900: *viteza consumului de oxigen de către o materie în transformare* — notată cu K_1 — *este în orice moment proporțională cu cantitatea de materie în transformare, încă neintrată în reacție* și se exprimă prin ecuația diferențială:

$$\frac{dx}{dt} = K_1(a - x), \qquad (8\text{-}1)$$

în care:

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

x — cantitatea de materie transformată în timpul t;

K_1 — viteza consumului de oxigen (constantă), care depinde de natura reacției în condițiile în care se desfășoară.

Streeter și Phelps [30] și mai tîrziu Theriault (1927), în urma unor experiențe de laborator, au arătat că legea exprimată prin ecuația (8-1) este aplicabilă și materiilor organice (materii în transformare) din apele uzate, oxidate în faza primară.

Integrînd ecuația (8-1) de la timpul 0 pînă la t, rezultă:

$$K_1 = \frac{1}{t} \ln \frac{a}{a - x}. \tag{8-2}$$

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

L_t — consumul primar de oxigen ce mai este necesar apei, după ce s-a scurs timpul t, pînă la 20 zile;

X_t — consumul primar de oxigen, efectuat în timpul t;

L — consumul primar total de oxigen (în timp de 20 zile), $L = L_t + X_t$, și se înlocuiesc acești parametri în ecuația (8-1), după integrare rezultă:

$$K_1 = \frac{1}{t} \ln \frac{L}{L_t}. \tag{8-3}$$

Transformînd logaritmii naturali în logaritmi zecimali și notînd

$$k_1 = 0{,}4343\, K_1, \tag{8-4}$$

se obține:

$$k_1 = \frac{1}{t} \lg \frac{1}{L - X_t} = \frac{1}{t} \lg \frac{L}{L_t}. \tag{8-5}$$

Din ecuația (8-5) rezultă alte două ecuații importante pentru procesul de transformare a materiei organice din apele uzate și naturale:

$$X_t = L\,(1 - 10^{-k_1 t}) \tag{8-6}$$

și

$$L_t = L \cdot 10^{-k_1 t}. \tag{8-7}$$

În figura 8.2 se arată variația consumului primar de oxigen ce mai este necesar apei după timpul t, adică L_t și consumul în timpul t, adică X_t.

Viteza consumului de oxigen k_1 se determină în laborator; pentru ape uzate orășenești ea variază între 0,1 și 0,3 (zile^{-1}), limitele fiind însă mult mai largi pentru ape uzate industriale.

Unele valori medii pentru apele uzate ale consumului biochimic de oxigen la 5 zile, au fost date în tabela 8.1; pentru apele uzate industriale valorile CBO_5 sînt uneori mai mari, putînd atinge chiar 50 000 mgf/dm^3.

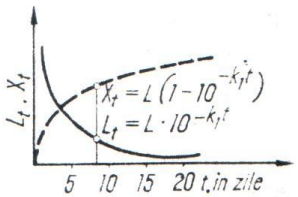


Fig. 8.2. Variația consumului primar de oxigen, în funcție de timp

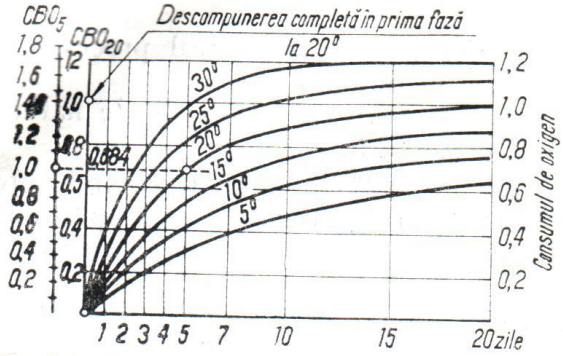


Fig. 8.3. Descompunerea în prima fază a substanțelor organice, în funcție de temperatură.

Între consumul biochimic de oxigen la 5 zile și cel la 20 zile (consumul primar, L) se poate admite că există relația:

$$CBO_5 = 0{,}684\ CBO_{20}, \quad (8\text{-}8$$

valoare care rezultă și din figura 8.3.

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

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

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

Apele uzate proaspete au un conținut ridicat de azot organic și scăzut de amoniac proaspăt; din contra, apele mai puțin proaspete au conținut mare în amoniac și scăzut în azot organic.

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

Sulfurile sînt rezultatul descompunerii substanțelor organice sau anorganice și provin de multe ori și din apele uzate industriale.

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

Acizii volatili indică progresul fermentării anaerobe a substanțelor organice. Din acești acizi, prin fermentare, iau naștere bioxidul de carbon și metanul. În cazul unei bune fermentări, pentru apele uzate menajere, acizii volatili, exprimați în acid acetic, trebuie să fie în jur de 500 mgf/dm³ (sub 2 000 mgf/dm³ și peste 300 mgf/dm³).

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

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

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

Potențialul de oxidoreducere (potențialul Redox, rH) furnizează informații asupra puterii de oxidare sau de reducere a apei sau nămolului în scara Redox,

notația rH exprimînd inversul logaritmului presiunii de oxigen. Scara de măsură a potențialului Redox are ca valori extreme 0—42. Valorile sub 15 caracterizează faza de oxidare (fermentare) anaerobă, iar valorile peste 25, faza de oxidare aerobă.

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

Stabilitatea este inversul putrescibilității.

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

8.1.3. Caracteristici biologice

În apele uzate se întîlnesc diferite organisme, în majoritatea cazurilor de dimensiuni foarte mici. Cele mai mici sînt virusurile și phagii urmate de bacterii. Organisme mai mari sînt ciupercile, algele, protozoarele, rotiferii, larvele de insecte, viermii, melcii etc.

Analizele bacteriologice, care de obicei se fac în paralel cu cele chimice, au drept scop să determine concentrația diferitelor tipuri de bacterii din apă, în baza acestora putîndu-se aprecia gradul de impurificare a apei și pericolul de infectare.

Absența bacteriilor dintr-o apă poate indica prezența unor substanțe toxice.

Se menționează că totalitatea organismelor din apă constituie așa-numitul *plancton*, iar cele de pe patul rîului, *bentosul*.

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

Cunoașterea speciilor din sistemul saprobiilor conduce la stabilirea gradului de impurificare a emisarului, diversele calități ale apei corespunzînd diferitelor tipuri de organisme, și la cunoașterea procesului de autoepurare. Speciile animale și vegetale din sistemul saprobiilor sînt grupate în patru categorii:

— specii polisaprobe caracteristice apelor cu impurificare organică puternică (în număr foarte mic);

— specii α-mezosaprobii caracteristice apelor cu impurități organice (în număr mic);

— specii β-mezosaprobii (în număr mai mare decît cele din categoria α-mezosaprobii), caracteristice apelor cu impurificare organică mai mică;

— specii oligosaprobii (în număr mare), caracteristice apelor curate, neimpurificate.

8.1.4. Coeficienți de echivalență în locuitori

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

pentru calcule aproximative literatura de specialitate recomandă folosirea așa-numiților coeficienți de echivalență în locuitori sau coeficienți de transformare în locuitori echivalenți (L.E.). Ei pot fi stabiliți, luînd ca bază diferite caracteristici ale apelor uzate orășenești medii; materiile organice (exprimate prin CBO_5), materiile în suspensie etc., sînt cele mai folosite caracteristici pentru stabilirea coeficienților de transformare în locuitori echivalenți. Coeficienții de echivalență corespunzători unor ape uzate industriale, luîndu-se ca bază materiile organice (CBO_5 = 54 gf/loc și zi, v. tab. 8.1), sînt arătați în tabela 8.3.

TABELA 8.3

Coeficienți de echivalență

Tipul de industrie	Coeficient de echivalență (nr. loc/unitate)
Fabrici de prelucrarea laptelui fără fabricarea brînzei, pentru 1000 l lapte	30—80
Idem, cu fabricarea brînzei, pentru 1000 l lapte	50—250
Abatoare pentru 1 bou = 2,5 porci	70—200
Abatoare pentru 1 tf. carne	150—450
Grajduri de vaci, pentru 1 vacă	5—10
Grajduri de porci, pentru 1 porc	3
Crescătorii de păsări, pentru 1 pasăre	0,13—0,25
Fabrici de zahăr, pentru 1 tf. sfeclă	50—75
Fabrici de malț, pentru 1 tf. cereale	10—100
Fabrici de bere, pentru 1000 l bere	150—400
Distilerii, pentru 1 cereale	2000—4000
Fabrici de drojdie, pentru 1 tf. drojdie	6000—8000
Fabrici de amidon, pentru 1 tf. porumb	500—1000
Crame (prepararea vinului), pentru 100 l vin	100—150
Idem, pentru 1 ha vie	40—60
Tăbăcării, pentru 1 tf. piele	1000—4000
Spălătorii de lînă, pentru 1 tf. lînă	2000—5000
Albitorii, pentru 1 tf. marfă	1000—4000
Fabrici de coloranți cu culori de sulf, pentru 1 tonă marfă	2000—3500
Topitorii de cînepă, pentru 1 tf. cînepă	750—1150
Fabrici de celuloză sulfit pentru 1 tf. celuloză	4000—6000
Fabrici de hîrtie, pentru 1 tf. hîrtie	100—300
Fabrici de lînă sintetică (din celuloză), pentru 1 tf. lînă sintetică	200—1000
Spălătorie, pentru 1 tf. lenjerie	300—1000
Evacuări de ulei mineral, pentru 1 tf. ulei	12 000

Într-un centru populat cu N locuitori, dacă acesta are, spre exemplu, o fabrică de prelucrarea laptelui, fără fabricarea brînzei, cu o capacitate de prelucrare de 10 000 l lapte, conform tabelei 8.4 se mai adaugă un număr de 300 — 800 locuitori, la numărul de locuitori ai centrului; stația de epurare se dimensionează pentru numărul de locuitori total [N + (300 ... 800)].

8.1.5. Recoltarea probelor de ape uzate

Probele de apă uzată sau din emisari trebuie recoltate și prelucrate în anumite condiții, conform cu instrucțiunile „Recoltarea probelor de apă pentru analize fizico-chimice și efectuarea determinărilor de primă zi" I.D.3-64. Rezultatele obținute trebuie să fie corespunzătoare scopului urmărit și în același timp să poată fi comparabile cu cele obținute în alte stații sau puncte pe emisari.

Recoltarea probelor de apă se începe prin cercetarea provenienței surselor de apă, a stadiului canalizării, eficienței instalațiilor etc.

Deoarece atît cantitatea cît și calitatea apei într-un anumit punct de recoltare au variații uneori foarte mari, se recomandă să se ia probe momentane din oră în oră (dacă este necesar și mai des) timp de 24 ore, proporționale cu debitul, să se păstreze într-un vas mai mare, de unde la finele recoltării se iau cantitățile de apă necesare fiecărei determinări. Probele momentane trebuie să aibă cel puțin 250 cm^3, recoltîndu-se manual sau automat printr-un dispozitiv care recoltează probe proporționale cu debitul. Apa uzată din vas constituie o probă medie. Întrucît calitatea apei uzate colectate în vas poate varia în timpul celor 24 ore, este necesar ca vasul să fie ținut la o temperatură scăzută, pentru a împiedica apariția fenomenelor de descompunere a substanțelor organice; în același sens se pot folosi inhibatori (cloroform, formaldehidă etc.).

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

Cantitatea de apă uzată necesară analizelor variază în general între 1 și 2 dm^3; vasele pentru recoltarea probelor trebuie să fie din sticlă.

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

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

Majoritatea determinărilor pot fi efectuate în laboratoarele de analiză, chiar dacă acestea se găsesc la distanțe mai mari față de stația de epurare sau punctul de recoltare; unele determinări trebuie făcute la locul de recoltare: temperatura, transparența, culoarea, gustul, *p*H-ul, CO_2 liber, fixarea oxigenului și a hidrogenului sulfurat (nu și pentru apele uzate) etc.

La recoltarea probelor de apă, o atenție deosebită trebuie dată normelor de protecția muncii, pentru prevenirea următoarelor accidente: cădere de la înălțime, înec, lovire la manipularea capacelor, asfixiere, intoxicare etc. În scopul evitării acestor accidente se vor folosi materiale de protecție adecvate: colaci de salvare, centuri de siguranță, mănuși de protecție, măști etc.

8.2. DEBITE DE CALCUL

8.2.1. **Debite hidraulice**

Pentru stațiile de epurare debitele de calcul inclusiv variațiile acestora sînt aceleași cu cele stabilite pentru rețelele de canalizare.

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

STAS 1343-77 și 1846-77 furnizează sau face recomandări asupra debitelor specifice pe cap de locuitor, debitelor de ape meteorice, subterane etc., ce trebuie luate în considerare.

Debitele caracteristice de ape uzate menajere, care intervin în dimensionarea unei stații de epurare sau a unei rețele de canalizare, sînt: $Q_{zi\ med}$ — debitul zilnic mediu; $Q_{zi\ max}$ — debitul zilnic maxim; $Q_{o\ max}$ — debitul orar maxim; $Q_{o\ min}$ — debitul orar minim.

Debitele de ape uzate industriale trebuie determinate separat, de la caz la caz, deoarece valorile medii furnizate de literatura de specialitate nu sînt decît informative.

În stația de epurare pătrund și ape meteorice prin intermediul rețelei de canalizare dimensionată în sistem unitar; debitul acestora nu depășește un debit orar maxim, astfel că în stația de epurare pătrund maximum două debite orare maxime.

Debitul de calcul hidraulic al obiectelor din stația de epurare este dat în tabela 8.4, iar secțiunile de calcul, corespunzătoare acestora în figura 8.4.

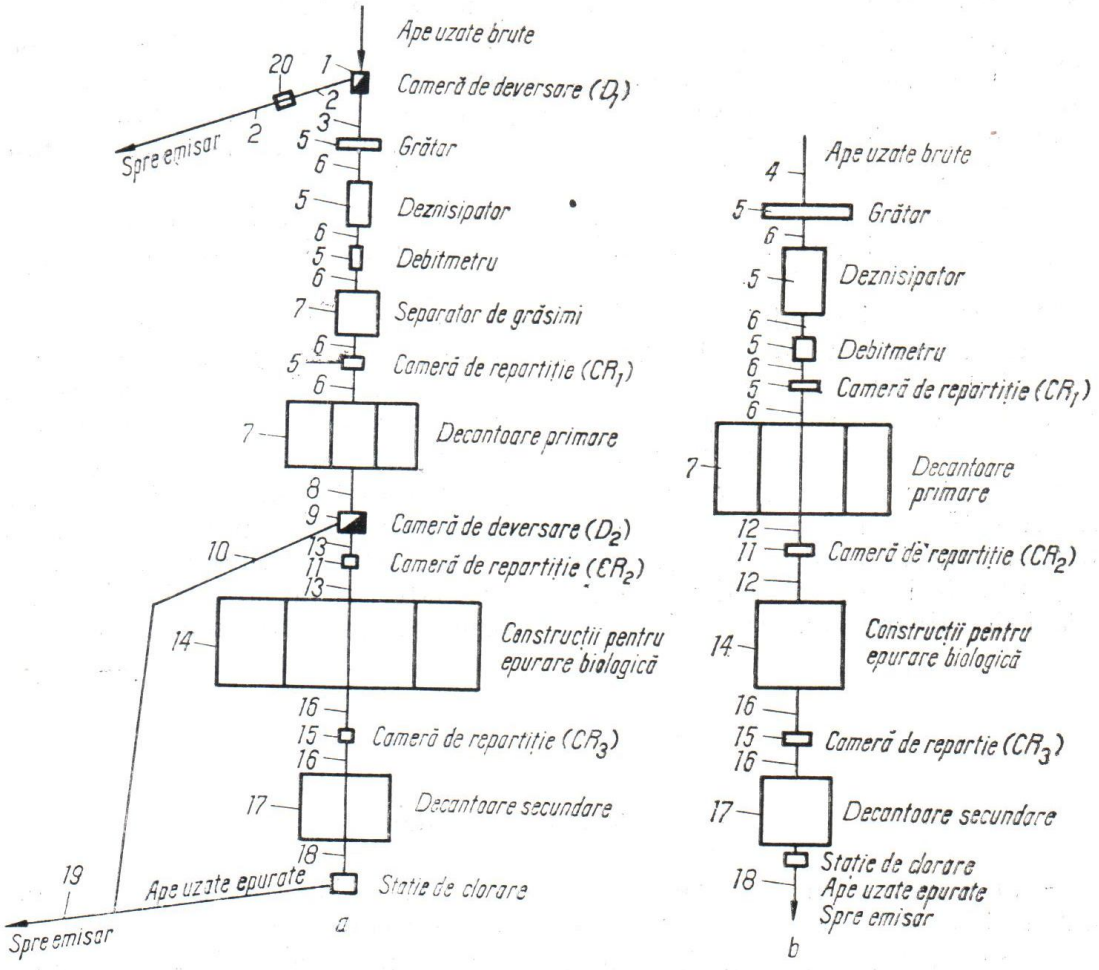


Fig. 8.4. Secțiuni de calcul pentru obiectele din stațiile de epurare:
a — în sistem unitar; *b* — în sistem divizor.

Debitele de calcul hidraulic ale construcțiilor din stația de epurare

Nr. crt. din figurile 8,4,*a* și *b*	Elementul de construcție	Sistemul de canalizare			
		Separativ		Unitar	
		Debit de dimensionare	Debit de verificare	Debit de dimensionare	Debit de verificare
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
1.	Deversorul camerei de deversare dinaintea stației de epurare ($D1$)	—	—	$Q_c - 2Q_{uomax}$	Q_c
2.	Canalul deversor — bazinul de retenție a apelor de ploaie — emisar	—	—	$Q_c - 2Q_{uomax}$	Q_c
3.	Canalul dintre camera de deversare și grătar	—	—	$2Q_{uo\ max}$	$Q_{uo\ min}$
4.	Canalul amonte grătar	$Q_{so\ max}$	$Q_{so\ min}$	—	—
5.	Grătar, deznisipator, debitmetru, camera de repartiție ($CR1$), distribuitor	$Q_{so\ max}$	$Q_{so\ min}$	$2Q_{uo\ max}$	$Q_{uo\ min}$
6.	Canalele dintre grătar — deznisipator — debitmetru-separator de grăsimi, cameră de repartiție ($CR1$) — decantor primar	$Q_{so\ max}$	$Q_{so\ min}$	$2Q_{uo\ max}$	$Q_{uo\ min}$
7.	Separator de grăsimi, decantor primar	$Q_{s\ zi\ max}$	$Q_{so\ max}$	$Q_{u\ zi\ max}$	$2Q_{uo\ max}$
8.	Canalul dintre decantorul primar și camera de deversare ($D2$) din fața treptei biologice de epurare	—	—	$2Q_{uo\ max}$	$Q_{uo\ min}$
9.	Deversorul camerei de deversare din fața treptei biologice de epurare ($D2$)	—	—	$Q_{uo\ max}$	$2Q_{uo\ max}$
10.	Canalul deversor între $D2$ și emisar	—	—	$Q_{uo\ max}$	$2Q_{uo\ max}$
11.	Camera de repartiție ($CR2$)	$Q_{so\ max}$	$Q_{so\ min}$	$Q_{uo\ max}$	$Q_{uo\ min}$
12.	Canalul dintre decantorul primar, camera de repartiție ($CR2$) și treapta de epurare biologică	$Q_{so\ max}$	$Q_{so\ min}$	—	—
13.	Canalul dintre camera de deversare ($D2$), dinaintea treptei de epurare biologice, camera de repartiție ($CR2$) și treapta biologică	—	—	$Q_{uo\ max}$	$Q_{uo\ min}$

TABELA 8.4 (continuare)

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
14.	Construcții și instalații de epurare biologică, bazine cu nămol activ, filtre biologice etc.	$Q_{s\ zi\ max}$	$Q_{so\ max}$	$Q_{u\ zi\ max}$	$Q_{uo\ max}$
15.	Camera de repartiție ($CR3$)	$Q_{so\ max}$	$Q_{so\ min}$	$Q_{uo\ max}$	$Q_{uo\ min}$
16.	Canalul dintre treapta de epurare biologică — camera de repartiție ($CR3$) — decantorul secundar	$Q_{so\ max}$	$Q_{so\ min}$	$Q_{uo\ max}$	$Q_{uo\ min}$
17.	Decantorul secundar	$Q_{s\ zi\ max}$	$Q_{so\ min}$	$Q_{u\ zi\ max}$	$Q_{uo\ max}$
18.	Canalul de evacuare a apei din decantorul secundar pînă la emisar	$Q_{so\ max}$	$Q_{so\ min}$	$Q_{uo\ max}$	$Q_{uo\ min}$
19.	Canalul de evacuare a apelor decantate primar trecute peste $D\,2$ + apele decantate din decantorul secundar	—	—	$2Q_{uo\ max}$	$Q_{uo\ min}$
20.	Bazinul de retenție a apelor de ploaie	—	—	$Q_c - 2Q_{uomax} - Q_{adm}$	Q_c

Observații — Indicele *s* și *u* arată că apele uzate provin dintr-o rețea dimensionată în sistem separativ, respectiv unitar;

— Q_c este debitul de calcul al rețelei dimensionate în sistem unitar, în amonte de deversorul din fața stației de epurare;

— Q_u este debitul de calcul al rețelei dimensionate în sistem unitar, în care sînt incluse diferite categorii de ape uzate, de suprafață, subterane (adică debitul pe timp uscat), conform STAS-1846-77;

— verificarea la Q_c al deversorului (D_1) este necesară cînd canalul deversor servește și de canal de ocolire a stației:

— la separatorul de grăsimi, verificarea la debitul respectiv are drept scop să stabiească dacă la debitul maxim al apei nu se depășește creasta de deversare a jgheaburilor de colectare a grăsimilor;

— la decantoare, înălțimea de siguranță se va lua corespunzător nivelului maxim al apei pentru debitul de verificare. De asemenea, jgheabul de colectare se va dimensiona astfel încît să transporte debitul de verificare, menținînd neînecată curgerea apei peste marginea deversoare a jgheabului;

— la bazinul cu nămol activ se urmărește asigurarea scurgerii debitului de verificare, astfel încît înălțimea de siguranță să nu fie depășită și să se obțină evacuarea neînecată a apei peste crestele deversoarelor;

— Q_{dr} este amestecul de ape meteorice și uzate, ce poate fi evacuat neepurat în emisar, ținîndu-se seama de condițiile de calitate impuse de STAS 4706-74;

— se menționează că în sistemul separativ apa meteorică din canalul de apă meteorică, care nu poate fi evacuată direct la emisar, trebuie înmagazinată în bazine de retenție a apei de ploaie, trecută eventual prin stația de epurare, ceea ce poate conduce la suplimentarea debitului de calcul al acesteia;

— stațiile de pompare ce intervin în diferite puncte ale schemei tehnologice se calculează în funcție de debitele maxime sosite din obiectele ce le servesc.

8.2.2. Debite de impurități

Uneori obiectele din stația de epurare nu pot fi dimensionate pe baza debitelor hidraulice menționate.

Dimensionarea hidraulică este valabilă cînd centrul populat este puțin industrializat, respectiv cînd influența apelor uzate industriale asupra compoziției medii a apelor uzate este neînsemnată. Parametrii de dimensionare hidraulică sînt astfel stabiliți încît au valabilitate numai pentru ape uzate avînd concentrații medii de impurități, caracteristice apelor uzate menajere.

Pentru centrele populate puternic industrializate și pentru industrii este necesar să se ia în considerare cantitățile reale de impurități. Astfel, spre exemplu, pentru filtrele biologice, se dau parametrii de dimensionare hidraulică valabili pentru ape uzate cu caracter menajer predominant și în același timp parametrii în funcție de impurificarea organică (exprimată în CBO_5) pentru ape puternic impurificate, ale căror caracteristici diferă mult de cele obișnuite, medii.

Acestea sînt valabile și pentru instalațiile de tratare a nămolurilor din stația de epurare, pentru care se dau parametrii de dimensionare hidraulică și în funcție de impurități.

Capitolul 9

PROCESELE ȘI PROCEDEELE EPURĂRII APELOR UZATE

9.1. PROCESE CARACTERISTICE EPURĂRII APELOR UZATE

În timpul epurării apelor uzate intervin procese de natură mecanică, chimică și biochimică.

Procesele de *natură mecanică* își găsesc aplicație în cadrul decantării apelor uzate; datorită acestora, cea mai mare parte din materiile solide în suspensie sînt îndepărtate din apele uzate.

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

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

Din punct de vedere chimic toate procesele biologice, care intervin în timpul descompunerii substanțelor organice, sînt de două categorii și iau direcții opuse: *procese aerobe*, în cadrul cărora se produce combinarea substanțelor organice cu oxigenul (oxidarea), cu producerea de căldură, și *procese anaerobe*, caracterizate prin dezintegrarea oxigenului (reducția) și consum de căldură. Oxidarea substanțelor organice este specifică proceselor anaerobe

și se dezvoltă în bazinele de fermentare a nămolurilor. Epurarea biologică implică numai procese aerobe.

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

Bacteriile aerobe se găsesc în bazinele cu nămol activ sub formă de flocoane; în filtrele biologice ele constituie membrana biologică care acoperă elementele constitutive ale stratului filtrant. Pentru a trăi, bacteriile consumă substanța organică din apa uzată, prin absorbție, eliminînd-o în mod continuu sub formă lichidă sau gazoasă, prin celule. Cele mai importante produse ale oxidării substanțelor organice, care conțin în principal carbon, oxigen, hidrogen și azot, sînt bioxidul de carbon, acidul azotic și anhidrida sulfurică; deoarece apele uzate conțin o cantitate suficientă de substanțe alcaline, acești acizi se transformă imediat după formarea lor în săruri solubile în apă — nitrați, sulfați, carbonați cu excepția unei părți din bioxidul de carbon care rămîne în soluție sau se degajă.

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

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

În cadrul proceselor aerobe, sub acțiunea bacteriilor de nitrificare (bacterii aerobe) se produce oxidarea compușilor azotului (în special a amoniacului) transformîndu-i în nitriți (N_2O_3), care ulterior se transformă în nitrați (N_2O_5).

Compușii azotului se transformă în nitriți prin intermediul bacteriilor *nitrosmonae*, iar acestea în nitrați prin intermediul bacteriilor numite *nitrobacterii*. Acest proces se numește *nitrificare*. Cînd toți compușii azotului s-au oxidat, epurarea apelor uzate se consideră completă (v. 8. 1. 2, faza secundară).

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

9.2. PROCEDEE DE EPURARE

Procedeele de epurare, corespunzătoare proceselor caracteristice arătate, precum și instalațiilor respective de epurare, sînt de trei categorii: procedee de epurare mecanică, mecano-chimică și mecano-biologică.

Procedeele de epurare mecanică, corespunzătoare proceselor de epurare mecanică, au ca scop:

— reținerea corpurilor și suspensiilor mari, operație realizată în instalații ca grătare, cominutoare și dezintegratoare;

— flotarea (separarea) grăsimilor și uleiurilor, realizată în separatoare de grăsimi și în decantoare, cu dispozitive de reținere a grăsimilor și uleiurilor;

— sedimentarea sau decantarea pentru separarea materiilor solide în suspensie din apa uzată, prin instalații de deznisipare, decantare, fose septice și decantoare cu etaj;

— prelucrarea nămolurilor după cum se arată la procedeele de epurare mecano-biologice.

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

— epurarea mecanică, așa cum s-a arătat;

— coagularea suspensiilor din apă, realizată în camerele de preparare și dozare a reactivilor, de amestec și de reacție;

— dezinfectarea apelor uzate, realizată în stațiile de clorare și bazinele de contact.

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

— epurarea mecanică, așa cum s-a arătat;

— epurarea naturală a apelor uzate și nămolurilor, realizată pentru *apele uzate*, pe cîmpuri de irigare și filtrare, iazuri biologice etc. și pentru *nămoluri*, în bazine deschise de fermentare naturală a nămolurilor;

— epurarea artificială a apelor uzate și a nămolurilor, realizată pentru *apele uzate*, în filtre biologice, în bazine cu nămol activ, în aerofiltre, filtre biologice scufundate și turn etc. și pentru *nămoluri*, în fose septice, concentratoare sau îngroșătoare de nămol, platforme pentru uscarea nămolului, filtre vacuum și presă, incineratoare etc.

Eficiența sau randamentul diferitelor instalații (tabela 9.1) se exprimă, de obicei, prin posibilitatea acestora de reducere a substanțelor în suspensie, a substanțelor organice (exprimate prin reducerea CBO_5) și a bacteriilor.

TABELA 9.1

Eficiența construcțiilor de epurare

Procedee de epurare și construcțiile respective	CBO_5	Materii solide în suspensie separabile prin decantare	Bacterii
Mecanice			
— grătare, site etc.	5—10	5—20	10—20
— deznisipatoare, decantoare	25—40	40—70	25—75
Mecano-chimice			
— instalații de coagulare + decantoare	50—85	70—90	40—80
— stații de clorare (apă brută sau decantată)	15—30	—	90—95
— Idem (apă epurată biologic)	—	—	98—99

TABELA 9.1 (continuare

Procedee de epurare și construcțiile respective	CBO_5	Materii solide în suspensie separabile prin decantare	Bacterii
Mecano-biologice naturale			
— decantoare primare + cîmpuri de irigare și filtrare	90—95	85—95	95—98
Mecano-biologice artificiale ..			
— decantoare primare și secundare + filtre biologice de mare încărcare	65—90	65—92	70—90
— idem + filtre biologice de mică încărcare	80—95	70—92	90—95
— idem + bazine cu nămol activ de mare încărcare	50—75	75—85	70—90
— idem + bazine cu nămol activ de mică încărcare	75—95	85—95	90—98

Capitolul 10

AUTOEPURAREA CURSURILOR DE APĂ

Prin autoepurare se înțelege ansamblul proceselor autonome de natură fizico-chimică și biologică care redau unei ape impurificate cu materii de orice fel (organice, minerale, toxice etc.) puritatea inițială. Prin autoepurare se completează, de cele mai multe ori, procesul de epurare a apelor uzate.

Dintre fenomenele care intervin îndeosebi în timpul autoepurării cursurilor de apă se menționează *diluția, amestecul și mineralizarea.*

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

10.1. DILUȚIA

Diluția sau *gradul de diluție d* este reprezentată de raportul dintre debitul emisarului Q și debitul apelor uzate q:

$$d = \frac{Q}{q}. \tag{10-1}$$

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

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

$$C^{am} = \frac{CQ + cq}{Q + q}, \tag{10-2}$$

în care:

C^{am} este concentrația medie de materie în apa amestecată (emisar + ape uzate);

C — concentrația medie de materie, în apa emisarului;

c — concentrația medie de materie în apa uzată;

Q — debitul emisarului;

q — debitul apelor uzate.

10.2. AMESTECUL

Diluția, în conformitate cu ecuația (10-1), poate fi folosită în calcule numai în cazul amestecului complet al celor două feluri de ape. Amestecul complet se realizează după un anumit timp, respectiv la o distanță mai mare sau mai mică, în aval de secțiunea de evacuare a apei uzate.

Amestecul se datorește în cea mai mare parte turbulenței apei, realizîndu-se complet pe distanțe, cu atît mai scurte cu cît gradul de diluție este mai mic. Pentru realizarea unui amestec cît mai complet și rapid se recurge la instalații de dispersie a apelor uzate; după asemenea instalații, la numai cîteva sute de metri, se poate conta pe un amestec complet.

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

$$d' = a\frac{Q}{q}, \tag{10-3}$$

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

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

$$a = \frac{1 - e^{-\alpha\sqrt[3]{L}}}{1 + \frac{Q}{q}\, e^{-\alpha\sqrt[3]{L}}}, \tag{10-4}$$

în care:

L este distanța între secțiunea de evacuare a apelor uzate și secțiunea de calcul;

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

După V. A. Frolov, coeficientul α se determină cu formula:

$$\alpha = \xi \cdot \varphi \sqrt[3]{\frac{D_T}{q}}, \tag{10-5}$$

în care:

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

$\varphi = \frac{L}{l}$ este *coeficientul de sinuozitate* a rîului, egal cu raportul dintre distanța între secțiunea de evacuare a apei uzate și secțiunea de calcul L și distanța între aceleași secțiuni în linie dreaptă l;

D_T — *coeficient de difuzie turbulentă*, care se determină cu ecuația:

$$D_T = \frac{V \cdot H}{200}, \qquad (10\text{-}6)$$

în care:

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

H — adîncimea medie, în m, a cursului de apă în zona considerată.

Practic, pentru calcul, tabela 10.1 furnizează valorile termenului $e^{-\alpha\sqrt[3]{L}}$.

TABELA 10.1

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

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

Distanța de amestec. Rezolvînd ecuația (10-4) în raport cu L, se poate determina distanța dintre secțiunea de evacuare a apelor uzate și o secțiune oarecare corespunzătoare unui anumit grad de amestec al celor două feluri de ape. Rezultă astfel:

$$L_a = \left[2{,}3\,\frac{1}{\alpha}\,\lg\frac{a \cdot Q + q}{(1-a)\,q}\right]^3, \qquad (10\text{-}7)$$

în care L_a este distanța de amestec.

După cum rezultă din ecuația (10-7), pentru amestecul complet $a = 1$, $L_a = \infty$; de aceea I. D. Rodziler consideră că pentru practică este suficient dacă se consideră $a = 0{,}7—0{,}8$ și numai în cazuri excepționale egal cu 0,85.

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

De aceea, se consideră ca obligatorie existența instalațiilor de dispersie a apelor uzate, deoarece numai prin acestea amestecul se realizează imediat și se poate folosi în întregime posibilitatea de autoepurare a emisarului.

10.3. MINERALIZAREA

După cum s-a arătat, transformările care conduc la autoepurarea emisarilor sînt de natură fizico-chimică și biologică. Cele mai importante sînt cele biologice-biochimice care contribuie în măsura cea mai mare la epurare și respectiv la mineralizarea materiilor organice din apă.

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

Factorii care acționează și influențează în mare măsură transformările biologice din apa emisarului sînt: temperatura, luminozitatea, *p*H-ul și oxigenul.

10.3.1. Consumul de oxigen al cursului de apă

Ecuațiile lui W i l h e l m y, H. W. S t r e e t e r și B. B. P h e l p s [30] sînt valabile și în cazul emisarilor. Astfel, în conformitate cu ecuațiile (8-6) și (8-7), dacă între două puncte pe rîu, *a* și *b*, situate unul de altul la o distanță corespunzătoare unui drum de 1—3 zile, nu intervin factori care să influențeze oxidarea biochimică normală, ecuațiile de mai sus devin:

$$X_b = L_a \cdot (1 - 10^{-k_1 t}); \qquad (10\text{-}8)$$

$$L_b = L_a \cdot 10^{-k_1 t}, \qquad (10\text{-}9)$$

în care:

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

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

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

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

Valorile vitezei consumului de oxigen pentru ape de suprafață depind de o serie de factori:

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

— *adîncimea medie a apei emisarului* acționează în sensul creșterii vitezei consumului de oxigen la adîncimi mici și invers. La rîuri cu adîncime mică a apei, influența plantelor de fund și a bacteriilor este cu mult mai puternică decît la un rîu cu adîncime mare, deoarece acestea se dezvoltă mai rapid, necesitînd o cantitate sporită de oxigen, ceea ce conduce la mărirea vitezei consumului de oxigen;

— *organismele din apă* — plante și animale — prin procesul lor de respirație consumă o cantitate mai mare sau mai mică de oxigen, care influențează într-un sens sau altul valoarea vitezei consumului de oxigen.

10.3.2. Împrospătarea cu oxigen a cursului de apă

Procesele biochimice din emisari sînt influențate în mare măsură de reaerare. Reaerarea contribuie la regenerarea oxigenului dizolvat în apă, consumat de materiile organice în cadrul procesului de mineralizare.

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

Absorbția oxigenului — reaerarea — se realizează în conformitate cu două legi, exprimate prin relațiile matematice, stabilite de H.W. Streeter și B.B. Phelps și anume:

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

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

Ecuațiile corespunzătoare celor două legi sînt:

$$\frac{dL}{dt} = \frac{dD_1}{dt} = K_1 L \qquad (10\text{-}10)$$

și

$$\frac{dD_2}{dt} = K_2 D, \qquad (10\text{-}11)$$

în care:

L este consumul primar total de oxigen în timp de 20 zile (CBO_{20}), în mgf/dm³;

K_1 — viteza consumului de oxigen, în baza e;

K_2 — coeficientul de reaerare, în baza e;

D_1 — deficitul de oxigen față de saturație, rezultat prin consumul oxigenului de către materiile organice, în mgf/dm³;

D_2 este deficitul de oxigen față de saturație rezultat în urma completării oxigenului prin oxigenul atmosferic, prin reaerare, în mgf/dm³;
D — deficitul total în oxigen, în mgf/dm³.

Deficitul total real rezultă din suma algebrică a ecuațiilor (10-10) și (10-11):

$$\frac{dD}{dt} = \frac{dD_1}{dt} + \frac{dD_2}{dt} = K_1 L - K_2 D, \tag{10-12}$$

ecuație diferențială de tipul Leibniz:

$$\frac{dy}{dz} + P \cdot y. = Q. \tag{10-13}$$

Prin integrare și transformare în logaritmi în baza 10, rezultă:

$$D_t = \frac{k_1 L_a}{k_2 - k_1} (10^{-k_1 t} - 10^{-k_2 t}) + D_a \cdot 10^{-k_2 t}, \tag{10-14}$$

în care:

L_a este consumul primar total de oxigen (CBO_{20}) la începutul procesului (în punctul a pe rîu), în mgf/dm³;
k_1 — viteza consumului de oxigen, baza 10, în zile^{-1};
k_2 — coeficientul de reaerare, baza 10, în zile^{-1};
D_t — deficitul de oxigen față de saturație la timpul t, în mgf/dm³;
D_a — deficitul de oxigen inițial (în punctul a pe rîu), în mgf/dm³.

În ceea ce privește coeficientul de reaerare, literatura furnizează o serie de valori (tab. 10.2) funcție, îndeosebi de viteza de curgere a apei emisarului și de adîncimea ei, care influențează în mare măsură valoarea coeficientului de reaerare.

TABELA 10.2

Valori ale coeficientului de reaerare în funcție de viteza și temperatura apei emisarului

Caracteristicile emisarului	Valoarea k_2 la temperatura apei (°C)					
	5	10	15	20	25	30
Emisari cu viteză foarte mică de curgere, aproape staționară	—	—	0,11	0,15	—	—
Emisari cu viteză mică de de curgere	0,16	0,17	0,18	0,20	0,21	0,24
Emisari cu viteză mare de curgere	0,38	0,42	0,46	0,50	0,54	0,58
Emisari cu viteză foarte mare de curgere	—	0,68	0,74	0,80	0,86	0,92

Pentru țara noastră determinarea coeficientului de aerare se recomandă a se face cu ecuația (10-15), stabilită de autor [25]:

$$k_2 = 4{,}74 \cdot \left(\frac{V}{h}\right)^{0{,}85}, \tag{10-15}$$

în care:

V este viteza medie a apei, în m/s;
h — adîncimea medie a apei, în m;
k_2 — coeficientul de reaerare, în zile^{-1}.

Formula este aplicabilă pentru rîuri a căror adîncime medie a apei h nu depășește 0,5 m, iar viteza medie V nu este mai mare ca 1,5 m/s. Se menționează că pentru debitele de calcul la care se stabilește posibilitatea de autoepurare pe emisari, la noi în țară numai la maximum 5% din cazuri adîncimea apei trece peste 0,5 m.

10.3.3. Autoepurarea

Ecuația (10-14) oferă posibilitatea de a cunoaște la diferite intervale de timp care este deficitul de oxigen, respectiv cantitatea de oxigen rămasă în emisar, adică însuși mersul procesului de autoepurare.

Dacă pentru diferite temperaturi și consumuri primare totale de oxigen L_a, cunoscîndu-se deficitul total inițial de oxigen D_a și valorile constantelor k_1 și k_2, se trasează curbele rezultate din aplicarea ecuației (10-14), se constată că la o oarecare distanță de origine prezintă un maxim (fig. 10.1).

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

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

Timpul critic, rezultat din anularea derivatei ecuației (10-14), are valoarea:

$$t_{cr} = \frac{\lg\left\{\frac{k_2}{k_1}\left[1 - \frac{D_a(k_2 - k_1)}{k_1 L_a}\right]\right\}}{k_2 - k_1}. \qquad (10\text{-}16)$$

Deficitul maxim de oxigen se obține prin introducerea valorii timpului critic în ecuația (10-14). Uneori deficitul maxim de oxigen atinge valori egale cu oxigenul ce ar putea exista în apă la temperatura respectivă, adică în apa rîului nu mai rămîne oxigen după un parcurs de cîteva zile; însă, prin reaerare poate apărea în apă din nou oxigen și atunci deficitul scade, iar oxigenul tinde să atingă valoarea de saturare.

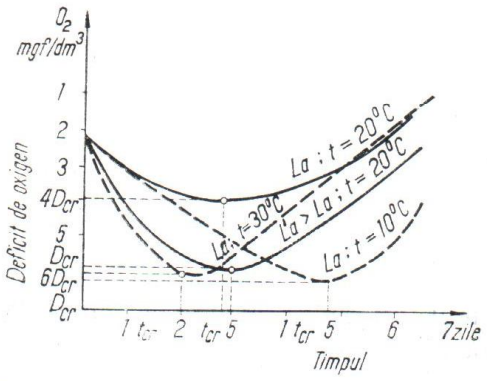


Fig. 10.1. Curbele deficitului de oxigen în funcție de temperatură și consumul total primar de oxigen.

La realizarea condițiilor în care se poate produce autoepurarea, de mare importanță sînt valorile deficitului și timpul critic, deoarece acestea reprezintă valorile limită cele mai dezavantajoase, față de care se efectuează toate calculele de autoepurare.

Capitolul 11

EVACUAREA APELOR UZATE ÎN EMISARI. SCHEMELE STAȚIILOR DE EPURARE

11.1. CONDIȚII DE DEVERSARE A APELOR UZATE ÎN EMISARI

Evacuarea apelor uzate în emisari nu trebuie să prejudicieze folosințele lin aval; de aceea este necesar ca apa emisarului, după amestecul cu apa ızată, să îndeplinească o serie de condiții de calitate, cerute de STAS 4706-74.

11.1.1. Categorii de calitate

Categoriile de calitate a apei emisarilor, sau a unor tronsoane de pe aceștia, sînt funcție de folosința apei în aval de secțiunea de evacuare a apelor uzate. În conformitate cu STAS 4706-74, există trei categorii de calitate.

Categoria I, ape care se folosesc pentru:

— alimentări cu apă potabilă centralizate;

— alimentarea cu apă a întreprinderilor din industria alimentară sau alte ramuri industriale, precum și a unităților agrozootehnice, dacă anumite procese tehnologice sau folosințe importante necesită apă de calitatea celei potabile;

— reproducerea și dezvoltarea salmonidelor în anumite zone ale cursurilor de apă, precum și alimentarea cu apă a amenajărilor piscicole salmonicole;

— știanduri organizate.

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

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

— scopuri urbanistice și de agrement.

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

— alimentarea cu apă a sistemelor de irigație;

— alimentarea cu apă a industriilor în scopuri tehnologice.

11.1.2. Condiții de calitate

Condițiile de calitate pe care trebuie să le îndeplinească apa emisarului după evacuarea apelor uzate, în scopul satisfacerii diverselor folosințe înscrise în STAS 4706-74 se referă la caracteristicile organoleptice, fizice, chimice și bacteriologice ale apei. Se dau în acest sens o serie de valori limită pentru aceste caracteristici, corespunzătoare celor trei categorii de folosință.

Conform STAS 4706-74 rezultă că, imediat după evacuarea apelor uzate în emisar, trebuie îndeplinite condițiile de calitate corespunzătoare catego-

riei a III-a și deci nu poate fi luat în considerare amestecul pe distanțe prea lungi. Amestecul prelungit formează în emisar fîșii de apă uzată, unde valorile limită nu se încadrează în cele corespunzătoare categoriei a III-a. Ca o consecință a prevederilor standardului, rezultă ca obligatorie construcția instalațiilor de dispersie a apelor uzate în emisar, astfel încît cele două feluri de ape să se amestece pe o distanță cît mai scurtă (de ordinul sutelor de metri) față de secțiunea de evacuare.

Dintre valorile limită trebuie menționate, în primul rînd, cele legate de fenomenele biologice ce au loc de-a lungul unui curs de apă, fenomene ce contribuie în cea mai mare măsură la autoepurarea apei. Astfel, în privința consumului biochimic de oxigen la cinci zile (CBO_5) și oxigenului dizolvat (O_2), condițiile de calitate sînt arătate în tabela 11.1.

TABELA 11.1

Condiții de calitate pentru CBO_5 și O_2 în apele de suprafață

Caracteristicile apei	Categorii de folosință		
	I	II	III
O_2, mgf/dm³, minim	6	5	4
CBO_5, mgf/dm³, maxim	5	7	12

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

În privința suspensiilor — o altă caracteristică importantă a apelor uzate — înainte de a fi evacuate în emisar, trebuie să se încadreze între anumite limite, în funcție de gradul de diluție (tab. 11.2).

TABELA 11.2

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

Categorii de folosință			Grade de diluție
I	II	III	
Cantitatea maximă de suspensii (mgf/dm³)			
20—40	25—60	30—100	0—20
40—100	60—150	100—250	20—50
100—300	150—450	250—750	50—150
300—1000	450—1500	750—2500	150—500

După amestecul cu apele uzate, apele emisarului trebuie să aibă *p*H-ul cuprins între 6,5 și 9,0.

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

În privința debitelor care intervin în cadrul diferitelor calcule, se menționează:

— *pentru debitul emisarului* se folosesc debitele medii lunare minime cu asigurarea de 95%, determinate dintr-un șir de date, pe cel puțin 20 de ani;

— *pentru debitul apelor uzate* se iau în considerare debitele zilnice maxime, stabilite în conformitate cu STAS 1846-77.

Realizarea valorilor limită prevăzute de STAS 4706-74 trebuie să se facă la: 1 km de secțiunea de folosință pentru CBO_5; în secțiunea de vărsare pentru suspensii, pentru categoria a III-a a emisarului și respectiv în secțiunea de calcul pentru categoria I și a II-a și în orice secțiune a emisarului aval de vărsarea apelor uzate, pentru O_2.

11.2. STUDII ȘI ANALIZE PENTRU STABILIREA GRADULUI DE EPURARE

Înainte de a trece la proiectarea unei stații de epurare, trebuie să se stabilească schema de principiu a acesteia. În acest scop se determină gradul de epurare ce trebuie realizat de stația de epurare în baza unor date, parametrii etc., obținuți prin studii și cercetări. STAS 1481-76 furnizează precizări în legătură cu aceste studii, necesare pentru stabilirea schemei. Culegerea tuturor acestor date este de multe ori o operație laborioasă și de durată, folosindu-se studii și măsurători pe teren, prelucrări în birou, cercetări în laborator etc. [24], [20], [10].

11.2.1. Studii și măsurări pe teren și în laborator, pentru stabilirea gradului de epurare

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

— determinarea caracteristicilor fizico-chimice-bacteriologice privind calitatea apei emisarului și a apelor uzate (O_2, CBO_5, CBO_{20}, temperatura, viteza consumului de oxigen k_1, coeficientul de reaerare k_2 etc.);

— determinări fizico-chimice-bacteriologice asupra nămolurilor provenite din apele uzate;

— determinarea caracteristicilor fizico-chimice-bacteriologice ale apelor meteorice, colectate din rețeaua de canalizare;

— studii hidrologice privind emisarul (debite, viteze, adîncimi de apă etc.);

— măsurători de debite pentru apele uzate;

— studii topografice și geotehnice pe amplasamentele posibile ale stației de epurare și la punctele de evacuare a apei epurate;

— date privind sistematizarea centrului populat;

— date privind canalizarea existentă;

— folosințele și restituțiile în amonte și aval de viitorul amplasament al stației de epurare și categoria de calitate a acestora;

— date privind folosințele viitoare prevăzute în planurile de perspectivă ale gospodăririi apelor (de la Consiliul Național al Apelor și ministere);

— studii meteorologice în zona viitorului amplasament al stației de epurare cu referire la direcția vînturilor dominante; se vor evita amplasamen-

tele de pe care vînturile dominante pot transporta mirosurile neplăcute spre centrul populat;

— analiza posibilităților de alimentare cu apă potabilă, gaze și energie, de transport ușor al personalului și utilajelor;

— analiza posibilităților de folosire a unor substanțe rezultate ca urmare a epurării apelor uzate: nămoluri, gaze, ape uzate pentru irigații etc.

11.2.2. Prelucrări de birou ale datelor privind stabilirea gradului de epurare

Prelucrările de birou ale studiilor și datelor privind stabilirea gradului de epurare privesc:

— stabilirea mediilor, maximelor și minimelor pentru caracteristicile fizico-chimice, bacteriologice, biologice, debitele emisarilor și apelor uzate;

— întocmirea de grafice, diagrame etc.;

— datele geologice, geotehnice, hidroenergetice etc., în scopul furnizării parametrilor necesari proiectării;

— alte caracteristici sau parametri necesari proiectării; pentru apele uzate orășenești și în special pentru cele industriale, este uneori necesar să se efectueze studii pe modele de laborator sau în stații pilot.

Normativul P 28-64 furnizează numeroase detalii asupra studiilor necesare pentru elaborarea schemei stației de epurare.

11.3. DETERMINAREA GRADULUI DE EPURARE NECESAR

Prin grad de epurare necesar — eficiența pe care trebuie să o realizeze stația de epurare sau obiectele din aceasta — se înțelege procentul de reducere a unei părți dintr-o anumită substanță, ca urmare a epurării, astfel încît după evacuarea apelor uzate în emisar și amestecul cu apele acestuia, apa emisarului să respecte condițiile de calitate impuse de STAS 4706-74.

Gradul de epurare rezultă din ecuația:

$$\beta = \frac{M - m}{M} \cdot 100 \ (\%) \qquad (11\text{-}1)$$

în care:

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

m — concentrația aceleiași substanțe după epurarea apelor uzate, stabilită astfel încît după amestecul cu apa emisarului valoarea acesteia să rămînă sub cea limită prevăzută în STAS 4706-74.

Substanțele sau caracteristicile apelor emisarilor care se iau în considerare, de obicei cînd trebuie să se determine gradul de epurare necesar sînt: suspensiile, CBO_5, O_2, pH-ul și substanțele toxice.

11.3.1. Calculul gradului de epurare necesar din punctul de vedere al suspensiilor

Acest calcul decurge în felul următor:

— se determină diluția cu ecuația (10-1);

— se verifică dacă amestecul se face complet, pînă în secțiunea de calcul (la 1 km amonte de cea de folosință), cu ecuația (10-4);

— se determină diluția reală d' cu ecuația (10-3);

— în funcție de diluția reală, cu ajutorul tabelei 11.2 se stabilește cantitatea maximă admisibilă de suspensii;

— se determină gradul de epurare cu ecuația (11-1);

— se verifică dacă gradul de epurare rezultat este satisfăcător pentru condițiile categoriei a III-a în secțiunea de evacuare a apelor uzate, considerînd că amestecul se face complet în această secțiune.

Exemplul de calcul 11.1. Să se determine gradul de epurare din punctul de vedere al materiilor în suspensie, cunoscîndu-se următoarele date: debitul emisarului $Q = 10$ m³/s; $q = 0{,}2$ m³/s; cantitatea de suspensii din apele uzate, $M = 250$ mgf/dm³; emisarul la $L' = 15$ km în aval de secțiunea de evacuare a apelor uzate este folosit pentru scopuri de agrement; la debitul de calcul al emisarului dat, viteza $V = 0{,}4$ m/s, iar adîncimea medie a apei $H = 0{,}9$ m, evacuarea apelor uzate se face prin dispersie; distanța în linie dreaptă între punctul de evacuare a apelor uzate și cel de folosință, $l = 13$ km.

Gradul de diluție conform relației (10-1) este: $d = Q/q = 10/0{,}2 = 50$.

Se verifică dacă amestecul se face complet, calculîndu-se coeficientul de amestec a cu ecuația (10-4); se determină în prealabil coeficientul de difuzie turbulentă cu relația (10-6), $D_T = V \cdot H/200 = 0{,}4 \cdot 0{,}9/200 = 0{,}0018$ și cu relația (10-5) coeficientul $\alpha = \xi \cdot \varphi \cdot \sqrt[3]{D_T/q} = 3{,}0 \times 14/13 \sqrt[3]{0{,}0018/0{,}2} = 0{,}67$; coeficientul de amestec $a = (1-e^{-\alpha\sqrt[3]{L}})/(1 + Q/q\ e^{-\alpha\sqrt[3]{L}}) = (1 - e^{-0{,}67\sqrt[3]{14000}})/(1 + 50 \times e^{-0{,}67\sqrt[3]{14000}}) \cong 1$; rezultă că pînă în secțiunea de calcul amestecul se face complet și deci $a = 0{,}8$ (v. 10.2); în acest caz diluția reală $d' = 0{,}8 \times 50 = 40$ (condițiile de calitate trebuie îndeplinite la 1 km amonte de secțiunea de folosință, deci $L = 14$ km).

Cantitatea maximă de suspensii m, ținînd seama de $d' = 40$, categoria a II-a de calitate (scopuri de agrement) și tabela 11.2, rezultă: $m = 120$ mgf/dm³.

Gradul de epurare, conform relației (11-1), $\beta = 100 \cdot (M-m)/M$, $\beta = 100\ (250 - 120)/250 = 52\ \%$.

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

Schema de epurare (v. tab. 9.1) va trebui să cuprindă din punctul de vedere al materiilor în suspensie, numai construcții pentru epurarea mecanică.

11.3.2. Calculul gradului de epurare necesar din punctul de vedere al CBO_5

De la caz la caz, se ține seama de posibilitățile de aerare ale apei sau numai de diluție.

— *Calculul ținînd seama de aerare* se face în secțiunea de calcul situată la 1 km amonte de secțiunea de folosință cu ecuația:

$$CBO_5^{ap.uz.adm.}\ q \cdot 10^{-k_1^{ap.uz} \cdot t} + a \cdot Q \cdot CBO_5^{r} \cdot 10^{-k_1^{r} \cdot t} = (aQ + q)\,N, \qquad (11\text{-}2)$$

în care:

$CBO_5^{ap.uz.adm.}$ este consumul biochimic de oxigen la 5 zile al apelor uzate în secțiunea de evacuare;

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

CBO_5^r — consumul biochimic de oxigen la 5 zile al apelor emisarului, în secțiunea de evacuare a apelor uzate;

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

N — cantitatea de CBO_5 maxim admis, conform STAS 4706-74 (v. tab. 11.1), în amestecul apă uzată și de rîu, în secțiunea de calcul;

t — temperatura la care se determină gradul de epurare necesar, în °C.

Din ecuația (10-18) rezultă:

$$CBO_5^{ap.uz.adm.} = \frac{aQ}{q} \cdot \frac{1}{10^{-k_1^{ap.uz} \cdot t}} \cdot (N - CBO_5^r \cdot 10^{-k_1^r \cdot t}) + \frac{N}{10^{-k_1 ap.uz.t}} \cdot \quad (11\text{-}3)$$

Cu ajutorul valorii $CBO_5^{ap.uz.adm}$ se determină gradul de epurare cu ecuația (11.1).

Valorile termenului $10^{-k_1 t}$ se pot determina ușor cu ajutorul graficului din figura 11.1.

Se verifică de asemenea dacă gradul de epurare rezultat este satisfăcător pentru condițiile de calitatea a III-a în secțiunea de evacuare, considerînd că amestecul se face complet. În acest caz se determină CBO_5^{am} în secțiunea de evacuare cu ecuația:

$$CBO_5^{am}(aQ + q) = CBO_5^r \cdot a \cdot Q + CBO_5^{ap.uz} \cdot q \quad (11\text{-}4)$$

și

$$CBO_5^{am} = \frac{CBO_5^r \cdot a \cdot Q + CBO_5^{ap.uz} \cdot q}{a \cdot Q + q}, \quad (11\text{-}5)$$

în care CBO_5^{am} este consumul biochimic de oxigen la 5 zile al amestecului de ape uzate după epurare și din rîu; CBO_5^{am} trebuie să fie mai mic decît cel maxim prevăzut în STAS 4706-74 (v. tab. 11.1) pentru categoria a III-a (12 mgf/dm³).

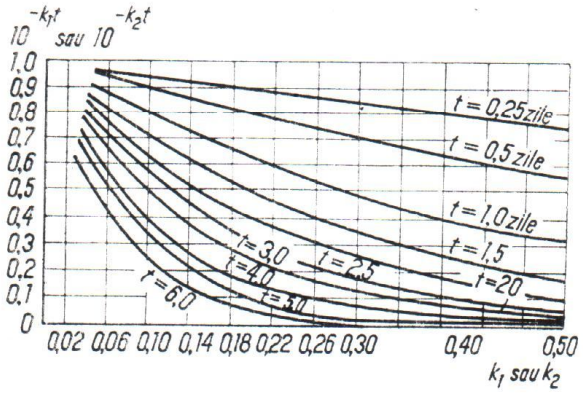


Fig. 11.1. Grafic pentru determinarea termenului $10^{-k_1 t}$.

Verificarea menționată se poate face și cu ecuația (11-6).

— *Calculul ținînd seama de diluție* se face cu ecuația:

$$CBO_5^{ap.uz.adm.} = \frac{a \cdot Q}{q}(N - CBO_5^r) + N, \quad (11\text{-}6)$$

care rezultă din ecuația (11-2), dacă se are în vedere că nu intervine viteza consumului de oxigen k_1.

Gradul de epurare se determină în ambele cazuri cu ecuația (11-1).

Exemplul de calcul 11.2. Să se determine gradul de epurare necesar din punctul de vedere al CBO_5 și să se arate care sînt instalațiile de epurare pentru evacuarea unui debit de ape uzate, $q = 0{,}60$ m³/s, cu $CBO_5 = 250$ mgf/dm³ și $k_1^{ap.uz.} = 0{,}1$; la distanța $L = 10$ km de secțiunea de evacuare, apa emisarului trebuie să îndeplinească condițiile de calitate corespunzătoare categoriei a II-a; debitul emisarului, $Q = 15$ m³/s; $V = 0{,}4$ m/s; $H = 1{,}0$ m; $CBO_5^r = 3$ mgf/dm³; $O_2 = 8$ mgf/dm³; $k_1^r = 0{,}17$ și $k_2^r = 0{,}32$, ambele în amonte de evacuarea apelor uzate. Distanța în linie dreaptă între secțiunea de evacuare și secțiunea de folosință a apei, $l = 9$ km. Toate caracteristicile de mai sus sînt date pentru temperatura de 20°C; descărcarea apelor uzate este prevăzută cu dispozitive de difuzare a apei.

Se determină *coeficientul de amestec* pentru a se constata dacă amestecul este complet în secțiunea de calcul; în acest sens se determină în primul rînd coeficientul de difuzie turbulentă cu ecuația (10-6), $D_T = V \cdot H/200 = 0{,}5 \times 1{,}0/200 = 0{,}0025$ și coeficientul α cu ecuația (10-5), $\alpha = \xi \cdot \varphi \cdot \sqrt[4]{D_T/q} = 3{,}0 \times 9/9 \times \sqrt[4]{0{,}0025/0{,}60} = 0{,}49$; coeficientul de amestec, $a = (1 - e^{-\alpha\sqrt[4]{L}})/(1 + Q/q\, e^{-\alpha\sqrt[4]{L}}) = (1 - e^{-0{,}49\sqrt[4]{9000}})/[1 + (15/0{,}6)\, e^{-0{,}49\sqrt[4]{9000}}] \cong 1$; rezultă că pînă în secțiunea de calcul amestecul se face complet și deci $a = 0{,}8$ (v. 10.2).

Timpul de parcurgere a apei pînă în secțiunea de calcul, $t = 9\,000/86\,400 \times 0{,}4 = 0{,}26$ zile.

$$CBO_5^{ap.uz.adm.} = [(0{,}8 \times 15/0{,}6)(1/10^{-0{,}1\times 0{,}26})] \times [7 - 3 \times 10^{-0{,}17\times 0{,}26}] + 7/10^{-0{,}1\times 0{,}26} =$$

$$= 95{,}62 \text{ mgf/dm}^3.$$

Gradul de epurare $\beta = 100\,(250 - 95{,}62)/250 = 61{,}7$ %; sînt necesare deci conform tabelei 9.1 instalații de epurare mecano-biologice.

Se verifică dacă gradul de epurare rezultat este suficient și pentru condițiile de calitate a categoriei a III-a în secțiunea de evacuare a apelor uzate, unde se consideră că amestecul este complet; verificarea se face cu ecuația (11-5), rezultînd $CBO_5^{am} = (3 \times 0{,}8 \times 15 + 95{,}62 \times 0{,}6)/(0{,}8 \times 15 + 0{,}6) = 7{,}40$ mgf/dm³ < 12 mgf/dm³, deci gradul de epurare de 67,7 % este suficient.

11.3.3. Calculul gradului de epurare necesar din punctul de vedere al O_2

Cu ajutorul ecuației cunoscute (10-16) se determină timpul critic t_{cr}, pentru care se obține în emisar deficitul maxim de oxigen:

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

în care:

- k_1^r este viteza consumului de oxigen al apei rîului în amonte de deversarea apelor uzate;
- k_2^r — coeficientul de reaerare a apei rîului în amonte de deversarea apelor uzate;
- D_a — deficitul inițial de oxigen din apa rîului în amonte de deversarea apelor uzate;
- L_a — consumul primar total de oxigen al amestecului de apă de rîu și uzată (CBO_{20}^{am}) în secțiunea de deversare a apelor uzate.

Se determină în primul rînd deficitul inițial de oxigen D_a cu ecuația:

$$D_a = O_2^s - O_2^r, \qquad (11\text{-}7)$$

în care:

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

O_2^r — oxigenul dizolvat real din apa rîului la debitul și temperatura de calcul (conform măsurărilor de pe teren).

Se determină apoi $L_a = CBO_{20}^{am}$ al amestecului de ape uzate și de rîu în secțiunea de evacuare a apelor uzate cu ecuația (10-2) completată cu coeficientul de amestec a:

$$L_a = CBO_{20}^{am} = \frac{q \cdot CBO_{20}^{ap.uz.adm.} + a \cdot Q \cdot CBO_{20}^{r}}{q + aQ}. \qquad (11\text{-}8)$$

Dacă s-a calculat anterior gradul de epurare din punctul de vedere al CBO_5, se dispune de $CBO_5^{ap.uz.adm}$, care cu diagrama din figura 8.3 se transformă în $CBO_{20}^{ap.uz.adm.}$; dacă nu se dispune de $CBO_5^{am.uz.adm}$, se fac calculele respective după indicațiile de la pct. 11.3.2.

Timpul critic t_{cr} se determină practic cu diagrama din figura 11.2, calculînd în prealabil următoarele elemente:

$$\frac{k_2^r}{k_1^r}; \quad \frac{D_a}{L_a} \text{ și } k_2^r - k_1^r, \qquad (11\text{-}9)$$

cu care se intră în diagramă.

Deficitul critic, conform ecuației (10-14), este:

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

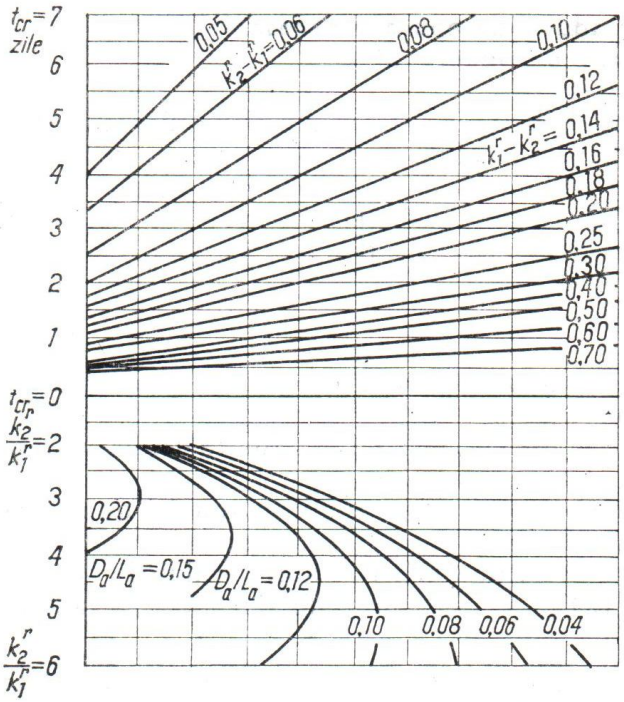


Fig. 11.2. Grafic pentru determinarea timpului critic.

Pentru stabilirea valorilor $10^{-k_1^r}$ și $10^{-k_2^r}$ se recomandă folosirea diagramei din figura 11.1.

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

$$O_2^r = O_s - D_{cr}, \qquad (11\text{-}10)$$

verificîndu-se dacă diferența este mai mare sau mai mică decît valoarea oxigenului indicată de STAS 4706-74 sau tabela 11.1; dacă diferența este mai mare, calculul din punctul de vedere al oxigenului dizolvat este terminat; dacă este mai mică, se procedează ca mai jos:

— se determină în primul rînd o valoare D_{cr}^{max}, astfel încît

diferența $O_2^r = O_s - D_{cr}$ să fie mai mare sau egală cu valoarea oxigenului dată de STAS 4706-74;

— se alege o valoare t_{cr} și apoi se calculează L_a cu relația:

$$L_a = CBO_{20}^{am} = \frac{(k_2^r - k_1^r)(D_{cr}^{max} - D_a \cdot 10^{-k_2^r \cdot t_{cr}})}{k_1^r(10^{-k_1^r t_{cr}} - 10^{-k_2^r t_{cr}})}; \qquad (11\text{-}11)$$

— rezultatul se înlocuiește în ecuația (10-16), pentru a vedea dacă t_{cr} rezultat din aplicarea acestei condiții corespunde cu cel ales; se fac încercări pînă se ajunge la corespondență;

— se transformă apoi CBO_{20}^{am} în CBO_5^{am}, care trebuie să rămînă sub valoarea limită prevăzută în STAS 4706-74;

— se determină apoi $CBO_5^{ap.uz.adm}$ cu ecuația (11-6);

— se determină gradul de epurare și se compară cu cel rezultat la calculul referitor la CBO_5, alegîndu-se cel mai mare.

Exemplul de calcul 11.3. Folosind datele din exemplul de calcul 11.2, să se determine volumul de oxigen al emisarului.

Se calculează timpul critic t_{cr} cu ecuația (10-16). În acest scop se stabilește deficitul de oxigen D_a cu ecuația (11-7), conform tabelei 8.3, la 20°C, $O_2 = 9{,}17$ mgf/dm³, deci $D_a = 9{,}17 - 8{,}0 = 1{,}17$ mgf/dm³; se calculează apoi CBO_{20}^{am} cu ecuația (11-8): $CBO_{20}^{am} = (q \cdot CBO_{20}^{ap.uz.adm} + a \cdot Q \cdot CBO_{20}^r)/(q + a \cdot Q)$; $CBO_{20}^{am} = (0{,}6 \times 1{,}46 \times 95{,}62 + 0{,}8 \times 15 \times 1{,}46 \times 3)/(0{,}6 + 0{,}8 \times 15) = 10{,}82$ mgf/dm³; timpul critic t_{cr} se determină cu diagrama din figura 11.2, calculînd raporturile $k_2^r/k_1^r = 0{,}32/0{,}17 = 1{,}88$; $D_a/CBO_{20}^{am} = 1{,}17/10{,}82 = 0{,}11$; $k_2^r - k_1^r = 0{,}32 - 0{,}17 = 0{,}15$; $t_{cr} = 1{,}7$ zile.

Deficitul critic se determină cu ecuația (11-9): $D_{cr} = [k_1^r \cdot L_a/(k_2^r - k_1^r)](10^{-k_1^r t_{cr}} - 10^{-k_2^r \cdot t_{cr}}) + D_a \cdot 10^{-k_2 t_{cr}} = [(0{,}17 \times 10{,}82)/(0{,}32 - 0{,}17)]\,[10^{-0{,}17 \times 1{,}7} - 10^{-0{,}3 \times 1{,}7}] + 1{,}17 \times 10^{-0{,}32 \times 1{,}7} = 2{,}97$ mgf/dm³.

Oxigenul dizolvat pe emisar unde se produce deficitul critic, $O_2^r = 9{,}17 - 2{,}97 = 6{,}20$ mgf/dm³ > 5 mgf/dm³, adică atît cît trebuie să fie minim pe rîu, în conformitate cu STAS 4706-74.

Gradul de epurare și *instalațiile respective* au fost arătate în exemplul 11.2.

11.3.4. Calculul gradului de epurare necesar din punctul de vedere al *p*H-ului

În acest scop se pleacă de la ecuația:

$$p\text{H} = 6{,}52 + \lg CO_2^{bic} - \lg CO_2^{lib} \qquad (11\text{-}12)$$

în care:

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

CO_2^{bic} — cantitatea de CO_2 legat, în milivali sau în mgf/dm³;

CO_2^{lib} — cantitatea de CO_2 liber, în milivali sau în mgf/dm³.

Cînd conținutul de acid carbonic este exprimat în mgf/dm³, pentru trecerea lui în concentrație molară numărul de $mgCO_2$ se împarte cu 44.

Dacă bicarbonații se exprimă în mgf/dm³ (HCO_3), recalcularea se face prin introducerea raportului greutăților moleculare:

$$61/44 = 1{,}39. \qquad (11\text{-}13)$$

Duritatea permanentă, exprimată în carbonat, este egală cu alcalinitatea (ml N/dm³), înmulțită cu 2,8.

Pentru calcule, rezultatele analizelor pot fi transformate pentru a avea aceleași caracteristici cu ajutorul datelor din tabela 11.3.

TABELA 11.3

Coeficienți de transformare a unor determinări

Determinări	Valori echivalente celor determinate			
	Duritate (în grade)	Alcalinitate (ml N/dm³)	HCO_3 (mgf/dm³)	CO_3 provenit din bicarbonați (mgf/dm³)
1° duritate carbonat	1,0	1,357	21,80	15,70
1 ml alcalinitate normală	2,8	1,000	61,00	44,00
1 mg/dm³ (HCO_3)	0,046	0,0164	1,00	0,723
1 mg/dm³ bicarbonat	0,063	0,0227	1,39	1,00

Cînd în apă se introduc acizi, neutralizarea are loc pe seama bicarbonaților apei, prin punerea în libertate a acidului carbonic, de exemplu:

$$Ca(HCO_3)_2 + H_2SO_4 = CaSO_4 + 2H_2O + 2CO_2. \qquad (11\text{-}14)$$

Cînd în apă se introduc alcalii, apa este neutralizată de acidul carbonic liber, de exemplu:

$$Ca(OH)_2 + CO_2 = CaCO_3 + H_2O. \qquad (11\text{-}15)$$

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

$$Ca(OH)_2 + Ca(HCO_3) = 2CaCO_3 + H_2O. \qquad (11\text{-}16)$$

Conform datelor din literatura de specialitate, *p*H-ul apei emisarului trebuie să rămînă cuprins între 6,5 și 8,5. Din cercetările efectuate a rezultat că este indicat să nu se utilizeze pentru neutralizare o cantitate mai mare de 1/3 din fondul de bicarbonați ai emisarilor.

Ținînd seama de cele arătate mai sus, cantitatea de acid A_c, în mgf/dm³ (CO_2) se poate stabili cu ecuația de mai jos:

$$6{,}52 - 6{,}50 = \lg \frac{CO_2^{lib} + A_c}{CO_2^{bic} - A_c} = 0{,}2 \qquad (11\text{-}17)$$

sau

$$\frac{CO_2^{lib} + A_c}{CO_2^{bic} - A_c} = 1{,}047 \qquad (11\text{-}18)$$

și

$$A_c = 0{,}511 \cdot CO_2^{bic} - 0{,}488 \cdot CO_2^{lib} < 1/3\ CO_2^{bic}. \qquad (11\text{-}19)$$

Pentru a evacua alcalii A:

$$6{,}52 - 8{,}50 = -1{,}98 = \bar{2},02 + \lg \frac{CO_2^{lib} - A}{CO_2^{bic} + A}; \qquad (11\text{-}20)$$

$$CO_2^{lib} = 0{,}0105\ CO_2^{bic} + 10\ 105\ A \tag{11-21}$$

și

$$A = 0{,}99 \cdot CO_2^{lib} - 0{,}0104 \cdot CO_2^{bic}. \tag{11-22}$$

11.3.5. Calculul gradului de epurare necesar din punctul de vedere al substanțelor toxice

Calculul se face cu ecuația:

$$q \cdot C_{uz} = aQ \cdot d_{lim} + q(b + d_{lim}) \tag{11-23}$$

și

$$C_{uz} = d_{lim} \cdot \left(\frac{aQ + q}{2}\right) + b, \tag{11-24}$$

sau aproximativ:

$$C_{uz} = d' \cdot d_{lim} + b, \tag{11-25}$$

în care:

C_{uz} este concentrația maximă de substanță toxică admisă a fi evacuată în emisar, în mgf/dm³;
a — coeficientul de amestec (v. 10.2);
d_{lim} — limita maximă admisă de substanță toxică (conform STAS 4706-74), în mgf/dm³;
b — concentrația în substanță toxică în apa emisarului înainte de evacuarea apelor uzate, în mgf/dm³;
d' — gradul de diluție (v. 10.3);
Q și q — debitul emisarului, respectiv al apelor uzate, în dm³/s.

11.4. SCHEME CLASICE DE EPURARE A APELOR UZATE

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

Schemele de epurare se aleg în funcție de:

— gradul de epurare necesar (v. 11.3);
— spațiul disponibil pentru construcția stației de epurare;
— modul de tratare a nămolului;
— felul utilajului ce urmează a fi folosit în stația de epurare;
— condițiile locale (geotehnice, aprovizionare cu energie electrică, transport etc.).

Epurarea apelor uzate poate fi mecanică (fig. 11.3), mecano-chimică (fig. 11.4), mecano-biologică naturală (fig. 11.5) și mecano-biologică artificială (fig. 11.6).

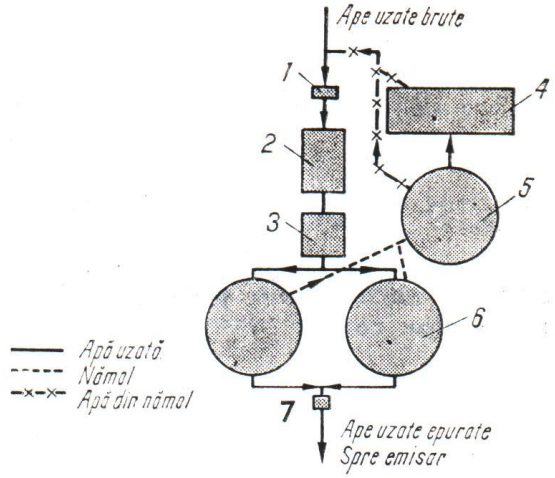


Fig. 11.3. Schema epurării mecanice:
1 — grătare; *2* — deznisipator; *3* — separator de grăsimi; *4* — construcție pentru deshidratarea nămolului; *5* — rezervoare dentru fermentarea nămolului; *6* — decantoare; *7* — stație de clorare.

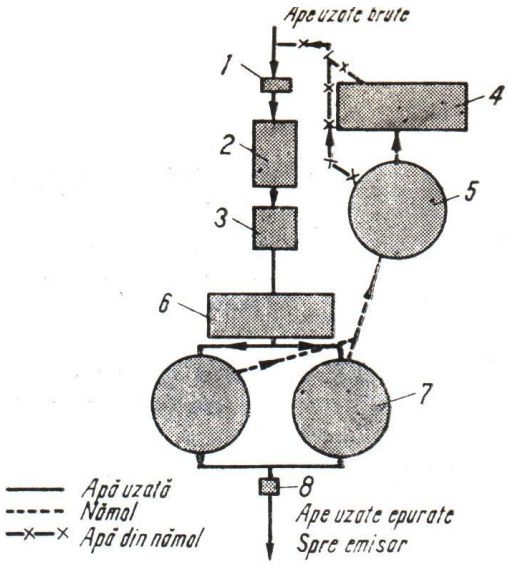


Fig. 11.4. Schema epurării mecano-chimice:
1 — grătare; *2* — deznisipator; *3* — separatoare de grăsimi; *4* — construcții pentru deshidratarea nămolului; *5* — rezervoare pentru fermentarea nămolului; *6* — construcții pentru preparare, dozare, amestec și reacție a coagulantelor; *7* — decantoare; *8* — stație de clorare.

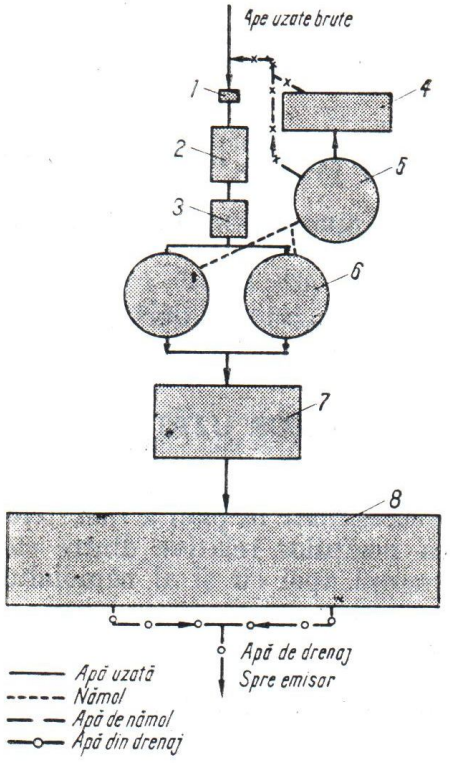


Fig. 11.5. Schema epurării mecano-biologice naturale:
1 — grătare; *2* — deznisipatoare; *3* — separatoare de grăsimi; *4* — construcții pentru deshidratarea nămolului; *5* — rezervoare pentru fermentarea nămolului; *6* — decantoare; *7* — bazin de acumulare; *8* — cîmpuri de irigare și filtrare.

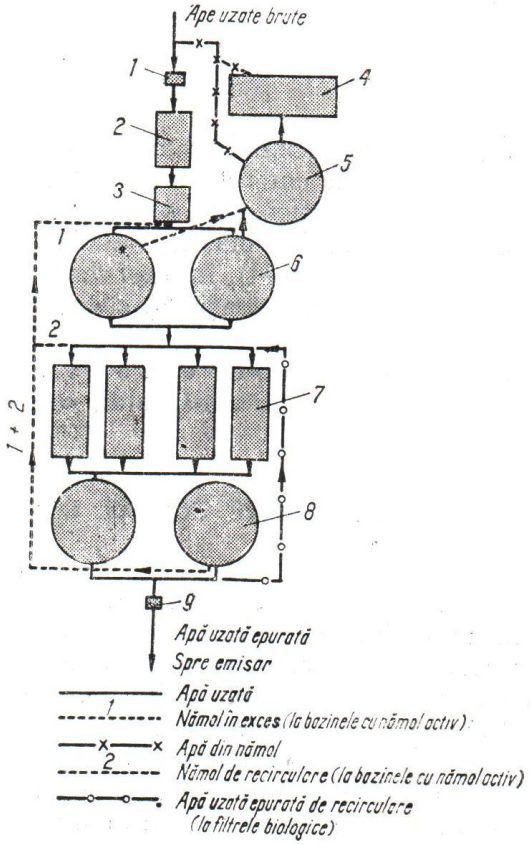


Fig. 11.6. Schema epurării mecano-biologice artificiale:
1 — grătare; *2* — deznisipatoare; *3* — separatoare de grăsimi; *4* — construcții pentru deshidratarea nămolului; *5* — rezervoare pentru fermentarea nămolului; *6* — decantoare primare; *7* — construcții pentru epurarea biologică artificială (filtre biologice, bazine cu nămol activ etc.); *8* — decantoare secundare; *9* — stație de clorare.

Capitolul 12

EPURAREA MECANICĂ A APELOR UZATE

Epurarea mecanică a apelor uzate are ca scop:
— reținerea corpurilor și suspensiilor mari (în grătare, site etc.);
— flotarea suspensiilor mai ușoare ca apa (în separatoare de grăsimi);
— sedimentarea suspensiilor granulare și a celor floculente (în deznisipatoare, respectiv decantoare).

12.1. REȚINEREA CORPURILOR ȘI SUSPENSIILOR MARI

Construcțiile specifice reținerii corpurilor și suspensiilor mari sînt grătarele și sitele. În acestea se reține hîrtii, cîrpe, materiale plastice etc. Dacă apa uzată este pompată în stația de epurare, ele sînt așezate înaintea stațiilor de pompare.

12.1.1. Grătare

Grătarele sînt alcătuire din bare metalice și sînt de două tipuri: rare și dese. Distanța între bare la grătarele rare este cuprinsă între 2,5 și 8,0 cm, iar cele dese între 1,5 și 2,5 cm. Grosimea barelor este de 8—12 cm.

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

După forma lor în plan grătarele pot fi plane, radiale, curbe etc.

La stațiile mici de epurare (sub 5 000 locuitori) grătarele sînt așezate de obicei în canalul de aducțiune, curățirea putîndu-se efectua prin scoaterea grătarului din canal și îndepărtarea depunerilor.

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

Grătarele cu curățire manuală se recomandă a fi așezate cu o înclinare față de orizontală de 30°, maximum 45°, pentru o mai ușoară curățire și realizarea unei suprafețe mai mari de traversare a apei prin grătar.

Grătarele cu curățire mecanică sînt așezate față de orizontală cu înclinări de 60—75°, uneori chiar 90°.

Curățirea manuală a grătarelor se face cu greble sau alte scule confecționate în acest scop. Pentru a evita deversarea apei în zona grătarului, peste pereții acestuia, datorită înfundării lui, se execută un canal de by-pass (fig. 12.1), accesul în acesta fiind protejat cu bare așezate la distanțe de 10 cm unele de altele.

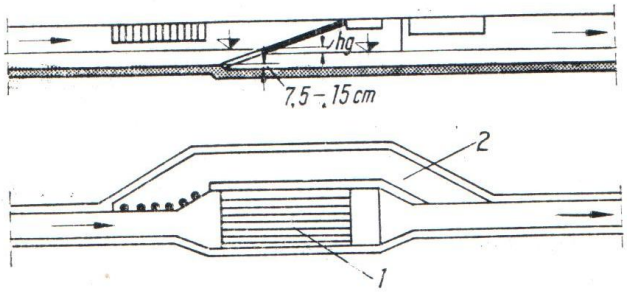


Fig. 12.1. Grătar cu curățire manuală:
1 — grătar; *2* — canal de by-pass.

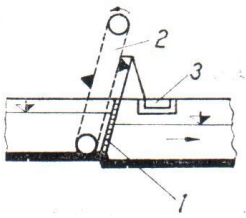


Fig. 12.2. Grătar cu curățire mecanică: *1* — grătar; *2* — dispozitiv de curățire; *3* — jgheab.

Grătarele cu curățire mecanică (fig. 12.2) acționează de obicei intermitent, fiind comandate de un plutitor care pune în mișcare mecanismul, cînd pierderea de sarcină prin grătar a depășit o anumită valoare. Materialul colectat este vehiculat pe o rigolă către o platformă de colectare sau către un dezintegrator.

Camera grătarelor trebuie să aibă o lățime mai mare decît canalul de acces, iar imediat în aval de grătar radierul trebuie să fie coborît cu 7,5—15 cm.

La capătul de sus al grătarelor, în special la cele cu curățire manuală, sprijinită pe pereții canalului, se construiește o pasarelă de minimum 1,5 m lățime, de pe care se face curățirea.

Pentru debitele mari curățirea grătarelor se face automat.

În ceea ce privește proiectarea, debitele de calcul ale grătarelor sînt înscrise în tabela 8.5.

Viteza apei în amonte de grătar V_a trebuie să fie suficient de mare pentru a nu se produce depunerea suspensiilor din apă și în același timp să nu depășească anumite limite pentru a nu disloca reținerile de pe grătare. Limita inferioară, conform normativului P 28—64, se ia 0,4 m/s, iar cea superioară 0,6 m/s, unele tratate admițînd viteze chiar pînă la 0,9 m/s pentru debite maxime și de ploaie.

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

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

Pierderea de sarcină se calculează cu relația:

$$h_g = \beta \cdot \left(\frac{a}{b}\right)^{4/3} \cdot \sin\theta \cdot \frac{V_a^2}{2g} \quad [\text{m}], \qquad (12\text{-}1)$$

în care:

- β este un coeficient de formă a barelor și se ia conform datelor din figura 12.3;
- a — lățimea barelor egală cu 8—12 (m, în m (în general lățimile și alte detalii se dau de către firmele furnizoare);
- b — lățimea interspațiilor dintre bare, în m;
- V_a — viteza apei amonte de grătar, în m/s;
- θ — unghiul pe care-l face grătarul cu orizontala.

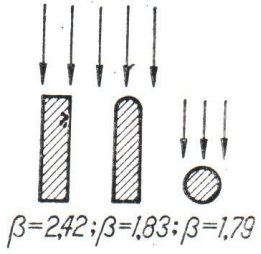


Fig. 12.3. Formele barelor la grătare.

Pierderile de sarcină nu trebuie să depășească 15 cm, pentru grătare cu curățire manuală; la cele cu cură-

țire mecanică aceasta se reglează; în calcule nu trebuie în orice caz considerată o pierdere de sarcină mai mică decît 10 cm.

Camera grătarului trebuie să aibă o pantă de cel puțin 0,001, pentru o bună funcționare.

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

$$B_c = \Sigma b \cdot \left(\frac{a+b}{b}\right) + C, \qquad (12\text{-}2)$$

în care:

B_c este lățimea camerei grătarului, în m;

Σb — suma lățimii interspațiilor dintre barele grătarului, în m;

$$\Sigma b = \frac{Q_c}{V_{g\,max} h_{max}}; \qquad (12\text{-}3)$$

$V_{g\,max}$ — viteza maximă a apei printre interspațiile grătarului, în m/s;

h_{max} — adîncimea maximă a apei în fața grătarului, corespunzătoare vitezei și debitului maxim, în m;

Q_c — debitul de calcul al grătarului, în dm³/s;

a — lățimea unei bare, în mm;

b — lățimea interspațiilor între barele grătarului, în mm;

C — lățimea pieselor de prindere a grătarului în pereții camerei, în m, de obicei 0,25—0,30 m.

Cantitatea de rețineri pe grătar (tab. 12.1) depinde de mărimea interspațiilor, sistemul de canalizare, volumul apelor uzate industriale etc. În medie, pentru apele uzate orășenești, circa 85% din substanțe sînt organice, restul minerale; greutatea specifică a reținerilor este de circa 750 kgf/m³.

TABELA 12.1

Cantități de rețineri pe grătare

Lățimea interspațiilor între bare (mm)	Cantitatea de rețineri (dm³/om și an) la curățire:	
	manuală	mecanică
16	5,0	6,0
20	4,0	5,0
25	3,0	3,5
30	2,5	3,0
40	2,0	2,5
50	1,5	2,0

Se menționează că la proiectare se pot avea în vedere proiectele elaborate de ISLGC pentru grătar radial (executant IMMUM — Baia Mare), grătare curbe (executant UNIO — Satu Mare) și grătar plan cu curățire mecanică (executant UNIO — Satu Mare).

12.1.2. Site

Sitele constau din discuri perforate, împletituri de sîrmă inoxidabilă sau grătare cu interspații foarte mici între bare. Deschiderile sînt cuprinse în mod uzual între 1,0 și 1,5 mm. În general, în prezent, sînt folosite rar și

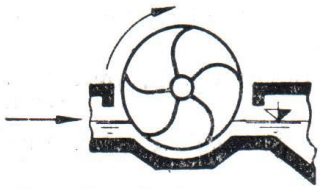


Fig. 12.4. Sită tambur.

îndeosebi cînd se consideră necesară îndepărtarea corpurilor și suspensiilor mai fine.

Reținerile pe site variază de la 6 la 30 dm³/om și an, depinzînd de dimensiunile ochiurilor.

În figura 12.4 se arată schematic o sită tambur. Axul tamburului (cilindrului) este așezat într-un plan orizontal, perpendicular pe direcția de curgere a apei. Apa pătrunde prin pereții laterali ai tamburului pe care este așezată sita și iese pe la unul din capete. Materialul reținut la exteriorul tamburului (pe sită) este curățat cu perii și apoi depozitat temporar în vecinătatea sitei.

12.1.3. Prelucrarea substanțelor reținute pe grătare și site

La stațiile mici de epurare, substanțele reținute sînt depozitate în depresiuni, gropi de gunoi etc. La stațiile mari, reținerile sînt deshidratate și apoi incinerate sau fermentate, uneori împreună cu gunoiul menajer.

În prezent, în multe stații de epurare se fărîmițează reținerile și apoi se reintroduc în apa brută cu ajutorul *dezintegratoarelor* (mori de fărîmițare). Acestea folosesc pentru fărîmițare ciocane, cuțite sau alte dispozitive asemănătoare. La noi în țară, Uzina de pompe — București și IMMUM — Baia Mare fabrică dezintegratoare cu ax orizontal, respectiv cu ax vertical pentru debite de pînă la 2,0 m³/h cu motoare de 7,5 kW, după proiectele ISLGC.

12.1.4. Cominutoarele (grătare tăietoare)

Cominutoarele sînt grătare mecanice care au încorporate mecanisme de tăiere (fărîmițare) a reținerilor, care apoi sînt antrenate în continuare în celelalte instalații din stație. Folosirea cominutoarelor evită producerea de mirosuri neplăcute în apropierea grătarelor, prin intrarea în fermentare a reținerilor.

Cominutoarele constau dintr-un tambur cu fante, pe care se găsesc o serie de dinți și bare de fărîmițare ce se rotesc în fața unor dinți așezați în interiorul unui cilindru, avînd diametrul mai mare ca cel al tamburului. Cominutoarele se defectează destul de repede dacă apa are nisip; de aceea, în cazul epurării apelor uzate provenite din sistemul unitar, cominutoarele sînt așezate după deznisipatoare.

Exemplul de calcul 12.1. Să se dimensioneze grătarele unei stații de epurare, pentru un oraș cu 25 000 locuitori, canalizat în sistem unitar (fig. 12.5).

Debitele de calcul, conform tabelei 8.5, sînt: de dimensionare $2Q_{uomax}$, de verificare Q_{uomin}. Debitele caracteristice calculate în conformitate cu STAS 1343-77 și 1846-77 sînt: $Q_{u\,zi\,med}$ = = 80 dm³/s; $Q_{u\,zi\,max}$ = 100 dm³/s; $Q_{u\,o\,max}$ = 130 dm³/s; $Q_{uo\,min}$ = 35 dm³/s; conform Normativului P 28-64 se recomandă proiectarea a două grătare active; în consecință fiecare grătar va trebui să prelucreze 130 dm³/s.

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

Dimensiunile camerei grătarului se aleg ținînd seama că în canalul de aducțiune a apei la debitul orar maxim nivelul apei este egal cu 0,20 m, nivel care urmează a se păstra și în camera

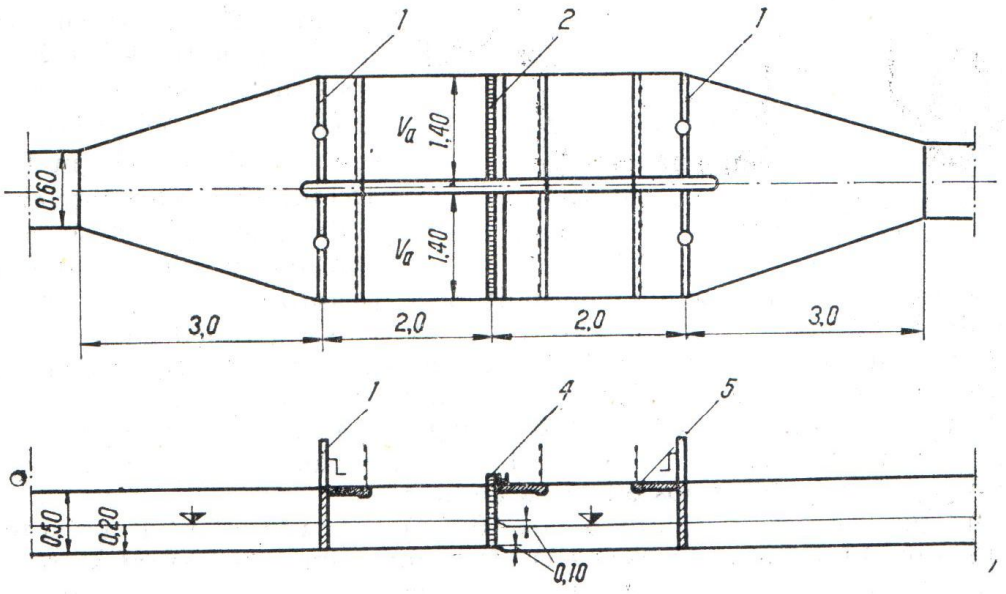


Fig. 12.5. Secțiune prin grătar:
1 — stăvilar; *2* — grătar; *3* — balustradă; *4* — jgheab; *5* — platformă.

grătarului. Pentru o viteză a apei prin grătar, $V_g = 0,9$ m/s, din ecuația (12-3) suma lățimii spațiilor între grătare este:

$\Sigma b = Q_{uo\,max}/V_{g\,max} \cdot h_{max} = 0,130/0,9 \times 0,20 = 0,72$; pentru un grătar cu bare rotunjite la partea amonte, de grosime $s = 10$ mm și cu interspații de $b = 20$ mm, lățimea camerei B_c, conform ecuației (12-2) este: $B_c = [\Sigma b \cdot (s+b)/b] + C = [0,72 \times (10 + 20)/20] + 0,32 = 1,40$ m.

Viteza apei în amonte de grătar rezultă din ecuația $V_a = 74 \cdot R^{2/3} I^{1/2}$; $R = (1,4 \times 0,20)/(1,40 + 2 \times 0,20) = 0,15$; $R^{2/3} = 0,28$; luînd panta recomandată $I = 0,001$, $I^{1/2} = 0,032$ și deci $V_a = 74 \times 0,28 \times 0,032 = 0,66$ m/s, viteză care se încadrează în limitele recomandate.

Pierderea de sarcină prin grătar este conform ecuației (12-1), $h_g = \beta \cdot (s/b)^{4/3} \cdot \sin\theta \cdot V_a^2/2g = 1,83 \cdot (0,01/0,02)^{4/3} \times 1 \times 0,9^2/2 \times 9,81 = 0,03$ m; se va considera o pierdere de sarcină de minimum 0,1 m.

