

OPTIMIZAREA PROIECTĂRII ȘI EXPLOATĂRII SISTEMELOR HIDROEDILITARE

Teză destinată obținerii
titlului științific de doctor inginer
la
Universitate "Politehnica" din Timișoara
în domeniul INGINERIE CIVILĂ
de către

Ing. Remus Retezan

Coordonator științific:
Referenți științifici:

Prof. dr. Ing. MIREL ION
Prof. dr. Ing. SANDU MARIN
Prof. dr. Ing. MATEESCU THEODOR
Prof. dr. Ing. CREȚU GHEORGE

Ziua susținerii tezei: 14.12.2010

Seriile Teze de doctorat ale UPT sunt:

- | | |
|------------------------|---|
| 1. Automatică | 7. Inginerie Electronică și Telecomunicații |
| 2. Chimie | 8. Inginerie Industrială |
| 3. Energetică | 9. Inginerie Mecanică |
| 4. Ingineria Chimică | 10. Știința Calculatoarelor |
| 5. Inginerie Civilă | 11. Știința și Ingineria Materialelor |
| 6. Inginerie Electrică | 12. Ingineria sistemelor |

Universitatea „Politehnica” din Timișoara a inițiat seriile de mai sus în scopul diseminării expertizei, cunoștințelor și rezultatelor cercetărilor întreprinse în cadrul școlii doctorale a universității. Seriile conțin, potrivit H.B.Ex.S Nr. 14 / 14.07.2006, tezele de doctorat susținute în universitate începând cu 1 octombrie 2006.

Copyright © Editura Politehnica – Timișoara, 2010

Această publicație este supusă prevederilor legii dreptului de autor. Multiplicarea acestei publicații, în mod integral sau în parte, traducerea, tipărirea, reutilizarea ilustrațiilor, expunerea, radiodifuzarea, reproducerea pe microfilme sau în orice altă formă este permisă numai cu respectarea prevederilor Legii române a dreptului de autor în vigoare și permisiunea pentru utilizare obținută în scris din partea Universității „Politehnica” din Timișoara. Toate încălcările acestor drepturi vor fi penalizate potrivit Legii române a drepturilor de autor.

România, 300159 Timișoara, Bd. Republicii 9,
tel. 0256 403823, fax. 0256 403221
e-mail: editura@edipol.upt.ro

MULȚUMIRI

"A avea sentimente de recunoștință și a nu le exprima este ca și cum ai împacheta frumos un cadou și nu l-ai da."

William Arthur Ward

În primul rând doresc să aduc mulțumirile mele cele mai sincere la adresa conducătorului științific al lucrării, **Domnul prof. dr. ing. Ion MIREL** care pe o perioadă foarte îndelungată a fost alături de mine și m-a sprijinit științific, tehnic și moral în realizarea tezei, practic fiind sursa de energie și inspirație pentru a reuși să duc la bun sfârșit proiectul început.

Gânduri de bine și mulțumiri doresc să adresez membrilor comisiei care mi-au acordat privilegiul de a-mi recenza lucrarea, pentru recomandările lor exprimate cu această ocazie, mai ales că sunt conștient de multitudinea de îndatoriri științifice și academice care-i însoțesc neîncetat. Pe această cale, le urez sănătate și putere de muncă în continuare domnilor:

Prof. dr. ing. Theodor MATEESCU

Prof. dr. ing. Marin SANDU

Prof. dr. ing. Gheorghe CREȚU

La fel și Domnului **prof. dr. ing. Teodor Eugen MAN** care a acceptat funcția de președinte al Comisiei de Doctorat.

Un gând bun se îndreaptă către dascălii mei care, cu dăruire și pricepere, m-au inițiat în tainele ingineriei în timpul studenției și mi-au fost alături ori de câte ori a fost nevoie și mai apoi, când am ajuns să profesez meseria de inginer de instalații.

Gânduri de grațitudine colectivului Catedrei de Hidraulică și Ingineria Mediului de la Facultatea de Hidrotehnică care, prin observațiile pertinente și sfaturile oferite mi-au fost de mare ajutor.

Mari mulțumiri se îndreaptă către familie, fetițe, soție, părinți, care pe întreaga perioadă de elaborare a tezei m-au încurajat și sprijinit, m-au înțeleș când eram de neînțeleș, m-au suportat când eram de nesuportat, într-un cuvânt, au fost cu mine. Mulțumesc.

Timișoara, 2010

Ing. Remus RETEZAN

Retezan, Remus

Optimizarea proiectării și exploatării sistemelor hidroedilitare

Teze de doctorat ale UPT, Seria 5, Nr. 63, Editura Politehnica, 2010, 168 pagini, 73 figuri, 33 tabele.

ISSN: 1842-581X

ISBN: 978-606-554-226-6

Cuvinte cheie: sistem hidroedilitar, optimizare, fiabilitate, mentenanță, folosință apă, grad de asigurare, protecția mediului, tratare, epurare, normă de consum, emisar, protecție sanitară.

Rezumat: de actualitate și importanța, prin implicațiile tehnice, economice și sociale este în atenția multor specialiști români și străini. Complexitatea sistemelor și lucrărilor hidroedilitare este relevantă de tipul fenomenelor tehnice asigurate: captări de apă din mediul natural (de suprafață) și/sau de adâncime; transportul (gravitațional și prin pompare) al diferitelor categorii de ape (naturale – tratate – uzate - epurate), de diferite proveniențe ; stații de pompare pentru toate categoriile de ape; sisteme de înmagazinare; sisteme de tratare (fizice, chimice, biologice).

Obiectivele urmărite prin teză, de optimizare a proiectării și exploatării sistemelor hidroedilitare, au vizat aspecte calitative (confortul prin apă), energetice (economie de energie), de protecție a mediului (reducere emisii CO₂, intervenții minime de dezafectare a terenului), economice (reducere a costurilor specifice).

CUPRINS

CUPRINS	5
1. ASPECTE GENERALE	7
1.1 Sistem hidroedilitar - precizări și exigente	7
1.1.1 Cadru general	7
1.1.2 Structură sistemelor hidroedilitare	7
1.1.3 Categoriile de apă în sistemul hidroedilitar	12
1.1.4 Cerințe pentru sistemele hidroedilitare	12
1.2 Apa - factor primordial al vieții	14
1.2.1. Apa – definire	14
1.2.2 Nevoia de apă pentru om	15
1.2.3. Necesarul de apă	16
1.2.4 Sursă de apă	17
1.2.5 Apa - cale de îmbolnavire	18
1.3 Necesitatea optimizării proiectării și exploatarei sistemelor hidroedilitare	19
1.4. Oportunități pentru optimizarea sistemelor hidroedilitare	21
2. EXIGENȚE ALE SISTEMELOR HIDROEDILITARE	22
I. Alimentări cu apă	22
2.I.1 Folosințe și nevoi de apă	22
2.I.2 Schema sistemului de alimentare cu apă	23
2.I.2.1 Mod de abordare în realizare	26
2.I.3 Debitul de apă - aspecte tehnice	28
2.I.3.1 Clasificare fundamentală a debitelor	28
2.I.4. Abordarea noțiunii de debit specific	33
2.I.5. Ponderea consumurilor specifice	34
2.I.6. Cerințe pentru sistemul de alimentare cu apă	37
2.I.6.1. Cerințe pentru captările de apă	37
2.I.6.2. Cerințe pentru aducțiuni	38
2.I.6.3. Cerințe pentru stații de tratare	39
2.I.6.4. Cerințe pentru rezervoarele de înmagazinare	42
2.I.6.5. Cerințe pentru stații de pompare	43
2.II. Canalizare	47
2.II.1 Noțiuni introductive	47
2.II.2 Categoriile de apele de scurgere	48
2.II.3 Importanța sanitară a apelor reziduale	49
2.II.4. Schema sistemului de canalizare	50
2.II.5. Evaluarea debitelor de scurgere	59
2.II.5.1. Date preliminare	59
2.II.5.2. Determinarea cantităților de ape de scurgere	62
2.II.5.3. Determinarea debitelor de calcul	67
2.II.6. Exigențe specifice sistemelor de canalizare	70
2.II.6.1. Exigențe pentru rețeaua de canalizare	70
2.II.6.2. Exigențe pentru stația de epurare	74
3. FIABILITATEA SISTEMELOR HIDROEDILITARE	76
3.1. Date preliminare	76
3.2. Fiabilitatea componentelor nereparabile	79
3.2.1. Valori caracteristice ale funcției de fiabilitate pentru un element de instalație	81

6 Cuprins

3.3. Fiabilitatea instalațiilor dintr-un sistem	84
3.4. Scheme bloc pentru calculul fiabilității instalațiilor dintr-un sistem	85
3.5. Fiabilitatea pompelor centrifuge	88
4. OPTIMIZAREA PROIECTĂRII ȘI EXPLOATĂRII SISTEMELOR HIDROEDILITARE	91
4.1. Date de bază	91
4.2. Optimizarea pe baza cheltuielilor anuale de calcul	93
4.3. Optimizarea pe baza "cheltuielilor totale actualizate"	93
4.4. Optimizarea pe baza "efortului economic justificat" și a "efortului economic raportat minim"	95
4.5. Metoda euristică de optimizare funcțională a sistemului.	99
4.6. Optimizarea înlocuirii elementelor componente ale rețelelor de distribuție	104
5. SOLUȚII DE OPTIMIZARE A SISTEMELOR HIDROEDILITARE	113
5.1. Elemente generale	113
5.2. Cunoașterea sistemului hidroedilitar	114
5.2.1. Monitorizarea sistemului hidroedilitar	114
5.2.1.1. Studiu de caz – Stația de tratare a apei Bega	115
5.2.1.2. Automatizarea și optimizarea stației de tratare apă Bega	118
5.2.2. Monitorizarea rețelei de distribuție	124
5.3. Aspecte calitative ale apei în sistemul de distribuție – studiu de caz	128
5.4. Viteza apei în rețea	128
5.4.1. Variante de modelare a calității apei	131
5.4.2. Determinarea vitezelor în conducte	135
5.5. Pierderi de apă în rețeaua de distribuție – studiu de caz	136
5.5.1. Modul de abordare	136
5.5.1.1. Metodele directe de determinare a pierderilor de apă	139
5.5.2. Aprecierea pierderilor de apă	140
5.5.2.1. Pierderile de apă – componentă a bilanțului de apă în rețeaua de distribuție	141
5.5.2.2. Factori ai pierderilor de apă	142
5.5.2.3. Indicele procentual de proporționalitate al pierderilor de apă	143
5.6. Economia de energie – implicații	149
5.6.1. Abordarea economisirii de energie	149
5.6.2. Măsuri de economisire a energiei	151
5.6.2.1. Procedeele normării administrative.	151
5.6.2.2. Procedeele bazate pe calcul tehnico - economic	152
5.6.2.3. Noile procedee de pompare optimizată energetic, respective de optimizare a duratei de menținere în exploatare a pompelor	154
5.6.2.4. Exemplu de modificare, în timpul exploatarei, a curbelor funcționale caracteristice ale pompelor	155
5.6.3. Consecințe ale economisirii energiei	155
6. CONCLUZII, CONTRIBUȚII PERSONALE ȘI DIRECȚII VIITOARE DE CERCETARE	157
6.1. Concluzii	157
6.2. Conținutul lucrării	158
6.3. Contribuții personale	158
6.4. Direcții viitoare de cercetare	159
BIBLIOGRAFIE	160