Verificarea la debitul minim, ($Q_{uo\,min} = 0,035$ m³/s) este necesară pentru ca viteza apei în amonte de grătar la acest debit să nu coboare sub 0,4 m/s; din ecuația $Q = AV = A \cdot 74 \cdot R^{2/3} \cdot I^{1/2} = (B_c \cdot h \cdot 74)[(B_c \cdot h)/(B_c + 2h)]^{2/3} \cdot I^{1/2}$; $0,035 = (1,40 \times h \times 74) \cdot [(1,4 \times h)/(1,40 + 2h)]^{2/3} \times 0,001^{1/2}$, rezultă $h = 0,06$ m, înălțimea apei în amonte de grătar la debitul minim, $V_a = 0,035/0,06 \times 1,40 = 0,416$ m/s, cu puțin mai mare ca viteza minimă recomandată.

Cantitatea de rețineri, conform tabelei 12.1, rezultă: 25 000 × 5 l/loc și an = 125 000 dm³/an.

12.2. FLOTAREA SUSPENSIILOR MAI UȘOARE CA APA]

Flotarea are drept scop separarea din apele uzate a uleiurilor, grăsimilor sau a altor substanțe mai ușoare ca apa, care se ridică la suprafața acesteia în zonele liniștite și cu viteză orizontală mică. Îndepărtarea de la suprafața apei a substanțelor separate se face manual sau cu sisteme mecanice. Flotarea se realizează în bazine de flotare (separatoare de grăsimi și uleiuri).

Separatoarele de grăsimi sînt amplasate după deznisipatoare, în cazul rețelelor de canalizare construite în sistem unitar, sau după grătare în sistem divizor (cînd lipsește din schemă deznisipatorul).

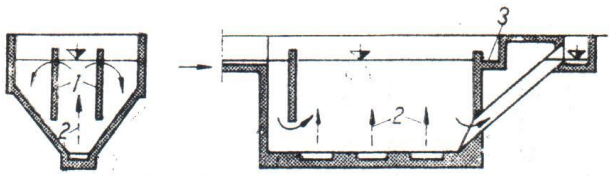


Fig. 12.6. Separator clasic de grăsimi:
1 — pereți despărțitori; *2* — aer; *3* — jgheab.

In conformitate cu prevederile normativului P 28—64, construcția separatoarelor de grăsimi este obligatorie cînd apele conțin mai mult de 150 mgf/dm³ substanțe extractibile în eter de petrol, care nu sînt separabile la suprafața apei și posibil de evacuat în mod obișnuit prin decantoarele primare. Se prevăd de asemenea obligatoriu separatoare de grăsimi, independent de concentrație, în cazul în care epurarea mecanică este urmată de o epurare biologică, realizată în filtre biologice sau cîmpuri de irigare.

Pentru o flotare mai eficientă se adaugă ca agent de flotare aer difuzat prin intermediul plăcilor poroase, al tuburilor găurite etc.; de asemenea, uneori se adaugă clor gazos odată cu aerul.

În figura 12.6 se arată un separator de grăsimi cu insuflare de aer și pereți despărțitori în secțiune transversală. În compartimentul central se produce amestecul aerului cu apa, iar în cele două compartimente laterale, unde suprafața apei rămîne liniștită, se realizează separarea substanțelor ușoare. Este de remarcat că ieșirea apei din bazin se face pe la partea inferioară a acestuia, printr-un canal de dimensiuni mici, în zona unde cantitatea de substanțe ușoare este mai mică. Prin canalul de evacuare, datorită vitezelor mari ale apei, toate suspensiile sînt antrenate și duse în instalațiile care urmează. Substanțele ușoare, separate la suprafața apei, sînt îndepărtate din bazinul de flotare prin jgheabul aval, prin ridicarea nivelului apei, din timp în timp.

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

Substanțele separate în bazinele de flotare sînt foarte poluate și deci nu pot fi recuperate; ele sînt îngropate, arse sau fermentate în bazinele de fermentare ale stației de epurare.

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

În ceea ce privește eficiența separării, respectiv dimensiunile bazinului, este de mai mare importanță suprafața de separare, decît timpul de rămînere a apei în bazin.

Suprafața de separare este egală cu debitul de calcul împărțit cu cea mai mică viteză ascensională, adică:

$$A_0 = \frac{Q_c}{V_a}, \qquad (12\text{-}4)$$

în care Q_c este debitul de calcul ($Q_{zi\,max}$), iar V_a — viteza ascensională minimă.

Cea mai mică viteză ascensională corespunde ajungerii la suprafața apei a celei mai mici particule, dacă se dorește o anumită eficiență. Această viteză se stabilește prin determinarea timpului cerut pentru ca o anumită parte

din totalul de substanțe ușoare să se ridice la suprafața apei într-un cilindru înalt. Astfel, viteza cea mai mică ascensională:

$$V_a = \frac{\text{înălțimea cilindrului}}{\text{timpul de staționare}}. \qquad (12\text{-}5)$$

Normele elvețiene pentru dimensionarea separatoarelor, în care se separă grăsimi cu particule mai mici de 0,25 mm, pentru o eficiență de 95%, sînt date în tabela 12.2.

TABELA 12.2

Norme pentru dimensionarea separatoarelor

Greutatea specifică a grăsimilor (kgf/dm³)	Viteza ascensională minimă V_a (m/h)	Suprafața separatorului pentru $Q = 1$ dm³/s (m²)
0,75	22,5	0,16
0,80	18,0	0,20
0,85	13,5	0,27
0,90	9,0	0,40

Normativul P 28-64 prevede încărcarea superficială de 8,0—14,0 m³/m²/h și timp de separare de 5—10 min; timpul mai mic se ia în cazul insuflării de aer în bazin. Imhoff și Fair recomandă ca timp maxim 3 min.

Lățimea bazinelor de separare se recomandă a se lua 2,0—4,0 m, adîncimea 1,20—2,75 m, lungimea sub 20 m.

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

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

Volumul substanțelor separate, 1—5 dm³/om și an.

Exemplul de calcul 12.2. Să se dimensioneze separatorul de grăsimi, folosind datele din exemplul 12.1 și considerînd greutatea specifică a grăsimilor de 0,9 kgf/dm³ (fig. 12.7).

Secțiunea orizontală a separatorului, ținînd seama de prevederile Normativului P 28-64 și pentru $V_a = 10$ m³/m²/h este $A_0 = Q_c/V_a = 0{,}100 \times 3\,600/10 = 36$ m²; ținînd seama de normativul elvețian (v. tab. 10.2), $A_0 = 0{,}40 \times 100 = 40$ m².

Se alege *secțiunea transversală din figura 12.7*, alecărei dimensiuni se încadrează în cele recomandate anterior ($A_{tr} = 2{,}25$ m²).

Lungimea separatorului: $L = A_0/B = 40/2 = 20$ m.

Volumul separatorului: $V_{sep} = A_{tr} \times L = 2{,}25 \times 20 = 45{,}0$ m³.

Timpul de traversare al separatorului: $t = V_{sep}/Q_c = 45{,}0/0{,}1 = 450'' = 7{,}5$ min.

Decarece timpul de traversare este destul de mare, nu se prevede insuflare de aer.

Volumul de grăsimi separate: $V_g = 25\,000 \times 1$ dm³/lcc și an $= 25\,000$ dm³/an.

Colectarea grăsimilor se propune a se face prin conducte găurite, reglabile pe verticală (din punctul de vedere al submersiei).

Verificarea la $2Q_{uo\,max}$, conform tabelei 8.5., ținînd seama de posibilitatea de reglare a conductelor găurite, nu mai este necesară.

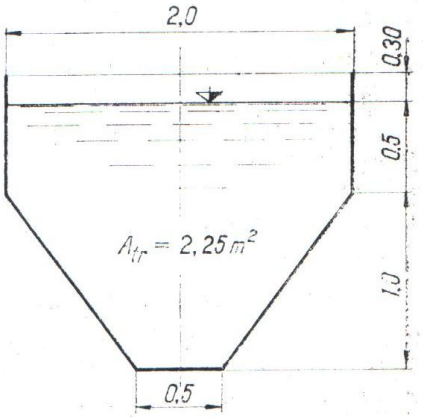


Fig. 12.7.

12.3. SEDIMENTAREA SUSPENSIILOR GRANULARE ȘI FLOCULENTE

Sedimentarea este procesul de tratare a apei în scopul depunerii (reținerii) particulelor din apă cu greutate specifică mai mare ca apa. În scopul sedimentării apa este trecută prin bazine de sedimentare sau decantare. Pentru apele uzate procesul de sedimentare se realizează în:

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

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

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

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

Pentru proiectarea deznisipatoarelor și decantoarelor este necesar, de cele mai multe ori, să se facă studii de laborator (conform STAS 4162-74) sau să se folosească date provenite de la stații de epurare similare.

În cadrul studiilor de laborator, la fel ca pentru apele de alimentare, va trebui să se stabilească relația între:

— cantitatea de suspensii depuse (în procente) și tipul de sedimentare;

— cantitatea de suspensii depuse (în procente) și viteza de sedimentare.

Apa uzată folosită pentru aceste studii reprezintă media unor probe de apă luate, de obicei, din oră în oră, pe o perioadă de maximum 8 ore.

12.3.1. Deznisipatoare

În prezent deznisipatoarele sînt folosite în mod curent atît pentru apele uzate provenite din rețelele dimensionate în sistem divizor, cît și unitar. Normativul P 28-64 menționează că deznisipatoarele ce tratează ape uzate provenite din sistemul unitar sînt folosite numai pentru debite ce depășesc 3 000 m^3/zi (circa 10 000 loc.).

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

Deznisipatoarele sînt de două tipuri: *orizontale și verticale*, denumite astfel după direcția de curgere a apei în ele. Alegerea tipului de deznisipator depinde de debitul apelor uzate, de cantitatea nisipului, de spațiul disponibil în stația de epurare, de pierderea de sarcină admisibilă prin deznisipare, de echipamentele folosite etc.

Pierderea de sarcină poate varia între 6 și 60 cm. Pierderile de sarcină mai mari sînt datorate îndeosebi necesității de a instala dispozitive de menținere constantă a vitezei (în jur de 0,3 m/s) la deznisipatoarele orizontale. Menținerea constantă a vitezei la variațiile de debit este necesară, pe de o parte, pentru a evita depunerea substanțelor în suspensie floculente (cu conținut

de substanțe organice putrescibile), cînd viteza scade sub această valoare, iar pe de altă parte, pentru a împiedica antrenarea nisipului depus cînd viteza depășește această valoare.

12.3.1.1. **Deznisipatoare orizontale.** La deznisipatoarele orizontale folosite îndeosebi în stațiile mici de epurare (fig. 12.8), menținerea vitezei constante la variațiile de debit se realizează prin forma secțiunii transversale (trapez). La aceste deznisipatoare curățirea nisipului se face manual, din timp în timp prin oprirea a cîte unui compartiment; în acest scop la intrarea și ieșirea din fiecare compartiment se găsesc stăvilare manevrate manual. Pentru curățire se închid stăvilarele compartimentului ce trebuie curățat, se deschide vana de pe tubul de drenaj și se evacuează apa din deznisipator. Pentru ca la evacuarea apei să nu fie antrenat nisipul depus, împrejurul drenului se așază un filtru invers de pietriș. Evacuarea nisipului se face cu lopata. Apa evacuată din deznisipator este întoarsă în stație, deoarece este impurificată.

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

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

Deznisipatoarele pentru stațiile mari de epurare sînt caracterizate prin prezența unor dispozitive de menținere a vitezei constante și prin echipamentul de curățire mecanică a nisipului.

La deznisipatoarele care trebuie să prelucreze debite importante, pentru menținerea vitezei constante s-au folosit și mai sînt în funcțiune și astăzi deznisipatoare cu mai multe compartimente, care intră sau ies din funcțiune (uneori automat) în raport cu debitul ce trebuie tratat. Tot pentru debite mari, la deznisipatoarele ale căror secțiune transversală este dreptunghiulară, se folosesc la capătul aval deversoare de două tipuri: proporționale sau Sutro

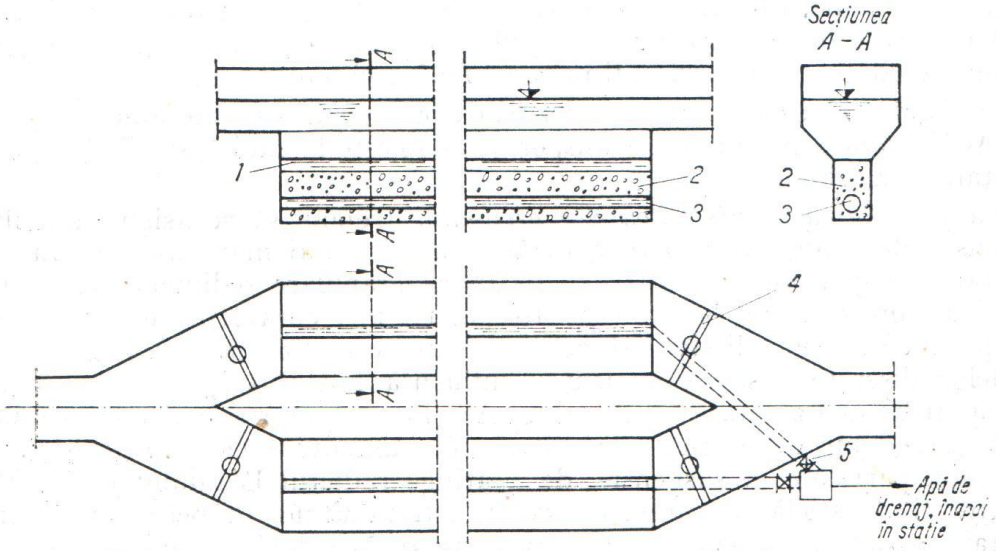


Fig. 12.8. Deznisipator orizontal cu curățire manuală:
1—spațiu pentru acumularea nisipului între două curățiri; *2*—filtru invers; *3*—dren; *4*—stăvilar; *5*—vană.

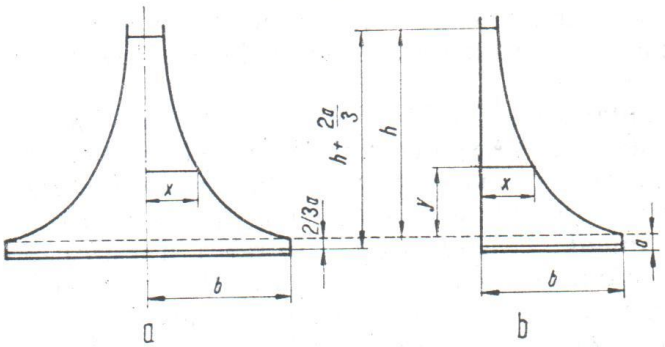


Fig. 12.9. Deversoare tip proporțional (*a*) și Sutro (*b*).

(fig. 12.9), dimensionate astfel încît la variația înălțimii apei în deznisipator ca urmare a variației debitului, să se mențină o viteză constantă.

În prezent, la numeroase deznisipatoare mari, avînd în mod obligatoriu o secțiune transversală parabolică, pentru menținerea vitezei constante, se folosesc canale cu secțiunea strangulată, așezate în aval de deznisipator și care servesc în același timp și pentru stabilirea debitului ce trece prin deznisipator. Aceste canale cu secțiunea strangulată sînt cunoscute sub numele de canale sau debitmetre tip „Venturi" sau tip „Parshall" (în general se preferă tipul Venturi, deoarece radierul este orizontal și deci mai ușor de construit).

În ultimul timp, la unele stații mari de epurare (de exemplu la Londra) menținerea vitezei constante se face prin insuflare de aer — printr-o serie de conducte așezate pe radierul bazinului — în cantități mai mari sau mai mici, astfel încît viteza în zona de depunere a nisipului, în vecinătatea radierului, să se mențină în jur de 0,3 m/s.

Utilajele pentru curățirea mecanică a deznisipatoarelor sînt de tipuri diferite, în majoritate automatizate: unele folosesc o bandă transportoare înzestrată cu răzuitoare, care împing nisipul pînă la o pîlnie de colectare, de unde, prin cădere, acesta ajunge într-un puț colector de nisip așezat la exteriorul deznisipatorului; alte utilaje sînt înzestrate cu cupe, care aduc nisipul la suprafață, descărcîndu-l pe platformele de nisip; uneori, nisipul este aspirat de pompe de nisip așezate pe un pod transportor, care îl evacuează pe platforme de nisip.

La noi în țară utilaje pentru curățirea deznisipatoarelor sînt de tipul airlift și cu lame, executate de UNIO — Satu Mare, după proiectele ISLGC.

La stațiile de epurare mari nisipul este curățat de substanțele organice antrenate odată cu el, putînd fi în acest fel întrebuințat.

În figura 12.10 se arată un deznisipator cu curățire mecanică — pompe tip ACV așezate pe un pod transportor — folosit la multe stații de epurare din țara noastră.

La *proiectarea deznisipatoarelor orizontale* trebuie să se asigure stabilirea dimensiunilor corespunzătoare realizării unei cît mai mari eficiențe în sedimentarea suspensiilor granulare. Particulele granulare sedimentează în proporții uniforme (legile Newton și Stokes), iar apa curată de deasupra poate fi separată în proporții similare celor cu care se realizează sedimentarea particulelor discrete. Asupra eficienței, influență hotărîtoare are și suprafața bazinului de sedimentare și nu adîncimea lui. Suprafața bazinului depinde, în afară de debit, de cea mai mică viteză de sedimentare, corespunzătoare celei mai mici particule în suspensie, de a atinge radierul bazinului (sau fundul cilindrului de sticlă în care s-au făcut determinările, în perioada de timp afectată pentru sedimentare). Datorită viscozității apei, sedimentarea particulelor, în special a celor ușoare, întîmpină o rezistență care este cu atît mai

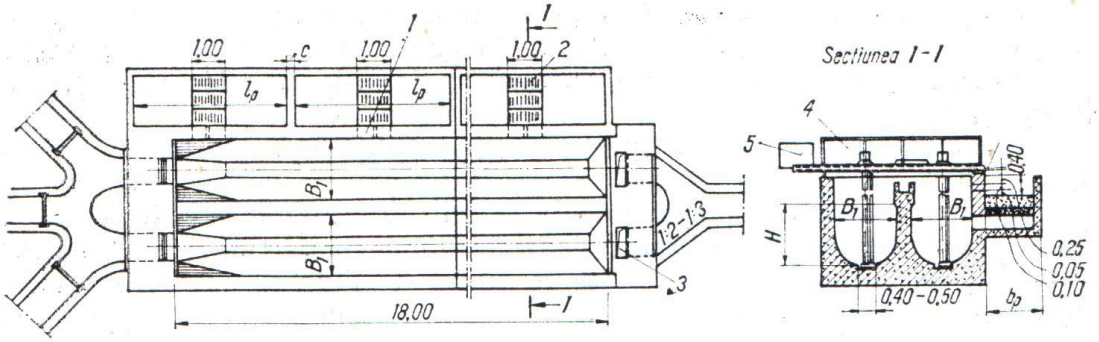


Fig. 12.10. Deznisipator orizontal cu curățire mecanică:
1 — fereastră de preaplin; *2* — plăci tip Arcuda; *3* — stavilă; *4* — motorul pompei ACV 50-15 P; *5* — motorul căruciorului.

mare, cu cît viscozitatea apei este mai mare. După cum se știe, viscozitatea apei crește odată cu micșorarea temperaturii; rezultă că odată cu micșorarea temperaturii eficiența sedimentării crește.

Vitezele de sedimentare V_s a particulelor de diferite dimensiuni, după K. Imhoff sînt date în tabela 12.3. Datele din tabelă sînt stabilite pentru temperatura de 15°C.

TABELA 12.3

Viteze de sedimentare V_s, în mm/s în funcție de diametrul granulelor (după K. Imhoff)

Diametrul granulei (mm)	1,0	0,5	0,2	0,1	0,05	0,01	0,005
Nisip (γ = 2,65 tf/m³)	140	72	23	7	1,7	0,08	0,02
Cărbune (γ = 1,6 tf/m³)	42	21	7	2	0,4	0,02	0,0004
Solide din apele uzate orășenești (γ = 1,20 tf/m³)	34	17	5	0,8	0,2	0,008	0,002

În general se contează că în deznisipatoare se reține particule de nisip cu dimensiuni mai mici ca 0,20 — 0,25 mm pînă la maximum 1,00 mm.

În afară de viteza de sedimentare, mai sînt încă două viteze semnificative legate de eficiența deznisipatoarelor:

— viteza orizontală V_0 cu care apa uzată se mișcă în bazin;

— viteza de antrenare critică V_{cr} a depunerilor de pe radierul bazinului.

Viteza orizontală cu care se mișcă apa uzată în bazin trebuie să fie mai mică sau egală cu viteza critică, pentru care sînt antrenate substanțele organice depuse pe radier, nu însă și sedimentele. Vitezele critice care pot fi luate în calcul ca viteze orizontale, stabilite de Camp și Shields sînt date în tabela 12.4.

TABELA 12.4

Viteze orizontale V_0, în mm/s în funcție de diametrul granulelor (după Camp și Shields) [4]

Diametrul granulelor (mm)	1,0	0,5	0,2	0,1	0,05	0,01	0,005
Nisip (γ = 2,65 tf/m³)	410	300	190	130	90	41	30
Cărbune (γ = 1,6 tf/m³)	230	160	100	70	50	23	16
Solide din apele uzate orășenești (γ = 1,2 tf/m³)	180	130	80	55	40	18	13

Conform normativului P 28-64 [41] viteza orizontală V_0 în deznisipator se ia 0,3 m/s pentru debitul orar maxim și 0,05 m/s pentru debitul orar minim.

Debitele de dimensionare și verificare a deznisipatoarelor sînt indicate în tabela 8.5.

Durata de traversare a apei uzate prin deznisipator trebuie să fie de 30—50 s.

Numărul minim de compartimente la un deznisipator este de două, ele fiind exploatate periodic, alternativ. Lățimea unui compartiment se recomandă a nu depăși 3,0 m; unii autori admit lățimi de pînă la 5,0 m. Adîncimea deznisipatoarelor nu va depăși 1,5 m. Lungimea deznisipatoarelor poate varia între 12 și 36 m. Radierul deznisipatorului trebuie să fie cu 15—45 cm mai jos decît cel al canalului amonte și să fie orizontal, pentru a se împiedica reținerea substanțelor floculente.

Secțiunea transversală a deznisipatoarelor orizontale se determină cu ecuația:

$$A_{tr} = \frac{Q_c}{V_0}, \tag{12-6}$$

în care:

Q_c este debitul de calcul al deznisipatorului (v. tab. 8.5);

V_0 — viteza orizontală (v. tab. 12.4).

Secțiunea orizontală a deznisipatorului rezultă din împărțirea debitului de calcul la viteza de sedimentare; pentru a ține seama de curenții ce se formează în deznisipator, de vînt, tulburență, secțiunea se mărește cu 30 — 50 %, uneori și mai mult:

$$A_0 = (1{,}3 - 1{,}5)\frac{Q_c}{V_s}, \tag{12-7}$$

în care V_s este viteza de sedimentare (v. tab. 12.3).

Lungimea deznisipatorului rezultă din ecuația:

$$L = V_0 \cdot t, \tag{12-8}$$

în care t este timpul de rămînere a apei în deznisipator (30—50 s).

Ținînd seama de acești factori care contribuie la neuniformitatea mișcării apei în deznisipator, lungimea rezultă din ecuația (12-8) mărită cu 50%, uneori și cu mai mult.

Raportul dintre lungimea și lățimea deznisipatorului se recomandă a fi cuprins între 10 și 15.

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

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

Dispozitivele de menținere a vitezei constante implică o serie de calcule în vederea dimensionării secțiunii transversale a deznisipatorului, canalelor cu secțiunea strangulată tip Venturi sau Parshall, deversoarelor proporționale sau Sutro etc.

În prezent se folosesc îndeosebi deznisipatoare cu secțiuni parabolice urmate de canale strangulate tip Venturi (debitmetre Venturi).

În ceea ce privește secțiunea transversală a deznisipatorului, forma parabolei este dată de ecuația:

$$\left(\frac{B}{2}\right)^2 = 2 \cdot p \cdot h, \qquad (12\text{-}9)$$

în care:

B este lățimea secțiunii parabolei la partea superioară;

h — înălțimea secțiunii parabolei;

p — parametrul parabolei.

Ecuațiile, notațiile și succesiunea calculelor pentru dimensionarea canalului și debitmetrului Venturi, conform cercetărilor făcute la ISCH (A. Măruță și N. Cîrlig) sînt următoarele [7]:

— se alege lățimea canalului B amonte (fig. 12.11), în funcție de debit (de exemplu 0,6; 0,8; 1,0);

— se stabilește raportul de similitudine cu ecuația:

$$\alpha_e = \frac{B_{natură}}{B_{model}}, \qquad (12\text{-}10)$$

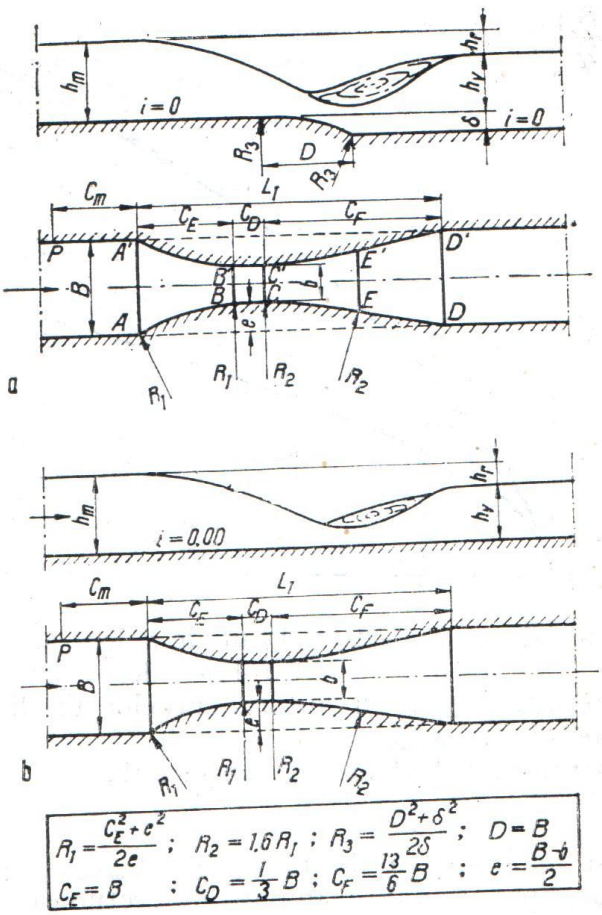


Fig. 12.11. Plan și secțiune printr-un canal tip Venturi:
a — cu fundul coborît; *b* — cu fundul orizontal.

în care:

$B_{natură}$ este lățimea canalului B, ales ca mai sus;

B_{model} — lățimea canalului folosit ca model hidraulic, care a stat la baza stabilirii diagramelor și ecuațiilor respective (fig. 12.12-12.14);

— se alege coeficientul de strangulare ψ, în funcție de debit (fig. 12.12—12.14):

$$\psi = \frac{b}{B_{natură}}, \qquad (12\text{-}11)$$

în care b este lățimea canalului în zona strangulată (v. fig. 12.11);

— se calculează valoarea lui b cu ecuația:

$$b = \psi\, B_{natură}; \qquad (12\text{-}12)$$

— din ecuația:

$$Q_{natură} = (\alpha_e)^{5/2} \cdot Q^*_{model}, \qquad (12\text{-}13)$$

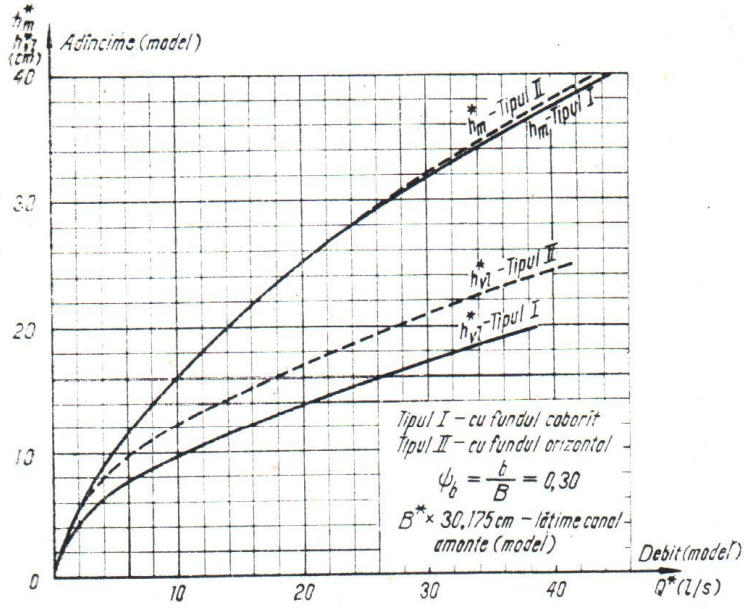


Fig. 12.12. Caracteristicile de debit pentru canalele Venturi cu $\psi_b = 0,3$.

în care $Q_{natură}$ este debitul de calcul al canalului;

Q^*_{model} — debitul de calcul al modelului ce a stat la baza cercetărilor, rezultă Q^*_{model} și cu ajutorul curbelor din diagramele din figurile 12.12 — 12.14 se obține $h_{model\ av}$ (h^*_{vl}) și $h_{model\ am}$ (h^*_m) — înălțimile în amonte și aval de strangulare, pe model, din ecuația:

$$h_{natură} = \alpha_e h^*_{model} \tag{12-14}$$

și folosind valorile $h^*_{model\ av}$ și $h^*_{model\ am}$, rezultă $h_{natură\ av}$ și $h_{natură\ am}$ — înălțimile de apă în aval și amonte de secțiunea strangulată în natură, pe canalul ce se dimensionează.

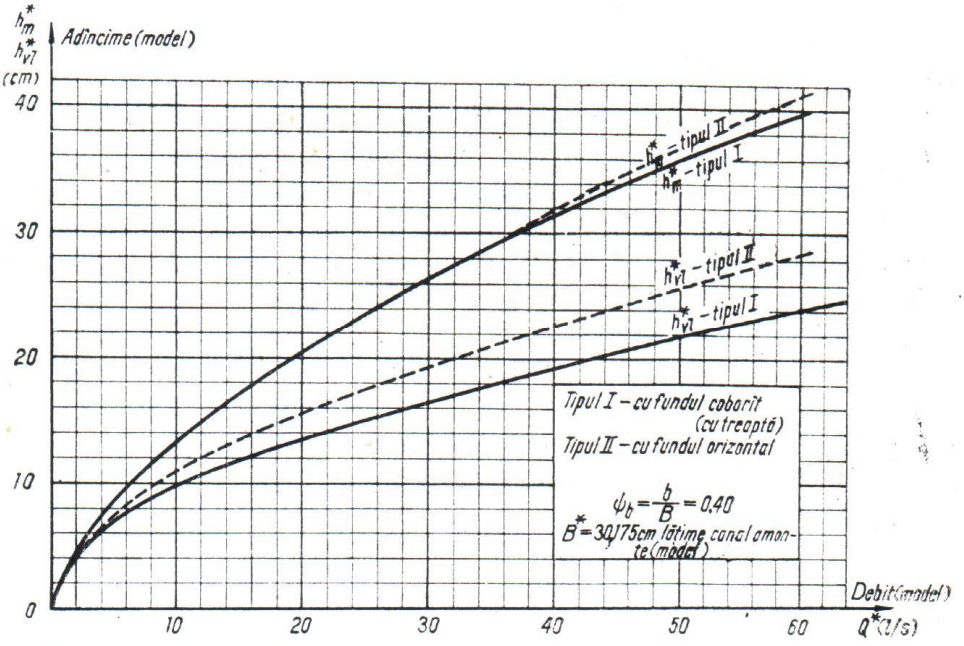


Fig. 12.13. Caracteristicile de debit pentru canalele Venturi cu $\psi_b = 0,4$.

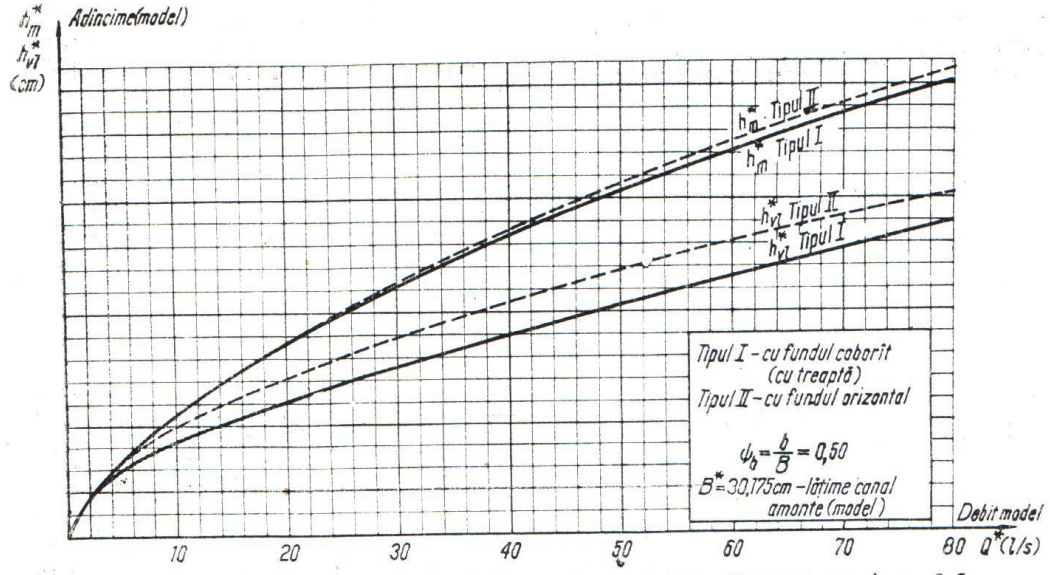


Fig. 12.14. Caracteristicile de debit pentru canalele Venturi cu $\psi_b = 0{,}5$.

Dimensiunile canalului în zona strangulată se stabilesc cu ecuațiile:

$$e = \frac{B - b}{2}; \tag{12-15}$$

$$C_E = B; \tag{12-16}$$

$$R_1 = \frac{C_E^2 + e^2}{2e}; \tag{12-17}$$

$$R_2 = 1{,}6\ R_1; \tag{12-18}$$

$$C_D = \frac{1}{3}\,\mathrm{B} \tag{12-19}$$

$$C_F = \frac{13}{6}\,B. \tag{12-20}$$

Cantitatea de nisip ce poate fi colectată de deznisipator depinde de: felul pavajului și modul de întreținere a lui; condițiile climatice; sistemul de canalizare; tipul apelor industriale etc. O cantitate de nisip de 5—12 dm³/om și an este în general admisă de toate tratatele de specialitate.

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

Exemplul de calcul 12.3. Să se dimensioneze deznisipatorul orizontal (fig. 12.15) folosind ca date de bază cele din exemplul 12.1; granulele de nisip au dimensiunea de 0,2 mm.

Debitul de dimensionare, conform tabelei 8.5, este: $2Q_{uo\ max} = 2 \times 130$ dm³/s; se proiectează un deznisipator cu două compartimente, fiecare prelucrînd un debit de 130 dm³/s, conform recomandărilor anterioare.

Secțiunea transversală a unui compartiment, pentru o viteză orizontală, $V_0 = 190$ mm/s (v. tab. 12.4); $A_{tr} = Q_c/V_0 = 0{,}130/0{,}19 = 0{,}68$ m².

Secțiunea orizontală pentru un compartiment și pentru $V_s = 23$ mm/s (v. tab. 12.3): $A_0 = 1{,}3\,Q_c/V_s = 1{,}3 \times 0{,}130/0{,}023 = 7{,}3$ m².

Se alege *lățimea parabolei*, $B = 1{,}0$ m; rezultă înălțimea parabolei: $h = 3 \cdot A_{tr}/2 \cdot B = 3 \times 0{,}68/2 \times 1{,}0 \cong 1{,}0$ m.

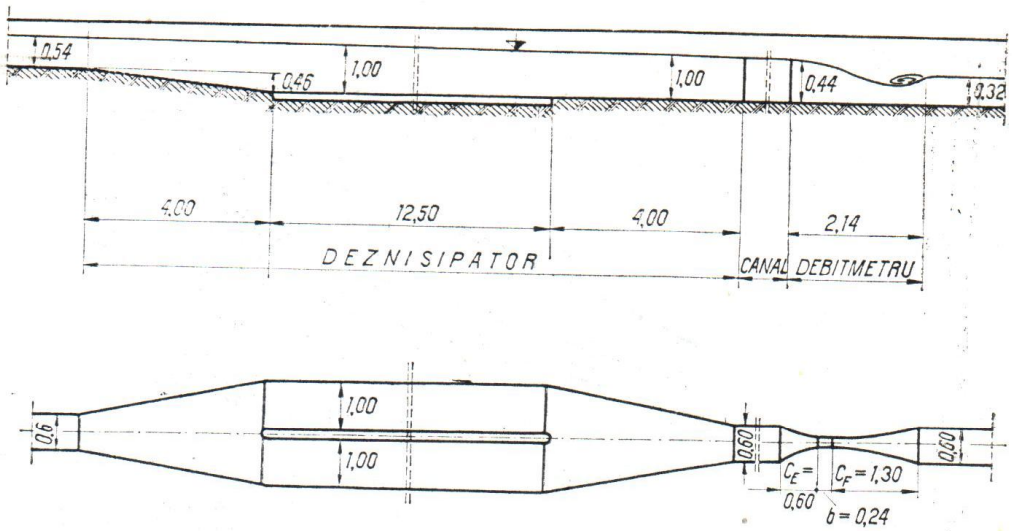


Fig. 12.15.

Timpul de traversare, $t = h/V_s = 1{,}0/0{,}023 = 43''$; se încadrează în limitele recomandabile.

Lungimea unui compartiment: $L = 1{,}5 \cdot V_0 \cdot t = 1{,}5 \times 0{,}19 \times 43 = 12{,}3$ m; se încadrează în limitele de mai sus.

Volumul unui compartiment: $V_c = 0{,}68 \times 12{,}3 = 8{,}4$ m³.

Volumul de nisip depus: $V_n = 25\,000 \times 6$ dm³/om și an $= 150$ m³/an.

Forma parabolei se determină cu ecuația (12-9): $(B/2)^2 = 2 \cdot p \cdot h$; $(1{,}0/2)^2 = 2 \times p \times 1$; $p = 0{,}125$; ecuația parabolei este $(B/2)^2 = 2 \times 0{,}125 \times h$; dînd diferite valori lui h, se obține B și se poate trasa parabola.

Canalul Venturi cu radier orizontal urmează a fi folosit pentru ambele compartimente; pentru o lățime a canalului amonte, $B = 0{,}6$, raportul de similitudine (12.10), $\alpha_e = B_{natură}/B_{model} = 0{,}6/0{,}3 = 2$; pentru un coeficient de strangulare, $\psi = 0{,}4$, din (12-12) rezultă: $b = \psi B_{natură} = 0{,}4 \times 0{,}6 = 0{,}24$ m; din (12-13) rezultă: $Q^{\bullet}_{model} = Q_{natură}/(\alpha_e)^{5/2} = 0{,}130/2^{5/2} = 0{,}0225$ m³/s; considerînd curba de tipul II, din figura 12.13 rezultă: $h^{\bullet}_{model\,av} = 16$ cm; $h^{\bullet}_{model\,am} = 22$ cm; rezultă deci: $h_{natură\,av} = \alpha_e h_{model\,av} = 2 \times 16 = 32$ cm și $h_{natură\,am} = \alpha_e \cdot h_{model\,am} = 2 \times 22 = 44$ cm; cu ecuațiile (12-15) – (12-20) se stabilesc dimensiunile canalului în zona strangulată: $e = (B - b)/2 = (0{,}6 - 0{,}24)/2 = 0{,}18$; $C_E = B = 0{,}6$; $R_1 = (C_E^2 + e^2)/2e$; $R_1 = (0{,}6^2 + 0{,}18^2)/(2 \times 0{,}18) = 1{,}09$ m; $R_2 = 1{,}6 \cdot R_1 = 1{,}6 \times 1{,}09 = 1{,}76$ m; $C_D = (1/3)\,B = 0{,}6/3 = 0{,}2$ m; $C_F = 13\,B/6 = 13 \times 0{,}6/6 = 1{,}3$ m.

Verificarea la debitul orar minim. Pentru un compartiment debitul orar minim este: $35/2 = 17{,}5$ l/s; conform ecuației (12-13), $Q^{\bullet}_{model} = Q_{natură}/(\alpha_e)^{5/2} = 0{,}0175/5{,}65 = 0{,}0031$ m³/s; din diagrama din figura 12.3 rezultă: $h_{model\,am} = 6$ cm; $h_{natură\,am} = 2 \times 6 = 12$ cm; acest nivel se transmite cu oarecare aproximație în deznisipator, rezultînd: $(B/2)^2 = 2 \times 0{,}125 \cdot h$ $(B/2)^2 = 0{,}25 \times 0{,}12 = 0{,}03$; $B = 0{,}35$ m; secțiunea transversală $A'_{tr} = (2 \times 0{,}12 \times 0{,}35)/3 = 0{,}028$ m²; $V_0 = 0{,}017/0{,}028 = 0{,}6$ m/s.

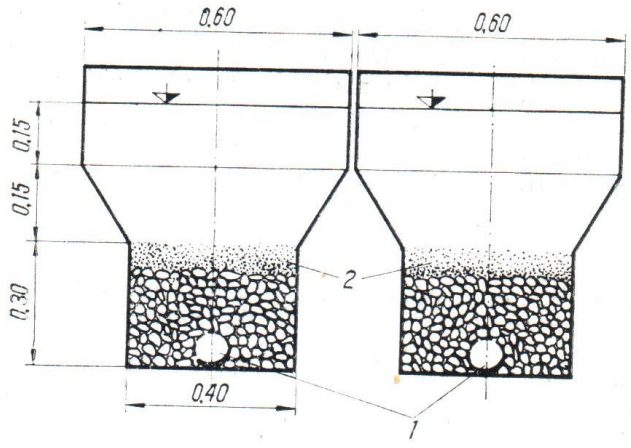


Fig. 12.16.

1 – drenuri $Dn = 0{,}15$; *2* – depuneri de nisip.

Exemplul de calcul 12.4. Să se dimensioneze deznisipatorul orizontal (fig. 12.16) care face parte dintr-o stație de epurare ce primește apele uzate provenite dintr-o rețea de canalizare dimensionată în sistem unitar; numărul locuitorilor: 8 000; debitul orar maxim, 50 dm³/s, iar cel minim 24 dm³/s; panta canalului de aducțiune, $I = 0{,}0036$; ținînd seama de debitul mic, se va proiecta un deznisipator cu secțiune trapezoidală.

Debitul de dimensionare 2 × 50 dm³/s; se proiectează un deznisipator cu două compartimente trapezoidale.

Secțiunea transversală a canalului de acces pentru o viteză, $V = 0,8$ m/s este: $A_{tr.c} = 0,05/0,8 = 0,062$ m².

Lățimea canalului se ia 0,3 m.

Înălțimea de apă în canal, $h_c = 0,062/0,3 = 0,20$ m.

Viteza efectivă în canal, $V_{ef} = 0,05/(0,3 \times 0,2) = 0,82$ m/s.

Se verifică viteza și ținînd seama de panta canalului, cu ecuația $V_c = 74 \times R^{2/3} \cdot I^{1/2}$; raza hidraulică, $R = 0,062/2 \times 0,2 + 0,3) = 0,088$; $V_c = 74 \times 0,088^{2/3} \times 0,036^{1/2} = 0,85$ m/s, apropiată de viteza efectivă determinată.

Secțiunea transversală a unui compartiment, $A_{tr} = Q_c/V_0 = 0,05/0,3 = 0,167$ m² (s-a considerat o viteză orizontală $V_0 = 0,3$ m/s); după încercări a rezultat o secțiune ca cea din figura 12.16, $A_{tr} = 0,6 \times 0,15 + (0,6 + 0,4) \times 0,5 \times 0,15 = 0,165$ m².

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

Secțiunea orizontală: $A_0 = 13,5 \times 0,6 = 8,10$ m².

Verificarea la debitul orar minim, $Q_{o\,min} = 0,024/2 = 0,012$ m³/s; din încercări a rezultat că înălțimea apei în canalul de acces, pentru debitul minim este $h_{min} = 0,07$ m. Această înălțime verifică debitul de 0,012 m³/s astfel: secțiunea transversală a canalului $A_{tr.c} = 0,07 \times 0,3 = 0,021$ m²; raza hidraulică $R = 0,021/(0,3 + 2 \times 0,07) = 0,047$; $Q = V_c \cdot A_{tr.c} = 74 \times \sqrt[3]{0,047^2} \times \sqrt{0,0036} \times 0,021 = 0,012$ m³/s; secțiunea transversală a unui compartiment, $A_{tr} = 0,6 \times 0,07 + (0,4 + 0,6) \times 0,5 \times 0,15 = 0,117$ m²; viteza la debitul orar minim este deci: $V' = 0,012/0,117 = 0,103 > 0,05$ m/s, cît se prevede în normativul P 28-64.

12.3.1.2. **Deznisipatoare verticale.** Acestea sînt rareori folosite și numai pentru debite ce nu depășesc 100 dm³/s. Necesită adîncimi mari de construcție și de aceea sînt neeconomice. În figura 12.17 este arătat un deznisipator vertical, la care intrarea apei se face printr-o conductă ce transportă apa uzată pînă în apropierea radierului deznisipatorului. De aici apa se ridică pe verticală cu o viteză mai mică decît cea de depunere a suspensiilor, fiind evacuată printr-o rigolă periferică. Nisipul depus este evacuat periodic, de obicei prin intermediul aerului comprimat.

Înclinarea radierului se recomandă să fie de 45°.

În ceea ce privește *proiectarea*, se fac următoarele recomandări:

— suprafața orizontală a deznisipatorului este:

$$A_0 = \frac{Q_c}{V_v}; \qquad (12\text{-}21)$$

— viteza ascensională a apei în deznisipator trebuie să fie:

$$V_v = 0,02 - 0,05 \text{ m/s};$$

— diametrul deznisipatorului va rămîne sub 6—8 m;

— timpul de trecere a apei prin deznisipator trebuie să fie cuprins între 0,5 și 3,0 min;

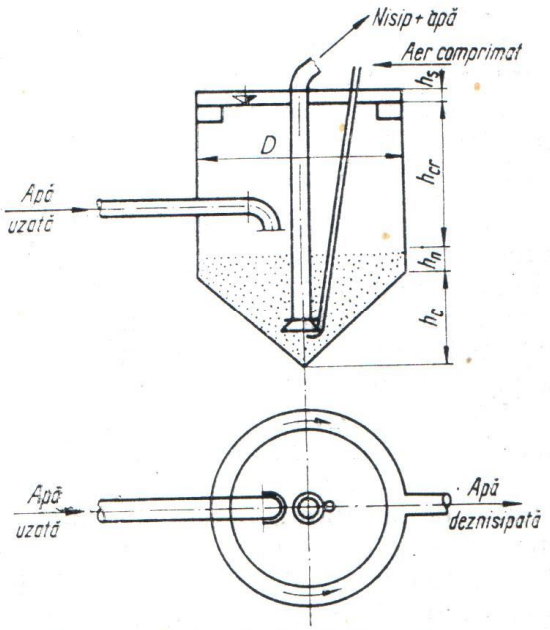


Fig. 12.17. Deznisipator vertical.

— înălțimea utilă a deznisipatorului se determină cu formula:

$$h_u = V_a \cdot t \cdot 60; \tag{12-22}$$

— volumul de nisip se determină ca la deznisipatoarele orizontale;
— înălțimea totală a deznisipatorului este:

$$H = h_u + h_d + h_c + h_s, \tag{12-23}$$

în care:

h_u este înălțimea utilă a deznisipatorului;
h_d — înălțimea stratului de depunere în partea cilindrică;
h_c — înălțimea conului de bază;
h_s — înălțimea de siguranță (0,03 — 0,5 m).

12.3.2. Decantoare

Decantoarele au drept obiect reținerea suspensiilor floculente din apele uzate.

După direcția de curgere a apei uzate și *după felul de alcătuire tehnologică* se deosebesc:

— decantoare orizontale longitudinale, în care sînt incluse și jgheaburile de decantare ale decantoarelor cu etaj (Imhoff) și partea de decantoare a foselor septice; direcția de curgere a apei este orizontală;
— decantoare orizontale radiale, cu direcția de curgere a apei orizontală;
— decantoare verticale în care direcția de curgere a apei, este verticală.

După modul de îndepărtare a depunerilor se deosebesc:

— decantoare cu curățire manuală;
— decantoare cu curățire mecanică;
— decantoare cu curățire hidraulică.

După amplasarea lor în schema stației de epurare se deosebesc:

— decantoare primare, amplasate înainte de instalațiile de epurare biologică;
— decantoare secundare, amplasate după instalațiile de epurare biologică.

Elementele constitutive și de proiectare a decantoarelor primare sînt în bună parte valabile și pentru decantoarele secundare.

În ultimi zece ani s-a început studierea și execuția decantoarelor tubulare — apa circulă printr-o serie de tuburi așezate în bazinul de decantare, care au eficiențe sporite din punct de vedere tehnic și economic.

12.3.2.1. **Condițiile generale de proiectare a decantoarelor.** Parametrii importanți care intervin la proiectarea decantoarelor (STAS 4162-74) sînt: viteza orizontală de curgere a apei, viteza de sedimentare, numită și încărcarea superficială, și timpul de decantare. Aceste elemente se recomandă a fi determinate în laborator; numai atunci cînd aceste determinări nu pot fi efectuate, se pot folosi cele de mai jos.

Vitezele orizontale V_0 și verticale V_v, precum și timpii de decantare recomandați sînt dați în tabela 12.5.

Timpii de decantare variază în raport cu caracteristicile apelor uzate (conținutul de substanțe toxice, ape industriale în cantitate mare, ape de ploaie etc.), modul de tratare ulterioară, emisarul sau folosințele posibile ale apei decantate etc. În STAS 4162-74 se indică 1,5 ore pentru apele uzate ce conțin o cantitate de suspensii mai mare ca 200 mgf/dm³ și 1 oră pentru cantități mai mici.

TABELA 12.5

Viteza de curgere a apei în decantoare V_0 și V_v

Poziția decantoarelor în schema tehnologică	Timpul de decantare t_d (ore)	Viteza maximă de scurgere a apei (mm/s)	
		Decantoare	
		orizontale V_o	verticale V_v
Decantoare primare	1,5	10,0	0,7
Decantoare secundare:			
— după filtre biologice de mică încărcare	1,0	5,0	0,5
— idem, de mare încărcare	1,5	5,0	0,5
— după bazine cu nămol activ de mică încărcare	1,5	5,0	0,5
— idem, de mare încărcare	1,0	5,0	0,5

Vitezele de sedimentare V_s sau încărcările superificiale conform STAS 4162-74 în funcție de eficiență și concentrația în substanțe în suspensie c a apelor uzate sînt date în tabela 12.6. Vitezele de sedimentare variază în funcție de factorii menționați la vitezele de curgere a apei în decantoare.

TABELA 12.6

Viteze de sedimentare în decantoare V_s

Reducerea suspensiilor în decantor	Viteze de sedimentare V_s (m/h) (încărcare superficială, m³/m² și h)		
	$c \leqslant 200$ (mgf/dm³)	$200 \leqslant c \leqslant 300$ (mgf/dm³)	$c \geqslant 300$ (mgf/dm³)
40 — 45%	2,3	2,7	3,0
45 — 50%	1,8	2,3	2,6
50 — 55%	1,2	1,5	1,9
55 — 60%	0,7	1,1	1,5

Una din condițiile importante ce trebuie asigurată decantoarelor în vederea obținerii unei bune eficiențe este realizarea unor *dispozitive de intrare a apei în decantoare*, cît mai adecvate în vederea distribuirii curenților de apă cît mai uniform în bazin, în toate direcțiile. În acest sens, la decantoarele orizontale longitudinale se folosesc pereți semiînecați, pereți găuriți, deflectoare etc.

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

De asemenea, *ieșirea apei din decantoare* trebuie să fie cît mai uniformă. Muchia superioară a jgheabului în care se colectează apa decantată este amenajată în formă de deversor continuu sau secționat (de obicei crestături triunghiulare cu distanțe între centre de 30 cm). Imhoff-Fair recomandă ca la 14 — 28 m² de bazin să corespundă 1 m de deversor, sau la 60 — 120 m³

apă uzată să corespundă 1 m de deversor pe zi. Müller-Neuhaus recomandă valori mult mai mari: 30—50 $m^3/h \cdot m$ pentru decantoare primare și 5—8 $m^3/h \cdot m$ pentru decantoare secundare.

Dacă suprafața deservită de unitatea de lungime de deversor și încărcarea acestuia sînt prea mari, bazinele trebuie să fie proiectate cu lungimi sau diametre mai mari, sau trebuie echipate cu mai multe rigole de evacuare. În bazinele longitudinale, asemenea rigole pot fi așezate transversal direcției curentului, în cele circulare — concentric sau radial. Așezarea de pereți semiînecați în fața deversoarelor conduce de asemenea la o evacuare uniformă a apei.

12.3.2.2. **Decantoare orizontale-longitudinale.** În figura 12.18 se arată două decantoare orizontale: cu curățire cu pod raclor (fig. 12.18, *a*) și cu lanț fără sfîrșit (fig. 12.18, *b*). La ambele tipuri se constată că radierul coboară către amontele decantorului (circa 1 %) spre pîlnia de nămol, așezată la intrarea apei în decantor; de asemenea, la ambele tipuri intrarea apei se face prin fante, deflectoare etc., iar ieșirea apei se realizează peste deversoare; nămolul se evacuează prin presiune hidrostatică.

Decantorul orizontal STAS 4162-74 (fig. 12.19) este alcătuit în principal din: dispozitive de distribuție a apei cu orificii și deflector; jgheab (pîlnie) pentru colectarea substanțelor plutitoare; perete semiînecat; deversor triunghiular; jgheab pentru colectarea apei decantate; pod raclor și pîlnie colectoare pentru nămol.

Deversorul de la ieșire este neînecat și, de cele mai multe ori, pentru a preîntîmpina o execuție necorespunzătoare, se realizează dintr-o lamă metalică reglabilă avînd deschideri triunghiulare.

Pîlnia de nămol de la capătul amonte al decantorului are o capacitate de înmagazinare corespunzătoare colectării a 30—40% din nămolul rezultat între două evacuări (dacă evacuarea se face intermitent); în general, la o lățime de decantor de 5 m trebuie să existe o pîlnie. Înclinarea pereților pîlniei este de cel puțin 45°.

Evacuarea nămolului din pîlnii se poate face *intermitent* (cel puțin de două ori pe zi) sau *continuu* (obligatoriu pentru decantoarele secundare, astfel ca nămolul trimis înapoi în bazinele cu nămol activ să fie cît mai proaspăt).

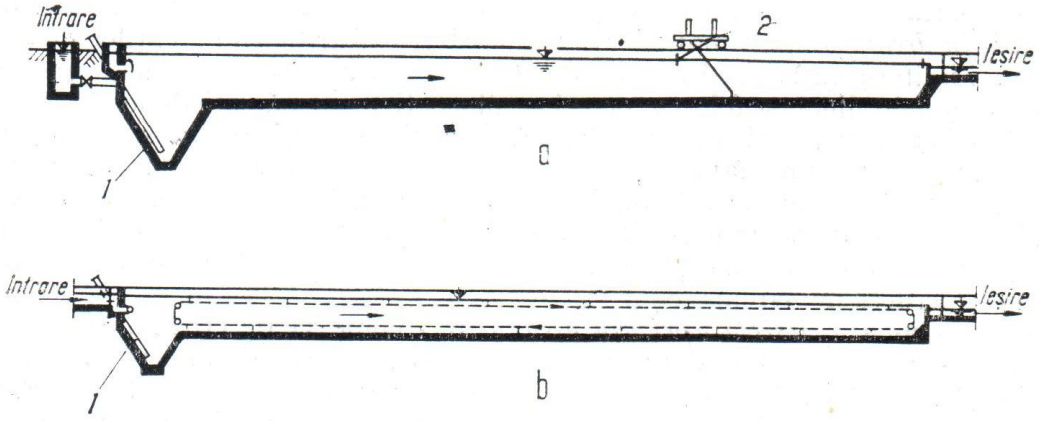
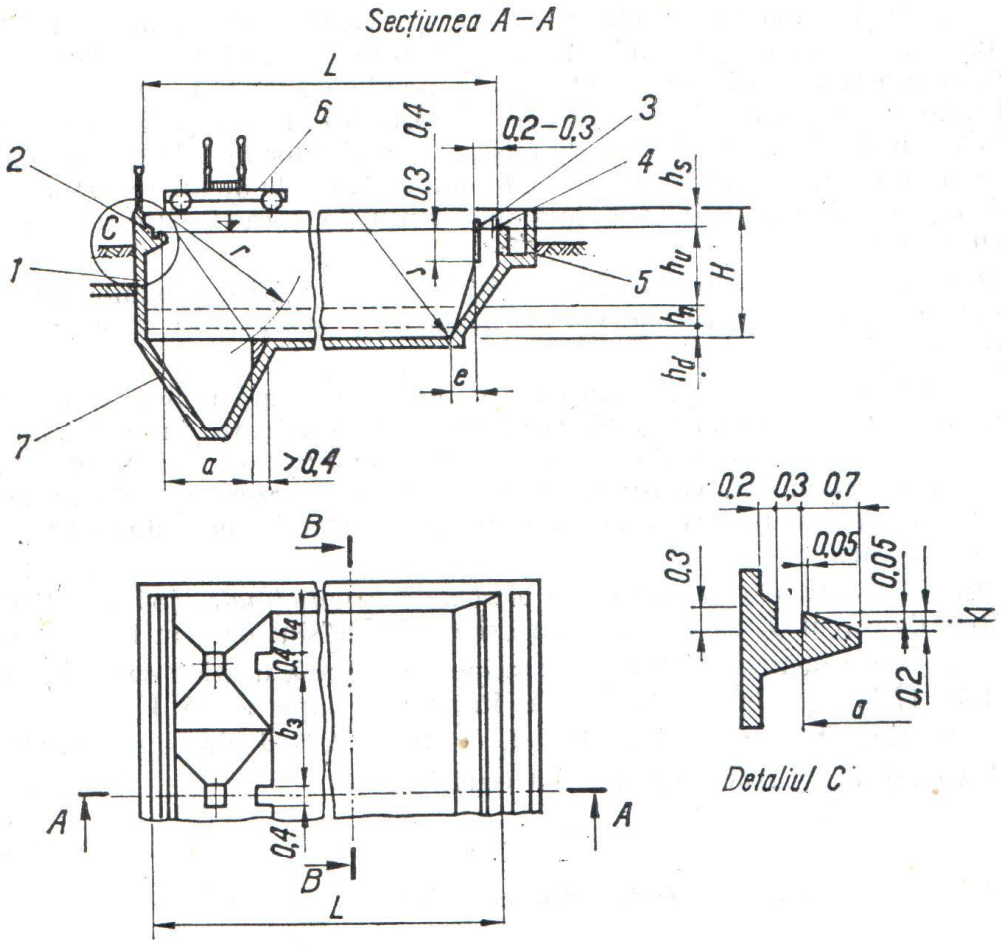


Fig. 12.18. Decantor orizontal:
1 — conductă de evacuare a nămolului; *2* — dispozitiv de curățire a nămolului.



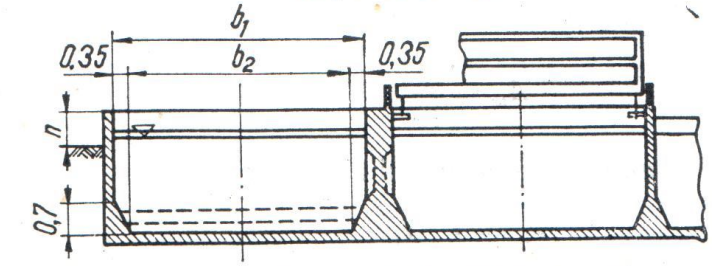


Fig. 12.19. Decantor orizontal:
1 — dispozitiv de distribuție a apei; *2* — jgheab; *3* — perete semiînecat; *4* — deversor triunghiular; *5* — jgheab de colectare; *6* — pod raclor; *7* — pîlnie colectoare de nămol.

Colectarea nămolului în pîlnii și îndepărtarea lui se poate face:

— gravitațional, cînd panta radierului trebuie să fie de cel puțin 5%; pentru a nu se adînci prea mult decantorul, datorită pantei prea mari, se construiesc mai multe pîlnii; uneori este necesară golirea decantorului pentru a împinge nămolul în pîlnie. Evacuarea nămolului din pîlnie se poate face prin gravitație, pompare sau presiune hidrostatică (diametrul minim al conductelor 200 mm); practic acest sistem este întîlnit numai la stații de epurare mai vechi;

— mecanic, folosind poduri mobile, prevăzute cu lame răzuitoare (v. fig. 12.18) sau lanțuri fără sfîrșit, prevăzute de asemenea cu lame răzuitoare ce funcționează în mod continuu. Nămolul colectat în pîlnie este evacuat prin gravitație, pompare sau presiune hidrostatică. Panta radierului se recomandă a fi de circa 1%. Viteza de mișcare a podurilor mobile este de 0,60 — —3,20 m/min, în funcție de calitatea nămolului; un ciclu de tur-retur nu trebuie să depășească 45 min. Viteza de mișcare a lanțurilor fără sfîrșit este de 0,60 — —0,9 m/min.

Puterea necesară antrenării dispozitivelor de curățire a nămolului poate fi evaluată la 1 CP pentru 1 000 m² de bazin, însă este de circa 10 ori mai mare la pornire.

Pe podurile mobile se fixează lama de colectare a grăsimilor (substanțelor plutitoare) de la suprafața apei. Grăsimile sînt descărcate într-un jgheab la partea amonte a decantorului (v. fig. 12.19), de multe ori făcînd corp comun cu peretele semiînecat. Grăsimile colectate într-un rezervor alăturat decantorului, fie că sînt utilizate (mai rar), fie că sînt tratate împreună cu nămolul din decantoare.

Pentru proiectarea decantoarelor orizontale longitudinale (STAS 4162-74) debitele de calcul Q_c de dimensionare și verificare sînt date în tabela 8.4.

— Se alege pentru cantitatea de suspensii din apa uzată c dată prin temă (v. tab. 12.6) și reducerea necesară, încărcarea superficială V_s.

— Se alege timpul de decantare t_d (v. tab. 12.5) și viteza orizontală V_0.

Volumul de decantare rezultă din ecuația:

$$V_{dec} = Q_c \cdot t_d. \tag{12-24}$$

Secțiunea orizontală rezultă din ecuația:

$$A_0 = \frac{Q_c}{V_s} \tag{12-25}$$

Secțiunea transversală rezultă din ecuația:

$$A_{tr} = \frac{Q_c}{V_0}. \tag{12-26}$$

Înălțimea medie a decantorului rezultă din ecuația:

$$h_u = V_s \cdot t_d. \tag{12-27}$$

Lungimea decantorului se stabilește cu ecuația:

$$L = V_0 \cdot t_d. \tag{12-28}$$

Se verifică în același timp dacă este respectată relația:

$$4b_1 \leqslant L \leqslant 10\,b_1, \tag{12-29}$$

în care b_1 este lățimea decantorului (v. fig. 12.19).

— Se stabilește apoi numărul de decantoare, respectiv lățimea lor, astfel încît acestea să se înscrie în dimensiunile din tabelele 12.7 și 12.8.

TABELA 12.7

Decantoare orizontale (STAS 4162-74)

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

TABELA 12.8

Decantoare orizontale (STAS 4162-74)

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

— Se verifică, ținînd seama de lățimea decantorului — egală practic cu lățimea deversorului de la ieșire — încărcarea deversorului, așa cum s-a arătat.

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

$$V_d = \frac{r_s}{\gamma_n} \cdot c \cdot Q_{zi\ max} \cdot \frac{100}{100 - p}, \qquad (12\text{-}30)$$

în care:

r_s este procentul de reducere a supensiilor;

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

p — umiditatea nămolului decantat, 95%;

c — concentrația inițială a depunerilor.

Se menționează că pentru decantoarele care urmează după instalațiile de coagulare, cantitățile de nămol trebuie să fie mărite de 2—3 ori, în funcție de cantitatea de coagulant folosită.

Înălțimea totală a decantorului se determină cu ecuația:

$$H = h_u + h_d + h_n + h_s, \qquad (12\text{-}31)$$

în care:

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

$$\frac{L}{10} \geqslant h_u \geqslant \frac{L}{25}; \qquad (12\text{-}32)$$

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

h_n — înălțimea zonei neutre (0,30 m);
h_s — înălțimea zonei de siguranță (0,3—1,0).

Ca utilaj mecanic de curățire se folosesc racloarele executate de UNIO — Satu Mare.

Exemplul de calcul 12.5. Să se dimensioneze decantoarele primare orizontale longitudinale pentru datele din exemplul 12.1, știind $c = 350$ mgf/dm³ și reducerea materiilor de suspensie, $r_s = 53\ \%$.

Debitul de dimensionare (v. tab. 8.4) este: $Q_{u\,zi\,max} = 100$ dm³/s.

Încărcarea superficială (v. tab. 12.6) pentru $c > 300$ mgf/dm³ și o reducere a suspensiilor de 53 %, este $V_s = 1{,}9$ m/h.

Timpul de decantare (v. tab. 12.5) pentru decantoare primare, $t_d = 1{,}5$ h.

Viteza orizontală (v. tab. 12.5) se ia $V_0 = 10$ mm/s.

Volumul decantorului conform relației (12.24) este: $V_d = Q_c \cdot t_d = (0{,}100 \times 3\,600) \times 1{,}5 = 540$ m³.

Secțiunea orizontală conform relației (12.25) este: $A_0 = Q_c/V_s = 0{,}100 \times 3\,600/1{,}9 = 189{,}47$ m².

Secțiunea transversală, conform relației (12.26) este: $A_{tr} = Q_c/V_a = 0{,}100/0{,}01 = 10$ m².

Înălțimea medie a decantorului, conform ecuației (12-27) este: $h_u = V_s \cdot t_d = 1{,}9 \times 1{,}5 = 2{,}85$ m.

Lungimea decantorului, conform ecuației 12.28, $L = V_0 \cdot t_d = 0{,}01 \times 3\,600 \times 1{,}5 = 54$ m; se verifică dacă este respectată relația (12-32): $L/10 \geq h_u \geq L/25$; $54/10 \geq 2{,}85 \geq 54/25$.

Dimensiunile decantoarelor ținînd seama de STAS 4706-74 (tab. 12.7 și 12.8 și fig. 12.19), vor fi: $L = 25$ m; $b_1 = 6{,}0$ m; $H = 2{,}8$ m; $h_u = 2{,}8 - 1{,}0$ (înălțimea de siguranță $h_s = 0{,}4$, a stratului neutru $h_n = 0{,}3$ și a stratului de depunere $h_d = 0{,}3$) = 1,80 m; secțiunea orizontală a unui decantor va fi deci: $A'_0 = 54 \times 6 = 324$ m²; secțiunea transversală $A'_{tr} = 6 \times 1{,}80 = 10{,}8$ m², iar volumul $V' = 10{,}8 \times 54 = 583{,}2$ m³, apropiat de cel necesar; se verifică dacă este respectată relația (12-29): $4 \cdot b_1 \leq L \leq 10 \cdot b_1$; $4 \times 6 \leq 25 \leq 10 \times 6$.

Înălțimea totală a decantorului a fost stabilită cu ajutorul relației (12.31): $H = 2{,}8$ m.

Volumul de nămol depus într-o zi, conform ecuației (12-30), $V_d = (r_s/\gamma_n) \cdot c \cdot Q_{zi\,max} \cdot 100/(100-p) = (0{,}53/1\,200) \times 0{,}350 \times 0{,}100 \times 86\,400 \times 100/(100-95) = 26{,}58$ m³/zi, respectiv 13,29 m³ pentru un decantor; evacuarea nămolului se propune a se face continuu prin presiune hidrostatică.

Încărcarea deversorului de la ieșire, lungimea lui fiind considerată egală cu lățimea decantorului, este: $(0{,}100 \times 3\,600/6{,}0 = 60$ m³/m și h, mai mare decît limita maximă recomandată de Müller-Neuhaus de 50 m³/m și h; se recomandă executarea a încă un jgheab deversor, în paralel.

Verificarea la debitul de verificare (v. tab. 8.4), $2Q_{uo\,max}$ pentru un decantor 0,26 m³/s. Se determină înălțimea lamei deversante pentru debitul de dimensionare al unui decantor: $0{,}100/2 = 0{,}050$ m³/s (decantorul are două jgheaburi de deversare); pe 1 m rezultă $0{,}05/6 = 0{,}0083$ m³/s; pentru determinarea înălțimii lamei deversante se folosește ecuația lui Poleni pentru deversoare neînecate: $Q = (2/3) \cdot \mu \cdot L \cdot c' \sqrt{2g} \cdot h^{3/2}$, în care μ este un coeficient de debit; L — lungimea deversorului; c' — coeficient de înecare care ține seama de adîncimea apei în canalul deversor și care pentru curgere înecată $c' = 1$; h — înălțimea lamei deversante; rezultă deci: $0{,}0083 = (2/3) \times 0{,}63 \times 1 \times 1 \times \sqrt{2 \times 9{,}81} \times h^{3/2}$; $h = 0{,}026$ m; pentru debitul de verificare rezultă: $0{,}0216 = (2/3) \times 0{,}63 \times 1 \times 1 \times \sqrt{2 \times 9{,}81} \times h_v^{3/2} = 0{,}050$ m; deci, înălțimea de siguranță a decantorului ($h_s = 0{,}4$ m) nu este depășită.

12.3.2.3. **Decantoare orizontale radiale.** Decantoarele radiale (fig. 12.20) sînt caracterizate prin forma lor circulară în plan și prin direcția orizontală de curgere a apei. Au diametre maxime de 50 m și medii de 30 m; înălțimile maxime sînt de 4,0 m, iar medii de 2,5 m. Sînt cunoscute și sub numele de decantoare Dorr.

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

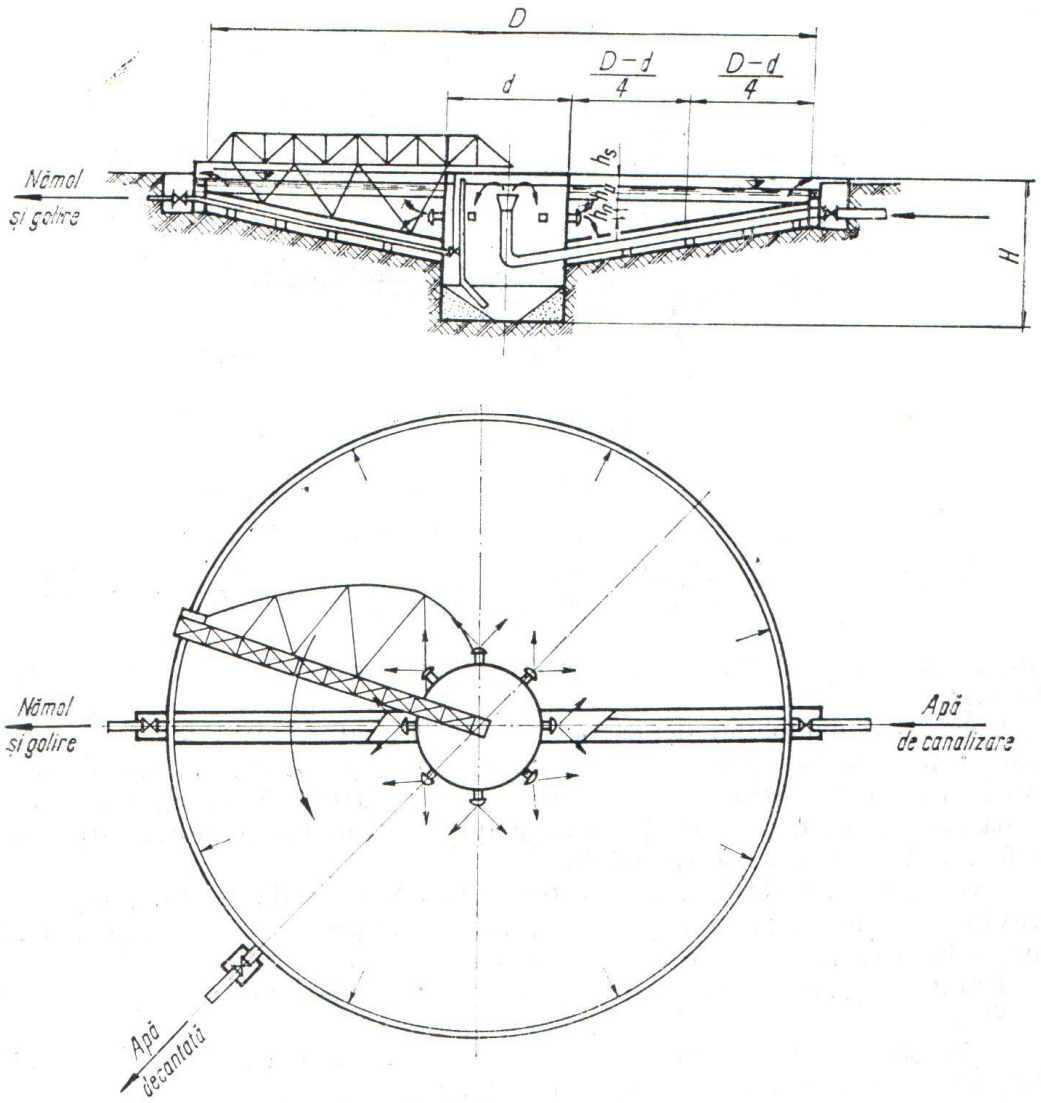


Fig. 12.20. Decantor radial.

uniformă a apei, se folosesc orificii cu deflectoare, așezate pe peretele plin cilindric.

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

Grăsimile sînt colectate de la suprafața apei cu o lamă fixată pe podul curățitor, avînd de obicei o lungime egală cu jumătate de rază. Prin interme-

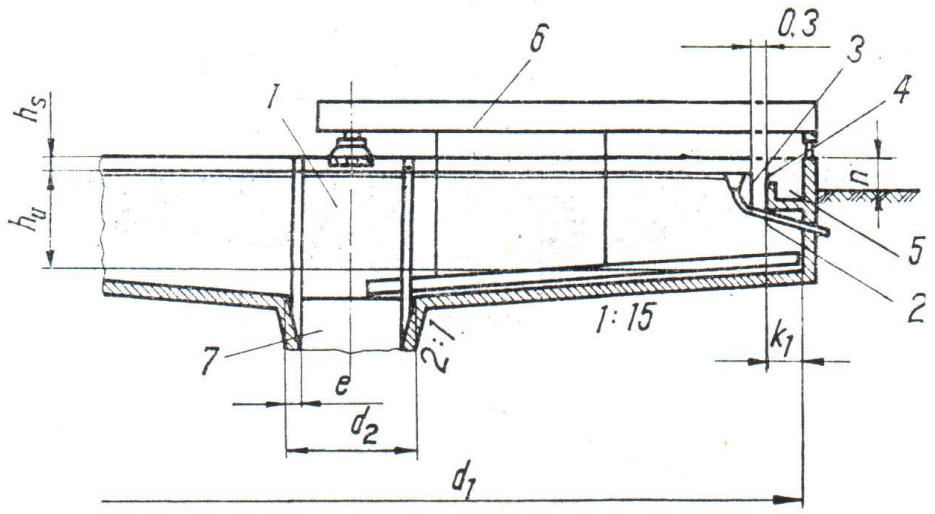


Fig. 12.21. Decantor radial STAS 4162-74:
1 — camera de distribuție a apei; *2* — pîlnie pentru colectarea materiilor plutitoare; *3* — perete semiînecat; *4* — deversor triunghiular; *5* — jgheab pentru colectarea apei decantate; *6* — pod raclor; *7* — pîlnie de colectare a nămolului.

diul unei pîlnii, grăsimile sînt descărcate într-un colector așezat alături de decantor.

Colectarea nămolului depus pe radierul decantorului se face cu ajutorul unui pod curățitor, care se mișcă cu o viteză periferică de 10—60 mm/s, astfel încît să se realizeze 1—2 rotiri complete într-o oră. Podul curățitor are la partea de jos o serie de palete reglabile, ce conduc nămolul către pîlnia centrală de colectare a nămolului.

Evacuarea nămolului din decantor se face prin conducte funcționînd prin gravitație, prin presiune hidrostatică sau pompare; se practică și aici evacuarea intermitentă sau continuă, la fel ca la decantoarele orizontale.

Radierul decantorului trebuie să aibă o pantă minimă de 2% (de obicei 6—8%).

Proiectarea decantoarelor radiale se face ținînd seama de STAS 4162-74 (fig. 12.21 și tabela 12.9) și de cele de mai jos.

Debitele de dimensionare și verificare sînt date în tabela 8.4.

În funcție de cantitatea de suspensii c și de eficiența necesară, din tabelele 12.5 și 12.6 se aleg V_0, V_s și t_d.

Volumul de decantare V_{dec}, secțiunea orizontală A_0 și înălțimea medie h_u rezultă din ecuațiile (12-24), (12-25) și (12-27).

Cu aceste rezultate se intră în tabela 12.9 și se stabilesc dimensiunile principale: V_{dec}, A_0, d_1, h_u și respectiv numărul de decantoare, urmărind în același timp și respectarea relațiilor:

$$6 < \frac{d_1}{h_u} < 10, \tag{12-33}$$

în cazul decantoarelor cu diametre cuprinse între 16 și 30 m; cu relația:

$$15 < \frac{d_1}{h_u} < 20, \tag{12-34}$$

Elemente geometrice și dimensiuni ale decantoarelor radiale

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

în cazul decantoarelor cu diametre cuprinse între 30 și 50 m; și curelația:

$$20 < \frac{d_1}{h_u} < 25, \qquad (12\text{-}35)$$

în cazul decantoarelor care tratează ape uzate cu pondere mare de suspensii de natură organică (viteze mari de sedimentare).

Se verifică încărcarea deversorului de pe rigola periferică, ținînd seama de recomandările făcute anterior.

Volumul de nămol se stabilește cu relația (12-30).

Se determină apoi dimensiunile rigolei (jgheabului) periferice, forma deversorului de pe rigolă și dimensiunile pîlniei. Înălțimea totală a unui decantor se stabilește cu relația (12-31).

La proiectare se poate avea în vedere raclorul de tip radial executat de UNIO — Satu Mare.

Exemplul de calcul 12.6. Să se dimensioneze decantoarele orizontale radiale pentru datele din exemplul 12.5.

Debitul de dimensionare, volumul de decantare, secțiunea orizontală și *înălțimea medie de decantare* sînt aceleași ca în exemplul 12.5.

Se proiectează un decantor, pentru care din tabela 12.9 rezultă; $d_1 = 18$ m; $h_u = 2{,}2$ m; $V = 558$ m³; $A_0 = 254$ m²; $d_2 = 3{,}0$; raportul $6 < d_1/h_u < 10$ este: $6 < 18/2{,}2 < 10$, deci respectat.

Încărcarea deversorului de la ieșire: $I_d = 0{,}100 \times 3\,600/2 \times 3{,}14 \times 9 = 6{,}36$ m³/h și m; se încadrează în recomandările antericare (30—50 m³/h și m).

Jgheabul de colectare a apei decantate (fig. 12.22) se dimensionează la $2Q_{0\,max} = 2 \times 0{,}130 = 0{,}260$ m³/s; dacă se ia o lățime de jgheab de 0,6, lungimea jgheabului, $L_j = 2 \times 3{,}14\,(9{,}0 - 0{,}6) = 52{,}75$ m; debitul pe 1 m este deci $0{,}260/52{,}75 = 0{,}005$ m³/s și m; viteza minimă în jgheab fiind de 0,7 m/s, suprafața transversală a apei în jgheab în secțiunea *1-1*, este: $A_{j1} = 0{,}260/2 \times 0{,}75 = 0{,}17$ m²; înălțimea apei în jgheab, $h_{j1} = 0{,}17/0{,}6 = 0{,}28$ m; panta jgheabului rezultă din ecuația $V = 74\ R^{2/3} I^{1/2}$; raza hidraulică, $R = 0{,}17/(2 \times 0{,}28 + 0{,}6) = 0{,}15$; $I^{1/2} = 0{,}7/74 \times 0{,}15^{2/3}$; $I = 0{,}001$; în consecință, radierul jgheabului în secțiunea *3-3* trebuie să fie mai ridicat decît în *1-1* cu $h' = (52, 75/2) \times 0{,}001 = 0{,}026$ m; în secțiunea *2-2*, lățimea jgheabului, de asemenea, pentru viteza de 0,7 m/s, înălțimea apei de 0,28 m și pentru a nu se produce remuuri, rezultă $b_{j2} = 0{,}260/0{,}7 \times 0{,}28 = 1{,}32$ m.

Deversorul de pe jgheabul de colectare se prevede reglabil în dinți de ferăstrău, laturile făcînd un unghi de 90°; debitul pe 1 m este de 0,005 m³/s și m; din ecuația $q_1 = 0{,}01418\ h_1^{5/2}$, în care q_1 este debitul între doi dinți, în dm³/s egal cu 5/10 (înălțimea dinților fiind de 5 cm); h_1 înălțimea apei între dinți rezultă $h_1 = 4{,}16$ cm.

12.3.2.4. **Decantoare verticale.** Acestea sînt utilizate, ca și deznisipatoarele verticale, numai cînd suprafața de teren destinată stației de epurare este de dimensiuni reduse, cînd nivelul apei subterane nu este prea aproape de suprafața solului și cînd se dispune de utilaje pentru executarea unor săpături la adîncimi ce pot ajunge pînă la 10 m. Folosirea decantoarelor verticale este limitată la debite care nu depășesc 10 000 m³/zi.

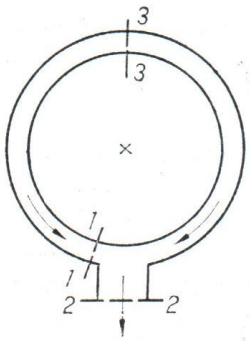


Fig. 12.22.

Decantoarele verticale pot fi în secțiune orizontală pătrate, însă de cele mai multe ori sînt circulare. Apa pătrunde printr-o conductă într-un tub central (fig. 12.23), coboară pînă la partea de jos a acestuia, se ridică apoi în spațiul destinat decantării, ajunge în jgheabul periferic și printr-o altă conductă apa decantată este evacuată. Evacuarea nămolului, ca și la celelalte decantoare, se poate face prin gravitație, presiune hidrostatică sau pompare.

Datorită înclinării mari a radierului (de obicei 45°), nămolul cade la partea de jos a acestuia. Pentru reținerea substanțelor plutitoare sînt prevăzuți pereți semiscufundați. În scopul unei cît mai bune distribuții a apei în spațiul de decantare, tubul central este uneori evazat la partea inferioară, iar în fața evazării se așază un deflector.

Pentru *proiectarea decantoarelor verticale*, debitele de calcul sînt date în tabela 8.4. Diametrul maxim al decantoarelor verticale trebuie să rămînă sub 10 m.

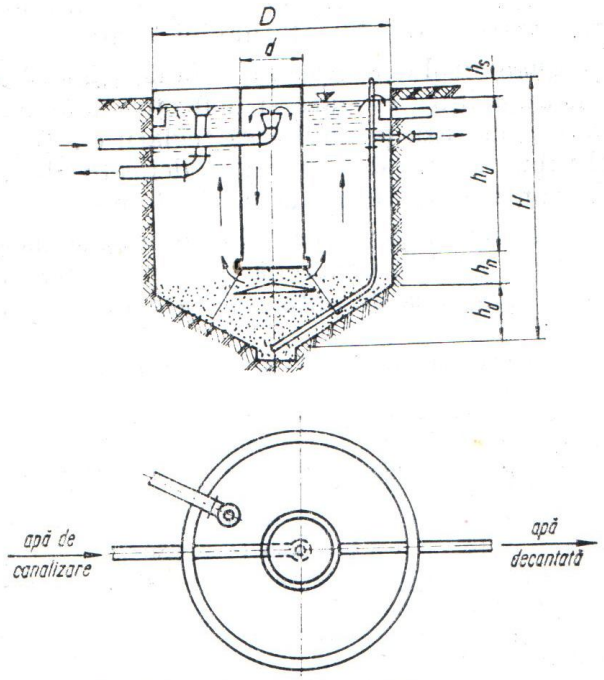


Fig. 12.23. Decantor vertical.

Volumul de decantare, secțiunea orizontală a decantorului și *înălțimea medie* a lui se determină cu relațiile (12-24), (12-25) și (12-27); în ultimele ecuații în loc de V_s se consideră V_v luat din tabela 12.5.

Înălțimea medie h_u nu trebuie să coboare sub 4,0 m, recomandîndu-se ca valoarea acesteia să se verifice cu relația:

$$\frac{h_u}{D-d} \geqslant 0{,}8, \tag{12-36}$$

în care D este diametrul decantorului, iar d — diametrul tubului central.

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

$$A_{tc} = \frac{Q_c}{V_{tc}}, \tag{12-37}$$

în care V_{tc} este viteza descendentă în tubul central, care se ia circa 100 mm/s.

Înălțimea tubului central sub nivelul apei:

$$H_t = 0{,}8\, h_u. \tag{12-38}$$

Înălțimea totală a decantorului:

$$H = h_u + h_d + h_n + h_s,$$

în care:

h_d este înălțimea zonei de depunere a nămolului în con, care se stabilește în funcție de volumul depunerilor și modul de evacuare;
h_n — înălțimea zonei neutre (0,4 — 0,6 m);
h_s — înălțimea zonei de siguranță (0,3 — 1,0 m);
h_u — înălțimea utilă.

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

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

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

Încărcarea deversorului trebuie să se încadreze în limitele indicate anterior. STAS 4162-74 recomandă să se proiecteze o rețea de jgheaburi pentru colectarea apei de la decantoarele care au o suprafață mai mare de 12 m².

Exemplul de calcul 12.7. Să se dimensioneze decantoarele verticale pentru datele din exemplul 12.6.

Debitul de dimensionare și *volumul de decantare* sînt aceleași cu cele din exemplul 12.6: $Q_{u\ zi\ max} = 100$ l/s și $V_{dec} = 540$ m³.

Secțiunea orizontală a decantorului, ținînd seama de datele din tabela 12.5 este: $A_0 = Q/V_v = 0,100/0,0007 = 142,85$ m².

Se proiectează patru decantoare cu o secțiune orizontală $A'_0 = 36$ m² fiecare; diametrul unui decantor $D = \sqrt{4 \times 36/3,14} = 6,80$ m.

Secțiunea tubului central, $A_{0tc} = 0,025/0,1 = 0,25$ m²; diametrul tubului central este $d = \sqrt{4 \times 0,25/3,14} = 0,56$ m.

Înălțimea utilă a decantorului, $h_u = V_v \cdot t_d = 0,0007 \times 3\,600 \times 1,5 = 3,8$ m; se ia 4,0 m conform celor de mai sus.

Se *verifică relația* (12-36): $h_u/(D-d) \geq 0,8$; $4/(6,8 - 0,56) < 0,8$; în consecință se determină o nouă înălțime utilă, $h_u = 0,8\ (6,80 - 0,56) = 4,99 = 5,0$ m.

Înălțimea tubului central, $H_t = 0,8 \cdot h_u = 0,8 \times 5,0 = 4,0$ m.

Încărcarea deversorului de la ieșire, $I_d = 0,025 \times 3\,600/3,14 \times 6,8 = 4,2$ m³/h și m, admisibil conform recomandărilor anterioare.

Diametrul evazării de la partea inferioară a tubului central, $D' = 1,5 \times 0,56 = 0,84$ m; diametrul deflectorului $D'' = 2,0 \times 0,84 = 1,68$ m; deflectorul se construiește reglabil, astfel încît viteza apei în spațiul de curgere a apei să fie 0,03 m/s.

Secțiunea transversală a jgheabului de colectare a apei decantate, înainte de intrarea apei în rigola de evacuare a apei din decantor, pentru debitul de verificare, $2Q_{u\ o\ max} = 2 \times 0,130$ m³/zi; $A_j = (2 \times 0,130)/3 \times 2 \times 0,7 = 0,062$ m²; pentru o lățime a jgheabului, $b = 0,30$ m; $h = 0,21$ m. Deversorul jgheabului se dimensionează după indicațiile din exemplul 12.6.

Adîncimea totală a unui decantor, considerînd că fundul conic are pereți înclinați la 45° și că diametrul inferior al conului este 0,5 m, rezultă din ecuația $H_t = h_u + h_c + h_n + h_s = 5,00 + 3,15 + 0,30 + 0,25 = 8,70$ m.

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

Capitolul 13

COAGULAREA SUSPENSIILOR DIN APĂ

Coagularea suspensiilor din apă sau precipitarea chimică este o operație ajutătoare procesului de decantare a apelor uzate, ea intervenind înaintea decantării. În scopul coagulării sînt folosiți coagulanți — substanțe chimice — care se dispersează în apă și conduc la aglomerarea particulelor fine sub formă de flocoane; acestea, sub efectul greutății, cad pe fundul bazinului de decan-

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

Folosirea coagulării pentru apele uzate, mai puțin practicată în comparație cu apele de alimentare, este recomandată:

— cînd apele uzate au variații sezoniere mari de debite, concentrații, sau se cer grade diferite de epurare;

— cînd este necesar să se realizeze un grad de epurare mai mare decît cel obținut prin sedimentarea simplă;

— pentru evitarea formării de mirosuri neplăcute împrejurul stației de epurare;

— în cazul apelor uzate cu conținut mare de ape uzate industriale.

13.1. COAGULANȚII

Printre coagulanții folosiți, în primul rînd, sînt sărurile de fier și în măsură mai mică cele de aluminiu. Sărurile de fier folosite sînt:

— clorura ferică ($FeCl_3$), sub formă de soluție, cristalină și pudră;

— sulfatul feric [$Fe_2(SO_4)_3\ 2H_2O$], sub formă de granule;

— sulfatul feros ($FeSO_4 \cdot 7\ H_2O$), sub formă de granule, cristale și pulbere.

Dintre sărurile de aluminiu, sulfatul de aluminiu $Al_2(SO_4)_3 \cdot 18\ H_2O$ este cel mai folosit; se livrează sub formă de bulgări, plăci și pudră.

Printre coagulanții folosiți la noi în țară trebuie menționat și coagulantul T I (extras sulfuros din zgure metalurgice preparat după rețeta prof. Tudor Ionescu). Prețul acestui coagulant este redus deoarece zgurele metalurgice sînt deșeuri industriale.

Varul sub formă de oxid de calciu (CaO) și hidroxid de calciu $Ca(OH_2)$ este folosit în numeroase cazuri cu rezultate bune.

Coagularea suspensiilor se realizează uneori prin folosirea a doi sau chiar trei coagulanți în același timp.

Alegerea coagulanților se face de obicei prin cercetări de laborator, cînd se determină și *doza optimă de coagulant*. Atît coagulantul cît și doza optimă depind de cantitatea de suspensii ce trebuie reținută, de natura acesteia, de gradul de epurare necesar, de debitul apelor uzate etc. Cercetările privind coagularea apei sînt realizate după metoda „Jar test" în aparatul din figura 13.1. Acesta constă dintr-un suport pentru 4—6 cilindri de 1 litru, în care se introduce apa de studiat împreună cu doze de coagulant cunoscute, variind, de exemplu, din 5 în 5 mgf/dm³. Aparatul dispune de un motor pentru agitarea probelor. La început, timp de 3—5 min, apa din cilindri se agită cu o viteză mare (circa 150 ture/min) — perioadă necesară amestecului coagulantului cu apa — apoi cu o viteză mai mică (40 — 50 ture/min)

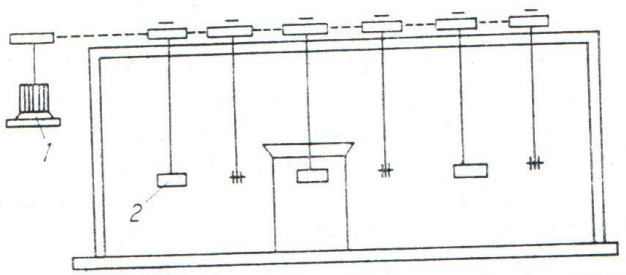


Fig. 13.1. Aparat pentru determinarea dozei optime de coagulant:
1 — motor; 2 — amestecător.

timp de circa 5 min, perioadă necesară floculării suspensiilor. Se lasă apoi să se sedimenteze conținutul cilindrilor timp de 30 min, determinîndu-se turbiditatea apei limpezite. Proba în care turbiditatea a fost mai mică, determină doza optimă de coagulant.

13.2. CONSTRUCȚII ȘI INSTALAȚII PENTRU COAGULAREA SUSPENSIILOR DIN APĂ

Procesul de coagulare a suspensiilor din apă cuprinde trei operații distincte, respectiv trei compartimente: prepararea și dozarea, amestecul și reacția propriu-zisă.

Prepararea și dozarea coagulanților este prima operație a procesului de coagulare. Coagulanții sînt furnizați sub formă lichidă sau solidă. Uneori fiind livrați sub formă de bulgări sau plăci, este necesară transformarea lor în stare lichidă sau solidă. În acest scop se folosesc vase, butoaie etc., confecționate din materiale rezistente la coroziune, în care se prepară soluții de coagulant cu concentrații cunoscute. Dozarea coagulanților, care are ca scop trimiterea în apa uzată a unor cantități bine definite de coagulant, se poate face pe cale uscată sau umedă. Pentru dozarea uscată se folosesc aparate de dozare, iar pentru cea umedă pompe dozatoare, ambele posedînd dispozitive de dozare electronică, în funcție de debitul apei uzate și cantitatea de suspensii.

Transportul coagulanților de la magazie pînă la instalațiile de dozare se face manual pentru cantități mici și mecanic pentru cele mari. Se pot folosi benzi transportoare sau tuburi pneumatice pentru coagulanții în pulbere sau granule, și pompe și conducte pentru coagulanții lichizi. Conductele pentru manevrarea coagulanților trebuie să fie rezistente la coroziune.

Amestecarea coagulanților cu apa uzată se realizează în bazine de amestec, care au drept scop dispersarea cît mai uniformă a coagulantului sau a soluției de coagulant în apa uzată, pentru obținerea unei cît mai bune omogenități. Amestecul durează de obicei 0,5 — 3,0 min.

Bazinele pentru amestec sînt de mai multe tipuri:

— bazine cu amestec gravitațional, în care mișcarea apei se face printr-o serie de pereți înclinați sau perpendiculari pe direcția de curgere a apei;

— bazine cu amestec pneumatic, în care aerul sub presiune este răspîndit pe radierul bazinului prin tuburi găurite sau plăci poroase;

— bazine cu amestec mecanic, în care amestecul este realizat de agitatoare mecanice cu palete al căror ax poate fi vertical sau orizontal.

Reacția sau flocularea, realizată în bazine de reacție, are drept scop formarea de flocoane care aglomerează substanțele fine și coloidale; acestea fiind mai grele decît substanțele inițiale, se depun în decantoare.

Flocularea se realizează tot prin amestecul apei, mai rapid la început cînd flocoanele sînt mici și mai încet cînd flocoanele sînt mai mari, către avalul bazinului de floculare. Viteza de amestec nu trebuie să fie prea mare, pentru a sfărîma flocoanele și nici prea mică, pentru a permite depunerea lor în bazinul de reacție. În general, pentru o bună floculare sînt necesare 20—40 min.

Floculareа se realizează în bazine:

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

— de tip pneumatic, care folosesc pentru distribuția aerului ce ajută la floculare, plăci poroase sau tuburi găurite, așezate pe radierul bazinului, de cele mai multe ori lîngă un perete al bazinului, pentru a produce un curent în spirală;

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

Volumul sedimentelor din bazinele de decantare este, de obicei, dublu cînd se folosesc coagulanți (chiar și mai mare cînd se folosește var).

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

Ca pretratare, înaintea coagulării, este necesară deznisiparea pentru a evita depunerea nisipului în bazinele de floculare.

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

Capitolul 14

EPURAREA BIOLOGICĂ A APELOR UZATE

Epurarea biologică constituie cea de-a doua treaptă de epurare a apelor uzate; în prezent, datorită numărului mare de industrii și creșterii numărului populației la orașe, realizarea ei a devenit necesară aproape în toate stațiile de epurare.

Epurarea biologică se efectuează prin construcții și instalații de *epurare biologică naturală* (cîmpuri de irigare și filtrare, iazuri de stabilizare etc.), precum și prin cele de *epurare biologică artificială* (filtre biologice, bazine cu nămol activ etc.).

Înaintea epurării biologice, epurarea mecanică este obligatorie; ea are drept scop îndepărtarea materiilor solide în suspensie decantabile, deoarece treptei a doua de epurare îi revine, în principal, îndepărtarea materiilor dizolvate și coloidale.

Procesul de epurare biologică este un proces complex, pentru dezvoltarea lui intervenind numeroși factori. Astfel, în momentul cînd apa uzată întîlnește o suprafață adecvată, pe suprafața de separație dintre apa uzată și cea de contact se dezvoltă bacterii și alte numeroase microorganisme. Acestea dau imediat naștere la membrane biologice (la filtrele biologice, cîmpurile de irigare etc.) și la flocoane biologice (la bazinele cu nămol activ etc.), în care se

dezvoltă microorganisme unicelulare sau complexe, constituind așa-numita *biomasă*; aceasta transformă materiile solide din apa uzată, ia din materiile solide energia sau hrana necesară membranei sau flocoanelor pentru întreținerea și dezvoltarea lor, transferă înapoi în apa uzată produsele finale ale descompunerii, de exemplu nitrații, sulfații, bioxidul de carbon etc. și în final se transformă în materii solide separabile prin decantare.

Biomasa trebuie să fie alimentată ritmic și în cantități suficiente pentru ca organismele să dezvolte o activitate maximă. Activitatea microorganismelor este mai intensă cînd au cantități mai mari de materii organice; de aceea activitatea acestora este mai intensă în straturile superioare (de exemplu la filtrele biologice) decît în cele inferioare. Cea mai mare parte a materiilor minerale necesare în procesul de transformare este adusă de apele uzate; azotul și fosforul sînt în general în cantități insuficiente și de aceea este necesar uneori a se recurge la completarea — alimentarea — artificială a lor. Cerințele minime de azot și fosfor sînt exprimate prin relația CBO: N:P = = 150:5:1, în apa uzată și 90:5:1 pentru nămol.

Dezvoltarea peste măsură a biomasei poate prejudicia procesul de epurare; astfel, prin îngroșarea membranei sau prin mărirea volumului de flocoane capacitatea de oxidare scade, respectiv gradul de epurare a apelor uzate. Menținerea biomasei în limitele normale se realizează prin evacuarea acesteia; la filtrele biologice se evacuează în permanență o parte din membrană care se desprinde de pe stratul filtrant, în timp ce la bazinele cu nămol activ se evacuează o parte din flocoane. Biomasa evacuată, sub formă de materii solide în suspensie, separabile prin decantare, este reținută în decantoarele secundare, de unde, prin intermediul decantoarelor primare, ajunge în rezervoarele de fermentare a nămolului.

Una dintre problemele importante ale epurării biologice o constituie oxidarea azotului organic sau amoniacului, care uneori poate fi atît de avansată încît efluentul stației de epurare să conțină cantități de azotați peste limitele normale. Prezența acestora poate stimula vegetația din emisari într-o asemenea măsură încît echilibrul oxigenului din aceștia să fie deranjat, adică în anumite perioade oxigenul să scadă mult sub limitele normale. Se produce așa-numitul *fenomen de eutrofizare*, care, în afară de micșorarea capacității de autoepurare a emisarului, are drept urmare colmatarea filtrelor pentru tratarea apei și a conductelor cu vegetația adusă de apa captată etc.

Epurarea biologică depinde de numeroși factori, dintre care cei mai importanți sînt: temperatura, oxigenul, încărcarea organică și hidraulică, timpul de traversare a instalației și diverse organisme.

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

Pe cîmpurile de irigare și filtrare, influența temperaturii apelor uzate este deosebit de evidentă și semnificativă, deoarece căldura se pierde foarte repede.

Oxigenul este de asemenea unul dintre factorii hotărîtori ai epurării biologice, el fiind necesar atît apelor uzate cît și biomasei. Numai o parte foarte mică (5—15%) din oxigenul adus de aerul care pătrunde în filtrele biologice sau în bazinele cu nămol activ este folosit în acestea; de aceea, aerarea trebuie să fie foarte puternică și asigurată în mod continuu, orice întrerupere putînd prejudicia procesul de epurare.

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

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

Organismele principale care acționează la epurarea apelor uzate și la autoepurarea apelor emisarilor sînt arătate în figura 14.1. Dintre insecte, se menționează în primul rînd musca Psychoda, caracteristică filtrelor biologice; ea pătrunde în urechile, ochii, nările oamenilor și animalelor. Raza de zbor este mică, însă vîntul o transportă la distanțe mari. Infestarea cu această insectă este cu atît mai mare cu cît membrana biologică este mai groasă și temperatura la interiorul filtrelor biologice este mai ridicată. În stadiul de larvă poate fi distrusă prin inundarea filtrului biologic la fiecare repetare a ciclului (între 7 și 22 zile), prin clorare, administrare de substanțe toxice etc. Insecta Achorutes preferă suprafețe întinse de apă, spre exemplu iazurile de stabilizare.

Dintre Protozoare, grupul Ciliatelor (v. fig. 14.1) este cel mai important pentru epurarea apelor uzate, deoarece au rol de reglare a dezvoltării populației bacteriene; distrugerea bacteriilor stimulează înmulțirea lor și utilizarea stratului hrănitor. Dominarea Ciliatelor în biomasă (membrană și flocoane), în special în bazinele cu nămol activ, indică o bună desfășurare a procesului

Fig. 14.1. Organisme care participă la epurarea biologică a apelor uzate:

A — Insecte (mărit de 5 ori): *1* — Podura (genul de bază pentru filtre biologice, (Achorutes); *2* — Chironomus (larva); *3* — Psychoda (larvă); *4* — Psychoda (pupă); **B — Protozoare (mărit de 150 ori):** *5* — Didinium; *6* — Euglena; *7* — Choenia; *8* — Lionotus; *9* — Colpidium; *10* — Stylonichia; *11* — Vorticella; *12* — Ameba; *13* — Arcella; *14* — Paramecium; *15* — Opercularia; *16* — Anthophysa; *17*— Oikomonas (mărit de 1 500 ori); **C—Bacterii și ciuperci (mărit de 1500 ori):** *18* — Thiospirillum; *19* — Zooglea ramigera; *20* — Streptococcus; *21* — Leptomitus; *22* — Sphaerotilus; *23* — Beggiatoa

biologic. De importanță secundară în epurarea apelor uzate, însă de o deosebită importanță din punct de vedere sanitar, este funcțiunea Protozoarelor în distrugerea bacteriilor din apa uzată (în special a celor patogene).

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

Spre deosebire de filtrele biologice unde ecologia variază cu adîncimea, în bazinele cu nămol activ există în permanență un mediu acvatic uniform, deoarece flocoanele sînt antrenate de curentul de apă și răspîndite în mod uniform în bazin. Organisme ca muște, viermi, păianjeni sînt aproape absente; prezența bacteriei Sphaerotilus produce umflarea nămolului, respectiv distrugerea lui; în același sens se comportă și insecta Chironomus.

În ecologia iazurilor de stabilizare, algele (albastre și verzi) ocupă locul, cel mai important. Bacteriile aerobe alimentează cu bioxid de carbon algele care eliberează oxigenul necesar apei uzate, păstrînd astfel iazul în condiții aerobe.

14.1. EPURAREA BIOLOGICĂ NATURALĂ

Epurarea biologică naturală se realizează pe cîmpurile de irigare și filtrare, filtre de nisip, cîmpuri de filtrare subterane, iazuri de stabilizare (iazuri biologice) etc. Din punctul de vedere al îndepărtării materiilor în suspensie CBO_5, bacteriilor etc. eficiența epurării biologice naturale variază între 95 și 98%; ea este recomandată cînd emisarul trebuie să primească o apă cît mai curată. Suprafețele mari necesare unor asemenea construcții le face de multe ori neeconomice.

14.1.1. Cîmpuri de irigare și filtrare

Cîmpurile de irigare și filtrare au drept scop atît epurarea apelor uzate, cît și valorificarea acestora datorită substanțelor fertile conținute; cîmpurile de filtrare rezolvă doar epurarea apelor uzate. Cîmpurile de irigare sînt de obicei asociate cu cîmpurile de filtrare, ultimele fiind folosite în perioadele de ploi abundente, în perioadele de îngheț etc.

Cîmpurile de irigare și filtrare se recomandă a fi folosite: în zonele cu precipitații slabe (sub 600 mm/an); acolo unde folosirea substanțelor fertilizante din apele uzate este avantajoasă; pentru localități care nu depășesc 10 000 locuitori; cînd substanțele fertilizante din apele uzate sînt în cantități mari (cazul unor ape uzate industriale).

După S i e r p, conținutul în substanțe fertilizante al apelor uzate și al nămolurilor fermentate este dat în tabela 14.1.

TABELA 14.1

Conținutul în substanțe fertilizante al apelor uzate și al nămolurilor

Felul apei sau nămolului	Tipul substanței (gf/loc și zi)			
	Azot	Fosfat (P_2O_5)	Potasiu (K_2O)	Materii organice
Ape uzate brute	12,8	5,3	7,0	55,0
Ape uzate epurate biologic	10,0	2,8	6,7	19,0
Nămoluri fermentate	1,3	0,7	0,2	20,0

Plantele au nevoie la 1 ha de: 120 kgf/azot, 40 kgf/fosfor și 170 kgf/potasiu.

Apele uzate pot fi folosite atît la irigarea culturilor de orice fel (cereale, plante industriale etc.), cît și la pășuni și livezi.

Din punct de vedere agrotehnic, la irigarea cu ape uzate se preferă plantele care folosesc bine apa cît și substanțele dizolvate din apa uzată și pot suporta excese trecătoare de umiditate (trifoiul, lucerna, sfecla, mai puțin porumbul, cartoful și cînepa).

În general, în vecinătatea centrelor populate, pentru o bună folosire a apelor uzate se recomandă a se cultiva din întreaga suprafață: 50% legume, 30% fîneață și 20% rădăcinoase.

14.1.1.1. **Schema cîmpurilor de irigare și filtrare.** În această schemă se include în primul rînd un bazin de decantare necesar reținerii substanțelor solide în suspensie (care după o anumită perioadă de timp ar putea colmata solul), a helminților și ouălor acestora, protejîndu-se astfel din punct de vedere sanitar, recoltele și personalul de exploatare. Urmează apoi un bazin de egalizare, care are drept scop și înmagazinarea în anumite perioade a apelor uzate.

Terenurile destinate irigării se împart în parcele, cu lungimi de 1 000—1 200 m și lățimi de 150—250 m. Dacă este posibil, se recomandă ca parcelelor să li se asigure o pantă de 0,001—0,005.

Transportul apei pînă la parcele și în interiorul acestora se face cu ajutorul unei rețele de distribuție, care constă dintr-un canal principal, canale de distribuție și canale de irigație (fig. 14.2). Canalele principale și de distribuție se execută de obicei închise, în timp ce canalele de irigație sînt deschise, ele avînd caracter sezonier.

Răspîndirea apei uzate pe parcele se face prin brazde (fig. 14.3, *a*), prin inundare (fig. 14.3 *b*), prin aspersiune (fig. 14.3, *c*) și la suprafață (fig. 14. 3,*d*). Alegerea modului de răspîndire a apei uzate depinde de felul culturii, natura și panta terenului etc.

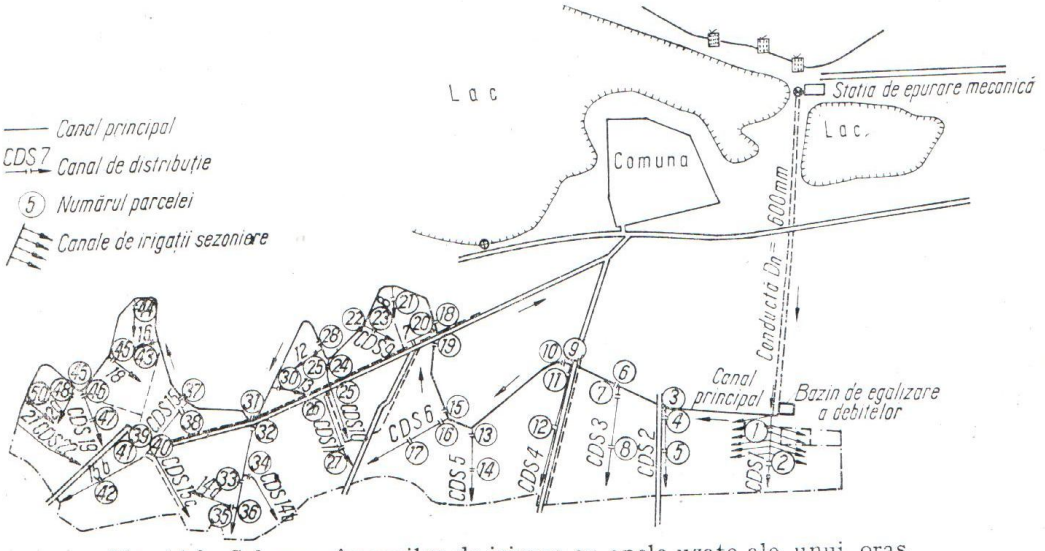


Fig. 14.2. Schema cîmpurilor de irigare cu apele uzate ale unui oraș.

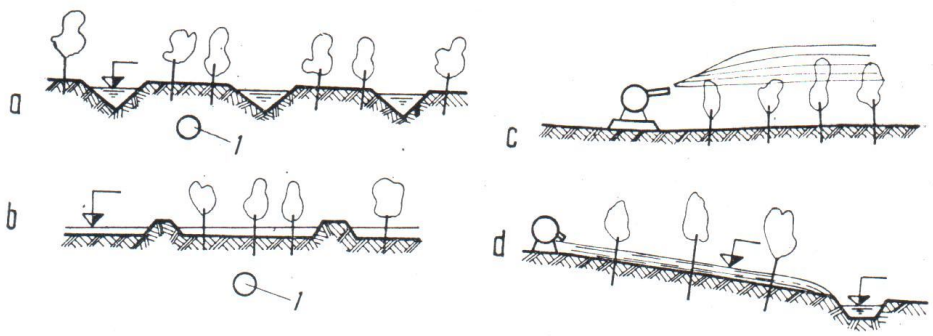


Fig. 14.3. Răspîndirea apei pe parcele:
1 — dren.

Colectarea apei infiltrată în sol se face printr-o rețea de desecare, care constă din drenuri, canale secundare, canale principale și guri de vărsare în emisar. Drenurile asigură menținerea unui anumit nivel al apelor freatice, corespunzător culturilor și aerării solului, necesar dezvoltării bacteriilor aerobe. Rețeaua de desecare este necesară numai în soluri argiloase. Drenurile constau din tuburi găurite, așezate unele față de altele la distanțe ce variază în funcție de natura solului.

Pentru buna funcționare a cîmpurilor de irigare și filtrare, acestea sînt dotate cu stăvilare, vane, cămine pe conducte și canale, drumuri de acces între parcele, cu lățimi 2,5—3,0 m, diguri de separare a parcelelor, plantații etc.

14.1.1.2. **Exploatarea cîmpurilor de irigare și filtrare.** În timp de iarnă, cînd pe de o parte solul este înghețat, iar pe de altă parte nu are nevoie de apă, deoarece nu se cultivă, apele uzate pot fi utilizate sau îndepărtate în mai multe feluri.

Ca o primă soluție, acestea pot fi trimise pe cîmpurile de filtrare, care, datorită permeabilității mari, permit și debite de infiltrare mari, iar căldura apelor uzate împiedică înghețarea solului.

O altă posibilitate, aplicabilă pentru cîmpurile cu suprafețe mari, constă în continuarea irigării și pe timp de iarnă, pe circa 75% din suprafață; se formează un strat de gheață, care se dezgheață în primăvară, furnizînd astfel solului în perioade scurte debite mari de apă (acest procedeu este cunoscut sub numele de „irigare de aprovizionare").

Irigarea sub gheață este o altă metodă des utilizată; în acest scop se inundă cîmpul cu o cantitate mare de apă, la suprafața acestuia formîndu-se un acoperiș de gheață, sub care se continuă apoi irigarea cu debite obișnuite.

În timp de ploaie, cînd cîmpurile nu au nevoie de apă, aceasta poate fi trimisă pe cîmpurile de filtrare sau reținută în bazinele de egalizare.

În anumite perioade ale anului, cînd precipitațiile sînt abundente, iar emisarul nu poate primi ape uzate neepurate, este necesar să se construiască o stație de epurare artificială mecanică și chiar biologică, care să funcționeze temporar sau permanent; aceasta face însă ca soluția epurării apelor uzate pe cîmpuri de irigare și filtrare să nu mai fie economică.

Un aspect caracteristic irigării cu ape uzate se referă la măsurile de protecție sanitară ce trebuie luate pentru a împiedica transmiterea germenilor patogeni și a viermilor intestinali oamenilor și animalelor. În acest scop se

recomandă ca amplasamentul cîmpurilor de irigare și filtrare să fie ales la o distanță de cel puțin 300—500 m de centrele populate; în vecinătatea centrului populat canalele de irigație vor fi închise; se vor cultiva numai plante care nu se consumă în stare crudă; ultima udare se va face cu cel puțin 15 zile înainte de recoltare; personalul de exploatare va fi supravegheat periodic din punct de vedere sanitar, va fi dotat cu echipament de protecție, va dispune de dușuri, săli de mese etc.

Fertilitatea cîmpurilor de irigare și filtrare chiar la o bună exploatare, descrește cu timpul, și după 20—25 ani este necesară o pauză pentru regenerarea solului.

14.1.1.3. **Proiectarea cîmpurilor de irigare și filtrare.** În ceea ce privește proiectarea, problema de bază constă în determinarea cantității de apă necesară culturilor, care va trebui să satisfacă nevoile fiziologice pentru creșterea plantelor, pentru ameliorarea unor soluri (spălarea sărăturilor) și pentru primenire (la orezării), pierderile prin infiltrație, nevoile tehnologice de apă (proprii) pentru funcționarea sistemului de alimentare cu apă, pierderile de apă ale sistemului de alimentare cu apă etc. Cantitatea de apă necesară culturilor depinde de felul culturilor, de natura solului, precipitații, nivelul apei subterane etc.

STAS 1343-77 indică în mod detaliat procedeul de stabilire a cantităților de apă corespunzătoare acestor nevoi, fiind însă necesar un mare număr de date, unele colectate timp de mulți ani.

În lipsa acestor date, literatura indică o serie de parametri cu ajutorul cărora se pot determina atît cantitățile de apă necesare proiectării cîmpurilor de irigare și filtrare, cît și suprafețele, dimensiunile canalelor, conductelor etc. aferente cîmpurilor de irigare și filtrare.

Norma de irigare N_i constituie unul dintre parametrii de bază reprezentînd cantitatea de apă ce poate fi trimisă pe 1 ha și zi. În tabela 14.2 sînt date o serie de norme recomandate de literatura sovietică de specialitate.

Norme de irigare TABELA 14.2

Temperatura medie anuală	N_i(m³/ha și zi)			
	Nisip 5% argilă	Pămînt nisipos 5—15% nisip	Pămînt argilos 5—15% argilă	Argilă 5% nisip
	Cîmpuri de irigare			
3—7°C	50 70	35 50	25 40	15 20
	Cîmpuri de filtrare			
—	125	75	60	20

Norma de udare N_u reprezintă cantitatea de apă ce poate fi trimisă pe 1 ha de cîmp la o udare sau pe un sezon. De asemenea, după literatura sovietică de specialitate în tabela 14.3 sînt date o serie de norme de udare.

TABELA 14.3

Norme de udare

Felul culturii	Pe sezonul de vegetație (m^3/ha)	La o singură udare (m^3/ha)
Zarzavaturi	2500—7000	300
Fîneață-iarbă	5000—8000	1200

Suprafața cîmpurilor de irigare se stabilește cu relația:

$$A_i = \frac{Q_{zi\ med}}{N_i}, \tag{14-1}$$

în care $Q_{zi\ med}$ este debitul zilnic mediu, STAS 1846-77.

Suprafața cîmpurilor de infiltrare se stabilește cu relația:

$$A_f = (15\% - 50\%) \cdot A_i. \tag{14-2}$$

Suprafața necesară digurilor, drumurilor etc. este:

$$A_d = (15\% - 25\%) \cdot (A_i + A_f). \tag{14-3}$$

Suprafața totală A_t este deci:

$$A_t = A_i + A_f + A_d. \tag{14-4}$$

În timp de iarnă, dacă irigarea continuă pe 75% din cîmpurile de irigare și filtrare, înălțimea stratului de gheață se determină cu ecuația:

$$h_g = \frac{\beta \cdot Q_{zi\ med} \cdot T_{ing}}{\gamma \cdot A_{ing}} + h_0, \tag{14-5}$$

în care:

β este un coeficient de infiltrare și evaporare iarna, cu valori de 0,30—0,40 pentru soluri argiloase și 0,60—0,75 pentru soluri nisipoase;
T_{ing} — durata în zile a perioadei de îngheț;
γ — greutatea specifică a gheții, circa 0,9 tf/m^3;
A_{ing} — suprafața pe care se continuă irigarea în timpul iernii, circa 0,75 A_i, în m^2;
h_0 — grosimea stratului de precipitații în timpul iernii, în m;
$Q_{zi\ med}$ — debitul zilnic mediu.

Se recomandă ca înălțimea stratului de gheață să nu depășească 0,7—0,8 m, deoarece digurile ar rezulta prea înalte.

Rețeaua de distribuție a apelor uzate constă dintr-un canal principal, care se dimensionează la debitul orar maxim și din canale de distribuție și irigație a apei pe parcele al căror debit de calcul rezultă din ecuația:

$$q_p = \frac{N_i \cdot t \cdot 1\,000}{t_u \cdot 3\,600}\ [dm^3/s] \tag{14-6}$$

în care:

t este perioada între două udări succesive, în zile (circa 15 zile);
t_u — timpul de udare, în ore (1 h/ha parcelă udată);
N_i — norma de irigare, în m^3/ha și zi.

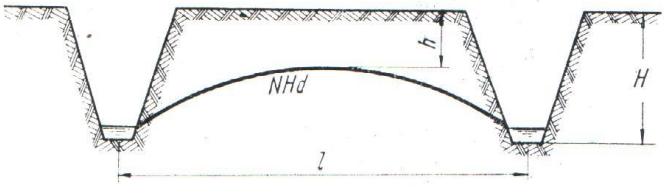


Fig. 14.4. Așezarea drenurilor sub cîmpurile de irigare și filtrare.

Dacă debitul de calcul pentru canalele de distribuție și irigație q_p este mai mare decît debitul orar maxim $Q_{0\,max}$, se ia în considerare ultimul.

Rețeaua de desecare se dimensionează la debitul de evacuat rezultat din ecuația:

$$q_d = \frac{1\,000 \cdot \alpha \cdot n \cdot N_i}{86\,400 \cdot t_d} \text{ [dm}^3\text{/s și ha]} \qquad (14\text{-}7)$$

în care:

α este un coeficient care ține seama de infiltrare (circa 0,5);
n — coeficient de neuniformitate egal cu 1,5;
t — perioada între două udări succesive, în zile (în medie 5 zile);
N_i — norma de irigare, în m³/ha și zi;
t_d — timpul în care trebuie să se producă desecarea, în zile, se ia (0,4—0,5) t.

Distanța între drenuri sau șanțurile de evacuare se poate stabili cu ecuația:

$$l = 632 \cdot (H - h) \cdot \sqrt{\frac{k}{q_d}} \text{ [m]}, \qquad (14\text{-}8)$$

în care:

H este adîncimea la care se așază drenurile, în m (fig. 14.4);
h — grosimea minimă de sol uscat, care se ia circa 0,6 m pentru fîneață și circa 1,0 m pentru zarzavat;
k — coeficient de permeabilitate, în cm/s;
q_d — debitul de evacuat, în dm³/s și ha.

Distanța între drenuri sau șanțuri, pentru diferite categorii de soluri și adîncimi de așezare a lor poate fi luată din tabela 14.4.

TABELA 14.4

Distanța între drenuri pentru diferite categorii de soluri și adîncimi de așezare

Natura solului	Distanța între drenuri (l), în m, la adîncimi de așezare 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 măruntă	12,0	15,0
Sol nisipos	16,0	26,0

Exemplul de calcul 14.1. Să se dimensioneze cîmpurile de irigare și filtrare pentru un debit zilnic mediu, $Q_{zi\ med} = 800$ m³/zi; $Q_{0\ max} = 10$ dm³/s; perioada de vegetație din timpul anului este de 150 zile, iar cea de îngheț 60 zile; solul este constituit din pămînt nisipos; precipitațiile totale iarna sînt de 100 mm; coeficientul de permeabilitate a solului este de 0,002 cm/s; temperatura medie a anului 10°C.

Suprafața cîmpurilor de irigare, conform ecuației (14-1), este: $A_i = Q_{zimed}/N_i = 800/35 = 23$ ha; suprafața cîmpurilor de filtrare, conform ecuației (14-2), este: $A_f = 0,15 \cdot A_i = 3,5$ ha; suprafața digurilor și drumurilor, conform ecuației (14-3), este $A_d = 0,15\ (A_i + A_f) = 0,15\ (23 + 3,5) = 4,0$ ha; suprafața totală, conform ecuației (14-4), este $A_t = A_i + A_f + A_d = 23 + 3,5 + 4,0 = 30,5$ ha; se proiectează trei parcele avînd lungimea fiecare de 700 m și lățimea de 150 m; presupunînd că în timp de iarnă se irigă 75% din suprafața cîmpurilor, înălțimea digurilor, conform ecuației (14-5), $h_g = [\beta \cdot Q_{zi\ med} \cdot T_{ing}/\gamma \cdot A_{ing}] + h_0 = [(0,5 \times 800 \times 60)/(0,9 \times 0,75 \times 23 \times 10\,000)] + 0,1 = 0,25$ m; înălțimea digurilor se alege cu 0,2 m mai mare decît grosimea gheții, deci $h_d = 0,25 + 0,20 = 0,45$ m.

Rețeaua de distribuție; canalul principal se dimensionează la debitul $Q_{0\ max} = 10$ dm³/s; debitul canalelor de distribuție și irigare, conform ecuației (14-6), $q_p = N_i \cdot t \cdot 1\,000/t_u\ 3\,600 = 35 \times 5 \times 1\,000/1 \times 3\,600 = 48,6$ dm³/s; deoarece acest debit este mai mare decît $Q_{0\ max} = 10$ dm³/s, dimensionarea canalelor de distribuție și irigație se va face la debitul de 10 dm³/s.

Rețeaua de desecare se dimensionează pentru debitul rezultat din aplicarea ecuației (14-7), $q_d = 1\,000 \cdot \alpha \cdot n \cdot t \cdot N_i/86\,400 \cdot t_d$; $q_d = 1\,000 \times 0,5 \times 1,5 \times 5 \times 35/86\,400 \times 0,5 \times 5 = 0,60$ l/s și ha; distanța între drenurile de evacuare, considerînd adîncimea drenurilor $H = 1,5$ m și adîncimea de sol uscat $h = 1,0$ m, conform ecuației (14-8), $l = 632\ (H-h)\sqrt{k/q_d} = 632\ (1,5 - 1,0)\sqrt{0,002/0,60} = 18,02$ m; diametrul drenurilor se ia 50 mm.

14.1.2. Filtre de nisip

Filtrele de nisip sînt construcții destinate epurării apelor uzate, ele putînd fi construite numai în soluri nisipoase. Apa uzată traversează filtrul de sus în jos la intervale egale de timp, lăsînd astfel terenul să se aereze natural, în scopul desfășurării în condiții cît mai bune a proceselor aerobe.

Terenul destinat filtrelor se împarte în parcele de 0,4—0,5 ha. Solul natural de la suprafață este îndepărtat pînă se ajunge la nisip, iar din materialul îndepărtat se execută diguri între parcele.

Alimentarea cu apă a parcelelor se face prin conducte îngropate în digurile dintre parcele și mai departe prin o serie de jgheaburi. Evacuarea apelor uzate, care nu pot rămîne în sol, se face prin drenuri (Ø 50—100 mm) așezate la circa 1,0 m față de nivelul solului și la 10 m distanță unele de altele (fig. 14.5).

Încărcarea hidraulică cu ape uzate a filtrelor de nisip, în funcție de dimensiunea eficace d_e a granulelor, după Imhoff, este:

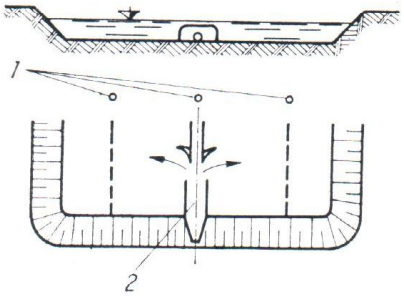


Fig. 14.5. Filtre de nisip:
1 — drenuri; *2* — jgheab.

Dimensiunea eficace (mm)	Încărcarea hidraulică (m³/m² și h)
0,2	0,8—2,1
0,3	2,1—4,2
0,4	4,2—8,4
0,5	8,4—12,5

Răspîndirea apelor uzate se face prin umplerea rapidă a fiecărei parcele, în 5—15 min, pînă se atinge o grosime de apă de 5—10 cm, ceea ce corespunde la o încărcare de 500—1000 m³/ha, de cele mai multe ori o dată pe zi: pentru concentrații mici ale apelor uzate, parcela poate fi umplută de mai multe ori pe zi. Dacă timp de 4 h apa uzată nu s-a infiltrat în nisip, se scoate parcela din funcțiune, se așteaptă uscarea stratului de nămol care s-a acumulat deasupra nisipului, se îndepărtează și apoi parcela, se poate da din nou în folosință.

După cîțiva ani de funcționare stratul de nisip de deasupra (15—20 cm) trebuie îndepărtat și înlocuit; după 10—15 ani filtrul trebuie abandonat deoarece este complet colmatat și nu mai poate fi repus în funcțiune.

În timpul iernii se practică irigarea sub gheață; pentru aerarea stratului de nisip se recomandă să se practice deschideri în stratul de gheață.

14.1.3. Iazuri de stabilizare

Iazurile de stabilizare — iazurile biologice — sînt bazine deschise în pămînt, construite de cele mai multe ori în depresiuni naturale, foste gropi de cărămidă etc. Aici se realizează epurarea apelor uzate brute sau epurate într-o oarecare măsură, folosind în acest scop numai factori naturali care contribuie la epurare. Oxigenul necesar procesului aerob de epurare ce are loc în iazuri este luat din apa uzată, compușii organici (nitrați, sulfați), atmosferă, urmare fotosintezei algelor din iaz etc.

La iazurile cu adîncimi mai mari de 1,0 m intervin și procesele anaerobe, care acționează asupra nămolului de pe fund, producînd mirosuri neplăcute în vecinătatea iazurilor.

Iazurile de stabilizare pot fi utilizate atît pentru epurarea apelor uzate orășenești, cît și a celor industriale, cu condiția absenței substanțelor toxice.

În ceea ce privește *proiectarea iazurilor*, dimensiunea acestora depinde de gradul de epurare cerut de la acestea, de calitatea apei uzate, condițiile climatice (îndeosebi temperatura și luminuozitatea), de adîncimea iazului etc.

În tabela 14.5 sînt dați cîțiva parametri de dimensionare a iazurilor. Iazurile cu adîncimi de 0,6—1,2 m sînt cele mai frecvente, deși există iazuri care au adîncimi chiar mai mari de 2,0 metri.

TABELA 14.5

Parametrii de dimensionare a iazurilor de stabilizare

Adîncimea iazului (m)	Încărcarea în locuitori (loc/ha)	Încărcarea organică (gf CBO_5/zi și m²)	Timp de rămînere a apei în iaz (luni, zile)
1,5—1,2	250	0,6—1,0	luni
1,2—0,6	1000	5,5	circa 30 zile
sub 0,6	2000—5000	11 (iarna) 25 (vara)	2—10 zile

Pentru menținerea condițiilor aerobe în iaz, acestea sînt prevăzute uneori cu stații de pompare pentru recircularea apei, pînă la 1,5 ori debitul; altele sînt dotate cu aeratoare mecanice cu rotor, asemănătoare celor folosite la bazinele cu nămol activ.

Unele iazuri se compartimentează prin diguri (pe care se poate și circula). Taluzurile se perează, iar uneori radierul se impermeabilizează.

Se recomandă accesul apei în iaz prin mai multe puncte, pentru a evita formarea de zone moarte, respectiv zone anaerobe.

Construcțiile pentru evacuarea apei din iaz trebuie astfel proiectate încît să poată descărca efluentul de la diferite niveluri.

Iazurile biologice se execută de multe ori în serie, apa circulînd dintr-un compartiment în altul; ultimul compartiment, unde apa este epurată într-o proporție destul de avansată, se populează cu pești.

14.2. EPURAREA BIOLOGICĂ ARTIFICIALĂ

Construcțiile pentru epurarea biologică naturală a apelor uzate prezintă o serie de dezavantaje în comparație cu cele artificiale și anume: suprafețe mari de construcție; dependența eficienței de epurare de natura solului, climă etc.; greutăți de exploatare în timpul iernii și în perioadele cu ploi abundente; imposibilitatea reglării procesului de epurare etc. De aceea s-a trecut la construirea de instalații de epurare artificială, dintre care cele mai importante sînt filtrele biologice și bazinele cu nămol activ.

O caracteristică deosebită a construcțiilor pentru epurarea biologică artificială a apelor uzate constă în aceea că după ele sînt amplasate întotdeauna decantoare secundare, care au drept scop reținerea peliculei biologice desprinse de pe stratul filtrant din filtrele biologice sau a flocoanelor de nămol activ din bazinele cu nămol activ.

14.2.1. Filtre biologice

Filtrele biologice se prezintă sub forma unor spații închise, umplute cu material filtrant traversat de apa uzată de sus în jos (fig. 14.6).

Filtrele biologice necesită suprafețe de construcție mult mai mici, în comparație cu cîmpurile de irigare și filtrare (de 50—200 ori), dar au deza-

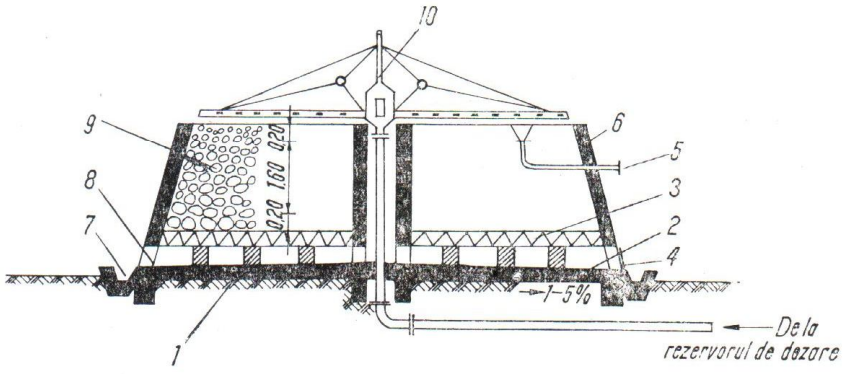


Fig. 14.6. Filtru biologic:

1 — grinzi de susținere a radierului drenant; *2* — radier compact; *3* — radier de susținere a stratului filtrant; *4* — stăvilar; *5* — conductă de preaplin; *6* — peretele filtrului biologic; *7* — rigolă periferică; *8* — orificii pentru ventilație; *9* — material filtrant; *10* — distribuitor rotativ.

vantajul că necesită diferențe mari de nivel între intrarea și ieșirea apei (3—4 metri), diferențe care în majoritatea cazurilor determină executarea unei stații de pompare.

14.2.1.1. **Tipuri de filtre biologice și caracteristici comune ale acestora.** În tabela 14.6 sînt indicate tipurile cele mai uzuale de filtre biologice și unele caracteristici importante ale acestora. Din punct de vedere constructiv, toate filtrele indicate în tabelă au o serie de părți comune.

TABELA 14.6

Filtre biologice

Felul filtrului biologic	Alimentare	Acrare	Recirculare
Filtru de contact	periodică	naturală	nu
Filtru de mică încărcare	continuă	idem	cu și fără
Filtru de mare încărcare	idem	„	idem
Filtru cu două trepte	„	„	„
Filtru turn	„	„	nu
Filtru scufundat	„	artificială	nu
Aerofiltru	„	idem	nu

Astfel *forma în plan* depinde de tipul distribuitorului de apă uzată ales: dreptunghiulară pentru distribuitoare du-te-vino și circulară pentru cele rotative.

Pereții de susținere a materialului filtrant sînt executați din beton armat, cu grosimi de 20—30 cm; pentru dimensiuni mai mici de filtre se renunță la pereți, materialul așezîndu-se la taluzul natural. Pereții au drept rol și protejarea materialului filtrant contra frigului, favorizînd tirajul necesar ventilării filtrului. Între cele două radiere (v. fig. 14.6) pereții au o serie de deschideri necesare ventilării care pot fi etanșate cu stăvilare.

Stratul de material filtrant este caracterizat prin natura, dimensiunile granulelor și înălțimea lui. Se poate folosi ca material filtrant zgură de cazane, cocs, rocă spartă de natură diferită (se preferă scoria bazaltică), cărămidă, inele Raschig, materiale plastice etc. Materialul filtrant trebuie să îndeplinească o serie de condiții: să reziste la variațiile de temperatură și de compoziție a apelor uzate; granulele să aibă o suprafață cît mai poroasă și rugoasă (deci suprafață de contact mare); să fie rezistent la acțiunea mecanică a stratului superior; să fie lipsit de substanțe care ar putea degrada fauna bacteriană; să aibă o constituție uniformă; să nu conțină părți fine și să nu fie acoperit cu pămînt; să nu fie așezat prin presare în filtru. Dimensiunile părților constitutive ale materialului filtrant variază într-o gamă nu prea largă; astfel, în U.R.S.S. se obișnuiește ca la partea superioară a filtrului să se așeze un strat de repartiție cu înălțimea de 0,20 m avînd granule de dimensiuni cuprinse între 20 și 30 mm; la mijloc se plasează un strat de lucru cu înălțimea de 1,60 m și dimensiuni ale granulelor de 30—50 mm; stratul de susținere de la partea inferioară are granule de 50—70 mm și înălțimea de 0,20 m. În Anglia, dimensiunile granulelor sînt cuprinse între 20 și 50 mm; în S.U.A. se preferă dimensiuni mai mari, recomandîndu-se ca

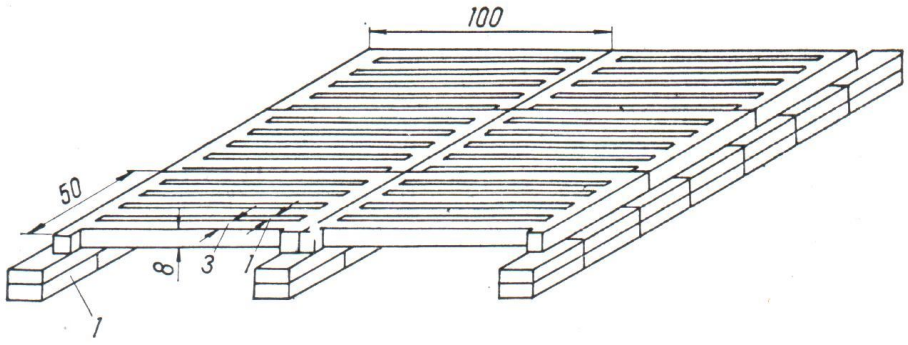


Fig. 14.7. Radierul de susținere a stratului filtrant:
1 — grindă.

minimum 95% din granule să fie cuprinse între 60 și 100 mm; după literatura germană dimensiunile optime sînt cuprinse între 40 și 80 mm, acestea asigurînd o bună ventilare a filtrului.

Înălțimea stratului filtrant folosit este: în U.R.S.S. de 1,60 m; în S.U.A. de 1,5—2,4 m; în Anglia de 1,8; aceasta depinde în mare măsură de concentrația apelor uzate și anume este cu atît mai mare cu cît concentrația este mai mare.

Radierul de susținere a stratului filtrant și radierul compact creează un spațiu necesar ventilării filtrului; pe radierul compact se scurge apa filtrată către rigola periferică de evacuare a apei filtrate. Radierul de susținere a stratului filtrant se execută de obicei din prefabricate (fig. 14.7), plăci de dimensiuni 1,0 × 1,0 × 0,08m cu fante de 0,03 m lățime, așezate pe grinzi de susținere, care la rîndul lor reazemă pe radierul compact.

Radierul compact se execută din beton sau beton armat și se așază pe o fundație din pietriș sau nisip. Înălțimea între cele două radiere, pentru o bună ventilare a filtrului și pentru a permite spălarea depunerilor (membranei) de pe radierul compact, trebuie să fie de cel puțin 0,30 m în axul filtrului și, ținînd seama de panta radierului compact (1—5%), la periferie de 0,7—1,0 m. Deschiderile prin care iese apa epurată din radierul compact, care servesc și pentru ventilație sînt prevăzute cu stăvilare pentru a putea etanșa filtrul cînd se inundă, în scopul distrugerii muștei Psychoda.

Ventilarea filtrelor biologice asigură oxigenul necesar proceselor aerobe și în același timp îndepărtează și bioxidul de carbon rezultat din mineralizarea substanțelor organice. În toate filtrele biologice se produce o ventilare naturală datorită diferenței de temperatură între interiorul și exteriorul filtrului. Curentul de aer intră sau iese pe la suprafața filtrului și prin deschiderile dintre cele două radiere. În timpul iernii, deoarece temperatura la interiorul filtrului este mai mare decît la exterior și în același timp aerul este mai ușor, curentul de aer circulă de jos în sus; vara curentul circulă invers. În timpul verii cînd temperaturile la interior și exterior se pot ușor inversa, direcția curentului se schimbă destul de rapid. După unele cercetări rezultă că diferența de temperatură de 4°C ar fi suficientă pentru a produce un curent de aer de 0,3 m/min, suficient pentru ventilarea filtrelor; pentru aceasta, deschiderile dintre radiere trebuie să reprezinte cel puțin 15% din suprafața orizontală a filtrului. Ventilarea artificială este mai rar

folosită, ea găsindu-și aplicare numai la filtrele biologice închise (așezate în încăperi).

Distribuția apei uzate la suprafața filtrelor biologice se face prin distribuitoare fixe și mobile. Distribuitoarele fixe în majoritatea cazurilor, răspîndesc apa uzată printr-o serie de duze (sprinclere) alimentate de o rețea de conducte, în timp ce distribuitoarele mobile le răspîndesc prin conducte care se rotesc sau fac o mișcare de du-te-vino deasupra filtrului. Distribuția apei la filtre poate fi continuă sau intermitentă; în primul caz, apa de la decantoare ajunge în distribuitoare prin gravitație sau pompare; în cel de-al doilea caz — prin pompare și intermediul unui rezervor de dozare. La începutul punerii în aplicare a rezervoarelor de dozare, ele aveau drept scop să asigure perioade de repaus filtrelor. În prezent, ele se prevăd: pentru a asigura funcționarea filtrelor biologice de mică încărcare care au distribuitoare fixe; la filtrele biologice de mică și mare încărcare care au distribuitoare autopropulsate, îndeosebi pentru stații mici, pentru a asigura înălțimea minimă de propulsare, în special noaptea, la debite mici, care ajung, prin gravitație în stație; la filtrele biologice de mare încărcare cu recirculare, în special pentru perioadele cu debite mici; la unele filtre biologice de mică încărcare cu recirculare.

În prezent, rezervoarele de dozare se proiectează pentru o perioadă cît mai mică de repaus al filtrului și un cît mai scurt ciclu de dozare, corespunzînd unei capacități de înmagazinare de circa 2 min a debitului de calcul. Reducerea timpului pînă la 2 min este consecința constatărilor făcute că membrana biologică trebuie să fie păstrată în permanență umedă pentru a fi eficientă.

Rezervorul de dozare constă dintr-un bazin în formă de trunchi de piramidă și dintr-un sifon, care este astfel dimensionat încît să se amorseze sau să se dezamorseze automat la atingerea nivelului maxim, respectiv minim (fig. 14.8). Uneori, rezervorul de dozare alimentează alternativ mai multe

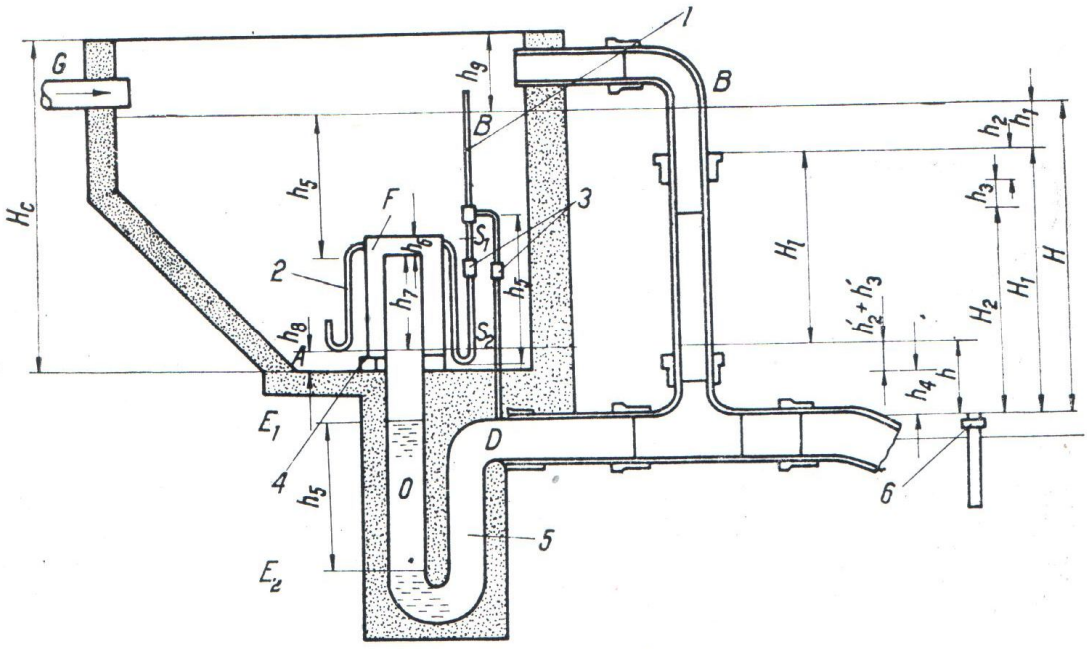


Fig. 14.8. Rezervor de dozare:

1 — regulator de presiune; *2* — tub de aer; *3* — garnitură de reglare; *4* — suport; *5* — obturator hidraulic; *6* — șprincler.

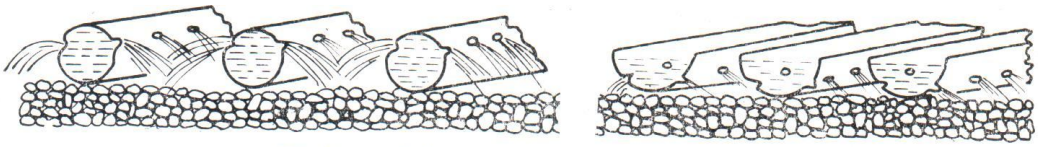


Fig. 14.9. Jgheaburi și conducte găurite.

compartimente; alteori pentru instalații mai mari, se construiesc rezervoare de dozare perechi, fiecare fiind aferent unui compartiment al instalației de filtrare, plecarea apei făcîndu-se pe aceeași conductă pentru ambele compartimente.

Pentru instalații mici de epurare, trimiterea intermitentă a apei uzate deasupra filtrului, în locul rezervorului de dozare, se face cu vase metalice de dozare, astfel construite încît prin modificarea centrului de greutate la umplerea sau golirea lor, se asigură o alimentare intermitentă.

Distribuitoarele fixe constau fie dintr-un strat de repartiție de 0,2 m grosime cu material ale cărui dimensiuni variază între 2,0 și 3,0 cm, fie din jgheaburi sau conducte găurite (fig. 14.9), ambele folosite pentru filtre biologice de dimensiuni mici. Jgheaburile sau conductele se așază deasupra stratului filtrant la o distanță de 1,2—2,0 m unele de altele; au diametrul sau secțiunea transversală de 0,2—0,3 m, iar găurile au diametrul de 1—2 cm și sînt așezate la distanțe de 50—100 cm unele de altele.

Instalația de șprinclere este cea mai răspîndită în prezent dintre distribuitoarele fixe, ea necesitînd filtre dreptunghiulare în plan și în același timp existența unui rezervor de dozare. Ea constă dintr-o rețea de conducte din fontă pentru a fi rezistente la coroziune, așezate de cele mai multe ori sub stratul filtrant, pe care sînt montate șprinclere (duze), situate la 10—20 cm deasupra stratului filtrant. Șprinclerele sînt construite dintr-un ajutaj (cap) fixat pe conducta de distribuție și dintr-o pîlnie deflectoare cu posibilități de reglare (fig. 14.10). Șprinclerele sînt executate din materiale rezistente la coroziune.

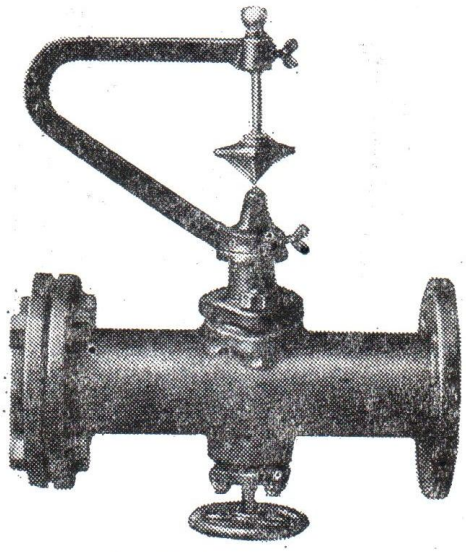
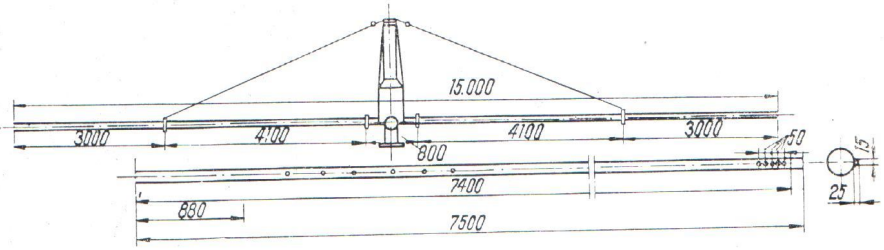
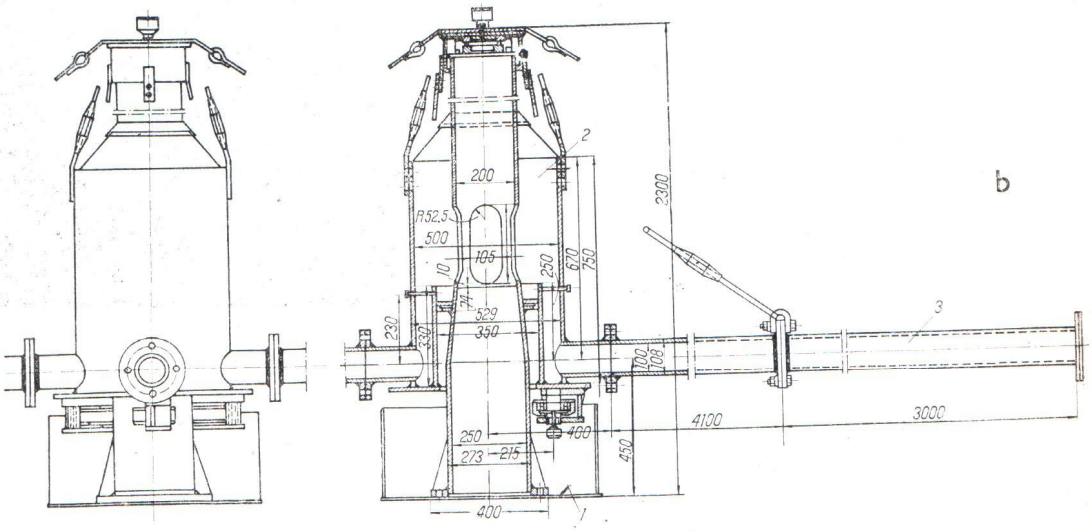


Fig. 14.10. Șprincler.

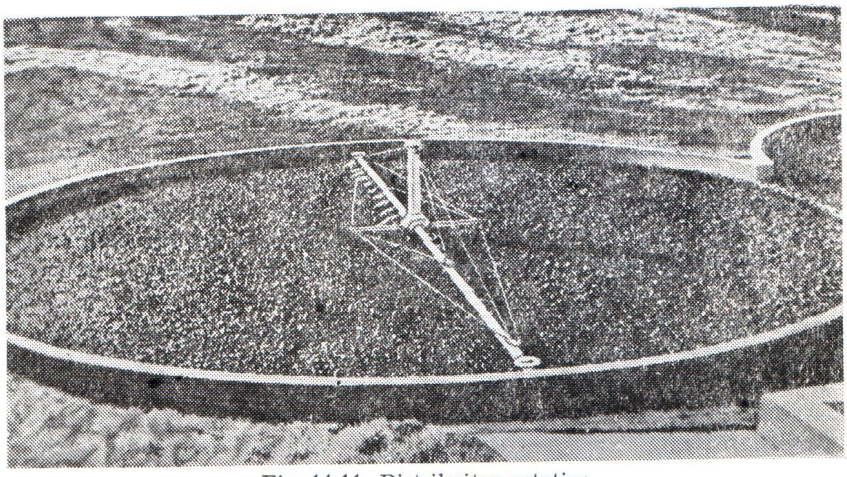
Distribuitoarele mobile sînt de tipul distribuitorului rotativ și du-te-vino. Distribuitorul rotativ (fig 14.11) constă dintr-o parte fixă și o coloană rotativă, la care sînt fixate 2—4 conducte de distribuție a apei pe filtru, prevăzute cu orificii în care uneori sînt fixate șprinclere. Distanța între orificiile de pe conductele de distribuție și suprafața stratului filtrant trebuie să fie de 25 cm, cu un minim de 15 cm pentru a evita distrugerea membranei de la suprafața granulelor. Distribuitoarele rotative necesită existența unor filtre biologice circulare în plan, al căror diametru nu trebuie să depășească 60 m. Rotirea distribuitorului se face prin



a



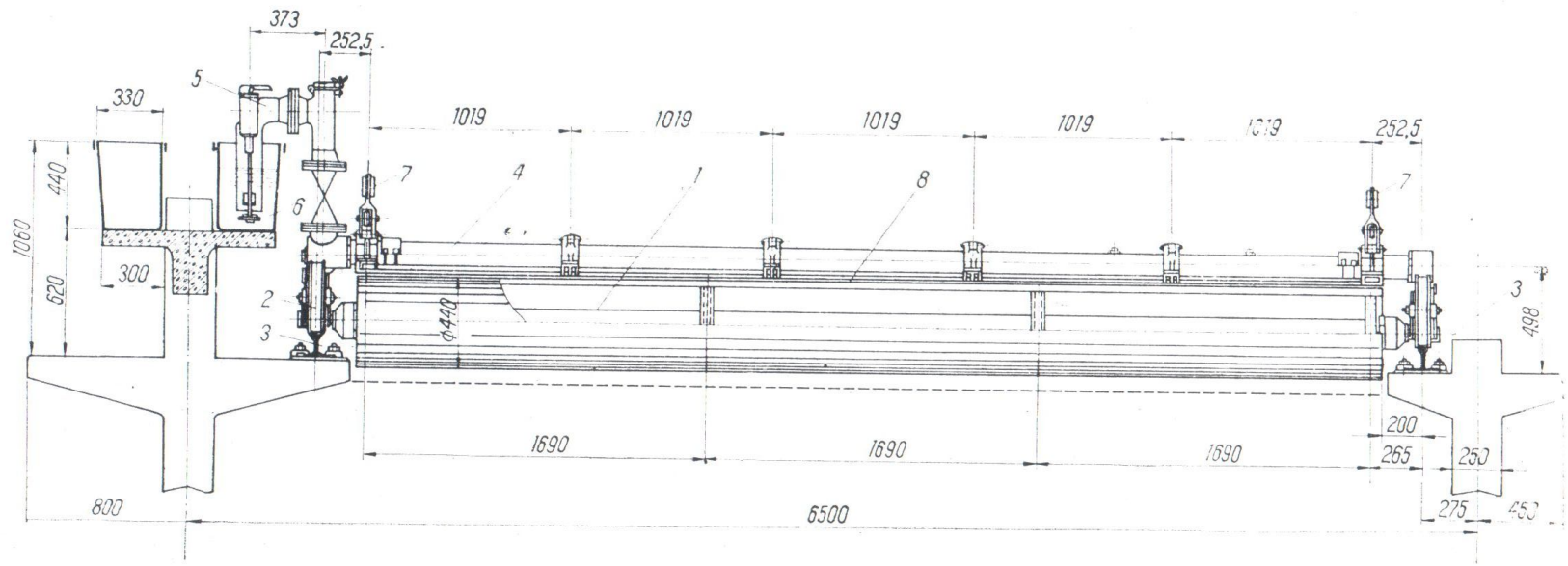
b



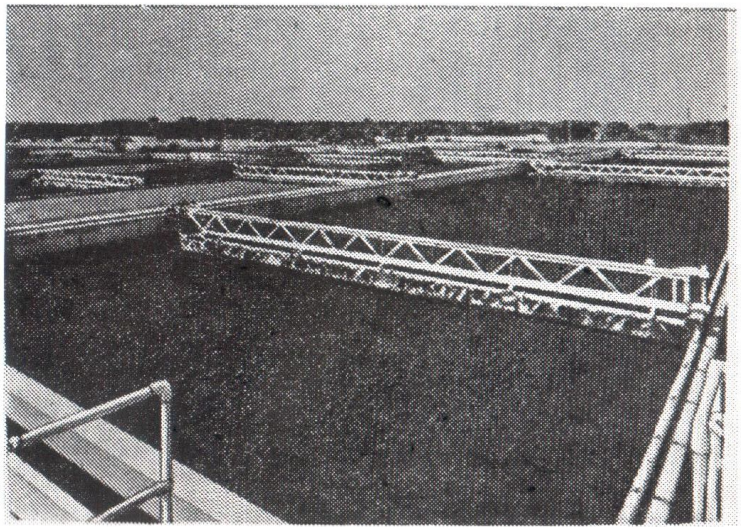
c

Fig. 14.11. Distribuitor rotativ:

a — ansamblu; *b* — detalii; *c* — vedere; *1* — parte fixă; *2* — coloană rotativă; *3* — conductă de distribuție a apei.



a



b

Fig. 14.12. Distribuitor du-te-vino:

a — detaliu; *b* — vedere: *1* — cilindru gol; *2* — roți; *3* — șine; *4* — conductă; *5* — sifon; *6* — jgheab longitudinal; *7* — dispozitive de rotire; *8* — suprafață metalică.

autopropulsare, ca urmare a reacției jeturilor din orificii sau cu ajutorul unui motor electric; pentru autopropulsare este necesară o diferență de nivel de 30—75 cm între intrarea și ieșirea apei, deci mult mai mică decît în cazul distribuitoarelor fixe prevăzute cu rezervor de dozare. Numărul de rotații la distribuitoarele mari este de 0,5 rot/min, iar la cele mici de 2 rot/min.

Distribuitoarele du-te-vino *(fig.14.12)* sînt folosite pentru filtre biologice dreptunghiulare în plan. Constau dintr-un cilindru gol la interior, fixat pe un ax pe care sînt jgheaburi cu secțiune dreptunghiulară, asemănătoare celor folosite la roțile hidraulice. Axul se sprijină pe două perechi de roți așezate pe șine, fixate pe pereții longitudinali ai filtrului. Deasupra cilindrului este așezată o conductă cu diametrul de 100 mm, cu găuri de 3—5 cm, care se termină cu un sifon al cărui capăt este coborît în jgheabul longitudinal plin cu apă uzată. Prin sifon apa este aspirată în conductă și prin orificiile acesteia deversează pe o suprafață metalică intrînd apoi în jgheaburile cilindrului pe care îl pune în stare de rotație. Această mișcare se transmite roților și întregului dispozitiv, care capătă astfel o mișcare de translație. Cînd distribuitorul ajunge la capăt, suprafața metalică se lovește de niște tampoane și cu ajutorul unor dispozitive se rotește astfel încît apa din conducta perforată deversează în cealaltă parte a cilindrului și distribuitorul se deplasează invers. Distribuitoarele de acest tip nu depășesc de obicei lungimea de 6 m, lungimea filtrelor atingînd în acest caz 35—40 m. Distribuitoarele, în timpul iernii, se protejează contra înghețului.

14.2.1.2. **Caracteristicile constructive și proiectarea filtrelor biologice.** 14.2.1.2.1. *Filtrele biologice de contact.* Aceste tipuri de filtre nu mai sînt folosite astăzi. Ele constau din bazine etanșe cu adîncimi de 1,0 m, umplute cu material filtrant, în care se introducea apa uzată de 2—3 ori pe zi, iar după 2—3 h de la introducere era evacuată.

14.2.1.2.2. *Filtrele biologice de mică și mare încărcare.* Sînt numite astfel în funcție de cantitatea de impurificări organice (încărcare organică) și de ape uzate (încărcare hidraulică) care le solicită.

Părțile constitutive ale unui filtru biologic de mică sau mare încărcare sînt arătate în figura 14.6. Înălțimea stratului filtrant variază între 1,5 și 2,5 m la cele de mică încărcare și între 1,0 și 2,0 m la cele de mare încărcare. Filtrele biologice de mică încărcare produc un efluent aproape stabil, conținînd cantități mari de nitrați și avînd o cantitate de oxigen de circa 50% din cel de saturație.

Metodele obișnuite de funcționare ale filtrelor de mică și mare încărcare sînt: fără recirculare, cu perioade de repaus determinate de variațiile de debit, care nu trebuie să depășească 5 min; cu recircularea apei decantate secundar, pentru ca perioadele de repaus să fie minime; cu recircularea apei decantate secundar pentru a reduce concentrația apelor uzate ce sînt primite pe filtrul biologic.

La filtrele biologice de mare încărcare metodele uzuale de funcționare sînt: fără recirculare cînd debitul nu trebuie să coboare sub o valoare minimă de circa 10 m^3/m^2 și zi, iar perioadele de repaus să nu depășească 15 s; cu recircularea excesului de apă decantată secundar față de valoarea minimă a încărcării (circa 10 m^3/m^2 și zi) la filtre; cu recircularea excesului de apă filtrată față de valoarea minimă a încărcării (circa 10 m^3/m^2/și zi) la decantoarele primare, restul apei trecînd la decantoarele secundare.

În ceea ce privește recircularea, ea constă în înapoierea unei părți din apa trecută prin filtrul biologic și prin decantorul secundar și uneori numai prin filtrul biologic. Prin ea se mărește eficiența filtrelor biologice, obținîndu-se: reducerea perioadelor de repaus la minimum, ținerea în funcțiune a distribuitoarelor autopropulsate o cît mai mare perioadă de timp; micșorarea grosimii membranei filtrante și împiedicarea dezvoltării mușteloi Psychoda prin forțarea evacuării membranei biologice; reducerea încărcării apei ce trebuie să fie tratată în filtrele biologice; prevenirea mirosului prin împrospătarea apei; însămînțarea apei ce trebuie să fie tratată cu organisme și enzime; o încărcare mai mare și mai bună a straturilor inferioare ale filtrului; îmbunătățirea distribuției deasupra filtrului, deoarece apa este mai curată.

Parametrii de bază ce intervin în dimensionarea filtrelor cu recirculare sînt:

— raportul de recirculare $R_{ec} = Q_r/Q_c$, reprezentînd raportul dintre debitul de recirculare și debitul de calcul al filtrului biologic;

— factorul hidraulic al recirculării este egal cu $F_h = 1 + Q_r/Q_c$;

— factorul biologic al recirculării, $F_b = 1 + f\,Q_r/Q_c$, care depinde de produsul dintre debitul de recirculare Q_r și proporția de materie organică îndepărtată (f, exprimată în CBO) la fiecare trecere a apei prin filtru, împărțit la debitul de calcul Q_c.

În tabela 14.7 sînt date o serie de valori ale acestor raporturi; de aici rezultă că factorul hidraulic al recirculării crește în același ritm cu creșterea raportului de recirculare, în timp ce factorul biologic al recirculării crește foarte lent pentru valori ale raportului de recirculare mai mari ca 2—3; de aceea, raporturile de recirculare nu trebuie să depășească valoarea 3.

TABELA 14.7

Unele valori ale raportului factorului hidraulic și biologic al recirculării

Raportul de recirculare, R_{ec}	0,5	1	2	4	8	16
Factorul hidraulic al recirculării, F_h	1,5	2	3	5	9	17
Factorul biologic al recirculării, F_b	1,4	1,7	2,1	2,6	2,8	2,5

Ținînd seama de unele prevederi ale literaturii de specialitate, care recomandă ca CBO_5 al apelor uzate trecute prin decantorul primar amestecate eventual cu cele de recirculare, ce urmează a intra în filtrele biologice, să fie mai mic sau egal cu de trei ori al celor ce au trecut prin decantorul secundar, raportul de recirculare rezultă din relația:

$$R_{ec} = \frac{CBO_5^{intrare\ filtru\ biologic} - 3 \cdot CBO_5^{ieșire\ decantor\ secundar}}{2 \cdot CBO_5^{ieșire\ decantor\ secundar}}. \qquad (14\text{-}9)$$

De asemenea, se menționează că pentru filtrele biologice cu două trepte, la treapta a doua, inclusiv recircularea, se admit ape cu CBO_5 egal cu maximum de două ori cel al apei după decantorul secundar al ultimei trepte.

Schemele de recirculare, pentru filtrele biologice de mică și mare încărcare cu o singură treaptă sînt date în figura 14.13. Deoarece uneori nămolul este vehiculat împreună cu apa uzată prin aceeași conductă, s-a menționat pe scheme și circuitul nămolului. Schemele din figura 14.31, *a*, *b* și *c* sînt cele mai utilizate, fiind cele mai avantajoase din punctul de vedere al eficienței și în același timp și cele mai economice. Unele cercetări făcute asupra schemelor din figura 14.13, *c* și *e* au ajuns la concluzia că nu schema în sine, ci raportul de recirculare este hotărîtor în obținerea unei bune eficiențe. În schema din figura 14.13, *e* apa este adusă înapoi împreună cu membrana evacuată din filtre; de aceea încărcarea organică rămîne practic aceeași. Toate schemele, cu excepția celor din figurile 14.13, *e* și *g*, necesită adaptarea decantoarelor, conductelor etc. la suplimentele de debit rezultate din recirculare. Schema din figura 14.13, *g* este uzuală filtrelor de mică și mare încărcare fără recirculare.

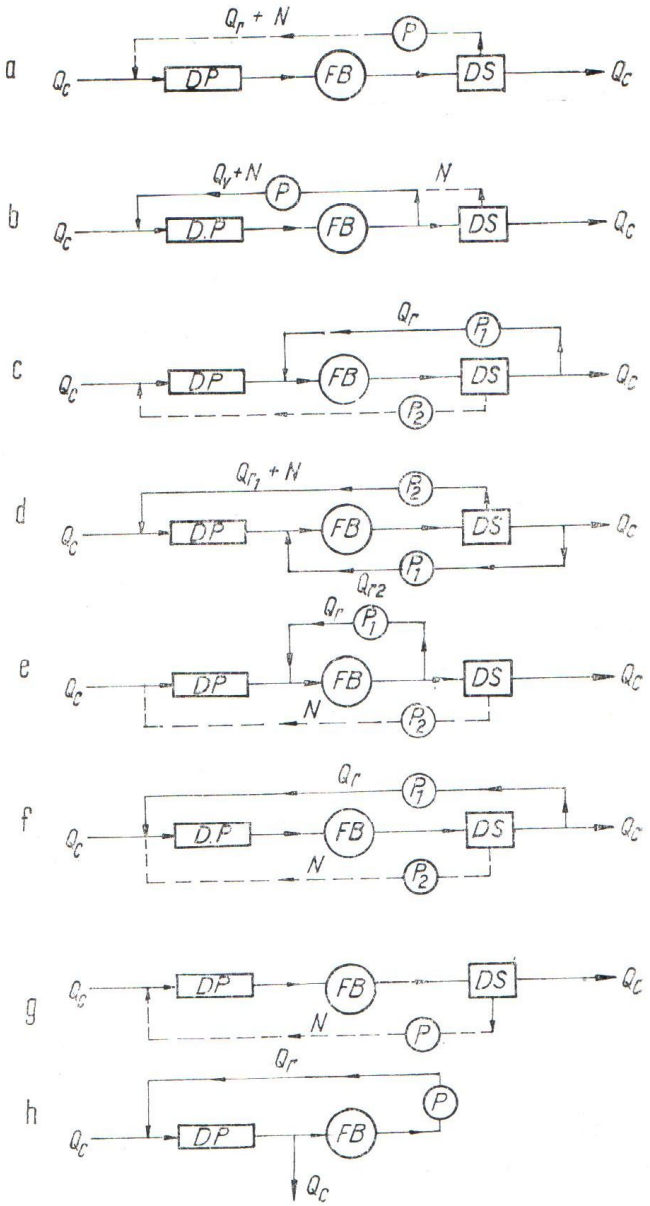


Fig. 14.13. Scheme de recirculare pentru filtre biologice de mică și mare încărcare, cu o singură treaptă.

Schemele de recirculare uzuale pentru filtrele biologice cu două trepte cele mai folosite sînt arătate în figurile 14.14, *a*, *b*, *d* și *e*. Schemele din figurile 14.14, *a*, *b*, *c* pot utiliza filtre biologice de mică încărcare pentru treapta a doua; uneori filtrele biologice de mică încărcare, devenite supraîncărcate prin mărirea debitului, au fost completate cu filtre biologice de mare încărcare așezate în fața celor de mică încărcare și cu amplasarea unui decantor după acestea.

Schemele din figurile 14.14, *d*, *e* și *f* sînt prevăzute numai cu un singur decantor secundar în scopul măririi activității biologice în treapta a doua.

Alegerea uneia dintre schemele de mai sus se face în urma calculelor tehnico-economice corespunzătoare.

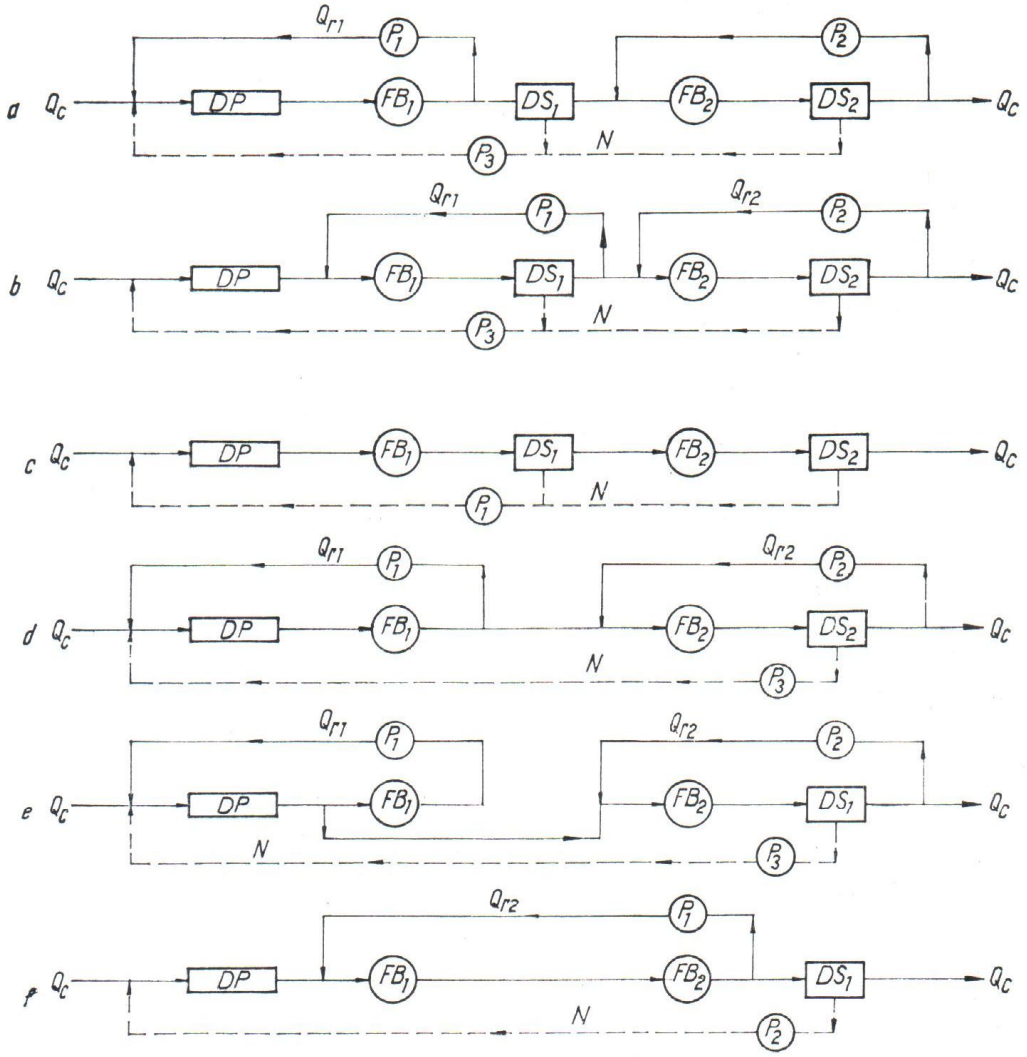


Fig. 14.14. Scheme uzuale de recirculare la filtrele biologice cu două trepte.

Încărcarea filtrelor biologice de mică încărcare, precum și a celor de mare încărcare este dată în tabela 14.8.

TABELA 14.8

Încărcările filtrelor biologice de mică și mare încărcare

Filtre biologice	Încărcare organică I_o ($gfCBO_5/m^3$ material filtrant și zi)	Încărcare hidraulică I_h (m^3 ape uzate/m^2 filtru și zi)	Încărcare locuitori I_l (loc/m^3 material filtrant)
De mică încărcare	80 – 400 recomandat 175	1 – 4 recomandat 2,5	2 – 12 recomandat 5
De mare încărcare	400 – 4800 recomandat 700	10 – 40 recomandat peste 20	12 – 140 recomandat 20

Volumul filtrelor biologice de mică și mare încărcare se determină cu ecuația:

$$V_{0l} = \frac{C_0}{I_0}, \qquad (14\text{-}10)$$

în care:

C_0 este cantitatea totală de CBO_5 intrată în filtrul biologic în timp de 1 zi;

I_0 — încărcarea organică conform tabelei 14.8.

Se stabilesc apoi natura materialului filtrant, dimensiunile granulelor constitutive, înălțimea stratului filtrant etc.

Suprafața orizontală a filtrelor rezultă din relația:

$$A_0 = \frac{V_{0l}}{H}, \qquad (14\text{-}11)$$

în care H este înălțimea stratului filtrant.

De obicei, pentru o unitate de filtrare suprafața trebuie să rămînă sub 1 000 m². Se verifică apoi dacă încărcarea hidraulică se încadrează în valorile date în tabela 14.8.

În ceea ce privește ventilația filtrelor biologice de mică și mare încărcare, se reamintește că la dimensionarea acesteia trebuie să se asigure deschideri pentru ventilare, între cele două radiere, de circa 15% din suprafața orizontală a filtrului biologic.

Distribuția apei se poate face fie prin intermediul unui rezervor de dozare, fie continuu. *Dimensiunile rezervorului de dozare* rezultă din luarea în considerare a debitelor de intrare și ieșire din acesta, de numărul de șprinclere, de durata ciclului de umplere și golire a rezervorului (maximum 5 min) etc. Deoarece dimensiunile și caracteristicile rezervoarelor de dozare sînt mai mult sau mai puțin standardizate, incluzîndu-se în aceasta și dimensiunile filtrelor ce sînt deservite se consideră că nu este cazul a se arăta modul de dimensionare a lor.

Instalația de șprinclere se dimensionează ținînd seama în primul rînd de debitul ce poate fi furnizat de un șprincler q_s și de suprafața pe care stropește apă uzată A_s.

Diametrul șprinclerului se alege din diagrama din figura 14.15 de unde rezultă și suprafața A_s. Raza de influență corespunzătoare suprafeței se determină cu relația:

$$R_s = \frac{A_s}{1{,}61}. \qquad (14\text{-}12)$$

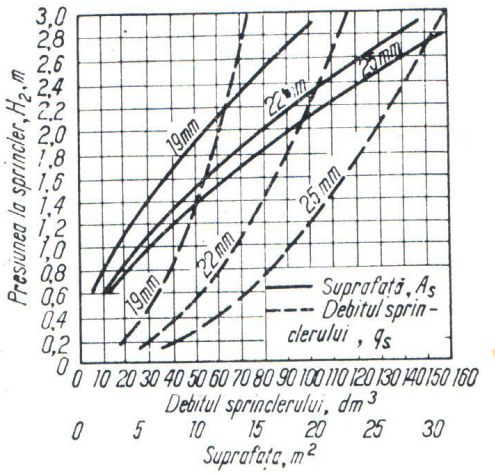


Fig. 14.15. Diagramă pentru dimensionarea șprinclerelor.

Șprinclerele se așază astfel încît suprafețele să se interfereze numai par-

țial, conturul înscriindu-se într-un poligon. *Distanța între șirurile de șprinclere* se determină cu ecuația:

$$l_1 = R_s + 0{,}5\, R_s = 1{,}5\, R_s, \tag{14-13}$$

iar distanța între șprinclere cu ecuația:

$$l_2 = 2\sqrt{R^2 - 0{,}25\, R^2} = 1{,}732\, R. \tag{14-14}$$

Numărul total de șprinclere rezultă din ecuația:

$$n = \frac{A_0}{A_s}. \tag{14-15}$$

Rețeaua de distribuție a apei uzate, constînd din conducta sifon a rezervorului de dozare, conductele de distribuție, vane etc. se dimensionează astfel încît să se asigure o viteză de curgere a apei de circa 1,0 m/s, iar pierderea de sarcină să nu depășească limitele impuse de funcționarea normală a sifonului de la rezervorul de dozare.

Distribuitorul rotativ se alege în funcție de dimensiunile filtrului biologic și de caracteristicile date de fabrica furnizoare. Diametrele conductelor orizontale sînt cuprinse între 0,15 și 0,20 m. Distanța între orificiile de pe conducte este variabilă, mai mare către centru (circa 300 mm) și mai mică la periferie (circa 75 mm). Diametrele orificiilor sînt cuprinse între 10 și 20 mm; numărul de orificii pe un braț rezultă din ecuația:

$$m = \frac{1}{1 - \left(1 - \frac{a}{D'_f}\right)^2}, \tag{14-16}$$

în care:

a este dublul distanței între ultimele orificii ($\simeq$ 100 mm);
D'_f — dublul lungimii brațului distribuitorului, egal cu diametrul filtrului din care se scad 200 mm.

Distanța unui orificiu față de ax se determină cu ecuația:

$$d_i = \frac{D'_f}{2}\sqrt{\frac{i}{m}}, \tag{14-17}$$

în care i este numărul orificiului față de ax.

Numărul de ture/min ale distribuitorului rezultă din ecuația:

$$n = \frac{34{,}78 \cdot q \cdot 1\,000^2}{m \cdot a^2 \cdot D'_f} \tag{14-18}$$

în care:

d este diametrul orificiilor, în mm;
q — debitul ce alimentează un braț, în dm³/s.

Presiunea necesară autopropulsării distribuitorului rezultă din ecuația:

$$h = q^2\left[\frac{236 \cdot 1\,000^2}{m^2 \cdot a^4} - \frac{81 \cdot 1\,000^2}{D_b^4} + \frac{294 \cdot D'_f}{K^2 \cdot 1\,000}\right] \tag{14-19}$$

în care toate dimensiunile sînt în mm, respectiv în dm³/s; valoarea modulului de debit K, în dm³/s, rezultă din tabela 14.9. Viteza apei în conducte se recomandă a fi de circa 1,20 m/s.

TABELA 14.9

Valorile modulului de debit, K

D_b (mm)	50	63	75	100	125	150	175	200	250
K (dm³/s)	6	11,5	19	43	86,5	134	209	300	560

Distribuitoarele du-te-vino au dimensiuni caracteristice date de fabrici, corespunzătoare la diferite dimensiuni de filtre.

Exemplul de calcul 14.2. Să se dimensioneze filtrele biologice de mare încărcare pentru datele din exemplul 12.1. CBO_5 la ieșirea din decantorul primar este de 150 mgf/dm³, iar la ieșirea din decantorul secundar trebuie să rămînă sub 15 mgf/dm³.

Volumul filtrelor biologice de mare încărcare, conform ecuației (14.10) și datelor din tabela 14.8, este $V_{0l} = C_0/I_0 = 0{,}100 \times 86\,400 \times 150/700 = 1851{,}42$ m³.

Suprafața orizontală a filtrelor pentru o înălțime de strat filtrant, $H = 1{,}5$ m, $A_0 = 1851{,}42/1{,}5 = 1234{,}28$ m²; se proiectează patru filtre circulare cu suprafața de 310 m² și diametrul de 20 m.

Încărcarea hidraulică, $I_h = 0{,}100 \cdot 86\,400/1234{,}28 = 7{,}00$ m³/m² mai mică decît cea recomandată în tabela 14.8.

Recircularea poate îmbunătăți condițiile de funcționare și respectiv eficiența. Raportul de recirculare R_{ec}, conform ecuației (14-9) este, $R_{ec} = (150 - 3 \times 15)/2 \cdot 15 = 3{,}5$; se ia egal cu 2 conform indicațiilor anterioare; în acest caz încărcarea hidraulică $I_h = 3 \times 0{,}100 \times 86\,400/1234{,}28 = 22{,}85$; se încadrează în recomandările din tabela 14.8.

Distribuția apei uzate pe filtrele biologice se propune prin distribuitoare rotative, ale căror condiții de funcționare din punct de vedere hidraulic sînt date de fabrica furnizoare.

Verificarea la debitul de verificare, conform tabelei 8.3 este: $Q_{0max} = 0{,}130$ m³/s; conform tabelei 14.8, pentru debitul de verificare care este cu 30% mai mare decît cel de dimensionare, atît încărcarea hidraulică cît și cea organică rămîn în limitele admisibile.

14.2.1.2.3. *Filtrele biologice cu două trepte.* Aceste tipuri realizează așa-numita dublă filtrare. Înălțimea filtrelor, care de obicei sînt de tipul filtrelor biologice de mare încărcare, variază între 1,0 și 1,5 m. Împărțirea filtrării apei în două trepte conduce la suplimentarea aerării apei, prin dubla distribuție a ei realizîndu-se în același timp și o mai bună repartiție a apei în corpul filtrului. Datorită înălțimii mici a stratului filtrant se obține o aerare mai bună în comparație cu filtrele biologice de mică încărcare. Alternarea distribuției apei în cele două trepte de filtrare la intervale regulate este avantajoasă cînd apele uzate orășenești sînt încărcate cu cantități mari de ape uzate industriale. CBO_5 al apelor uzate orășenești epurate în filtrele biologice cu două trepte este de obicei mai mic decît 30 mgf/dm³, dacă CBO_5 al apei (inclusiv cea de recirculare), ce intră în treapta a doua nu depășește de două ori CBO_5 al apei uzate ce iese din decantorul secundar. Dimensiunea filtrelor biologice cu două trepte se face pe baza parametrilor din tabela 14.8, ținînd seama de tipul filtrului (de mică sau mare încărcare).

14.2.1.2.4. *Filtrele biologice turn* (fig. 14.16). În plan au secțiune circulară, fiind executate de regulă din beton armat. Materialul filtrant (granule 4—10 cm) este așezat în straturi a căror înălțime variază între 2,0 și 4,5 m, cu interspații de 0,4—0,5 m, pentru aerarea cît mai intensă a filtrului. Deoarece pentru cantități mari de ape uzate diametrele și înălțimile rezultate din calcul sînt mari, folosirea acestor filtre se limitează la localități care nu depășesc 50 000 locuitori; datorită însă puterii lor mari de oxidare, rezultat al unei bune aerări, filtrele biologice turn sînt folosite pentru ape uzate cu încărcări organice mari.

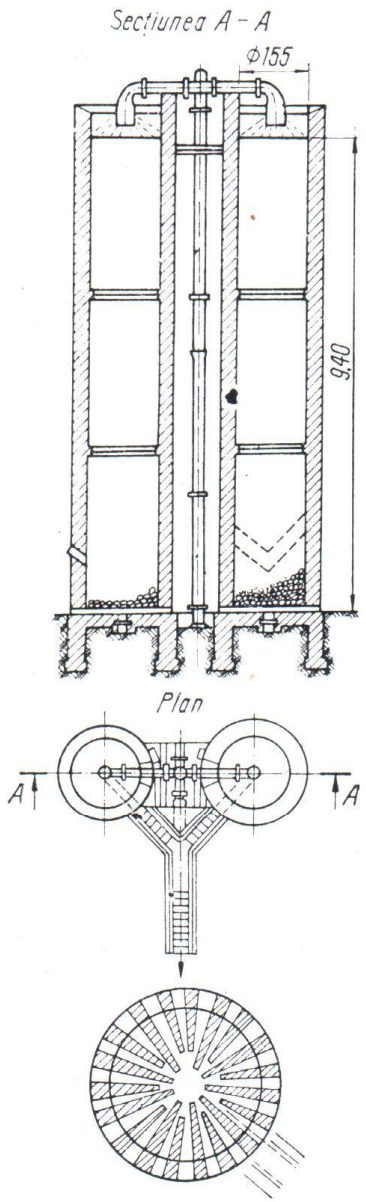


Fig. 14.16. Filtru biologic turn.

Volumul filtrelor biologice se determină cu relația (14-10), încărcarea organică, I_0 = circa 3 500 gf·CBO_5/m³ și zi. Suprafața orizontală rezultă din condiția ca între înălțime și diametrul filtrului să existe raportul 1 : 6 — 1 : 8. Se recomandă ca pentru ape uzate care au CBO_5 de circa 350 mgf/dm³, înălțimea totală a filtrului să fie de cel puțin 15 m. Încărcarea hidraulică I_h este de circa 120 m³/m² și zi. Apa este distribuită continuu, răspîndirea la suprafața filtrului făcîndu-se cu șprinclere. Recircularea apei este rar folosită.

14.2.1.2.5. *Filtrele biologice scufundate.* Constituie tipuri mai vechi de filtre biologice și sînt caracterizate prin aerare artificială și prin menținerea în permanență sub apă a stratului filtrant.

În figura 14.17 se arată unul din primele tipuri de filtre biologice scufundate. Materialul filtrant al acestor filtre constă din cocs, bucăți de lemn, talaș, plăci ondulate de aluminiu etc. Aerul comprimat, necesar aerării artificiale, este insuflat la partea inferioară a stratului filtrant printr-o serie de tuburi găurite așezate de obicei la 30 cm unul de altul. Este însă mai economic și mai eficient să se folosească tuburi mobile cu mișcare pendulară. Membrana biologică formată este antrenată de apă și reținută în decantoarele secundare. Pentru o ușoară exploatare, deoarece materialul filtrant este deseori colmatat, el este așezat în cutii care pot fi scoase din filtru pentru curățire sau înlocuire. Asemenea instalații au fost folosite pentru localități mici (10 000 — 20 000 locuitori), datorită în special greutăților de exploatare.

În prezent, s-a trecut la folosirea *filtrelor biologice scufundate cu discuri;* acestea constau din o serie de discuri din plastic (fig. 14.18), cu grosimea de 1 — 15 mm, așezate la distanțe de 1,5 — 2,0 cm unul de altul pe un ax, formînd 3—4 fascicule, fiecare avînd cîte 20 — 25 discuri. Axul cu discuri este așezat în bazine în care apa circulă perpendicular pe ax. La aceste instalații s-a constatat că membrana se desprinde ușor de pe discuri, eliminîndu-se

astfel dezavantajul colmatării filtrului, menționat la tipurile vechi de filtre scufundate. La un diametru al discurilor de 3,0 m, numărul de rotații al acestora este de 2—3 ture/min, iar imersarea optimă a discurilor variază între 10 și 15 cm.

În urma unor cercetări făcute în R. F. Germania s-a constatat că filtrele biologice scufundate cu discuri, așezate în mai multe trepte, dau randamente mai bune. Nămolul reținut în decantoarele secundare se caracterizează printr-o mare viteză de sedimentare. Deoarece aceste construcții sînt puțin sensibile la concentrații mari de materii solide în suspensie, decantorul primar din fața acestora poate fi dimensionat la timpi de reținere a apei mai mici (chiar 0,5 *h*).

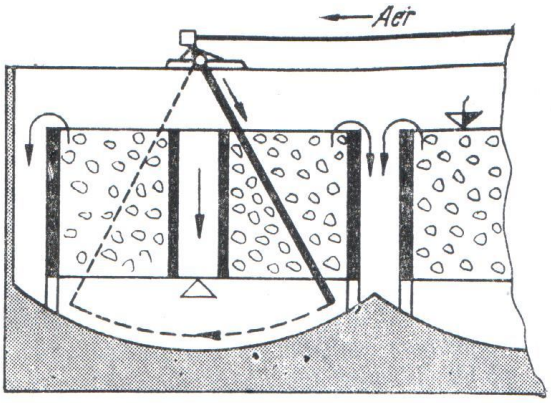


Fig. 14.17. Filtru biologic scufundat.

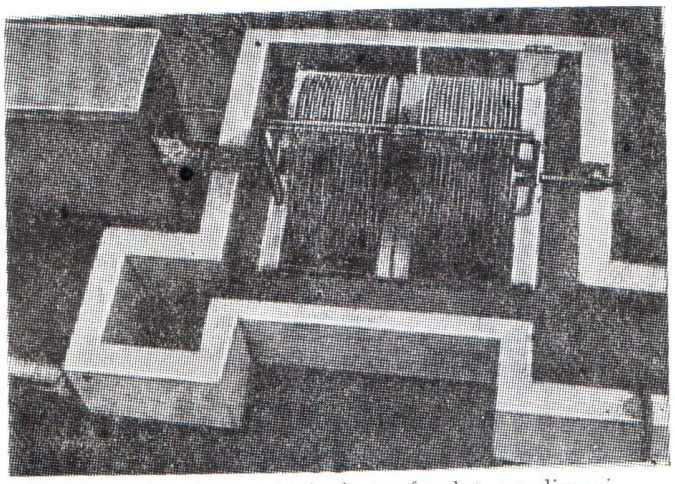


Fig. 14.18. Filtru biologic scufundat cu discuri.

În ceea ce privește *dimensionarea filtrelor biologice scufundate*, ținînd seama că în prezent sînt folosite numai filtre biologice cu discuri, în cele ce urmează se vor da numai parametrii necesari dimensionării acestora.

Suprafața discurilor A_d se stabilește cu diagrama din figura 14.19; în funcție de procentul de reducere a CBO_5 și de durata de încărcare se determină reducerea specifică r_s pe abscisă, în CBO_5/m^3 și zi.

Suprafața discurilor rezultă:

$$A_d = \frac{C_0}{r_s}, \tag{14-19}$$

în care C_0 este cantitatea totală de CBO_5 intrată în filtru într-o zi.

Diametrul discurilor D se alege între limitele arătate.

Numărul discurilor rezultă din relația:

$$m = 0{,}636 \frac{A_d}{D^2}. \tag{14-20}$$

Lungimea axului pentru fiecare linie de fascicule de discuri:

$$L = m(w + d) \cdot k, \tag{14-21}$$

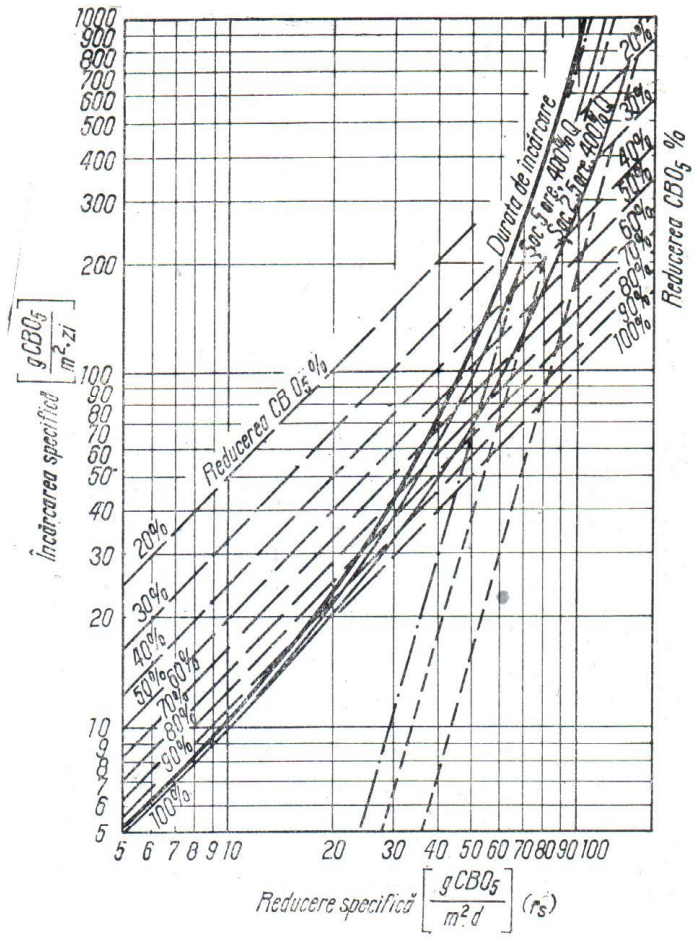


Fig. 14.19. Grafic pentru dimensionarea filtrelor biologice cu discuri.