Capitolul 1. ASPECTE GENERALE

1.1 Sistem hidroedilitar - precizări și exigente

1.1.1 Cadru general

Pornindu-se de la noțiunea de edilitare–“disciplină care se ocupă cu studiul, executarea și exploatarea lucrărilor de interes public, destinate să asigure un mediu salubru și un anumit grad de confort într-o localitate (DEX)”–în timp și datorită gradului de specializare ridicat s-a ajuns la sistem hidroedilitar care reprezintă totalitatea conceptelor, principiilor, regulilor, mijloacelor, construcții, instalații, energii, forțe, etc. dependente între ele și formând un întreg organizat care pune ordine într-un domeniu multidisciplinar în scopul gestionării în interes public, apei.

Într-o localitate (la fel ca în oricare sistem constructiv multifuncțional-de exemplu zone industriale, complexe comerciale, aeroporturi, gări etc.) prin sistem hidroedilitar se înțelege gruparea sistemelor de alimentare cu apă și a celor de canalizare; în cazuri particulare (generate de specificitatea și tradiția locala) sistemul hidroedilitar mai are în componența sisteme speciale gen: jocuri de apă (fântâni ornamentale, perdele, canale) strânduri organizate, piscine, closete publice, hidranți pentru stropit spații verzi.

1.1.2 Structura sistemelor hidroedilitare

După cum localitățile au structuri și topografii diferite, ca urmare a datei de construire, evoluției, condițiilor geografice, sociopolitice și economică, tradiției etc., tot așa și sistemele hidroedilitare (care pe toate treptele de evoluție au urmarit dezvoltarea localității conform concepțiilor și realităților fiecărei perioade) au particularități/specificuri conceptuale, de structură/alcătuire, funcționale. Marea diversitate de sisteme hidroedilitare existente poate fi restrânsă și sistematizată (din necesități lucrative).

Structură unui sistem hidroedilitar (fără sisteme speciale-care pot fi considerați utrumențilozatori/beneficiari finali) se prezintă grafic în figura 1.1. În aceasta structura sunt avute în vedere componentele principale care asigură funcționalitatea sistemului.

8 Aspecte generale - 1

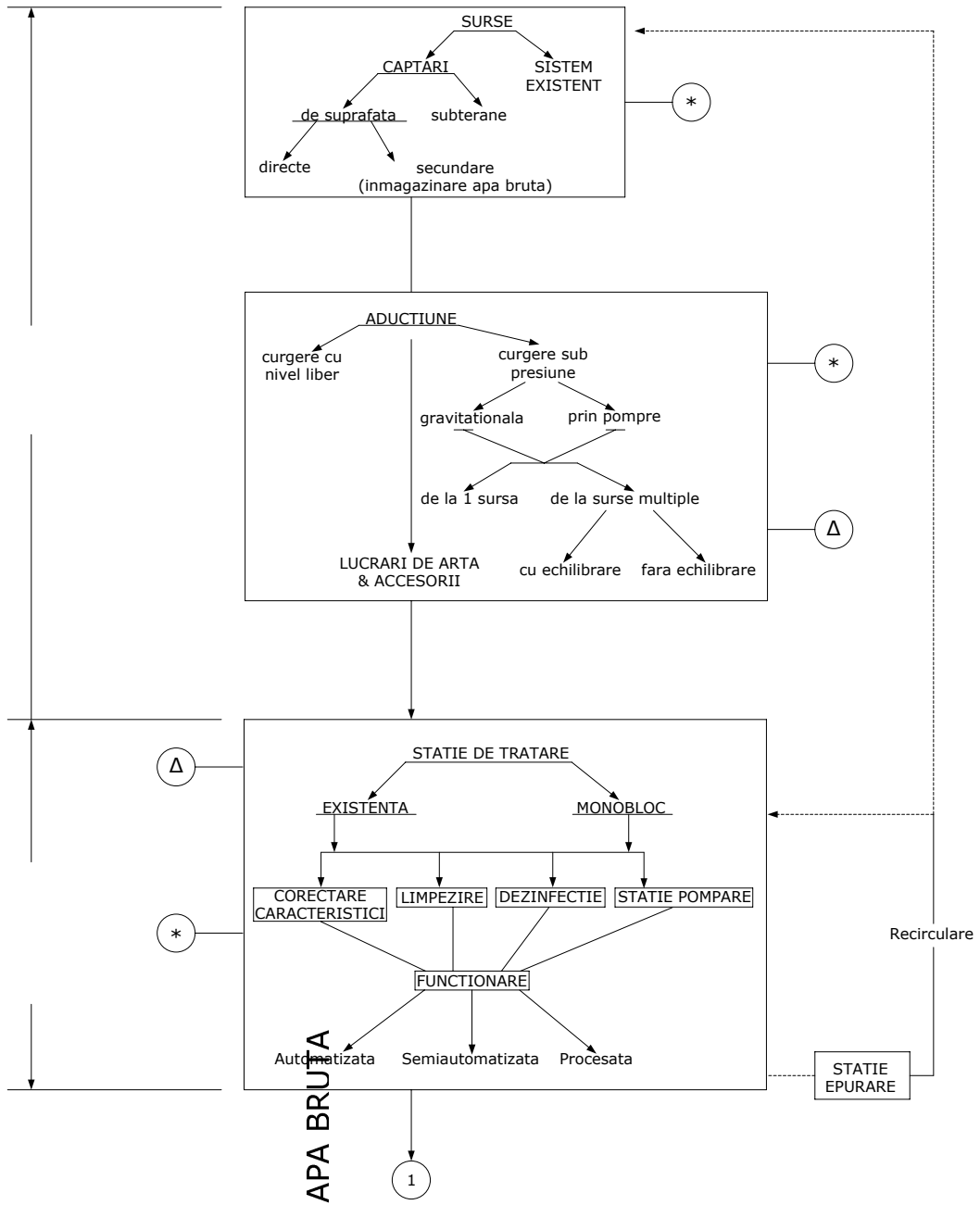


Fig. 1.1 Filiera in sistemul hidroedilitar

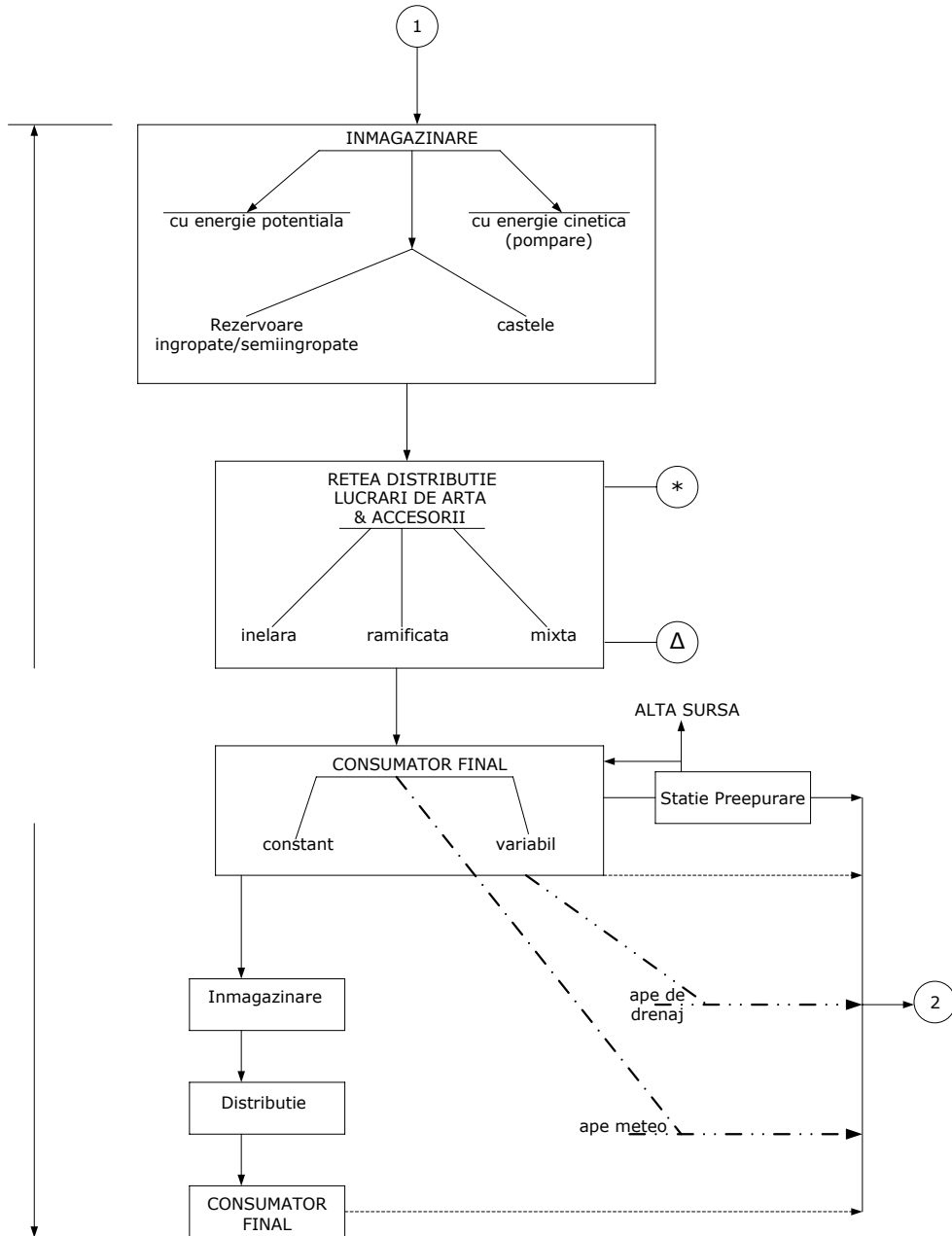


Fig. 1.1 Filiera in sistemul hidroedilitar (continuare)