în care:

w este distanța între discuri, de obicei 0,02 m;

d — grosimea discurilor (0,01 — — 0,012) m;

k — coeficient care ține seama de circulația apei între discuri; se ia de obicei 1,2.

Volumul net al jgheabului (canalului) în care se așază discurile rezultă din ecuația:

$$V_{net} = 0{,}32\, D^2(L - md). \tag{14-22}$$

Numărul de rotații făcute de discuri pe minut este:

$$n = \frac{6{,}37}{D}\left(0{,}9 - \frac{V_{net}}{Q_c}\right), \tag{14-23}$$

în care Q_c este debitul de calcul, în m³/h.

Se recomandă ca pentru diametre de circa 3,0 m, $n > 1{,}4$ ture/min, iar pentru diametre de circa 2,0 m, $n > 2$ ture/min.

Timpul de trecere a apei prin jgheabul cu discuri:

$$t = \frac{V_{net}}{Q_c}. \tag{14-24}$$

Exemplul de calcul 14.3. Să se dimensioneze filtrele biologice scufundate cu discuri care trebuie să epureze un debit zilnic maxim, $Q_{zi\,max} = 10$ dm³/s, avînd CBO_5 după ieșirea din decantoarele primare de 160 mgf/dm³; după ieșirea din filtrul cu discuri apa uzată trebuie să aibă un CBO_5 de circa 15 mgf/dm³ (grad de epurare în filtru cu discuri de circa 90%).

Cantitatea de CBO_5 necesar a fi îndepărtat pe zi este, $C_0 = 0{,}9 \times 160 \times 0{,}01 \times 86\,400 = 124.416$ gf/zi.

Suprafața discurilor, conform graficului din figura 14.19 și ecuației (14-19) este: $A_d = 124.416/18 = 6\,912$ m²; se aleg discuri de 3 m diametru.

Numărul discurilor, conform ecuației (14-20), este $m = 0{,}636\, A_d/D^2 = 0{,}636 \times 6912/3^2 = 488{,}4$ discuri; se proiectează 20 fascicule de discuri cu cîte 25 discuri fiecare, așezate pe 5 linii.

Lungimea axului la fiecare linie de discuri, conform ecuației (14-21) este: $L = m\,(w + a)\,k = 100 \times (0{,}02 + 0{,}01) \times 1{,}2 = 3{,}60$ m.

Volumul net al jgheaburilor, conform ecuației (14-22) este: $V_{net} = 0{,}32\, D^2\,(L - md) = 0{,}32 \times 3{,}0^2 \cdot (3{,}6 - 100 \times 0{,}01) \times 5 = 37{,}5$ m³, 5 linii a 7,5 m³.

Numărul de rotații ale discurilor, conform ecuației (14-23) pentru o linie de 100 discuri este: $m = (6{,}37/D) \cdot (0{,}9 - V_{net}/Q_c) = (6{,}37/3{,}0) \times (0{,}9 - 7{,}5/0{,}01 \times 3\,600) = 1{,}48$ ture/min; corespunde recomandării de mai sus.

Timpul de trecere a apei, conform ecuației (14-24) este: $t = V_{net}/Q_c = 37{,}5/0{,}01 = 3750$ s = = aprox. 1 h.

14.2.1.2.6. *Aerofiltrele*. Particularitățile acestor filtre constau în aerarea artificială a lor, înălțimea mare a stratului filtrant (circa 4 m) și existența unor obturatoare hidraulice, care au drept scop evacuarea apei epurate și în același timp împiedicarea pierderii aerului insuflat la partea de jos a aerofiltrului, pe unde se colectează și apa epurată. Granulele stratului filtrant au dimensiuni de 30—40 mm. Pentru o bună funcționare a aerofiltrelor, cantitatea de materie organică din apele uzate care trece prin acestea nu trebuie să fie prea mare, respectiv CBO_5 să varieze între 100 și 200 mg/l.

Volumul aerofiltrelor se stabilește cu relația:

$$V_{0l} = \frac{C_0}{I_0}, \tag{14-25}$$

în care:

C_0 este cantitatea totală de CBO_5 din timpul unei zile, în gf;
I_0 — încărcarea organică, care pentru aerofiltre se ia 200 — 300 gf CBO_5/m^3 material filtrant și zi.

Suprafața orizontală rezultă din ecuația:

$$A_0 = \frac{V_{0l}}{H}, \tag{14-26}$$

în care H este înălțimea aerofiltrului, de obicei 4,0 m.

Încărcarea hidraulică I_h trebuie să rămînă în jur de 4 m^3 ape uzate/m^2 de aerofiltru și zi.

Cantitatea de aer necesară rezultă din relația:

$$V_{aer} = \frac{CBO_{5i} - CBO_{5e}}{21} \text{ [m}^3 \text{ aer/m}^3 \text{ ape uzate]} \tag{14-27}$$

în care:

CBO_{5i} este CBO_5 al apelor uzate la intrarea în aerofiltru, în mgf/dm^3;
CBO_{5e} — idem, la ieșirea din aerofiltru, în mgf/dm^3.

Aerofiltrele au de cele mai multe ori forme dreptunghiulare în plan, apa uzată fiind distribuită prin șprinclere. La aerofiltre recircularea apei nu este folosită.

14.2.2. Bazine cu nămol activ

Epurarea apelor uzate în bazinele cu nămol activ are loc în prezența unui amestec de nămol activ cu apă uzată, agitat în permanență și aerat. Din punctul de vedere al eficienței la aerare, bazinele cu nămol activ sînt mult mai flexibile în comparație cu filtrele biologice; de asemenea, acestea nu produc în jurul lor miros neplăcut și nu constituie un mediu propice pentru dezvoltarea mușteloor.

Bazinele cu nămol activ nu necesită diferențe mari de nivel între intrarea și ieșirea apelor din ele (în comparație cu filtrele biologice), au nevoie însă de puteri importante pentru punerea în mișcare a utilajului de furnizarea aerului necesar procesului de epurare.

Dintre factorii de bază, care condiționează buna desfășurare a procesului de epurare din bazinele cu nămol activ, trebuie menționați; nămolul activ (sub forma de nămol de recirculare și nămol în exces), oxigenul necesar desfășurării proceselor aerobe, durata de traversare a bazinelor etc.

Uneori desfășurarea normală a procesului de epurare este împiedicată de așa-numita „umflare a nămolului", rezultat al îmbolnăvirii lui datorită unor concentrații mari de ape uzate, unui timp mare de aerare, unor șocuri produse de apele uzate industriale ce conțin substanțe toxice etc. Îmbolnăvirea nămolului este caracterizată prin miros de ouă clocite în vecinătatea bazinelor, separare dificilă a nămolului, tendința de ridicare la suprafață a acestuia în decantoarele secundare etc. Îmbolnăvirea nămolului este cel mai bine caracterizată prin indicele nămolului, care atinge în acest caz valori mari (200—400 ml/gf), viteză mică de sedimentare a nămolului în decantoarele secundare și apariția bacteriei filamentoase Sphaerotilus. Pentru redresarea nămolului se clorează nămolul de recirculare cu doze de circa 5 mgf/dm^3, se introduc nitrați, se trimite o parte din efluentul decantoarelor primare direct în emisar, se mărește cantitatea de aer, se reduce cantitatea de nămol de recirculare și se mărește cantitatea de nămol în exces etc.

Spuma ce se formează la suprafața apei din bazinul cu nămol activ, ca urmare a transportului de către apele uzate a unor mari cantități de detergenți, poate prejudicia buna desfășurare a procesului de epurare, prin împiedicarea aerării apei pe la suprafața acesteia, prin îmbolnăvirea muncitorilor, prin răspîndirea prin vînt în toată stația etc. Distrugerea spumei se poate face fie cu jeturi de apă epurată, fie cu ajutorul antispumanților.

O caracteristică deosebit de importantă a procesului de epurare în bazinele cu nămol activ, în comparație cu filtrele biologice, constă în uniformitatea desfășurării procesului de epurare în orice punct al bazinului, datorită îndeosebi formei alungite a bazinelor, care permite o distribuție uniformă a apei uzate, a nămolului, a oxigenului și respectiv uniformizarea amestecului din acestea.

La fel ca și la epurarea apei uzate în filtrele biologice, epurarea apei cu nămol activ este precedată de o epurare mecanică în decantoarele primare, fiind urmată de o limpezire finală în decantoare secundare.

14.2.2.1. **Schemele și metodele principale de funcționare a bazinelor cu nămol activ.** Bazinele cu nămol activ pot fi de mare încărcare (fig. 14.20, *a*) și mică încărcare (fig. 14.20, *a-f*).

— *Schema epurării clasice* (convențională) (fig. 14.20, *a*) este prima schemă utilizată pentru epurarea apei cu nămol activ la Manchester, în 1916;

— *Schema distribuției în etape a încărcării organice din apă* (fig. 14.20,*b*) se caracterizează prin distribuția apei în mai multe puncte de-a lungul bazinului, realizîndu-se astfel în parte anularea efectului variației în concentrație a apei uzate și a nămolului. Imhoff arată că, prin adoptarea acestei scheme, volumul bazinului de aerare se poate reduce cu 25—30%.

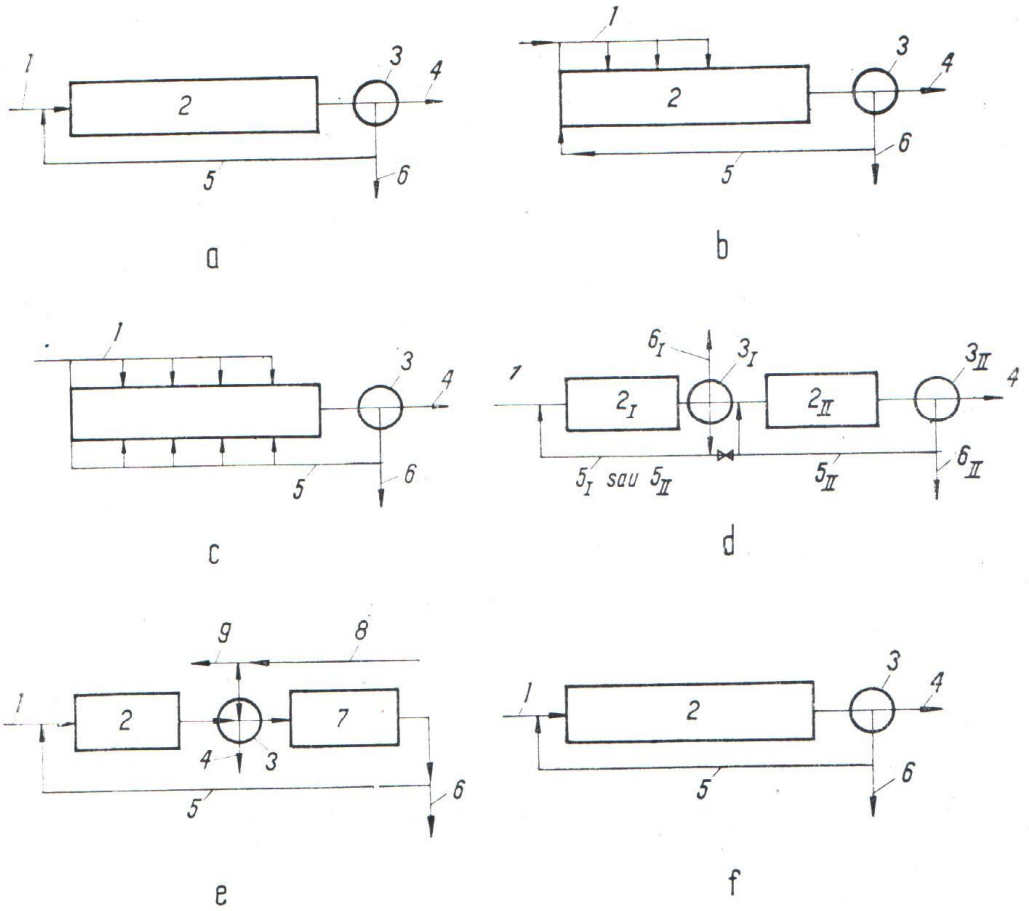


Fig. 14.20. Schemele epurării apelor uzate cu nămol activ:
1 — apă decantată; *2* — bazin cu nămol activ; *3* — decantor secundar; *4* — apă epurată biologic; *5* — nămol de recirculare; *6* — nămol în exces; *7* — bazin pentru reaerarea nămolului; *8* — supernatant din bazinul de fermentare a nămolului; *9* — evacuare preaplin; *I* — treapta întîi; II — treapta a doua.

— *Schema distribuției în etape a încărcării organice din apă și nămol* (fig. 14.20, *c*) realizează o distribuție egală a încărcării organice provenită din apă și nămol, prin amestecul complet ce se stabilește între cele două feluri de lichide. Prin accesul apei sau nămolului la suprafața apei din bazin se produce o aerare suplimentară a acesteia, care în același timp distruge și spuma de la suprafața bazinului, produsă în special de detergenți.

— *Schema epurării în două trepte* (fig. 14.20, *d*) se realizează prin trecerea apei printr-o pereche de bazine de aerare și de decantare secundară. Nămolul rezultat din decantarea secundară este înapoiat (nămol de recirculare) sau îndepărtat (nămol în exces) în fiecare treaptă; uneori nămolul în exces dintr-o treaptă este recirculat în cealaltă, de unde este apoi îndepărtat cu nămolul în exces al treptei a doua.

— *Schema de epurare cu reaerare (regenerare) a nămolului* (fig. 14.20, *e*) a fost realizată pentru prima dată pentru îmbunătățirea calității nămolului în vederea recirculării. În bazinele de reaerare unde nămolul era ținut un timp mai îndelungat, el își micșora volumul și astfel era mai ușor pompat. La aerarea nămolului a trebuit însă să se adauge și hrana corespunzătoare, în

care scop s-a introdus supernatantul (apa din nămol) din bazinele de fermentare a nămolului. Deși timpul de aerare era de 12—14 h, volumul construcțiilor (bazine de aerare + bazine de reaerare) era în general mai mic decît al bazinului de aerare din schemele fără regenerare a nămolului, pentru o aceeași eficiență. În prezent, în urma cercetărilor efectuate, a rezultat că în bazinele de aerare eficiența maximă se realizează practic în primele 30—45 min; se consideră că continuarea mineralizării este bine a se face în bazine de reaerare, al căror volum trebuie să corespundă numai nămolului colectat din decantoarele secundare. Nămolul din bazinele de reaerare este înapoiat în bazinele cu nămol activ. Această schemă este aplicată cu rezultate bune pentru ape care nu au CBO_5 mare.

— *Schema de epurare cu stabilizarea nămolului sau cu aerare prelungită* (fig. 14.2,*f*) are drept scop principal stabilizarea nămolului ce se formează în bazinul cu nămol activ, ceea ce conduce la obținerea de cantități mici de nămol în exces.

— *Schema epurării apei în bazine cu nămol activ de mare încărcare* (fig. 14.20, *a*) este asemănătoare celei pentru epurarea clasică; deoarece în cadrul acestei scheme timpul de aerare este mic (maximum 2 h), pe de o parte, iar pe de altă parte se utilizează concentrații de materii solide în suspensie fie mari (peste 5 gf/dm³), fie mici (sub 0,6 gf/dm³), eficiența din punctul de vedere al CBO_5 este mică (60—80%).

La schemele *a*, *b*, *c*, *d*, *e* și *g* se poate aplica așa-numita *„aerare treptată"*.

14.2.2.2. **Construcțiile și instalațiile bazinelor cu nămol activ.** Sînt două mari categorii de asemenea construcții și instalații după cum aerarea apei se face pneumatic sau mecanic; o a treia categorie o constituie bazinele cu aerare combinată. Construcțiile și instalațiile trebuie să corespundă următoarelor funcțiuni esențiale: să transfere cît mai bine apei uzate și nămolului activ oxigenul necesar procesului de epurare; să faciliteze circulația flocoanelor în apa uzată și să creeze un contact mai intim între apa uzată și flocoane; să împiedice sedimentarea flocoanelor.

La aerarea pneumatică, oxigenul necesar procesului este rezultatul transferului ce se realizează în bazine, ca urmare a insuflării de aer comprimat; de asemenea, o parte din oxigen este luată din aer pe la suprafața apei din bazin.

La aerarea mecanică absorbția oxigenului se realizează prin circulația apei uzate peste nivelul suprafeței apei din bazin, prin introducerea aerului prin tuburi de aspirație, prin ridicarea apei la suprafață și răspîndirea ei în mici picături.

Din punct de vedere tehnico-economic, ambele procedee sînt egale, în special cu referire la consumul de energie și la aportul de oxigen.

La aerarea combinată oxigenul este adus atît prin dispozitive de aerare pneumatică, cît și mecanică.

14.2.2.2.1 *Bazinele cu aerare pneumatică*. Acestea sînt construcții din beton armat monolit, executate uneori din prefabricate, în care aerarea, respectiv aportul de oxigen se face prin intermediul aerului comprimat. Bulele de aer realizate ca urmare a introducerii aerului la nivelul inferior al bazinului, după dimensiunea lor, se împart în: *bule fine*, cu diametre de 1,0 — 1,5 mm, obținute prin difuzarea aerului comprimat prin intermediul difuzoarelor poroase; *bule mijlocii* cu diametre de 1,5 — 3,0 mm, obținute prin difuzarea aerului prin conducte găurite ale căror orificii au diametre cuprinse între 1 și

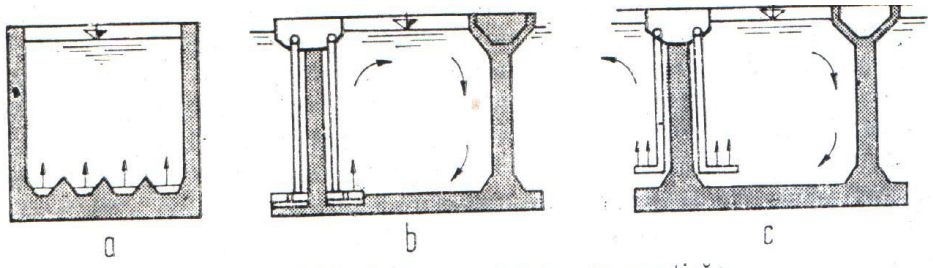


Fig. 14.21. Bazine cu aerare pneumatică:
a, b — cu difuzoare poroase; *c* — cu conducte găurite.

5 mm, așezate la distanțe unele de altele mai mici de 5 mm; *bule mari* cu diametre ce pot atinge chiar 120 mm, rezultate în urma distribuției aerului fie prin conducte sau plăci găurite cu deschiderea găurilor de peste 5 mm, fie prin ajutaje cu diametre de circa 25 mm. Dimensiunea bulelor depinde și de intensitatea de aerare [29].

Bazinele cu aerare pneumatică sînt de două tipuri: *cu difuzoare poroase* (fig. 14.21, *a, b*) și *cu conducte găurite* (fig. 14.21, *c*). La partea superioară și inferioară pereții sînt prevăzuți cu vute, pentru evitarea formării de spații moarte fără circulație de apă. Înălțimea vutelor este de 30—50 cm, iar înclinarea lor de 45°C. La partea de sus a pereților în jgheabul format, ca urmare a construcției vutelor, se așază conducta principală de alimentare cu aer a bazinului. La bazinele arătate în figura 14.21 *b, c* apa din bazin, paralel cu mișcarea ei longitudinală normală, este antrenată și transversal de aerul introdus prin difuzoarele poroase sau prin conductele găurite, așezate alături de numai unul din pereți. Datorită celor două mișcări — longitudinală și transversală — se formează un curent rezultant în spirală de la un capăt la altul al bazinului. Uneori, ca urmare a acestui curent în spirală, în fasciculul central de apă amestecul acesteia nu este suficient, la fel ca și cantitatea de oxigen, ceea ce face ca epurarea apei să nu se realizeze în aceeași măsură în tot bazinul. Se ajunge la scurtcircuitarea apei (fenomen numit și amestec longitudinal), care se produce atunci cînd fasciculul de apă central parcurge bazinul într-un timp mai scurt decît apa aflată la periferia bazinului. Fenomenul poate fi împiedicat prin construirea de deflectoare transversale, așezate la distanțe de maximum 15 m unele de altele, care întrerup din loc în loc continuitatea fasciculului central.

La rîndul lor, bazinele cu difuzoare poroase sînt de două tipuri: *cu radier în formă de dinți de ferăstrău* (fig. 14.21, *a*) și *cu curent în spirală* (fig. 14.21, *b, c*). Bazinele cu radier în formă de dinți de ferăstrău au așezate între dinți difuzoare poroase sub formă de plăci, prin care aerul în bule fine se răspîndește în bazin. Pînă la suprafața apei, bulele transferă oxigenul apei, realizînd în același timp și amestecul nămolului activ cu apa uzată. Suprafața ocupată de plăcile poroase nu trebuie să treacă de 15—20% din suprafața radierului bazinului. La bazinele cu curent în spirală difuzoarele poroase sînt așezate lîngă unul din pereții bazinului.

Difuzoarele poroase se prezintă sub formă de plăci (dimensiuni uzuale 30 × 30 × 2,4 cm) sau sub formă de tuburi poroase (lungimi de 60 cm și diametre interioare de 5,0 — 7,5 cm). Difuzoarele poroase sînt confecționate din granule de cuarț sfărîmat, oxid de aluminiu sau de carbon, legate între ele, pentru a forma o masă cu structură cît mai uniformă și cu porozități de 30—35%.

Cele mai răspîndite sînt difuzoarele poroase din ceramică. O caracteristică importantă a difuzoarelor poroase este permeabilitatea sau cantitatea de aer în m^3/m^2 și min, ce trece prin acestea în condiții standard; permeabilități de 12—24 m^3/m^2 și min sînt cele mai recomandabile. Pierderea de presiune prin difuzoarele poroase noi pentru debite normale de lucru (1 m^3/m^2 și min) este de circa 0,15 m col·H_2O și se dublează în momentul colmatării, cînd se scot din funcțiune pentru curățire [35].

Pentru curățire se folosesc diferite substanțe, în funcție de materialul care a produs colmatarea. Funinginea din atmosferă și uleiul provenit din filtrele pentru epurarea aerului sau de la compresoare sînt îndepărtate prin ardere în cuptoare. Oxidul de fier, provenit din corodarea conductelor, este dizolvat cu acid clorhidric 30 %. Solidele provenite din apa uzată sau depunerile de biomasă sînt distruse prin introducerea difuzoarelor într-o soluție de bicarbonat de sodiu în acid sulfuric concentrat (1 *g* la 50 ml). Grăsimile sînt îndepărtate prin solvenți, ca de exemplu tetraclorura de carbon.

În urmă cu 25 ani s-a început construcția difuzoarelor poroase tip DOM (fig. 14.22), din ceramică. De asemenea, în multe țări s-au încercat și pus în funcțiune difuzoare poroase sub formă de tuburi din material plastic.

Plăcile poroase sînt montate în cutii metalice necorodabile, așezate pe radierul bazinului sau în canale executate în radier. Într-o cutie se așază

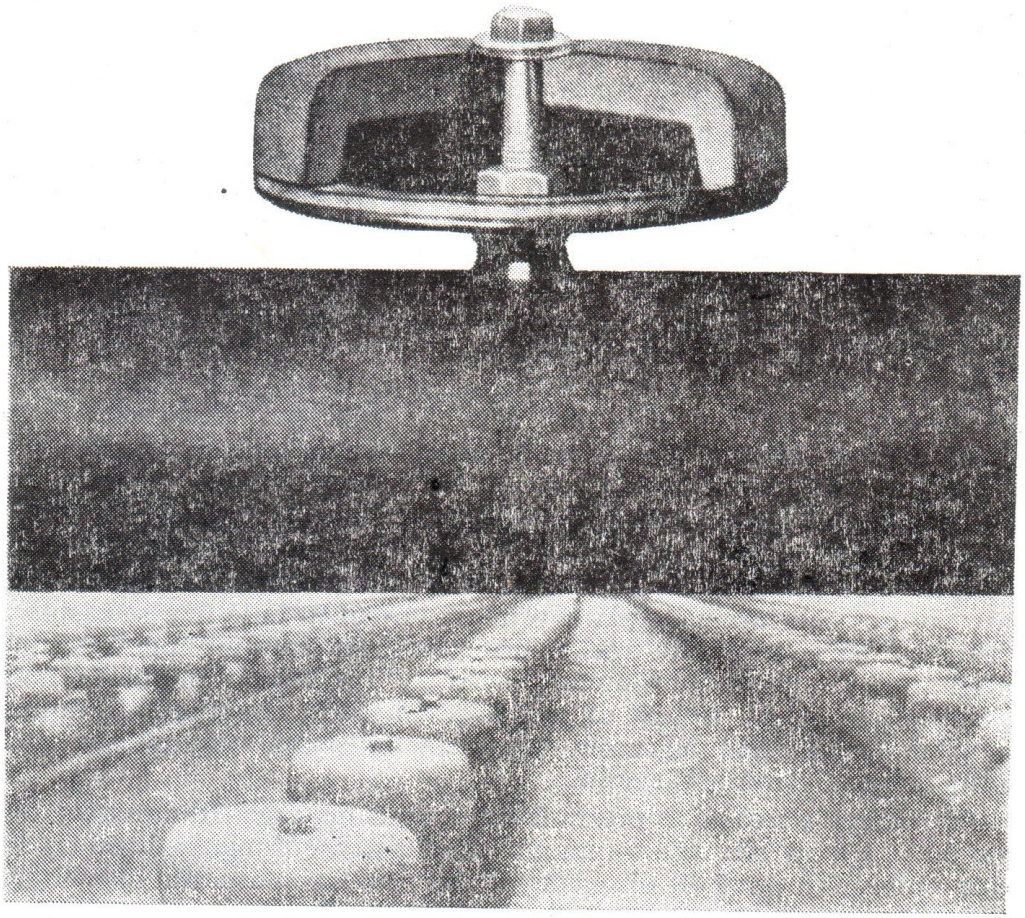


Fig. 14.22. Difuzor poros tip DOM.

pînă la 10 plăci, formînd seturi ce pot fi ușor manevrate pentru întreținere. Difuzoarele sub formă de tuburi poroase sînt mai ușor de întreținut; uneori 5—6 tuburi formează un set legat la conducta centrală de alimentare cu aer prin intermediul unei vane. Tot pentru o mai ușoară întreținere, s-au executat seturi de tuburi poroase basculante în scopul demontării și curățirii mai ușoare a lor. Tuburile poroase se așază la 50—60 cm distanță față de radier.

Bazinele cu aerare pneumatică cu conducte și cu curent în spirală au conductele găurite, așezate pe radier lîngă unul din pereți (v. fig. 14.20, *c*). Întrebuințarea conductelor găurite este rar utilizată în prezent, deoarece orificiile se corodează și se colmatează ușor.

La bazinele de aerare pneumatică tip INKA (fig. 14.23), conductele găurite pentru distribuția aerului sînt așezate perpendicular pe perete, la o distanță medie de 0,8 m față de nivelul apei.

Pentru alimentarea cu aer a bazinelor cu aerare pneumatică se folosesc compresoare (suflante) de tip rotativ sau cu piston; caracteristicile principale ale acestora, presiunea și debitul, variază în funcție de dimensiunile bazinului și de felul difuzoarelor. Presiunea necesară variază între 2,5 și 6,0 mCA; la bazinele de tip INKA chiar mai puțin, circa 1,0 mCA. Debitele la compresoarele rotative depind de tipul compresorului; astfel, ventilatoarele furnizează debite și presiuni mici (maximum 1,2 mCA); turbosuflantele furnizează presiuni de maximum 10 mCA și debite cuprinse între 500 și 40 000 m³/h. Pentru bazinele cu nămol activ se folosesc turbosuflante cu mai multe etaje, cu spirale cu diametre mici, furnizînd debite cuprinse între 5 000 și 10 000 m³/h și 7 mCA; turbocompresoarele au debite și presiuni mari, pînă la 100 mCA. Compresoarele cu piston sînt mai rar folosite. Puterea necesară antrenării compresoarelor este furnizată de motoare care au drept carburant mai întotdeauna gazul din nămol.

Echipamentul pentru epurarea aerului este o anexă deosebit de importantă a instalației de alimentare cu aer a bazinelor cu aerare pneumatică. Conținutul de praf din atmosferă variază în limite foarte mari, de la 0,2 mgf/m³, în medie, în orașe, pînă la 4,0 mgf/m³ în zone industriale și poate chiar mai mult. Durata difuzoarelor poroase depinde în mod deosebit de calitatea aerului. În urma unor studii făcute la Chicago (S.U.A.), difuzoarele poroase nu au nevoie de curățire dacă în aerul de alimentare există o cantitate de praf mai mică de 0,0012 mgf/m³. În S.U.A. se recomandă ca aerul care alimentează difuzoarele poroase să conțină o cantitate de praf mai mică decît 0,03 mgf/dm³ și în medie 0,015 mgf/dm³.

Există trei tipuri de echipament pentru epurarea aerului: filtre vîscoase, filtre uscate și electrofiltre.

Filtrele vîscoase constau din labirinte de site metalice, din sticlă, lînă sau materiale similare îmbibate cu ulei sau un alt material adeziv; ele se prezintă sub forma unor plăci (50×50×10 cm), fiind folosite în special pentru epurarea aerului care pătrunde în difuzoarele neporoase.

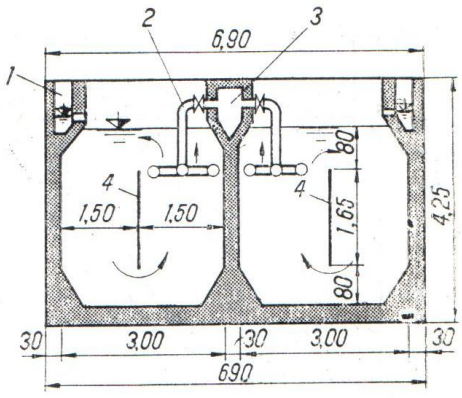


Fig. 14.23. Bazin cu aerare pneumatică tip INKA:
1 — canal de aducțiune; *2* — conductă de aer; *3* — canal de aer; *4* — perete de lemn.

Filtrele uscate folosesc hîrtie, sticlă, bumbac, lînă etc. În acestea sînt reținute particule foarte fine de praf, ceea ce face ca ele să fie folosite în special pentru alimentarea cu aer a difuzoarelor poroase; sînt scoase din funcțiune, pentru curățire, cînd rezistența de traversare a depășit de 2—3 ori pe cea inițială.

Electrofiltrele sînt eficiente pentru reținerea particulelor de dimensiuni foarte mici (sub 0,5 μ), pentru fum etc. Ele comportă două trepte; în prima treaptă, în care funcționează un curent de 12 000 V, particulele sînt supuse unui cîmp ionizat, iar în treapta a doua, în care funcționează un curent de 6 000 V, particulele sînt colectate de elemente cu încărcare opusă.

După colmatare, cînd rezistența la traversare a depășit de 2—3 ori pe cea inițială, filtrele uscate și vîscoase sînt de cele mai multe ori curățate; cele din sticlă, lînă sau hîrtie sînt aruncate. Filtrele vîscoase confecționate din site metalice sînt curățate prin spălare într-un lichid care are proprietăți de dizolvare, în special a uleiurilor; după curățire sînt îmbibate din nou cu ulei.

Conductele pentru transportul aerului sînt executate din materiale rezistente la coroziune; coroziunea la interior conduce la colmatarea difuzoarelor poroase cu materialul desprins de pe conducte. Conductele trebuie să fie dotate cu dispozitive de contracție sau dilatare, vane, debitmetre de aer etc.

14.2.2.2.2. *Bazinele cu aerare mecanică.* La aceste bazine (executate de obicei din beton armat), amestecul apei uzate și al nămolului se face cu mijloace mecanice, acestea realizînd în același timp și aportul de oxigen necesar. În prezent se cunosc trei tipuri distincte de bazine cu aerare mecanică: cu aeratoare mecanice cu perii sau cu palete; cu aeratoare mecanice cu aspirație; cu aeratoare mecanice cu rotoare.

Bazinele cu aeratoare mecanice cu perii sau cu palete. Bazinele cu aeratoare mecanice cu palete, folosite în trecut, constau din canale în care apa și nămolul din loc în loc, erau amestecate de palete. Canalele aveau o lățime de 1,0 m și adîncimea de 1,0 — 1,5 m, iar viteza de rotație era de 0,5 m/s. Aeratoarele cu perii, spre deosebire de cele cu palete, sînt folosite și în prezent în multe stații de epurare; sînt în funcție așa-numitele perii Kessener și rotoare mamut. În figura 14.24 este arătat un bazin cu aerator mecanic cu perii Kessener. Forma bazinelor este alungită; suprafețele transversale variază între 2,5 și 15,0 m²; diametrele periilor nu depășesc 50 cm; periile sînt confecționate din fire de Piasava, din plăci metalice etc. Rotoarele mamut sînt folosite pentru debite mai mari, diametrele rotoarelor fiind în medie de 1,0 m.

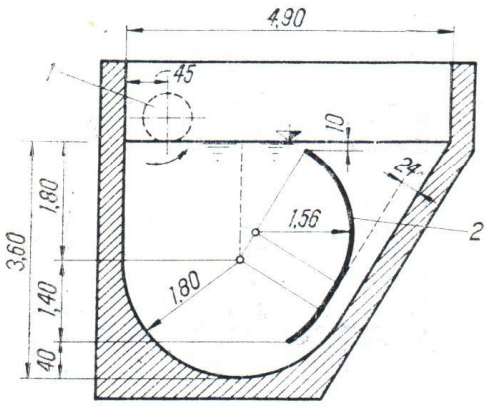


Fig. 14.24. Bazin cu aerator mecanic cu perii:
1 — perie Kessener; *2* — perete de dirijare a curentului.

Bazinele cu aeratoare mecanice cu aspirație sînt rar folosite în prezent. Acestea constau: dintr-un tub central în care apa circulă de sus în jos; din tuburi de aer, prin care aerul este aspirat în tubul central prin acțiunea Venturi; dintr-un

rotor așezat la partea de jos a tubului central, care circulă apa uzată, aspiră aerul și îl împrăștie în bule fine pe radierul bazinului.

Bazinele cu aeratoare mecanice cu rotor sînt foarte mult utilizate în prezent; ele se pot grupa în două mari categorii: cu tub central sub rotor (tipurile Simplex, Biorator etc.) și fără tub central (tipurile BSK, Vortair, Simcar, Actirotor). Cîteva tipuri de aeratoare cu tub central și fără tub central s-au realizat și la noi în țară, funcționînd cu rezultate similare celor din străinătate.

Se consideră că aeratoarele mecanice cu rotor dotate cu tub central realizează un amestec mai bun al lichidului din bazin. Părțile principale ale unui aerator mecanic cu rotor sînt: grupul de acționare format din motor și reductor și rotorul propriu-zis (fig. 14.25), ansamblul montîndu-se în bazin pe o pasarelă.

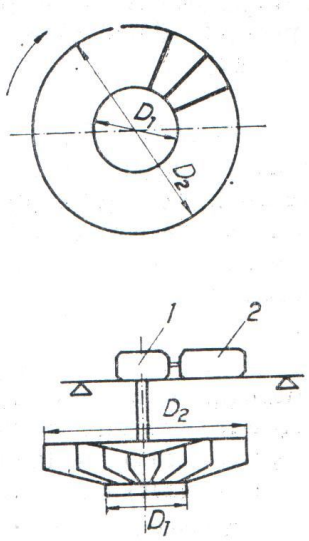


Fig. 14.25. Aerator mecanic cu rotor:
1 – reductor; *2* – motor.

Grupul de acționare se caracterizează prin randamentul motor-reductor, care influențează eficiența economică a sistemului (consumul de kWh/kgf de oxigen introdus); randamente $\eta = 0{,}90 - 0{,}97$ sînt comune în general tuturor aeratoarelor. Rotorul constituie partea principală a sistemului (v. fig. 14.25); el este constituit dintr-un disc de intrare inferior (care poate lipsi uneori) și unul de ieșire superior, pe care sînt așezate pale. Eficiența rotorului depinde de numărul de pale, de diametrul de ieșire și de diametrul de intrare. Diametrul de ieșire constituie caracteristica nominală de identificare a aeratorului mecanic cu rotor, acesta determinînd dimensiunile în plan ale bazinului de aerare. Viteza periferică a rotoarelor variază în limite nu prea largi, de la un rotor la altul, fiind de obicei mai mare ca 4 m/s și mai mică de 5 m/s, limita superioară fiind impusă de considerente economice și pentru evitarea distrugerii flocoanelor de nămol activ. Imersia h_i indică poziția suprafeței discului superior al rotorului față de nivelul staționar al apei din bazin; ea variază în limite destul de mari (de la —15 cm la +15 cm și condiționează transferul de oxigen în apă (capacitatea de oxigenare, CO).

Aeratoarele mecanice cu rotor trebuie să realizeze, în apropiere de radierul bazinului în care funcționează (la 0,1 m), o viteză de fund de minimum 0,15 m/s, pentru a împiedica depunerea nămolului activ pe radier; dacă se constată că această viteză nu se poate realiza, prin montarea unui tub central viteza de fund poate fi mărită (în general, la adîncimi de apă peste 3,0 m se execută tub central). În ceea ce privește eficiența amestecului ce se obține în bazinele cu nămol activ, din cercetările efectuate pînă în prezent se constată că în acestea apa uzată și nămolul sînt amestecate de 10—15 ori/h.

Forma în plan a unui bazin dotat cu aerator mecanic cu rotor este întotdeauna pătrată; dacă numărul aeratoarelor este mai mare, bazinul are forma unui canal, a cărui lățime este egală cu latura pătratului corespunzătoare amplasării unui singur aerator. În lungul bazinului, spațiile corespunzătoare unui singur aerator sînt de obicei separate prin pereți transversali direcției de curgere a apei, care au la partea de jos fante pe toată lățimea bazinului. Pentru un număr mare de aeratoare se poate recurge și la executarea de pereți

longitudinali etanși, pentru compartimentare. Unii autori contestă necesitatea pereților despărțitori. Pereții bazinului au la partea de jos vute cu înclinări de 45°.

14.2.2.2.3. *Bazinele cu aerare combinată.* Acestea folosesc în cadrul aceluiași bazin echipament de aerare pneumatică și mecanică. În trecut, aerarea pneumatică se realiza prin intermediul plăcilor poroase, iar aerarea mecanică cu aeratoare mecanice cu palete; în prezent sînt puține instalații care funcționează cu aerare combinată, deși există unele brevete ale unor firme de specialitate.

14.2.2.3. **Proiectarea bazinelor cu nămol activ.** Trebuie stabiliți de la început parametrii de proiectare, parte cu caracter comun tuturor bazinelor și parte specifice bazinelor cu aerare pneumatică sau celor cu aerare mecanică. Acești parametri depind în mare măsură de eficiența epurării (gradul de epurare necesar) care este funcție de condițiile de evacuare impuse.

În ceea ce privește eficiența epurării în complexul bazin cu nămol activ—decantor secundar, literatura de specialitate, în afară de definirea acesteia în procente, obișnuiește a o mai exprima și prin tipul epurării și prin încărcarea bazinului (tab. 14.10).

TABELA 14.10

Eficiența epurării [13]

După tipul epurării	După încărcarea bazinului	După gradul de epurare (%)
1. Bazine cu nămol activ cu stabilizarea nămolului	I_{ob}** = 0,25 kgf CBO_5/m^3 baz și zi	98
2. Bazine cu nămol activ cu nitrificarea tuturor sărurilor de amoniu *	I_{ob} = 0,50 kgf CBO_5/m^3 baz și zi	93—96
3. Bazine cu nămol activ cu reducerea $CBO_5 \leqslant 20$ mgf/dm³	Bazine cu nămol activ de mică încărcare, clasice, convenționale, I_{ob} = 1,0 kgf CBO_5/m^3 bazin și zi	60—85
4. Bazine cu nămol activ cu reducerea $CBO_5 \leqslant 30$ mgf/dm³	Bazine cu nămol activ de mare încărcare (epurare parțială) I_{ob} = 2,0kgf CBO_5/m^3 bazin și zi	60—80

* vezi cap. 9

** I_{ob} = încărcarea organică a bazinului

14.2.2.3.1. *Parametrii de proiectare comuni tuturor tipurilor de bazine cu nămol activ.* Din parametrii comuni fac parte cei care conduc la stabilirea volumului bazinelor, la cantitățile de nămol de recirculare și în exces, la cantitatea de oxigen necesară etc. (tab. 14.11).

TABELA 14.11

Parametrii de proiectare a bazinelor cu nămol activ [33]

Parametrii	U.M.	Epurare cu stabilizarea nămolului	Epurare cu nitrificare	Epurare pentru evacuarea în emisar a unui CBO_5:	
				$\leqslant 20$ mgf/dm³	$\leqslant 30$ mgf/dm³
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
Încărcarea organică a bazinului I_{ob}	kgf CBO_5/m³ de bazin și zi	0,25	0,5	1,0	2,0
Încărcarea organică a nămolului I_{on}	kgf CBO_5/kgf. de materii solide în suspensie, uscate, în greutate și zi	0,05	0,15	0,3	0,6
Încărcarea hidraulică a bazinului I_h	m³ apă uzată/m³ bazin și zi	0,83	2,5	5,0	10,8
Concentrația în materii solide, în suspensie, uscate, în greutate a amestecului din bazin C	gf/m³	5,0	3,3	3,3	3,0
	%	0,5	0,33	0,33	0,33
Indicele nămolului I_n	ml/gf	100	150	150	150
Procentul de nămol de recirculare P_{nr}	%	100	100	100	100
Nămol în exces N_{ex}	kgf materii solide în suspensie, uscate, în greutate în nămolul în exces /m³ bazin și zi	0,20	0,37	0,85	1,8
Oxigenul necesar O_n	kgfO_2/m³ bazin și zi	0,47	0,79	1,12	1,44
Capacitatea de oxigenare CO_{10} — pentru exploatare CO_e	kgf O_2/ kgf CBO_5	2,0	2,0	1,43	0,92
— pentru proiectare CO_p		2,5	2,5	2,0	1,5
Timpul (durata) de aerare t_a	ore	—	4	2	1
Vîrsta nămolului V_n	zile	25	9	4	2

Încărcarea organică a bazinului I_{ob} reprezintă cantitatea de CBO_5, în kgf, care poate fi îndepărtată în 1 m³ bazin și zi. Valorile încărcării organice variază în funcție de gradul de epurare solicitat, de timpul de aerare, de cantitatea de nămol de recirculare, de concentrația în materii solide în suspensie, uscate, în greutate C etc.

Încărcarea organică a nămolului I_{on} reprezintă cantitatea de CBO_5, în kg, care poate fi îndepărtată în bazin în timp de 1 zi de 1 kgf/materii solide în suspensie, uscate, în greutate C; ea depinde de gradul de epurare solicitat, de timpul de aerare etc.

Încărcarea hidraulică a bazinului I_h reprezintă raportul dintre cantitatea de apă introdusă în bazinul de aerare și volumul bazinului de aerare în timp de o zi. Este un parametru necesar verificării rezultatelor obținute, după ce s-au folosit pentru dimensionare parametrii menționați.

Concentrația în materii solide în suspensie, uscate, în greutate a amestecului din bazin C, dată în tabela 14.11.

Indicele nămolului I_n, numit și indexul Mohlman, reprezintă volumul flocoanelor de nămol activ din bazin (în ml), corespunzător unui gram de materii solide în suspensie, uscate în greutate, la o decantare de 30 min; acest index se calculează cu relația:

$$I_n = \frac{P_v}{C} \frac{\text{ml/dm}^3}{\text{gf/dm}^3} [\text{ml/gf}], \qquad (14\text{-}28)$$

în care:

C este concentrația în materii solide în suspensie, uscate, în greutate, a amestecului din bazin;

P_v — procentul de materii solide în suspensie, în volum din bazin; el reprezintă raportul în procente dintre volumul de nămol rezultat din decantare timp de 30 min a amestecului din bazinul cu nămol activ, într-un cilindru de 1 dm³ și volumul probei (1 dm³); acest raport variază între 10 și 25%, ceea ce reprezintă 100 — 250 ml/dm³ de nămol depus.

Unii autori recomandă valori mai mici decît cele din tabela 14.11; astfel, pentru bazine cu nămol activ cu stabilizarea nămolului, se admit valori de 50 ml/gf.

Procentul de nămol de recirculare P_{nr} sau raportul, în procente, dintre volumul de nămol de recirculare și volumul de apă uzată introdusă în bazin se recomanda, pînă nu demult, a avea valori cuprinse între 10 și 30 %; în prezent, datorită reducerii timpului de aerare, acest procent atinge valori de 100 %. Ținînd seama de parametrii amintiți mai sus, procentul de nămol de recirculare poate fi stabilit cu relația:

$$P_{nr} = \frac{100 \times C(\%) \times I_n(\text{ml/gf})}{100 - C(\%) \times I_n(\text{ml/gf})} \quad [\%], \qquad (14.29)$$

cu ajutorul căreia s-au stabilit și valorile din tabela 14.11.

Nămolul în exces N_{ex} reprezintă 1,5 — 3,0 % din cantitatea de apă ce intră în bazinul cu nămol activ.

În tabela 14.10 nămolul în exces este exprimat în kg materii solide în suspensie, uscate, în greutate din nămolul în exces, la 1 m³ de bazin și zi. Umidi-

tatea nămolului în exces provenit din decantcarele secundare este în medie de 99,3 %; de aceea el nu poate fi trimis direct în bazinele de fermentare a nămolului, deoarece are volum mare și, în consecință, este pompat în decantoarele primare. Umiditatea medie a amestecului de nămol din decantoarele primare (95 %) și al celui în exces (99,3 %) este de 95,5 %.

Pomparea nămolului în exces în decantoarele primare conduce la o mai bună decantare a apelor uzate din acestea (flocoanele de nămol au efect de coagulare), iar, pe de altă parte, cantitatea de gaz din bazinele de fermentare crește.

Oxigenul necesar O_n, respectiv aerul, este furnizat cu echipamentele descrise anterior, realizîndu-se așa-numita aerare prin bule la aerarea pneumatică și aerare de suprafață la aerarea mecanică. În ambele cazuri amestecului din bazin trebuie să i se asigure o cantitate de oxigen de 1—3 mgf/dm³; s-a constatat însă un consum de oxigen mai mare în partea amonte a bazinului, care se reduce treptat spre ieșire, deoarece la intrarea în bazin cantitatea de materie organică este mai mare, ea oxidîndu-se pe măsură ce ajunge spre ieșire. De aceea, în prezent, se recurge la aerarea mai intensă a capătului amonte al bazinului, în comparație cu cel aval, căutîndu-se să se păstreze în permanență cele 1—3 mgf/dm³ oxigen în toate punctele bazinului. Procedeul de a introduce aer în cantități variabile de-a lungul bazinului este cunoscut sub numele de *aerare treptată* în cadrul căruia aportul de oxigen este mai mare de 4—5 ori la intrare decît la ieșire. La schemele care folosesc bazine cu nămol activ de mare încărcare nu este necesară aerarea treptată, deoarece datorită încărcării mari hidraulice amestecul și omogenizarea în bazine se realizează foarte repede; de asemenea nu se aplică schemelor cu aerare prelungită (v. fig. 14.2). Oxigenul necesar variază și cu cantitatea de materii solide în suspensie, uscate, în greutate fiind cu atît mai mic cu cît acestea sînt mai mari, cu cantitatea de nămol de recirculare, cu temperatura, cu forma bazinului etc. În tabela 14.11 sînt date o serie de valori pentru diferite tipuri de epurare. Uneori, la dimensionare se are în vedere, în locul oxigenului necesar, cantitatea de aer necesară, ținînd însă seama că un procent destul de mic din oxigenul din aer (5—15 %) este utilizat. Cantitatea de aer se exprimă în m³ aer normal la 0°C și 760 mm col. Hg presiune (notat cu Nm^3/m^3 de bazin și h).

Capacitatea de oxigenare CO_{10} este unul din parametrii importanți pentru dimensionarea bazinelor de aerare. Prin capacitate de oxigenare se înțelege cantitatea de oxigen, în gfO_2, care se poate introduce (aportul) timp de 1 h în 1 m³ de apă curată, la temperatura de 10°C, la presiunea atmosferică de 760 mm col. Hg și la o absență constantă de oxigen. Capacitatea de oxigenare se consideră în general egală cu de două ori cantitatea de oxigen necesar ($CO_{10} \cong 2\ O_n$); ea poate fi însă stabilită cu o serie de formule, determinată în laborator sau în instalații la scară naturală. Ea se exprimă de obicei în $kgfO_2$/kgf CBO_5 și zi sau în kgf O_2/zi. În tabela 14.11 sînt date o serie de valori valabile pentru unele calcule necesare proiectării și exploatării.

Timpul sau durata de aerare t_a variază în raport cu numeroși factori, fiind în principal funcție de CBO_5 și CBO_{20} al apelor uzate, gradul de epurare, încărcarea hidraulică etc. Valorile care se recomandă pentru dimensionare sînt date în tabela 14.11.

Vîrsta nămolului V_n indică, la fel ca și indicele nămolului, dacă nămolul din bazin poate acționa mai bine sau mai rău în vederea epurării apelor uzate.

Se consideră că vîrsta nămolului reprezintă timpul mediu în care o particulă în suspensie rămîne sub aerare, adică raportul dintre concentrația în materii solide în suspensie, uscate, în greutate în amestecul din bazinul de nămol activ și concentrația în materii solide în suspensie separabile prin decantare a apelor uzate, care intră zilnic în bazinul cu nămol activ [9]:

$$V_n = \frac{C(\text{gf/dm}^3) \cdot t_a(\text{h})}{24 \cdot c(\text{gf/dm}^3)} \quad [\text{zile}] \qquad (14\text{-}30)$$

în care c este concentrația în materii solide în suspensie, separabile prin decantare, la intrarea în bazinul cu nămol activ.

În tabela 14.11 sînt date valorile corespunzătoare vîrstei nămolului pentru diferite categorii de epurare.

Încărcarea în locuitori I_l este un parametru cu totul aproximativ pentru determinarea volumului bazinelor cu nămol activ; astfel, pentru grade de epurare de 95—98, 80—90 și 60—70 % încărcarea în locuitori se poate lua 50, respectiv 75 și 100 locuitori/m³ bazin și zi; se menționează că valorile de mai sus sînt valabile pentru un CBO_5 intrat în bazinul de nămol activ de circa 35 gf/loc și zi și un consum specific de apă de circa 150 dm³/loc și zi.

Volumul bazinului cu nămol activ se determină cu ecuația:

$$V_{ol} = \frac{C_0}{I_{ob}} \quad [\text{m}^3], \qquad (14\text{-}31)$$

în care:

C_0 este cantitatea totală de CBO_5 intrată în bazin în timp de 1 zi, în kgf;
I_{ob} — încărcarea organică a bazinului, în kgf CBO_5/m³ bazin și zi.

14.2.2.3.2. *Parametrii specifici proiectării bazinelor cu nămol activ cu aerare pneumatică.* Aproape în toate stațiile de epurare volumul bazinelor cu nămol activ și al decantoarelor este împărțit în două sau mai multe baterii independente, pentru o mai ușoară exploatare. Volumul bazinului de aerare din fiecare baterie este și el împărțit prin pereți longitudinali în compartimente, realizîndu-se astfel un fel de canale (fig. 14.26). Lățimea unui astfel de canal se recomandă a nu depăși de două ori înălțimea, care variază între 3,0 și 5,0 m; unele bazine au lățimea egală cu înălțimea. Raportul între lungimea și lățimea canalelor trebuie să fie cuprins între 5:1 și 10:1, pentru a se reduce la minimum pericolul scurtcircuitării bazinului. Lungimile canalelor variază între 30 și 120 m. La bazinele tip INKA adîncimea medie de apă este de 3,0 — 3,5 m, iar lățimea de 3,0 m.

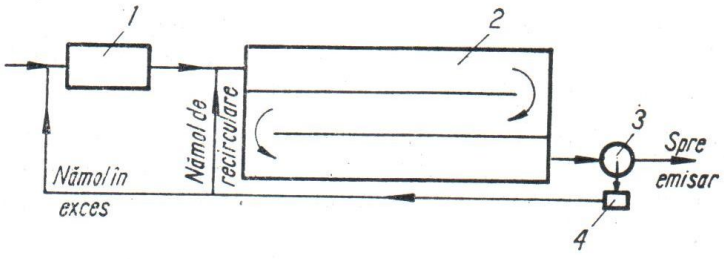


Fig. 14.26. Forma în plan a bazinelor cu aerare pneumatică:
1 — decantor primar; 2 — bazin cu nămol activ; 3 — decantor secundar; 4 — stație de pompare a nămolului.

Capacitățile de oxigenare CO_{10} și eficiențele de aerare $E_{10\,net}$ ale bazinelor cu nămol activ cu aerare pneumatică sînt date în tabela 14.12, în funcție de mărimea bulelor, respectiv de echipamentul de introducere a aerului (difuzoare poroase sau tuburi găurite). Se

TABELA 14.12

Capacităţi de oxigenare (CO_{10}) şi eficienţele de aerare ($E_{10\ net}$) ale bazinelor cu nămol activ cu aerare pneumatică [33]

Felul aerării	Condiţii de lucru	Valori bune		Valori medii	
		O_2 introdus -CO_{10}-(gfO_2/m^3 aer/m adîncime de bazin)	O_2 folosit (Eficienţa de aerare $E_{10\ net}$) ($kgfO_2$/kWh)	O_2 introdus -CO_{10}-(gfO_2/m^3 aer/m adîncime de bazin)	O_2 folosit (Eficienţa de aerare, $E_{10\ net}$) ($kgfO_2$/kWh)
Aerare cu bule fine	Apă curată	12	2,2	10	1,7
	Exploatare* (apă uzată)	10	1,8	8	1,3
Aerare cu bule medii	Apă curată	7	1,4	6	1,1
	Exploatare* (apă uzată)	5,5	1,1	4,5	0,8
Aerare cu bule medii, INKA	Apă curată	9	1,8	8	1,5
	Exploatare* (apă uzată)	7,5	1,5	6,5	1,2
Aerare cu bule mari	Apă curată	7	1,2	5	0,9
	Exploatare* (apă uzată)	4,5	0,9	4	0,7

* Valori care se folosesc la proiectare

dau valori corespunzătoare pentru apa curată, cît şi pentru apa uzată. De asemenea, valorile capacităţilor de oxigenare sînt împărţite în două clase: bune şi medii. În funcţie de adîncimea de scufundare a difuzoarelor poroase sau a conductelor găurite, precum şi de diametrele bulelor, variază şi cantitatea de oxigen introdus corespunzător la 1 m^3 aer; astfel, cantitatea de oxigen introdus trebuie să fie cu atît mai mare cu cît adîncimea de scufundare este mai mare şi cu cît bulele sînt mai mici şi invers.

Energia brută necesară sistemului de aerare se determină pornind de la constatările din practică, care au arătat că la aerarea cu bule fine sînt necesari 6 Wh/m^3 aer şi 1 m de adîncime de bazin pentru condiţii bune de lucru, şi 5,5 Wh/m^3 aer şi 1 m de adîncime de bazin pentru condiţii medii de lucru; la aerarea cu bule medii şi mari sînt necesari 5,5 respectiv 5,0 Wh/m^3 aer şi 1 m adîncime de bazin.

În continuare se recomandă valorile limită corespunzătoare dimensionării conductelor şi canalelor de apă, nămol sau aer rezultate din practică. Astfel, viteza apei prin stăvilarele bazinului cu nămol activ trebuie să fie de 0,15 m/s, pentru a nu se distruge flocoanele, în timp ce viteza orizontală a apei în bazinele cu nămol activ trebuie să fie mai mare ca 0,15 m/s, pentru a se împiedica depunerea flocoanelor. Viteza nămolului în canale sau con-

ducte trebuie să fie mai mare ca 0,45 m/s. Pentru dimensionarea conductelor și canalelor de apă uzată se folosesc diagramele din anexele I ... VI, iar pentru dimensionarea conductelor de nămol, diagrama din figura 20.1. Vitezele uzuale în conductele de aer, aproximativ orizontale, variază între 10 și 15 m/s; în conductele verticale viteza nu trebuie să depășească 5,0 m/s. Pierderile de sarcină pe conductele de aer, la care se adaugă și cele prin coturi, teuri etc., se stabilesc cu diagrame corespunzătoare din literatura de specialitate.

Presiunea aerului, respectiv presiunea la compresor H_c, necesară bazinelor cu nămol activ cu aerare pneumatică rezultă însumînd: pierderile de sarcină pe conductele de distribuție și piesele anexă (vane, teuri etc.); pierderile de sarcină prin difuzoarele poroase (plăci sau conducte) sau prin tuburile găurite, care pot fi luate egale cu 0,3—0,4 mCA; pierderile de sarcină prin filtrele de aer (0,003—0,01 mCA pentru filtrele vîscoase și circa 0,012 m CA pentru filtrele uscate); pierderile de sarcină prin contorul de aer, egale cu 0,025—0,05 mCA și înălțimea apei în bazin. Pierderile de sarcină sînt în general limitate la 25% din înălțimea apei din bazin. În acest caz presiunea la compresor, $H_c = 1{,}25 \cdot H$, H fiind înălțimea apei în bazin, în m.

Puterea necesară compresoarelor care alimentează cu aer bazinele cu nămol activ se stabilește cu relația:

$$P = \frac{34\,000\,(P_2^{0,29} - 1) \cdot Q}{75 \cdot \eta}, \quad [\text{CP}] \tag{14-32}$$

în care:

$$P_2 = \frac{10{,}3 + H_c}{10{,}3};$$

Q — cantitatea de aer necesară, în m³/s;
H_c — presiunea la compresor, în m;
η — coeficient de randament, egal cu 65—80%.

Exemplul de calcul 14.4. Să se determine parametrii comuni de proiectare ai bazinelor cu nămol activ pentru datele din exemplul 12.1, completate cu cele din exemplul 12.2 și cu concentrația de materii solide în suspensie, separabile prin decantare, la intrarea în bazinul de nămol activ, $c = 130$ mgf/dm³.

Se admite folosirea *parametrilor de dimensionare pentru evacuare în emisar a unui* $CBO_5 < 20$ *mgf/dm³*; din tabela 14.11, rezultă $I_{0b} = 1{,}0$ kgf CBO_5/m³ bazin și zi; $I_{0n} = 0{,}30$ kgf CBO_5/kg materii solide în suspensie, uscate, în greutate și zi; $I_h = 5{,}0$ m³ ape uzate/m³ bazin și zi; $C = 3{,}3$ g/m³ (0,33%); $I_n = 150$ ml/g; $P_{nr} = 100\%$; $N_{ex} = 0{,}85$ kgf materii solide în suspensie, uscate, în greutate/m³ bazin și zi; $O_n = 1{,}12$ kgf O_2/m³ bazin și zi; $CO_e = 1{,}43$ kgf O_2/kgf CBO_5; $CO_p = 2{,}0$ kgf O_2/kg CBO_5.

Cantitatea de CBO_5 intrată în bazin în timp de o zi, $C_0 = 0{,}150 \times 0{,}1 \times 86\,400 = 1296$ kg/zi.

Cantitatea de O_2 introdus într-o zi este $CO \cdot C_{0p} = 2 \times 1296 = 2592$ kgfO_2/zi = 108 kgfO_2/h.

Volumul bazinului, conform ecuației (14-31) este $V_{0l} = C_0/I_{0b} = 1296/1{,}0 = 1296$ m³.

Timpul de aerare este $t_a = 24 \cdot V_{0l}/Q = 24 \times 1296/0{,}1 \times 86\,400 = 3{,}6$ h, deci mai mare ca 2 h cît mai este minimum (v. tab. 14.11).

Vîrsta nămolului, conform ecuației (14-30) este: $V_n = C \cdot t_a/24 \cdot c = 3\,300 \times 3{,}6/24 \times 130 = 3{,}8$ zile, apropiată de cea din tabela 14.11.

Exemplul de calcul 14.5. Folosind parametrii comuni stabiliți în exemplul 14.4, să se proiecteze bazinele cu nămol activ cu aerare pneumatică utilizînd difuzoare din plăci poroase bule fine).

Difuzoarele, pentru o capacitate de oxigenare corespunzătoare aerării cu bule fine, funcționare cu apă uzată și valori medii (v. tab. 14.12), $CO_{10} = 10$ gf O_2/m³ aer și m adîncime de bazin; dacă se ia adîncimea bazinului, $H = 4{,}0$ m și difuzoarele se așază la 0,30 m de radier, cantitatea

de oxigen introdusă pe înălțimea de 3,7 m este: $10 \times 3,7 = 37$ gf O_2/m^3 aer; cantitatea maximă de aer $= 108 \times 1\,000/37 = 2918,90$ m^3 aer/h.

Energia consumată, considerînd valoarea de 6 Wh/m^3 de aer și 1 m adîncime de bazin, rezultă: energia brută, $E_b = 3,7 \times 6 = 22,20$ Wh/m^3 aer; energia brută consumată, total, $E_{bt} = 2918,90 \times 22,20 \times 10^{-3} = 64,79$ kWh/h.

Dimensiunile bazinului, pentru o adîncime a apei în bazin, $H = 4,0$ m, rezultă: lățimea $1,5 \times H = 6,0$ m; $A_{tr} = 24$ m^2; lungimea $L = 1\,296/24 = 54$ m; se proiectează o baterie cu două compartimente fiecare, $L = 2 \times 27 = 54$ m; $L/B = 27/6 = 4,5$ (recomandabil 5—10).

Plăcile poroase, considerînd suprafața radierului, $S_r = 54 \times 6 = 324$ m^2 și admițînd o intensitate de debit normal de aer de 1,0 m^3 aer/min și m^2, rezultă cu suprafața de $2\,918,90/60 \times 1,0 = 48$ m^2, ceea ce reprezintă circa 15% din suprafața radierului (recomandabil 15—20%).

Parametrii tehnico-economici de exploatare; la capacitatea de oxigenare de exploatare $CO_e = 1,43$ kgf O_2/kgf CBO_5 (v. tab. 14.11), se introduc zilnic $1,43 \times 1\,296 = 1\,850$ kgf O_2/zi; pentru 37 gfO_2/m^3 aer rezultă: $1850 \times 1\,000/37 = 50\,000$ m^3 aer/zi; pentru o eficiență de 90% a bazinelor cu nămol activ se îndepărtează zilnic: $1\,296 \times 0,9 = 1\,160$ kgf CBO_5 /zi; debitul de aer/kgf $CBO_{5i} = 50\,000/1\,160 = 42,90$ m^3 aer/kgf CBO_{5i}; energia brută consumată, $42,90 \times 22,20 \times 10^{-3} = 0,95$ kWh/kgf CBO_{5i}; debitul de aer /m^3 ape uzate $= 50\,000/0,1 \times 86\,400 = 5,8$ m^3 apă uzată.

Puterea compresorului, conform ecuației (14-32) este de: $P = [34\,000 \times (F_2^{0,29} - 1) \cdot Q]/75\,\eta$; $P_2 = (10,3 + 1,25 \times 4,0)/10,3 = 1,48$; $P = [34\,000 \times (1,48^{0,29} - 1) \times 0,81]/75 \times 0,65 = 67,84$ CP $= 50$ kWh/h, mai mare decît $E_{bt} = 64,79$ kWh/h rezultată mai sus.

14.2.2.3.3. *Parametrii specifici bazinelor cu nămol activ cu aerare mecanică.* Bazinele cu aeratoare mecanice cu perii sau palete au forme alungite în plan, asemănătoare celor cu aerare pneumatică. Lățimi de 3—9 m și adîncimi de 3—5 m sînt cele mai uzuale unor bazine ce nu depășesc 30—50 m.

Forma în plan și organizarea bazinelor cu nămol activ cu aeratoare mecanice cu rotor a fost arătată anterior. Trebuie adăugat însă că dimensiunile bazinelor sînt definite de patru elemente importante: înălțimea apei în bazin H_0, latura pătratului L, diametrul rotorului D_2 și imersia h_i. Între aceste elemente trebuie să existe următoarele relații: $L/D_2 = 8—10$; $H_0/D_2 = 3—5$; $L/H_0 = 2—4$ (medie 3,5) și $h_i/D_2 = 0,05—0,15$.

În tabela 14.13 sînt date după W. Trieb el eficiențele de aerare $E_{10\,net}$ a aeratoarelor mecanice cu perii și cu rotor, iar în tabela 14.14, caracteristicile aeratoarelor mecanice cu rotor românești mai des folosite, precum și dimensiunile corespunzătoare bazinelor.

TABELA 14.13

Eficiența de aerare ($E_{10\,net}$) a aeratoarelor mecanice

Tipul aeratorului	Condiții de lucru	Eficiențe de aerare ($E_{10\,net}$) (kgf O_2/kWh)	
		Valori bune	Valori medii
Aerator mecanic cu perie	Apă curată	1,9	1,9
	Exploatare* (apă uzată)	1,6	1,4
Aerator mecanic cu rotor	Apă curată	1,8—2,2	1,3—1,8
	Exploatare* (apă uzată)	1,8—2,2	1,3—1,8

* Valori folosite la proiectare

TABELA 14.14

Caracteristicile aeratoarelor mecanice cu rotor românești

Nr. crt.	L (m)	BAZIN H_0 (m)	BAZIN h_i (cm)	BAZIN V_{0i}* (m³)	AERATOR Tip / Putere motor (kW)	AERATOR D_2 (mm)	AERATOR n (rot/min)	AERATOR V_p (m/s)	AERATOR N_{net} (kW)	BAZIN–AERATOR parametrii de corelație L/H_0	L/D_2	H_0/D_2	h_i/D_2	PERFORMANȚE $N_{s\cdot net}$ (W/m³)	$CO_{s\cdot 10}$ (gfO_2/m^3h)	CO_{10} (kgf O_2/zi)	$E_{10\ net}$ ($kgfO_2$/kWh)
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
2	3	1,63	+2,5	14,90	12TD / 4,0	500	205	5,36	1,52	1,82	6,00	3,30	0,05	102,01	268,90	96,16	2,64
3	8	2,56	−5,0	161,00	16TD / 7,5	970	90	4,60	6,3 (8,4)**	3,12	8,24	2,64	−0,05	39,13 (52,17)	77,17	298,201	1,97 (1,48)
4	15	4,50	−20,0	967,50	9DT / 22,0	1960	73	7,50	16,8 (22,4)	3,33	7,65	2,30	−0,10	17,36 (23,15)	37,92	880,70	2,18 (1,64)

* La calculul volumului s-a ținut seama de imersie.

** La experimentări s-au măsurat valorile brute, cele din paranteză; valorile nete au fost calculate prin înmulțirea cu 0,75 a celor brute.

TD — rotor tip pompă, cu palete drepte tangențiale.

DT — rotor tip pompă, diagonal, cu tub.

La proiectare — valorile din coloana 17 trebuie afectate de coeficienții de transfer, care se determină experimental (acoperitor se poate lua pentru cei doi coeficienți, valoarea 0,7).

Puterea la arbore N_{net} condiționează funcționarea grupului de acționare (motor-reductor); puterea depinde de diametrul la ieșire D_2 și de turație.

Capacitatea de oxigenare CO_{10}, la 10°C, determină numărul de aeratoare mecanice cu rotor; capacitatea de oxigenare pentru exploatare rezultă din înmulțirea capacității de oxigenare pentru apă curată cu doi coeficienți de transfer (α și β) care se determină experimental, pentru fiecare tip de apă uzată; în mod cu totul aproximativ, ordinul de mărime a celor doi coeficienți pentru ape uzate orășenești, poate fi luat egal cu 0,7.

Capacitatea specifică de oxigenare CO_{s10} sau transferul specific de oxigen, precum și puterea specifică la arbore $N_{s\,net}$ sînt parametrii importanți tehnico-economici, funcție de volumul bazinului.

Eficiența de aerare $E_{10\,net}$, în kgf O_2/kWh corelează consumul de energie cu capacitatea de oxigenare.

La proiectare se va ține seama de următoarele utilaje mecanice proiectate de ISLGC: aerator cu perii; aerator cu rotor cu imersie fixă pe pasarelă; aerator cu rotor cu imersie reglabilă și aerator cu rotor cu imersie fixă pe flotor, toate avînd ca executant IMMUM — Baia Mare.

Exemplul de calcul 14.6. Folosind parametrii comuni din exemplul 14.4, să se proiecteze bazinele cu nămol activ care folosesc aeratcare mecanice cu rotor românești.

Aeratoarele mecanice cu rotor se aleg de tipul 16 TD 970 din tabela 14.14; capacitatea de oxigenare pentru proiectare 0,7 × 298,2 = 208,74 kgf O_2/zi; numărul de aeratoare, n = = 2 592/208,74 = 12,41; se iau 12 aeratcare.

Dimensiunile bazinelor, pentru un aerator, conform tabelei 14.14, sînt: 8 × 8 × 4,5 m; volumul total pentru 12 bazine, V_{01t} = 161 × 12 = 1932 m³, mai mare decît cel rezultat din considerarea încărcării organice (v. exemplul 14.4); se execută două baterii cu 6 aeratcare fiecare, lungimea L = 48 m și B = 8,0 m.

Parametrii tehnico-economici de exploatare: oxigenul introdus în timp de 1 zi de cele 12 aeratcare: 12 × 208,74 = 2504,88 kgf O_2/zi; energia brută totală consumată (v. tab. 14.4), 2504/1,48 = 1691,89 kWh/zi = 70,5 kWh/h, mai mare decît cea rezultată la folosirea plăcilor poroase (v. exemplul 14.5); energia brută consumată pentru îndepărtarea a 1 kgf CBO_5 este 1691,89/2332,8 = 0,72 kWh/kgf CBO_5t, mai mică decît cea consumată la folosirea plăcilor poroase (v. exemplul 14.5).

Verificările necesare sînt: timpul de aerare, t_a = 1932 × 24/0,1 × 86 400 = 5,36 h, rezultat admisibil, deoarece timpul minim este de 4 h (v. tab. 14.11); încărcarea organică a bazinelor, I_{ob} = 1296/1932 = 0,67 kgf CBO_5/m³ bazin și zi, acceptabilă, ea depășind puțin pe cea admisă în exemplul 14.4.

14.2.3. Decantoare secundare

Decantoarele secundare constituie o parte componentă importantă a treptei de epurare biologică; ele au drept scop să rețină nămolul — materiile solide în suspensie separabile prin decantare (membrana biologică sau flocoanele de nămol activ, evacuate odată cu apa uzată din filtrele biologice, respectiv din bazinele cu nămol activ). Nămolul din decantoarele secundare are un conținut mare de apă, este puternic floculat, este ușor și intră repede în descompunere; dacă rămîne un timp mai îndelungat în decantoarele secundare, bulele mici de azot, care se formează prin procesul chimic de reducție, îl aduc la suprafață și astfel nu mai poate fi evacuat.

Dacă la filtrele biologice evacuarea nămolului este necesară mai mult sau mai puțin continuu, la bazinele cu nămol activ această operație trebuie să se facă continuu în mod obligatoriu, pentru a asigura cantitatea și calitatea corespunzătoare de nămol în bazine, de care depinde eficiența epurării.

Decantoarele verticale sînt cele mai recomandate; la stații mari de epurare se recurge la decantoare radiale sau longitudinale. Din punct de vedere constructiv, decantoarele secundare sînt asemănătoare celor primare (v. 12.3).

Timpii uzuali de rămînere a apei în decantoare, vitezele de trecere prin acestea, respectiv încărcările superficiale, sînt arătate în tabela 12.5.

Imhoff — Fair recomandă următorii parametri pentru decantoarele secundare, așezate după filtrele biologice:

— încărcarea superficială pentru decantoarele secundare verticale așezate după filtrele biologice de mică încărcare, circa 1,7 m/h, iar pentru cele așezate după filtrele biologice de mare încărcare, circa 1,3 m/h;

— încărcarea deversorului peste care este evacuată apa uzată decantată secundar, circa 200 m^3/zi și m;

— la stabilirea volumului de decantare trebuie să se țină seama de debitul de calcul, la care se adaugă debitul de recirculare.

Pentru decantoarele secundare așezate după bazinele cu nămol activ, Imhoff — Fair recomandă:

— încărcarea superficială pentru decantoarele secundare verticale, 1,5—3,0 m/h;

— încărcarea deversorului peste care se evacuează apa uzată decantată secundar, 200—250 m^3/zi și m;

— la stabilirea volumului de decantare trebuie să se țină seama de debitul de calcul, la care se adaugă debitul de nămol de recirculare.

La determinarea suprafeței orizontale a decantorului, în scopul stabilirii încărcării superficiale, trebuie să se scadă suprafața de sub jgheabul de colectare a apei decantate.

La decantoarele secundare radiale sau longitudinale, se recomandă ca raportul dintre lungime (sau diametru) și adîncimea apei la perete să fie de circa 7 : 1, respectiv circa 10 : 1.

La proiectarea utilajului mecanic pentru decantoarele secundare se pot avea în vedere proiectele executate de ISLGC: raclor radial cu lame pentru decantor secundar; raclor radial pentru decantor secundar cu evacuare hidraulică; raclor diametral pentru decantor secundar cu evacuare hidraulică; raclor pentru decantor secundar longitudinal cu lanț și raclete; raclor pentru decantor secundar longitudinal cu evacuare hidraulică, toate avînd ca furnizor UNIO — Satu Mare.

Capitolul 15

TRATAREA NĂMOLURILOR

Tratarea nămolurilor are ca scop mineralizarea materiilor organice din acestea; se obține astfel reducerea volumului, respectiv posibilitatea de tratare mai ușoară a acestora, precum și cantități importante de gaz metan, folosit în principal pentru nevoile stației de epurare. Nămolurile fermentate sînt aproape lipsite de miros și pot fi folosite ca atare sau în diferite scopuri după ce sînt tratate.

15.1. CARACTERISTICILE ŞI DEBITELE NĂMOLURILOR

Namolurile provin din decantarea primară și secundară a apelor uzate. Caracteristicile fizice, chimice, biologice și bacteriologice ale acestora depind în mare măsură de proveniența lor.

Dintre *caracteristicile fizice*, culoarea și mirosul furnizează primele informații asupra namolului. Namolurile proaspete din apele uzate orășenești au culoarea cenușie deschis, fiind aproape lipsite de miros; namolurile care au fermentat complet au culoarea cenușie închisă și miros de gudron.

Umiditatea sau conținutul de apă al namolului se determină prin stabilirea pierderii în greutate, ca urmare a evaporării în etuvă la 105°C, pînă la completa uscare. Umiditatea se exprimă în procente. În loc de umiditate, de cele mai multe ori se ia în considerare conținutul de materii solide totale (în suspensie și dizolvate) ale namolului. Valorile umidității și conținutul de materii solide totale sînt date în tabela 15.1.

TABELA 15.1

Debite de namol în stațiile de epurare

Tipul instalațiilor	Materii solide totale (gf/loc și zi)		Materii solide totale (%)		Conținutul în apă (%)		Cantitatea de namol (dm³/loc și zi)	
(1)	(2)		(3)		(4)		(5)	
Epurarea mecanică								
Namol din decantoare evacuat direct de sub apă	54		2,5		97,5		2,16	
Idem, evacuat din bazinul de recepție al stației de pompare, unde s-a separat parțial de apă	54		5		95,0		1,08	
Namol fermentat umed	34		13		87,0		0,26	
Namol fermentat în aer liber	34		45		55,0		0,13	
Epurarea mecano-biologică	Încărcări							
	a	*b*	*a*	*b*	*a*	*b*	*a*	*b**
Filtre biologice								
Namol din decantoarele secundare	13	20	8	5	92	95	0,16	0,40
Namol din decantoarele primare și secundare amestecat	67	74	5,5	5	94,5	95	1,22	1,48
Idem, fermentat	43	48	10	10	90	90	0,43	0,48
Idem, fermentat și uscat în aer liber	43	48	45	45	55	55	0,17	0,19
Bazine cu namol activ								
Namol din decantoarele secundare	31	25	0,7	1,5	99,3	97,5	4,43	1,67
Idem, după 0,5 h de decantare	31	25	1,5	2	98,5	98	2,07	1,25
Namol din decantoarele primare și secundare amestecat	85	79	4,5	4,5	95,5	95,5	1,87	1,75
Idem, fermentat	55	52	7	10	93	90	0,79	0,52
Idem, fermentat și uscat în aer liber	55	52	45	45	55	55	0,23	0,22

* *a* — mică; *b* — mare

Observații. În privința cantităților de namol provenite din stațiile de epurare care au în componența lor instalații de coagulare a se vedea capitolul 13.

La filtrele biologice scufundate, namolul din decantoarele secundare care este înapoiat în decantoarele primare reprezintă 1,5 dm³/loc și zi și are o umiditate de 97,5%; după fermentarea namolului provenit din amestecul din decantoarele primare cu cel din decantoarele secundare cantitatea de namol este de 0,61 dm³/loc și zi, iar umiditatea de 90%.

Greutatea specifică sau volumetrică a nămolurilor γ_n variază în funcție de proveniența lor între 1,002 și 1,118 tf/m³; nămolurile din decantoarele primare amestecate cu cele din decantoarele secundare au greutatea specifică $\gamma_{nd} = 1{,}004 - 1{,}010$ tf/m³, iar nămolurile în exces, $\gamma_{ne} = 1{,}001$ tf/m³.

Densitatea nămolurilor variază între 1,0 și 1,3 gf/cm³.

În privința *variației volumului* nămolului, urmare a schimbării de umiditate, respectiv conținutului de materii solide totale, se admite în general, că neglijînd schimbările în greutatea specifică, proporția față de volumul inițial este egală cu raportul între procentele de materii solide totale inițiale și după schimbarea volumului.

Spre exemplu, dacă un nămol a avut umiditatea de 95%, respectiv 5% materii solide totale și un volum de 100 m³, iar prin fermentare a ajuns să aibă 90% umiditate și 10% materii solide totale, volumul său după fermentare este de (5/10) × 100 = 50 m³.

Acestea se pot exprima și cu relația:

$$V_2 = V_1 \frac{100 - p_1}{100 - p_2}, \qquad (15\text{-}1)$$

în care:

V_1 și V_2 sînt volumele de nămol;

p_1 și p_2 — umiditățile corespunzătoare ale nămolului în procente.

Filtrabilitatea sau *capacitatea de filtrare* (de a pierde apa) a nămolurilor se determină în mod sumar prin observarea timpului necesar nămolului pentru a deveni consistent sau să prezinte o serie de crăpături cînd a fost întins pentru uscare în aer liber, pe o platformă de nisip sau pe hîrtie de filtru. Pe baza observațiilor se poate stabili cu oarecare aproximație dacă nămolul cercetat era proaspăt fermentat sau spălat, dacă conține substanțe chimice adăugate pentru mărirea filtrabilității, dacă se poate deshidrata în filtre etc. Pentru determinarea filtrabilității nămolurilor cu precizie, laboratoarele stațiilor de epurare mai mari folosesc aparate speciale (majoritatea dotate cu așa-numitele pîlnii Büchner). Cu ajutorul acestora se determină doi parametri importanți pentru capacitatea de filtrare a nămolurilor: rezistența specifică la filtrare r și coeficientul de compresibilitate s.

Puterea calorică a nămolurilor depinde de proveniența lor, de caracteristicile apelor uzate din care provin, de cantitatea de materii solide totale organice, uscate, numite și materii volatile etc. (tab. 15.2). Din tabelă se

TABELA 15.2

Valori aproximative ale puterii calorice ale nămolurilor

Materii solide totale organice, uscate (%)	Puterea calorică în kcal/kgf materii solide totale organice, uscate pentru nămoluri provenite de la:	
	Sedimentarea primară	Sedimentarea secundară după bazinele cu nămol activ
100	6650	5650
90	5850	5050
80	5100	4450
70	4300	3850
60	3600	3300
50	2800	2650
40	2150	2050
30	1400	1500

observă că, un nămol provenit din decantoarele primare, care, după cum rezultă din tabela 8.1, conține circa 70% materii solide totale organice, uscate, are o putere calorică de 4 300 kcal/kg materii solide totale organice, uscate; după fermentare, cînd conținutul acestor materii a scăzut la circa 40%, puterea calorică se reduce corespunzător la circa 2 150 kcal/kg materii solide totale organice, uscate. Pentru nămolurile provenite în urma folosirii de coagulanți pentru decantarea materiilor în suspensie, puterea calorică trebuie redusă în comparație cu cifrele din tabela 15.2, în funcție de cantitatea de coagulant care există în nămol.

Dintre *caracteristicile chimice*, *p*H-ul nămolului, care intră sau iese de la fermentare sau cel din timpul fermentării are o deosebită semnificație, el fiind în același timp și ușor de determinat; *p*H-ul nămolului trebuie să fie permanent în jur de 7,0; valori mai mari de 8,5 și mai mici de 6,0 indică o înrăutățire a fermentației și deci sînt necesare măsuri pentru redresarea procesului.

Materiile solide totale, uscate, în greutate, reprezintă o caracteristică importantă a nămolurilor, care se determină prin uscarea nămolului în etuvă la 105°C, după care se cîntărește reziduul. Cantitățile de materii solide totale ale nămolurilor provenite din diferite obiecte ale stației de epurare sînt arătate în tabela 15.1. Materiile solide totale pot fi minerale și organice (volatile). Nămolurile brute provenite din decantoarele primare, la fel ca și apa brută (v. tab. 8.1), conține 60—70% materii organice și 30—40% materii minerale; după fermentare procentele se inversează, cantitatea de materii organice coboară la 40—45%, iar cea minerală urcă la 60—65%.

Fermentabilitatea nămolurilor se măsoară în mod convențional prin studierea în laborator a fermentării unui amestec din nămolul ce urmează a fi analizat (două părți) cu nămol bine fermentat (o parte), caracterizate prin conținutul în materii organice. Condițiile de fermentare a nămolurilor sînt definite de cantitatea și calitatea gazului rezultat în timpul fermentării (la o bună fermentare se obțin 30% bioxid de carbon și 70% metan); de raportul dintre materiile organice și minerale (la o bună fermentare raportul este de circa 2/3), de cantitatea de acizi volatili (în medie 500 mgf/dm^3) etc.

Substanțele fertilizante prezintă importanță pentru valorificarea nămolului fermentat în agricultură, la care conținutul de fosfor și azot se găsește în cantități suficiente; potasiul este în general insuficient (v. 15.4.4).

Analizele chimice mai detaliate trebuie să stabilească conținutul de substanțe toxice, grăsimi, detergenți, care împiedică fermentarea.

O determinare chimică deosebit de importantă este cea care stabilește conținutul de gaze.

Caracteristicile biologice și bacteriologice ale nămolurilor indică mersul fermentării acestora. Bacteria metanului ajută la formarea metanului și la distrugerea parțială a bacteriilor patogene; bacteriile de nitrificare dezintegrează oxigenul legat de azot din nitriți și nitrați, contribuind astfel la realizarea fermentării anaerobe etc. Este de menționat că bacilul tuberculozei nu este distrus în timpul fermentării la 55°C (fermentare termofilă, care nu este însă practicată în stațiile de epurare), dar sînt distruse majoritatea bacteriilor și ouăle de helminți.

Debitele de nămol în diferite etape ale fermentării și prelucrării lui sînt date în tabela 15.1, completate cu cele din tabela 8.1. Aceste valori sînt stabilite pentru un consum specific de 150 dm^3/loc și zi și pentru ape uzate

provenite din sistemul separativ de canalizare. Valorile din tabela 15.1 variază în funcție de compoziția apelor uzate și felul epurării, cantitatea de ape uzate industriale și natura deșeurilor evacuate odată cu acestea (valorile putîndu-se chiar dubla), conținutul de materii solide totale din apele uzate brute etc. În cazul sistemului unitar de canalizare, dacă rețeaua dispune de numeroase deversoare pe parcurs, iar în amonte de stația de epurare există un deversor care lasă să intre în stație numai două debite menajere, valorile din tabela 15.1 pot fi folosite întocmai. Pentru nămolurile provenite din apele uzate ale unui sistem unitar de canalizare care nu îndeplinesc condițiile de mai sus, valorile trebuie majorate; pentru rețelele de canalizare dimensionate în sistem unitar care folosesc bazine de apă de ploaie, cu introducerea în rețea a nămolurilor, valorile trebuie majorate cu cel puțin 20%.

În S.U.A. pentru nămolurile provenite din stațiile de epurare care prelucrează ape uzate din sistemul unitar de canalizare, valorile din tabela 15.1 se măresc cu 50—100%; stațiile de epurare care folosesc coagulanți pentru decantarea apei produc cantități de nămoluri de cel puțin două ori mai mari decît cele care nu întrebuințează coagulanți; în acest caz cantitatea de materii solide totale se majorează cu 20—40% față de cele din tabela 15.1.

15.2. FERMENTAREA NĂMOLURILOR

Înainte de fermentare, uneori, pentru a micșora volumul de nămol, respectiv volumul bazinului de fermentare a nămolului, se procedează la îngroșarea nămolului în așa-numitele îngroșătoare sau concentratoare de nămol (v. 15.4). Pentru depășirea perioadei de fermentare acidă a nămolului, în care reducerea materiilor organice și producția de gaz sînt nesemnificative se poate interveni numai prin metode artificiale. Fermentarea metanică poate fi atinsă într-un timp scurt de la începerea procesului (40—60 zile), dacă în bazinele de fermentare se introduce la început nămol fermentat provenit de la o altă instalație (circa 15—20 dm^3/loc), iar nămolul nefermentat se introduce numai în limite în care *p*H-ul de fermentare se menține în jur de circa 7,0; în locul nămolului fermentat se pot introduce frunze uscate. Tratarea nămolului în aceste condiții se numește *inocularea* sau *însămînțarea nămolului*.

După amorsarea fermentării, viteza de fermentare sau a descompunerii anaerobe este mai puțin bine precizată în comparație cu cea a descompunerii aerobe a materiilor organice; este de menționat că viteza descompunerii anaerobe este mult mai mică decît a celei aerobe.

Procesul de fermentare a nămolului este influențat de numeroși factori, dintre care, în primul rînd, se menționează temperatura; aceasta, la rîndul ei, influențează timpul de fermentare și cantitatea de gaz (fig. 15.1). Ținînd seama de temperatura de fermentare a nămolului, se deosebesc trei zone de fermentare: a temperaturilor înalte (50—60°C), în care acționează organismele *termofile*; a temperaturilor moderate (medie 30—35°C) în care acționează organismele *mezofile*; a temperaturilor joase (sub 15°C), în care acționează organismele *criofile*. Fermentarea nămolurilor în stațiile de epurare se realizează întotdeauna în zona temperaturilor moderate. Temperatura optimă de lucru în zona mezofilă este de 30—33°C (fig. 15.2), în care scop nămolul este încălzit în bazinele de fermentare; în decantoarele cu etaj sau

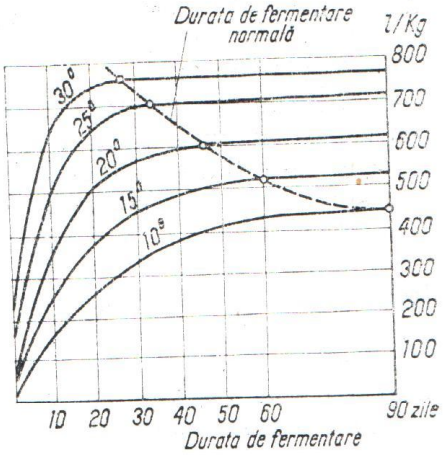


Fig. 15.1. Influența temperaturii asupra timpului de fermentare și a producției de gaz.

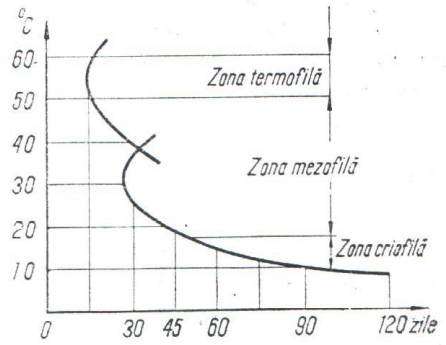


Fig. 15.2. Zone de fermentare a nămolului.

în fosele septice se realizează o fermentare în zona temperaturilor joase, deoarece acestea nu sînt încălzite.

Încălzirea, inocularea și amestecul nămolului sînt factori care acționează în paralel în timpul fermentării nămolului; pentru a depăși perioada de fermentare acidă în timp cît mai scurt, cei trei factori trebuie să acționeze în același timp. Amestecul are ca scop principal punerea în contact și uniformizarea materialului din bazinul de fermentare, respectiv a nămolului nou introdus cu cel care este în curs de fermentare. În lipsa amestecului, nămolul mai vechi care sedimentează mai ușor ar rămîne în permanență pe radierul bazinului, în timp ce nămolul proaspăt de deasupra, lipsit de bacterii anaerobe, ar fermenta destul de greu. Odată cu amestecul se produce și uniformizarea temperaturii de fermentare, precum și distrugerea spumei ce se formează la suprafața nămolului din bazin.

După ce fermentarea nămolului a atins un regim normal de lucru, la anumite perioade, nămolul fermentat trebuie evacuat din bazin; bineînțeles, în același timp se evacuează și o mică parte din nămolul proaspăt; tehnicile de exploatare sînt însă în măsură de a reduce la minimum partea de nămol proaspăt evacuat. Deranjarea fermentării poate apărea numai în condiții speciale, adică în prezența unor substanțe toxice în cantități mari, detergenți etc.; dacă detectarea acestora nu s-a făcut la timp, bazinul de fermentare trebuie golit și reluată amorsarea.

Produsele finale ale fermentării nămolului sînt: materiile solide totale, apa de nămol (incluzînd materii solide coloidale) și gaze.

Fermentarea nămolului se consideră terminată cînd s-a obținut 90% din producția de gaz teoretică, nămolul și-a pierdut o bună parte din apă, este stabil și are un miros aproape neperceptibil.

Fermentarea nămolului conduce la reducerea importantă a volumului; la finele fermentării, după cum rezultă din tabela 15.1, materiile solide totale se reduc de la 54 la 34 gf/loc și zi; cea mai mare parte a reducerii se referă la conținutul de apă, care de la 95% coboară la 87%, astfel încît cantitatea de nămol (volumul) se reduce la 25% față de cel inițial (de la 1,08 la 0,26 dm^3/loc și zi, tab. 15.1).

Cu toate că s-a produs o scădere importantă a cantității de apă, în comparație cu cea a nămolului proaspăt care este vîscos și aderent, nămolul fermentat este foarte fluid, pierde ușor apa și nu degajă miros.

Construcțiile pentru fermentarea nămolurilor sînt în cele mai multe cazuri sub forma unor bazine închise (din beton armat) așezate parțial sub nivelul solului, pentru a menține căldura necesară unei bune fermentări; bazinele deschise pentru fermentarea nămolului sînt mai rar folosite.

15.2.1. Fose septice

Aceste construcții au drept scop decantarea apei uzate și fermentarea nămolului rezultat din sedimentare. Ele sînt folosite pentru aglomerări mici (50—100 loc). Apele uzate epurate mecanic în fosa septică sînt evacuate apoi în emisar.

Fosele septice se execută din beton armat, beton, cărămidă, tuburi prefabricate din beton (fig. 15.3) etc. Consumul specific de apă pentru dimensionarea fosei s-a considerat de 85 dm³/om și zi, iar timpul de traversare 1 zi. Fiecare compartiment este prevăzut cu guri de vizitare, prin care se realizează și o bună ventilare.

Fosele septice se dimensionează, în general, pentru capacitatea de 0,2 m³/loc și durata de traversare de 1—2 zile, la un consum specific de apă de circa 100 dm³/loc și zi. Dimensiunile minime trebuie să corespundă unui volum de circa 3,0 m³. Evacuarea nămolului se face o dată sau de două ori pe an. Dacă fosa are trei compartimente, volumul primului compartiment va reprezenta 50% din volumul total, iar celelalte două, cîte 25% fiecare. Cantitatea de nămol evacuată din fosele septice rezultă din tabela 15.1.

În fosele septice dimensionate pentru o capacitate de 1,0 m³/loc, se poate considera că s-a realizat și epurarea biologică a apelor uzate. Capacitatea cea mai mică a unor asemenea fose este de 4,0 m³.

15.2.2. Decantoare cu etaj (decantoare Imhoff)

Decantoarele cu etaj, la fel ca și fosele septice, au ca scop decantarea apelor uzate (la partea superioară în jgheaburi) și fermentarea nămolului (la partea lor inferioară). Se recomandă pentru localități care nu depășesc 20 000 locuitori (respectiv debit de calcul circa 50 dm³/s). Se execută din beton armat și au mai întotdeauna forme circulare în plan, al căror diametru nu depășește 8—10 m.