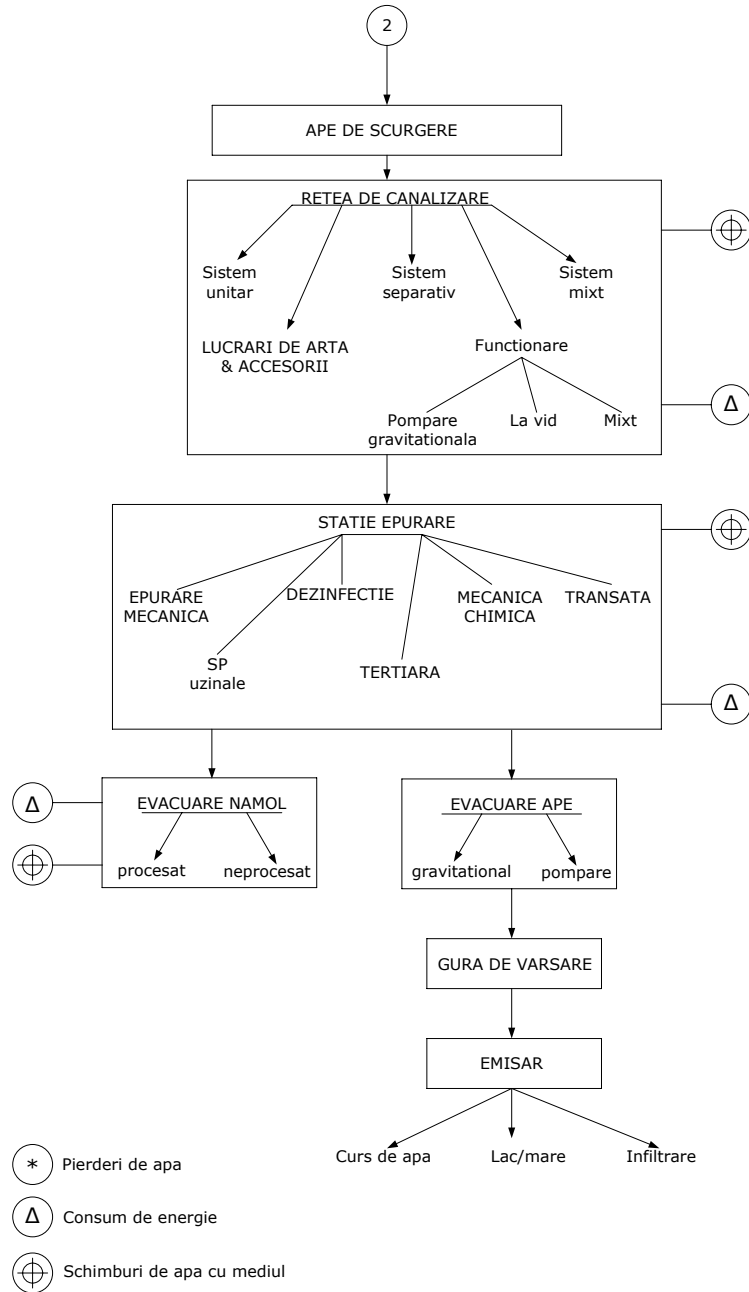


Fig. 1.1 Filierea in sistemul hidroedilitar (continuare)

Fiecare dintre componentele tehnico-funcționale ale unui sistem hidroedilitar își are rolul și destinația bine determinate, specificul acțiunii în sistem, dar în corelare cu cele din amonte și din aval. Acest aspect, în corelare și cu mărimea

sistemului, poate genera sisteme eliptice (sisteme fără una sau mai multe componente fundamentale)

Ca mod de abordare și complexitate de rezolvare, pentru fiecare din tipurile sistemului hidroedilitar se prețuează o clasificare în funcție de mărimea și destinația sa conform graficului din figura 1.2.