Decantorul cu etaj tip ISPGC (fig 15.4) pentru 2 × 1 500 locuitori este alcătuit din două compartimente circulare în plan. De cele mai multe ori împrejurul decantoarelor sînt construite rigole, cu ajutorul cărora și al unor stăvilare se poate schimba sensul de curgere a apei, respectiv ordinea de introducere a ei în cele două compartimente, în scopul uniformizării depunerilor din cele două spații de fermentare. Distribuția uniformă a apei în decantoare se realizează cu ajutorul unor pereți semiscufundați, așezați la distanță de 0,5—0,7 m de la intrarea apei în jgheab. La ieșirea apei din jgheaburi sînt prevăzute deversoare reglabile pentru a se obține evacuarea cît mai uniformă a apei pe întreaga lățime a jgheabului. În scopul reținerii corpurilor plutitoare se

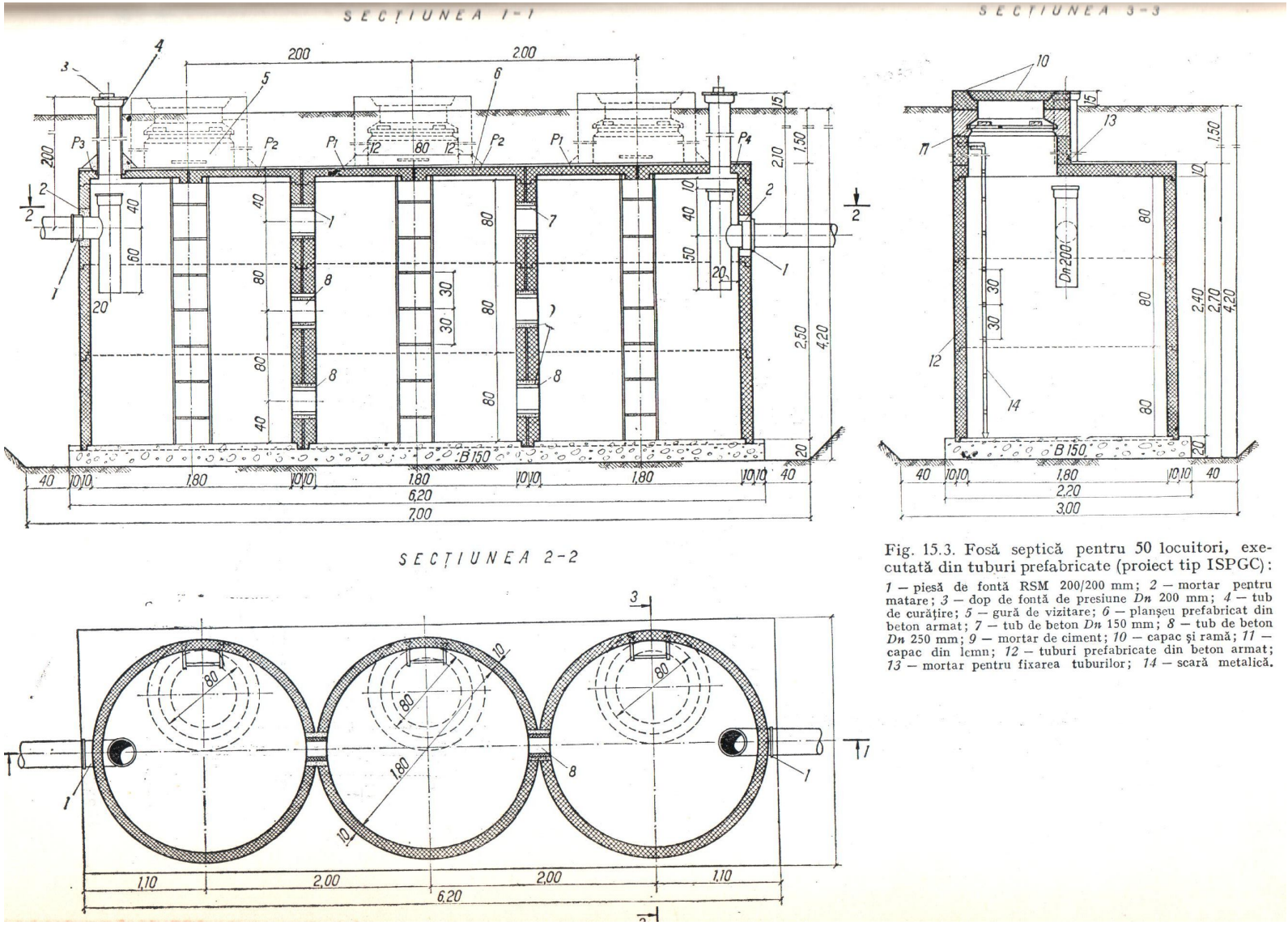
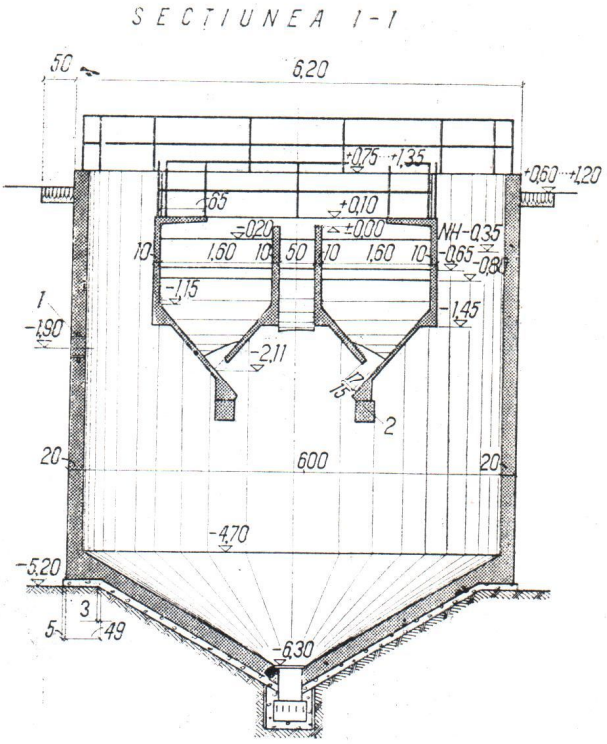


Fig. 15.3. Fosă septică pentru 50 locuitori, executată din tuburi prefabricate (proiect tip ISPGC):
1 — piesă de fontă RSM 200/200 mm; *2* — mortar pentru matare; *3* — dop de fontă de presiune *Dn* 200 mm; *4* — tub de curățire; *5* — gură de vizitare; *6* — planșeu prefabricat din beton armat; *7* — tub de beton *Dn* 150 mm; *8* — tub de beton *Dn* 250 mm; *9* — mortar de ciment; *10* — capac și ramă; *11* — capac din lemn; *12* — tuburi prefabricate din beton armat; *13* — mortar pentru fixarea tuburilor; *14* — scară metalică.



prevăd pereți semiscufundați, așezați la distanța de 0,50—0,75 m față de deversorul de la ieșirea apei din jgheab.

Jgheaburile sînt formate din o parte dreptunghiulară superioară și una triunghiulară inferioară.

Nămolul rezultat din sedimentare cade la partea inferioară a camerei de fermentare prin fanta lată de 0,25 m, din vîrful triunghiului format de laturile înclinate. Una din laturile triunghiului este mai lungă cu circa 15 cm, pentru a forma o șicană, în scopul împiedicării gazelor de a urca prin șicană la suprafața apei.

Spațiul de fermentare are forma de trunchi de con, pereții avînd o înclinare de 1 : 1 sau 1 : 2 (ver-

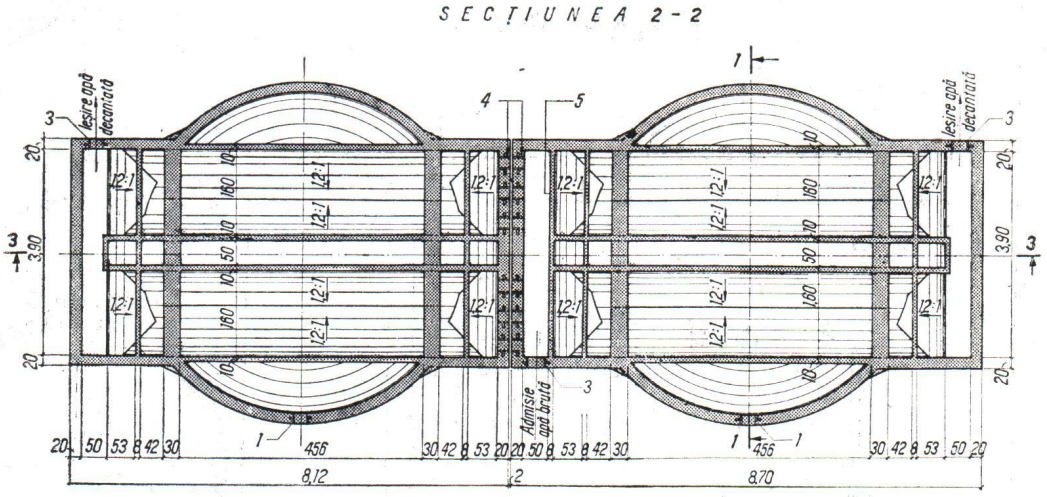


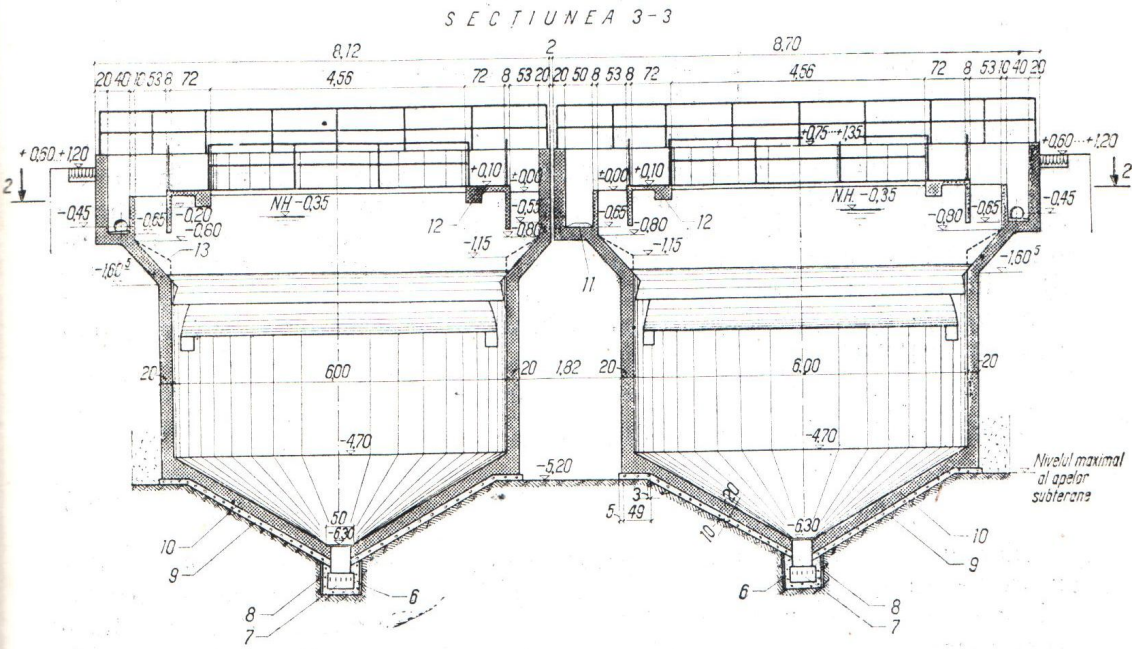
Fig. 15.4. Decantor cu etaj,

1 — piesă de trecere *Dn* 200; *2* — consolă; *3* — piesă de trecere *Dn* 250; *4* — piesă de trecere *Dn* 150; *5* — goluri ∅ 15cm; pantă; *12* — grindă Gl (30×30); *13* — completarea cu beton

ticală/orizontală). La decantoarele cu etaj cu mai multe compartimente, sub nivelul jgheaburilor, în zona unde există pereți comuni sau acolo unde unul se apropie de altul (dacă din motive constructive nu se fac pereți comuni), sînt prevăzute o serie de fante pe direcția de curgere a apei, care au drept scop să uniformizeze înălțimea nămolului în bazin.

Decantoarele cu etaj mai mari sînt prevăzute cu pereți transversali curentului a căror înălțime nu depășește nivelul inferior al jgheaburilor; ei au drept scop să împiedice amestecul apei brute proaspete cu nămolul din compartimentele de fermentare, amestec care ar conduce la înrăutățirea din punct de vedere calitativ a efluentului. Uneori, în același scop, se amenajează și pereți longitudinali.

Nămolul fermentat se evacuează prin conducte de fontă, al căror diametru este de minim 200 mm; deoarece acestea funcționează prin diferență de presiune, trebuie asigurată o diferență de nivel de 1,5—2,0 m. Dacă din diferite motive capătul inferior al conductei de evacuare s-a înfundat cu nămol, se poate interveni cu ajutorul unei conducte de apă sau aer sub presiune, montată lîngă acesta. La partea superioară conducta de evacuare a nămolului debușează într-un cămin, de obicei cu două compartimente, unul uscat, în care este plasată vana de manevră și altul umed, din care nămolul este trimis spre platformele de uscare. Dacă această operație se face prin gravitație,



proiect tip ISPGC:

7 — pietriș; 7 — piesă de epuisment; 8 — țeavă *Dn* 700 cu găuri; 9 — beton de egalizare; 10 — beton armat *B* 200; 11 — beton numai la varianta cu jgheaburi prefabricate.

panta conductei sau canalului trebuie să fie mai mare decît 1 : 8, respectiv decît 1 : 40, de cele mai multe ori însă nămolul ajunge pe platformele de uscare prin pompare.

Decantoarele cu etaj sînt dotate întotdeauna cu conducte de apă sub presiune, care debușează la diferite niveluri și puncte, ce au drept scop distrugerea crustei și spumei. *Crusta* se formează ca urmare a antrenării nămolului din spațiul de fermentare de către gaze. Ea se ridică la suprafața apei în jgheaburile de decantare, formînd așa-numitul „nămol plutitor" sau poate obtura fantele din pereții transversali sau longitudinali. Crusta se autodistruge cînd gazele sînt în cantitate mai mare și se pot elibera în atmosferă; aceasta este posibilă cînd apele uzate nu conțin cantități importante de grăsimi, păr sau materiale fibroase, care contribuie la menținerea crustei. Pentru distrugerea crustei, conductele de apă sub presiune trebuie să debușeze în partea de sus a laturii triunghiului ce constituie jgheabul de decantare.

Spuma din decantoarele cu etaj este în principal rezultatul pătrunderii unor mari cantități de detergenți; gazele, la fel ca și în cazul formării nămolului plutitor, aduc la suprafață substanțele care dau naștere la spumă. Spuma din decantoarele cu etaj este asemănătoare celei care se formează în bazinele cu nămol activ. Pentru îndepărtarea ei se folosește apă sub presiune, provenită din conductele care furnizează apă pentru distrugerea crustei; rareori se folosesc antispumanți.

Colectarea gazului rezultat din fermentarea nămolului din decantoarele cu etaj este rareori practicată.

În ceea ce privește *proiectarea*, se determină în primul rînd volumul de decantare (volumul jgheaburilor) cu ecuația cunoscută:

$$V_{ol.j} = Q_c \cdot t_d, \tag{15-2}$$

în care:

Q_c este debitul de calcul conform tabelei 8.3;
t_d — timpul de decantare conform tabelei 12.5.

Suprafața transversală a unui jgheab se determină ținînd seama că lățimea b a acestuia trebuie să fie de maximum 3,0 m, iar înălțimea în partea triunghiulară h_2 și dreptunghiulară h_1 să nu depășească 2,0 m. Panta pereților înclinați pentru un decantor constituit dintr-un singur jgheab, va corespunde la 1,2—1,5 pe verticală și 1,0 pe orizontală; pentru decantoare constituite din două jgheaburi alăturate panta va fi de 2 : 1.

Suprafața unui jgheab pentru o înclinare a pereților de 1,2 : 1 se calculează cu formula:

$$S_j = h_1 b + 0{,}3\, b^2. \tag{15-3}$$

Lungimea unui jgheab rezultă din relația:

$$L_j = \frac{V_{ol.j}}{S_j}. \tag{15-4}$$

Diametrul decantorului se consideră egal cu lungimea unui jgheab, dar nu va trebui să depășească 10 m; dacă se proiectează decantoare perechi, la lungimea jgheabului se adaugă 0,5—1,0 m, care reprezintă distanța dintre decantoarele perechi. Se verifică apoi dacă suprafața liberă a decantorului, adică suprafața orizontală a acestuia, din care s-a scăzut suprafața ocupată de jgheaburi, reprezintă cel puțin 20% din suprafața orizontală.

Volumul de fermentare a nămolului se determină cu ecuația:

$$V_f = N \cdot m, \tag{15-5}$$

în care:

N este numărul locuitorilor deserviți de decantorul cu etaj;

m — capacitatea specifică de fermentare (tab. 15.3).

În tabela 15.3 se găsesc o serie de capacități specifice pentru determinarea volumului de fermentare a decantoarelor cu etaj, valabile cînd acestea constituie treapta de epurare mecanică a unei stații de epurare mecano-biologică. De asemenea, parametrii de proiectare a decantoarelor cu etaj se găsesc și în tabela 15.4.

TABELA 15.3

Capacitatea specifică de fermentare a decantoarelor cu etaj

Temperatura medie anuală a aerului (°C)	Capacitatea specifică de fermentare m (dm³/loc)	Timp de fermentare (zile)
7	75	150
8	65	120
10	50	90

Înălțimea totală a decantoarelor cu etaj se determină cu ecuația:

$$H = H_s + H_u + H_n + H_d, \tag{15-6}$$

în care:

H_s este înălțimea zonei de siguranță deasupra nivelului apei în decantor (0,4—0,5 m);

H_u — înălțimea zonei utile de decantare $(h_1 + h_2)$;

H_n — înălțimea zonei neutre (0,4—0,5 m), care separă spațiul de fermentare de cel de decantare;

H_d — înălțimea depunerilor de nămol.

Conform STAS 4162-73, capacitățile specifice se sporesc cu 20% cînd temperatura medie anuală este mai mică decît 7°C; cu 20% cînd numărul locuitorilor deserviți este între 200 și 5 000 (Imhoff recomandă o mărire a capacităților specifice cu 50% cînd numărul locuitorilor este sub 5 000); cu 50% cînd decantoarele cu etaj constituie treapta de epurare mecanică dintr-o stație de epurare mecano-biologică. În cazul unităților industriale, cînd debitul dușurilor întrece cu 50% pe cel menajer, debitul de calcul va fi debitul maxim orar, însă numai pentru o funcționare de 45 min.

Exemplul de calcul 15.1. Să se proiecteze decantoarele cu etaj pentru epurarea apelor uzate provenite din rețeaua de canalizare dimensionată în sistem separativ, a unei localități, cu 4000 locuitori, avînd un debit zilnic maxim, $Q_{zi\ max} = 360$ m³/zi (15 m³/h); temperatura medie anuală a aerului 10°C.

Volumul de decantare a jgheaburilor se determină cu ecuația (15-2), iar timpul de decantare se stabilește conform tabelei 12.5: $V_{0lj} = Q_c \cdot t_d = 15 \times 1 = 15$ m³; se alege un jgheab cu dimensiunile $b = 2,0$ m; $h_1 = 0,5$ m; $h_2 = 1,2$ m; conform ecuației (15-3) suprafața jgheabului $S_j = h_1 \cdot b + 0,3 \cdot b^2 = 0,5 \times 2 + 0,3 \times 2^2 = 2,2$ m²; lungimea jgheabului conform ecuației (15-4), $L_j = V_{0lj}/S_j = 15/2,2 = 6,81$ m; se ia un decantor cu diametrul de 7,0 m; se verifică dacă suprafața orizontală a decantorului minus suprafața jgheabului este mai mare ca 20% din suprafața orizontală a decantorului: $3,14 \times 7,0^2/(4 - 7 \times 2) = 24,45$ m² $> 0,2 \times 38,45$.

Volumul de fermentare se determină cu ajutorul ecuației (15-5) și tabelei 15.3, $V_f = N \cdot m = 4\,000 \times 50/1\,000 = 200$ m³; se ia unghiul pereților radierului față de orizontală egal cu 30°; înălțimea trunchiului de con, $h_c = \text{tg}\,30° \cdot (D/2 - d/2) = 0{,}577 \times (3{,}5 - 0{,}25) = 1{,}87$ m (d este diametrul inferior al trunchiului de con); volumul trunchiului de con, $V_{trc} = 1/3 \times 3{,}14 \times 1{,}87\ (3{,}5^2 + 0{,}25^2 + 3{,}5 \times 0{,}25) = 25{,}87$ m³; volumul părții cilindrice, $V_{cil} = 200 - 25{,}87 = 174{,}13$ m³; înălțimea cilindrului, $h_{cil} = 174{,}13/3{,}14 \times 3{,}5^2 = 4{,}52$ m.

Înălțimea totală a decantorului, conform ecuației (15-6), $H = H_s + H_u + H_n + H_d = 0{,}5 + (0{,}5 + 1{,}2) + 0{,}5 + (1{,}87 + 4{,}52) = 9{,}09$ m $\simeq 9{,}10$ m.

Verificarea la debitul orar maxim a decantorului (jgheabului) se face în condiții similare celor stabilite la decantoare.

15.2.3. Bazine pentru fermentarea nămolului

Bazinele pentru fermentarea nămolului pot fi de tip închis și de tip deschis.

15.2.3.1. **Bazine închise.** Bazinele închise (rezervoare) sînt folosite pentru fermentarea unor mari cantități de nămol, fiind adaptate pentru a răspunde tuturor cerințelor necesare unei bune fermentări și valorificări a produselor finale: încălzire, amestec, inoculare, captarea gazelor etc.

Din punctul de vedere al funcționării, bazinele închise de fermentare se pot grupa în trei mari categorii: de mică încărcare, de mare încărcare și în două trepte.

15.2.3.1.1. *Bazinele de fermentare de mică încărcare.* Aceste rezervoare nu sînt încălzite. Amestecul nămolului din bazin se face numai într-o mică măsură de către gazele care se ridică la partea superioară și prin schimbul dintre materiile solide în suspensie din nămol și din crustă; însămînțarea nu este eficace. Volumul bazinului este astfel împărțit în trei zone: crustă, apă de nămol și nămol. În timpul exploatării trebuie evacuat periodic supernatantul și adusă crusta în zona de nămol. Nămolul evacuat are vîrstă mare, cantități mici de apă și stabilitate mare.

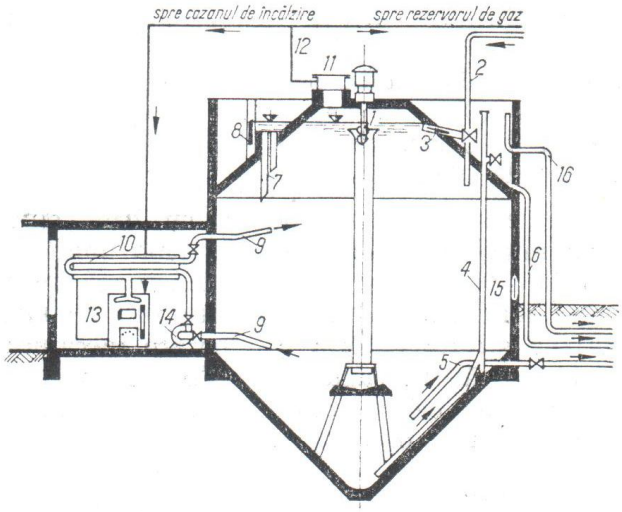


Fig. 15.5. Bazin închis de fermentare a nămolului (mare încărcare):

1 — amestecător; *2* — conductă pentru introducerea nămolului proaspăt; *3* — conductă pentru îndepărtarea din bazin a nămolului plutitor; *4* — conductă pentru evacuarea nămolului fermentat; *5* — conductă pentru evacuarea nămolului de pe fundul bazinului; *6* — conductă pentru evacuarea nămolului plutitor; *7* — conductă pentru evacuarea supernatantului; *8* — deversor; *9* — conductă pentru captarea nămolului; *10* — schimbător de căldură; *11* — captator de gaz; *12* — conductă de gaz; *13* — cazan de încălzire; *14* — pompă de nămol; *15* — gură de vizitare; *16* — preaplin.

15.2.3.1.2. *Bazinele de fermentare de mare încărcare sau cu fermentare continuă* (fig. 15.5). Spre deosebire de cele de mică încărcare, aceste bazine sînt caracterizate prin omogenitatea conținutului lor și prin aceea că sînt încălzite. Nu există zonare și de aceea nu se evacuează supernatantul. Amestecul, respectiv omogenizarea, se

realizează prin: pomparea nămolului de pe radier la partea superioară a bazinului; introducerea gazului de nămol la radierul bazinului; intensificarea formării de gaze pe unitatea de secțiune, în care scop se practică îngroșarea nămolului (în îngroșătoare de nămol) și se folosesc bazine mai adînci; amestecarea nămolului cu dispozitive de diferite tipuri; nămolul este adăugat și evacuat în mod continuu sau în șarje cît mai dese și de lungă durată, pentru a se realiza o bună inoculare și fermentare rapidă.

15.2.3.1.3. *Bazinele de fermentare în două trepte* (fig. 15.6). La aceste bazine spațiul este despărțit în două. În prima treaptă (primul bazin) se menține nămolul numai în timpul activității de fermentare inițială, cînd acesta este într-o continuă agitare; nămolul nou și vechi se amestecă în permanență cu dispozitive diferite, evitîndu-se prin aceasta zonarea. În această treaptă nămolul este încălzit, nu se evacuează supernatantul, iar gazul de nămol se captează numai din acest bazin. Activitatea în această treaptă este ase-

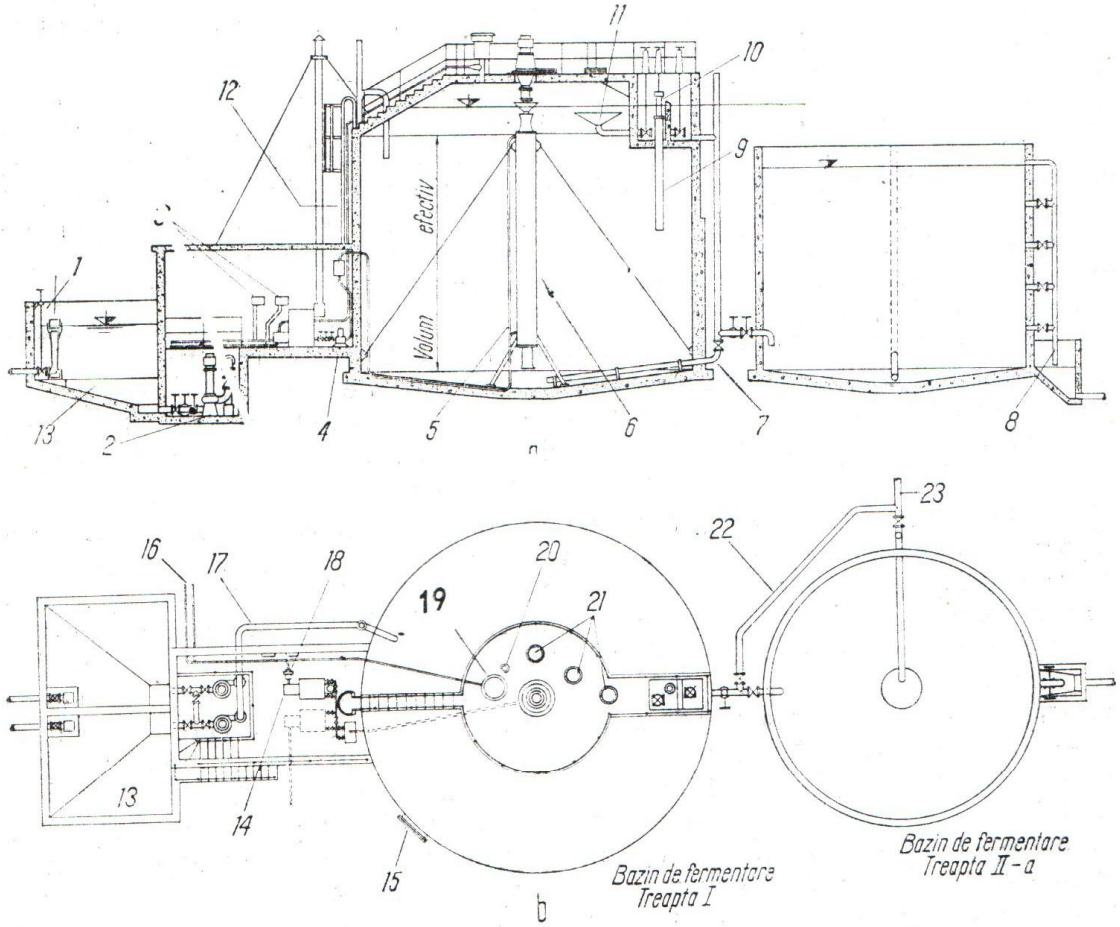


Fig. 15.6. Bazine de fermentare a nămolului în două trepte:

a — secțiune transversală; *b* — plan.

1 — conductă plutitoare; *2* — pompă pentru alimentare cu nămol proaspăt; *3* — înregistratoare pentru producția și consumul de gaz; *4* — pompă pentru circulația apei; *5* — conductă pentru circulația apei; *6* — tubul amestecătorului *7* — conductă de evacuare a nămolului de pe fundul bazinului; *8* — conductă de evacuare a supernatantului; *9* — conducta secundară de evacuare; *10* — deversor; *11* — conductă principală de evacuare; *12* — scară de acces; *13* — bazin de îngroșare; *14* — boiler; *15* — gură de vizitare; *16* — conductă spre rezervorul de gaz; *17* — conductă de alimentare cu nămol proaspăt; *18* — dispozitiv de siguranță contra flăcării; *19* — captator de gaze; *20* — termometru; *21* — ferestre de inspecție; *22* — conductă de by-pass; *23* — nămol fermentat.

mănătoare celei din bazinele de fermentare de mare încărcare. În treapta a doua (al doilea bazin) fermentarea continuă mult mai încet, fără a fi ajutată artificial; nu este încălzit. Bazinul este de obicei deschis și rareori acoperit cu un rezervor de gaz. Însămînțarea și amestecul nu au prea mare importanță, ele ajutînd în mică măsură la accelerarea fermentării în această treaptă. În aceste condiții în bazin se formează aceleași trei zone — crustă, supernatant și nămol — ca în bazinele de fermentare de mică încărcare. Din acest bazin se evacuează un nămol cu vîrstă mare și bine stabilizat. În fața acestor bazine se așează, de obicei, îngroșătoare de nămol.

15.2.3.1.4. *Elemente constructive ale bazinelor de fermentare închise.* Din punct de vedere constructiv, bazinele de fermentare a nămolului au forme circulare în plan, cu diametre cuprinse între 6 și 30 m; sînt semiîngropate și înconjurate de pămînt, pentru evitarea pierderilor de căldură.

La noi în țară bazinele de fermentare de mare încărcare sînt tipizate pentru volume de 750, 1 000, 1 500, 3 000 și 4 000 m^3, cărora le corespund diametre de 9,5; 10; 13; 17 și 19 m și înălțimi variind între 8 și 9,25 m. De obicei, bazinele de fermentare de mare încărcare se cuplează, avînd între ele camere de manevră [12].

Pereții, radierul și acoperișul sînt executați din beton armat și izolați termic. Radierul face, de obicei, un unghi de 45° cu orizontala. *Acoperișurile bazinelor de fermentare* pot fi fixe sau plutitoare; cînd acestea sînt fixe, ele trebuie cuplate la un rezervor de gaz. Unghiul pe care-l face acoperișul cu orizontala este de obicei de 30°. La acoperișurile plutitoare, pericolul de explozie a amestecului aer-gaz este mai mic, în comparație cu cel pe care-l prezintă acoperișurile fixe. Acoperișurile plutitoare sînt executate din metal și de cele mai multe ori sînt folosite și ca rezervor de gaz. Cursa pe verticală a acoperișurilor plutitoare variază între 0,5 și 2,0 m. Înălțimea de nămol la peretele bazinului de fermentare este de cele mai multe ori de 6 m, cu un maxim de 9 m; înălțimea totală de nămol în axul bazinului nu depășește de regulă 15 m. Spațiul liber deasupra nămolului, pînă la partea cea mai de sus a acoperișului, are înălțimea de 30—40 cm.

Bazinele de fermentare sînt prevăzute cu o conductă de alimentare pe la partea superioară a bazinului cu nămol proaspăt și una de evacuare pe la partea inferioară a nămolului fermentat (v. fig. 15.5). Evacuarea nămolului se realizează prin diferența de presiune și uneori prin intermediul pompelor de recirculare. Conducta de preaplin are capătul superior în apropiere de partea cea mai de sus a bazinului. Conductele pentru evacuarea supernatantului pot fi de tip pendulant sau sub forma unui selector de nivel (2—4 conducte la niveluri diferite, la distanțe de 50—60 cm una de alta, așezate pe peretele vertical la 1,0—1,2 m sub nivelul nămolului). În figura 15.5 conductele de evacuare a supernatantului sînt plasate pe acoperișul bazinului. Pentru a stabili nivelul de la care trebuie evacuat supernatantul se montează pe peretele bazinului de fermentare conducte de luarea probelor. Pentru evacuarea corpurilor plutitoare, care nu pot fi distruse prin amestecarea crustei, se prevăd conducte independente (fig. 15.5) al căror capăt superior se găsește imediat sub nivelul lichidului din bazin; conducte similare se plasează uneori și în vecinătatea captatorului de gaze. Toate conductele trebuie să fie executate din materiale rezistente la coroziune; pentru a evita înfundarea lor, diametrele trebuie să fie de cel puțin 150—200 mm.

Pentru revizuirea bazinelor de fermentare se construiesc guri de vizitare circulare cu diametrul minim de 75 cm, amplasate atît pe acoperiș, cît și pe pereții rezervorului.

Pentru accesul la interiorul și exteriorul bazinului de fermentare sînt prevăzute scări.

Vanele, echipamentul de control, pompele de recirculare a nămolului, instalațiile de încălzire a nămolului, ventilatoarele, aparatajul electric etc. sînt așezate într-o *cameră de manevră*, care de cele mai multe ori deservește două bazine de fermentare a nămolului. Camera de manevră trebuie să fie bine ventilată, luminată și prevăzută cu un sistem automat de alarmare pentru avertizarea pericolului de explozie a gazelor; pentru o siguranță mai mare, din acest punct de vedere, întregul echipament care se utilizează sau controlează gazul de nămol este plasat într-o cameră separată.

Instalațiile de amestec și recirculare a nămolului, care reprezintă una din anexele principale ale bazinelor de fermentare a nămolului, au ca scop omogenizarea nămolului (cel proaspăt cu cel fermentat, cel cu temperatură mai mare cu cel cu temperatură mai joasă etc.), inocularea (însămînțarea) lui, distrugerea crustei etc. Amestecul și recircularea se realizează prin:

— trimiterea de apă curată sau supernatant cu presiune, în diferite puncte ale bazinului și în special deasupra nivelului de nămol; se preferă supranatantul deoarece produce și o însămînțare a nămolului proaspăt prin bacteriile ce le conține; în același timp are și o temperatură mai ridicată (temperatura de încălzire a bazinului de fermentare) decît a apei curate;

— trimiterea nămolului proaspăt zilnic, sub presiune, deasupra crustei, operație care conduce și la distrugerea crustei;

— folosirea de agitatoare la interiorul nămolului;

— insuflarea de gaz rezultat în timpul fermentării, cu debite de 1,0—1,5 m^3/min;

— recircularea nămolului din interiorul bazinului cu ajutorul unei pompe de nămol (fig. 15.5); este important în special de a capta crusta și de a o readuce apoi în circuit; în perioadele cînd se introduce nămol proaspăt se recomandă ca acesta să fie încălzit la temperatura de fermentare și apoi, împreună cu nămolul mai vechi de recirculare, să fie introdus în bazin; conductele pentru captarea nămolului trebuie să pătrundă în bazin la diferite niveluri, pentru a putea capta atît nămolul cît și crusta sau apa de nămol;

— utilizarea de agitatoare de nămol cu elice sau cu spirală (fig. 15.7) așezate la suprafața nămolului; spirala pătrunde la partea superioară a unui tub vertical așezat sub nivelul nămolului, în timp ce motorul electric este așezat deasupra acoperișului; în timpul rotației apa de sub crustă este antrenată de spirală și trimisă sub presiune deasupra crustei, producînd astfel amestecul nămolului. Agitatoarele cu elice funcționează la fel ca și cele cu spirală, elicea fiind însă plasată la partea inferioară a tubului; elicea, care acționează ca o pompă axială, vehiculează nămolul de sus în jos, aspirînd în același timp

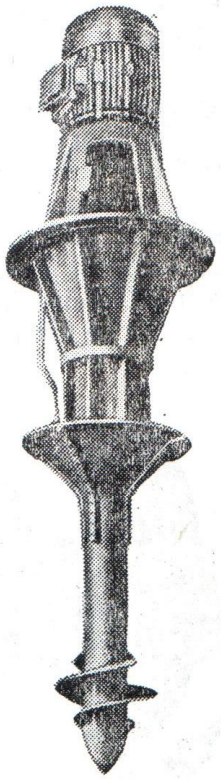


Fig. 15.7. Agitator cu spirală.

și crusta. Puterea electromotoarelor care acționează agitatoarele cu elice sau spirală este destul de mică, variind între 0,5 și 1,5 kW; capacitatea agitatoarelor trebuie să fie suficientă pentru a putea recircula lichidul din bazin de cel puțin două ori pe zi;

— utilizarea de hidroelevatoare (v. proiectul tip ISLGC, bazin de fermentare a nămolului).

Captarea gazului de nămol se face cu ajutorul captatoarelor de gaz, plasate în punctele cele mai înalte ale acoperișului, într-un fel de turn circular în secțiune orizontală, a cărui bază inferioară se găsește la 1,0—1,2 m deasupra nivelului nămolului și chiar mai mult (v. fig. 15.5). Captatorul este un cilindru metalic așezat vertical, la care se racordează ștuțul conductei de gaz. În turn, într-un spațiu izolat, se află supapa de siguranță cu gardă hidraulică, care limitează presiunea maximă a gazului din bazinul de fermentare la 180 mm CA. Prin montarea supapei de siguranță în interiorul turnului se evită în timpul iernii înghețarea lichidului ce formează garda hidraulică. Pe turn se montează și o gură de vizitare cu închidere etanșă, prin care se poate controla starea instalațiilor interioare.

Instalațiile pentru încălzirea nămolului au ca scop realizarea temperaturii optime de fermentare a nămolului. Încălzirea nămolului se poate face direct sau indirect. Încălzirea directă are loc:

— prin introducerea în bazinul de fermentare (deasupra radierului) de apă caldă, vapori sau nămol încălzit, evacuîndu-se condensul sau apa prin conductele de evacuare a supernatantului;

— prin arderea gazului de nămol fie în instalații speciale, introduse în bazinul de fermentare, fie într-un cuptor deschis, submersat, fie într-un încălzitor de asemenea submersat în nămol;

— prin încălzirea nămolului care intră în bazin cu vapori sau într-un schimbător de căldură în contracurent.

Încălzirea indirectă se produce prin intermediul unor conducte fixe sau mobile, prin care circulă apă caldă sau vapori.

Cea mai răspîndită metodă de încălzire a nămolului este cea care folosește schimbătorul de căldură în spirală (fig. 15.8), alcătuit dintr-un corp în formă de tambur, în care este montată o spirală dublă (în plan vertical) închisă, prin care circulă apă caldă iar la exteriorul spiralei nămolul ce este luat din bazinul de fermentare și refulat după încălzire înapoi în bazin. Odată cu încălzirea nămolului se realizează omogenizarea și inocularea lui. La noi în țară se execută schimbătoare de căldură cu o capacitate de transfer de 150 000 și 450 000 kcal/h, care satisfac necesitățile bazinelor de fermentare tipizate de 750—4 000 m³. Schimbătoarele de căldură, în comparație cu conductele folosite pentru schimbarea căldurii așezate la interiorul bazinului, sînt mult mai eficiente datorită vitezei de schimb și coeficientului de transfer mare.

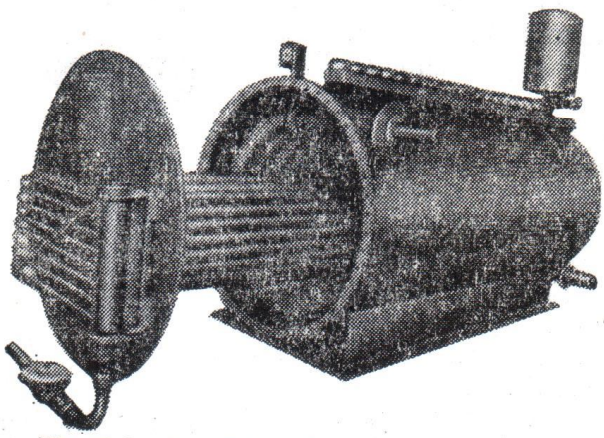


Fig. 15.8. Schimbător de căldură în spirală.

Apa caldă necesară încălzirii nămolului se produce în boilere încălzite cu gaze arse în arzătoare. Eficiența acestora este de 60—80%, valoarea inferioară corespunzînd încălzirii bazinului direct cu apă caldă, iar cea superioară încălzirii indirecte cu apă caldă și vapori, prin intermediul conductelor cu apă caldă ce pătrund în interiorul bazinului. Pentru încălzire se poate folosi și apa de răcire a motoarelor cu combustie internă sau a vaporilor proveniți din apa de răcire.

Conductele folosite pentru schimbul de căldură trebuie să fie executate din materiale rezistente la coroziune; ele se așază fie pe eșafodaje montate în interiorul bazinului, fie pe radier, fie pe pereții lui.

Pentru buna funcționare a bazinelor de fermentare a nămolului, acestea sînt dotate cu o serie de aparate ca: termometre pentru măsurarea temperaturii nămolului, apei etc.; indicatoare de nivel pentru nămol; *p*H-metru; debitmetre de gaz; dispozitive de luarea probelor de nămol, supernatant, gaze etc.; dispozitive pentru prepararea laptelui de var necesar alcalinizării procesului în momentul cînd *p*H-ul scade.

15.2.3.2. **Bazine deschise.** Pentru fermentarea nămolului bazinele deschise pot constitui fie singura treaptă de fermentare a nămolului, fie treapta a doua a bazinelor în două trepte. În primul caz, bazinele sînt construite în pămînt și sînt dotate cu un minim de instalații; soluția poate fi economică atunci cînd se dispune de teren pentru construcția bazinelor și amplasamentul este destul de departe de centrul populat, pentru ca mirosul neplăcut din timpul fermentării să nu se facă simțit. Bazinele au adîncimi de 3—5 m, cu pereții executați la taluzul natural al solului. Uneori, în locul bazinelor create artificial, se pot folosi depresiunile naturale, după amenajarea corespunzătoare a lor. Crusta care se formează nu trebuie să fie distrusă, deoarece ea păstrează căldura necesară fermentării nămolului și în același timp împiedică răspîndirea mirosului. Se recomandă compartimentarea acestor bazine, deoarece la cîțiva ani o dată se golește cîte un compartiment, pentru îndepărtarea nămolului și nisipului care nu au putut fi evacuate normal.

Bazinele deschise, care constituie treapta a doua a bazinelor de fermentare a nămolului în două trepte, sînt executate din beton armat, ele fiind dotate cu instalații asemănătoare bazinelor de fermentare de mică încărcare.

15.2.3.3. **Elemente de proiectare a bazinelor de fermentare.** Parametrii generali de proiectare sînt dați în tabela 15.4 [33] [28]. Temperatura de fermentare pentru bazinele dotate cu instalații de încălzire s-a considerat 30 — 35°C, corespunzătoare unui timp de fermentare de circa 25 zile. Parametrii de proiectare din tabela 15.4 (stabiliți pentru un consum specific de 150 dm^3/loc și zi și CBO_5 de 350 mgf/dm^3) variază în funcție de [16]:

— caracteristicile apelor uzate; astfel, de exemplu, apele uzate conținînd substanțe toxice conduc la întîrzierea fermentării și deci la mărirea timpului de fermentare; de asemenea, apele uzate cu concentrații mari de materii solide totale, organice, au ca rezultat o mărire a capacității specifice;

— temperatură, amestec, inoculare — după cum rezultă din tabela 15.4 și după cum s-a arătat anterior;

— volumul supernatantului, care la fel ca și crusta ocupă un spațiu inutil în bazinul de fermentare. Supernatantul este îndepărtat întotdeauna numai din bazinele de fermentare de mică încărcare; din cele de mare încărcare, unde amestecul este continuu și deci nu se produce separarea supernatantului, acesta rămîne în permanență în proces, mărind în consecință volumul

TABELA 15.4

Parametrii de proiectare a bazinelor de fermentare

Tipul bazinelor de fermentare	Timp de fermentare (zile)	Capacitatea specifică m (dm³/loc)	Încărcarea organică I_0 (kgf materii solide totale organice/ m³ bazin și zi)
(1)	(2)	(3)	(4)
1. Bazine (rezervoare) de fermentare de mică încărcare (neîncălzite)			
a) nămol numai de la epurarea mecanică	la temperatura nămolului de: 6°C—150 8°C—120 10°C— 90	150	—
b) nămol de la epurarea mecanică și filtre biologice de mică încărcare		180	—
c) idem, de mare încărcare		220	—
d) nămol de la epurarea mecanică și din bazine cu nămol activ de mică încărcare *		320	—
e) idem, de mare încărcare**		220	—
2. Bazine (rezervoare) de fermentare de mare încărcare (încălzite)			
a)	la temperatura nămolului de 30—35°C, 25—30 zile	20	Bazine mari și bine dotate $I_0 = 5$ Bazine mijlocii și mediu dotate, $I_0 = 3$ Bazine mici și dotate modest, $I_0 = 2$
b)		25	
c)		30	
d)		40	
e)		35	
3. Bazine de fermentare cu două trepte — Prima treaptă (încălzită):			
a)	la temperatura nămolului de 30—35°C, 12—15 zile	6	Idem, ca la pct. 2
b)		10	
c)		13	
d)		24	
e)		19	
— A doua treaptă (neîncălzită):			
a)	la temperaturi ca la pct. 1 3—5 zile	—	—
b)		65	—
c)			
d)		95	—
e)			
4. Bazine deschise, în pământ (neîncălzite)			
a)	ca la pct. 1	150	—
b)		—	—
c)		220	—
d)		—	—
e)		220	—
5. Decantoare cu etaj (neîncălzite)			
a)	ca la pct. 1	50	—
b)		75	—
c)		100	—
d)		150	—
e)		100	—

* Cele prevăzute la liniile 1, 2, 3 în tabela 14.10 și la coloanele 3, 4, 5 în tabela 14.11

** Cele prevăzute la linia 4 în tabela 14.10 și la coloana 6 în tabela 14.11.

bazinelor. La unele bazine de mare încărcare se oprește amestecul periodic pe timp scurt pentru a se produce separarea supernatantului și respectiv evacuarea lui. Cantitatea de supernatant poate fi evaluată la 0,8—1,6 dm³/loc și zi sau 12—24 dm³/kgf materii solide totale organice introduse în bazinul de fermentare. Supernatantul are un conținut de circa 1 500 mgf/dm³ materii solide în suspensie, decantabile și un CBO_5, destul de mare (1 000—1 500 mgf/dm³);

— metoda de tratare a apelor uzate; după cum rezultă din tabela 15.4 ținînd seama de modul și gradul de tratare a apelor uzate, volumul de fermentare trebuie suplimentat cu 50% pentru localități sub 5 000 locuitori; de 2,5—3 ori dacă nămolul activ în exces nu a fost amestecat cu nămolul din decantoarele primare; de circa 2 ori cînd pentru decantare se folosesc coagulanți; 20% cînd se folosesc în sistemul separativ bazine de retenție pentru apele de ploaie;

— înmagazinarea sezonieră; valorile din tabela 15.4 sînt stabilite în ipoteza că nămolul fermentat este continuu evacuat pe platformele de nămol, în filtrele presă sau cu vacuum etc. Dacă pentru deshidratare sînt prevăzute platforme de nămol neacoperite, în perioadele de ploi abundente și iarna, nămolul nu poate fi adus pe platforme și deci este nevoie să se prevadă un spațiu pentru înmagazinare, care acoperitor trebuie să corespundă la înmagazinarea nămolului pe timp de circa 2 luni. Acest spațiu poate fi prevăzut chiar în bazinul de fermentare sau se construiește alături un bazin de înmagazinare.

Volumul de fermentare se determină cu ecuația (15-5) și datele din tabela 15.4 la care se adaugă, de la caz la caz, volumele rezultate din considerentele arătate.

Cu ajutorul datelor din tabela 15.4 se aplică diferite metode de calcul, făcîndu-se apoi media volumelor de fermentare rezultate; pentru calcule de detaliu se ține seama și de bilanțul încărcărilor (suspensii și organice); volumele de fermentare rezultate se compară cu cele de mai sus (v. exemplul 15.2).

Înălțimea bazinului de fermentare rezultă din ecuația:

$$H = H_u + H_s, \tag{15-7}$$

în care:

H_u este înălțimea utilă (în partea cilindrică, conică și în cupolă) ocupată de nămol;

H_s — înălțimea de siguranță sub nivelul captatorului de gaze (1,0—1,2 m).

Instalațiile de încălzire a nămolului trebuie să asigure cererea de căldură necesară nămolului ce se introduce în bazin pentru a ajunge la temperatura nămolului în curs de fermentare; să compenseze pierderile de căldură ce se produc prin evaporarea apei (pierderi practic neglijabile) [27].

Cantitatea de căldură necesară încălzirii nămolului proaspăt se stabilește cu relația:

$$C_1 = V_n \cdot c_s \cdot (t_i - t_n), \tag{15-8}$$

în care:

C_1 este cantitatea de căldură necesară încălzirii bazinului de fermentare, în kcal/h;

V_n — volumul nămolului ce trebuie încălzit, în dm³/h;

c_s — căldura specifică medie a nămolului brut, aproximativ aceeași cu a apei, pentru concentrații de solide în nămol de 5—10%, care se poate lua circa 1,0;

t_i — temperatura interioară a nămolului, care pentru calcule se recomandă a se lua 35°C;

t_n — temperatura nămolului introdus în bazin iarna, în °C.

Cantitatea de căldură necesară acoperirii pierderilor prin pereți și radier:

$$C_2 = k \cdot S_2 \cdot (t_i - t_e), \tag{15-9}$$

în care:

C_2 este cantitatea de căldură necesară acoperirii pierderilor prin pereți și radier;

k — coeficient de transmisie prin pereți, radier și acoperiș din beton, zidărie, metal etc., în kcal/h și m²; STAS 1907-68 indică o serie de valori pentru coeficienții de transmisie; uzual se ia pentru beton, 30 cm-aer, $k = 2$; beton, 20 cm -aer, $k = 1{,}5$; zidărie de cărămidă, 38 cm-aer, $k = 1{,}1$; beton-sol cu apă, $k = 1{,}3$, beton-sol uscat, $k = 0{,}4$; acoperiș de beton, izolat-aer, $k = 0{,}8$; tolă metalică-aer, $k = 10{,}0$;

S_2 — mărimea suprafeței de contact între pereți și radier;

t_i — temperatura interioară a nămolului (35°C);

t_e — temperatura mediului exterior (pămînt, aer etc.).

Cantitatea de căldură necesară acoperirii pierderilor prin acoperiș:

$$C_3 = k \cdot S_3 (t_i - t_a), \tag{15-10}$$

în care:

C_3 este cantitatea de căldură necesară acoperirii pierderilor prin acoperiș;

t_a — temperatura minimă a aerului în zona respectivă, conform STAS 1907-68.

Cantitatea totală de căldură $C_t = C_1 + C_2 + C_3$ trebuie transferată în mod artificial, fie direct, fie indirect.

Dacă se folosește *încălzirea directă prin schimbătoare*, capacitatea acestora se alege în funcție de cantitatea de căldură C_t; dacă se folosește *încălzirea indirectă*, cantitatea totală de căldură C_t trebuie să fie furnizată de suprafața A, conform ecuației:

$$C_t = k_1 \cdot A \cdot (t_{ac} - t_i), \tag{15-11}$$

în care:

k_1 este coeficientul de transmisie pentru conducte, în kcal/h și m², și care pentru conducte așezate pe pereții bazinului are valoarea 150; pe radier, 50 și la interior, 300 kcal/h și m²;

t_{ac} — temperatura apei din conducte, egală cu temperatura suprafeței de încălzit, în °C;

A — suprafața de încălzit, suprafața conductelor, în m²;

t_i — temperatura interioară a nămolului.

Temperatura apei care intră în bazinul de fermentare se recomandă a rămîne de circa 60°C, pentru a proteja conductele fixe de depuneri de nămol; la evacuare, temperatura apei este în jur de 50°C. Pentru conductele mobile, apa poate fi încălzită pînă aproape de punctul de fierbere.

Pentru reducerea pierderilor de căldură, pereții, acoperișul și radierul trebuie să fie bine izolați, în primul rînd prin umpluturile de pămînt în taluz, ce se execută pe o bună parte din înălțimea bazinului de fermentare. Pereții și cupolele pot fi termoizolate cu zgură și zidărie de protecție, cu polistiren etc. Conductele de tur și retur de apă caldă, la exteriorul bazinului de fermentare, trebuie de asemenea bine izolate. În interiorul bazinului de fermentare se preferă conducte din fontă, crom-nichel, pentru a rezista la coroziune.

La proiectarea bazinelor de fermentare a nămolului se va ține seama de proiectul tip ISLGC.

La proiectarea utilajelor mecanice se va ține seama de următoarele proiecte: echipament mecanic la metantanc (executant IMMUM—Baia Mare) și schimbător de căldură spiral (executant I.I.L. Roșiori de Vede).

Exemplul de calcul 15.2. Să se dimensioneze bazinul de fermentare de mare încărcare al unei stații de epurare care primește ape uzate dintr-o rețea de canalizare dimensionată în sistem divizor. Numărul locuitorilor este de 25 000. Stația de epurare este dotată cu decantoare radiale și bazine cu nămol activ de mică încărcare. Materiile solide totale organice reprezintă 2/3 din materiile solide totale. Temperatura nămolului care intră la fermentare iarna este de 10°C. Temperatura pămîntului în timpul iernii la contactul cu bazinul de fermentare nu scade sub 0°C; temperatura maximă a aerului iarna, −20°C.

Volumul de fermentare V_f se determină folosind datele din tabela 15.4 și ecuația (15-5), $V_f' = N \cdot m = 25\,000 \times 35/1\,000 = 875$ m³; dacă se folosește ca parametru de proiectare încărcarea organică I_0 din tabela 15.4 și se ține seama, conform tabelei 15.1, că pentru bazine cu nămol activ de mică încărcare cantitatea de nămol este de 1,87 dm³/loc și zi, cu un conținut de materii solide totale de 4,5%, volumul de fermentare rezultă și din relația: $V_f'' = [(1{,}87 \times 25000/1\,000) \times (2/3) \times 0{,}045 \times 1\,008]/2 = 710{,}39$ m³ (conform tabelei 15.4, $I_0 = 2{,}0$ kgf materii solide totale organice/m³ bazin și zi); se consideră media celor două valori, adică $V_f = 792{,}69$ m³; de asemenea, ținînd seama de bilanțul încărcărilor și de datele din exemplul 14.4 rezultă: nămol trecut peste decantorul primar egal cu $0{,}13 \times 0{,}1 \times 86400 = 1130$ kg/zi; nămol în exces egal cu $0{,}85 \times 1296 = 1100$ kg/zi; deci volumul de fermentare $V_f''' = (1130 + 1100)/2 = 1115$ m³.

Dimensiunile bazinului de fermentare: se proiectează un singur bazin de fermentare cu diametrul, $D = 10$ m, $d = 0{,}5$ m și cu unghiul de înclinare a radierului față de orizontală de 45°. Adîncimea părții tronconice, $h_c = \text{tg } 45° \ (10/2 - 0{,}5/2) = 4{,}75$ m. Volumul părții tronconice, $V_{trc} = 1/3 \times 3{,}14 \times 4{,}75 \ (5{,}0^2 + 5{,}0 \times 0{,}5 + 0{,}5^2) = 138$ m³; volumul părții cilindrice ocupate de depuneri, $V_{cil} = 792{,}69 - 138 = 654{,}69$ m³; înălțimea părții cilindrice, $V_{cil} = 654{,}69/3{,}14 \times \times 5{,}0^2 = 8{,}34$ m; panta acoperișului fix se ia de 1/4 și deci înălțimea cupolei, $h_{cp} = 1{,}25$ m; înălțimea totală a bazinului în ax, conform ecuației (15-7), $H = H_u + H_s = (4{,}75 + 8{,}34) + + 1{,}25 = 14{,}34$ m.

Instalația de încălzire: se proiectează o instalație de încălzire cu schimbătcare de căldură. Cantitatea de căldură necesară încălzirii nămolului proaspăt este conform ecuației (15-8), $C_1 = = V_n c_s (t_i - t_n) = 1{,}87 \times 25\,000 \times 1{,}0 \times (35° - 10°)/24 = 48\,697{,}90$ kcal/h; cantitatea de căldură necesară acoperirii pierderilor prin pereți și radier (se presupune că bazinul este înconjurat cu pămînt pînă la nivelul cupolei) este conform ecuației (15-9), $C_2 = k \cdot S_2 (t_i - t_e) = = 0{,}4 \times [2 \times 3{,}14 \times 5{,}0 \times 8{,}34 + 3{,}14 \times (5{,}0 + 0{,}25) \times \sqrt{4{,}75^2 + 4{,}75^2}] \times (35° - 0°) = = 5\,214{,}78$ kcal/h; cantitatea de căldură necesară acoperirii pierderilor prin acoperișul de beton armat, conform ecuației (15-10), $C_3 = k \cdot S_3 \cdot (t_i - t_a) = 0{,}8 \times 3{,}14 \times 5{,}0 \times \sqrt{5{,}0^2 + 1{,}25^2}$ $[35° - (-20°)] = 3560{,}00$ kcal/h. Cantitatea totală de căldură necesară $C_t = 48\,697{,}90 + + 5214{,}78 + 3560{,}00 = 57\,472{,}68$ kcal/h; se dotează instalația cu cel mai mic schimbător de căldură de 150 000 kcal/h.

15.3. GAZUL DE NĂMOL

Gazul de nămol este produsul cel mai important al fermentării nămolului. Utilizarea lui în stația de epurare conduce la satisfacerea aproape în întregime a energiei necesare acesteia.

15.3.1. Caracteristici și debite ale gazului de nămol

Gazul de nămol conține circa 70% metan și 30% bioxid de carbon, și în cantități mici, cîteva procente de azot, oxigen, hidrogen, hidrogen sulfurat, vapori de apă etc. Gazul nu are miros, de aceea este greu de identificat; amestecat cu mercaptan îi dă un miros specific, care-l face ușor decelabil. Greutatea specifică a metanului (considerînd a aerului 1,0) este 0,553 kgf/m³, iar a bioxidului de carbon 1,529 kgf/m³; aerul necesar combustiei metanului este de 9,5 m³/m³ de gaz metan.

Hidrogenul sulfurat conținut în gazul de nămol este foarte toxic; cantități de 0,001% pot fi sesizate prin miros, iar la concentrații de 0,1% este otrăvitor. Cantități mai mari de hidrogen sulfurat rezultă în urma fermentării unor nămoluri provenite din unele ape industriale (de exemplu, de la fabricile de celuloză și hîrtie). În asemenea cazuri este necesară îndepărtarea hidrogenului sulfurat, operație care se face în epuratoare de gaz (filtre pe mai multe niveluri, avînd ca material filtrant hidroxid de fier (pilitură de fier).

În privința debitelor de gaz, acestea depind în mare măsură de temperatura de fermentare; cu cît temperatura este mai mare, cu atît și cantitatea de gaz este mai mare. Puterea calorică corespunzătoare gazului metan este cu atît mai mare cu cît cantitatea de materii solide totale organice este mai mare. În tabela 15.5 sînt date debitele de gaz și puterile calorice respective rezultate în urma fermentării nămolurilor menajere provenite din diferite trepte de epurare.

TABELA 15.5

Debite și puteri calorice ale gazului provenit din bazinele de fermentare care tratează nămoluri menajere

Specificări	Epurare mecanică	Epurare mecano-biologică cu	
		filtre biologice	bazine cu nămol activ
Materii solide totale organice, gf/loc și zi	37,8	50	58
Cantități de gaz, dm³/loc și zi	20	37,5	43,6
Idem, dm³/kgf materii solide totale organice	500	760	760
Putere calorică, kcal/loc și zi	110	210	245
Idem, kcal/kgf materii solide totale organice	2900	4200	4200

Cea mai mare parte a gazului rezultat se folosește pentru încălzirea nămolului din bazinele de fermentare, cu apă caldă, abur etc.; se mai utilizează pentru încălzirea încăperilor din stație, pentru becurile de gaz ale laboratoarelor etc.

Producerea de putere prin intermediul motoarelor cu gaz cu combustie internă, necesară pentru punerea în funcțiune a generatoarelor de curent electric, a pompelor, compresoarelor de aer sau a altor motoare din stația de epurare este una din folosințele principale ale gazului. La motoarele cu gaz se consumă circa 0,7 m³ gaz/kWh.

În stațiile mari unde se incinerează reținerile de pe grătare sau din bazinele de flotare, precum și nămolul fermentat, gazul rezultat este de asemenea utilizat în acest scop.

15.3.2. Construcții pentru înmagazinarea gazului

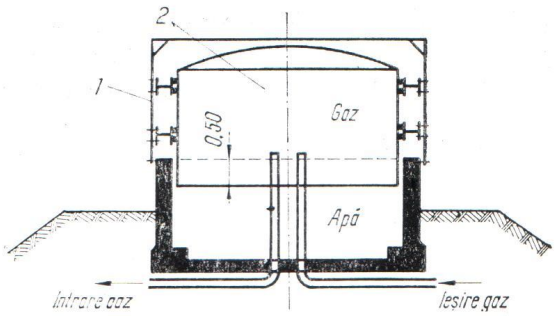


Fig. 15.9. Rezervor de gaz:
1 – ghidaj metalic; *2* – clopot metalic.

Gazele rezultate din fermentarea nămolului sînt înmagazinate în rezervoare de gaz; acestea pot fi separate, așezate alături de bazinul de fermentare, sau făcînd corp comun cu acesta, cînd constituie acoperișul plutitor al bazinului.

Rezervoarele de gaz constau dintr-o cuvă circulară de beton armat, în care se așază un clopot metalic cilindric a cărui bază superioară este închisă (fig. 15.9). Cuva se umple cu apă; clopotul sub presiunea gazului se mișcă în sus și în jos în cuvă, cursa acestuia fiind ghidată de un eșafodaj metalic. Baza inferioară a clopotului, în poziția cea mai ridicată, trebuie să se găsească sub nivelul minim al nămolului din bazinul de fermentare cu cel puțin 2,0 m, pentru a evita pătrunderea aerului în clopot și respectiv producerea de explozii. Presiunea gazelor sub clopot variază între 150 și 320 mmCA, limite între care trebuie să se încadreze variațiile zilnice ale volumului de nămol, ca urmare a evacuării nămolului fermentat și introducerii celui nou. Capacitatea clopotului se stabilește în funcție de cantitatea de gaz maximă pe timp de 6—12 ore sau se ia 0,3 din capacitatea bazinului de fermentare.

Cuva este prevăzută cu conductă de golire și o conductă de preaplin care intră în funcțiune cînd presiunea din interiorul clopotului de gaz ar depăși pe cea maximă și apa ar fi aruncată din cuvă.

Conductele pentru transportul gazelor au diametre sub 200 mm, vitezele în acestea nedepășind 4 m/s; ele se execută în pantă (10—25 mm/m) pentru a se putea colecta apa de condens.

Pentru măsurarea debitelor de gaz sînt prevăzute rotametre sau Venturimetre, executate la fel ca și clopotul, din materiale rezistente la coroziune (CO_2 este corosiv); pentru măsurarea presiunii din sistemul de colectare și distribuție a gazului sînt montate manometre în diferite puncte ale circuitului.

Din punctul de vedere al protecției muncii, o deosebită atenție trebuie acordată instalării de dispozitive speciale contra flăcării, în toate punctele unde există un asemenea pericol, în special înaintea alimentării motoarelor cu gaz, boilerelor, arzătoarelor.

La proiectare se va ține seama de proiectul executat de ISLGC, clopot pentru gazometre.

15.4. TRATAREA ȘI ÎNDEPĂRTAREA NĂMOLURILOR

Obiectivele principale ale tratării nămolului sînt: reducerea volumului în continuare — prin deshidratare — stabilizarea, micșorarea sau reducerea completă a pericolului din punct de vedere sanitar prezentat de nămolul fermentat, realizarea unor condiții corespunzătoare utilizării lui etc. Canti-

tatea de nămol ce trebuie tratat, precum și cea rezultată ca urmare a diferitelor tratări, sînt arătate în tabela 15.1.

În procesul de tratare a nămolurilor se deosebesc trei tipuri (faze) de tratare: *preliminare*, în scopul îngroșării (pregătirii) nămolului în vederea tratării ulterioare; *deshidratare* și *deshidratare avansată*.

15.4.1. Tratări preliminare

Tratările preliminare se realizează prin îngroșare, elutriere, coagulare, centrifugare etc.

15.4.1.1. **Îngroșarea.** Îngroșarea se realizează în așa-numite îngroșătoare sau concentratoare de nămol (fig. 15.10). Îngroșarea nămolului este practicată uneori și înainte de a se introduce nămolul în bazinele de fermentare. Îngroșătoarele de nămol sînt asemănătoare decantoarelor radiale; pentru accelerarea îngroșării ele au prevăzute o serie de bare metalice perpendiculare pe radier, care se rotesc cu o viteză de 1 rot/h. Barele împiedică formarea pungilor de gaze de fermentație și favorizează îngroșarea nămolului prin ușurarea circulației apei spre suprafață, în lungul barelor. Îngroșătoarele pot reduce volumul de nămol inițial, pînă la jumătate.

Îngroșătoarele de nămol se dimensionează pentru o încărcare superficială de maximum 0,75 m^3/m^2 și h sau 50 kg materii solide în suspensie decantabile/m^2 și zi. Adîncimea la perete a îngroșătoarelor de nămol radiale nu trebuie să depășească 3,0 m, iar radierul trebuie să aibă o înclinare către centru mai mare ca a decantoarelor radiale (adîncimea la centru maximum 6,0 m). Timpul de decantare în îngroșătoare este de circa 3 h.

Pentru utilajul mecanic se va ține seama de proiectul ISLGC, raclor pentru îngroșător de nămol (executant UNIO — Satu Mare).

15.4.1.2. **Elutrierea.** Elutrierea (spălarea) nămolului are drept scop îndepărtarea din nămolul fermentat a coloizilor și a particulelor fin dispersate, ceea ce conduce la scăderea rezistenței specifice la filtrare, respectiv la o eficiență mai mare a filtrării nămolului; în același timp prin elutriere se micșorează și alcalinitatea nămolului, necesară în special cînd se prevede folosirea de coagulanți pentru condiționarea nămolului (cazul vacuumfiltrelor), elutrierea conducînd la reducerea cantității de coagulant. Creșterea alcalinității

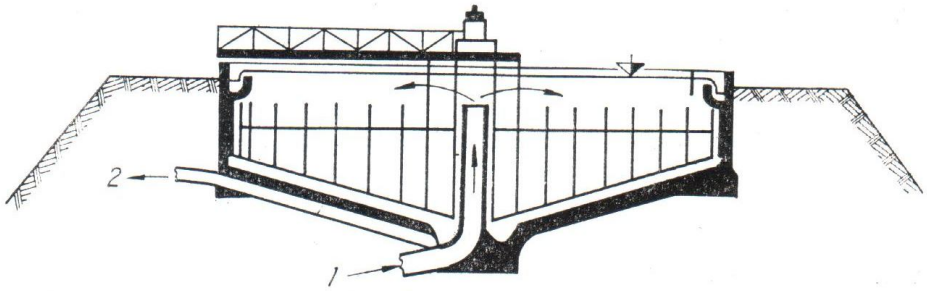


Fig. 15.10. Îngroșător de nămol:
1 — intrare nămol; *2* — ieșire nămol îngroșat.

este o consecință a formării de amoniac, acizi organici și bicarbonați, în timpul fermentării nămolului. Elutrierea nămolului se poate face:

— într-o singură treaptă, respectiv un singur bazin, unde are loc și sedimentarea nămolului, procesul fiind intermitent;

— în două sau mai multe trepte, respectiv mai multe bazine, folosindu-se apă curată pentru spălare în fiecare treaptă;

— în contracurent, proces continuu de spălare, în care apa circulă în contracurent cu nămolul, apa proaspătă de spălare introducîndu-se în cea de-a doua treaptă, de unde se scoate și nămolul elutriat.

Ca apă de spălare se utilizează apă uzată epurată biologic, apă de rîu, de rețea etc. Apa de spălare împreună cu nămolul se amestecă într-o cameră de amestec, prevăzută cu amestecător mecanic, timp de 20—90 s; amestecul trebuie să fie suficient de puternic pentru a ține în suspensie nămolul, evitînd în același timp distrugerea flocoanelor naturale ce se formează. Un amestec bun se poate realiza și în timpul pompării apei și nămolului spre bazinele de elutriere.

Bazinele de elutriere au forme circulare sau pătrate în plan, fiind asemănătoare cu îngroșătoarele de nămol (au de cele mai multe ori și bare metalice verticale). Evacuarea nămolului elutriat trebuie să se facă cu regularitate pentru a se evita aglomerări de nămol ce depășesc mai mult de jumătate din înălțimea bazinului.

Cantitatea de apă de spălare depinde de natura nămolului, de alcalinitatea sa și a agentului de elutriere, precum și de metoda de elutriere.

Dimensiunile bazinelor de elutriere depind de numeroși factori. Astfel, tratarea prin elutriere a nămolului primar fermentat necesită bazine mai mici decît cele folosite, de exemplu, pentru nămolurile primare fermentate amestecate cu nămoluri în exces fermentate; nămolurile cu procente mici de materii solide totale, organice, au densitatea inițială mai mare decît cele cu procente mari și de aceea elutrierea este mai dificilă; metoda în contracurent necesită cele mai mici cantități de apă de spălare în comparație cu celelalte metode; modul de exploatare, continuu sau intermitent, influențează de asemenea dimensiunile bazinelor de elutriere.

Încărcarea maximă a unui bazin de elutriere trebuie să rămînă sub 32 m^3/m^2 și zi, iar timpul de rămînere a apei în bazin este de circa 4 h și nu trebuie să coboare sub 3 h.

15.4.1.3. **Coagularea.** Coagularea sau condiționarea chimică a nămolului, asemănătoare celei ce se practică pentru coagularea suspensiilor din apele uzate, are drept scop să modifice structura nămolului, aceasta conducînd la micșorarea rezistenței specifice la filtrare și ușurarea sarcinii de deshidratare a nămolului în filtrele presă sau cu vacuum.

Pentru condiționarea chimică a nămolului se utilizează în general coagulanți similari celor folosiți pentru apele uzate, adică săruri de aluminiu (sulfat de aluminiu, clorură de aluminiu), săruri de fier (sulfat feros, sulfat de fier clorurat, clorură ferică) ș.a. Acești electroliți se utilizează singuri sau asociați cu var. Rezultate bune s-au obținut și cu polielectroliți organici anionici și cationici. Dozele de coagulant se stabilesc pentru fiecare tip de nămol prin cercetări de laborator. Cercetări efectuate asupra diferitelor tipuri de nămoluri au arătat că dozele de coagulant depind în principal de proveniența și caracteristicile chimice ale nămolurilor și că acestea variază între

1 și 10% (procente în greutate față de materiile solide totale, uscate, din nămol).

Dozele optime de coagulant pentru nămoluri, la fel ca și pentru apele uzate, se determină în laborator și uneori cu ajutorul diferitelor formule recomandate de literatură.

Polielectroliții organici, cationici sau ionici, produc la doze mici o floculare rapidă a nămolurilor, turtele de nămol rezultate în urma filtrării acestuia avînd umiditate mai mică decît în cazul folosirii coagulanților chimici; au în prezent dezavantajul că sînt scumpi.

Construcțiile și instalațiile, respectiv proiectarea lor, necesare coagulării nămolurilor sînt asemănătoare celor folosite pentru apele uzate.

15.4.2. Deshidratarea

Deshidratarea nămolurilor continuă procesul de reducere a procentului de umiditate a nămolurilor; ea se realizează prin procedee naturale, pe platforme de uscare și iazuri de nămol, sau prin procedee artificiale, pe filtre presă, pe filtre cu vacuum, în centrifuge etc. Procedeele naturale sînt folosite cînd cantitățile de nămol nu sînt prea mari și se dispune de suprafețe mari de teren; acestea nu necesită tratări preliminare. Procedeele artificiale sînt aplicate în cazul tratării unor cantități mari de nămol și necesită întotdeauna tratări preliminare.

15.4.2.1. **Platformele pentru uscarea nămolului.** Acestea sînt construcții executate la suprafața solului, caracterizate prin natura stratului de susținere. Din acest punct de vedere se deosebesc platforme cu strat de susținere impermeabil, executate în cazul unor soluri permeabile a căror infectare ar putea produce prejudicii, și platforme cu strat de susținere permeabil. Deshidratarea se realizează ca urmare a infiltrării — drenării — în sol și evaporării apei din nămol. Platformele de nămol trebuie așezate la distanțe de cel puțin 60 m de locuințe, deoarece mirosul ce rezultă în timpul deshidratării este neplăcut. Alegerea procedeului de deshidratare pe platforme este condiționată de posibilitatea obținerii de suprafețe mari pentru construcția acestora; pentru un număr de 15 000 — 20 000 locuitori deserviți, suprafețele necesare sînt atît de mari încît folosirea filtrelor presă sau cu vacuum este mai avantajoasă. În același sens, platformele sînt recomandate în zonele cu precipitații mici, cu perioade scurte de îngheț, pentru a putea fi folosite mai tot timpul anului, acolo unde nivelul apei subterane nu este prea aproape de suprafața solului, unde există posibilitatea trimiterii nămolului, pe platforme, prin gravitație etc.

Proiectul directiv „Platforme pentru uscarea nămolului provenit din stațiile de epurare a apelor uzate menajere" ISPGC-1434 prezintă numeroase variante de platforme.

În figura 15.11 se arată o platformă de uscare a nămolului cu garduri prefabricate și distribuția nămolului prin jgheaburi, avînd lățimea, $b = 10$ m. Stratul drenant este constituit dintr-un strat de pietriș peste care este așezat un strat de nisip, ambele în grosime de 0,20 m. Gardurile prefabricate din beton armat au dimensiuni 241 × 25 × 8 cm; jgheaburile prefabricate de descărcare a nămolului pe platforme au secțiunea transversală 40 × 40 cm, uneori 30 × 30 cm.

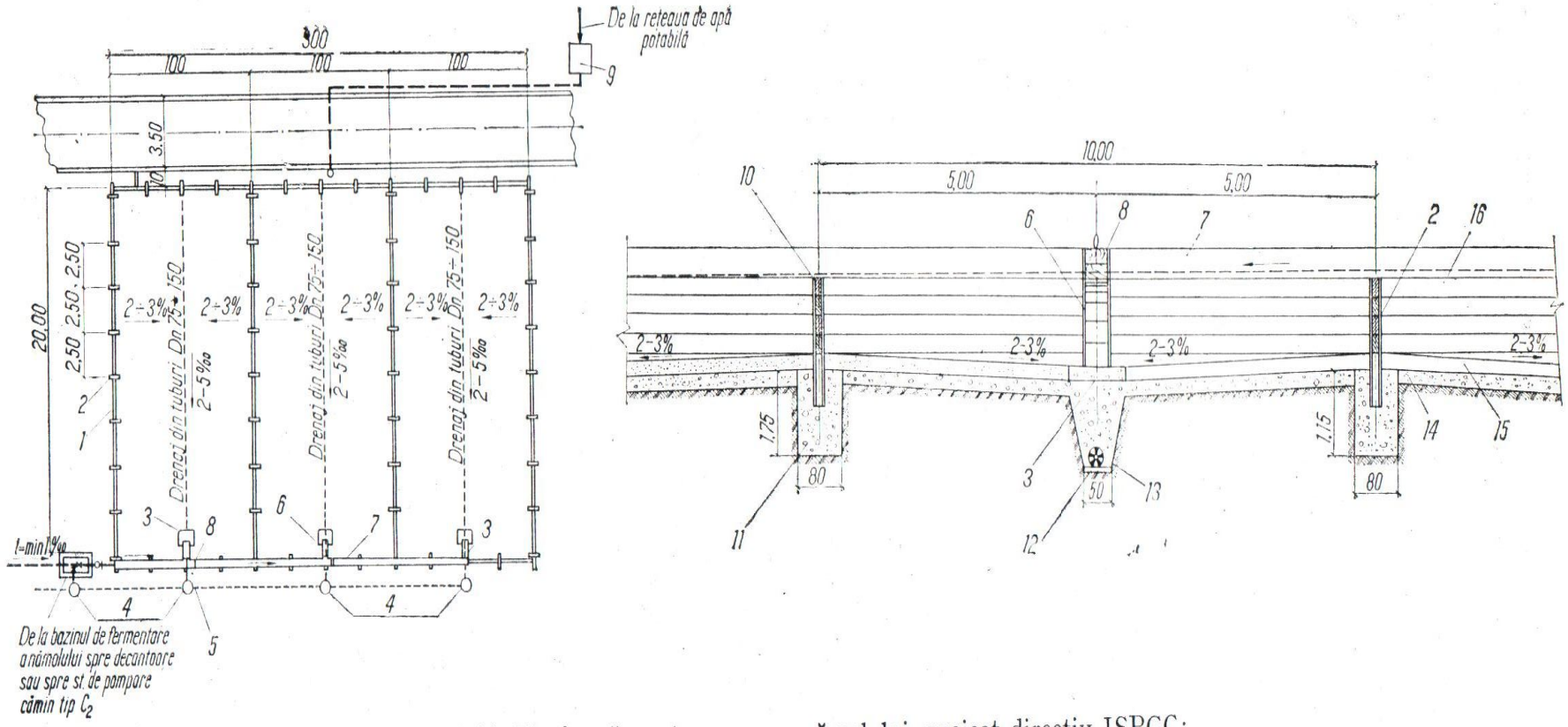


Fig. 15.11. Platformă pentru uscarea nămolului, proiect directiv ISPGC:

1 – prefabricat P_1; *2* – prefabricat P_2; *3* – placă de beton simplu; *4* – cămin tip C_3; *5* – colector de ape drenate Dn 150; *6* – jgheab de descărcare pe platformă; *7* – jgheab pentru distribuția nămolului; *8* – șiber; *9* – cămin de vane; *10* – dulap prefabricat; *11* – fundația stîlpului din beton; *12* – pat de balast; *13* – dren din tuburi de beton Dn 150; *14* – strat de pietriș 20 cm; *15* – strat de nisip 20 cm; *16* – beton de pantă.

Platformele impermeabile se execută pe straturi de argilă de 20—30 cm grosime sau din beton în grosime de 10 cm, peste care se așază stratul de susținere drenant.

Lățimea platformelor de uscare trebuie să rămînă sub 4—6 m pentru platforme cu curățire manuală și maximum 20 m, pentru platforme cu curățire mecanică. Lungimea uzuală a platformelor variază între 15 și 45 m, nefiind însă limitată. Compartimentarea platformelor pentru obținerea lățimilor și lungimilor de mai sus se realizează prin diguri de pămînt, înalte de 30—40 cm și de obicei prin garduri de beton prefabricate. Pentru exploatarea eficientă a platformelor, acestea trebuie să aibă cel puțin două compartimente și de obicei trei, cînd suprafața depășește 150 m².

Accesul nămolului pe platformele de dimensiuni mai mari se face prin tuburi de oțel cu diametre de cel puțin 150 mm; pentru platforme cu dimensiuni mai mici, accesul se poate face și cu jgheaburi, cu secțiune semicirculară. Viteza nămolului în jgheaburi și conducte trebuie să fie mai mare ca 1,0 m/s.

Curățirea nămolului de pe platforme se poate face manual, cu lopata, iar evacuarea cu roaba sau vagonetul și mecanic, cu ajutorul excavatoarelor, mașinilor speciale etc., transportul făcîndu-se cu camioane, electrocare etc.

Înălțimea nămolului la fiecare umplere a platformei de uscare este de circa 20 cm, considerîndu-se în medie 9 umpleri pe an; dacă platformele sînt acoperite, numărul de umpleri poate crește pînă la 15.

În ceea ce privește *proiectarea platformelor de uscare a nămolului*, suprafața acestora este funcție de felul nămolului și condițiile climatice, precum și de sistemul de canalizare din care provin apele uzate, alcătuirea stației de epurare, caracteristicile apelor uzate etc. Timpul de deshidratare a nămolului pe platforme depinde în cea mai mare măsură de grosimea stratului de nămol stabilit la fiecare umplere, el fiind mai mic în zonele cu însorire puternică, puține ploi și umiditate relativă mică. Vîntul condiționează evaporarea apei din nămol și deci la stabilirea suprafeței platformelor trebuie să se țină seama și de influența lui. Umiditatea nămolului evacuat de pe platforme este de 55—75%.

Dacă se consideră că grosimea stratului de nămol la o umplere este de 0,20 m și că numărul de umpleri pe an este de 9, deci grosimea totală de nămol în timp de un an este de 1,80 m, ținînd seama de datele din tabela 15.1, rezultă, spre exemplu, pentru nămolul fermentat provenit de la epurarea mecanică, o suprafață de $0,26 \times 365 / 1,8 \times 1\,000 = 0,05$ m²/loc sau 20 loc/m² de platformă de uscare. Suprafețele necesare platformelor de uscare pentru toate categoriile de nămoluri fermentate sînt date în tabela 15.6.

Exemplul de calcul 15.3. Să se dimensioneze platformele de uscare a nămolului provenit din stația de epurare a unui oraș avînd 25 000 locuitori, a cărui epurare biologică se realizează în bazine cu nămol activ de mare încărcare. Caracteristicile nămolului: coeficientul de viscozitate dinamică $\eta = 1,0$ centipoise; umiditatea inițială, $C_1 = 90\%$; rezistența specifică la filtrare, $r = 10 \times 10^{10}$ cm/gf; rezistența specifică convențională, $R = 10$ cm/gf; greutatea specifică a nămolului $\gamma = 1,1$ gf/cm³.

Cantitatea de nămol fermentat pe zi, conform tabelei 15.1 este: $V_{nf} = 25\,000 \times 0,52 = 13$ m³/zi.

Suprafața platformelor de uscare, conform tabelei 15.6, este: $A_p = 0,1 \times 25\,000 = 2\,500$ m². Se proiectează platforme de 5 m lățime cu 100 m lungime, în total 10 platforme, cu detaliile din proiectul directiv ISPGC.

15.4.2.2. **Iazurile de nămol.** Se execută în depresiunile naturale, foste cariere de nisip, gropi de cărămidă etc. Dacă solul nu este suficient de per-

TABELA 15.6

Suprafața platformelor de uscare pentru diferite categorii de nămoluri fermentate, precum și încărcarea în locuitori a acestora

Felul nămolului fermentat	Cantitatea de nămol fermentat (dm^3/loc și zi)	Suprafața platformei (m^2/loc)	Încărcarea în locuitori (loc/m^3 platformă)
1. Nămol de la decantarea primară	0,26	0,05	20
2. Nămol de la epurarea mecano-biologică efectuată în:			
— filtre biologice de mică încărcare	0,43	0,09	11
— idem, de mare încărcare	0,48	0,10	10
— bazine cu nămol activ de mică încărcare	0,79	0,16	6
— idem, de mare încărcare	0,52	0,10	10

meabil pentru ca parte din apa de nămol să se infiltreze prin radierul iazului, se execută preaplinuri care conduc apa de nămol în emisarul învecinat sau, dacă nu este posibil, în stația de epurare. La cîțiva ani o dată iazurile se golesc de nămol; dacă însă volumele de acumulare sînt mari și există în apropiere și alte posibilități de construire a unor iazuri noi, se renunță la golirea iazului și, după umplere, terenul este dat agriculturii. În S.U.A. nămolurile provenite din multe orașe importante sînt deshidratate în iazuri de nămol (Chicago, Philadelphia, Baltimore ș.a.).

Iazurile de nămol sînt folosite uneori și pentru fermentarea nămolului, aici realizîndu-se atît fermentarea cît și deshidratarea nămolului; de asemenea, cînd se renunță la golirea lor, în aceste iazuri, se produce fermentarea, deshidratarea și îndepărtarea nămolului.

La proiectarea iazurilor de nămol trebuie să se aibă în vedere: să fie amplasate la suficientă distanță de locurile și șoselele importante (deoarece dau loc la mirosuri neplăcute); descărcarea nămolului să se facă sub suprafața nămolului din iaz; apa de nămol se înapoiază în stația de epurare și cînd este posibil se evacuează în emisar; se va evita pe cît posibil poluarea apei subterane; adîncimea iazurilor va rămîne în jur de 1,5 m.

Iazurile ce servesc numai pentru fermentarea nămolului, care de altfel nu sînt decît bazine deschise în pămînt (v. 15.2 și tabela 15.4), se dimensionează astfel încît la o încărcare de 1 kgf materii solide totale pe an să corespundă 0,010 m^3 volum de iaz; dacă iazurile sînt folosite atît pentru fermentarea cît și pentru deshidratarea nămolului, pentru 1 kgf de materii solide totale pe an trebuie să corespundă 0,25 m^3 volum de iaz. Unii autori recomandă ca volumul iazurilor pentru deshidratare să fie de 2—3 ori mai mare ca cel al nămolului prelucrat pe platformele de uscare pe timp de un an.

15.4.2.3. **Vacuumfiltrele.** Acestea constau dintr-un tambur cu diametrul cuprins între 1,5 și 2,0 m și chiar mai mult, pe a cărui suprafață laterală este așezat filtrul (fig. 15.12).

Tamburul, care se rotește orizontal cu o viteză de 1 rot/min, este cufundat într-o baie de nămol, 15—40 % din suprafața lui laterală. Nămolul din baia de nămol este agitat mecanic cu o viteză de 10—15 rot/min, împiedicîndu-se astfel depunerea lui în baie.

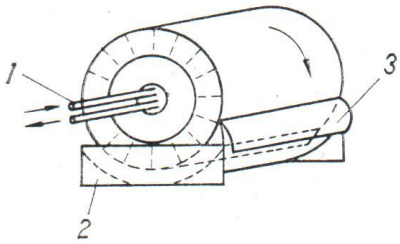


Fig. 15.12. Vacuumfiltru:
1 — sistem hidraulic și pneumatic; *2* — rezervor de nămol; *3*—răzuitor de nămol.

Spațiul din interiorul tamburului este compartimentat în lungul acestuia, formînd o serie de celule longitudinale, care pot fi supuse la depresiuni diferite. Vacuumul format în interiorul celulelor face ca nămolul din baie să se prindă la exteriorul filtrului, de unde este îndepărtat de un răzuitor. Dacă nămolul nu se desprinde ușor de pe filtru, la acțiunea răzuitorului, se creează o presiune în interiorul tamburului, care împinge și dezlipește turta. Turtele de nămol au grosimi de 4—10 mm, în funcție de vacuumul ce se realizează în interior. Transportul la exterior al turtelor se face cu o bandă transportoare. Apa rezultată din filtrare este evacuată printr-o conductă așezată în axul tamburului; deoarece această apă are un CBO_5 mare, ea trebuie înapoiată în stația de epurare.

Vacuumul necesar de 400—500 mm CA este realizat de pompe de vacuum, care consumă circa 1,5 kW/m² de suprafață filtrantă. Puterea de antrenare a tamburului variază în funcție de dimensiunile acestuia între 4 și 6 kW, iar a agitatorului între 2 și 4 kW.

Consumul total de energie al vacuumfiltrelor este de circa 6 kW/m³ de nămol supus filtrării.

Nămolul supus filtrării trebuie tratat în prealabil; se recomandă tratarea cu 2,5 % clorură de fier pentru nămolul proaspăt sau fermentat și 7 % pentru nămolul în exces (nămolul și clorura de fier în cantități uscate); uneori este necesar să se adauge 7—10 % var. Cantitatea de clorură de fier se micșorează dacă se procedează în prealabil la elutrierea nămolului.

Filtrul se execută dintr-o țesătură de bumbac, lînă, fibre sintetice etc. Durata de întrebuințare a unei pînze filtrante este de 1—2 luni, după care trebuie curățată prin periere, aburi sau diferite soluții chimice.

Productivitatea vacuumfiltrelor variază între 10 și 30 kgf substanțe solide în suspensie, uscate, în greutate/h și m².

După vacuumfiltrare umiditatea nămolului (a turtei) ajunge la 65—70 %. Turtele sînt fără miros dacă provin din nămol fermentat; cele provenite din nămol nefermentat, dacă apele uzate au avut un pronunțat caracter industrial (de exemplu din industria anorganică), sînt de asemenea lipsite de miros.

La noi în țară se fabrică vacuumfiltre la IMMUM-Baia Mare, cu suprafețe de 5; 10; 40 și 80 m².

Pentru *dimensionarea* vacuumfiltrelor se determină în primul rînd productivitatea acestora cu relația [11]:

$$L = \frac{k \cdot \tau \cdot \delta}{\sqrt{R}}, \qquad (15\text{-}12)$$

în care:

L este productivitatea filtrului, în kg materii solide separabile prin decantare, uscate, în greutate/m² și h;

$$\tau = 0{,}25 \sqrt{\frac{(100 - C_i)(100 - C_f)}{(C_i - C_f)}}; \qquad (15\text{-}13)$$

$$\delta = \sqrt{\frac{m \Delta P}{\eta \cdot M}}; \qquad (15\text{-}14)$$

m — imersia tamburului, în %;
ΔP — gradientul de presiune, în mm col.Hg;
η — coeficientul de viscozitate dinamică a filtratului, în centipoise;
M — durata unei rotații a tamburului, în min;
R — rezistența specifică convențională determinată pentru o presiune $P = 4{,}9 \times 10^5$ dyne/cm² (500 daN/cm²); $R = r \cdot 10^{-10}$, în cm/gf, r fiind rezistența specifică la filtrare, în s²/gf; R și r se determină în laborator;
k — coeficient care ține seama că rezultatele din laborator sînt mai bune ca cele la scară industrială, egal cu 0,75;
C_i — umiditatea inițială a nămolului înainte de filtrare, în %;
C_f — umiditatea finală după filtrare a turtei, în %.

Deoarece, în general, $m = 30$ %, pentru temperatura de 20°C și $\eta = 1$ cP, ecuația (15-12) devine:

$$\delta = \sqrt{\frac{30\,P}{M}}. \tag{15-15}$$

Suprafața de filtrare pentru o funcționare de 16 h a vacuumfiltrelor rezultă din ecuația:

$$A = \frac{10 \cdot Q \cdot \gamma(100 - C_i)}{16\,L}, \tag{15-16}$$

în care:

A este suprafața de filtrare, în m²;
Q — debitul de nămol, în m³/zi;
γ — greutatea specifică a nămolului, în gf/cm³;
C_i — umiditatea inițială a nămolului, în %;
L — productivitatea filtrului, ca mai sus.

Numărul și suprafața de filtrare necesare se determină ținînd seama că la noi în țară filtrele au suprafețe de 5, 10, 40 și 80 m² și că numărul de filtre trebuie să fie de cel puțin două.

Din cercetările efectuate a rezultat că vacuumfiltrele se recomandă a fi folosite pentru o rezistență specifică la filtrare, $r < 100 \cdot 10^{10}$ cm/gf (sau $R < 100$) și un coeficient de compresibilitate, $s > 1$; de asemenea se recomandă ca prin condiționare: $r \leqslant 5 \cdot 10^{10}$ cm/gf.

Exemplul de calcul 15.4. Să se dimensioneze filtrele-vacuum folosind ca date de bază cele din exemplul 15.3. și considerînd $\Delta P = 400$ mm col. Hg; durata de rotație a unui tambur, $M = 2{,}0$ min; umiditatea inițială a nămolului, $C_i = 90\%$; finală, $C_f = 70\%$; rezistența specifică la filtrare, $r = 5 \times 10^{10}$ cm/gf; rezistența specifică convențională $R = 5$ cm/gf; greutatea specifică a nămolului, $\gamma = 1{,}1$ gf/cm³; coeficientul de viscozitate dinamică, $\eta = 1{,}0$ centipoise.

Deoarece $r < 100 \times 10^{10}$ cm/gf, se pot adopta vacuumfiltre; de asemenea, deoarece $r = 5 \times 10^{10}$ cm/gf, este necesară condiționarea nămolului.

Productivitatea vacuumfiltrelor se calculează cu ecuația (15-12), $L = k \cdot \tau \cdot \delta/\sqrt{R}$; $\tau = 0{,}25 \times \sqrt{(100 - C_i)(100 - C_f)/(C_i - C_f)} = 0{,}25 \times \sqrt{(100 - 90)(100 - 70)/(90 - 70)} = 0{,}970$; $\delta = \sqrt{m\,\Delta P/\eta\,M} = \sqrt{30 \times 400/1{,}0 \times 2} = 77{,}5$; $L = 0{,}75 \times 0{,}970 \times 77{,}5/\sqrt{5} = 25{,}17$ kgf materii solide în suspensie, separabile prin decantare/m² și h.

Suprafața de filtrare se determină cu ecuația (15-16): $A = 10 \cdot Q \cdot \gamma \cdot (100 - C_i)/16\,L = [10 \times 13 \times 1{,}1 \times (100 - 90)]/16 \times 25{,}17 = 3{,}55$ m². Se aleg două vacuumfiltre, unul de rezervă, de tip IMMUM-Baia Mare, cu suprafața de 5,0 m² fiecare.

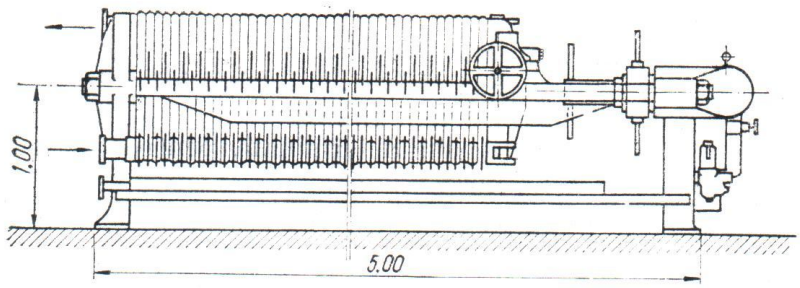


Fig. 15.13. Filtru presă.

15.4.2.4. **Filtrele presă.** Acestea au fost primele instalații artificiale folosite pentru deshidratarea nămolului fermentat. Datorită consumului mai mare de coagulanți, în comparație cu vacuumfiltrele și a numeroaselor manevre de încărcare și descărcare a filtrelor, o perioadă de timp acestea au fost mai puțin folosite; odată cu automatizarea manevrelor ele și-au recîștigat importanța, datorită în special umidității mai mici a turtelor obținute în aceste filtre (50—65 %), în comparație cu cea obținută cu vacuumfiltrele (65—70 %).