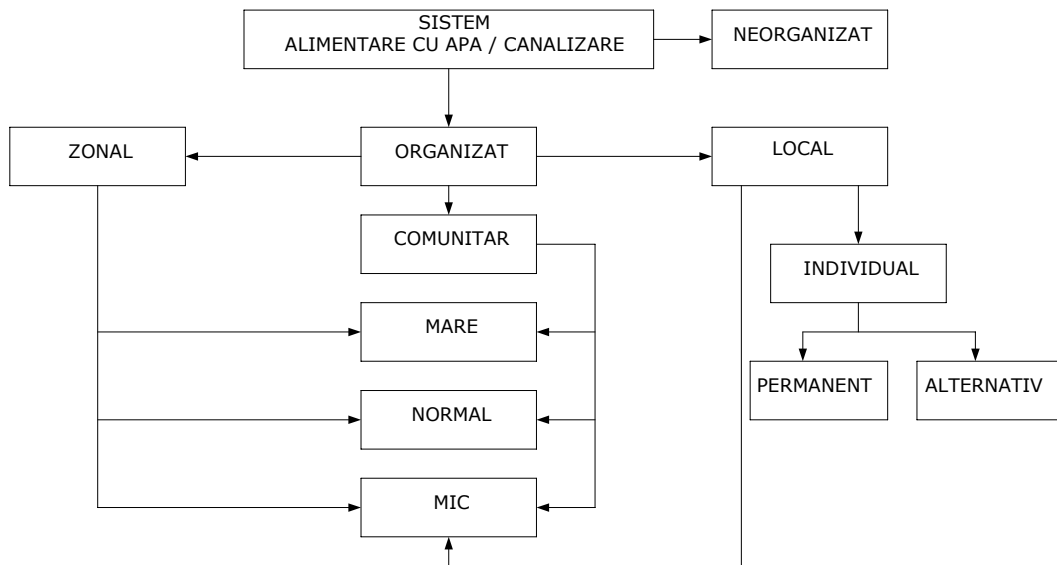


Fig. 1.2. Clasificare după capacitatea sistemelor hidroedilitare

Din analiza graficelor din figurile 1.1. și 1.2. reiese, în primul rând marea complexitate a alcătuirii și în consecință a proiectării, execuției și exploatării unui sistem hidroedilitar, motiv întemeiat pentru stabilirea (în urma cercetarilor) de criterii pentru optimizare. Un singur criteriu (de exemplu: valoarea de investiție sau criteriul economic ori cel al calității) nu este suficient pentru o corectă realizare și exploatare a sistemului hidroedilitar. Certă este doar aprecierea ca pe ansamblu nu pot exista două sisteme hidroedilitare identice, nici măcar două sisteme de alimentare cu apă sau canalizare identice. În consecință, fiecare sistem trebuie abordat/studiat separat în condițiile folosirii unor metodologii generale. Din acestea nu trebuie să lipsească caracteristicile locale, geografice, climatice, topografice și nu în ultimul rând de tradiție (sau experiență).

Mai este de semnalat un aspect, legat de extinderea/acoperirea unei localități cu sisteme de apă și canal; aceasta poate fi:

- total/integrală (situație de dorit);
- parțial, cu străzi sau zone deficitare;
- incomplet (ex. se dispune de sistem de alimentare cu apă fără a avea rețea de canalizare; localități cu rețea de canalizare dar fără stație de epurare etc.).

1.1.3 Categoriile de apă în sistemul hidroedilitar

Un alt aspect demn de luat în seama îl constituie categoriile de ape care sunt întâlnite în ansamblul unui sistem hidroedilitar (nu se au în vedere detaliile, de exemplu, a unor stații de tratare unde se folosește apă distilată, sau unde este nevoie de apă ca agent termic, apă decantată, filtrată etc.). Principalele categorii de apă întâlnite sunt:

a). apă brută, caracterizată prin debitul captabil, dar și prin calitate, calitate cu o variabilitate extraordinară de la apă limpede și sățioasă de izvor până la apă puternic poluata a viiturilor pe cursurile de apă;

b). apă tratată, de asemenea, de o mare varietate calitativă, adică apă potabilă și tehnologică (industrială) a cărei cerințe depind/sunt determinate de solicitările utilizatorului (specificul tehnologiilor care funcționează având apă ca materie primă, agent auxiliar, mijloc de transport materiale/produse etc.);

c). apă de scurgere constituită din una sau mai multe categorii:

- 1. apă uzată gospodărească (care poate fi colectată pe tipuri de evacuatori: spalatoare; closete și pisoare; lavoare, căzi de baie și de duș);
- 2. apă uzată industrială/tehnologică, care în multe situații/cazuri trebuie să fie parțial depoluată pentru a ajunge în sistemul public de canalizare; aceste ape au specificul poluant al proceselor tehnologice în care sunt folosite;
- 3. apă uzată provenită din complexele zootehnice și avicole, având o încărcare reziduală specifică dată de rasa animalelor/păsărilor, precum și de activitatea unde a fost folosită (creștere, îngrijire etc.);
- 4. apă uzată (de drenaj) provenită de la depozitele (deponii) de gunoi (locale și/sau zonale), având o poluare specifică;
- 5. apă meteorică (pluvială) provenită din precipitațiile care spală atmosfera, precum și diferitele tipuri de suprafețe pe care cade;
- 6. apă de drenaj, care ajunge în sistem în mod controlat (cazul menținerii nivelului apelor freactice sub o anumită adâncime pentru protecția unor clădiri/construcții) sau necontrolat (neatențate ale canalelor);

d). apă epurată, rezultată în urma proceselor de depoluare (directă, dar și cea rezultată din tratarea nămolurilor), ce urmează a fi deversată în emisari, trebuie să corespundă din punct de vedere calitativ, îndeplinind toate exigențele pentru protecția mediului. (În mod obiectiv aceste ape ar trebui să fie superioare sau cel puțin de aceeași calitate cu apele brute convenționale-cursuri de apă de categoria I).

Pe lângă compoziție, toate aceste ape mai sunt caracterizate de gradul de asigurare/producere, volum specific, importanță și utilitate.

Toate caracteristicile cantitative și calitative, structurale și funcționale ale sistemelor hidroedilitare au fost/sunt condiționate de nivelul cunoașterii, de potențialul tehnic și tehnologic, de gradul de dezvoltare economică, de nivelul de civilizație.

1.1.4 Cerințe pentru sistemele hidroedilitare

Prima și cea mai importantă cerință pentru un sistem hidroedilitar este ca acesta să existe. Aceasta existența se referă la componentele principale: alimentare cu apă și canalizare.

Sistemul hidroedilitar, global și/sau pe componentele principale (alimentare cu apă, respectiv canalizare) trebuie să asigure (satisfacă) mai multe cerințe:

- a) capacitate - să deservească toți beneficiarii (un procent cât mai mare din acestia);
- b) flexibilitate - să permită extinderea și/sau perfecționarea/retehnologizarea generală sau parțială - cu eforturi minime (tehnice și investitoriale);
- c) să fie funcționale, adică să corespundă scopului pentru care au fost concepute și realizate;
- d) să asigure securitatea personalului pe întreaga perioadă de execuție și funcționare (să se elimine/minimizeze gradul de pericolozitate la intervenții în sistem);
- e). să asigure continuitatea funcționării; în acest sens se poate calcula gradul de asigurare al continuității în funcționare - G_c -, cu relație generală:

$$G_c \% = \frac{T - \Delta T}{T} \times 100 \quad (1.1)$$

în care: T este numărul de ore avut în vedere pentru aprecierea continuității,

ΔT - numărul orelor de nefuncționare succesive.

În tabelul 1.1 sunt date gradele de asigurare a continuității în funcționare pentru două perioade de timp semnificative: 1 an și 25 ani.

Gradul de asigurare al continuității consumatorului în funcționare, în % Tabelul 1.1

$\Delta T [h]$	$G_c \%$	
	$T = 1 \text{ an} = 8760 \text{ h}$	$T = 25 \text{ ani} = 21900 \text{ h}$
2	99,97	99,99
5	99,94	99,99
10	99,88	99,99
24	99,73	99,99
48	99,45	99,98
72	99,18	99,96
120	98,63	99,94
240	97,26	99,89
720	91,78	99,67

În accepțiunea gradului de asigurare al continuității în funcționare, cu mica aproximație, se constată că o întrerupere (completă a unui sistem sau a funcționării) unui reper/componenta din sistem pe durata unui schimb - 8 ore - ar corespunde unei asigurări de 99,90 %.

Când pe același reper/componenta din sistem, sau pentru sistem, pentru perioada de timp avută în vedere - T - se constată (au loc) mai multe perioade de nefuncționare, relația (1.1) devine:

$$G_c \% = \frac{T - \sum \Delta T}{T} \times 100 \quad (1.2)$$

Aplicarea relației (1.2) trebuie să fie în legătura cu beneficiarii care sunt lipsiți de serviciile de apă și/sau canal; folosirea ei fără discernământ putând duce la concluzii eronate, chiar periculoase (de exemplu pentru o localitate având 600 km rețele de apă și 500 km colectoare de canalizare, la 1 defecțiune/lună * km, ar rezulta $G_c = -50,68\%$, ceea ce în context general nu are sens);

f) să asigure protecția mediului, lucru care se face prin concepție, execuție, întreținere și exploatare (cu lucrări având în vedere ocuparea unui spațiu cât mai mic, refacerea terenurilor afectate de intervenții, gospodărirea eficientă a apelor, prelucrare și tratarea nămolurilor, asigurarea unui grad de epurare avansat etc.);

g) consum redus de energie prin selectarea atentă a tehnologiilor, a materialelor, a instalațiilor, prin optimizări funcționale, prin diminuarea/stoparea pierderilor și risipei;

h) durata de utilizare cât mai mare, în condițiile asigurării parametrilor prevăzuți în proiect/proiecte;

i) recirculare ape și valorificarea nămolurilor;

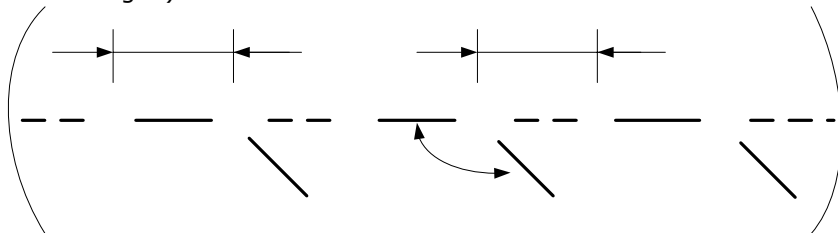
j) monitorizarea continuă a parametrilor (pentru sistemul de alimentare cu apă și pentru cel de canalizare).

1.2 Apă - factor primordial al vieții

1.2.1. Apă - definiție

„Apă – ape - lichid încolor, fără gust și fără miros, compus hidrogenerat al oxigenului, care formează unul dintre învelișurile pământului”, este definiția dată de DEX pentru unul din factorii primordiali ai vieții pe Terra (cealți fiind aerul, lumina și căldura). Apa a fost cea care a diversificat viețuitoarele inferioare (bacterii, alge), populând mările și oceanele, apoi s-au extins pe uscat, unde nevoia de apă se manifestă tot timpul.