În figura 15-13 se arată un filtru presă constituit dintr-o serie de camere, formate din cadre metalice, pătrate sau circulare, pe care se așază filtrul propriu-zis. Dimensiunile cadrelor pot fi de exemplu 1,5 × 1,5 m; un filtru este format din 30, 40, 50 și chiar 100 camere. Volumul util pentru 100 camere, de exemplu, poate ajunge la 10 m³, respectiv o suprafață de filtrare de circa 400 m². Presiunea de filtrare variază între 6 și 8 at., în funcție de caracteristicile nămolului și durata ciclului de filtrare; aceasta, la rîndul ei, depinde de natura nămolului, presiunea necesară etc., variind între 1 și 2 h (inclusiv timpul de filtrare și de încărcare-descărcare a nămolului). Nămolul, introdus printr-un tub central, intră în spațiile de presare, în camere. După trecerea timpului de filtrare camerele se desfac, iar turtele cad pe o bandă transportoare sau în buncăre. Capacitatea de filtrare a filtrelor presă variază între 5 și 15 kgf substanțe solide în suspensie/m² și h. Necesarul de energie electrică este de 3 kWh/m³ nămol introdus în filtru pentru prelucrare.

Pentru dimensionarea filtrelor presă se determină în primul rînd durata de presare (filtrare) cu relația:

$$t_p = \frac{1{,}42 \cdot \eta \, R \cdot d^2 \cdot \gamma \cdot (100 - C_f) \cdot (C_i - C_f)}{10^4 \cdot P \cdot (100 - C_i)}, \qquad (15\text{-}17)$$

în care:

t_p este durata de presare, în h;
d — distanța între pereții filtranți ai camerei, în cm;
γ — greutatea specifică a nămolului, în gf/cm³;
P — presiunea de lucru, în at;
η — coeficient de viscozitate dinamică, în centipoise;
R — rezistența specifică convențională de filtrare; $R = r \times 10^{-10}$, în cm/gf.

Durata de presare nu include timpii necesari alimentării, descărcării și curățirii plăcilor filtrante, care depind de tipul instalației. Timpul total de presare T corespunzător unui ciclu este egal cu timpul de presare propriu-zis t_p, la care se adaugă timpii necesari operațiilor auxiliare t_a și deci $T = t_p + t_a$. În cazul curățirii manuale a plăcilor filtrante, t_a poate fi considerat egal cu t_p,

în timp ce în instalațiile moderne automatizate t_a este de numai 10—15 min. Din cercetările efectuate se recomandă ca filtrele presă să fie folosite cînd rezistența specifică la filtrare, $r < 50 \times 10^{10}$ cm/gf (sau $R < 50$) și coeficientul de compresibilitate, $s > 1$; de asemenea se recomandă ca prin condiționare, $r \leqslant 10 \cdot 10^{10}$ cm/gf.

La proiectare se va ține seama de proiectul M.I.C.M. — Grupul de uzine pentru utilaj minier — Satu Mare, filtru presă și filtru presă Ø 800, proiect MMEE—ICEPROM, ambele avînd ca executant IMMUM-Baia Mare.

Exemplul de calcul 15.5. Să se dimensioneze filtrele presă pentru datele din exemplul 15.3, cunoscînd $P = 4$ at; $C_i = 90\%$; $C_f = 50\%$; $\eta = 1{,}0$ centipoise; $\gamma = 1{,}1$ gf/cm³; $R = 10$ cm/gf; $r = 10 \cdot 10^{10}$ cm/gf; se dispune de filtre tip Johnson — Progress Engineers, cu camere $120 \times 120 \times 3{,}17$ cm, respectiv volumul camerei, $V_c = 0{,}046$ m³; un filtru are 50 camere și un $V_t = 2{,}3$ m³.

Deoarece $r < 50 \times 10^{10}$ cm/gf, se recomandă executarea de filtru presă; de asemenea, deoarece $r = 10 \times 10^{10}$, nu este necesară condiționarea.

Durata de filtrare se calculează cu ecuația (15-17), $t_p = 1{,}42 \cdot \eta \cdot R \cdot d^2 \cdot \gamma (100 - C_f) \cdot (C_i - C_f)/[10^4 \cdot P \cdot (100 - C_i)]$; $t_p = 1{,}42 \times 1{,}0 \times 10 \times 3{,}17^2 \times 1{,}1 (100 - 50) \times (90 - 50)/[10^4 \times 4 \times (100 - 90)]$; $t_p = 0{,}78$ h; adăugînd și timpul de încărcare, descărcare și curățire, se poate admite că ciclul durează circa 2 h.

Numărul de filtre: materiile solide în suspensie separabile prin decantare, uscate, în greutate, reprezintă 10% din volum, conform temei, adică 1,3 m³/zi sau circa 1 300 kgf. După filtrare, acestea, de asemenea, conform temei, vor reprezenta 50% din turtă și deci apa va reprezenta restul, adică 50%, și vor avea o greutate de 1 300 kg; în total, greutatea turtei va fi de 2 600 kgf, iar volumul, $V_{0l} = 2\,600 / 1\,100 = 2{,}36$ m³; numărul de cicluri necesar, $n = 2{,}36/2{,}3 = 1$ ciclu/zi; un filtru cu aceste caracteristici va lucra pe zi numai 2 h pentru a filtra tot nămolul.

15.4.3. Deshidratarea avansată

Procedeele naturale cît și cele artificiale de deshidratare a nămolurilor, în special în stațiile mari de epurare, rezolvă numai parțial problema tratării și îndepărtării nămolurilor. După deshidratare, în instalațiile arătate nămolul mai conține cantități importante de materii organice, umiditate, respectiv volumul acestuia este mare și este încă periculos din punct de vedere sanitar.

În prezent, instalațiile moderne de deshidratare și îndepărtare a nămolurilor urmăresc o reducere mai mare a materiilor organice, în comparație cu cea obținută prin metodele clasice și, chiar reducerea completă a acestora. Reducerea avansată a materiilor organice se obține prin tratarea termică a nămolului și prin oxidarea umedă, în timp ce reducerea completă a materiilor organice se realizează prin arderea pe pat fluidizat și prin incinerare. La primele trei procedee se tratează nămol nefermentat (se elimină deci instalațiile de fermentare a nămolului), iar la ultimul procedeu, nămol fermentat și deshidratat în filtre.

Tratarea termică a nămolului se face îndeosebi prin procedeul Porteous. Nămolul brut cu umiditate de 96 %, după tratare are un volum de numai 8 % din cel inițial, umiditatea 90 %, este consistent și ușor de manevrat. În timpul procesului de tratare, nămolul este supus la temperaturi înalte, își pierde calitățile inițiale și sedimentează foarte ușor în îngroșătorul de nămol final. Dacă după tratare nămolul este trecut prin filtre presă, umiditatea este de 50—55 %. Întregul proces de tratare termică, inclusiv filtrarea, durează circa 4 h.

Oxidarea umedă a nămolului se realizează după procedeul Zimpro, care se bazează pe faptul că toate substanțele combustibile aflate în apă, în suspensie

sau dizolvate, se pot oxida în intervalul de temperaturi cuprinse între 120 și 130°C. Procesul de oxidare umedă se desfășoară în trei faze: în prima fază se realizează prelucrarea nămolului; în a doua fază, nămolul adus la o presiune de 20 at, este încălzit pînă la temperatura de 160°C, pentru a fi oxidat; în faza a treia, are loc filtrarea nămolului în filtre cu vacuum. Turtele de nămol au o umiditate de 60—65 %, sînt sterile, nu conțin germeni patogeni, nu au miros.

Arderea pe pat fluidizat a nămolului se realizează în cele mai multe cazuri după procedeul Fluo-Solid. Patul fluidizat, aplicat de mult timp în industrie, este constituit din nisip de siliciu cu granule uniforme; el este încălzit și printr-un curent de gaz (de obicei aer) este ținut în suspensie. Într-o primă fază de preparare se realizează deznisiparea nămolului și îngroșarea lui. În faza a doua, nămolul este deshidratat în vacuumfiltre sau centrifuge. În faza a treia, a combustiei, nămolul este ars pe pat fluidizat, folosindu-se la început pentru încălzire un combustibil, apoi procesul continuă prin autocombustie. Faza a patra de tratare a gazelor și de separare a substanțelor solide se face cu ajutorul unei instalații de spălare, în care se produce separarea gazului de cenușă.

Incinerarea nămolului, practicată de mai mult de 30 ani, se realizează în furnale de tip Nichols Herreshoff, avînd diametre de 5—7 m, înălțimi 10—12 m și capacități de prelucrare a nămolului de 6—9 m^3/h. Turtele de nămol fermentat, rezultate de la filtre, sînt concasate și apoi introduse pe la partea superioară în furnale. Nămolul de aici cade pe o serie de cuptoare (6—9), unde este ars la temperaturi de 400 — 650°C. Gazele rezultate în timpul combustiei trec de sus în jos prin turnuri și scrubere de răcire și apoi ajung în atmosferă. Cenușa rezultată la incinerare este transportată în afara stației de epurare.

15.4.4. Îndepărtarea și valorificarea nămolurilor

Nămolurile rezultate în urma deshidratării sînt îndepărtate din stația de epurare. Astfel, nămolurile pot fi depozitate în gropi (foste cariere de cărămidă sau nisip), în depresiuni, în mare sau pot fi răspîndite pe terenurile agricole, pentru fertilizarea acestora. În Marea Britanie, în orașe mari ca Manchester, Glasgow, Liverpool etc., se evacuează în mare nămolul deshidratat (la 15—20 km de coastă), fără a prejudicia viața acvatică.

Valorificarea nămolului în agricultură este practicată în numeroase ocazii deși valoarea ca îngrășămînt necesar solului este destul de mică. Azotul, fosforul sub formă de acid fosforic (P_2O_5) și potasiul sub formă de oxid de potasiu (K_2O) au acțiuni fertilizatoare asupra solului; nămolul mai conține în plus încă o bună parte din substanțele organice inițiale. Azotul ajută în special la dezvoltarea frunzelor și a tulpinei, fosforul la formarea rădăcinilor, iar potasiul la producerea de clorofilă. Humusul format de substanțele organice mărește capacitatea solului de a reține apa, de a rezista la eroziune și de a constitui un substrat pentru bacterii.

Valoarea fertilizatoare a nămolului depinde în mare măsură de stadiul de tratare, respectiv de proveniența lui. Nămolul nefermentat conține încă organisme patogene și din acest punct de vedere trebuie luate măsuri de protecție sanitară la manipularea și folosirea lui; are însă valoare fertilizatoare mai mare decît nămolul fermentat; spre exemplu, nămolul fermentat conține 40 — 50 % mai puțin azot decît nămolul proaspăt. Atît în cazul nămolului

fermentat cît și al celui proaspăt, după răspîndirea pe terenurile agricole acestea trebuie arate, folosirea lor fiind interzisă pentru plante ale căror rădăcini sau frunze etc. se consumă în stare proaspătă. Nămolurile deshidratate prin tratare termică sau oxidare umedă sînt mai puțin periculoase din punct de vedere sanitar.

Folosirea compostării nămolului fermentat sau nefermentat conduce la obținerea unui produs de calitate superioară din punct de vedere fertilizator, adăugîndu-se eventual și producția de metan. La compostarea nămolului trebuie să se adauge materii uscate, care favorizează trecerea aerului prin straturile de compost. În acest sens se realizează de obicei un amestec de 0,5 m^3 nămol și 75 kgf turbă. Compostarea în condiții mult mai bune se face amestecînd nămolul cu gunoi menajer, astfel încît umiditatea amestecului să fie de 40—50 %. Gunoiul asigură amestecului o proporție favorabilă de carbon și azot, de circa 15:1, furnizînd carbonul care lipsește nămolului.

Compostarea naturală a nămolului se realizează în grămezi-depozite, în care temperatura se ridică spontan la 70°C. În timpul fermentării conținutul de apă scade, iar germenii sînt distruși.

Se preferă uneori compostarea artificială într-un tambur stabilizator, în care nămolul este ținut timp de 1 zi la temperatura de 120°C. Materialul rezultat este mărunțit și așezat în grămezi de 1,5 m înălțime, de unde, după cîteva zile de fermentare anaerobă, poate fi folosit ca îngrășămînt.

Nămolul mai poate fi valorificat pentru producerea de proteine sub forma unor turte de nămol cu 10 % umiditate, folosite pentru hrana păsărilor și a altor animale; fabricarea drojdiei furajere; producerea vitaminei B 12; producerea de brichete pentru încălzire etc.

Capitolul 16

DEZINFECTAREA ȘI CLORAREA APELOR UZATE ȘI NĂMOLURILOR

Clorul sub formă de clorură de var a fost folosit pentru prima oară la Londra, în anul 1887, pentru îndepărtarea mirosului din apele uzate. În prezent, clorul este întrebuințat pentru dezinfectarea apelor uzate, precum și pentru o serie întreagă de folosințe din stația de epurare (îndepărtarea mirosului, reducerea CBO_5 etc.).

16.1. DEZINFECTAREA APELOR UZATE

Dezinfectarea apelor uzate nu este sinonimă cu sterilizarea lor, deoarece prin dezinfectare nu se distrug toate organismele din apă, așa cum se obține prin sterilizare.

Dezinfectanții folosiți pentru apele uzate trebuie să distrugă în orice fel și în totalitate bacteriile patogene; să nu fie toxici pentru om sau animale la concentrații uzuale; să aibă un preț rezonabil, să se manipuleze și înmaga-

zineze ușor; să se poată determina rapid concentrația lor în apa uzată; să persiste o anumită perioadă de timp într-o mică concentrație sub formă reziduală, pentru a preveni o eventuală contaminare.

Dintre dezinfectanții chimici se menționează: clorul, bromul, iodul, ozonul, permanganatul de potasiu etc. Clorul și compușii lui îndeplinesc cel mai bine condițiile de mai sus, ceilalți dezinfectanți fiind neeconomici.

Dezinfectarea prin căldură sau prin raze ultraviolete este de asemenea costisitoare și poate fi luată în considerare numai ocazional, pentru cantități mici de ape uzate.

Dezinfectarea chimică este influențată de numeroși factori, cei mai importanți fiind:

— natura organismelor, concentrația și distribuția lor; astfel, bacteriile nesporiforme sînt mai puțin rezistente la dezinfecție decît cele sporiforme. Dintre bacteriile enterice, *Escherichia coli* este mult mai rezistentă decît bacteriile patogene; unii virusi enterici sînt totuși mult mai rezistenți decît *Escherichia coli* (de exemplu virusul de poliomielită); virusul de hepatită este foarte rezistent la dezinfectanți. Concentrații puternice de organisme pot face de multe ori ineficace dozele de dezinfectanți considerate normale;

— natura, distribuția și concentrația dezinfectanților în apă influențează în mare măsură procesul de dezinfectare;

— proveniența și caracteristicile apelor uzate ce trebuie dezinfectate, materiile în suspensie din apă pot uneori și în anumite condiții să protejeze organismele de distrugere. Materiile organice în cantități mai mari decît cele normale conduc la creșterea necesarului de clor. Pe de altă parte, cu cît temperatura apelor uzate este mai ridicată, cu atît mai rapidă este distrugerea organismelor;

— timpul de contact acționează în sensul măririi eficienței pe măsură ce el crește; există un timp minim de contact, care trebuie asigurat pentru ca dezinfectarea să aibă loc.

Clorul este furnizat sub formă lichidă sau gazoasă; prin comprimare la 5—10 at și răcire, clorul gazos este lichefiat. Clorul lichid este preferat pentru tratarea apelor uzate (dezinfectare, îndepărtarea mirosului, reducerea CBO_5), deoarece are cel mai mic cost în comparație cu ceilalți dezinfectanți. Clorul în stare naturală este galben-verzui și are următoarele proprietăți: greutatea atomică 35,46; greutatea specifică 3,12 gf/dm³ la 15°C și 760 mm CA; punctul de lichefiere, —34,1°C; în condiții similare de temperatură și presiune, 1 kgf clor produce 314 dm³ clor gazos; 1 dm³ clor lichid corespunde la 456 dm³ clor gazos; solubilitatea în apă a clorului depinde de temperatură, astfel: la 20°C există într-un dm³ de apă 7,3 gf clor; la 10°C, 10 gf clor/dm³; la 0°C, 14,6 gf clor/dm³. Clorul este un gaz iritant și sufocant, necorosiv în stare pură și în mediu uscat; din contra, el este foarte corosiv în mediu umed, ca urmare a degajării de oxigen și acid clorhidric. Mirosul de clor în aer este detectat la concentrații de 3,5 p.p.m. (părți pe milion), în volume; gazul devine foarte iritant la concentrații de 40—60 p.p.m.; inhalarea de clor gazos în concentrații de 40—60 p.p.m. timp de 30—40 min este periculoasă; la concentrații de 1 000 p.p.m. gazul este rapid fatal.

Clorul lichid este de 1,5 ori mai greu ca apa; la fel ca și clorul gazos, în mediu umed este foarte corosiv. Clorul lichid se păstrează în containere de diferite dimensiuni sau butelii de oțel la presiune de 6—8 atm, cu conținut de 25—45 kg clor, care trebuie manipulate cu precauție.

Dintre compușii clorului, care pot fi folosiți pentru dezinfectare, se menționează clorura de var ($CaOCl_2$), hipocloritul de calciu și hipocloritul de sodiu.

Clorul sub formele de mai sus se dezvoltă în apă producînd o serie de reacții, astfel:

$$Cl_2 + H_2O = HCl + HOCl. \qquad (16\text{-}1)$$

Acidul hipocloros se descompune după relația:

$$2\,HOCl = 2\,HCl + O_2. \qquad (16\text{-}2)$$

Oxigenul format este oxidant puternic, producînd dezinfectarea apei. În același timp clorul acționează asupra bacteriilor distrugîndu-le.

După introducerea clorului în apa uzată este necesar ca acesta să rămînă în contact timp de 30 min; în unele țări se consideră suficient 15 min. Doza de clor este considerată suficientă dacă în apa uzată, după trecerea timpului de contact, mai există o cantitate de clor, numită clor rezidual, de 0,5—1,0 mgf/dm³; în S.U.A., 2,0 mgf/dm³. Dozele de clor necesare apelor uzate și nămolurilor, astfel încît după 15 min timp de contact clorul rezidual să fie 0,5—1,0 mgf/dm³ sînt date în tabela 16.1.

TABELA 16.1

Doze de clor pentru ape uzate și nămoluri, astfel încît după 15 min de contact clorul rezidual să fie de 0,5—1,0 mgf/dm³

Felul apei sau nămolului	Doza de clor (mgf/dm³)
Apă uzată brută	6—24
Apă uzată decantată	3—18
Apă uzată după coagulare	3—12
Apă uzată după filtrele biologice	3—9
Apă uzată după bazinele cu nămol activ	3—9
Apă uzată după filtrele cu nisip	1—6
Apă uzată, pentru îndepărtarea mirosului	max 20
Apă uzată brută, pentru împiedicarea coroziunii	2—10
Apă uzată decantată, pentru împiedicarea colmatării filtrelor biologice (se administrează periodic timp de 8 h)	20—50
Apă uzată brută ce intră în decantoarele Imhoff, pentru împiedicarea formării spumei	3—15
Apă uzată brută, pentru mărirea eficienței separatoarelor de grăsimi	1,0—1,5
Nămol de recirculare, pentru împiedicarea umflării lui (timp de contact, 2—3 min)	1—10
Nămol din concentratoarele de nămol, amonte de bazinele de fermentare a nămolului, pentru a se obține în apa de nămol din concentrator o doză de clor rezidual de 1 mgf/dm³	max 20

S-a constatat că din cantitatea de clor necesară dezinfectării, circa 30% se consumă de către materiile solide în suspensie coloidale separabile prin decantare, 40% de materiile solide coloidale și circa 30% de materiile solide dizolvate. De aceea, chiar dacă nu se procedează la epurarea apelor uzate și se recurge numai la clorarea apelor uzate brute, trebuie îndepărtate din apă, prin grătare sau site, materiile în suspensie mari, pentru a micșora cantitatea de clor necesară, cu atît mai mult cu cît clorul pătrunde destul de greu în interiorul materiilor în suspensie de dimensiuni mari.

Alimentarea cu clor, respectiv introducerea clorului în apa uzată, se poate face direct sau sub formă de soluție, asigurîndu-se furnizarea unei cantități de clor de 4—30 mgf/dm³.

Alimentarea directă cu clor gazos se realizează cu ajutorul unor aparate simple, care nu necesită consum de apă pentru prepararea soluției de clor, aer pentru amestec, instalații electrice etc. Utilizarea acestui procedeu este limitată și în prezent nu este folosit decît în stațiile mici de epurare.

Alimentarea sub formă de soluție necesită în prealabil prepararea unei soluții de clor în apă. Prepararea soluției se face cu ajutorul cloratoarelor, care funcționează sub presiune sau sub vacuum. Cloratoarele care funcționează sub vacuum sînt în prezent preferate, fiind astfel construite încît pot preîntîmpina accidentele.

În figura 16.1 este arătată schema de funcționare a aparatului de clorare cu vacuum Walace & Tiernan. Clorul, vacuumul și soluția de apă de clor sînt

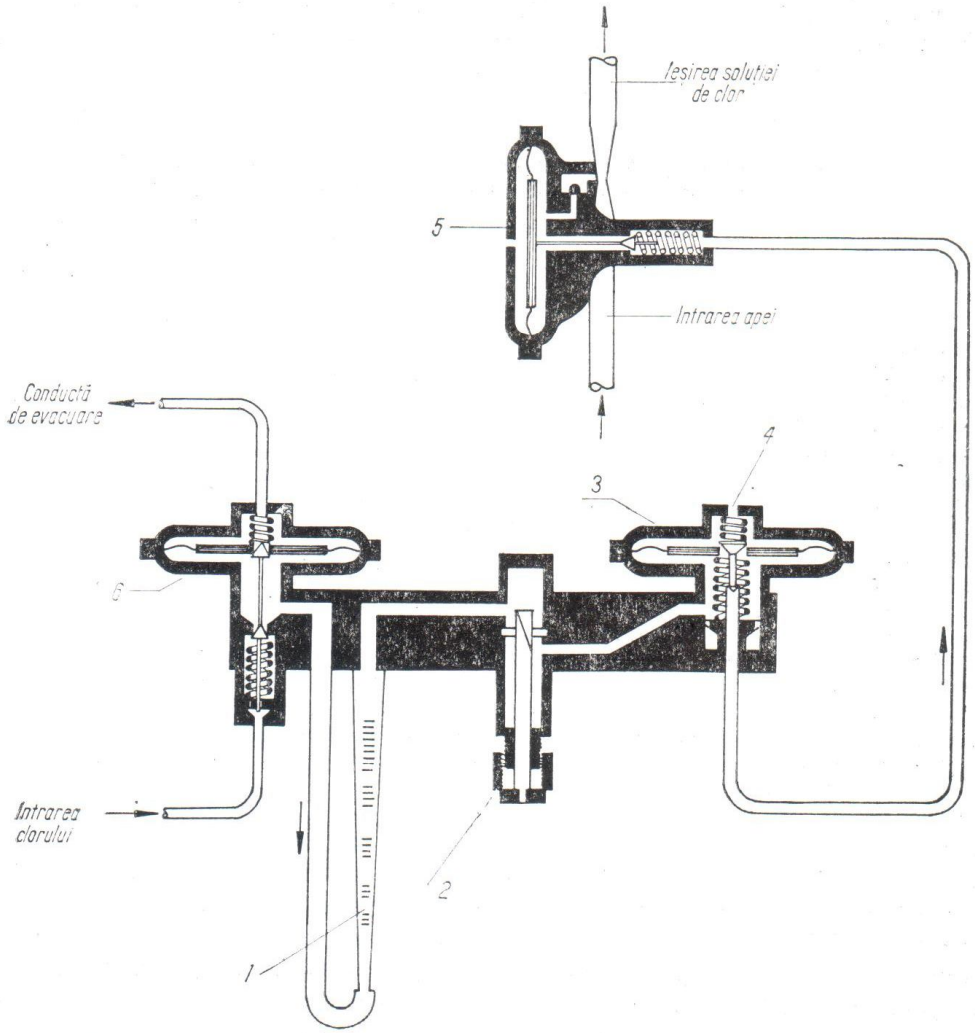


Fig. 16.1. Schema de funcționare a unui aparat de clor cu vacuum:
1 — dozator-indicator; *2* — dozator-evacuare; *3* — regulator de vacuum și ventil de evacuare; *4* — evacuare-vacuum; *5* — injector-membrană cu ventil; *6* — regulator de presiune pentru clor și ventil de evacuare.

reglate cu membrane mecanice, care realizează o funcționare sigură a distribuției clorului, preîntîmpinînd accidentele.

Reglarea cantității de clor în funcție de calitatea apelor uzate și de clorul rezidual necesar se poate face manual sau automat. Reglarea manuală se face prin deschiderea sau închiderea robinetului de pe conducta de clor și de pe conducta de apă pentru soluție; în multe stații mari se practică reglarea manuală (New York, Detroit etc.). Reglarea automată se face fie în funcție de debitul apelor uzate, fie în funcție de debitul și calitatea acestor ape.

Pentru stabilirea cantității de clor consumată, instalațiile de clor sînt prevăzute cu dispozitive de măsurare a cantității de clor rămasă în butelii sau containere, astfel încît cantitatea totală de clor pe o anumită perioadă de timp să poată fi imediat determinată. În acest scop, la multe instalații buteliile de clor sînt așezate pe cîntare.

Conductele pentru transportul clorului gazos sau lichid de la butelii la clorator pot fi din oțel, în timp ce conductele care transportă soluția de clor trebuie să fie din cauciuc, sticlă sau plastic, deoarece soluția de clor este foarte corosivă.

Instalația de dozare trebuie să fie prevăzută cu conducte de alimentare cu apă de la rețeaua de apă potabilă sau din canalul de evacuare a apei epurate; cantitatea de apă variază în funcție de tipul cloratorului între 4 și 5 l/min, iar presiunea necesară între 1 și 2 at.

Stațiile de clorare sînt de obicei construcții independente, a căror suprafață depinde de numărul de cloratoare folosite; ele sînt executate din zidărie de cărămidă și planșee de beton armat. Ventilația stației, necesară întotdeauna, se poate face în mod natural printr-o serie de deschideri practicate la nivelul pardoselii sau mecanic prin exhaustoare plasate la același nivel. Se recomandă ca aerul din stație să fie schimbat la fiecare 3 min. Temperatura minimă în stație pentru funcționarea în condiții normale a alimentării cu clor este de 20—25°C. În stația de clorare, o cameră separată este destinată depozitării buteliilor de clor, care trebuie să asigure necesarul pe 30 zile. Introducerea în camera cloratoarelor a buteliilor de clor trebuie să se facă direct din exterior.

În scopul protecției muncii, se recomandă prevederea unei ferestre în fața cloratoarelor, pentru a se putea constata din exterior modul lor de funcționare; în același sens, la ușa de intrare în stație se găsește o mască de gaze.

La proiectarea stațiilor de clorare se va ține seama de proiectul tip „Stație de clorare pentru alimentare și canalizare, proiect ISLGC" (fig. 16.2).

Bazinele de contact, care au drept scop realizarea contactului dintre soluția de clor și apele uzate, constau din rezervoare de beton armat, îngropate, cu volume corespunzătoare rămînerii apei în ele timp de 30 min. Ele sînt prevăzute cu posibilități de evacuare a depunerilor și uneori cu dispozitive de amestec, cu palete sau pereți în șicană. Cantitățile de nămol ce se depun în aceste bazine sînt de circa 0,1 dm^3/om și zi.

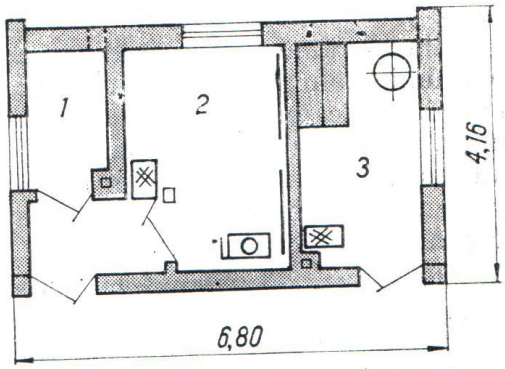


Fig. 16.2. Stație de clorare pentru alimentări și canalizări, proiect ISLGC:
1 — depozit butelii; *2* — camera de aparate clor; *3* — hidrofor (stație de pompare).

16.2. CLORAREA APELOR UZATE ŞI A NĂMOLURILOR

Îndepărtarea mirosului — dezodorizarea — este una din folosinţele principale ale clorului în staţia de epurare. Mirosul neplăcut din staţiile de epurare se datoreşte îndeosebi fermentării anaerobe, în timpul căreia indolul, hidrogenul sulfurat, scatolul, mercaptanul etc. produc cele mai puternice mirosuri. Dintre toate substanţele menţionate, mirosul de hidrogen sulfurat este cel mai neplăcut şi toxic. Cantitatea de hidrogen sulfurat creşte cînd în apele uzate au fost introduse ape uzate industriale cu sulfaţi. Hidrogenul sulfurat este distrus de clor într-o proporţie egală cu raportul greutăţilor lor (Cl_2/H_2S = 70,9/34,1, sau 2,1 mg Cl_2 pentru 1 mgf de H_2S). În canalele parţial pline, hidrogenul sulfurat se oxidează pe la suprafaţa apei şi trece în acid sulfuric sau sulfuros, care atacă betoanele, mortarele, oţelul etc.

Clorarea apelor uzate înaintea bazinelor de decantare nu conduce la dereglarea procesului de fermentare a nămolului, deoarece cantităţile mici de clor rămase sînt uşor absorbite pînă la sosirea nămolului în bazinele de fermentare. Cantitatea de clor necesară îndepărtării mirosului din apa brută nu va depăşi 20 mgf/dm³ în apa uzată brută. Uneori este necesar să se cloreze apa din nămol, provenită din bazinele de fermentare sau din procesul de deshidratare sau condiţionare a nămolului; de asemenea, clorarea gazelor, în special a celor folosite la deshidratarea prin încălzire a nămolului, poate constitui o măsură de siguranţă în exploatare.

Reducerea consumului biochimic de oxigen în diferite puncte ale staţiei de epurare şi în emisari poate ajuta procesele de epurare şi autoepurare. Clorarea întîrzie descompunerea materiilor organice din apele uzate şi din nămoluri şi respectiv reduce pentru un anumit timp consumul biochimic de oxigen. Se poate preveni astfel începerea formării de condiţii anaerobe în reţeaua de canalizare, cu dezvoltarea de miros neplăcut şi degradarea betoanelor, construcţiilor metalice etc. Întîrziind descompunerea materiilor organice în decantoare, spre exemplu, se previne şi formarea mirosului neplăcut în filtrele biologice. Prin clorare se reglează activitatea nămolului de recirculare, se încetineşte procesul de descompunere în timpul îngroşării nămolului, se reduce şi se întîrzie consumul biochimic de oxigen în emisari, se reduce cererea imediată de oxigen a apei din nămol etc.

Reducerea consumului biochimic de oxigen depinde de calitatea apei uzate şi de cantitatea de clor folosită. Clorarea apei uzate brute, astfel ca după 15 min să rămînă clor rezidual sub formă de urme, poate reduce consumul biochimic de oxigen cu circa 10%; clorarea cu 100 mgf/dm³ reduce consumul biochimic de oxigen cu circa 35%. În emisari, clorarea poate întîrzia începerea procesului de autoepurare şi prin aceasta consumul de oxigen, pînă la un punct în aval unde intervenţia unui afluent asigură condiţii corespunzătoare autoepurării, fără coborîrea oxigenului sub limite care periclitează organismele acvatice.

Distrugerea şi reglarea dezvoltării organismelor dăunătoare din reţeaua de canalizare, staţia de epurare şi din emisar se poate obţine, de asemenea, cu clor. Astfel se distrug organismele filamentoase *Sphaerotilus natans*, *Leptomitus* şi *Beggiatoa*, care înfundă canalele sau micşorează secţiunea lor de curgere şi măresc peste măsură flocoanele de nămol activ (v. 14.2); se reglează dezvoltarea muştei *Psychoda* şi formarea de nămol în cantităţi mari, care conduce

la înmlăştinarea filtrelor biologice (v. 14.2); se reglează dezvoltarea algelor în apele de suprafaţă.

Prin clorare se mai evită coroziunea, datorită acidului sulfuric rezultat din procesul de descompunere şi umflarea nămolului produsă de *Sphaerotilus natans*; se uşurează îndepărtarea grăsimilor din separatoarele de grăsimi.

Capitolul 17

STAŢII DE EPURARE PENTRU LOCALITĂŢI MICI ŞI MIJLOCII

Staţiile de epurare descrise pînă aici, respectiv obiectele componente ale acestora, satisfac în cea mai mare parte necesităţile unor localităţi cu număr mare de locuitori, devenind însă neeconomice pentru aglomeraţii al căror număr de locuitori nu depăşeşte cîteva mii. De aceea, în prezent, chiar pe plan mondial, există o continuă preocupare pentru găsirea unor soluţii economice pentru staţiile de epurare necesare micilor aglomeraţii.

O delimitare între staţii mici, mijlocii sau mari nu există. În R.F. Germania se consideră staţii de epurare foarte mici cele care deservesc un număr de pînă la 50 locuitori; mici, între 50 şi 500 locuitori; mijlocii, între 500 şi 5 000 locuitori. Trebuie menţionat că numărul de locuitori nu este suficient pentru a defini mărimea unei staţii de epurare, deoarece în unele staţii mici şi mijlocii pot intra ape uzate provenite de la unităţi agrozootehnice etc., care pot influenţa calitatea apelor, respectiv clasificarea menţionată. În cele ce urmează se vor considera:

— staţii foarte mici, cele care tratează apele uzate de la un număr mai mic de 50 locuitori;

— staţii mici, cele care tratează apele uzate de la un număr mai mic de 1 000 locuitori;

— staţii mijlocii, cele care tratează apele uzate de la un număr mai mic de 5 000 locuitori.

Staţiile de epurare pentru localităţi mici şi mijlocii sînt de tipul monobloc, al şanţurilor de oxidare sau de tipul clasic cu unele caracteristici speciale, adecvate epurării unor mici efluenţi.

17.1. STAŢII MONOBLOC

Staţiile monobloc unesc într-o singură construcţie atît instalaţiile de epurare mecanică cît şi pe cele biologice; ele sînt folosite pentru localităţi mici şi mijlocii; s-au executat însă staţii monobloc şi pentru localităţi cu 25 000 locuitori.

În figura 17.1, se arată schema unei staţii de epurare monobloc tip Degremont. Apa brută intră prin pompare într-un decantor primar, apoi în filtrul biologic şi de aici într-un decantor secundar. Apa epurată este evacuată printr-un canal. Fermentarea nămolului se realizează într-un bazin de fer-

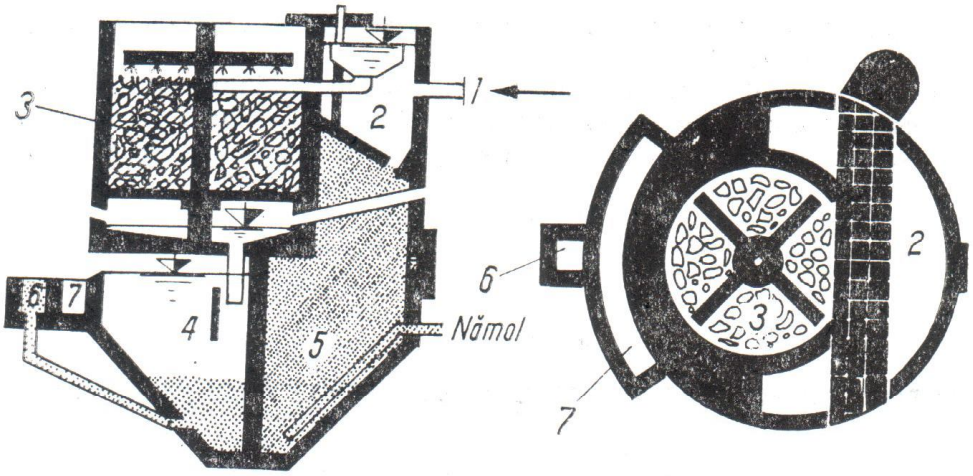


Fig. 17.1. Stație de epurare monobloc tip Degremont:
1 — apă brută; *2* — decantor primar; *3* — filtru biologic; *4* — decantor secundar; *5* — bazin de fermentare a nămolului; *6* — recirculare; *7* — apă epurată.

mentare. Nămolul din decantorul secundar este trecut în bazinul de fermentare prin intermediul unei stații de pompare.

În Marea Britanie se folosește stația de epurare „Biodisc" (fig. 17.2), complet închisă, transportabilă și care poate deservi aglomerații sub 500 locuitori. Stația constă dintr-un rezervor metalic, care are un compartiment pentru decantare și unul pentru epurare biologică, în care sînt o serie de discuri care se rotesc în contact cu apa uzată, imersate pînă la nivelul axului. Nămolul în exces este înmagazinat într-un compartiment care este golit periodic.

La noi în țară, în anul 1965, a fost aprobat proiectul unei stații de epurare monobloc, întocmit de ing. Gh. Vladimirescu (fig. 17.3). Stația, proiectată

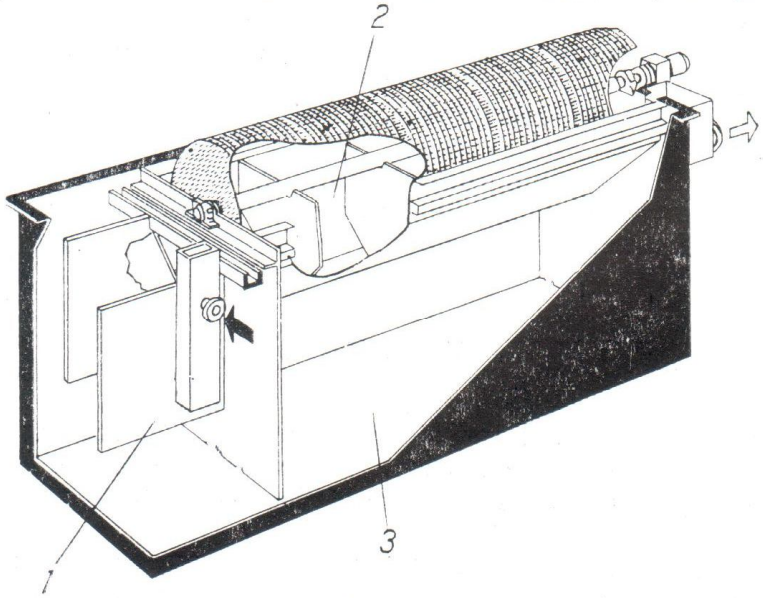


Fig. 17.2. Biodisc:
1 — compartiment de decantare; *2* — compartiment pentru epurare biologică; *3* — compartiment de nămol.

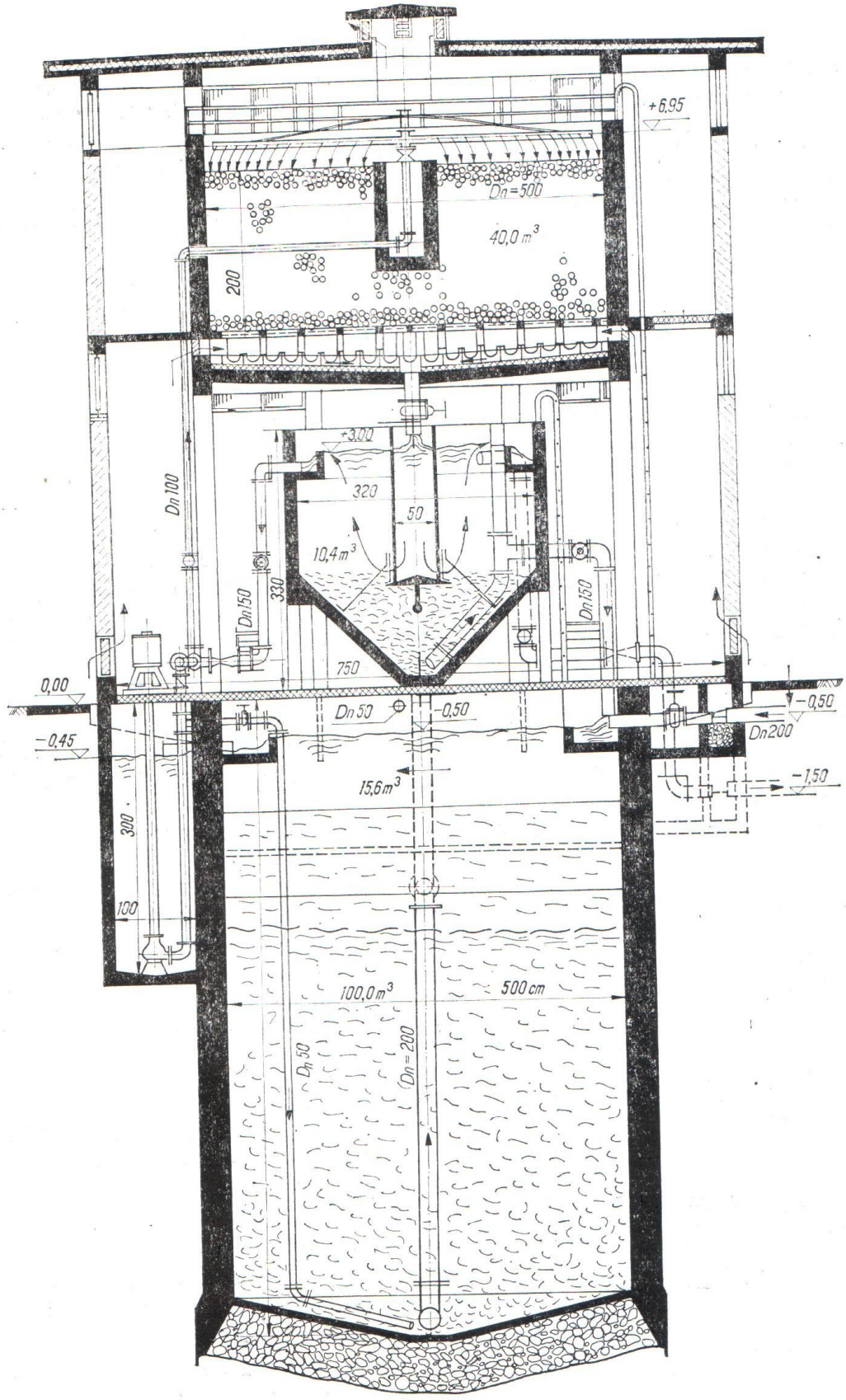


Fig. 17.3. Stație monobloc, proiect tip ing. Gh. Vladimirescu

pentru deservirea unui număr de 1 000 locuitori, este alcătuită dintr-un decantor cu etaj, filtru biologic, așezat deasupra decantorului cu etaj și un decantor secundar. Principalele caracteristici ale stației sînt: consum specific 250 dm^3/loc; volum de fermentare 100 dm^3/loc; încărcarea organică a filtrului biologic 875 gf CBO_5/zi și m^3 material filtrant; încărcarea hidraulică 1,1 m^3 ape uzate/zi și m^2 de suprafață.

Stația este prevăzută cu un rezervor de înmagazinare și uniformizare pentru egalizarea variațiilor de debit și calitate.

17.2. ȘANȚURILE DE OXIDARE

Șanțurile de oxidare sînt construcții simple pentru epurarea apelor uzate, în care se realizează epurarea mecanică și biologică a apelor uzate.

Primul șanț de oxidare (construit în Olanda, la Voorschoten, în anul 1955, de către Pasveer) [26] era constituit dintr-un șanț cu secțiune trapezoidală, în care se trata zilnic un debit de circa 40 m^3 apă uzată, neepurată mecanic (fig. 17.4), provenită de la un număr de circa 500 locuitori.

Șanțul era echipat cu o perie Kessener cu diametrul de 42 cm, care se rotea cu o viteză de 110 rot/min. Volumul total al șanțului era de 120 m^3, iar adîncimea în ax 80 cm. Capacitatea de oxidare a periei era de 620 gf O_2/m lungime, la o adîncime de imersare de 8 cm. Șanțul funcționa intermitent, alternînd perioadele de aerare cu cele de decantare a nămolului activ și de evacuare a apei epurate. După doi ani de funcționare parametrii de regim erau: volumul de nămol din șanț, 180 cm^3/dm^3; umiditatea nămolului din șanț, 97,5—98,5%; indicele de nămol, 40 ml/gf; CBO_5 la intrare 220 mgf/dm^3; CBO_5 la ieșire 9 mgf/dm^3.

Pînă în prezent, în Europa, sînt în funcțiune un număr de circa 2 000 șanțuri de oxidare. Avantajele acestora constau în: costuri de investiție reduse; condiții ușoare de execuție; stabilitate mare a procesului de epurare; sensibilitate redusă la șocurile de încărcare organică și hidraulică; eficiența mare a epurării; întreținere și exploatare reduse. Dintre dezavantaje se menționează: necesită suprafețe mari de teren; consum mare de energie pentru acționarea periei de aerare.

Din punctul de vedere al modului de funcționare, șanțurile de oxidare pot fi cu *funcționare continuă și intermitentă* [5].

Șanțurile de oxidare cu *funcționare continuă* pot fi:

— cu decantor secundar (fig. 17.5, *a*) care intră în funcțiune după formarea nămolului activ; apa epurată este trimisă în emisar, parte din nămol este recirculat, iar nămolul în exces se pompează direct pe platformele de uscare a nămolului;

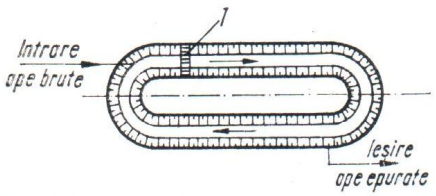


Fig. 17.4. Șanțul de oxidare de la Voorschoten:
1 — perie.

— dublu, cu exploatare alternativă, des folosit în R. F. Germania. Apa uzată neepurată este condusă prin intermediul unui distribuitor fie în șanțul din dreapta, fie în cel din stînga. În figura 17.5, *b*, este în funcțiune peria din șanțul din stînga; o parte

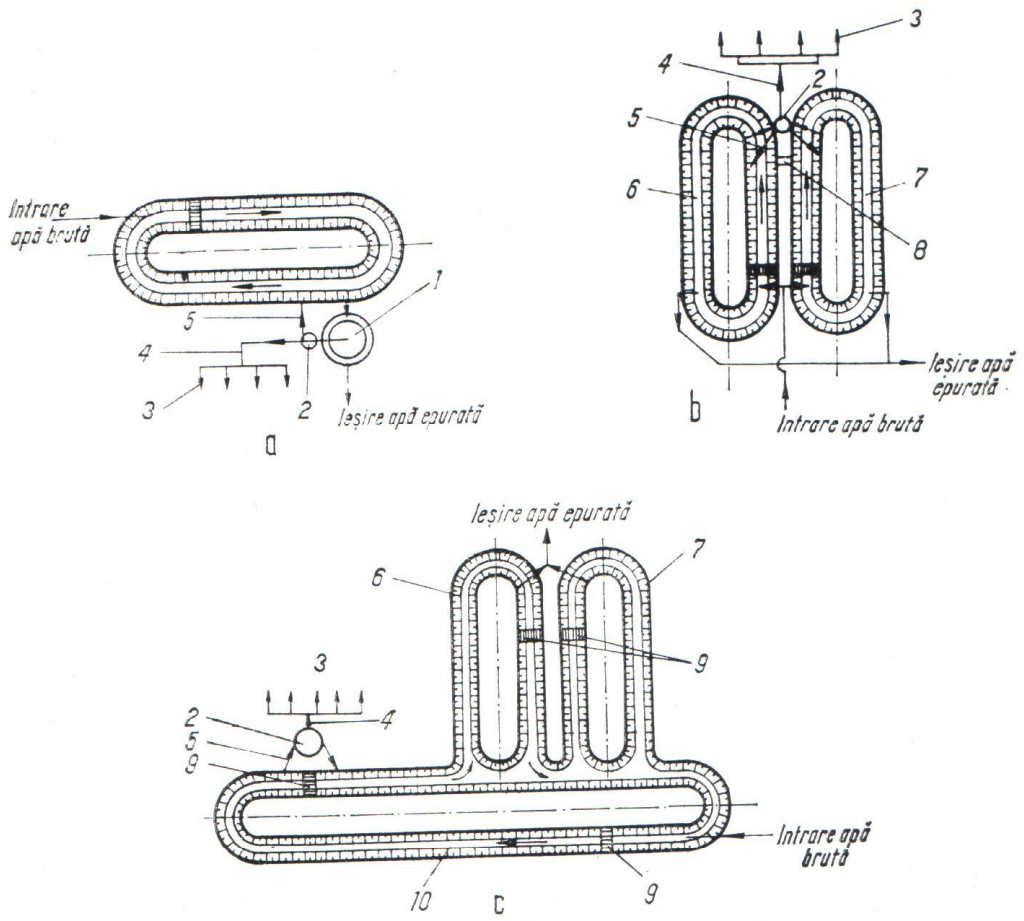


Fig. 17.5. Șanț cu funcționare continuă:

1 — decantor secundar; *2* — stație de pompare a nămolului; *3* — platforme de uscare; *4* — nămol în exces; *5* — nămol de recirculare; *6* — șanț în lucru; *7* — șanț în repaus; *8* — canal de legătură; *9* — perie; *10* — șanț principal.

din apă, prin canalul de legătură, trece în șanțul din dreapta, unde se depune nămolul, iar apa epurată este trimisă la emisar. După cîteva ore de funcționare se pune în mișcare peria din dreapta, cea din stînga oprindu-se, astfel că circuitul apei se inversează;

— triplu, cu exploatare alternativă (fig. 17.5, *c*), constituit dintr-un șanț principal și două șanțuri secundare. Acest tip de șanț este folosit în multe localități din Olanda. Volumul șanțului principal este de 2/3 din volumul total al șanțurilor. Periile din șanțul principal funcționează în permanență; cele din șanțurile secundare, alternativ. În figura 17.5, *c*, este în funcțiune peria din șanțul din stînga și deci circulația apei se face prin acest șanț și prin șanțul principal. În șanțul din dreapta, în acest timp, nămolul activ se decantează, iar apa epurată este evacuată. După cîteva ore se pune în funcțiune peria din șanțul secundar din dreapta și se oprește peria din cel din stînga.

La șanțurile de oxidare cu *funcționare intermitentă* (fig. 17.6), apa se acumulează pînă la atingerea unui nivel maxim, corespunzător adîncimii maxime de imersie a periei, cînd este oprită pentru o perioadă de sedimentare de 20—40 min. După acest interval de timp se deschide dispozitivul de evacuare

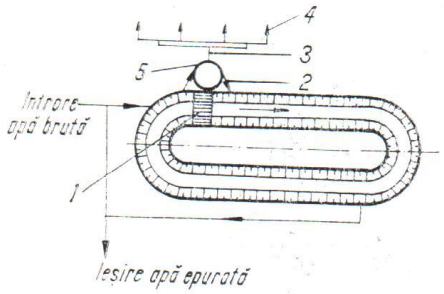


Fig. 17.6. Șanț cu funcționare intermitentă:
1 — perie; *2* — nămol de recirculare; *3* — nămol în exces; *4* — platforme de uscare; *5* — stație de pompare a nămolului.

și apa decantată este trimisă spre emisar. Cînd s-a atins nivelul maxim stabilit, se oprește evacuarea apei uzate și peria începe din nou să funcționeze.

Se recomandă ca șanțurile cu funcționare continuă să fie folosite pentru apele uzate provenite din rețelele dimensionate în sistem separativ, iar cele cu funcționare intermitentă, pentru apele uzate provenite din sistemul unitar.

Șanțurile de oxidare sînt folosite cu rezultate foarte bune și pentru apele uzate industriale, spre exemplu cele provenite din industria laptelui, zahărului, berei etc.

În cadrul exploatării șanțurilor de oxidare, pentru o epurare cît mai eficientă trebuie împiedicată, pe cît posibil, depunerea nămolului activ pe radierul șanțurilor; aceasta se poate obține dacă viteza apei în șanț rămîne în permanență mai mare de 0,3 m/s. Depunerile de nămol produc o fermentare anaerobă și dereglează procesul de fermentare aerob cu nămol activ; deoarece, cu toate măsurile luate în exploatare, se produc depuneri, o dată pe an sau la doi ani o dată acestea trebuie evacuate. Funcționarea în timpul iernii se desfășoară normal din punctul de vedere al eficienței, dacă se iau unele măsuri de protecție contra zăpezii sau înghețului utilajelor (perii, motoare electrice etc.).

În ceea ce privește *proiectarea șanțurilor de oxidare*, Passver arată că volumul șanțurilor trebuie astfel stabilit, încît la evacuarea apei uzate din șanț, nămolul activ să se poată separa ușor în decantorul secundar și să fie suficient de mineralizat pentru a se putea deshidrata pe platformele de uscare, fără a produce miros. Schemele de epurare (v. fig. 17.4—17.6), nu cuprind decantoare primare și bazine de fermentare a nămolului. Pe baza cercetărilor făcute de Passver și a numeroase date din literatură, se recomandă următorii parametrii de proiectare pentru șanțurile de oxidare:

— volumul (corespunzător la 54 gf CBO_5/loc. și zi), $V = 0{,}3$ m³/loc.;

— cantitatea de materii solide în suspensie, uscate, în greutate, în amestecul din șanț, 3,6 gf/dm³;

— procentul de materii solide în suspensie separabile prin decantare, în volum, din amestecul din șanț, măsurat după 30 min de decantare, 200 ml/dm³;

— încărcarea organică a nămolului I_{0n}, 0,05 kgf CBO_5/zi și kg materii solide în suspensie, uscate, în greutate;

— alimentarea cu oxigen: pentru o perie cu diametrul 50 cm, cu o viteză de rotație de 100 rot/min și o imersie de 12,5 cm, 1 m de perie produce oxigen suficient pentru 500 loc. echivalenți; oxigenul dizolvat în amestecul din șanț, circa 2 mgf/dm³;

— nămolul în exces, care se evacuează o dată sau de două ori pe săptămînă, se consideră în cantitate de 1,5 dm³/loc. zi;

— decantoarele secundare se recomandă de tip vertical; timpul de decantare, 1 h;

— pomparea nămolului în exces sau de recirculare din decantorul secundar trebuie efectuată la intervale de timp de cel mult 3 h; se recomandă recircularea unui volum de nămol de circa 20 dm³/loc. și zi;

— platformele de uscare a nămolului se dimensionează pentru o încărcare de 0,1 m²/loc.;

— diametrele periilor, de obicei, 0,50 m;

— viteza de rotație a periilor, 100 rot/min;

— viteza minimă a apei în șanț, 0,3 m/s; această viteză poate fi asigurată de rotorul periei dacă raportul volum-șanț/m lungime de perie este de circa 120; lungimi de șanț mai mari de 120 m nu sînt recomandabile, deoarece nu se mai poate realiza viteza de 0,3 m/s;

— consumul de energie pe locuitor deservit de șanț, 20 kWh/an;

— secțiunea transversală a șanțului este de regulă trapezoidală cu: lățimea de radier, 1,0 m; panta taluzurilor, 1 : 1,5; adîncimea apei, 1,0 m;

— racordarea laturilor longitudinale ale șanțurilor se va face cu raze minime de 5,0 m;

— taluzurile și fundul șanțului se vor peria în zona periei de aerare, în rest se vor înierba.

17.3. STAȚII DE EPURARE CLASICE

Stațiile de epurare clasice, descrise anterior, în anumite condiții pot fi folosite pentru localități mici și mijlocii.

17.3.1. Stații de epurare mecanică

Fosele septice sînt recomandate pentru localitățile foarte mici; modul de dimensionare a acestora a fost arătat.

Decantoarele cu etaj sînt recomandate pentru localități mici și mijlocii. În ultimul timp eficiența tratării nămolului din decantoarele cu etaj a fost îmbunătățită prin dotarea acestora cu amestecătoare mecanice pentru nămol, de tip orizontal sau vertical.

17.3.2. Stații de epurare mecano-biologice naturale

Puțurile absorbante sînt adecvate pentru epurarea apelor uzate provenite de la aglomerații sub 50 locuitori. Pot fi săpate sau forate; au diametre de 0,80—1,50 m; capătul inferior al lor se oprește în straturile de nisip. Pereții, pe înălțimea pe care puțul pătrunde în stratul acvifer, sînt prevăzuți cu fante prin care apa uzată pătrunde în stratul acvifer. Încărcarea în locuitori, pentru a nu se produce colmatarea puțului, nu trebuie să depășească 1 loc/m² suprafață de infiltrare; uneori sînt precedate de fose septice.

Cîmpurile de infiltrare subterană sînt des folosite pentru epurarea biologică a unor debite mici și foarte mici. Procedeul de epurare constă în răspîndirea în sol, prin intermediul unei rețele de drenaj, a apelor uzate. Drenajul este constituit din tuburi de beton sau gresie cu diametre de 10—15 cm,

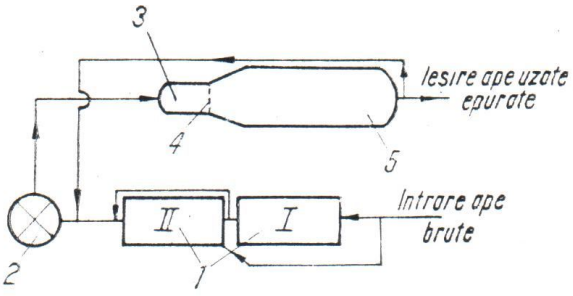


Fig. 17.7. Epurarea combinată a apelor uzate în iazuri de stabilizare și filtre biologice:
1 — iazuri anaerobe; *2* — filtru biologic; *3* — iaz de decantare; *4* — perete găurit; *5* — iaz de stabilizare.

avînd fante numai la treimea superioară. Drenurile sînt așezate în tranșee la adîncimi de 0,6—0,9 m, sub nivelul terenului, spațiul din jurul tuburilor fiind umplut cu piatră spartă sau pietriș. Distanța între tuburi variază între 2 și 3 m, iar panta tuburilor, 1 : 400—1 : 500. Capetele tuburilor sînt prevăzute cu ventilație. Pentru debite mai mari se execută o conductă principală etanșă, din care la 45° se ramifică drenurile. În terenuri în pantă conducta principală este așezată după linia de cea mai mare pantă.

La dimensionare se recomandă ca pentru soluri constituite din pietriș și nisip să se dispună de 10 m lungime de tub/loc.; pentru cele constituite din nisip argilos, 15 m/loc., iar pentru cele constituite din argilă nisipoasă, 20 m/loc.

La proiectarea cîmpurilor de infiltrare subterană și a puțurilor absorbante, o deosebită atenție trebuie dată protecției stratului acvifer.

Cîmpurile de irigare și filtrare, precum și *iazurile de stabilizare* sînt preferabile pentru localitățile care depășesc 2 000—3 000 locuitori, deoarece: necesită lucrări simple de pămînt; cheltuieli de investiție reduse; nu necesită pentru exploatare personal cu calificare deosebită; apa iazurilor de stabilizare poate constitui o rezervă pentru agricultură. Dezavantajul acestora constă din necesitatea scoaterii din circuitul agricol a unei suprafețe mari de teren. Metoda combinării iazurilor de stabilizare cu filtrele biologice conduce la realizarea unei substanțiale reduceri a suprafețelor ocupate, chiar pînă la 80—90%. O asemenea instalație este arătată în figura 17.7; apa uzată intră în două iazuri anaerobe, cu o capacitate corespunzătoare unui timp de rămînere în iaz de 2,15 zile, unde se realizează o reducere a CBO_5 de 68%; de aici apa trece în filtrul biologic care este dimensionat pentru o încărcare organică I_0 de 0,74 kgf CBO_5/m^3 material filtrant și zi, și o încărcare hidraulică I_h de 16,8 m/zi. În filtrul biologic intră și o parte din efluentul iazului de stabilizare, fiind astfel îmbogățit cu oxigen și microorganisme; eficiența filtrului biologic este de 83% din punctul de vedere al CBO_5. Din filtrul biologic apa uzată intră într-un iaz de stabilizare, de unde trece apoi în emisar. Încărcarea organică a iazului de stabilizare este de 14 kgf CBO_5/zi, iar timpul de traversare 1,1 zile. Eficiența totală a instalației este de 98% din punctul de vedere al CBO_5.

17.3.3. Stații de epurare mecano-biologice artificiale

Filtrele biologice, în special cele cu discuri sînt preferate bazinelor cu nămol activ, deoarece instalațiile mecanice sînt mai puțin complexe.

Bazinele cu nămol activ clasice nu sînt folosite decît rareori; se preferă bazinele în care sînt incluse și alte faze ale epurării, spre exemplu bazinele

combinate, în care în cadrul aceluiași bazin se realizează atît epurarea cu nămol activ cît și decantarea secundară.

Exploatarea stațiilor de epurare mici și mijlocii prezintă unele particularități și uneori dificultăți, deoarece tehnicitatea acestora necesită personal cu calificare deosebită, greu de obținut. Depășirea acestor greutăți se poate face prin cooperarea între mai multe stații mici și mijlocii cu stațiile mari din vecinătate sau cu întreprinderile specializate.

Capitolul 18

EPURAREA APELOR UZATE INDUSTRIALE

Epurarea apelor uzate industriale se poate realiza: în comun cu apele uzate orășenești și separat, respectiv cu evacuarea efluentului în emisarul cel mai apropiat. Epurarea în comun este recomandată ori de cîte ori condițiile locale o fac posibilă. Epurarea separată depinde de o serie de factori, dintre care se menționează: așezarea industriei față de oraș, raportul dintre debitele orășenești și industriale, costul instalațiilor de preepurare și al racordului de canalizare, natura apelor uzate industriale etc. La noi în țară, aproape toate marile întreprinderi sau combinate industriale, așezate în apropierea orașelor, își epurează separat apele uzate, după care le evacuează în emisarii învecinați.

La proiectarea stațiilor de epurare a apelor uzate industriale se va urmări:

— reducerea cantităților de apă prin introducerea de noi tehnologii, modernizarea celor vechi, înlocuirea proceselor tehnologice umede cu cele uscate etc.;

— recircularea apelor uzate, care conduce de asemenea la reducerea debitelor de ape uzate;

— valorificarea apelor uzate și a nămolului în agricultură, pentru prepararea unor produse etc.;

— micșorarea concentrației nocivității din apele uzate industriale, sau înlocuirea unor substanțe nocive cu altele mai puțin nocive;

— recuperarea substanțelor valoroase din apele uzate.

18.1. EFECTELE NOCIVE ALE PRINCIPALELOR SUBSTANȚE EVACUATE CU APELE UZATE INDUSTRIALE

Odată cu apele uzate industriale sînt evacuate în emisari și numeroase substanțe cu caracteristici foarte variate, care pot conduce la murdărirea emisarului, făcîndu-l totodată inapt altor folosințe (piscicultură, agricultură, alimentare cu apă).

Substanțele organice consumă oxigenul din apă într-o măsură mai mare sau mai mică, în raport cu cantitatea evacuată, provocînd distrugerea fon-

dului piscicol și în general a tuturor organismelor acvatice. Cantitatea de oxigen, reprezentînd una dintre condițiile principale ale vieții acvatice, este normată de STAS 4706-74 și variază între 4 și 6 mgf/dm³.

Pe de altă parte, se reamintește că oxigenul este necesar proceselor aerobe, respectiv bacteriilor aerobe, care oxidează substanțele organice și care în final conduc la autoepurarea emisarului. Lipsa oxigenului, ca urmare a consumului de către substanțele organice, are ca urmare oprirea oxidării acestora și respectiv continuarea tuturor consecințelor produse de prezența substanțelor organice în apă.

Substanțele în suspensie, care se depun pe patul emisarilor, formează acumulări (bancuri), îngreunînd navigația, captarea și tratarea apei, consumă oxigenul din apă cînd sînt de natură organică etc.

Substanțele în suspensie plutitoare, ca de exemplu țițeiul, produsele petroliere, uleiurile etc., care formează uneori o pojghiță compactă la suprafața apei, produc numeroase prejudicii. Astfel, ele dau apei un gust și miros neplăcut, împiedică absorbția de oxigen pe la suprafața apei și deci autoepurarea, se depun pe diferite instalații (murdărindu-le și cu timpul obturîndu-le), colmatează filtrele pentru tratarea apei, sînt toxice uneori pentru flora și fauna acvatică, împiedică folosirea apei pentru irigații, agrement etc.

Acizii și alcaliile conduc la distrugerea faunei și florei acvatice, la degradarea construcțiilor hidrotehnice, a vaselor și instalațiilor necesare navigației, stînjenesc folosirea apei pentru alimentarea cu apă (acizii sau alcaliile împiedică formarea flocoanelor în instalațiile de tratare a apei cu coagulant) etc. Toxicitatea acidului sulfuric pentru fauna piscicolă depinde de valoarea *p*H-ului (de exemplu, peștii mor la $pH < 4{,}5$). De asemenea, hidroxidul de sodiu, folosit în numeroase procese tehnologice (tăbăcării, textile, cauciuc etc.), care este foarte solubil în apă, mărește rapid *p*H-ul și alcalinitatea apei, producînd numeroase prejudicii folosințelor. Apele de rîu, care conțin peste 25 mgf/dm³ hidroxid de sodiu, distrug fauna piscicolă.

Sărurile anorganice, prezente în multe ape uzate industriale, conduc la mărirea salinității emisarului, iar unele dintre ele pot provoca creșterea durității. Astfel, apele cu duritate mare dau loc la depuneri pe conducte, mărindu-le rugozitatea și micșorîndu-le capacitatea de transport; în aceeași ordine de idei, depunerile din tuburile boilerelor micșorează capacitatea de transfer a căldurii. De obicei apele dure interferează cu vopselele din industria textilă și înrăutățesc calitatea produselor în fabricile de bere, zahăr etc.

Sulfatul de magneziu, constituent principal al durității apei, are efect cataric asupra oamenilor, iar bicarbonații și carbonații solubili produc neplăceri în procesul de producție în fabricile de zahăr. Pe de altă parte, lipsa durității nu este de dorit, deoarece apa are gust neplăcut, coroziunea poate acționa mai bine în conducte etc.

Clorurile peste anumite limite fac apa improprie pentru alimentarea cu apă potabilă și industrială, pentru irigații etc.

Fierul produce neplăceri în secțiile de albire din fabricile de hîrtie și textile.

Metalele grele (Pb, Cu, Zn, Cr) evacuate odată cu apele uzate au acțiune toxică asupra organismelor acvatice, inhibînd în același timp și procesele de autoepurare.

Substanțele toxice organice sau anorganice, în concentrații chiar foarte mici, pot distruge în scurt timp fauna și flora emisarului. Multe din aceste substanțe nu pot fi reținute în instalațiile de tratare a apei și o parte din ele,

reținute de sistemul digestiv uman, pot produce îmbolnăviri. Substanțele fitofarmaceutice își manifestă efectele negative asupra faunei și florei, îndeosebi după ploaie, cînd sînt antrenate în apa emisarului. Procesele tehnologice industriale, dezvoltate în ultimii ani, folosesc numeroase substanțe toxice noi, greu de determinat cu metodele actuale (substanțe fitofarmaceutice, nitroclorbenzen, monoditrinitroderivați aromatici ș.a.). Standardul 4706-74 indică limitele admisibile pentru o serie de substanțe toxice.

Substanțele radioactive, folosite din ce în ce mai mult în medicină, tehnică etc., precum și în centralele atomoelectrice, creează noi probleme protecției apelor. Astfel, substanțele radioactive cu timp lung de înjumătățire (de ordinul a cîtorva generații umane), ca S_r^{30}, C_s^{137}, sînt cu atît mai periculoase cu cît metodele uzuale de determinare a radiațiilor nu sînt încă puse la punct. Cantitățile de substanțe radioactive admise în apa emisarilor sînt stabilite prin H.C.M. 711/1961 și STAS 4706-74.

Apele calde, evacuate de unele industrii, aduc numeroase prejudicii în instalațiile de alimentare cu apă potabilă și industrială și în folosirea apei pentru răcire, împiedică dezvoltarea normală a faunei piscicole (deoarece apa caldă stă deasupra, iar peștii se retrag spre patul rîului, dezvoltîndu-se necorespunzător). De asemenea, trebuie menționată și scăderea cantității de oxigen datorită creșterii temperaturii apei și dezvoltării excesive a bacteriilor aerobe în condițiile unei temperaturi ridicate.

Culorile, datorită îndeosebi apelor uzate provenite din fabricile de textile, hîrtie, tăbăcărie etc., împiedică absorbția oxigenului și dezvoltarea normală a fenomenelor de autoepurare, precum și a celor de fotosinteză. Apa emisarilor, colorată de diferite substanțe evacuate de industrii, nu poate fi folosită pentru agrement, alimentări cu apă etc.

Microorganismele din diferite ape uzate, cum sînt cele de la tăbăcării, abatoare, industrii de prelucrare a unor produse vegetale, pot conține numeroase bacterii. Unele dintre acestea sînt patogene (de exemplu bacilus antracis) și produc infectarea puternică a emisarului, făcîndu-l de neutilizat; altele sînt mai puțin vătămătoare sau chiar inofensive și utile, contribuind la mineralizarea substanțelor organice sau la alte procese ce se dezvoltă în emisar.

18.2. PROCESE TEHNOLOGICE SPECIFICE EPURĂRII APELOR UZATE INDUSTRIALE

Procedeele clasice de epurare a apelor uzate, valabile aproape în toate cazurile pentru apele uzate orășenești, oferă posibilități limitate pentru epurarea apelor uzate industriale. Astfel, ele nu sînt capabile să micșoreze conținutul apei uzate în impurități minerale dizolvate, iar unele substanțe organice, mai ales cele obținute prin sinteză, nu sînt degradate de către microorganisme și trec neschimbate prin stațiile de epurare. Aceste impurități rămîn și în apa emisarilor, nefiind eliminate nici în cursul proceselor naturale de autoepurare.

Necesitatea îndepărtării unui număr cît mai mare de substanțe nocive din apele uzate a impus adoptarea unor noi metode de epurare care să com-

pleteze pe cele clasice, ca de exemplu: neutralizarea, flotația, absorbția, extracția, evaporarea și arderea, aerarea pentru eliminarea impurităților volatile, spumarea, electrodializa, osmoza inversă, schimbul ionic etc.

În afară de metodele noi menționate, de mare importanță pentru epurarea apelor uzate industriale este egalizarea și uniformizarea debitelor și calității apelor uzate industriale.

18.2.1. Egalizarea și uniformizarea debitelor și calității apelor uzate industriale

Egalizarea și uniformizarea debitelor și calității apelor uzate industriale se realizează în așa-numitele bazine de uniformizare a debitelor și calității apelor uzate industriale (STAS 10686-76). În afară de funcțiile tehnologice principale menționate, bazinele de uniformizare pot îndeplini și alte funcții secundare, ca de exemplu: eliminarea parțială a gazelor conținute în apă, oxidarea parțială a materiilor organice din apele uzate etc.

După direcția de circulație a apei, bazinele de uniformizare pot fi longitudinale și radiale, iar după modul în care se realizează amestecul, cu agitare mecanică și cu agitare pneumatică.

Dimensionarea tehnologică a bazinelor de uniformizare se face pe baza cronogramelor (diagrama variației în timp) debitelor și caracteristicilor fizico-chimice ale apelor uzate. Cronogramele se stabilesc pe bază de măsurători și determinări fizico-chimice. Volumul util total V_t al compartimentului de uniformizare se stabilește cu relația:

$$V_t = V_f + V_0, \tag{18-1}$$

în care:

V_f este volumul fluctuant, reprezentînd volumul necesar pentru uniformizarea debitelor, determinat analitic sau grafic prin metoda diferenței valorilor cumulate ale debitului influent și efluent;

V_0 — volumul de omogenizare, reprezentînd volumul necesar pentru uniformizarea calității apelor uzate (STAS 10686-76);

Conform STAS 10686-76, în cazul evacuării apelor uzate industriale cu caracter ciclic, pentru dimensionarea preliminară a volumului de omogenizare, V_0, se poate folosi următoarea relație:

$$V_0 = n \cdot Q_{med\ max}, \tag{18-2}$$

în care:

n este durata medie a ciclului de evacuare a apelor uzate (în general corespunde cu ciclul de fabricație), în h;

$Q_{med\ max}$ — cel mai mare dintre debitele medii orare ale ciclurilor de evacuare a apelor uzate, în m^3/h.

Pentru stabilirea volumului de omogenizare cu precizia necesară proiectelor de execuție, pentru fiecare dintre caracteristicile fizico-chimice care trebuie uniformizate, se determină cronograma, după care se aplică metoda indicată de STAS 10686-76. Volumul de omogenizare va fi cel mai mare dintre volumele rezultate prin calcul pentru fiecare caracteristică fizico-chimică.

Cantitatea de aer necesară uniformizării și omogenizării se poate lua, în lipsa unor cercetări de laborator, 6 m^3/m^2 și h.

Bazinele de uniformizare se execută de obicei din beton armat. La stabilirea dimensiunilor bazinului se va asigura pe verticală înălțimea utilă aglomerării depunerilor și înălțimea de siguranță, la fel ca pentru toate bazinele în care se tratează ape uzate. La bazinele longitudinale se recomandă evacuarea apei cu dispozitiv cu plutitor. Pentru uniformizarea mecanică, podurile racloare sînt prevăzute cu utilaje de agitare, mobile pe verticală. În general, conductele, canalele și celelalte dispozitive sînt asemănătoare celor descrise la decantoare.

18.2.2. Neutralizarea

Neutralizarea este operația care se aplică apelor uzate acide sau alcaline, care ar putea deregla procesele de epurare din stație. Apele impurificate cu acizi minerali sînt cele mai nocive; prezența lor conduce la degradarea materialelor, construcțiilor și instalațiilor din stația de epurare, iar în emisar la distrugerea faunei piscicole.

Ape acide sînt evacuate de la fabricile de acizi, din industria metalurgică (secțiile de decapări, acoperiri metalice etc.), rafinăriile de petrol, fabricile de îngrășăminte etc. Înainte de a trece la neutralizarea apelor acide, trebuie să se analizeze, în primul rînd, posibilitatea de a micșora cantitatea lor, iar apoi pe cea a neutralizării lor cu ape alcaline.

Neutralizanții cei mai des folosiți sînt: piatra de var (carbonatul de calciu) și dolomita (carbonatul de calciu și magneziu), varul (oxidul de calciu) ca atare, sau hidroxidul de calciu (lapte de var praf, stins), dolomita calcinată. Piatra de var este recomandată pentru debite mici de ape uzate și concentrații reduse de acizi, nefiind indicată pentru ape conținînd acid sulfuric. Neutralizarea apelor acide se face în filtre în care granulele au dimensiuni de 3—8 cm, stratul filtrant circa 1,5 m înălțime, cu circulație de jos în sus, încărcarea superficială de circa 5 m/h și timp de contact 5 min.

Laptele de var cu o concentrație de 5—10% oxid de calciu (CaO) este folosit pe scară mare la neutralizarea apelor acide. Timpul de reacție, după adăugarea laptelui de var, trebuie să fie de minimum 5 min. În general, pentru toți neutralizanții timpul de contact nu depășește 15 min.

Instalațiile de neutralizare comportă un depozit pentru înmagazinarea neutralizantului, instalații de pregătire a neutralizantului (de exemplu, stingerea varului), rezervoare pentru înmagazinarea soluției (de exemplu, laptele de var), dispozitive de dozare, bazine de amestec, bazin de reacție-neutralizare, decantoare sau iazuri de decantare-depozitare și terenuri pentru uscarea nămolurilor. Decantoarele se dimensionează pentru un timp de traversare de 2 h, iar terenurile de uscare a nămolurilor pentru 10—15 m^3 nămol/m^2 de suprafață de teren de uscare. Toate elementele stației de neutralizare care vin în contact cu apele uzate acide trebuie construite din materiale antiacide sau protejate contra coroziunii.

Apele uzate alcaline sînt în cantități mici în comparație cu cele acide; neutralizarea lor se realizează în bune condiții și economic cu acizii reziduali, proveniți din diferite procese industriale, instalațiile fiind asemănătoare

celor pentru apele acide. Un neutralizant ieftin pentru apele uzate alcaline îl constituie apele de ardere bogate în bioxid de carbon (CO_2), care rezultă de la centralele de forță ale fabricilor sau de la alte instalații de încălzire cu combustibili.

18.2.3. Flotația

Flotația este procedeul de antrenare a particulelor în suspensie dintr-un lichid la suprafața acestuia, cu ajutorul bulelor de gaz aderente la aceste particule. Flotația decurge diferit după felul particulelor:

— la *particulele grele* cu greutate specifică mare, care cad repede la fund (de exemplu, minereurile), flotația este posibilă doar pentru granule fine (sub 0,4 mm). La astfel de particule se lucrează cu aer difuzat în bule mari, pe care aderă particulele solide. Pentru a ușura aderarea, se adaugă agenți de flotație, care fixîndu-se pe suprafața particulelor le fac hidrofobe, ceea ce are ca efect eliminarea lor din masa de apă, pe la suprafața de separare aer-apă, deci pe la suprafața bulelor de aer. Pentru a putea colecta particulele ridicate la suprafață odată cu bulele de aer, trebuie să fie împiedicată spargerea acestora, în care scop se adaugă un spumant, care permite formarea la suprafață a unei spume stabile. Spumanții sînt substanțe superficial active, care micșorează tensiunea superficială a apei prin proprietatea lor de a se acumula pe interfața lichid-gaz. Procedeul fiind costisitor se aplică mai rar pentru epurarea apelor uzate, fiind aplicat în special la prepararea minereurilor;

— la *particulele ușoare* care plutesc la suprafață sau în straturi, sau care se depun foarte greu, formate din materiale de densitate mică (produse fibroase, flocoane sau grăsimi), forța ascensională pentru ridicarea particulelor este mai mare și de cele mai multe ori nu este necesară adăugarea de agenți de flotație. Procedeul este economic și folosit mai întotdeauna pentru epurarea apelor uzate.

Metodele uzuale pentru flotația apelor uzate sînt:

— *flotația prin barbotare*, care utilizează bule cu diametre mari (peste 1 mm) și este folosită pentru apele menajere;

— *flotația sub vid*, care constă din saturarea apei cu aer și apoi introducerea ei într-un spațiu închis cu presiune redusă. La scăderea presiunii o parte din aerul dizolvat se degajă în apă sub formă de bule fine care asigură flotarea materiilor în suspensie. Metoda este aplicată pentru apele menajere, cele de la abatoare, de la fabricile de conserve etc. Cantitatea de bule fine ce se degajă sub efectul scăderii de presiune din apa saturată fiind mică, metoda flotației sub vid nu este economică în cele mai multe cazuri;

— *flotația sub presiune* este eficace pentru un număr mare de categorii de ape uzate industriale (abatoare, fabrici de conserve, hîrtie, săpun, rafinării etc.). Apa este pusă în contact cu aer sub presiune mai mare ca cea atmosferică; în aceste condiții are loc solubilizarea unei cantități de aer corespunzătoare suprapresiunii aplicate. Prin destinderea bruscă a apei (saturată cu aer) la presiunea atmosferică, în camera de flotație, are loc degajarea sub formă de bule fine a aerului dizolvat suplimentar față de solubilitatea la presiunea atmosferică.

18.2.4. Extracția

Extracția este operația de separare a unor substanțe bazată pe solubilizarea componenților unui amestec în unul sau mai mulți solvenți; ea este aplicată la epurarea apelor uzate industriale, cînd componentul care trebuie separat urmează a fi valorificat (de exemplu la extracția fenolului din apele uzate de la cocserii).

Notînd cu A amestecul inițial, cu B componentul de extras și cu S solventul, iar cantitățile mai mici ale acestora, respectiv cu a, b și s, principiul extracției este arătat prin schema:

$$\underset{\substack{\text{amestec}\\ \text{inițial}}}{(A+B)+S} = \underbrace{[(A-a)+b+s]}_{\text{rafinat}} + \underbrace{[a+(B+b)+(S-s)]}_{\text{extract}} \qquad (18\text{-}3)$$

Amestecul omogen al componenților A și B este pus în contact cu solventul selectiv S, în care A are solubilitate mică, iar B una cît mai ridicată; după agitare și sedimentare, rafinatul conține aproape toată cantitatea de component A și cantitățile a și S, iar extractul este format din a și aproape toată cantitatea de component B și de solvent S. După separarea celor două straturi urmează recuperarea solventului (de obicei prin distilare) cu rezultatul final:

$$\underset{\substack{\text{amestec}\\ \text{inițial}}}{(A+B)} = \underbrace{[(A-a)+b]}_{\substack{\text{fracțiune bogată în } A \text{ (apa epurată)}}} + \underbrace{[a+(B-b)]}_{\substack{\text{fracțiune bogată în } B \text{ (impuritatea separată)}}}. \qquad (18\text{-}4)$$

Procedeele de extracție diferă după modul în care apa este pusă în contact cu solventul, deosebindu-se: extracția simplă cu un singur contact; extracția simplă cu contacte multiple etc.

Extracția simplă cu un singur contact constă într-un bazin în care se face agitarea (amestecul) apei uzate cu solventul; după cîteva minute de agitare, lichidul trece într-un bazin de decantare, apa și extractul separîndu-se după densitate în două straturi distincte. Solventul din extract este recuperat prin distilare. Procedeul, de obicei, este discontinuu. Deși la o agitare de durată suficientă eficacitatea extracției se apropie de cea teoretică, pentru o separare avansată a impurităților sînt necesare cantități foarte mari de solvent. Agitarea se face cu agitatoare cu elice sau cu turbine. Puterea medie a acestora este de 0,2 kW/m³. Decantoarele se dimensionează pentru un timp de decantare de 2 h.

18.3. EPURAREA UNOR CATEGORII DE APE UZATE INDUSTRIALE

Epurarea apelor uzate industriale trebuie să asigure astfel de calități efluentului, încît după amestecul cu apele emisarului să fie îndeplinite condițiile de calitate prevăzute în STAS 4706-74.

Stabilirea aproximativă a schemelor de epurare a unor ape uzate industriale se poate face, cu o oarecare aproximație, dacă se ține seama de valorile locuitorilor echivalenți.

Astfel, spre exemplu, pentru apele provenite de la crescătoriile de păsări, dacă o asemenea crescătorie are 100 000 capete, conform tabelei 8.4, rezultă un număr mediu de locuitori echivalenți, LE = 0,19 × 100 000 = 19 000; cu aproximație stația de epurare a crescătoriei se poate dimensiona pentru un număr de 19 000 locuitori.

Acest mod de dimensionare este cu totul aproximativ și nu poate fi aplicat decît pentru unele categorii de ape uzate industriale; în majoritatea cazurilor însă proiectarea stațiilor de epurare, respectiv alegerea schemei, se face pe baza unor cercetări de laborator, care au ca scop principal stabilirea parametrilor de proiectare.

Ținînd seama de procesele clasice de epurare a apelor uzate, precum și de cele specifice unor ape uzate industriale, în continuare se vor indica posibilitățile de epurare a unor categorii de ape uzate industriale.

Apele uzate de la fabricile de prelucrarea laptelui provin de la prepararea unor produse (ca zară de la unt, zer de la brînză etc.), de la spălarea bidoanelor, vaselor etc. Decantarea apelor este împiedicată de intrarea rapidă în fermentare acidă a apelor uzate; clorul poate opri în oarecare măsură fermentarea acidă. Epurarea biologică se poate realiza în bazine cu nămol activ în mai multe trepte sau în filtre biologice cu recirculare. Răspîndirea pe terenurile agricole reprezintă de asemenea o soluție de epurare a acestor ape uzate, ea însă prezintă unele riscuri din punct de vedere sanitar.

Apele uzate de la abatoare trebuie în prealabil trecute prin grătare și site pentru reținerea corpurilor plutitoare, apoi prin separatoarele de grăsimi pentru reținerea grăsimilor; cantitatea de grăsimi reținută se poate evalua la 0,1% din greutatea vitelor tăiate. Epurarea biologică se poate face în filtre biologice cu un raport mare de recirculare a apei uzate sau în bazine cu nămol activ, cu o cantitate mare de nămol de recirculare.

Apele uzate provenite de la fabricile de conserve (de legume și fructe) conțin materii plutitoare mai mari, reținute de grătare și folosite ca hrană pentru animale sau pentru fabricarea alcoolului. Pentru o decantare mai bună a materiilor solide în suspensie se folosesc deseori coagulanți. Epurarea biologică în iazuri de stabilizare are mare eficiență, însă produce miros neplăcut; se preferă în prezent filtrele biologice și bazinele cu nămol activ.

Apele uzate de la fabricile de zahăr; apele uzate de la spălarea și transportul sfeclei sînt readuse după decantare (de obicei în decantoare radiale, ca la Luduș), în circuit; pentru a evita descompunerea materiilor organice din acestea, se clorează. Apele de la difuzie, presare, condens etc. sînt epurate după procedeul „dublei fermentări" (Nolte), în care, după o primă fază de fermentare, apele uzate sînt neutralizate și apoi supuse unei a doua faze de fermentare, aceasta avînd caracter metanic. Filtrele biologice și bazinele cu nămol activ dau de asemenea rezultate satisfăcătoare pentru epurarea acestor ape. Cînd condițiile locale permit construcția de iazuri de stabilizare cu volume mari, pentru a putea înmagazina aproape toată apa uzată dintr-o campanie de lucru (septembrie-decembrie), eficiența epurării este foarte mare.

Apele uzate de la fabricarea alcoolilor de fermentație — borhoturile provenite din materia primă (cereale, cartofi etc.) trebuie recuperate și folosite ca hrană pentru animale. Procedeele biologice de epurare, precedate de decantarea

apelor uzate, se pretează bine la epurarea acestor ape uzate, datorită în general temperaturii lor ridicate. Borhoturile pot fi epurate prin fermentare anaerobă în bazine închise sau deschise de fermentare (ca la fabrica Solventul — Timișoara).

Apele uzate provenite de la tăbăcării sînt puternic impurificate; pe lîngă substanțele organice în cantități mari, ele conțin și substanțe toxice (săruri de crom). Ca o primă măsură în vederea epurării lor, trebuie să se rețină în grătare substanțele plutitoare (păr, carne etc.). Se trece apoi la uniformizarea-egalizarea apelor uzate din punct de vedere calitativ și cantitativ; urmează decantarea ajutată de coagulanți. Epurarea biologică se preferă a se face în bazine cu nămol activ; uneori sînt folosite și iazurile de stabilizare. Fiind periculoase din punct de vedere sanitar, nămolurile rezultate în urma epurării se recomandă a fi incinerate după deshidratarea lor artificială.

Apele uzate provenite de la prelucrarea fibrelor vegetale sînt epurate în funcție de natura fibrei vegetale. Astfel, epurarea apelor uzate provenite de la prelucrarea bumbacului (cele de la țesere și finisare) comportă uniformizare-egalizare, preaerare, neutralizare, precipitare chimică (pentru îndepărtarea culorii și concentrația unor substanțe chimice) și oxidare chimică (cu aer și clor pentru apele uzate care conțin coloranți și substanțe chimice). Epurarea biologică se realizează îndeosebi în bazine cu nămol activ.

Epurarea apelor uzate provenite de la prelucrarea inului și a cînepei necesită în prima fază tratarea apelor uzate provenite de la topirea inului și cînepei; deoarece aceste ape conțin substanțe fertilizante, se recomandă folosirea lor pentru irigarea cîmpurilor agricole, astfel cum se procedează la topitoria de in și cînepă de la Berveni. Apele rezultate din procesul tehnologic al filaturii, țeserii sau finisării materiei brute sînt epurate la fel ca și apele uzate provenite de la prelucrarea bumbacului.

Apele uzate provenite de la prelucrarea fibrelor animale (lînă) au ca primă treaptă de epurare pentru apele de la spălarea lînei, separatoare de fibre și separatoare de grăsimi, grăsimile constituind materia primă pentru obținerea lanolinei. Apele uzate sînt tratate în continuare împreună cu cele de la țesere și finisare, după recomandările făcute pentru apele uzate provenite de la prelucrarea bumbacului.

Apele uzate provenite de la fabricile de celuloză necesită ca primă operație de epurare recuperarea fibrelor de celuloză, realizată în vacuumfiltre, pîlnii separatoare sau decantoare (de tip radial, ca cele construite la C.C.H.-Dej, Letea etc.). Soluțiile sulfitice reziduale, rezultate de la procedeul celuloză sulfit, sînt folosite pentru fabricarea drojdiei furajere (ca la fabrica „N. Bălcescu" din Zărnești). Apele rezultate de la procedeul sulfat, folosit în prezent în toate fabricile noi, sînt în primul rînd neutralizate cu un acid și apoi decantate. În vederea epurării biologice în filtrele biologice sau bazine cu nămol activ, apele uzate sînt îmbogățite cu săruri biogene. Leșiile provenite din autoclave sînt tratate prin evaporare, reziduul sec fiind apoi calcinat. Nămolurile rezultate de la epurarea mecanică sînt deshidratate pe platforme de uscare sau în vacuumfiltre; nămolurile rezultate din treapta biologică sînt, în prezent, stabilizate aerob și apoi deshidratate.

Apele uzate provenite de la fabricarea hîrtiei avînd un volum foarte mare, se pune în primul rînd accentul pe recuperarea fibrelor și recircularea apelor limpezite. Epurarea biologică se practică în condițiile descrise la epurarea apelor uzate de la prepararea celulozei.

Epurarea apelor uzate de la rafinăriile de petrol; de obicei, rafinăriile necesită construirea a patru rețele de canalizare, deoarece în acestea apar patru categorii de ape uzate: tehnologice (cu conținut de hidrogen sulfurat, amoniac, fenoli, naftenați, sulfați, cianuri etc.), de răcire, de ploaie și menajere. Epurarea mecanică se realizează în deznisipatoare și apoi în așa-numitele decantoare-separatoare, unde sînt reținute suspensiile grele și produsele petroliere. Decantoarele-separatoare cu plăci, realizate și la noi în țară, au eficiență superioară celor clasice.

Pentru reținerea mai avansată a produselor petroliere se mai folosesc filtrele cu nisip, coagularea și flotația. Epurarea biologică se realizează în bazine cu nămol activ și filtre biologice. Nămolurile nu sînt tratate prin fermentare; după evacuare sînt deshidratate în vacuumfiltre sau filtre-presă.

Apele uzate provenite de la extracția și prepararea cărbunilor conțin importante cantități de materii solide în suspensie separabile prin decantare (argile, steril, reactivi de flotație etc.), pentru reținerea cărora se folosesc iazuri de decantare sau decantoare radiale (la Lupeni și Petrila, pe Valea Jiului). Se recurge uneori și la tratarea cu coagulanți; rezultatele cele mai bune, la preparațiile de cărbune de pe Valea Jiului, au fost date de amidonul caustificat, sulfatul de calciu și amestecul de amidon caustificat cu poliacrilamida [22]. Nămolul se tratează chimic (cu sulfat de aluminiu), apoi se introduce în îngroșătoare de nămol, după care se trece, pentru deshidratare, în vacuumfiltre. Apele decantate vor fi, pe cît posibil, recirculate.

Apele uzate de la extracția și prepararea minereurilor; pentru apele de mină decantarea și coagularea sînt uneori suficiente.

Apele uzate rezultate de la prepararea minereurilor sînt în cantități foarte mari, datorită faptului că majoritatea proceselor tehnologice de concentrare a substanțelor minerale utile se realizează în mediu umed. Sterilul rezultat în urma preparării minereurilor reprezintă 5—33 % din apa uzată (numită tulbureală). Reținerea sterilului se face prin decantare, uneori adăugîndu-se și coagulanți. Cînd condițiile locale sînt favorabile se pot construi iazuri de decantare, care, după umplerea lor, sînt amenajate și transformate în terenuri agricole (procedeu aplicat la unele preparații de minereuri din țară). Efluentul provenit de la decantare mai conține uneori substanțe nocive, ca fenoli și cianuri, provenite din procesul tehnologic de preparare a minereurilor. Defenolarea se realizează prin trecerea apelor uzate prin substanțe adsorbante (zgură de cărbuni arși în locomotive, semicocs granulat, cenușa rezultată la termocentrale etc.). Ionii de CN în cantitate mare provin de la cianurarea minereurilor auro-argentifere; ei pot fi îndepărtați prin recuperare sau transformare în complecși mai puțin toxici. Odată cu studierea posibilităților de epurare, trebuie avută în vedere și recircularea apelor uzate, după prealabila lor decantare.

Apele uzate de la cocsificarea și semicocsificarea cărbunilor; cocsificarea reprezintă procesul de fabricare a cocsului prin descompunerea termică a cărbunelui, în absența aerului, la temperaturi de 1 000 — 1 400°C. De la cocsificare apar ape uzate fenolice care, în afară de fenol, mai conțin gudroane, uleiuri, cianuri, sulfocianuri (rodanuri, amoniac) etc. Apele uzate fenolice se epurează mecanic și biologic. Ele sînt epurate în primul rînd mecanic în grătare, deznisipatoare sau decantoare, pentru îndepărtarea materiilor în suspensie; decantoarele sînt uneori amenajate pentru reținerea gudroanelor

și uleiurilor, dacă stația de epurare nu are prevăzute separatoare de uleiuri. Îndepărtarea fenolilor se poate face prin metode recuperative (prin adsorbție cu cărbune activ sau prin extracție cu solvenți) sau distructive (prin ardere sau oxidare catalitică, folosirea apelor fenolice la stingerea cocsului și oxidarea acestor ape cu reactivi, prin adsorbție pe zgure de locomotivă etc.). Metodele biologice sînt cele mai recomandate metode distructive de epurare; ele reduc substanțial cantitatea de fenoli și în același timp oxidează sulfocianurile și cianurile.

Semicocsificarea cărbunilor este procesul de degazare pirogenetică a cărbunilor pînă la 500 — 600°C, în urma căruia apar ape uzate conținînd compuși cu sulf, fenoli și urme de amoniac. Epurarea acestor ape se rezumă în special la îndepărtarea fenolilor.

Apele uzate de la fabricile de aglomerare, furnale și oțelării; fabricile de aglomerare evacuează ape uzate conținînd în special cantități mari de materii solide în suspensie separabile prin decantare (10 000 — 20 000 mgf/dm^3), care sînt reținute în decantoare, vaccuumfiltre etc.

Din procesul de fabricație din furnale apare gazul de furnal care, în cele mai multe cazuri, se epurează umed în scrubere și dezintegratoare, de unde apar apele uzate de la epurarea gazului de furnal, care conțin în principal suspensii și urme de cianuri, fenoli etc. Pentru reținerea suspensiilor se folosesc decantoare, precedate uneori de instalații de coagulare, sau iazuri de decantare cu acumularea suspensiilor.

Apele uzate din oțelării rezultă de la epurarea gazelor, care antrenează în baia de oțel praf de oxid de fier, de minereu, de fondanți și diferite gaze. Îndepărtarea suspensiilor se face în decantoare, precedate uneori de instalații de coagulare; nămolul este trecut prin îngroșătoare de nămol și apoi deshidratat în vacuumfiltre; eventual se recurge și la tratarea termică a nămolului.

Apele uzate de la laminoare conțin importante cantități de țunder (oxid de fier și ulei); epurarea lor se face în gropi de țunder, în decantoare, în hidrocicloane, filtre cu nisip cuarțos sub presiune sau mai recent în cicloane-decantoare (ca la Combinatul siderurgic Galați). Trebuie avută în vedere și recircularea apelor epurate.

De la operațiile de finisare (degresare-decapare) rezultă ape uzate, în general neutre; apele de la degresare, alcaline, se neutralizează în bazine de uniformizare cu apele de la decapare care sînt acide. În ceea ce privește epurarea apelor uzate rezultate de la decapare, se are în vedere fie distrugerea acizilor și sărurilor prin neutralizare și precipitare, fie recuperarea unor produse (acizi, săruri); o deosebită atenție trebuie dată măsurilor de reducere a debitelor și concentrațiilor acestor ape. Neutralizarea apelor se poate face cu hidroxid de sodiu, sodă calcinată, lapte de var etc. Recuperarea acizilor sau a sărurilor de fier este legată de folosirea acestora.

Apele uzate din industria metalurgică prelucrătoare; de la secțiile de acoperiri metalice și tratamente superficiale ale metalelor feroase rezultă ape uzate, avînd ca impurificator principal—cianul. Îndepărtarea cianului se poate face prin: evaporarea apei uzate în iazuri, unde cianurile se oxidează în contact cu aerul atmosferic (soluție costisitoare); oxidare catalitică; clorare alcalină cu clor gazos. Uneori se recurge și la recuperarea cianurilor.

De la secțiile de acoperiri metalice și tratamente superficiale ale metalelor neferoase rezultă ape uzate acide cu conținut de metale toxice (cianuri, crom etc.). Metodele de tratare a apelor acide și impurificate cu cianuri au fost

arătate. Cromul este îndepărtat prin metoda reducerii și precipitării ulterioare; cuprul, zincul, nichelul sînt îndepărtate prin precipitare cu lapte de var.

Apele uzate din industria chimică organică diferă în funcție de produsul finit rezultat.

Astfel, apele uzate provenite de la fabricarea *fibrelor sintetice* și în particular cele provenite de la fibrele de tip poliacrilonitrilic (cunoscute uneori sub numele de „Melana") conțin în principal acid cianhidric (HCN) și derivați nitrilici (acrilo, lacto). Pentru epurarea acestor ape se folosește oxidarea catalitică la temperaturi ridicate (circa 300°C) urmată de epurarea biologică în bazine cu nămol activ, cu adăugare de substanțe nutritive.

Apele uzate de la producerea *cauciucului sintetic* sînt puternic impurificate organic și cu conținut mare de substanțe toxice (nekal, aldehide, ioni metalici). După pretratări locale, în care sînt reținute substanțele toxice, materiile solide plutitoare etc., efluenții rezultați mai conțin încă substanțe dizolvate care, pentru a fi îndepărtate, trebuie folosite clorarea și sulfonarea. Urmează coagularea suspensiilor din apele uzate astfel tratate și apoi decantarea lor. Nămolul este îngroșat și apoi deshidratat în vacuumfiltre. Deoarece apele uzate au CBO_5 ridicat, este necesară epurarea biologică a lor cu adaos de substanțe nutritive, în filtre biologice sau aerofiltre, unde se obține o eficiență normală în absența substanțelor toxice.

Apele uzate de la *fabricarea coloranților și vopselelor* sînt puternic impurificate, conținînd coloranți, fenoli, formol, butanol, uleiuri, suspensii etc. Pentru epurarea lor, în prealabil este necesară omogenizarea compoziției, neutralizarea, coagularea și apoi reținerea suspensiilor decantabile și uleiurilor. Îndepărtarea culorii — decolorarea apelor uzate — se face prin metode oxidative sau reducătoare; ca agent oxidant se poate folosi clorul, permanganatul de potasiu sau ozonul; ca agenți reducători au dat rezultate foarte bune sărurile de fier, hidrogenul în stare născîndă și hidrosulfitul de sodiu. Culoarea poate fi de asemenea absorbită de materiale adsorbante, de exemplu cărbune activ. În continuare apele uzate pot fi epurate biologic în bazine cu nămol activ sau filtre biologice, după ce s-au adăugat substanțe nutritive.

Apele uzate provenite de la *fabricarea detergenților* (în principal cele rezultate de la spălarea pardoselilor, utilajelor etc.; nu însă din procesul tehnologic), în prezent cînd aproape în toate țările se fabrică detergenți biodegradabili, pot fi epurate biologic. Detergenții biodegradabili sînt detergenți de tip anionactivi, care posedă radical alchilic liniar și care zilnic, după normele din R. F. Germania, trebuie să se degradeze în proporție de 80 %. Detergenții nedegradabili pot fi îndepărtați din apele uzate numai prin procese fizicochimice; se folosește în acest scop coagularea cu sulfat de aluminiu sau acesta împreună cu silice activă sau cu sulfat de fier; dacă eficiența nu este suficientă, se recurge la adsorbția pe cărbune activ. În prezent se încearcă îndepărtarea detergenților prin spumare, rezultat al adăugării în apa uzată a unor substanțe spumante, ca saponine, peptonă, pectine ș.a. [36].

Apele uzate din industria chimiei anorganice, deși în cantități foarte mari raportate la tona de produs, sînt destul de puțin impurificate și pot fi recirculate.

Apele provenite de la *fabricarea acizilor minerali* sînt impurificate cu săruri și acizi (sulfuric, clorhidric, azotic) proveniți de la spălarea utilajelor și halelor de fabricație. Epurarea apelor constă în neutralizarea acizilor. Pentru apele cu conținut de acid sulfuric se preferă neutralizarea cu var.

Apele uzate provenite de la *fabricarea îngrășămintelor minerale*, de exemplu cu azot, au ca impurificator principal posibil amoniacul, care este produsul de bază al fabricării îngrășămintelor cu azot. În aceste fabrici se prepară în prealabil amoniacul din care se obține apoi acidul azotic, ureea și azotatul de amoniu. La fabricarea amoniacului rezultă ape de la spălarea instalațiilor impurificate cu amoniac, iar la fabricarea azotatului de amoniu și a ureei — condensul de la instalațiile de evaporare și apele de spălare ale instalației. Dacă procesul tehnologic de preparare a amoniacului este bine condus, impurificarea cu amoniac este minimă și nu este nevoie de epurare. Se recomandă însă construcția unor bazine pentru caz de avarii, cînd au loc pierderi masive de soluții cu conținut de cupru, care intervine în procesul tehnologic. Cuprul este recuperat prin precipitare și decantare sau cu ajutorul schimbătorilor de ioni.

Apele uzate radioactive provin de la operațiile minerale, reactoarele nucleare, centrele de cercetări nucleare, instituții cu caracter medical sau tehnic etc. Dintre metodele de epurare a apelor uzate radioactive se menționează: precipitarea chimică, schimbul de ioni, adsorbția, evaporarea, epurarea în bazine cu nămol activ sau în filtre biologice, introducerea în puțuri uscate, evacuarea în mare și înglobarea în blocuri de beton.

Capitolul 19

POMPAREA APELOR UZATE ȘI A NĂMOLURILOR

În funcție de condițiile locale, stațiile de pompare apar ca necesare pentru pomparea apelor uzate și nămolurilor, în diferite puncte ale rețelei de canalizare și stației de epurare.

Adoptarea unor scheme care au în componența lor stații de pompare trebuie temeinic justificată prin calcule comparative tehnico-economice (STAS 1481-76); la alegerea amplasamentului stațiilor de pompare de pe rețeaua de canalizare se va ține seama de încadrarea construcțiilor respective în detaliile de sistematizare, precum și de condițiile în care se va face evacuarea eventualelor reținerí de pe grătare și a nămolurilor.

După forma în plan, stațiile de pompare pot fi circulare, dreptunghiulare etc., iar după capacitate pot fi mici, sub 5 000 m^3/zi, medii, între 5 000 și 15 000 m^3/zi și mari, peste 15 000 m^3/zi.

Stațiile de pompare din rețeaua de canalizare se pot clasifica, de asemenea, după mărimea suprafeței pe care o deservesc, în locale, principale etc.

Stațiile de pompare din rețeaua de canalizare sînt așezate la distanțe de cel puțin 50 m față de clădirile de locuit și 100 m de cele publice; împrejurul lor se recomandă construcția unui gard viu.

Stațiile de pompare din cadrul stației de epurare pot fi:

— *stații de pompare pentru influent* — (pentru apele uzate brute) care au drept scop să creeze diferența de nivel necesară procesului tehnologic de

epurare a apelor uzate, cînd condițiile locale nu permit scurgerea apei prin gravitație.

Pentru apele uzate provenite din sistemul unitar de canalizare stația trebuie să asigure pomparea a $2Q_{o\ max}$. Pentru a evita degradarea pompelor, în amonte de stația de pompare, se instalează grătare și deznisipatoare, deoarece nisipul erodează în timp, atît carcasa, cît și rotorul pompelor. Numai în cazuri excepționale și foarte bine justificate deznisipatoarele pot fi amplasate după stația de pompare. La aceste stații este indicat să se prevadă o conductă de descărcare a apei uzate în emisar în timp de avarii (de exemplu în cazul întreruperii energiei electrice); se ferește astfel de inundare stația de pompare și de epurare;

— *stații de pompare pentru efluent*, necesare cînd relieful terenului nu asigură evacuarea prin gravitație a apelor epurate în emisar;

— *stații de pompare pentru recircularea apelor uzate*, necesare în special filtrelor biologice; tot aici sînt incluse stațiile pentru pomparea apelor din nămol, provenite din bazinele de fermentare a nămolului, de pe platformele de uscare, de la recondiționarea sau filtrarea nămolului etc.

Deoarece atît stațiile pentru pomparea efluentului, cît și ale apelor de recirculare vehiculează apă relativ curată din punctul de vedere al suspensiilor, ele pot folosi, în principiu, orice fel de pompe.

Ultimele două categorii de stații de pompare, prin compartimentarea bazinului de recepție, pot fi folosite și pentru pomparea nămolului, uneori pompele folosind în ambele scopuri;

— *stații pentru pomparea nămolului*, dotate cu pompe de nămol, la care, conductele de descărcare sau preaplinurile înapoiază nămolul în bazinele din care acesta provine, în caz de avarii (de exemplu, întreruperea alimentării cu energie electrică). La stațiile mici de epurare, toate tipurile de nămol sînt aduse într-o singură stație de pompare, de unde, la anumite perioade de timp, sînt pompate în diferite obiecte ale stației, conform procesului tehnologic; la stațiile mari de epurare, aproape pentru fiecare tip de nămol există o stație de pompare. Amplasarea stațiilor de pompare a nămolului în cadrul stației de epurare trebuie astfel făcută încît conductele de aspirație și refulare să fie cît mai scurte.

Părțile componente ale unei stații de pompare sînt: bazinul de recepție, casa pompelor, agregatele de pompare, instalațiile hidraulice (conducte de aspirație și refulare, de descărcare în caz de avarii, preaplinuri etc.), instalații de forță și lumină, instalații auxiliare și instalații de comandă a pompelor.

19.1. BAZINUL DE RECEPȚIE

Bazinul de recepție are ca scop primirea apelor uzate, înmagazinarea lor, adăpostirea sorburilor conductelor de aspirație sau chiar a pompelor, precum și a grătarelor.

Dacă pompele și sorbul sînt așezate direct în bazinul de recepție sub nivelul apei sau nămolului, stația de pompare se numește cu *cameră umedă* (fig. 19.1, *b*); dacă numai capătul conductei de aspirație pătrunde în bazinul de recepție,

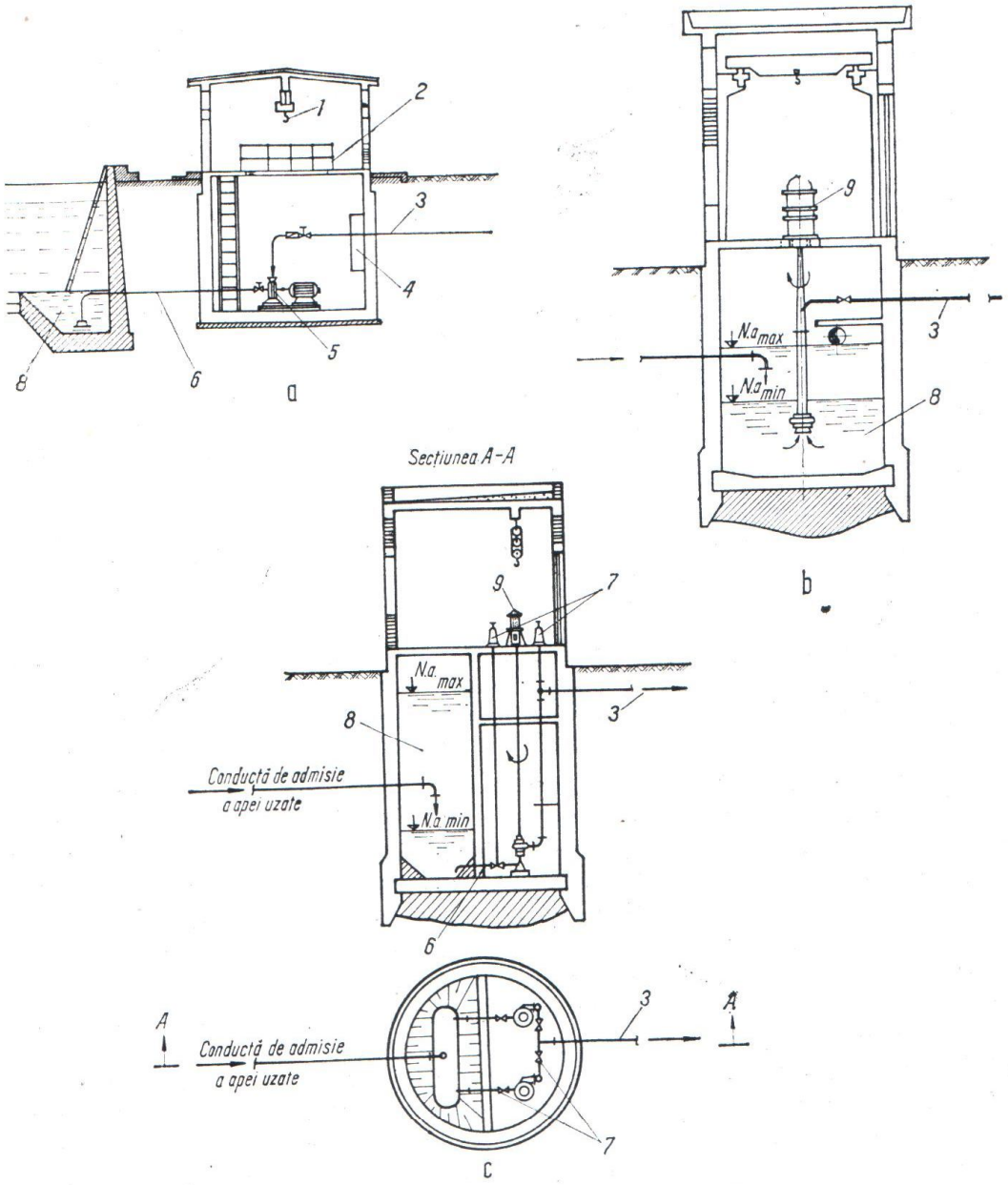


Fig. 19.1. Amplasarea bazinelor de recepție:

1 — monoșină; *2* — parapet; *3* — conductă de refulare; *4* — tablou electric; *5* — electropompă centrifugă cu ax orizontal; *6* — conductă de aspirație; *7* — vane; *8* — bazin de recepție; *9* — electropompă cu ax vertical.

iar pompa este așezată într-o cameră alăturată, stația de pompare este numită cu *cameră uscată* (fig. 19.1, *c*), variantă care prezintă avantaje în exploatare.

Forma în plan a bazinelor de recepție este de obicei circulară. Pentru stații de pompare mari, bazinul de recepție se așază imediat în apropierea stației de pompare (fig. 19.1, *a*); pentru stațiile mai mici, sub 1 000 m³/zi, bazinul de recepție face corp comun cu casa pompelor, fiind amplasat fie la partea inferioară a acesteia (fig. 19.1, *b*), fie într-un compartiment alăturat (fig. 19.1,*c*).

Adîncimea apei în bazinul de recepție, cuprinsă între radierul acestuia și nivelul cel mai scăzut al apelor uzate, trebuie să fie de 1,5 — 2,0 m. Radierul bazinului de recepție se construiește cu o pantă de 0,01 — 0,02 către sorburile conductelor de aspirație, pentru ca la spălarea lui depunerile să poată aluneca spre sorb.

Bazinele de recepție amplasate alăturat stației de pompare sînt prevăzute cu acces de la exterior și cu ventilație.

Grătarele aferente stațiilor de pompare fac corp comun cu bazinele de recepție; ele pot fi curățate manual sau mecanic, iar din punct de vedere hidraulic și constructiv sînt similare cu cele ce fac parte din schema stațiilor de epurare. Stațiile mari de pompare sînt prevăzute cu dezintegratoare.

Sînt și situații cînd la unele stații de pompare amplasate după bazinele de decantare primară sau secundară nu se prevăd bazine de recepție, decantoarele suplinind rolul acestora; de asemenea, unele stații de pompare a nămolului nu sînt dotate cu bazine de recepție și nici cu grătare.

Capacitatea bazinelor de recepție pentru stații de pompare mici neautomatizate trebuie să corespundă unui timp de înmagazinare a apelor uzate de cîteva ore.

Capacitatea bazinelor de recepție pentru stații de pompare automatizate trebuie să asigure un volum minim de înmagazinare a apelor uzate de 3—10 min; se recomandă însă stabilirea lor pe baza graficelor de variație orară a debitelor de apă uzată, care intră și ies (prin pompare) din stația de pompare.

În acest sens, se construiește curba de variație orară a debitelor de ape uzate intrate în stație pe baza coeficienților de variație orară, stabilite fie prin măsurători de teren, fie în conformitate cu STAS 1343-77. În abscisă pe graficul respectiv se trec orele (0 — 24), iar în ordonată procentele orare de primire (sau pompare) a apelor uzate, raportate la debitul zilnic maxim (fig. 19.2). Acestui grafic i se suprapune curba de variație orară a debitelor pompate, astfel încît să rămînă întotdeauna sub curba de variație orară a debitelor. Diferența maximă pe ordonată între curba de variație a debitelor intrate și pompate reprezintă volumul rezervorului, în procente față de debitul zilnic maxim. Dacă se folosește o singură pompă, curba de variație orară a debitelor pompate se situează destul de departe de curba de variație orară a debitelor de apă uzată intrată în stație, ceea ce conduce la volume mari ale bazinelor de recepție. Dacă se iau două sau mai multe pompe, datorită unor înclinări diferite ale curbei debitelor pompate de una, două sau mai multe pompe, aceasta se poate menține mai aproape de curba de variație orară a debitelor intrate și deci ordonata maximă, respectiv volumul bazinului de recepție este mai mic decît în cazul utilizării unei singure pompe.

Pentru construirea curbei de variație orară a debitelor pompate, alăturat curbei de variație orară a debitelor de ape uzate intrate, se construiește un grafic anexă (fig. 19.2), în care la aceleași scări se trasează curbele de variație

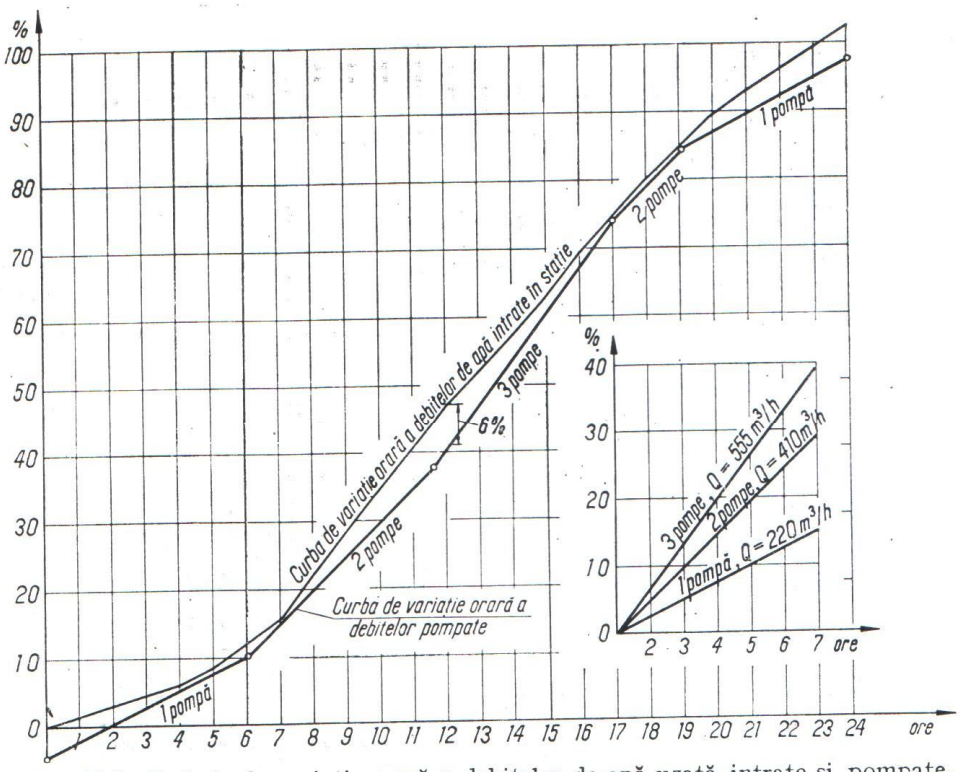


Fig. 19.2. Curbele de variație orară a debitelor de apă uzată intrate și pompate.

a debitelor de ape uzate pompate de una, două sau mai multe pompe; ducînd paralele la aceste curbe se poate trasa o curbă a variației orare a debitelor pompate, care să urmărească cît mai aproape curba de variație orară a debitelor intrate în bazinul de recepție, astfel încît volumul acestuia să fie cît mai mic.

19.2. CASA POMPELOR

Casa pompelor sau sala mașinilor adăpostește agregatele de pompare, instalațiile hidraulice, de forță și lumină, auxiliare etc.

Casa pompelor este executată din beton armat și zidărie de cărămidă; are în plan formă circulară sau pătrată. Înălțimea construcției este determinată de utilajul de ridicare a agregatelor, fiind necesar ca între partea inferioară a utilajului, care trebuie deplasat, și cea superioară, a celui care a rămas în funcțiune, să mai fie o distanță de cel puțin 0,5 m; înălțimea stației de pompare în nici un caz nu va coborî sub 3,0 m. Casa pompelor trebuie bine luminată și ventilată la interior, iar pereții placați cu materiale care se întreține ușor (faianță, gresie etc.).

În scopul unei exploatări cît mai ușoare, respectiv pentru inspecția sau demontarea utilajelor din stație, este necesar să se lase între acestea anumite distanțe, indicate în cataloagele de agregate: între pereți și agregate 1,0 m; între agregate 0,7 m etc. Pe de altă parte, distanța între agregate și între

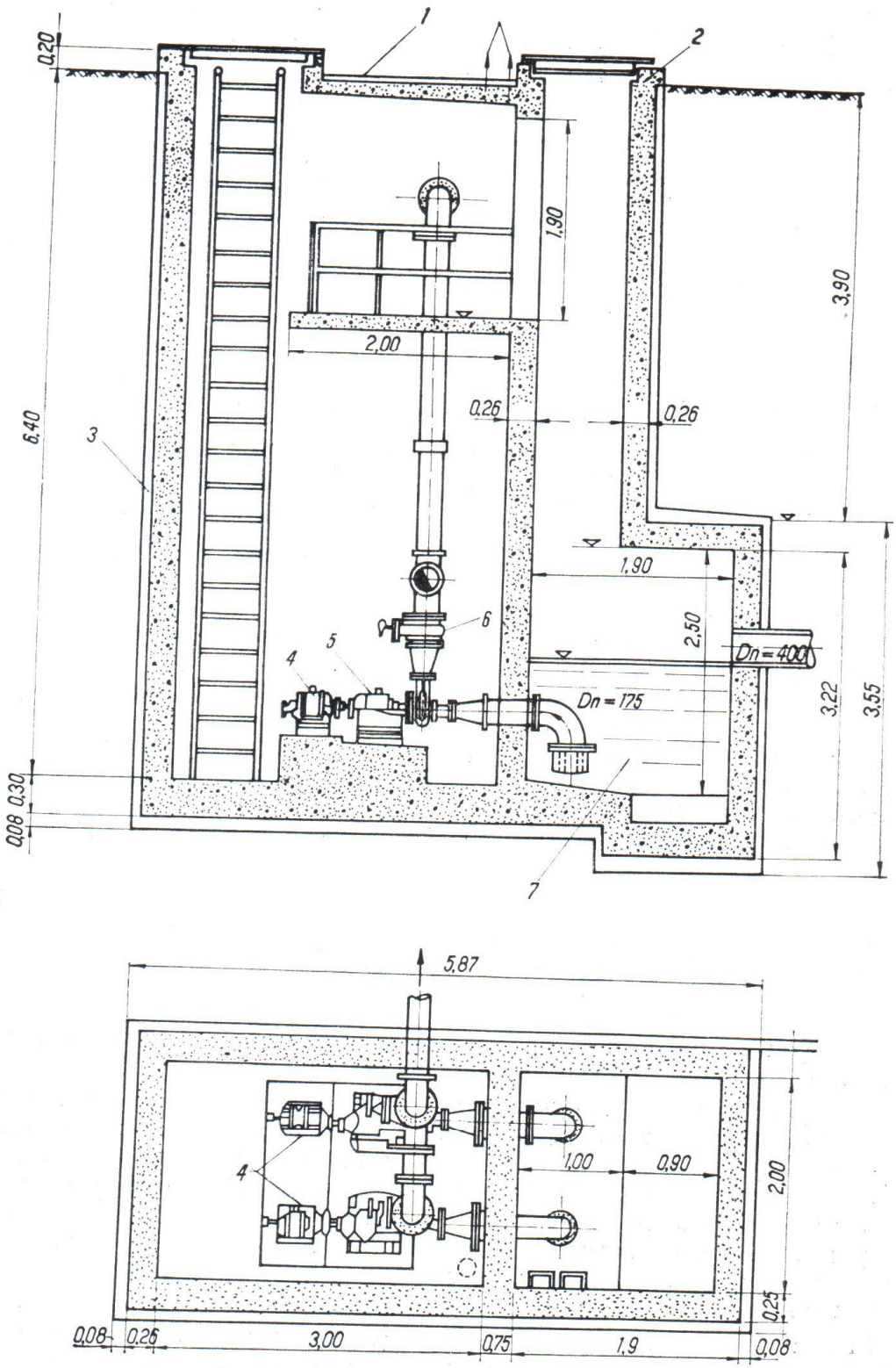


Fig. 19.3. Staţie de pompare cu pompe cu ax orizontal:
1 — şapă de ciment; *2* — beton armat; *3* — izolaţie din carton bitumat; *4* — electromotor; *5* — pompă centrifugă; *6* — vană plană; *7* — bazin de recepţie.

acestea și pereți trebuie să asigure și o corectă așezare a conductelor, vanelor, clapetelor etc. În jurul tabloului electric trebuie de asemenea asigurate distanțele necesare conform normelor.

La alegerea dimensiunii stației de pompare trebuie avut în vedere, în paralel, sistemul modular al construcțiilor și gabaritelor utilajelor.

Pentru circulație comodă și manevrare ușoară a utilajelor, conductele se amplasează în canale deschise, executate în pardoseala stației și acoperite cu tablă striată; de asemenea, se prevăd scări de acces în diferite puncte sau pentru traversarea unor conducte etc.

Nivelul apei din bazinul de recepție se transmite de obicei în sala mașinilor prin intermediul unui plutitor, nivelul citindu-se pe o mină.

La stațiile de pompare mai mari, casa pompelor adăpostește un mic atelier de reparații, o magazie pentru piese de rezervă etc.

În figura 19.3 se arată o stație pentru apele uzate cu bazin de recepție alăturat casei pompelor, iar în figura 19.4 stația de pompare a nămolului din stația de epurare a unui oraș.

Pentru stațiile de pompare pentru ape uzate, ISLGC a elaborat proiectul tip „Stații de pompare pentru ape uzate executate în cheson, $Q = 5—50$ dm³/s, nr. 542/408".

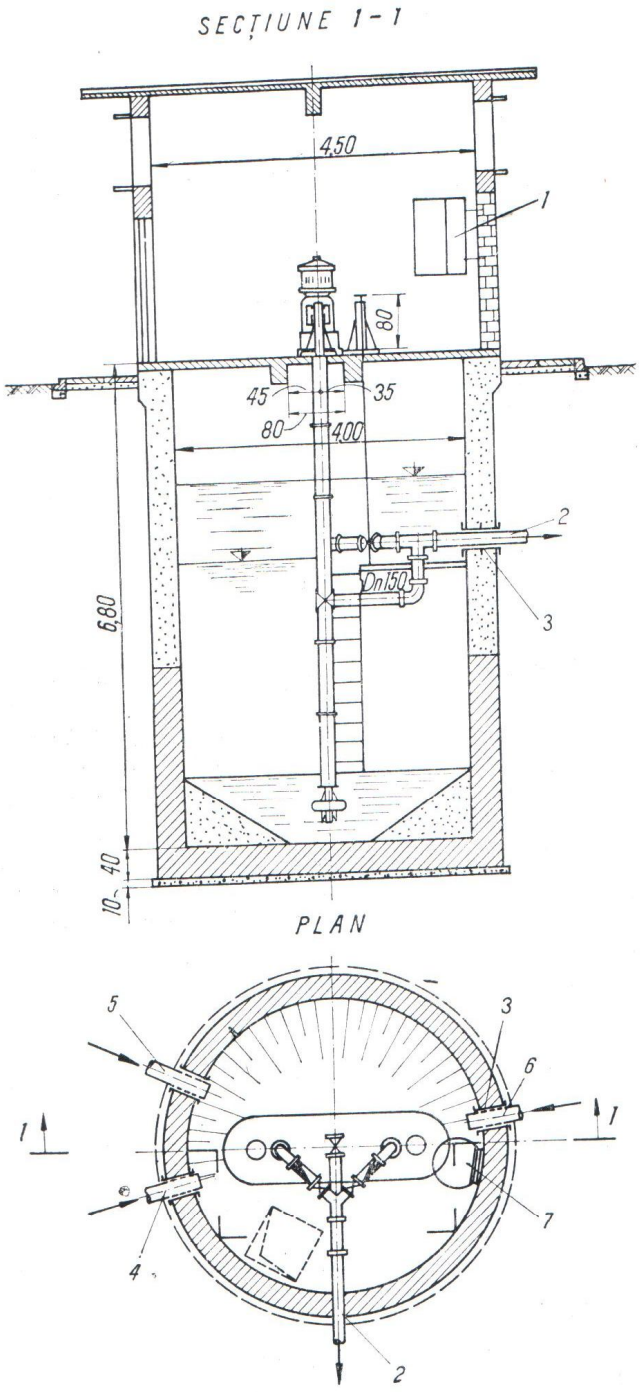


Fig. 19.4. Stație de pompare a nămolului:

1 — tablou electric; *2* — conductă de refulare; *3* — piesă de trecere etanșă prin perete; *4* — conductă de fontă pentru admisia nămolului de la decantorul D_1; *5* — conductă de fontă pentru evacuarea nămolului de la decantorul D_2; *6* — conductă de fontă pentru evacuarea nămolului de la decantorul D_3; *7* — scară tip vapor.

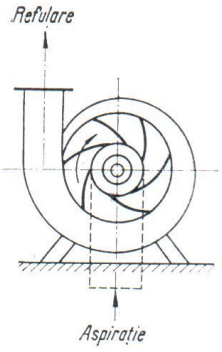


Fig. 19.5. Pompă centrifugă.

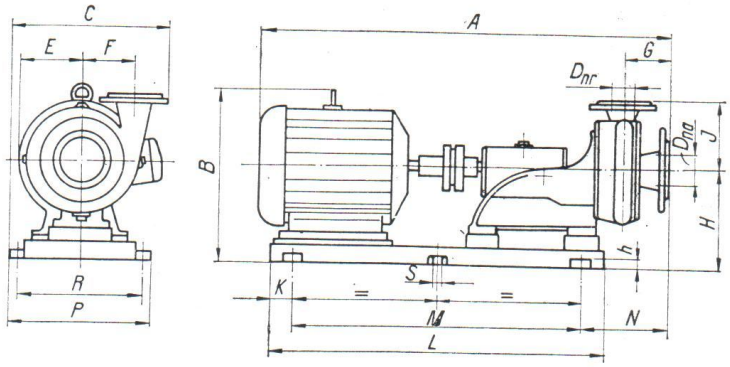


Fig. 19.6. Pompă centrifugă cu ax orizontal.

19.3. AGREGATE DE POMPARE

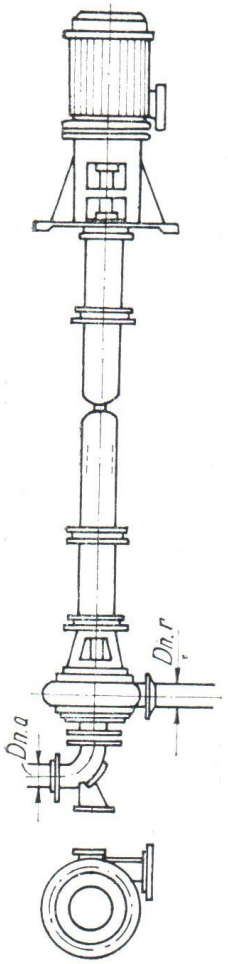


Fig. 19.7. Pompă centrifugă cu ax vertical (ACV).

Agregatele (grupurile de pompare pentru ape uzate și nămoluri) sînt constituite din pompă și motor. Pompele pot fi clasificate:

— din punctul de vedere al presiunii, în pompe de *joasă presiune* (pînă la 15 m), de *medie presiune* (pînă la 40 m) și de *înaltă presiune* (cele care ridică apa la înălțimi mai mari de 40 m);

— din punctul de vedere al numărului de rotoare, care de altfel asigură presiuni mai mari sau mai mici, se deosebesc: pompe *monoetajate*, la care presiunea este realizată de un singur rotor și care pot în mod practic asigura înălțimi de refulare de 20—30 m; pompe *multietajate*, la care presiunea se realizează de 2 sau 3 rotoare și care lucrează în serie;

— din punctul de vedere al amorsării, se deosebesc pompe *autoamorsate*, care sînt așezate sub nivelul apei din bazinul de recepție și pompe *amorsate*, la care amorsarea se face prin umplerea cu apă a conductei de aspirație, fie prin scoaterea aerului din aceasta cu o pompă de vacuum;

— din punctul de vedere al realizării presiunii, se deosebesc *pompe centrifuge*, la care presiunea se realizează printr-un rotor cu palete; *pompe cu piston*, la care presiunea se realizează de un piston, și *pompe cu fluid motor*, la care presiunea se realizează prin intermediul unui fluid (apă, aer etc.), dintre acestea, pompa Mamut fiind cea mai folosită.

Pompele cele mai utilizate sînt pompele centrifugale, constituite dintr-o carcasă de fontă și un rotor (fig. 19.5); ele pot fi cu ax orizontal (fig. 19.6) sau cu ax vertical (fig. 19.7).

Pompele pentru ape uzate și nămoluri trebuie să aibă o construcție specială, deoarece suspensiile din acestea

pot distruge pompele obișnuite de apă curată. Randamentele lor η sînt în general sub 0,5.

La noi în țară, pompele pentru apa uzată și nămoluri sînt de tip „ACV" (tab. 19.1) „Bicaz" (cu folosința de bază mortarul de ciment) și „PT" (cu folosința de bază tulbureala din industria minieră); ultimele acoperă o gamă mare de debite și permit o curățire ușoară în caz de defecțiune. Pentru debite mici se folosește pompa submersibilă EPEG (furnizor AVERSA-București).

TABELA 19.1

Caracteristicile pompelor ACV

Tipul pompei ACV	Caracteristici				Observații
	Q (m³/h)	H (m.C.A)	n (rot/min)	P (kW)	
50 – 15*	25	15	1500	3	și cu cameră umedă
50 – 32	20	32	1500	7,5	idem
65 – 15	30	15	1500	4	—
80 – 32	50	32	1500	4	și cu cameră umedă
100 – 15	135	15	1500	10	idem
150 – 32	210	32	1500	45	—
200 – 15	500	15	1500	30	—
200 – 32	280	32	1500	60	—
250 – 15	500	15	1500	55	—
250 – 32	500	32	1500	120	—
350 – 15	900	15	750	100	—

* Primul număr corespunde diametrului racordului de refulare, în mm, iar al doilea înălțimi de pompare.

Pentru fiecare pompă uzina producătoare furnizează următoarele curbe caracteristice de funcționare (fig. 19.8, de exemplu pompă tip Bicaz 150):

$$\eta = f_1(Q); \quad H = f_2(Q) \quad N = f_3(Q), \tag{19-1}$$

în care:

H este înălțimea de refulare, în m;
η — randamentul pompei, în %;
N — puterea pompei, în kW;
Q — debitul pompei, în m³/h.

De asemenea, se furnizează date privind numărul de rotații pe minut, diametrul rotorului, gabarite etc.

Eficiența acestor pompe este mult mai redusă decît a celor folosite pentru apa curată, datorită în special modului lor de construcție mult mai robust, problema eficienței fiind de ordin secundar. Pe de altă parte, eficiența scade cu timpul, datorită uzurii rotorului și carcasei de către substanțele abrazive din apa uzată, îndeosebi în lipsa grătarelor și deznisipatoarelor așezate în fața stației de pompare.

Puterea pompelor se determină cu relația:

$$N_p = \frac{\gamma \cdot Q \cdot H}{\eta_p} \cdot \frac{1}{75}, \quad [\text{CP}] \tag{19-2}$$

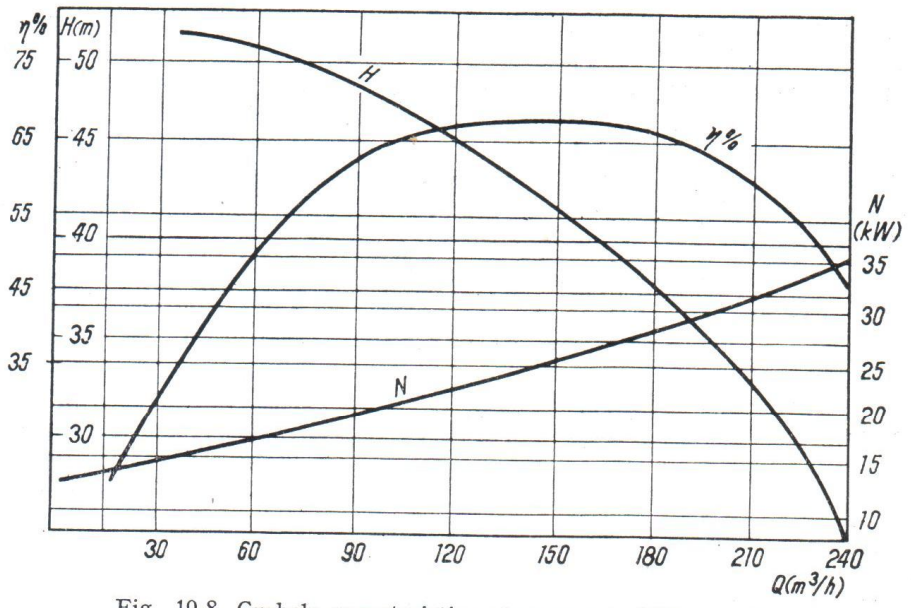


Fig. 19.8. Curbele caracteristice ale pompei BICAZ 150.

sau:

$$N_p = \frac{\gamma \cdot Q \cdot H}{\eta_p} \cdot \frac{1}{102}, \quad [\text{kW}], \tag{19—3}$$

în care:

Q este debitul pompei, în m^3/s;
H — înălțimea de pompare, în m;
γ — greutatea specifică a lichidului, în daN/m^3;
η_p — randamentul pompei, dat de fabrica furnizoare, 0,4—0,8.

Puterea motorului se determină cu relația:

$$N_m = \frac{N_p}{\eta_m}, \tag{19—4}$$

în care η_m este randamentul motorului, care are valoarea 0,85—0,95 și depinde în primul rînd de felul cuplajului între pompă și rotor.

Înălțimea de pompare se stabilește cu relația (fig. 19.9):

$$H = H_g + h_{as} + h_r,$$

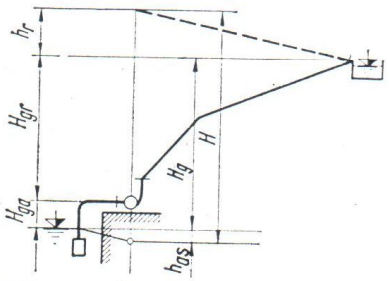


Fig. 19.9. Înălțimea de refulare geodezică și pierderile de sarcină la calculul puterii pompei.

în care:

H_g este înălțimea geodezică, reprezentînd diferența de nivel dintre nivelul cel mai scăzut al apei în bazinul de aspirație și cel mai înalt nivel al apei în bazinul de refulare;

h_{as} — pierderile de sarcină pe conductele de aspirație;

h_r — pierderile de sarcină pe conductele de refulare.

Se menționează că pierderile de sarcină locală pe conductele de aspirație și refulare, inclusiv pierderile prin apometru sînt incluse în h_{as} și h_r; ele reprezintă maximum (0,05—0,10) din suma pierderilor distribuite pe conductele de aspirație și refulare. La agregatele rezultate din calcul se adaugă și agregatele de rezervă, care pot reprezenta uneori chiar 100% față de cele stabilite prin calcul (cînd prin calcul s-a stabilit ca tot debitul să fie pompat printr-un singur agregat și un al doilea similar să constituie rezerva). De obicei, rezerva trebuie să reprezinte 50% din necesar, iar numărul total de agregate din stație nu trebuie să coboare sub trei; în acest caz două agregate sînt în continuă funcționare, iar al treilea este de rezervă.

Puterea instalată din stația de pompare rezultă prin înmulțirea numărului total de agregate (inclusiv cele de rezervă) cu puterea motorului stabilită mai sus.

După cum rezultă din cele arătate, întotdeauna sînt necesare mai multe agregate de pompare, fie pentru satisfacerea necesităților de debit cînd agregatele se așază în *paralel*, fie pentru obținerea înălțimii de refulare necesare cînd agregatele se așază în *serie*. În ambele cazuri este necesar să se determine parametrii de funcționare corespunzători grupului de agregate care refulează apa pe aceeași conductă.

La funcționarea în paralel perechea de valori H, Q este dată de intersecția curbelor caracteristicilor de funcționare a una, două, trei etc. pompe, cu curba caracteristică a conductei de refulare. Cunoscînd curba caracteristică de funcționare a unei pompe, $H = f(Q)$, se construiesc curbele caracteristice de funcționare pentru una-două-trei pompe etc., care funcționează în paralel (v. exemplul 19.1 și fig. 19.13); punctele de pe aceste curbe rezultă din multiplicarea debitului de două, trei etc. ori, corespunzător la diferite înălțimi de pompare H.

Caracteristica conductei de refulare se exprimă prin intermediul înălțimii de pompare, funcție de Q, conform relației:

$$H_{cp} = H_g + h_{as} + h_r = H_g + h_{as} + M_r Q^2, \tag{19-6}$$

sau neglijînd pierderea de sarcină pe conducta de aspirație, care este mică în comparație cu cea de pe conducta de refulare, se obține:

$$H_{cp} = H_g + M_r \cdot Q^2, \tag{19-7}$$

în care:

H_g este înălțimea geodezică de pompare, o constantă a ecuației, în m;

$M_r = \frac{L_r}{K_r^2} = s_0 \cdot L_r$ — modulul de rezistență al conductei de refulare, în s^2/m^6;

$s_0 = \frac{1}{K_r^2}$ — modulul de rezistență specific, al conductei de refulare, conform tabelei 19.2, în s^2/m^6;

K_r — modulul de debit al conductei de refulare, în m^3/s;

L_r — lungimea conductei de refulare, în m.

TABELA 19.2

Modulul de rezistență specific (s_0) al conductelor din fontă sau oțel [14] [6]

Dn (mm)	50	75	100	150	200	250	300
s_0 (s^2/m^6)	13 000	1490	322	37	7,98	2,43	0,918

Dn (mm)	350	400	450	500	600	700	800
s_0 (s^2/m^6)	0,404	0,198	0,106	0,0602	0,0228	0,0100	0,00491

Dn (mm)	900	1000	1100	1200
s_0 (s^2/m^6)	0,00262	0,00149	0,000899	0,000565

Valorile modulului de rezistență specific s_0 și ale modulului de debit K_r, pentru diferite diametre și materiale ale conductelor de refulare, se găsesc în tratatele de hidraulică (cîteva valori pentru s_0 sînt date în tabela 19.2).

Pentru diferite debite, cu ajutorul ecuației (19-7), se poate trasa curba caracteristică a conductei de refulare (v. exemplul 19.1 și figura 19.13); în punctele de intersecție a acesteia cu curbele caracteristice de funcționare pentru mai multe pompe care lucrează în paralel, se găsesc punctele de funcționare ale sistemului (punctele F_1, F_2 ... v. exemplul 19.1 și fig. 19.13).

Se constată că debitul pompat de două pompe în paralel, de exemplu, este mai mic decît dublul debitului unei pompe, iar înălțimea de pompare mai mare decît la funcționarea unei singure pompe; aceleași rezultate se obțin și pentru funcționarea cu trei, patru etc. pompe în paralel.

Dacă pompele care funcționează în paralel nu au aceleași caracteristici — soluție nerecomandată din punctul de vedere al exploatării — curba caracteristică pentru funcționarea cu două pompe, de exemplu, rezultă din însumarea debitelor corespunzătoare fiecărei pompe, la diferite înălțimi de pompare.

La funcționarea în serie, pentru construirea curbelor de funcționare, înălțimile de pompare ale fiecărei pompe se adună, debitul rămînînd același ca valoare. La adoptarea unei asemenea soluții trebuie luat și avizul fabricii furnizoare, deoarece carcasa pompei la presiune mai mare de 2—3 ori decît cea din catalog s-ar putea sparge. Parametrii de funcționare ai sistemului se determină de asemenea din luarea în considerare a curbei caracteristice a conductei de refulare și a curbelor de funcționare cu numărul de pompe necesar.

În paralel cu curbele $H = f(Q)$ se pot folosi și curbele $\eta = f(Q)$ ale randamentului sistemului.

Reducerea debitului la funcționarea cu o singură pompă sau cu număr mai mare se poate realiza fie prin închiderea vanei de pe conducta de refulare și deci crearea unei pierderi de sarcină suplimentare, fie prin variația turației motorului. În primul procedeu, aplicat în special la stațiile mici de pompare, prin mărirea pierderilor de sarcină, rezultă cheltuieli de exploatare suplimentare; în cel de-al doilea procedeu, folosit în stațiile mari de pompare, sînt necesare de asemenea cheltuieli suplimentare, însă pentru investiții, în scopul aprovizionării unor motoare cu turații variabile.

În privința *amorsării pompelor*, ori de cîte ori este posibil, se recomandă ca ele să fie astfel amplasate față de nivelul apei din bazinul de recepție, încît să fie în permanență autoamorsate; din acest punct de vedere se preferă pompele cu ax vertical (de exemplu de tip ACV). Dacă se folosesc pompe cu ax orizontal, ele se așază într-un compartiment alăturat bazinului de recepție (v. fig. 19.6), la înălțime convenabilă, pentru a fi autoamorsate. Dacă autoamorsarea nu este posibilă, se procedează fie la umplerea manuală a conductei de aspirație cu apă, în care caz pe aspirația pompei există un orificiu, fie la amorsarea prin evacuarea aerului din conducta de aspirație cu ajutorul unei pompe de vacuum. Evacuarea aerului din conducta de aspirație conduce la realizarea unei subpresiuni în aceasta și respectiv la umplerea cu apă a conductei. Folosirea pompelor de vacuum pentru amorsare este practicată îndeosebi la stațiile mari de pompare.

În ultimul timp, pentru pomparea apelor uzate și a nămolului, se folosește așa-numita *„pompă melc"*, *„pompa lui Archimede"* sau *„transportor hidraulic"*. Aceasta constă dintr-o serie de lame helicoidale formînd o spiră, montate pe un ax, în care apa este reținută chiar în momentul cînd axul se rotește; cîteodată pe ax se montează mai multe spire. Axul cu lame este așezat într-un canal, astfel executat, încît distanța între pereții canalului și lame este foarte mică (fig. 19.10). Axul care susține lamele este acționat de un motor așezat la partea superioară. Apa este luată dintr-un bazin inferior și cu ajutorul lamelor este transportată într-un bazin superior, de unde este îndreptată spre celelalte instalații.

Înălțimea de ridicare a acestor pompe depinde de lungimea axului care susține lamele și în general nu depășește 8,0 m. Pentru înălțimi mai mari de ridicare se fac mai multe etaje; din bazinul inferior al primului etaj apa este ridicată în bazinul superior al acestui etaj, care constituie bazinul inferior al etajului al doilea ș.a.m.d. Pentru debite mari se folosesc mai multe pompe care lucrează în paralel, fiecare avînd cîte un canal în care se rotește axul cu lame.

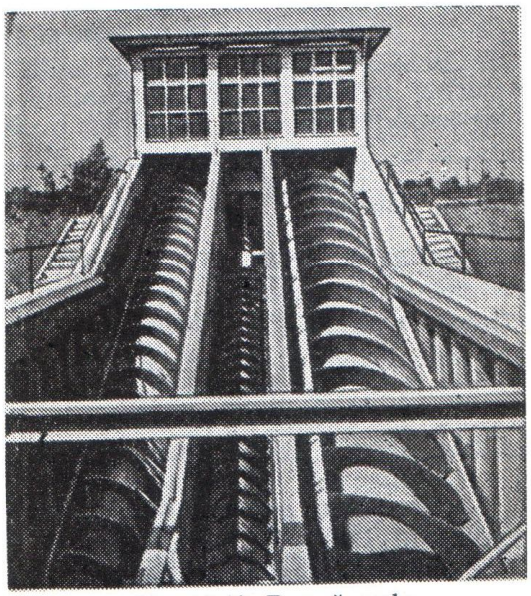


Fig. 19.10. Pompă melc.

Avantajele pompelor melc, în comparație cu cele clasice, sînt: lucrînd cu turații mici, 20—50 ture/min, uzura pieselor în mișcare este mică; pompa (lamele și axul) poate fi observată în permanență și deci se poate interveni

urgent în caz de defecțiune; lamele helicoidale, fiind de dimensiuni mari, pot transporta suspensii de diferite mărimi, fără a fi necesar ca în fața acestora să se instaleze grătare sau deznisipatoare; pot să ridice cantități mai mari sau mai mici de apă, în funcție de nivelul apei din bazin, fără a fi necesar să se intervină corespunzător, ca în cazul pompelor clasice. Dezavantajele acestor pompe constau în: turațiile mici, care conduc la necesitatea adoptării unor diametre mari ale lamelor helicoidale; înălțimea de ridicare este limitată la lungimea axului cu lame; nu pot fi folosite pentru transportul apei pe conducte sub presiune.

Debitul pompelor melc este proporțional cu cantitatea de apă ce se transportă între două lame, înmulțită cu numărul de ture ale axului n și cu numărul de spire. Cantitatea de apă dintre două lame este funcție de diametrul lamelor D, de diametrul axului d, de distanța între lame s și de unghiul de înclinare a axului. Dacă raporturile d/D și s/D sînt considerate ca parametrii principali de dimensionare a unei pompe melc, pentru un anumit unghi de înclinare, cantitatea de apă transportată depinde numai de D^3, conform relației:

$$Q = q \cdot n \cdot D^3, \tag{19-8}$$

relație în care q include, în afară de numărul de spire, și ceilalți parametri geometrici. Valorile teoretice ale parametrului q variază de la 0,08, pentru pompe cu mare înclinare față de verticală și cu o singură spiră, pînă la 0,35 pentru pompe cu o ușoară înclinare și cu 3—4 spire. Numărul de ture/min ale axului n depinde de diametrul lamelor și se determină cu relația:

$$n = \frac{50}{\sqrt[3]{D^2}}. \tag{19-9}$$

Pentru înălțimi de ridicare de 6—8 m, $n = 20—50$ ture/min, literatura de specialitate indică debitele arătate în tabela 19.3, în funcție de diametrul lamelor.

TABELA 19.3

Debitele pompelor melc în funcție de diametrul lamelor [33]

Diametrul mm	380	560	650	750	900	1000
Debitul (dm^3/s)	25	50	75	100	150	200

Diametrul (mm)	1200	1350	1500	1600	1800	2000
Debitul (dm^3/s)	300	400	500	600	800	1000

La proiectare se va avea în vedere proiectul ISLGC, transportor hidraulic (executant IMMUM — Baia Mare).

Pompele cu piston sînt în prezent rar folosite pentru pomparea apei uzate sau a nămolului.

Pompele cu fluid motor și în special *pompa Mamut* este folosită uneori și pentru ridicarea apei uzate sau a nămolului. Ea constă dintr-o conductă, prin care apa împreună cu aerul sînt împinse în punctele dorite; la capătul inferior al conductei se introduce aer — prin intermediul unui difuzor — furnizat de un compresor (fig. 19.11). Ridicarea apei se realizează datorită diferenței de greutate dintre coloana de apă și cea de aer și apă, de deasupra, din conductă. Lipsa unor piese în mișcare în contact cu apa uzată sau nămolul face ca pompa să se defecteze rareori.

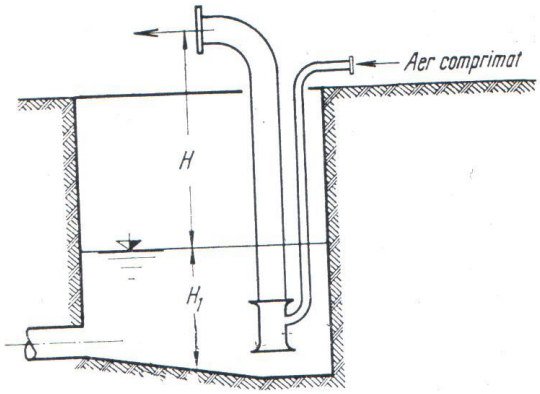


Fig. 19.11. Pompă Mamut.

Randamentul pompelor Mamut este destul de mic ($\eta = 0{,}15—0{,}20$) în comparație cu cel al pompelor centrifuge; pentru obținerea de valori superioare, trebuie ca raportul dintre adîncimea de cufundare a difuzorului H_1 și înălțimea de ridicare a apei H să fie de 0,5—0,75 (v. fig. 19.11); viteza în conducta de aer trebuie să fie de 10—15 m/s, iar cea de transport a emulsiei de apă-aer de 1,5—2,0 m/s.

În ceea ce privește cantitatea de aer necesară funcționării pompelor Mamut, literatura de specialitate arată că pentru ridicarea a 1 dm^3 de apă de la adîncimea de 15 m sînt necesari 2—3 l de aer; de la adîncimea de 60 m, circa 5 l de aer.

Pompele Mamut sînt recomandate pentru nămoluri cu conținut mare de apă și cu pompare continuă, ca de exemplu pentru nămolul din decantoarele secundare după bazinele cu nămol activ; ele au și calitatea de a aduce cantități suplimentare de aer apelor uzate, respectiv de oxigen necesar proceselor biologice.

Antrenarea — punerea în mișcare a pompelor — se realizează cu electromotoare, de obicei trifazate, motoare termice (Diesel), turbine cu abur etc. Alimentarea electromotoarelor se face cu tensiune de 380 V, pentru motoare cu putere mică, sub 200 kW și cu tensiuni de 6 000 V, pentru puteri mai mari ca 200 kW. Motoarele electrice pot fi cu viteză constantă, variabilă, cu mai multe viteze etc., alegerea lor, în principal, făcîndu-se în funcție de cerințele locului de folosință.

Motoarele Diesel sînt mai scumpe decît motoarele electrice, necesită suprafețe mari de construcție, fundații grele și echipament auxiliar mai costisitor, în comparație cu electromotoarele. Cu toate acestea, datorită existenței gazului de nămol din stația de epurare, punerea în funcțiune cu ajutorul motoarelor Diesel a generatoarelor electrice, a suflantelor sau a pompelor poate fi economic justificată. Motoarele Diesel se pretează foarte bine pentru pomparea nămolului, deoarece prin varierea vitezei se pot pompa debite diferite de nămol, în conformitate cu cerințele procesului de epurare.

Folosirea motoarelor Diesel este economică pentru puteri ce depășesc 200 CP; motoarele cu turație mică, cel mai des folosite în stațiile de epurare, se fabrică într-o gamă variind între 150 și 5 000 CP și cu 200—800 ture/min.

Unele motoare Diesel funcționează numai cu gaz de nămol, altele cu gaz de nămol (95%) și petrol (5%).

Alegerea între motoarele electrice și Diesel comportă compararea nu numai a costurilor de instalare, ci și a altor numeroși factori: costuri pentru exploatare și întreținere, costul energiei electrice, posibilitatea de a recupera căldura pierdută în timpul funcționării motorului Diesel etc.

Funcționarea stațiilor de pompare trebuie să fie, de cele mai multe ori, independentă de lipsa de energie electrică datorată eventualelor defecțiuni pe rețele, restricții etc.; de aceea este bine să se dispună și de o a doua sursă de energie, în care scop se practică fie conectarea rețelei de transport a energiei la mai multe rețele, fie instalarea de motoare Diesel.

Se recomandă ca sursa de rezervă să fie dotată cu dispozitive automate pentru intrarea ei imediat în funcțiune, în momentul cînd sursa principală s-a întrerupt.

Turbinele cu aburi pot fi uneori economice, îndeosebi datorită faptului că în stațiile de epurare este necesar numai abur cu presiune mică.

19.4. INSTALAȚII HIDRAULICE

Conductele de aspirație au drept scop vehicularea apei aspirată din rezervorul de recepție, pînă în pompă. Se recomandă ca fiecare pompă să fie dotată cu conductă de aspirație. Pe conductele de aspirație se montează vacuumetre, în scopul urmăririi cît mai bine a aspirației. Conductele de aspirație trebuie să fie cît mai scurte, să nu atîrne de pompe, să nu aibă coturi inutile și să urce către pompă cu o pantă de cel puțin 0,005, pentru a permite în permanență antrenarea în pompă a aerului din apă. Conductele de aspirație a apei uzate sau a nămolului se execută din tuburi de fontă cu flanșe, țevi de oțel (mai puțin folosite deoarece atît apa uzată cît și nămolurile sînt agresive), azbociment etc.

Capătul inferior al conductei de aspirație este evazat, pentru a evita formarea de vîrtejuri împrejurul lui, care conduc la antrenarea aerului în conductele de aspirație, reduc vacuumul și randamentul pompei, iar în cazul apelor agresive corodează conducta. Asigurarea în permanență a unei adîncimi de apă de 0,6—0,8 m deasupra sorbului poate evita producerea vîrtejurilor și antrenarea aerului; în același sens, uneori, se montează diafragme pe capătul conductei de aspirație, se construiesc pereți despărțitori în bazinul de recepție etc. Pe conductele de aspirație prin care circulă nămol se montează piese de curățire.

Conductele de aspirație aferente pompelor centrifugale se dimensionează pentru o viteză de 0,6—1,0 m/s, uneori chiar 1,5 m/s, mărimea acesteia depinzînd de lungimea conductei, rezistențele locale, înălțimea geodezică de aspirație etc. La dimensionarea conductei se urmărește ca înălțimea de aspirație să rămînă sub 6—7 mCA.

Conductele de refulare vehiculează apele uzate sau nămolurile spre instalațiile prevăzute de procesul tehnologic; ele se execută de obicei din fontă. Imediat după pompă, pe conducta de refulare se prevede o clapetă de reținere, apoi o vană și un manometru. La conducte de lungime mare, în punctele de pe aceasta se prevăd ventile de aer, iar la punctele joase, descărcări.

Pentru refulări, constituite din mai multe conducte, cu presiuni mai mari ca 4 at sau a căror lungime depășește 1,5 km, lîngă stația de pompare și eventual pe parcurs, se execută conducte de legătură între conductele de refulare, prevăzute cu vane.

Spre deosebire de conductele de aspirație, conductele de refulare se caracterizează printr-o lungime mare și prin pierderi de sarcină liniare mult mai mari decît cele locale, care pot fi considerate de multe ori neglijabile. După cum se știe, pierderile de sarcină depind și de diametrul conductei de refulare, micșorîndu-se o dată cu mărirea diametrului și atrăgînd după sine diminuarea puterii de pompare și viceversa. Micșorarea pierderilor la sarcină conduce însă la mărirea costului total al investițiilor aferente conductei de refulare și în același timp la micșorarea cheltuielilor anuale de exploatare a instalațiilor de pompare; invers, mărirea pierderilor de sarcină conduce la micșorarea costului total al investițiilor aferente conductei de refulare, însă la mărimea cheltuielilor anuale de exploatare.

Deci, la dimensionarea conductelor de refulare, este necesar să se determine diametrul economic al conductei, pentru care costul total de investiție și exploatare a conductei este minim. Costul total anual al transportului apei prin pompare este reprezentat de suma dintre costul de instalare a conductei de refulare raportat la numărul de ani în care se face recuperarea investiției și costul anual al energiei de pompare, conform relației:

$$C = \frac{1}{t} C_c \cdot l + \frac{\gamma Q \cdot H}{102\,\eta} \cdot T \cdot C_E [\text{lei/an}] \qquad (19\text{-}10)$$

în care:

t este timpul de recuperare a investiției, în ani;
C_c — costul de instalare a conductei de refulare pe unitatea de lungime, în lei/an;
l — lungimea conductei de refulare, în m;
γ — greutatea specifică a apei, în daN/m³;
Q — debitul pompat, în m³/s;
T — durata medie anuală de pompare a apei, în h/an;
C_E — costul energiei electrice, în lei/kWh;
η — randamentul total al agregatului, în %;
H — înălțimea de pompare, în m.

Diametrul economic corespunde punctului minim al ecuației (19.10), care poate fi stabilit grafic sau analitic (fig. 19.12).

La noi în țară, ținînd seama de costul energiei și al conductelor de refulare, diametrul economic corespunde unei viteze pe conducta de refulare de circa 1,0 m/s. Unele tratate recomandă ca diametrul economic, pentru conducta de refulare, să corespundă la viteze de 0,8—1,0 m/s pentru o singură pompă; 1,0—1,2 m/s pentru două pompe funcționînd în paralel; 1,2—1,5 m/s pentru trei pompe funcționînd în paralel.

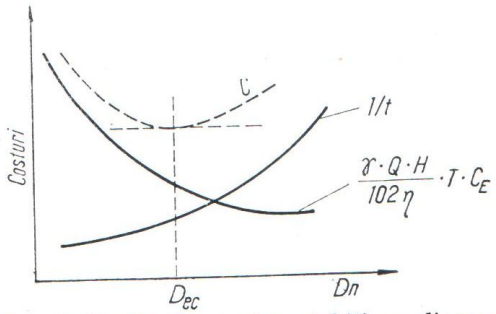


Fig. 19.12. Grafic pentru stabilirea diametrului economic la conducte de refulare.

Conductele de descărcare, în caz de avarii, evacuează direct apele uzate spre emisar, fără prealabila lor epurare. Conducta de descărcare pleacă de la căminul amonte staţiei de epurare; capătul amonte al acestei conducte trebuie să fie situat deasupra nivelului de maxim al apelor în emisar. Canalul de aducerea apei în staţia de epurare şi conducta de descărcare sînt prevăzute cu vane sau stăvilare. În cazul staţiilor de pompare a nămolului, conducta de descărcare înapoiază nămolul în instalaţia din care a fost pompat.

19.5. INSTALAŢII DE FORŢĂ ŞI LUMINĂ

Alimentarea cu energie a electromotoarelor se face cu un racord de înaltă tensiune, legat în vecinătatea staţiei la un post de transformare. După cum s-a arătat, se recomandă dotarea staţiei de pompare şi cu o sursă proprie de energie — un motor Diesel.

Instalaţiile de forţă şi lumină, aparatele de măsură, de protecţie, cabluri etc. se execută conform normelor în vigoare.

Deoarece pericolul de explozie pe care-l prezintă gazele de fermentare, scăpate din instalaţii, în amestec cu aerul, este mare, toate instalaţiile de forţă şi lumină sînt executate antiexplosiv. Se prevăd de asemenea instalaţii de punere la pămînt şi paratrăznet.

19.6. INSTALAŢII AUXILIARE

Instalaţiile auxiliare au ca scop asigurarea bunei funcţionări a staţiei de pompare. Dintre acestea se menţionează:

— utilajele de ridicat, pompe, motoare etc.; pentru un număr redus de agregate cu greutate pînă la 500 daN se folosesc trepiede mobile; pentru agregate avînd o greutate de 500—3 000 daN se folosesc monoşine cu macara; pentru agregate de peste 3 000 daN se folosesc grinzi rulante acţionate manual, macarale portal etc. Utilajele trebuie bine justificate, uneori prin calcule tehnico-economice. La proiectare se recomandă a se ţine seama de proiectele elaborate de ISLGC: monoşină (executant Uzinele Steaua Roşie—Bucureşti); grindă rulantă suspendată (executant FMIL — Curtea de Argeş); pod rulant acţionat manual (executant FMIL — Curtea de Argeş);

— instalaţii de încălzire, pentru staţiile în care nu se poate asigura o temperatură de minimum + 5°C;

— instalaţii de ventilaţie artificială, în special pentru evacuarea gazelor;

— instalaţii sanitare, WC-uri, duşuri, lavoare etc., numai la staţiile mari;

— instalaţii pentru epuizarea apei sau nămolului, necesare ori de cîte ori evacuarea din punctele joase ale staţiei nu poate fi făcută prin gravitaţie. Evacuarea (epuizarea) se poate face şi cu pompe de mînă sau electropompe;

— instalaţii de telecomunicaţii (telefon, radio etc.) pentru transmiterea urgentă de informaţii, dispoziţii etc. în caz de avarii.

19.7. INSTALAȚII DE COMANDĂ A POMPELOR

În prezent mai toate stațiile de pompare sînt automatizate, avînd însă prevăzută posibilitatea și a unor comenzi manuale.

Automatizarea stațiilor de pompare se face în funcție de variațiile nivelului apei din bazinul de recepție. Schimbările acestui nivel, rezultat al variațiilor de debit, sînt transmise unui dispozitiv care poate varia debitele pompate de stație. Transmiterea variațiilor de nivel se poate face prin intermediul unui plutitor cu contragreutate, pneumatic sau electric.

Exemplul de calcul 19.1. Să se dimensioneze stația de pompare pentru apele uzate epurate, avînd un debit zilnic maxim, $Q_{zi\ max} = 8\,600$ m³/zi (100 dm³/s); lungimea conductei de refulare, $L_r = 800$ m; lungimea conductei de aspirație, $l_{as} = 10$ m; înălțimea geodezică de refulare $H_g = 25{,}0$ m; înălțimea geodezică de aspirație, $H_{gas} = 5{,}0$ m; coeficienții de variație orară a debitului de apă uzată se iau conform STAS 1343-77.

Debitul de dimensionare pentru stația de pompare din avalul stației de epurare este $Q_{0\ max}$; ținînd seama însă de existența bazinului de recepție al stației de pompare, aceasta se dimensionează la $Q_{zi\ max}$.

Conducta de refulare se dimensionează acoperitor, pentru o viteză de circa 1,0 m/s. Rezultă din diagrama din anexa 1, pentru $Q = 100$ dm³/s și $V = 1{,}04$ m/s: $I = 0{,}004$ și $Dn = 350$ mm; pierderea de sarcină pe conducta de refulare, $h_r = 800 \times 0{,}04 = 3{,}2$ m.

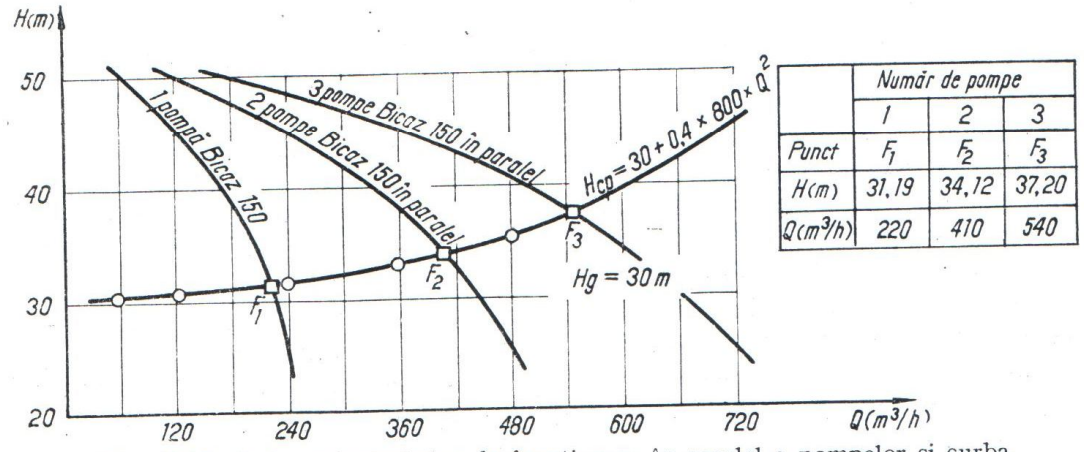
Conducta de aspirație se ia egală în diametru cu conducta de refulare, deci $h_{as} = 10 \times 0{,}004 = 0{,}04$ m.

Înălțimea totală de pompare $H = (25 + 3{,}2) + (5 + 0{,}04) + 0{,}05 \times (3{,}2 + 0{,}04) = 33{,}41$ m.

Pompele care acoperă cel mai bine variațiile de debit sînt pompele tip Bicaz — 150, după cum rezultă din figura 19.13. Pentru tipul de pompă ales s-au construit curbele caracteristice de funcționare pentru două și trei pompe (fig. 19.13), avînd la bază curba caracteristică pentru o pompă (fig. 19.8); curbele pentru două și trei pompe au fost construite prin stabilirea de puncte pentru debite duble și triple.

S-a stabilit apoi *curba caracteristică a conductei* de refulare cu ecuația (19-7), modulul de rezistență al conductei de refulare s_0 luîndu-se din tabela 19.2. Pentru construirea curbei caracteristice a conductei de refulare se consideră 3—5 debite, în intervalul de funcționare a pompelor; astfel pentru:

- 60 m³/h (0,0166 m³/s); $H = 30 + 0{,}4 \times 800 \times 0{,}0166^2 = 30{,}10$ m;
- 120 m³/h (0,0332 m³/s); $H = 30 + 0{,}4 \times 800 \times 0{,}0332^2 = 30{,}35$ m;
- 240 m³/h (0,0660 m³/s); $H = 30 + 0{,}4 \times 800 \times 0{,}0660^2 = 31{,}39$ m;
- 360 m³/h (0,100 m³/s); $H = 30 + 0{,}4 \times 800 \times 0{,}100^2 = 33{,}20$ m;
- 480 m³/h (0,132 m³/s); $H = 30 + 0{,}4 \times 800 \times 0{,}132^2 = 35{,}57$ m.



	Număr de pompe		
	1	2	3
Punct	F_1	F_2	F_3
H(m)	31,19	34,12	37,20
Q(m³/h)	220	410	540

Fig. 19.13. Curbe caracteristice de funcționare în paralel a pompelor și curba caracteristică a conductei de refulare.

La intersecția curbelor caracteristice de funcționare a pompelor cu curba caracteristică conductei de refulare, în punctele F_1, F_2, F_3 se obțin debitele din tabela anexă figurii 19.13

Pentru trasarea *curbei de variație orară a debitelor pompate* se trasează în prealabil curba de variație orară a debitelor de apă intrate în stație (v. fig. 19.2). În graficul din figură se trasează, în dimensiuni similare curbei de variație orară a debitelor intrate, curbele de pompare cu una, două, trei pompe, debitele fiind luate din tabela din figura 19.13. Ducînd paralele la aceste curbe, se trasează curba de variație orară a debitelor pompate, astfel încît aceasta să se situeze cît mai aproape de curba debitelor de ape uzate intrate în stație.

Volumul bazinului de recepție rezultă din înmulțirea diferenței maxime între ordonatele celor două curbe (6%, fig. 19.2) cu debitul zilnic maxim, adică $V_{0l} = 0{,}06 \times 8\,600 = 516\ m^3$.

Numărul agregatelor de pompare va fi de patru, din care unul de rezervă.

Capitolul 20

PROIECTAREA DE ANSAMBLU ȘI EXPLOATAREA STAȚIILOR DE EPURARE. COSTUL APEI EPURATE

Proiectarea stațiilor de epurare este precedată de o serie de studii și cercetări necesare atît stabilirii condițiilor generale ale proiectării, cît și a parametrilor de proiectare. Dintre studiile cele mai importante se menționează cele hidraulice, hidrochimice și tehnice.

Datele obținute pe teren sau în laborator sînt apoi prelucrate, interpretate etc.; dacă acestea nu sînt suficient de concludente, studiile și cercetările se continuă pe *modele fizice* (de laborator sau în stații pilot) sau pe *modele matematice*. Primele au drept scop modelarea procesului de epurare cu ajutorul unor instalații la scară redusă, în timp ce pe modelele matematice se studiază procesul cu ajutorul ecuațiilor matematice.

Pentru interpretarea judicioasă a datelor primare, din timpul studiilor și cercetărilor, și în scopul obținerii de informații suplimentare, în prezent a luat o mare dezvoltare aplicarea *metodelor statistice*.

20.1. PROIECTAREA DE ANSAMBLU A STAȚIEI DE EPURARE

Proiectarea stațiilor de epurare se realizează în principal în conformitate cu Decretul Consiliului de Stat nr. 420/1976 privind „elaborarea, avizarea și aprobarea documentelor tehnico-economice pentru investiții", precum și cu: Decretele nr. 70/1973, 452/1973 și 2/1976; Legilor nr. 72/1969, 8/1972, 8/1974 și 8/1977 și H.C.M. nr. 900/1970.

Realizarea stațiilor de epurare se face etapizat, ceea ce conduce de la început la elaborarea proiectului pe etape de dezvoltare, corelate cu cele de alimentare cu apă, și toate acestea cu planul de sistematizare al localității.

Proiectul unei stații de epurare trebuie să cuprindă piese scrise și desenate necesare investiției; documentația privind etapele de execuție și a perioadei pentru efectuarea probelor tehnologice; instrucțiunile de punere

în funcțiune; instrucțiunile de exploatare, reparații capitale și control; instrucțiunile de protecția muncii adaptate la specificul lucrării și ținînd seama de gradul de tehnicitate al lucrătorilor ce vor deservi stația de epurare etc.

În conformitate cu Decretul nr. 420/1976, realizarea obiectivelor de investiții se face pe baza următoarelor documente:

— *note de comandă*, care se elaborează de ministere, centrale, întreprinderi, comitete executive ale consiliilor populare etc. pe baza notelor de fundamentare tehnico-economice, studiilor de dezvoltare în perspectivă, studiu de amplasament etc.;

— *proiecte de execuție*, care se elaborează de unitățile de cercetare și inginerie tehnologică și de proiectare a lucrărilor de construcții și instalații în termenul și limitele stabilite în notele de comandă aprobate.

Proiectarea de detaliu a diferitelor obiecte din stația de epurare a fost arătată în capitolele anterioare; în cele ce urmează se vor face unele referiri privind numai aspectele de ansamblu al proiectării.

20.1.1. Amplasamentul stației de epurare

Amplasamentul stației de epurare trebuie să corespundă următoarelor cerințe și condiții:

— să asigure pe cît posibil curgerea apei prin gravitație în toate obiectele stației de epurare; pentru aceasta, în primul rînd, stația de epurare trebuie să fie amplasată în punctul cel mai de jos al centrului populat și în apropiere de emisar;

— să fie așezată la cel puțin 300 m de centrul populat și în afara direcției de bătaie a vînturilor dominante spre localitate; dacă stația de epurare este prevăzută cu cîmpuri de irigare și filtrare, distanța față de centrul populat va fi mai mare (peste 500 m), pentru a se evita transportul mirosului neplăcut ce se produce pe cîmpurile de irigare, spre oraș;

— să asigure un acces ușor, pe șosea sau pe calea ferată pentru transportul materialelor, utilajelor, personalului etc.;

— să fie ferit pe cît posibil de inundații; dacă lunca rîului (emisarului) este inundabilă, se vor construi diguri corespunzătoare în funcție de condițiile locale;

— să asigure condiții economice de fundare, evitîndu-se terenurile cu nivelul apei aproape de suprafața solului sau cele al căror sol poate conduce la fundații costisitoare;

— să se folosească terenurile nefertile, evitîndu-se scoaterea terenurilor din circuitul agricol, soluție care atrage după sine necesitatea amenajării de suprafețe agricole pentru introducerea lor în circuitul agricol, în schimbul celor dezafectate; documentația pentru scoaterea terenurilor din circuitul agricol se elaborează de către proiectant, executant și beneficiar, în conformitate cu Ordinul MAIA 560/1970 și cuprinde un memoriu justificativ și planuri generale de situație;

— mărimea amplasamentului — suprafața acestuia — va trebui să corespundă la un grad de ocupare a terenului de 80%; pe acesta nu se permit nici un fel de culturi. Suprafețele efectiv ocupate vor trebui să corespundă „Normativului pentru stabilirea suprafețelor de teren necesare amplasării

obiectivelor de investiții din ramura gospodăriei comunale"; terenurile care constituie zone de protecție sanitară sînt cultivate cu plante perene, păioase sau pomi fructiferi, ele nefiind scoase din circuitul agricol;

— să asigure un amplasament corespunzător gurii de descărcare a apelor epurate în emisar, respectiv să fie în afara zonelor ce pot fi degradate de apele emisarului, să permită un amestec cît mai bun între apele uzate și cele ale emisarului, să asigure condiții bune de fundare etc.

Alegerea definitivă a amplasamentului va rezulta în urma unui calcul tehnico-economic, în care se va ține seama de considerentele și recomandările făcute.

20.1.2. Capacitatea stației de epurare

Capacitatea stației de epurare — mărimea ei — depinde de dezvoltarea prezentă și de perspectivă a centrului populat, considerată pentru o perioadă de 25 ani. Numărul locuitorilor care stă la baza stabilirii debitelor de dimensionare a stației pentru perioada de perspectivă rezultă din schița de sistematizare a centrului populat; din aceasta rezultă de asemenea etapele de dezvoltare a centrului populat, precum și a industriei, respectiv cerințele de apă.

La stabilirea capacității stației de epurare proiectantul trebuie să aibă în vedere posibilitatea măririi în viitor a gradului de epurare cerut stației și deci suplimentarea volumului construcțiilor și instalațiilor, iar pe de altă parte probabilitatea realizării unora cu volume mai mici, ca urmare a sporirii eficienței celor vechi sau a unora de tip nou.

Debitele pentru care se stabilește capacitatea stației de epurare și a obiectelor acesteia au fost definite în capitolul 8. În orașele importante debitele de apă uzată industrială au o pondere mare și din punct de vedere calitativ. Epurarea în comun a apelor uzate industriale cu cele menajere este, în cele mai multe cazuri, avantajoasă.

La noi în țară capacitatea stației de epurare, pentru localități canalizate în sistem unitar, este de două ori mai mare decît cea pentru canalizările în sistem divizor, numai pentru treapta mecanică; în unele țări, capacitatea pentru întreaga stație este de două sau de trei ori mai mare.

De asemenea, la noi în țară, majoritatea construcțiilor și instalațiilor se dimensionează la $Q_{zi\,max}$; în unele țări însă dimensionarea se face la debitul mediu (S.U.A.), la debitul diurn orar (R.F.G.) etc.; din acest punct de vedere trebuie acordată o atenție deosebită atunci cînd se folosesc parametrii de proiectare luați din literatura străină.

20.1.3. Construcții și instalații anexe, aferente procesului tehnologic

Unele din construcțiile și instalațiile anexe descrise în continuare pot fi considerate drept construcții de bază ale stației de epurare, asemănătoare, spre exemplu, decantoarelor, filtrelor biologice etc., ele făcînd legătura între obiectele din stație (de exemplu, conductele, canalele, distribuitoarele), furnizînd aerul necesar bazinelor cu nămol activ (stația de suflante), energia

necesară etc., fără de care procesul de epurare nu poate fi realizat; altele mai puțin legate de procesul tehnologic și mai mult de exploatare, totuși suficient de importante în ansamblul stației de epurare (grupul de exploatare, drumuri, rețeaua de apă și canal etc.), vor fi descrise în continuare.

20.1.3.1. **Conductele, canalele și jgheaburile de legătură între diferite obiecte din stația de epurare.** Conductele se amplasează astfel încît canalul de aducțiune al apei în stație să nu fie pus sub presiune. În stație, diferitele obiecte sînt legate între ele prin canale dreptunghiulare deschise. Conductele și canalele vor lega pe drumul cel mai scurt construcțiile și trebuie astfel amplasate, încît să poată fi ușor exploatate. La canale și jgheaburi colțurile între radier și pereți se rotunjesc, pentru o curgere hidraulică cît mai eficientă; se vor evita curbele în loc, recomandîndu-se raze de curbură egale cu de 5 ori lățimea canalului. Pe conducte, din loc în loc, se montează piese de curățire, așezate în cămine.

Conductele, canalele și jgheaburile din stația de epurare se dimensionează pentru viteze mai mari ca 0,7 m/s, înainte de decantoare, și mai mari ca 0,5 m/s pentru apele epurate biologic; pantele vor fi corespunzătoare acestor viteze. Lățimea jgheaburilor este bine să nu coboare sub 0,6 m.

20.1.3.2. **Conductele de by-pass.** Apar necesare în următoarele secțiuni: la intrarea în stație; după grătare; după deznisipatoare; după decantoarele primare. În general se recomandă ca fiecare obiect din stația de epurare să fie dotat cu conducte de by-pass, în special cînd acestea nu au fost compartimentate și nu s-au executat obiecte de rezervă; în acest caz se recomandă construcția unei stații de clorare, care să funcționeze în perioadele cînd parte din apa uzată este trecută prin conductele de by-pass.

Conductele și canalele se dimensionează cu tabelele din anexele **1—6.**

20.1.3.3. **Conductele pentru nămol.** Aceste conducte trebuie să aibă un diametru suficient de mare, deoarece pierderile de sarcină sînt cu 50—100% mai mari în comparație cu cele care transportă ape uzate. Conductele sînt prevăzute în mod obligatoriu cu piese de curățire și cu ventuze pentru evacuarea gazului de nămol.

Viteza nămolului în conductele de nămol trebuie să fie de circa 1 m/s; viteze mai mari conduc la mărirea pierderii de sarcină, iar viteze mai mici la separarea nisipului și nămolului și înfundarea conductei. În bazinele de fermentare a nămolului și chiar în decantoarele cu etaj, la capătul de jos al conductei de evacuare debușează o conductă prin care se aduce apa sub presiune sau aer pentru îndepărtarea nămolului, care eventual a blocat capătul inferior al conductei de nămol. Diametrele conductelor care evacuează nămolul din bazinele de fermentare trebuie să fie mai mare ca 200 mm, cînd acesta se evacuează prin gravitație, și mai mare ca 150 mm, cînd se evacuează prin pompare. La evacuarea prin gravitație panta minimă este de 3%. Supernatantul se evacuează prin conducte mai mari ca 150 mm diametru. Conductele care colectează probe de nămol au un diametru minim de 40 mm. Viteza nămolului în jgheaburi nu trebuie să coboare sub 1 m/s.

Dimensionarea conductelor de nămol se poate face cu diagramele d anexele 1—6, pierderea de sarcină dublîndu-se; pentru o dimensionare m exactă se folosesc diagramele din figura 20.1 [8].

Conductele pentru ape uzate și nămol se execută de obicei din fontă mai rar din azbociment, oțel izolat la interior și exterior etc.; canalele execută din beton sau beton armat prefabricat.

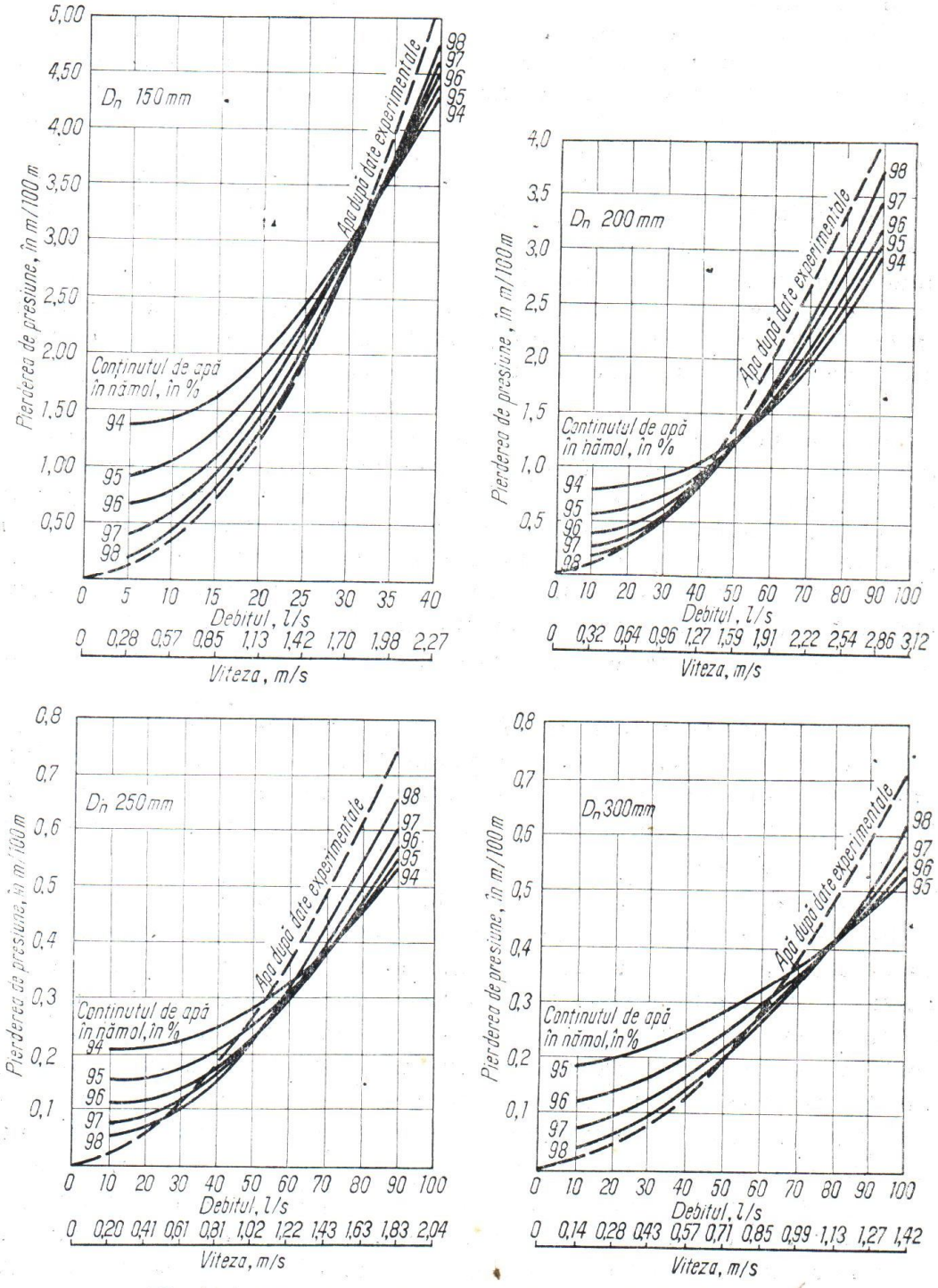


Fig. 20.1. Diagrame pentru calculul conductelor de nămol.

La fel ca și în industrie, conductele neîngropate din stația de epurare se vopsesc în diferite culori, pentru a se putea deosebi mai repede fluidul care circulă prin ele; pînă în prezent nu s-a stabilit un cod valabil pentru stațiile de epurare.

20.1.3.4. **Camerele de repartiție.** Acestea asigură distribuția automată și uniformă a unor cantități egale de ape uzate și nămoluri la construcții sau compartimente similare. Repartizarea apelor uzate în stațiile de epurare mici se face prin stăvilare, așezate în punctele de ramificație; pentru stații mai mari de epurare, repartiția se face prin intermediul unui distribuitor (cameră cu confuzor, fig. 20.2).

Confuzoarele sînt uneori dotate cu praguri deversoare reglabile, neînecate. Pentru reglarea debitului, pe conductele sau canalele care pătrund în distribuitor se pot prevedea vane sau stăvilare. Dacă există pericolul înfundării sifonului care pătrunde în distribuitor, se prevede posibilitatea introducerii de aer comprimat la partea cea mai de jos a acestuia.

20.1.3.5. **Stăvilarele și vanele.** Acestea creează posibilitatea scoaterii din funcțiune a unor construcții pentru curățire sau revizie, pentru reglarea procesului tehnologic, pentru by-pass etc.

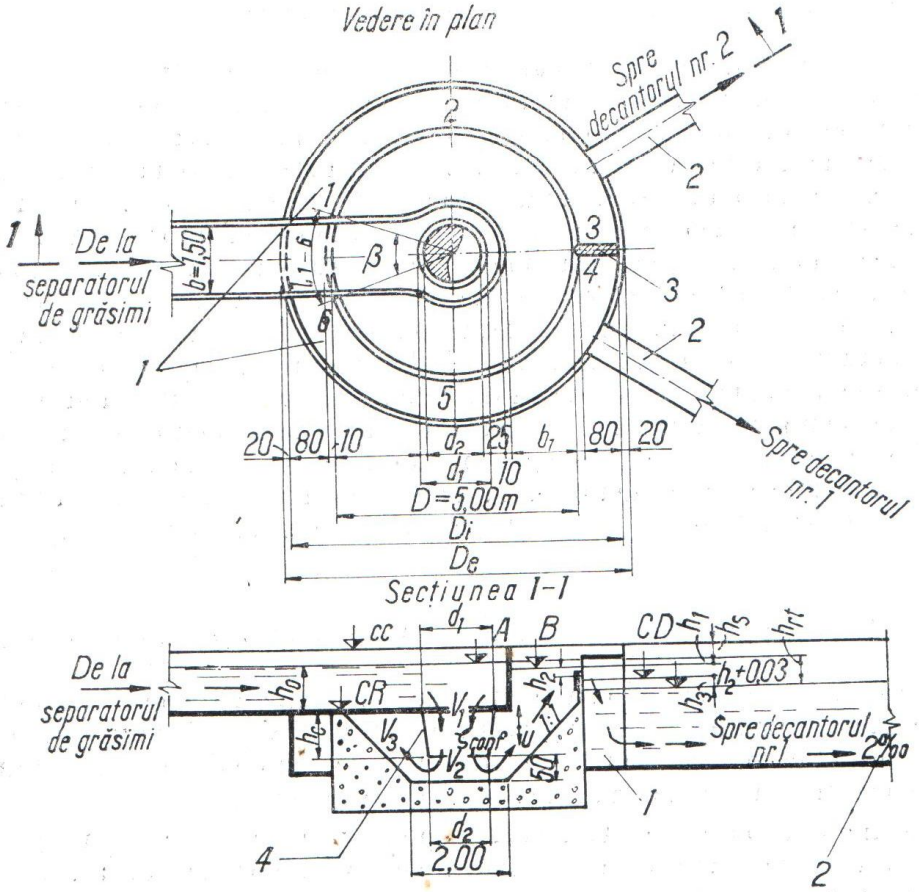


Fig. 20.2. Distribuitor de ape uzate (cameră cu confuzor):
1 — jgheab colector; *2* — canal deschis din beton armat; *3* — perete despărțitor; *4* — confuzor metalic.

20.1.3.6. **Aparatele de măsură și control ale funcționării stației de epurare.** Aceste aparate, instalate în diferite puncte ale circuitului tehnologic, au ca scop măsurarea debitelor de apă sau aer, a presiunii, temperaturii, vitezei apei în conducte și canale, pierderilor de sarcină, nivelurilor de apă etc.

Determinarea debitelor de apă în stațiile de epurare se face în mod obișnuit cu canalele strangulate tip Venturi sau Parshall, care pot fi dotate cu aparate de înregistrare continuă a debitelor, acționate de flotoare sau alte dispozitive, amplasate într-un cămin lateral canalului. Debitmetrul principal al stației se instalează după deznisipator. Pentru a măsura debitele de apă uzată în diferite puncte ale stației de epurare, se pot folosi și deversoare triunghiulare neînecate, cu pereți subțiri. Măsurarea debitelor pe conducte se face cu tuburi Venturi, care pot fi folosite atît pentru apă uzată în diferite stadii de epurare, cît și pentru aer, nămol etc.

Debitele de gaz se măsoară cu contoare uscate. Presiunile se măsoară cu manometre. Temperaturile se recomandă a fi măsurate și înregistrate cu termometre înregistratoare.

Nivelurile de lichid se măsoară prin citiri directe sau cu dispozitive care funcționează sub presiune. Măsurarea vitezei apei în stația de epurare își găsește obiect mai rar, de exemplu, în unele canale sau în bazinele cu nămol activ, cînd sînt folosite micromoriște.

În stația de epurare se mai măsoară *p*H-ul, potențialul de oxidoreducere, clorul rezidual etc., de la caz la caz, în diferite obiecte.

20.1.3.7. **Instalațiile de mecanizare și automatizare.** În ultimul timp, în stațiile noi automatizîndu-se numeroase operații, a fost posibilă reducerea numărului personalului de exploatare; pe de altă parte însă, calificarea personalului devine din ce în ce mai ridicată, ca urmare a automatizării utilajelor din stație. Se automatizează numai operațiile care se repetă de un număr mare de ori pe zi, deoarece în mod contrar adoptarea unor asemenea soluții devine neeconomică. Cîteva din operațiile de automatizare mai importante sînt: pornirea și oprirea agregatelor de curățire mecanică a grătarelor și semnalizarea unor valori maxime la deznisipatoare și decantoare, semnalizarea opririi podului raclor în caz de avarie, realizarea mișcărilor de oprire și intrare în funcțiune a podului raclor, de întoarcerea lui la capătul amonte etc.; la stațiile de pompare intrarea și ieșirea din funcțiune a pompelor în raport cu variațiile de debit; la filtrele biologice mișcarea de du-te-vino a distribuitoarelor mobile; la bazinele de fermentarea nămolului pornirea și ieșirea din funcțiune a dispozitivelor de amestec, recirculare, încălzire a nămolului etc.

20.1.4. Construcții și instalații anexe aferente exploatării

Grupul de exploatare cuprinde în principal camera dispecer, laboratorul, sala de mese și grupul sanitar (vestiare, dușuri, WC). Studiul elaborat de ISLGC propune patru tipuri de grupuri de exploatare (v. Normativul P 28 — 64) în funcție de mărimea stației de epurare.

În camera dispecer se instalează dispozitivele de citire și înregistrare a datelor din stație, care primesc rezultatele aparatelor de măsură și control instalate în diferite puncte, panourile cu indicarea circuitelor de apă, nămol, gaz etc., aparatura de comandă etc.

Mobilierul și aparatura necesară laboratorului depind de mărimea stației de epurare și de necesitățile acesteia; dacă debitele apelor uzate industriale sînt mari, aparatura trebuie să corespundă și efectuării unor determinări speciale caracteristice acestor ape. Normativul P 28 — 64 furnizează o serie de liste cu caracter informativ, cuprinzînd aparatele și mobilierul de laborator necesare dotării laboratoarelor stațiilor de epurare.

În cadrul grupului de exploatare mai trebuie menționate magaziile de materiale, garajele și, la stațiile de epurare mai mari, clubul și biblioteca.

Rețeaua de alimentare cu apă potabilă asigură următoarele folosințe: sanitare (apă de băut, spălat etc.), de spălare (bazine, instalații), de răcire (suflante, pulverizare în incineratoare), de funcționare a unor echipamente (vane hidraulice, stăvilare, boilere, cloratoare etc.), ale proceselor de epurare (elutrierea nămolului, diluție, distrugerea spumei etc.), spălării vehiculelor, incendiu etc.

La stațiile de epurare mai mici, parte din folosințele de mai sus sînt satisfăcute de efluentul stației de epurare, în acest caz construindu-se o rețea separată. O deosebită atenție trebuie dată evitării unor legături între cele două rețele sau legării unor folosințe cu caracter potabil la rețeaua care transportă efluentul stației.

Rețeaua de canalizare colectează apele uzate rezultate de la diferite folosințe și le evacuează în amonte de grătarele stației de epurare; apele meteorice pot fi admise direct în treapta de epurare biologică.

Rețelele de alimentare cu energie electrică, gaze, apă caldă, abur etc. asigură atît necesitățile tehnologice ale stației de epurare, cît și pe cele ale exploatării generale.

Echipamentele ca: macarale fixe și mobile, indispensabile stației de epurare, asigură manipularea pieselor, agregatelor ș.a. în condițiile cerute de protecția muncii; numărul și capacitatea acestora trebuie justificate în conformitate cu dispozițiile în vigoare. Stațiile mari trebuie dotate cu camioane, dumpere, basculante, electrocare etc., pentru transportul utilajelor, altor piese grele ș.a.

În aceeași ordine de idei, cloratoarele fixe și chiar mobile trebuie să asigure păstrarea unor condiții sanitare corespunzătoare în stație, acestea referindu-se îndeosebi la împiedicarea formării gazelor ce produc miros neplăcut în stația de epurare.

Amenajarea terenului din stația de epurare, constînd din construcția de drumuri și alei, terase, taluzuri sau din realizarea de plantații de pomi împrejurul stației, plante agățătoare pe taluzuri (iederă, laba ursului, caprifoi etc.), flori, înierbări etc., trebuie de asemenea să constituie o preocupare a proiectării și apoi a exploatării. Arborii care adăpostesc păsări sînt preferați, deoarece acestea distrug insectele care se dezvoltă în stația de epurare.

Împrejmuirea *stației de epurare* cu un gard de prefabricate se poate considera ca obligatorie, atît pentru protecția ei, cît și pentru a oamenilor și animalelor care ar pătrunde în stație.

Încadrarea în ansamblul arhitectonic al zonei în care este plasată stația de epurare trebuie să fie, de asemenea, urmărită la proiectare. Arhitectura construcțiilor, fațadelor, materialele etc. se va încadra în ansamblul arhitectonic al centrului populat.

20.1.5. Planul de ansamblu al stației de epurare

Înainte de a trece la analizarea condițiilor de amplasare, alegere și execuție a construcțiilor și instalațiilor propriu-zise, este necesar a aborda o serie de aspecte cu caracter general. Astfel, una din problemele importante, pe care trebuie să o rezolve proiectantul, în primul rînd, este *așezarea în plan și pe verticală a construcțiilor și instalațiilor* din stația de epurare; aranjarea cea mai logică în plan este aceea care urmărește procesul tehnologic; așezarea pe verticală, la fel de importantă, este condiționată de relief, natura terenului de fundație, topografie etc. Relieful terenului trebuie, pe cît posibil, astfel ales încît să se asigure în stație curgerea apei prin gravitație.

Din motive de exploatare — protecția contra răcirii apelor uzate — bazinele sînt astfel așezate încît nivelul apei să corespundă cu nivelul terenului; numai unele bazine cu înălțimi mari (de exemplu bazinele pentru fermentarea nămolului) au parte din ele deasupra terenului.

Condițiile locale de fundare și topografie au o pondere importantă în alegerea tipului de construcție. Astfel, filtrele biologice cu șprinclere necesită diferențe de nivel între intrarea și ieșirea apei, mai mari decît cele cu distribuitoare rotative (la ambele, diferențele de nivel variază între 3,0 și 7,0 m), în timp ce pentru bazinele cu nămol activ trebuie să se asigure diferențe de nivel sub 2,0 m, deci avantajoase din acest punct de vedere. Pe de altă parte însă, în timp ce filtrele biologice pot fi construite pe orice fel de teren, bazinele cu nămol activ, datorită adîncimii mai mari de fundare (4—6 m), sînt mai pretențioase din acest punct de vedere.

Alegerea între bazinele plate și cele adînci (de obicei executate în cheson) trebuie de asemenea bine analizată. De multe ori bazinele mai adînci pot fi mai avantajoase dacă se ține seama că în lunca rîurilor, unde se construiește de obicei stația de epurare, nivelul apelor subterane este ridicat și subpresiunea este mai mare la bazinele plate; în aceste condiții construcția de radiere groase și epuismentele necesare pot conduce atît de mult la mărirea costului investiției pentru bazinele plate, încît bazinele adînci să apară mai avantajoase.

Forma avantajoasă în plan a bazinelor îngropate este fără îndoială cea circulară, din toate punctele de vedere (execuție, exploatare etc.), în afara cazurilor cînd procesul tehnologic impune adoptarea de forme pătrate sau dreptunghiulare (de exemplu la bazinele cu nămol activ).

Compartimentarea construcțiilor atît pentru a evita oprirea funcționării întregii stații de epurare în caz de avarie, cît și pentru o ușoară dezvoltare pe etape și exploatare a stației de epurare, trebuie avută în vedere, în permanență, la proiectare.

Materialul de construcție al obiectelor din stație (bazine, în general) este betonul armat sub diferite forme (turnat pe loc, prefabricat, precomprimat etc.). Oțelul este folosit pentru părțile metalice (stăvilare, poduri racloare, scări). Uneori, obiectele din stația de epurare, sau chiar ea însăși în întregime, este construită dintr-o serie de bazine în pămînt, folosind numai în anumite puncte betonul, oțelul etc.; aceste construcții simple realizează în general grade ridicate de epurare, însă necesită suprafețe mari pentru amplasarea lor. Alegerea materialului de construcție, în cadrul planului de ansamblu al stației de epurare, este deci, un factor destul de important.

La elaborarea planului de ansamblu trebuie să se țină seama și de *pierderile de sarcină* prin obiectele stației de epurare, care în mod acoperitor sînt următoarele:

— în grătare	5—20 cm
— în deznisipatoare	10—20 cm
— în separatoare de grăsimi	10—25 cm
— în decantoare orizontale	20—40 cm
— în decantoare radiale	50—60 cm
— în filtrele biologice de mică încărcare cu rezervor de dozare	550—700 cm
— în filtrele biologice de mare încărcare cu o sigură treaptă	300—450 cm
— în bazinele cu nămol activ	100—180 cm

În figura 20.3 se arată planul de situație și profilul tehnologic al apei și nămolului ale unei stații de epurare; acestea constituie piesele de bază — de ansamblu — ale proiectului unei stații de epurare,

20.2. EXPLOATAREA STAȚIEI DE EPURARE

Exploatarea stațiilor de epurare constă în principal în: funcționarea continuă, efectivă și eficientă a stației; păstrarea în bună ordine a înregistrărilor caracteristice ale stației, furnizarea de date necesare la planificarea, bugetul și administrația stației; menținerea unor condiții corespunzătoare din punctul de vedere al protecției mediului în stație și în zona învecinată. În scopul unei exploatări corespunzătoare, este necesară nu numai o colaborare în cadrul stației, dar și o cooperare eficientă cu o serie de unități legate direct de buna funcționare a acesteia, ca de exemplu, cu cea furnizoare de energie, apă, transport etc.

Unele aspecte specifice exploatării obiectelor din stația de epurare au fost descrise o dată cu prezentarea părților constructive ale diferitelor construcții și instalații. În cele ce urmează se vor analiza cîteva aspecte de ansamblu, legate de exploatarea stațiilor de epurare.

20.2.1. Organizarea exploatării și întreținerii

20.2.1.1. **Recepția lucrărilor.** Exploatarea stațiilor de epurare pentru apele uzate este precedată de recepția lucrărilor care, în conformitate cu Legea 8/1977 se desfășoară în două etape:

— *recepția preliminară* se face după terminarea integrală a lucrărilor. De la data recepției preliminare decurge termenul de garanție — 1 an, pentru lucrările din acest domeniu;

— *recepția finală*, la expirarea perioadei de garanție.

Se recomandă ca personalul de exploatare să ia parte la toate fazele recepției, pentru o cît mai bună cunoaștere a stației.

Comisia de recepție este alcătuită dintr-un președinte și din membri, dintre care se menționează reprezentanții beneficiarului, constructorului, forului tutelar, băncii de investiții, protecția muncii etc.; pentru lucrările mai importante comisia este numită prin H.C.M.

În cadrul *recepției preliminare* la lucrările de construcții-montaj se verifică în special respectarea cotelor din proiect, calitatea betoanelor, etanșeitatea bazinelor și canalelor în care urmează a circula sau a fi înmagazinată apa uzată, respectarea indicațiilor speciale date în notele de pe planșele proiectului sau date în scris de proiectant în timpul execuției etc.

Verificarea instalațiilor și agregatelor mecanice din punctul de vedere al montajului se face în conformitate cu prevederile cuprinse în caietele de sarcini date în proiectele instalațiilor și agregatelor respective și cu prescripțiile de montaj date de uzina furnizoare. De asemenea, se vor verifica certificatele de calitate ale utilajelor emise de serviciul C.T.C. al uzinei furnizoare.

În detaliu, se va urmări:

— verificarea instalațiilor hidraulice, din punctul de vedere al montajului prin: măsurarea excentricității axelor de cuplaj; verificarea cotelor de montaj al agregatelor față de reperul de referință și cotele de proiect; verificarea instalării corecte a armăturilor; verificarea funcționării armăturilor; verificarea montării corecte a conductelor (cote, poziția în plan, înclinări, diametre, îmbinări sudate, îmbinări cu mufe, manșoane de trecere prin pereți etc.);

— verificarea instalațiilor electrice, în conformitate cu normativele, prescripțiile și instrucțiunile privind: instalațiile electrice cu tensiune pînă la 1 000 V; cu tensiune peste 1 000 V; instalațiile de legare la pămînt; aparatele electrice de măsură; aparatele de protecție contra supratensiunilor; instalațiile de protecție prin relee; circuitele de măsură; instalațiile de acumulatoare; mașinile și echipamentele electrice;

— verificarea instalațiilor AM€ și de automatizare constînd din: controlul respectării proiectului din punctul de vedere al execuției; controlul calitativ al execuției prin: verificarea calității cablajelor, legăturilor și finisajelor; probe individuale la aparate și echipamente; verificarea funcționării tuturor comenzilor prin lansarea unor comenzi de probă; verificarea funcționării semnalizărilor de funcționare, poziții etc.

Probele tehnologice constau din încercarea comportării tuturor construcțiilor și instalațiilor la funcționarea stației cu apă curată.

În detaliu se va urmări:

— verificarea lucrărilor de construcții constînd din: cercetarea etanșeității construcțiilor la umplerea lor cu apă pînă la cotele din proiect; analiza profilului tehnologic al stației (cotele oglinzii apei, vitezele de scurgere și pierderile de sarcină în diferitele compartimente) la debitele prevăzute în proiect, remediindu-se pe loc eventualele neconcordanțe;

— verificarea instalațiilor hidraulice și agregatelor mecanice de distribuție a apei, care se va face numai după încercarea hidraulică la presiune a conductelor și armăturilor, și după efectuarea probei de pompare la debitul maxim prevăzut în proiect;

— verificarea echipamentului hidromecanic și al instalațiilor care va cuprinde următoarele probe și verificări: verificarea parametrilor înscriși pe placheta electromotoarelor, precum și a parametrilor înscriși pe placheta pompelor, care trebuie să corespundă cu cei din proiect; probe de presiune hidrostatică a instalației tehnologice din stația de epurare, conform

STAS 4163-70 „Alimentarea cu apă potabilă a centrelor populate și industriale; rețele exterioare de distribuție, prescripții de proiectare și execuție", și STAS 3051-68 „Canalizarea centrelor populate și a industriilor; rețele exterioare de canalizare; prescripții de proiectare și execuție a canalelor";

— verificarea agregatelor de pompare, pornind pompele și urmărind pentru fiecare pompă indicațiile manometrului de pe ștuțul de refulare, ale debitmetrelor de pe canalele de măsurare, ale debitelor refulate și ale ampermetrului, stabilindu-se dacă parametrii respectivi corespund cu cei din proiect;

— la instalațiile fixe de distribuție a apei la suprafața filtrelor biologice se verifică etanșeitatea conductelor principale și secundare de distribuție; presiunea de refulare în conducte și a debitului de apă refulat în fiecare obiect; trepidațiile în conducte; reglarea distribuției uniforme a apei din toată instalația;

— la instalațiile mobile de distribuție a apei de tipul jgheaburilor basculante se verifică: debitul distribuit care trebuie să fie egal cu cel din proiect; pierderea de sarcină în distribuitor, care nu trebuie să depășească pe cea prevăzută în proiect; distribuția uniformă și pulverizarea corectă a apei prin toate duzele distribuitorului (suprafețele udate de duze trebuie să fie adiacente); etanșeitatea garniturilor la axul de rotire al sistemului de distribuție; turația distribuitorului, care trebuie să fie egală cu cea din proiect;

— la filtrele biologice alimentate prin rezervoare de dozare cu sifon se verifică timpii de umplere, amorsarea automată și timpii de golire care trebuie să corespundă cu cei prevăzuți în proiect;

— la aerofiltre se verifică debitul de aer distribuit și presiunea acestuia, care trebuie să corespundă cu cele din proiect; de asemenea se verifică etanșeitatea închiderilor hidraulice la presiunea respectivă a aerului insuflat;

— calitatea instalațiilor hidraulice de distribuție și evacuare a apei uzate din bazinele de nămol activ se apreciază prin verificarea: etanșeității instalațiilor la presiunile prevăzute de STAS 4163-70; debitelor distribuite și a pierderilor de sarcină, care trebuie să corespundă cu cele din proiect; funcționării normale a armăturilor; execuției corecte a circuitelor de apă prevăzute în proiect;

— la instalațiile de aerare a apei la bazinele cu nămol activ, dotate cu aerare pneumatică, se verifică: presiunea și debitul de aer distribuit cu ajutorul dispozitivelor instalate în acest scop, care trebuie să corespundă cu cele prevăzute în proiect; distribuția uniformă a aerului prin toate difuzoarele sistemului de distribuție și etanșeitatea conductelor și armăturilor sistemului de distribuție a aerului, presiunea prevăzută în proiect, funcționarea automată a supapelor de siguranță prin suprapresiuni la rezervoarele de aer sub presiune;

— la instalațiile de aerare mecanică a apei din bazinele cu nămol activ se verifică: etanșeitatea lagărelor și presetupelor la trecerile prin pereți; antrenarea și rotirea în sensul prevăzut în proiect; turația cilindrilor și roților, care trebuie să corespundă cu cele din proiect; înlăturarea zgomotelor și trepidațiilor pieselor în mișcare; ungerea corectă a legăturilor și angrenajelor; puterea necesară și consumul efectiv de energie, care nu trebuie să depășească pe cele prevăzute în proiect; reglarea adîncimii de scufundare în apă a cilindrilor cu perii sau lame metalice și a aeratoarelor mecanice cu rotor, pentru a corespunde cu cele din proiect;

— verificarea tehnologică a instalațiilor electrice se face în conformitate cu normativele, prescripțiile și instrucțiunile în vigoare în acest domeniu.

După efectuarea probelor tehnologice, stația de epurare se umple cu apă curată și se dă în funcțiune pentru proba generală de funcționare la parametrii din proiect, probă în timpul căreia nu trebuie să se producă nici o defecțiune a instalației.

Se verifică apoi, de asemenea, funcționarea: circuitelor de măsură, control și automatizare a diverșilor parametri, prin compararea valorilor indicate de instalația în curs de recepție, față de valorile indicate de un aparat etalon; instalațiilor de reglare prin varierea parametrului de reglat și observarea felului cum reacționează instalația.

Punerea în funcțiune normală se efectuează după terminarea probelor tehnologice, și are ca scop final să prezinte comisiei de recepție modul de comportare a stației la funcționarea cu apă uzată. În general, se fac o serie de verificări asemănătoare celor de la probele tehnologice, de data aceasta însă, instalațiile și construcțiile sînt traversate de apă uzată; se urmăresc, îndeosebi, acele părți, utilaje etc., care ar putea fi afectate de nocivitățile din apele uzate. Prin analize de laborator se stabilește și eficiența de epurare a unor obiecte din stație.

În cadrul *recepției finale*, care are loc după 12 luni de la recepția definitivă — respectiv după atingerea parametrilor proiectați — se analizează: comportarea instalațiilor hidraulice la gradul de uzură suferit, care nu trebuie să depășească pe cel admis la proiectare; comportarea construcțiilor în perioada de funcționare de probă; coroziunile produse la instalațiile mecanice în contact cu apa uzată și prescrierea eventuală a măsurilor suplimentare de protecție necesară; defecțiunile, frecvența și amploarea reparațiilor necesare la elementele de construcții, instalații hidraulice și mecanice, instalații electrice AMC și de automatizare, care nu trebuie să depășească reparațiile normale planificate.

Verificarea în ansamblu constă din analiza caracteristicilor stației în cele 12 luni de funcționare, privind: analiza statistică a influenței apelor uzate epurate asupra calității apei emisarului, în conformitate cu STAS 4706-74; randamentul general de epurare realizat la indicatorii caracteristici, pe ansamblul stației și pe fiecare obiect în parte, pe sezoane caracteristice; starea sanitară epidemiologică a personalului de exploatare și eventualele măsuri suplimentare de protecție sanitară și de securitate a muncii; consumul specific de energie pe 1 m^3 apă uzată epurată; consumul specific de combustibil și lubrifianți; consumul specific de forță de muncă pentru exploatare; costul /m^3 apă epurată, în care se includ costurile de exploatare, întreținere și amortismente; perturbații apărute în exploatare, frecvența lor, cauze și mod de remediere; comportarea stației pe timp friguros și măsurile de protecție suplimentare, eventual necesare față de proiect.

Remedierea defectelor de calitate apărute în perioada de garanție se efectuează de către organizația de construcții-montaj care a executat obiectul recepționat.

Cu ocazia recepției finale se vor stabili și eventuale măsuri și lucrări suplimentare necesare de efectuat față de proiect, pentru asigurarea protecției apelor emisarului, corespunzătoare folosințelor din aval, în conformitate cu STAS 4706-74.

În aceeași ordine de idei, cu ocazia recepției finale se definitivează și regulamentul de exploatare a stației, care se supune spre aprobare forurilor în drept.

La fiecare etapă a recepției constructorul și beneficiarul trebuie să prezinte comisiei și situația realizărilor din punct de vedere financiar a investiției.

Fiecare etapă a recepției se încheie cu un proces-verbal de recepție.

20.2.1.2. **Evidențe și rapoarte.** Evidențele și rapoartele periodice sînt necesare celor care exploatează stația, proiectanților, unităților însărcinate cu gospodărirea apelor etc.

Conducătorul stației de epurare, care dispune de un număr mare de înregistrări, poate să aprecieze mai bine mersul stației și în același timp să regleze unele procese care nu se desfășoară în condiții corespunzătoare. Ele pot servi drept criteriu de comparație pentru cazul cînd apele uzate puternic impurificate (de exemplu de la o fabrică nouă) pătrund în stația de epurare, fără să fie anunțate.

Aceste înregistrări sînt de o deosebită importanță și pentru organele care se ocupă de gospodărirea apelor, acestea putînd determina gradul de poluare pe emisar în mod cît mai just, în același timp putînd face și aprecieri asupra posibilităților de a primi și alte surse de impurificare.

Evidențele privind elementele componente ale stației cuprind: proiectul stației, cu note de calcul, memoriu și piesele desenate; planurile de execuție cu modificările din timpul execuției; instrucțiunile de funcționare a utilajelor; costurile fiecărei unități principale și a utilajului; planurile de detaliu ale tuturor categoriilor de utilaje inclusiv ale instalațiilor electrice; profile hidraulice ale apei și nămolului.

Evidențele privind exploatarea trebuie să cuprindă suficiente date pentru a putea servi în principal la reglarea instalațiilor de epurare.

În ceea ce privește înregistrările zilnice, acestea se înscriu într-o serie de registre privind [19]:

— *datele generale* (tab. 20.1); *epurarea mecanică* (tab. 20.2); *filtrele biologice* (tab. 20.3); *bazinele cu nămol activ* (tab. 20.4); *cîmpurile de irigare și filtrare* (tab. 20.5); *bazinele de fermentare a nămolului* (tab. 20.6); *instalații pentru deshidratarea nămolului* (tab. 20.7); *instalațiile din stație* (tab. 20.8); *predarea-primirea stației între schimburi* (tab. 20.9); *fișele tip privind instalațiile din stație* (tab. 20.10).

La stațiile de epurare ale centrelor populate, care primesc prin rețeaua de canalizare și ape uzate industriale se determină suplimentar și o serie de substanțe toxice specifice întreprinderilor respective, frecvența stabilindu-se de la caz la caz.

Rapoartele lunare au drept scop să evidențieze mediile privind unele determinări principale, să facă unele constatări referitoare la performanțele stației, deranjamentele mai importante, respectiv remedierile efectuate, precum și aprecieri asupra funcționării, exploatării și întreținerii pentru viitor.

Mediile rezultate trebuie comparate și cu mediile din alte luni, și cu mediile generale date în capitolul „Caracteristicile apelor uzate".

20.2.1.3. **Personalul de exploatare.** Schema personalului de exploatare este de obicei întocmită de proiectant, în conformitate cu importanța și mărimea stației, cu gradul de automatizare etc.

TABELA 20.1

Registru de funcționare a stației de epurare. Date generale

Data	Starea timpului				Influent			Nisip (m^3/zi)	Coli/l	Consumul de energie (kW/h)	Diverse	Obs.
	Precipitații (mm)	Temperatura aerului		Timpul	Temperatura (°C)	Debitul (m^3/zi)	pH					
		Max.	Min.									
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13

TABELA 20.2

Registru de funcționare a stației de epurare. Date privind epurarea mecanică

Data	CBO_5			Substanțe solide în suspensie			Substanțe solide în suspensie organice (volatile)			Obs.
	Influent (mgf/dm^3)	Efluent (mgf/dm^3)	Reducere (%)	Influent (mgf/dm^3)	Efluent (mgf/dm^3)	Reducere (%)	Influent (mgf/dm^3)	Efluent (mgf/dm^3)	Reducere (%)	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11

TABELA 20.3

Registru de funcționare a stației de epurare
Date privind filtrele biologice (inclusiv decantorul secundar)

Data	Debitul (m^3/zi)	CBO_5			Substanțe solide în suspensie			Substanțe solide în suspensie organice (volatile)			Obs.
		Intrarea în filtrul biologic (mgf/dm^3)	Ieșirea din decantorul secundar (mgf/dm^3)	Reducere (%)	Intrare în filtrul biologic (mgf/dm^3)	Ieșire din decantorul secundar (mgf/dm^3)	Reducere (%)	Intrare în filtrul biologic (mgf/dm^3)	Ieșire din decantorul secundar (mgf/dm^3)	Reducere (%)	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12

TABELA 20.4

Registru de funcționare a stației de epurare
Date privind bazinul cu nămol activ (inclusiv decantorul secundar)

Data	Debitul de apă (m^3/zi)	Debitul de aer (m^3/zi)	Nămol recirculat (m^3/zi)	Nămol în exces (m^3/zi)	CBO_5			Oxigen dizolvat				Substanțe solide în suspensie			Subst. sol. în susp. organice (volatile)			Bazin de aerare			Obs.
					Influent (mgf/dm^3)	Efluent, decantor secundar (mgf/dm^3)	Reducere (%)	Influent (mgf/dm^3)	Efluent, decantor secundar (mgf/dm^3)	Nămol recirculat (mgf/dm^3)	Bazine cu nămol activ (mgf/dm^3)	Influent (mgf/dm^3)	Efluent, decantor secundar (mgf/dm^3)	Reducere (%)	Influent (mgf/dm^3)	Efluent (mgf/dm^3)	Reducere (%)	Substanțe solide în suspensie, uscate (mgf/dm^3)	Idem, sedimentate în 30′ (ml/dm^3)	Index nămol (mgf/dm^3)	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22

TABELA 20.5

Registru de funcționare a stației de epurare
Date privind cîmpurile de irigare și filtrare

Data	Debitul	CBO_5			Substanțe solide în suspensie			Efluent			Norma de irigare (m^3/ha zi)	Norma de udare (m^3/ha)	Obs.
		Influent (mgf/dm^3)	Efluent (mgf/dm^3)	Reducere (%)	Influent (mgf/dm^3)	Efluent (mgf/dm^3)	Reducere (%)	Azotiți N_2O_3 (mgf/dm^3)	Azotați N_2O_5 (mgf/dm^3)	Oxigen O_2 (mgf/dm^3)			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14

TABELA 20.6

Registru de funcționare a stației de epurare
Date privind bazinele de fermentare a nămolului

Data	Nămol brut				Nămol în curs de fermentare							Nămol fermentat				Apă de nămol					Obs.
	Debitul (m^3/zi)	Subs. solide totale (mgf/dm^3)	Idem, volatile (mgf/dm^3)	pH	Temperatura (°C)	pH	Subs. solide totale (mgf/dm^3)	Idem, volatile (mgf/dm^3)	Acizi volatili (mgf/dm^3)	Alcalinitate	Producția de gaz (m^3/zi)	Subs. solide totale (mgf/dm^3)	Idem volatile (mgf/dm^3)	pH	Debitul (m^3/zi)	Debitul (m^3/zi)	CBO_5 (mgf/dm^3)	pH	Acizi volatili (mgf/dm^3)	Subst. solide în suspensie (mgf/dm^3)	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22

TABELA 20.7

Registru de funcționare a stației de epurare
Date privind instalațiile pentru deshidratarea nămolului

Data	Nămolul fermentat				Substanțe chimice				Nămolul deshidratat			
	Debitul (m^3/zi)	Subst. solide totale (mgf/dm^3)	Subst. solide totale, volatile (mgf/dm^5)	*p*H	Tip de coagulant	Dozaj optim	Rezistența specifică	Alcalinitate	Timp de deshidratare	Umiditatea (%)	Subst. solide totale, organice (%)	Idem, minerale (%)
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13

TABELA 20.8

Registrul de funcționare a stației de epurare
Date privind instalațiile din stație

Data	Schimbul	Agregatul	Debit de apă, aer, nămol (m^3/min)	Presiunea (m col. H_2O)	Turația (rot/min)	Consum de energie (kWh)	Obs.
1	2	3	4	5	6	7	8

TABELA 20.9

Registru de funcționare a stației de epurare
Registru de predare-primire a stației, între schimburi

Data	Schimbul	Obiectul	Agregatul	Defecțiunea	Semnătura		Obs.
					Predat	Primit	
1	2	3	4	5	6	7	8

TABELA 20.10

Registru de funcționare a stației de epurare
Fișe tip privind instalațiile din stație

A. Denumirea agregatului

B. Date caracteristice:

— uzina furnizoare .....
— anul și locul fabricației .....
— tipul și numărul de serie .....
— anul și data instalării în stație .....
— caracteristici tehnice .....

C. Reparații efectuate .....

Data	Reparații curente				Reparații medii				Reparații capitale				Obs.
	Defecțiunea	Cauze	Durata reparației	Valoarea	Defecțiunea	Cauze	Durata reparației	Valoarea	Defecțiunea	Cauze	Durata reparației	Valoarea	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14

Cele mai simple stații de epurare, pînă la 1 000 locuitori deserviți, necesită un singur muncitor, respectiv un singur schimb.

Stațiile ce deservesc în jur de 5 000 locuitori necesită un șef de stație (tehnician) un șef de schimb, mecanic, electrician, chimist și muncitori, asigurîndu-se trei schimburi. Pentru debite mai mari numărul personalului crește, trebuind să fie completat cu diferiți specialiști, numărul lor fiind stabilit în instrucțiunile de exploatare.

În linii mari, șefului sau responsabilului stației îi revin următoarele sarcini: să instruiască periodic personalul de deservire, în conformitate cu regulamentul de exploatare, normele de protecția muncii, igienă etc.; să planifice munca, materialele, utilajele și instalațiile necesare exploatării stației de epurare; să propună eventuale modificări ale regulamentului de exploatare ca urmare a experienței proprii din stație; să controleze înregistrările de exploatare; să păstreze la zi planurile stației de epurare, precum și toate înregistrările, analizele etc.; să urmărească fiecare proces tehnologic industrial care evacuează ape uzate, pentru a putea face eventuale propuneri de ameliorare a calității apelor uzate intrate în stație; să semnalizeze conducerii întreprinderilor industriale eventualele defecțiuni în procesele sale, care conduc la evacuarea de ape uzate cu impurificări peste medie; să întocmească planul

de reparații curente și capitale și să urmărească realizarea lui; să urmărească planul de măsuri pentru exploatare în timp de iarnă.

În ceea ce privește șeful de schimb sau tură, sarcinile principale ale acestuia sînt: să cunoască munca tuturor muncitorilor, astfel încît să asigure o funcționare continuă și regulată a tuturor instalațiilor de epurare; să supravegheze aducerea la îndeplinire a normelor de protecția muncii; să semnaleze eventualele modificări importante ale calității și cantității apei uzate care intră în stație; să semnaleze și să ia măsurile necesare în eventualitatea unor defecțiuni la instalații; să asigure prin reglarea stăvilarelor sau prin racordarea altor instalații scurgerea apelor de ploaie și exploatarea normală în timpul precipitațiilor; răspunde de utilajele și materialele necesare exploatării și se îngrijește de repararea utilajelor defecte; efectuează inspecții preventive (săptămînale) împreună cu muncitorii din echipă, în scopul detectării unor defecțiuni, dereglări etc., luînd în același timp și măsuri de remediere; efectuează revizii preventive (lunare) împreună cu muncitorii din echipă, în scopul verificării și reglării armăturilor din stație (vane, stăvilare, deversoare etc.) efectuînd și eventuale reparații.

20.2.1.4. **Instrucțiuni și regulamente de exploatare.** Instrucțiunile de exploatare sînt elaborate odată cu proiectul de execuție de către proiectant. Instrucțiunile servesc exploatării pentru elaborarea regulamentelor de exploatare.

Regulamentele de exploatare sînt de regulă întocmite de cei care lucrează în exploatare. Ele detaliază toate activitățile trecute în instrucțiunile de exploatare, astfel încît șeful de echipă și muncitorii să cunoască în amănunt programul ce-l au de realizat.

20.2.2. Tehnica securității și protecția muncii în stațiile de epurare

Muncitorii dintr-o stație de epurare sînt expuși la următoarele pericole: leziuni fizice, infectări ale corpului, lipsă de oxigen, gaze sau vapori nocivi și iradierea cu materiale radioactive.

Pericolele arătate se pot evita în întregime prin luarea unor măsuri de siguranță adecvate fiecărui loc de muncă și prin folosirea echipamentelor de protecție corespunzătoare.

Responsabilul stației și maiștrii trebuie să cunoască bine pericolele care pot apărea în cadrul exploatării și vor lua măsuri pentru eliminarea lor, instruind personalul de exploatare conform „Normativelor republicane de protecția muncii".

20.2.2.1. **Prevenirea leziunilor fizice.** Eventualele leziuni fizice pot fi prevenite prin:

— instruirea muncitorilor asupra modului cum trebuie ridicate piesele nu prea grele, folosind mușchii de la picioare și nu spatele;

— folosirea troliurilor și macaralelor pentru obiectele grele și instruirea muncitorilor asupra modului corect de folosire a acestora;

— evitarea căderilor, prin montarea de dispozitive corespunzătoare la scări, bazine și pasarele, prin acoperirea accesului în cămine și la încăperile subterane, prin curățirea pardoselilor, scărilor și pasarelelor de uleiuri, grăsimi și gheață, prin păstrarea ordinei și curățeniei în zonele de lucru, prin montarea de apărători în jurul gropilor, prin folosirea centurilor de siguranță la intrarea în cămine, bazine sau alte încăperi subterane accesibile prin capace;

— folosirea troliilor de mînă cu cîrlig pentru ridicarea capacelor grele de la cămine sau de la camerele subterane; folosirea mănușilor de lucru la manipularea pieselor grele, prevederea de apărători de metal pentru toate părțile mobile ale mașinilor, asigurarea iluminatului corespunzător zonelor de lucru;

— leziunile și șocurile electrice pot fi evitate prin folosirea de mănuși și covoare de cauciuc la manevrarea tablourilor electrice de distribuție, întreruperea curentului de la întrerupătorul principal, cînd se lucrează la echipamentele electrice ale instalațiilor, executarea corectă a punerii la pămînt a motoarelor electrice și izolarea corectă a firelor de curent;

— apărarea stației contra incendiilor prin dotarea corespunzătoare și ținerea la zi a panourilor contra incendiilor și instruirea echipelor de pompieri voluntari asupra măsurilor imediate de localizare și stingere a incendiilor.

20.2.2.2. **Prevenirea infectării organismului.** Apele uzate și nămolurile separate în procesul de epurare sînt periculoase pentru personalul de exploatare al stației, ele putînd da naștere la îmbolnăviri de febră tifoidă, dizenterie, hepatită infecțioasă și tetanos. De asemenea, ele pot provoca apariția de viermi intestinali la personalul de exploatare.

Prevenirea acestor infecții se poate face prin:

— asigurarea unei ape de băut corespunzătoare în stație, prin evitarea oricărui contact între rețeaua de apă potabilă și cea de apă uzată;

— asigurarea de truse sanitare de prim ajutor pentru tratarea imediată a tuturor tăieturilor și rănilor mici, celelalte tăieturi și răni urmînd a fi tratate imediat de medicul de dispensar;

— asigurarea de dulapuri-vestiar separate pentru hainele de lucru și cele obișnuite, dușuri cu apă caldă pentru spălarea obligatorie la ieșirea din schimb, spălarea obligatorie pe mîini și față înainte de masa din timpul schimbului, precum și a unor săli separate pentru masă; se recomandă de asemenea asigurarea unui frigider pentru păstrarea hranei adusă de acasă și pentru asigurarea de apă rece pentru băut în timpul călduros;

— imunizarea periodică a muncitorilor prin inoculări contra febrei tifoide și tetanosului;

— luarea de măsuri personale de precauție cum sînt: folosirea de mănuși de cauciuc în timpul curățirii pompelor de apă și nămol, a căminelor și bazinelor, de exemplu, spălarea pe mîini și dezinfecția cu alcool înainte de a mînca și fuma etc.

20.2.2.3. **Prevenirea asfixierilor din lipsă de oxigen.** Scăderea concentrației oxigenului sub 13 % (în volume) în atmosfera de lucru este periculoasă pentru personalul de exploatare, provocînd fenomene de asfixiere din lipsă de oxigen.

Lipsa de oxigen în stațiile de epurare poate apare în orice spațiu limitat, cum ar fi un cămin de acces într-un canal sau bazin, unde a fost înlocuit aerul cu un alt gaz, indiferent dacă acesta este toxic sau nu. Lipsa de oxigen mai poate apare din cauza descompunerii unor substanțe organice, cum sînt de

exemplu cele din nămol, proces care conduce la consumarea oxigenului din spațiul respectiv, dacă acesta nu este suficient ventilat natural sau artificial.

Lipsa de oxigen în stațiile de epurare apare cel mai frecvent în cămine sau căminele de vizitare de la canale sau bazine, în bazinele stațiilor de pompare pentru apă uzată sau nămol, dacă sînt insuficient ventilate; în camerele sau căminele anexă ale bazinelor de aerare cu nămol activ și ale decantoarelor secundare, precum și în bazinele de fermentare și în camerele pentru instalațiile anexă ale bazinelor de fermentare a nămolului, dacă nu sînt dotate cu instalații speciale de ventilare sau acestea nu sînt folosite corect.

Detectarea lipsei de oxigen se poate face cu indicatori speciali, prevăzuți cu aspiratoare cu furtun pentru recoltarea de probe și analizarea lor, precum și cu indicatorul de flăcări.

Este interzisă introducerea directă a indicatorului de flăcări sau a altor lămpi sau lumînări, chibrite aprinse direct în spațiul de detectat, deoarece acestea de cele mai multe ori provoacă explozii puternice însoțite de accidente grave.

Evitarea sau corectarea unei atmosfere lipsite de oxigen se poate face prin:

— asigurarea unei ventilări corespunzătoare a camerelor respective;

— îndepărtarea surselor de gaze care înlocuiesc aerul atmosferic;

— ventilarea înainte de acces a camerelor sau bazinelor care urmează a fi vizitate, prin folosirea de ventilatoare portabile cu furtun de aspirație, ventilatoare ce funcționează în exterior, în cămin sau cameră, introducîndu-se numai furtunul de aspirație;

— deschiderea tuturor geamurilor de ventilare a încăperilor și verificarea înainte de acces a eventualei lipse de oxigen în atmosfera respectivă.

Gazul care contribuie cel mai mult la lipsa de oxigen este gazul de nămol. Bioxidul de carbon sau azotul pot servi ca agenți de diluare în cazul camerelor subterane.

20.2.2.4. **Prevenirea apariției gazelor sau vaporilor otrăvitori și explozivi.** Gazele și vaporii otrăvitori sau explozivi pot conduce la asfixieri sau otrăviri, arsuri sau explozii. Asfixierea cu gaze poate avea loc prin reacție chimică (oxid de carbon) sau prin înlocuirea oxigenului din atmosfera respectivă, acestea provocînd lipsa de oxigen. În tabela 20.11 se dau date asupra gazelor periculoase care se întîlnesc în mod obișnuit în stațiile de epurare.

Exploziile gazelor inflamabile se produc cînd în atmosfera camerei există un amestec în proporția necesară între oxigenul din aer și gazul respectiv (v. tab. 20.11) și o sursă de aprindere—scîntei, țigară aprinsă, filamente încinse.

Sursele de formarea gazelor toxice și explozive, precum și modul de evitare a otrăvirilor și exploziilor într-o stație de epurare sînt:

— cămine de canalizare, puțuri și bazine acoperite etanș. Pentru a constata prezența gazelor trebuie să se efectueze probe pentru: gazele sau vaporii inflamabili sau explozivi, cu un indicator portabil pentru gazul combustibil; gazul de hidrogen sulfurat, cu fiole de hidrogen sulfurat; gazul oxid de carbon, cu fiole de oxid de carbon; lipsa de oxigen, cu ajutorul unui indicator al lipsei de oxigen;

— grătare și dezintegratoare plasate în spații închise. Pentru evitarea pericolelor menționate mai înainte trebuie: să se folosească echipament electric antiexploziv, dispozitive de oprire a fumului sau lămpi cu flacără liberă; să se asigure o bună ventilare prin curent natural sau mijloace mecanice;

Caracteristicile gazelor întîlnite de obicei în apele uzate,

Nr. crt.	Gazul	Formula chimică	Proprietăți	Greutatea specifică sau densitatea vaporilor (aer = 1)	Efectul fiziologic *	Concentrația maximă la o expunere de:	
						60 min	8 h
						% vol. aer **	
0	1	2	3	4	5	6	7
1	Bioxid de carbon	CO_2	Asfixiant. Incolor, inodor. Aspirat în cantități mari are gust acid. Neinflamabil. În general nu este prezent în cantități periculoase decît în lipsă de oxigen	1,53	Nu poate fi suportat în cantități mai mari de 10% decît cîteva minute chiar dacă persoana este în repaus, iar conținutul de oxigen este normal. Acționează asupra nervilor respiratorii	4 pînă la 6	0,5
2	Oxid de carbon	CO	Asfixiant chimic. Incolor, inodor, insipid, inflamabil. Otrăvitor	0,97	Se combină cu hemoglobina din sînge. Insesizabil 30 min. la 0,2—0,25%. Fatal în 4h în concentrație de 0,1%. Dureri de cap în cîteva ore la 0,02%	0,04	0,01
3	Clor	Cl_2	Iritant. Culoare galben verzuie. Miros sufocant chiar și în concentrații foarte mici. Neinflamabil	2,49	Irită căile respiratorii. Omoară majoritatea ființelor în foarte scurt timp la 0,1%	0,0004	0,0001
4	Benzină	C_5H_{12} pînă la C_9H_{20}	Solvent volatil. Incolor. Miros sesizabil la concentrație de 0,03%. Inflamabil	3,00 la 4,00	Cînd este inhalată efect anestezic. Fatal la concentrație de 2,4% Primejdios la expunere scurtă în concentrație de 1,1—2,2%	0,4 la 0,7	0,10
5	Hidrogen	H_2	Ușor asfixiant. Incolor, inodor, insipid. Inflamabil	0,07	Acționează mecanic la eliminarea O_2 din țesuturi. Nu întreține viața	—	—
6	Metan	CH_4	Ușor asfixiant. Incolor, inodor, insipid. Inflamabil	0,55	Idem	Probabil fără limită, cu condiția ca procentul de O_2 să fie suficient pentru întreținerea vieții	

* Procentajul arătat reprezintă volumul de gaz în aer
** Pentru concentrații de peste 0,3%

stațiile de pompare și stațiile de epurare

Limitele de explozie (% vol. în aer)		Locul concentrației maxime	Sursele cele mai obișnuite	Metoda cea mai simplă de detectare
Inf.	Sup.			
8	9	10	11	12
—	—	La fund; cînd este încălzit se poate stratifica și mai sus	Produs de combustie, gazul apelor uzate, nămol. Produs de asemenea de stratele carbonifere	Indicatorul pentru lipsa de oxigen
12,5	74,0	Aproape de partea superioară, în special dacă este prezent împreună cu gazul de iluminat	Gaz fabricat, gaz combustibil, produse de combustie, gaz de la motor. Arderi de aproape orice fel	Fiole CO
—	—	La fund	Cilindrul de clor și pierderile din conductele de alimentare	Miros detectabil la concentrații foarte mici
1,3	6,0	La fund	Stațiile de deservire garaje, bazine de depozitare, locuințe	1) Indicator al gazului combustibil combustibil 2) Indicator pentru lipsa O_2
4,0	74,0	În partea de sus	Gaz fabricat, gaze din bazinul de fermentare a nămolului, electroliza apei. Rar din straturi de rocă	Indicator al gazului combustibil
5,0	15,0	Idem crescînd la anumite adîncimi	Gaz natural de nămol, gaz fabricat, gaz de la apele uzate. Strate de origine sedimentară. În bălți și mlaștini.	1) Indicator al gazului combustibil 2) Indicator al lipsei de oxigen

0	1	2	3	4	5	6	7
7	Hidrogen sulfurat	H_2S	Compus volatil iritant și toxic. În concentrații mici are miros de ou stricat. Expunerea la o concentrație de 0,01% timp de 2—15 min slăbește mirosul. Mirosul nu este evident la concentrații mari. Incolor, inflamabil	1,28	Slăbește rapid mirosul pe măsură ce concentrația crește, la concentrația de 0,2% provoacă moartea în cîteva minute. Expunerea la o concentrație 0,07—0,1% provoacă rapid otrăvirea acută. Paralizează centrul respirator	0,02 la 0,03	—
8	Azot	N_2	Ușor asfixiant, incolor, insipid. Neinflamabil. Principalul component al aerului (circa 70%)	0,97	Inert din punct de vedere fiziologic	—	—
9	Oxigen (în aer)	O_2	Incolor, inodor, insipid. Întreține arderea	1,11	Aerul normal conține 20,93% oxigen. Omul poate suporta pînă la 12%. Expunerea minimă timp de 8 h între 14—16%. Sub 10% prezintă pericol pentru viață. Între 5—7% este probabil fatal	—	—
10	Gaz de nămol	± ±	În general ușor asfixiant. Poate fi de fapt inodor, incolor. Inflamabil	Variabil	Nu întreține viața	—	—

±) În cea mai mare parte metan și bioxid de carbon și cantități mici de hidrogen azot și oxigen; uneori urme de bioxid de carbon

— camere, cămine și rezervoare de recepție din care se absoarbe nămolul fermentat, în special cele plasate în spații restrînse și aflate sub nivelul solului. Pentru înlăturarea pericolelor trebuie: să se folosească echipament electric antiexploziv și să se asigure o bună ventilare; să se controleze periodic atmosfera cu un indicator pentru gazele combustibile, pentru a determina prezența gazului inflamabil, sau să se folosească un sistem automat de alarmă pentru gazul combustibil;

— dacă bazinele de fermentare sînt goale sau aproape goale, trebuie: să se efectueze probe pentru determinarea gazelor inflamabile, hidrogenului sulfurat sau lipsei de oxigen; să se introducă aer comprimat sau aer dintr-o suflantă portabilă printr-o gură de acces, toate celelalte guri fiind deschise, se continuă ventilarea și în timp ce se lucrează înăuntru;

— dacă bazinele de fermentare sînt în funcțiune, evitarea pericolelor se face prin: evitarea tuturor surselor de aprindere din apropierea acestor bazine; preîntîmpinarea funcționării continue a sistemului de siguranță pentru gazele de pe acoperiș prin reglarea presiunii la arzătorul de gaze, pentru a prelua

TABELA 20.11 (continuare)

8	9	10	11	12
4,3	46,0	Aproape de fund, dar o poate ridica și mai sus, dacă aerul este încălzit și foarte umed	Gaz de cărbune, petrol, gaze de la apele uzate (uneori în fumul de la explozii). Gazul de nămol	1) Fiolă H_2S 2) Soluție de acetat de plumb cu concentrație de 5% greutate
—	—	Aproape de partea de sus, dar poate fi găsit și aproape de fund	Gazele din apele uzate, gaz de nămol. Emanat de asemenea și din straturi de rocă	Indicator al lipsei de O_2
—	—	Variabil la diferite înălțimi	Lipsa de oxigen din ventilare și absorbție insuficientă sau consumul chimic de oxigen	Indicator al lipsei de O_2
5,3	19,3	Aproape de partea de sus	Din fermentarea nămolului	Vedeți componenții

tot gazul prin arzător, astfel încît să nu rămînă excedent de gaze; menținerea tot timpul a bazinelor de fermentare pline; menținerea în permanență a capătului conductei de evacuare a nămolului fermentat cu supapa deschisă, pentru a evita creșterea excesivă a presiunii gazului;

— spații închise conținînd conductele pentru gazul de nămol și instalațiile auxiliare (manometre, compresoare de gaze, aparate pentru reglarea presiunii etc.). Evitarea pericolelor menționate se face prin: controlarea regulată a tuturor conductelor și instalațiilor anexe, în ceea ce privește pierderile de gaze, cu un indicator portabil pentru gazul combustibil; menținerea unei suprapresiuni a gazelor în toate conductele; folosirea numai a manometrelor, colectoarelor de condensații și a dispozitivelor de reglare a presiunii aprobate de instituțiile de specialitate; evitarea compresoarelor de gaz neetanșe din interiorul construcțiilor; se recomandă compresoare de gaz de tip uscat, complet închise; controlarea în permanență a dispozitivelor de siguranță ale boilerului cu gaz, în special întrerupătorul de siguranță al aprinderii;

— camere de depozitare a clorului. Evitarea pericolului se face prin: folosirea de măști de gaz cu cartuș filtrant în afara camerei de depozitare; pentru pierderi mai mari se folosește masca cu aer comprimat; reținerea de către personalul de exploatare a cîtorva caracteristici ale clorului (iritant cînd este inhalat, sufocant, se simte la concentrații foarte mici, nu arde și nu explodează, este mai greu decît aerul).

20.2.2.5. **Prevenirea iradierilor cu materiale radioactive.** Extinderea folosirii izotopilor radioactivi în industrie, institute de cercetări, spitale etc. prezintă pericolul evacuării la canal, datorită neglijenței personalului, a unor cantități nepermise care ajung în stația de epurare. De aceea a devenit necesară dotarea acestora cu aparate portabile de detecție pentru prevenirea pericolului provocat de aceste substanțe, prin măsurile prevăzute de „Normele republicane de protecția muncii".

20.2.2.6. **Examene medicale.** În conformitate cu „Normele republicane de protecția muncii", la angajare și periodic, muncitorii stațiilor de epurare vor fi supuși la examene medicale.

20.3. COSTUL EPURĂRII APELOR UZATE

Costul epurării pentru 1 m³ de apă uzată se stabilește cu relația:

$$C = \frac{C_a}{V_{an}} \quad [\text{lei/m}^3] \tag{20-1}$$

în care:

C_a reprezintă cheltuielile anuale necesare amortizării investițiilor și exploatării stației de epurare pe timp de 1 an, în lei/an;

V_{an} — cantitatea totală de apă tratată în timp de 1 an , în m³/an.

Cheltuielile anuale se determină cu relația:

$$C_a = C_1 \cdot i_1 + C_2 \cdot i_2 + C \cdot i_3 + C_e + C_{ex} + C_r - V, \tag{20-2}$$

în care:

C_1 este costul de investiție al lucrărilor de construcții-montaj;

i_1 — cota de amortizare aferentă investițiilor la lucrările de construcții-montaj, egală cu 0,02 pentru lucrările de canalizare (rețea și stație de epurare), 0,04 pentru stații de epurare care au în schemă cîmpuri de irigare și filtrare; valorile se stabilesc în conformitate cu Legea 62/1968 și HCM 139/1969 privind amortizarea fondurilor fixe;

C_2 — costul de investiție a utilajelor (pompe, compresoare motoare etc.);

i_2 — cota de amortizare aferentă investițiilor pentru utilaje (0,05 — — 0,10);

C — costul total al investițiilor, $C = C_1 + C_2$;

i_3 — cota de întreținere, în care sînt incluse cheltuielile de reparații curente sau capitale, de administrație, indirect legate de exploatarea propriu-zisă a stației (0,005 — 0,010);

C_e — cheltuieli anuale pentru exploatarea stației de epurare (reactivi, clor, apă și canal, gaz, combustibil, transporturi etc.);

C_r — retribuțiile anuale ale personalului de exploatare; se ia de obicei (0,005 — 0,01) C;

V — veniturile realizate din vînzarea unor produse (gaz din nămol, turte de nămol etc.).

Pe baza costului 1 m³ apă uzată epurată se face compararea diferitelor variante. În locul costului de producție, comparația variantelor se poate face pe baza cheltuielilor anuale C_a.

Dacă investiția se realizează eșalonat și cheltuielile de exploatare variază de la an la an, comparația economică între variante trebuie să se facă pe baza valorilor:

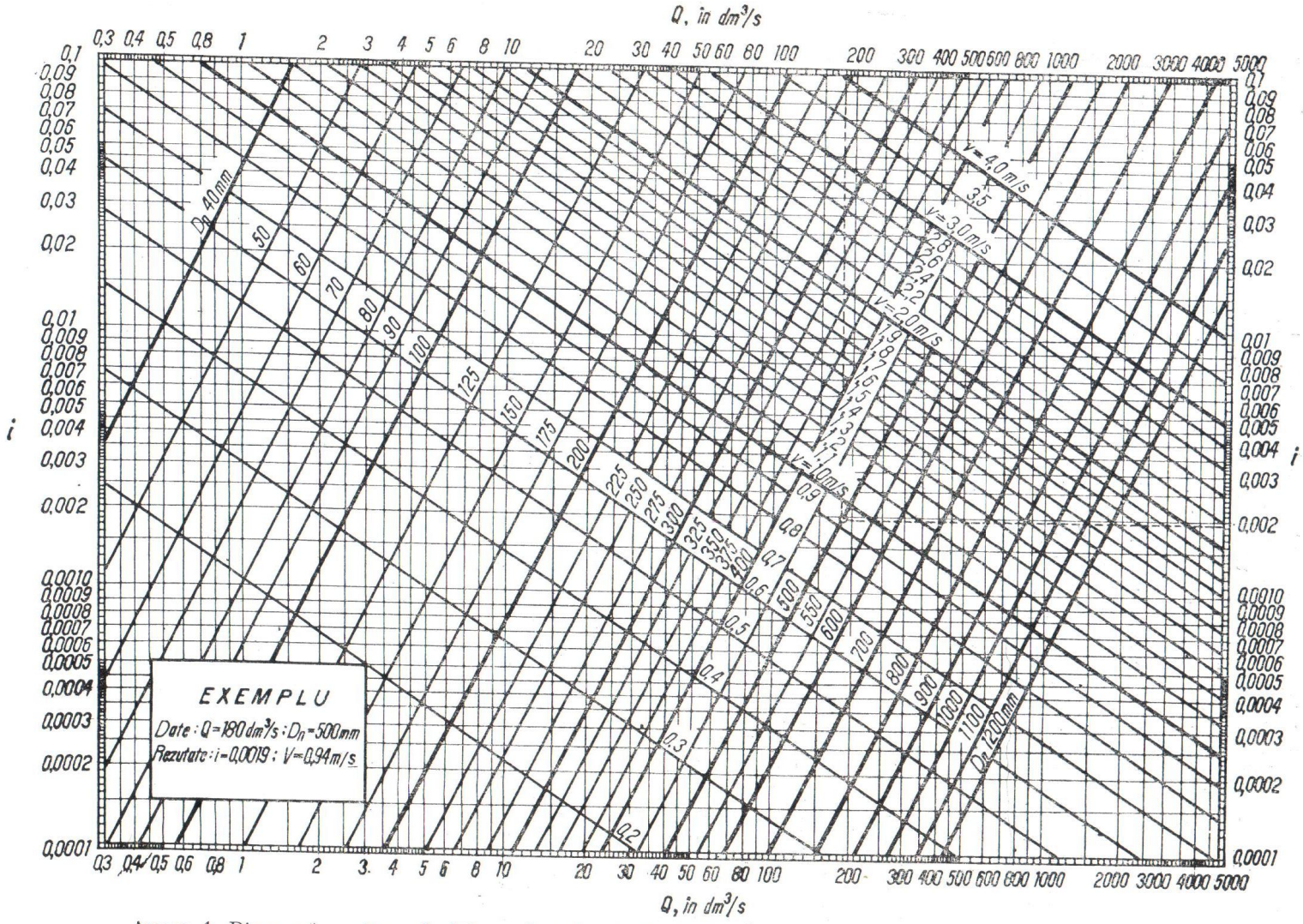
$$\sum_1^n C_1 \cdot i_1 + \sum_1^n C_2 \cdot i_2 + \sum_1^n C \cdot i_3 + \sum_1^n (C_e + C_{ex} + C_s - V) \quad \text{[lei]} \qquad (20\text{-}3)$$

pentru întreaga perioadă de realizare a investiției, comună ca număr de ani la toate variantele (n, ani).

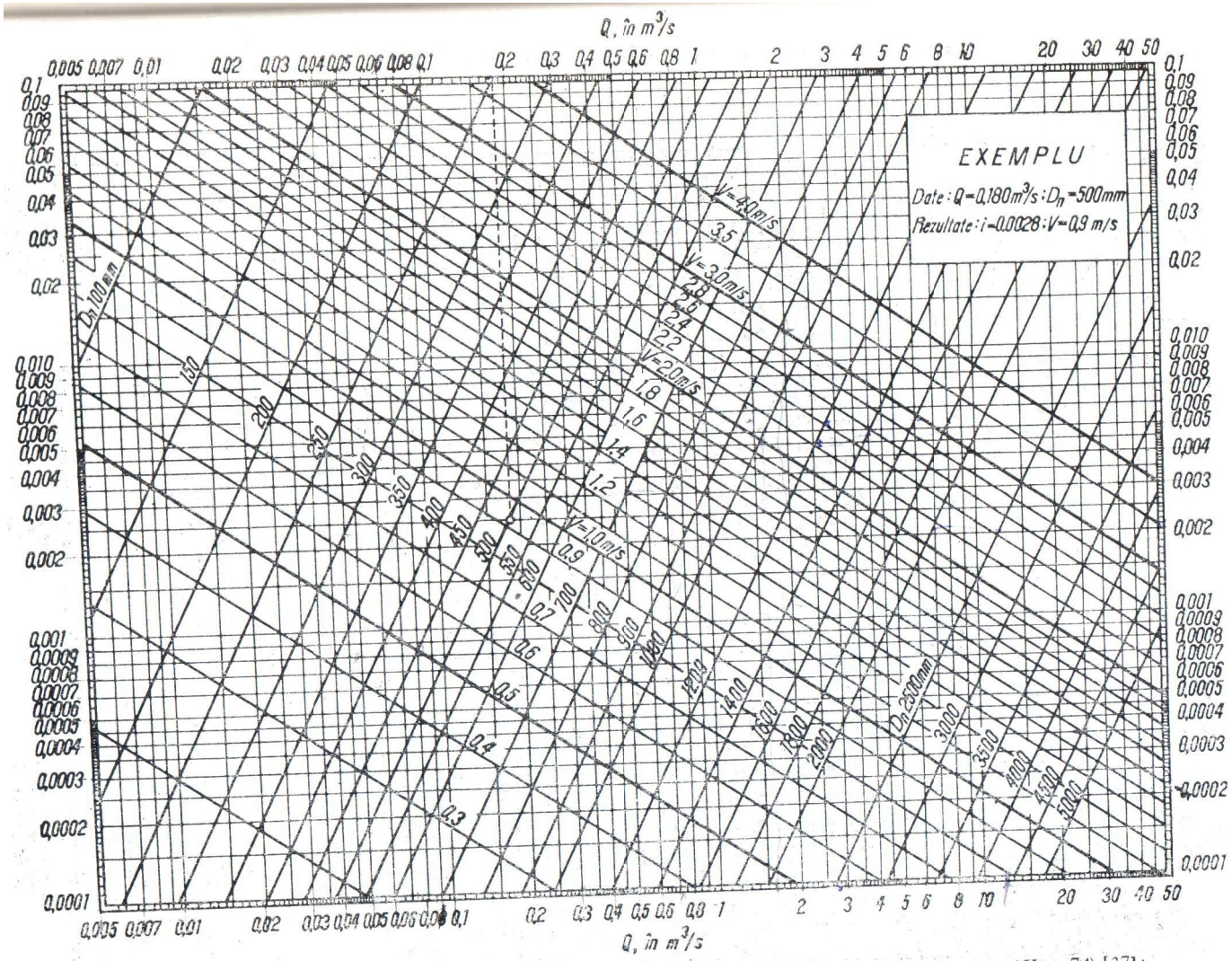
Uneori, compararea variantelor se face pe baza timpului de recuperare a investițiilor t_r pentru două variante, avînd costul de investiție C_a, respectiv $C_b (C_a > C_b)$ și cheltuielile anuale pentru recuperarea valorii de investiție, pentru întreținere și exploatare considerate constante în timp, A_a, respectiv $A_b (A_a < A_b)$. În acest caz se folosește relația:

$$t_r = \frac{C_a - C_b}{A_b - A_a} \gtrless t_n \quad \text{[ani]}. \qquad (20\text{-}4)$$

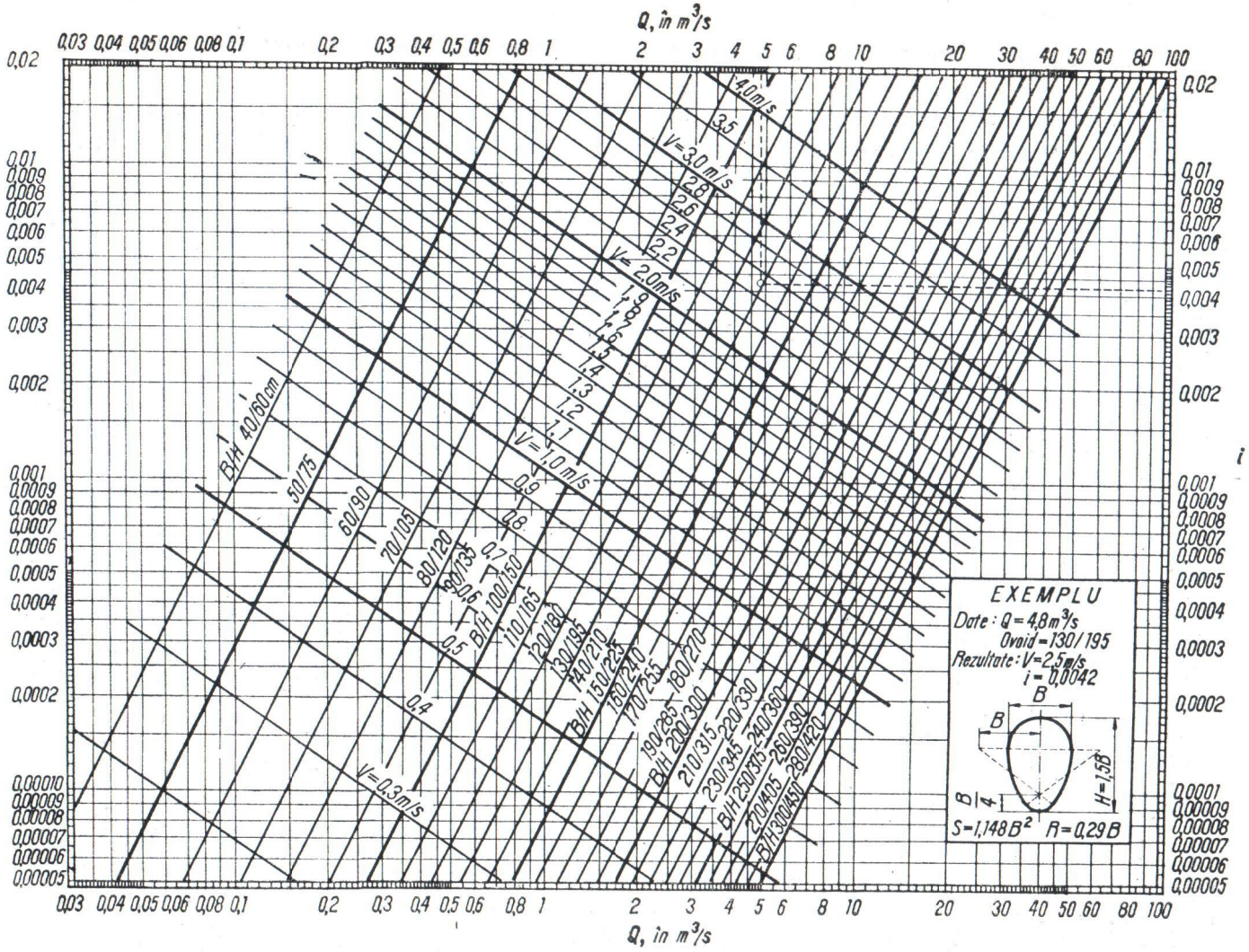
În cazul în care timpul de recuperare a investiției t_r este mai mic decît timpul normat, $t_n (t_n = 10—15$ ani), varianta cu costul C_a este mai avantajoasă din punct de vedere economic; în caz contrar varianta cu costul C_b este mai avantajoasă.



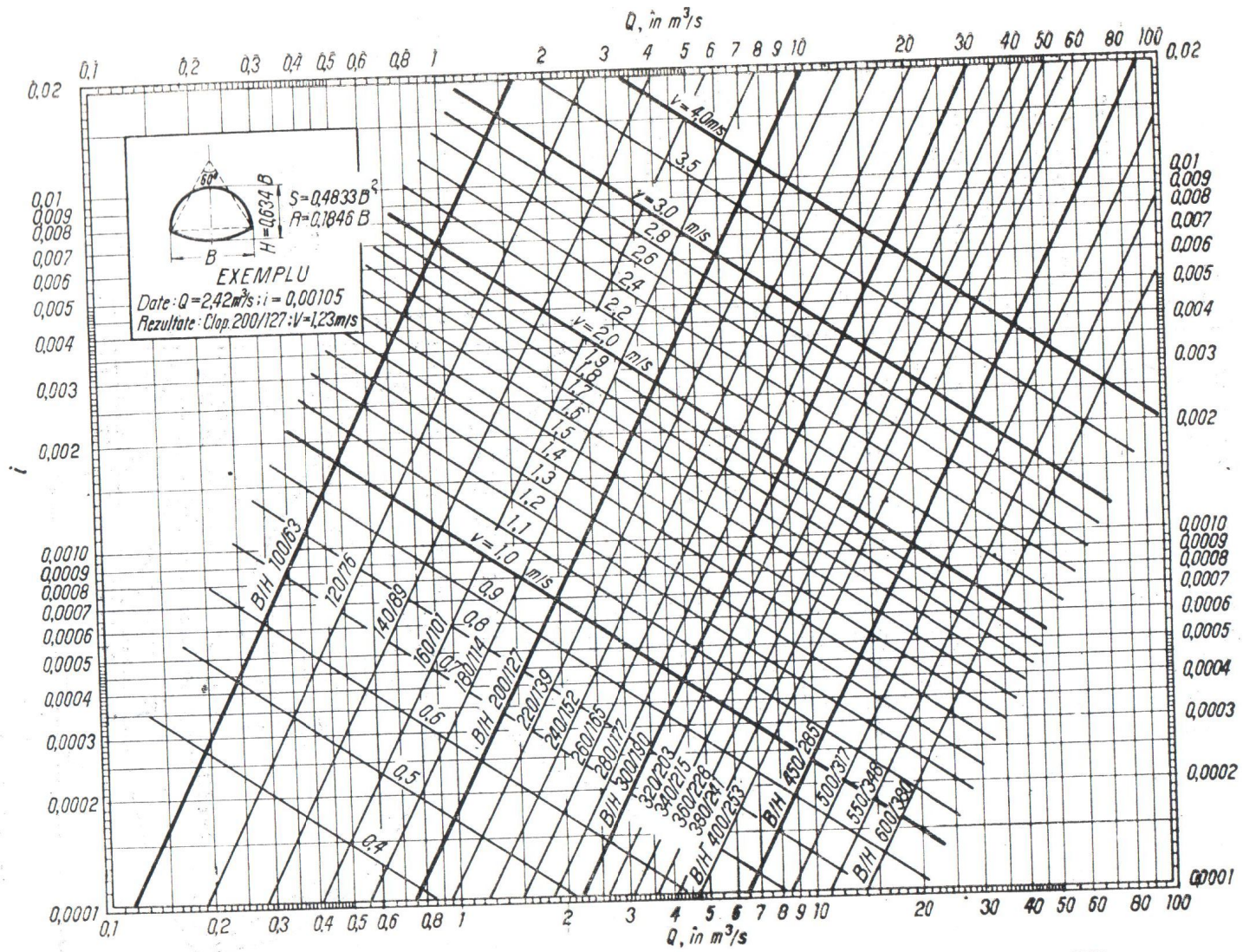
Anexa 1. Diagramă pentru calculul conductelor de fontă circulare, după formula Manning ($K = 83$) [37];



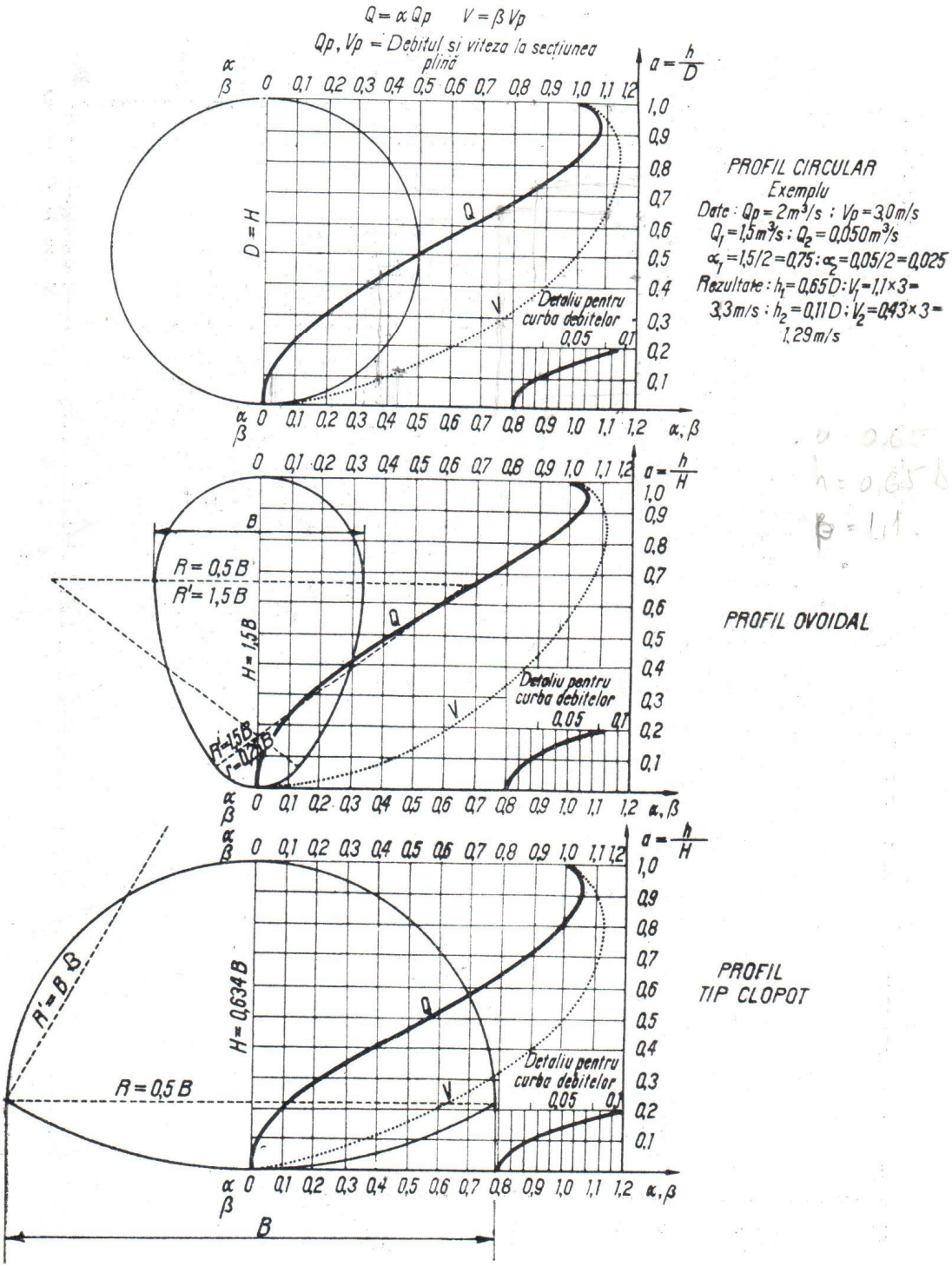
Anexa 2. Diagramă pentru calculul canalelor circulare din beton, după formula Manning ($K = 74$) [37];



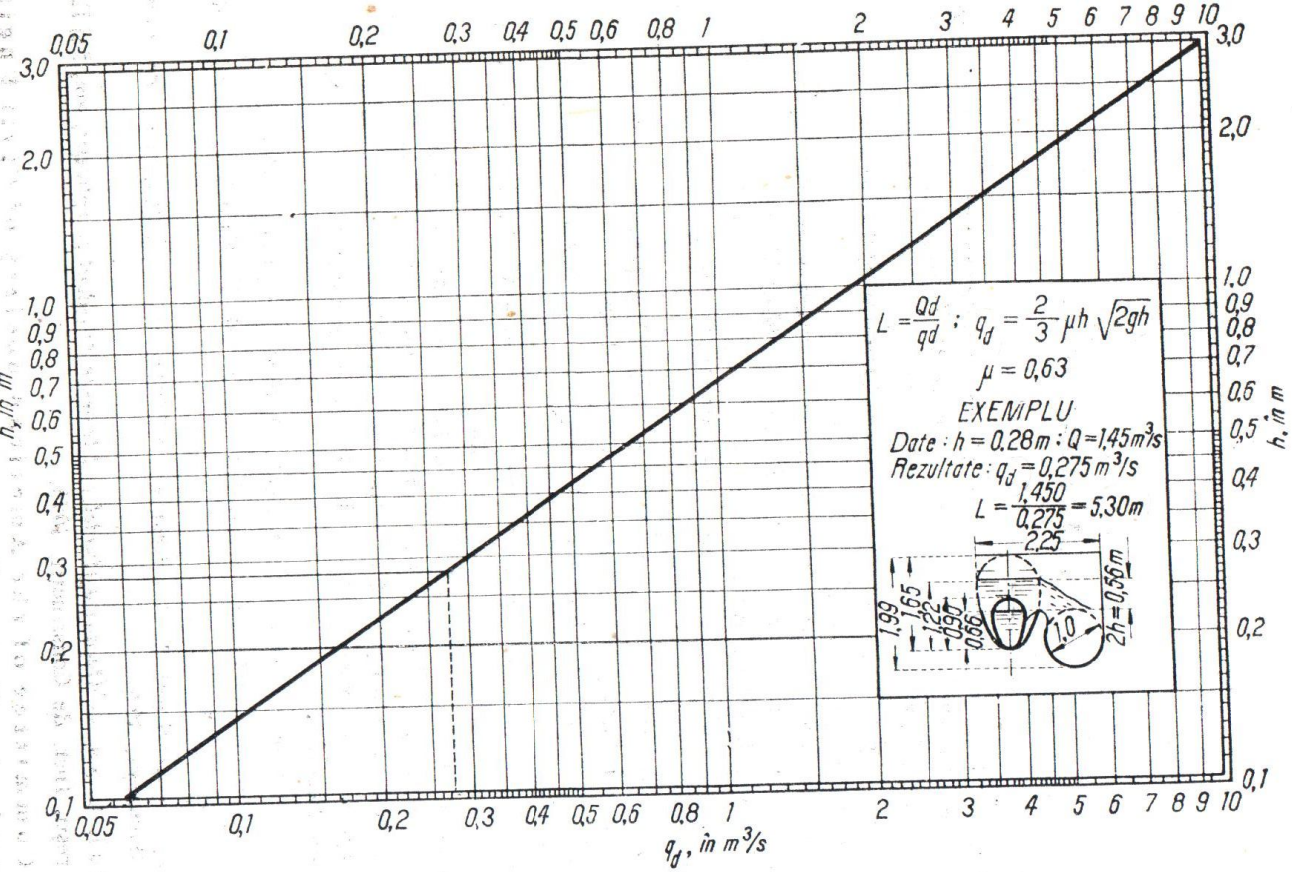
Anexa 3. Diagramă pentru calculul canalelor ovoidale din beton, după formula Manning ($K = 74$) [37];



Anexa 4. Diagramă pentru calculul canalelor clopot din beton, după formula Manning (K=74) [37];



Anexa 5. Curbele de umplere parțială pentru profile circulare, ovoidale și clopot.



Anexa 6. Diagramă pentru calculul lungimii deversorului.

BIBLIOGRAFIE

1. Annen, G. și Londong, D. — *Vergleichende Betrachtungen zu Bemessungs verfaren von Rückhatte becken.* Techn. Wissenschaft. Mitteilungen der Emschergenossenschaft und des Lippenerbandes, 1960. H 3, S 35.
2. Antoniu R. și Ghiță I. — *Protecția și epurarea apelor.* Studii de sinteză documentară. CDIFGA, 1970.
3. Blitz, E. *Proiectarea canalizărilor.* București, Editura tehnică 1970.
4. Camp, T. R. — *Sedimentation and the Design of Settling Tanks.* Trans. Amer. Soc. Civil Engrs., 103, 897, 1946.
5. Cicei, A. — *Canalizarea și epurarea apelor din localitățile mici și mijlocii.* Sinteză documentară MAIASA-CDIFGA, 1970.
6. Cioc, D. — *Hidraulica,* București, Editura didactică și pedagogică, 1975.
7. C. S. A. — *Instrucțiuni pentru măsurarea debitelor,* 1968.
8. Evilevici, A. Z. — *Udalenie obrabotka i ispolzovanie osadkon stoiciníh vod.* Leningrad-Moscva, Gosstroizdat, 1954.
9. Fair, G. M. ș.a. — *Water and Wastewater Engineering.* Vol. 1 și 2, New York, London, Sydney, J. Wiley and Sons Inc., 1968.
10. Ghiță I. și Manea N. — *Considerații privind reaerarea cursurilor de apă, ca mijloc eficace în gospodărirea apelor sub raport calitativ.* Hidrotehnica, II/1971.
11. Ghederim, V. — *Contribuții la tehnologia de deshidratare a nămolurilor provenite din epurarea apelor uzate.* Studii de protecția și epurarea apelor, vol. XIV, 1971 (teză de doctorat).
12. I. S. P. G. C. — *Studiu de tipizare a bazinelor de fermentare a nămolului,* 1973.
13. Imhoff, K. — *Taschebuch der Stadtentwässerung.* Ed. 22, München, Verlag von R. Oldenbourg, 1966.
14. Ianuli, V. — *Hidraulică și amenajări hidrotehnice* — aplicații. Inst. de Construcții București, 1976.
15. Iamandi, C. ș.a. — *Mecanica fluidelor. Elemente de calcul și aplicații,* vol. I și II. București. Inst. de Construcții, 1975.
16. Joint Committee of the American Society of Civil Engineers and the Water Pollution Control Federation — *Sewage Treatment Plant Design,* ASCE and WPCF, 1959.
17. Müler-Neuhaus, G. — *Wasserwirtschaft und Gesundheitsingenieurwesen,* Volesungsskriptum. Tech. Universität München (1967—1970).
18. Mateescu, Cr. — *Hidraulica,* București, Editura didactică și pedagogică, 1963.

19. Negulescu, Gh. M. și Secară, E. — *Exploatarea stațiilor de epurare.* București, Ed., Tehnică, 1976.
20. Negulescu, Gh. M. și Dogaru, L. — *Étude à l'aide des calculatrices éléctroniques des posibilités d'évacuation des eaux residuaires dans les emisaires.* La Tribune de CEBEDEAU, oct. 1965.
21. Negulescu Gh. M. ș.a. — *Epurarea apelor uzate industriale.* București, Ed. Tehnică, 1969.
22. Negulescu, Gh. M., Ghederim, V., Mihăilescu, L. — *Cercetări privind epurarea apelor reziduale provenite de la preparațiile de cărbune din Valea Jiului.* Studii de protecția și epurarea apelor, Vol. V, 1962.
23. Negulescu, Gh. M. — *Considerații asupra raportului de diluare a apelor uzate la evacuarea acestora prin deversoarele de apă de ploaie.* Hidrotehnica, apr. 1961.
24. Negulescu, Gh. M. — *Prelucrarea datelor experimentale din domeniul protecției apelor* Hidrotehnica, gospodărirea apelor și meteorologia, aug. 1966.
25. Negulescu, Gh. M. — *Contribuții la studiul factorilor care determină autoepurarea și condițiile evacuării apelor uzate în emisar.* Teză de doctorat, 1968.
26. Pasver, A. — *Oxidationsgraben.* Vortrag gehalten beim Seminar des Österreichischen Wasserwirtschaftsverbandes im Raach 28.3 — 1.4, 1966.
27. Roediger, W. — *Faulraumheizungssysteme.* Stadthygiene. Oct. 1960.
28. Randolf, R. — *Kanalisation und Abwasserbehandlung.* VEB Verlag für Bauwesen, 1966.
29. Smeets, C. J. C. — *Bevekeemingsgrandhagen voor actief-slibinstalation.* Water, nr. 50, 1966.
30. Streeter, H. W. și Phelps, E. B. — *Studies of the Pollution and Natural Purification of the Ohio River.* Bul. 146 U.S. Pub. Health Service, 1925, reprinted in 1958.
31. Șigorin, G. G. și Demidov, L. G. — *Kanalizația,* vol. 1 și 2. Moskva, Izdatelistvo, Ministerstva Kommunalinovo hoziaistva RSFSR, 1951.
32. Șișkin Z. N. ș.a. — *Kanalizația.* Moscova, 1951.
33. Triebel, W. D. — *Lehr und Handbuch der Abwasser Technik,* Band. I, II, III. Zweite Auflage. Berlin-München-Düsseldorf, Verlag Von W. Ernst & Sohn, 1973, 1975.
34. Trofin, P. — *Alimentări cu apă.* București, Editura didactică și pedagogică, 1973.
35. V. d. Emde, W. — *Belüftungssysteme und Beckenformen.* Münchener Beiträge zur Abwasser, Fischerei- und Flussbiologie, Band 16, 1968.
36. Vaicum, L. — *Biodegrabilitatea detergenților.* București, Editura Academiei R.S.R., 1971.
37. Vladimirescu, Gh. — *Canalizarea orașelor.* Editura Tehnică și Energie, București 1944.
38. STAS 1343-77 *Alimentări cu apă. Determinarea cantităților de apă de alimentare pentru centrele populate.*
39. STAS 1846-77. *Canalizări. Determinarea cantităților de apă de evacuare.*
40. STAS 4162-74. *Canalizări-Decantoare primare. Prescripții de proiectare.*
41. * * * — *Normativ pentru proiectarea tehnologică a stațiilor de epurare orășenești,* P-28-64
42. * * * — *Normativ privind condițiile de descărcare a apelor uzate în rețelele de canalizare ale centrelor populate.* C. 90 - 70 R (MAS-N-2-70) MAS 261/1972. Bul. Construcțiilor febr. 1971.

CUPRINS

Introducere 3

Partea I

REȚEAUA DE CANALIZARE

Cap. 1. **Scheme și sisteme de canalizare** 7
1.1. *Clasificarea apelor de canalizare* 7
1.2. *Scheme de canalizare* 9
1.3. *Sisteme de canalizare* 11
Cap. 2. **Debitele apelor de canalizare** 13
2.1. *Debitul apelor uzate* 13
2.2. *Debitul apelor meteorice* 14
2.2.1. Caracteristicile și măsurarea precipitațiilor 14
2.2.2. Calculul debitului apelor meteorice 15
2.3. *Debitul apelor de suprafață* 20
2.4. *Debitul apelor subterane* 21
2.5. *Ape admise în rețeaua de canalizare* 21
Cap. 3. **Proiectarea rețelei de canalizare** 23
3.1. *Calculul hidraulic al rețelei de canalizare* 23
3.1.1. Canale și conducte de canalizare 24
3.1.2. Sifoane de canalizare 28
3.1.3. Deversoare și canale deversoare 29
3.1.4. Guri de scurgere 31
3.1.5. Construcții pentru ruperi de pantă 31
Exemplul de calcul 3.1 33
3.2. *Calculul static și de rezistență al canalelor* 34
3.2.1. Sarcini fundamentale 34
3.2.2. Sarcini accidentale 40
3.2.3. Calculul static al secțiunilor 40
3.3. *Recomandări în vederea proiectării rețelei de canalizare* 42
3.3.1. Studii necesare proiectării 42
3.3.2. Alegerea sistemului și schemei de canalizare 44
3.3.3. Trasarea rețelei și a bazinelor de canalizare 45
3.3.4. Profilul în lung al canalului și amplasarea acestuia în profil transversal 47
3.3.5. Recomandări din punct de vedere hidraulic 53
3.3.6. Particularitățile proiectării rețelelor de canalizare din întreprinderile industriale 56
3.3.7. Încrucișarea rețelei de canalizare cu alte rețele edilitare (conducte de apă, gaze, încălzire centrală, cabluri electrice etc.). 56
3.3.8. Dimensionarea rețelei de canalizare 57
Exemplele de calcul 3.2 și 3.3. 61
Exemplul de calcul 3.4 61

Cap. 4. **Construcții anexă pe rețeaua de canalizare** 77
4.1. *Cămine* 77
4.1.1. Cămine de vizitare 77
4.1.2. Cămine de rupere de pantă 84
4.1.3. Cămine și rezervoare de spălare 87
4.2. *Guri de scurgere* 89
4.3. *Guri de zăpadă* 92
4.4. *Camere de intersecție* 94
4.5. *Camere pentru schimbarea direcției* 95
4.6. *Deversoare* 97
4.6.1. Dimensionarea diversoarelor 97
Exemplul de calcul 4.1. 99
4.6.2. Alcătuirea diversoarelor 100
4.7. *Bazine pentru reținerea apelor de ploaie* 104
Exemplul de calcul 4.2 110
Exemplul de calcul 4.3 111
4.8. *Guri de descărcare* 112
4.9. *Sifoane de canalizare* 118
4.10. *Estacade* 121
4.11. *Traversări pe sub căi ferate și șosele* 121
4.12. *Racorduri* 125
4.13. *Construcții pentru ventilația rețelei de canalizare* 125
Cap. 5. **Materiale și prefabricate folosite în rețeaua de canalizare** 127
5.1. *Condiții cerute materialelor folosite în rețeaua de canalizare* 127
5.2. *Tuburi și piese de canalizare din beton simplu* 128
5.3. *Tuburi prefabricate, canale turnate pe loc și semifabricate* 131
5.4. *Tuburi din fontă* 135
5.5. *Țevi din oțel* 135
5.6. *Tuburi din azbociment* 136
5.7. *Tuburi și piese de legătură din gresie ceramică și gresie ceramică antiacidă* 137
5.8. *Țevi din material plastic* 138
5.9. *Canale deschise* 139
Cap. 6. **Executarea rețelei de canalizare** 139
6.1. *Lucrări preliminare* 139
6.2. *Executarea săpăturilor* 141
6.3. *Sprijinirea tranșeelor* 143
6.4. *Epuismente* 146
6.5. *Montarea tuburilor și executarea căminelor* 147
6.6. *Canale turnate pe loc* 148
6.7. *Executarea umpluturilor* 150
6.8. *Executarea lucrărilor în condiții speciale* 151
6.8.1. Lucrările în tunel 151
6.8.2. Lucrări în pământuri macroporice 152
6.8.3. Executarea sifoanelor de canalizare 152
6.8.4. Executarea canalelor în timp de iarnă 153
6.9. *Recepția lucrărilor* 153
Cap. 7. **Exploatarea rețelei de canalizare. Costul de producție al apei transportate prin rețeaua de canalizare** 154
7.1. *Exploatarea rețelei de canalizare* 154
7.2. *Costul de producție al apei transportate prin rețeaua de canalizare* 154
7.3. *Tehnica securității și protecția muncii la rețelele de canalizare* 157

Partea a II-a

STAȚIA DE EPURARE

Cap. 8. **Compoziția apelor uzate și de suprafață. Debitele de dimensionare ale stațiilor de epurare** 159
8.1. *Caracteristicile apelor uzate și de suprafață* 159
8.1.1. Caracteristici fizice 159
8.1.2. Caracteristici chimice 160
8.1.3. Caracteristici biologice 165
8.1.4. Coeficienți de echivalență în locuitori 165
8.1.5. Recoltarea probelor de ape uzate 166
8.2. *Debite de calcul* 167
8.2.1. Debite hidraulice 167
8.2.2. Debite de impurități 171
Cap. 9. **Procesele și procedeele epurării apelor uzate** 171
9.1. *Procese caracteristice epurării apelor uzate* 171
9.2. *Procedee de epurare* 173
Cap. 10. **Autoepurarea cursurilor de apă** 174
10.1. *Diluția* 174
10.2. *Amestecul* 175
10.3. *Mineralizarea* 177
10.3.1. Consumul de oxigen al cursului de apă 177
10.3.2. Improspătarea cu oxigen a cursului de apă 178
10.3.3. Autoepurarea 180
Cap. 11. **Evacuarea apelor uzate în emisari. Schemele stațiilor de epurare** 181
11.1. *Condiții de deversare a apelor uzate în emisari* 181
11.1.1. Categorii de calitate 181
11.1.2. Condiții de calitate 181
11.2. *Studii și analize pentru stabilirea gradului de epurare* 183
11.2.1. Studii și măsurări pe teren și în laborator pentru stabilirea gradului de epurare 183
11.2.2. Prelucrări de birou ale datelor privind stabilirea gradului de epurare 184
11.3. *Determinarea gradului de epurare necesar* 184
11.3.1. Calculul gradului de epurare necesar din punctul de vedere al suspensiilor 185
Exemplul de calcul 11.1 185
11.3.2. Calculul gradului de epurare necesar din punctul de vedere al CBO_5. 185
Exemplul de calcul 11.2 187
11.3.3. Calculul gradului de epurare necesar din punctul de vedere al O_2. 187
Exemplul de calcul 11.3 189
11.3.4. Calculul gradului de epurare necesar din punctul de vedere al *p*H-ului 189
11.3.5. Calculul gradului de epurare necesar din punctul de vedere al substanțelor toxice 191
11.4. *Scheme clasice de epurare a apelor uzate* 191
Cap. 12. **Epurarea mecanică a apelor uzate** 193
12.1. *Reținerea corpurilor și suspensiilor mari* 193
12.1.1. Grătare 193
12.1.2. Site 195
12.1.3. Prelucrarea suspensiilor reținute pe grătare și site 196
12.1.4. Cominutoarele (grătare tăietoare) 196

Exemplul de calcul 12.1. 196
Flotarea suspensiilor mai uşoare ca apa 12.2. 197
Exemplul de calcul 12.2. 199
12.3. *Sedimentarea suspensiilor granulare şi floculente* 200
12.3.1. Deznisipatoare 200
Exemplul de calcul 12.3. 207
Exemplul de calcul 12.4. 208
12.3.2. Decantoare 210
Exemplul de calcul 12.5. 216
Exemplul de calcul 12.6. 220
Exemplul de calcul 12.7. 222
Cap. 13. **Coagularea suspensiilor din apă** 222
13.1. *Coagulanţii* 223
13.2. *Construcţii şi instalaţii pentru coagularea suspensiilor din apă* 224
Cap. 14. **Epurarea biologică a apelor uzate** 225
14.1. *Epurarea biologică naturală* 228
14.1.1. Cîmpuri de irigare şi filtrare 228
Exemplul de calcul 14.1. 234
14.1.2. Filtre de nisip 234
14.1.3. Iazuri de stabilizare 235
14.2. *Epurarea biologică artificială* 236
14.2.1. Filtre biologice 236
Exemplul de calcul 14.2. 249
Exemplul de calcul 14.3. 252
14.2.2. Bazine cu nămol activ 253
Exemplul de calcul 14.4. 268
Exemplul de calcul 14.5. 268
Exemplul de calcul 14.6. 271
14.2.3. Decantoare secundare 271
Cap. 15. **Tratarea nămolurilor** 272
15.1. *Caracteristicile şi debitele nămolurilor* 273
15.2. *Fermentarea nămolurilor* 276
15.2.1. Fose septice 278
15.2.2. Decantcare cu etaj (decantoare Imhoff) 278
Exemplul de calcul 15.1. 283
15.2.3. Bazine pentru fermentarea nămolului 284
Exemplul de calcul 15.2. 293
15.3. *Gazul de nămol* 293
15.3.1. Caracteristici şi debite ale gazului de nămol 294
15.3.2. Construcţii pentru înmagazinarea gazului 295
15.4. *Tratarea şi îndepărtarea nămolurilor* 295
15.4.1. Tratări preliminare 296
15.4.2. Deshidratarea 298
Exemplul de calcul 15.3. 300
Exemplul de calcul 15.4. 303
Exemplul de calcul 15.5. 305
15.4.3. Deshidratarea avansată 305
15.4.4. Îndepărtarea şi valorificarea nămolurilor 306
Cap. 16. **Dezinfectarea şi clorarea apelor uzate şi nămolurilor** 307
16.1. *Dezinfectarea apelor uzate* 307

16.2. *Clorarea apelor uzate și a nămolurilor* 312
Cap. 17. **Stații de epurare pentru localități mici și mijlocii** 313
17.1. *Stații monobloc* 313
17.2. *Șanțurile de oxidare* 316
17.3. *Stații de epurare clasice* 319
17.3.1. Stații de epurare mecanică 319
17.3.2. Stații de epurare mecano-biologice naturale 319
17.3.3. Stații de epurare mecano-biologice artificiale 320
Cap. 18. **Epurarea apelor uzate industriale** 321
18.1. *Efectele nocive ale principalelor substanțe evacuate cu apele uzate industriale* 321
18.2. *Procese tehnologice specifice epurării apelor uzate industriale* 323
18.2.1. Egalizarea și uniformizarea debitelor și calității apelor uzate industriale 324
18.2.2. Neutralizarea 325
18.2.3. Flotația 326
18.2.4. Extracția 327
18.3. *Epurarea unor categorii de ape uzate industriale* 327
Cap. 19. **Pomparea apelor uzate și a nămolurilor** 333
19.1. *Bazinul de recepție* 334
19.2. *Casa pompelor* 337
19.3. *Agregate de pompare* 340
19.4. *Instalații hidraulice* 348
19.5. *Instalații de forță și lumină* 350
19.6. *Instalații auxiliare* 350
19.7. *Instalații de comandă a pompelor* 351
Exemplul de calcul 19.1 351
Cap. 20. **Proiectarea de ansamblu și exploatarea stațiilor de epurare. Costul apei epurate** 352
20.1. *Proiectarea de ansamblu a stației de epurare* 352
20.1.1. Amplasamentul stației de epurare 353
20.1.2. Capacitatea stației de epurare 354
20.1.3. Construcții și instalații anexe, aferente procesului tehnologic 354
20.1.4. Construcții și instalații anexe aferente exploatării 358
20.1.5. Planul de ansamblu al stației de epurare 360
20.2. *Exploatarea stației de epurare* 361
20.2.1. Organizarea exploatării și întreținerii 361
20.2.2. Tehnica securității și protecția muncii în stațiile de epurare 371
20.3. *Costul epurării apelor uzate* 378
— **Anexe** 380
— **Bibliografie** 386

Plan editură 5678. Tiraj 5200+80 *ex. legate* 1/1. *Coli de tipar 24,50. Bun de tipar* 20.03.78. *Apărut 1978*

Tiparul executat sub comanda
nr. 1609 la
Întreprinderea Poligrafică
„13 Decembrie 1918"
str. Grigore Alexandrescu nr. 89—97
București
Republica Socialistă România