Teoretic sunt posibile 18 tipuri de molecule de apă rezultate prin combinarea hidrogenului, oxigenului și a izotopilor acestora ($D = 2H$, $T = 3H$, 1H , ^{17}O , ^{18}O , ^{16}O), însă din cauza rarității/instabilității unora dintre ele mai cunoscute sunt H_2O , D_2O , HDO , H_2O_2 , THO și T_2O . Formula chimică H_2O corespunde parțial, apei pure în stare de vapori. Pentru apă lichidă, (formată din doi atomi de hidrogen și unul de oxigen) formula chimică reală este de forma:



unde cu linie plină sunt simbolizate legăturile covalente, iar cu linie punctată legăturile de hidrogen, iar n este numărul de molecule legate. Aceasta structură este prima din anomaliiile apei; alte/celelalte anomalii ale apei sunt temperatura de fierbere ($+100^{\circ}C$) mult mai mare ca a altor substanțe similare (ex. H_2S) și densitatea maximă la $+4^{\circ}C$ (valoare exactă $+3,98^{\circ}C$), proprietate care duce la mărirea volumului odată cu înghețarea.

În natura, apă pură nu există și aceasta datorită proprietăților sale, în principal pentru că este un solvent pentru majoritatea substanțelor organice și anorganice, astfel încât apele naturale conțin cantități apreciabile de săruri, acizi și baze (alcali).

1.2.2 Nevoia de apă pentru om

Organismul omenesc conține (este alcătuit din) o mare cantitate de apă, astfel apa se regăsește în:

- plasma 90%;
- țesutul nervos 70-80%;
- țesutul muscular 75%;
- țesutul conjunctiv 60%;
- țesutul osos (fără maduva) 25-30%;
- țesutul gras 20%.

Conținutul de apă depinde și de vârsta, astfel:

- embrionul are 80-95%;
- noul născut (la termen) 70%;
- la adult 60-70%.

Repartiția volumului de apă (la un adult) este:

- 50% în celule - apă intracelulară;
- 15% în interstiții - apă extracelulară;
- 5% intravasculară.

Dependența omului de apă este totală, nu poate rezista fără apă mai mult de 4...5 zile (în repaus fiind; fără hrană rezistă aprox. 30 zile), iar la o pierdere de 15% apă din țesuturi - viața - încetează. Tot regnul animal depinde (în măsura mai mică sau mai mare decât omul) de apă.

De asemenea, și în organismele vegetale conținutul de apă este semnificativ: în frunze 80%, 50% în partrulmențurile lemnoase ale plantelor, 7-14% în semințele uscate.

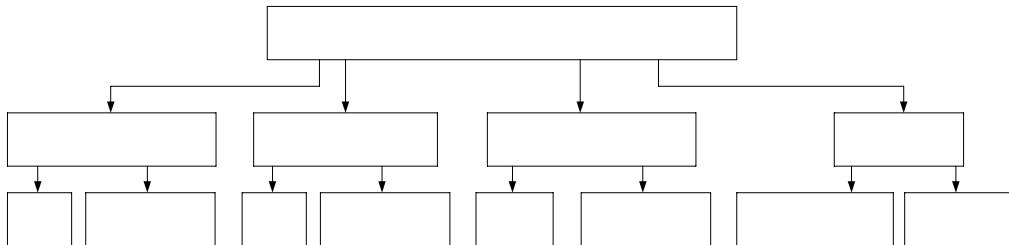
Constituent esențial al materiei vii, apă reprezintă pentru om mediul propice de desfășurare a tuturor proceselor fiziologice cum sunt absorbția, difuzia și excreția, fiind totodată factor de menținere a constantelor de bază ale organismului:

- Izotonia - menținerea echilibrată a presiunii osmotice;
- Izotermia - proprietatea de a menține constantă temperatura corpului;
- echilibrul acido-bazic;
- metabolismul intermediar etc.

Nevoile fiziologice de apă pentru om sunt approximate la cca 2500 ml zilnic pentru a înlocui pierderulmențurile-acesta este brulmențilorantul hidric al organismului, a cărui reglare se face pe două cai: a). pe cale nervoasă (hipotalamus) și b). pe cale hormonală (hipofizosuprarenala). Pierderulmențurile de apă sunt influențate (chiar determinate) de activitatea depusă, mediul termic, respirația.

Aportul de apă pentru organism se asigură prin ingestie și prin apa formată în procesul metabolic, prin procesele de oxidare - de exemplu metabolizarea a 100 g lipide asigură 107 g apă, din 100 g hidrocarbonate rezultă 55,1 g apă, prin metabolizarea a 100 g proteine se obțin 41,3 g apă, iar metabolizarea a 100 g alcool produce 117,4 g apă. În organism apă și sărurile sunt indispensabile în toate procesele fizice și chimice vitale și oricare tulburare sau abatere pozitivă sau negativă, chiar de 10%, duce la tulburări grave și în final la moarte. În organism

circulația apei (și a electroliților) constituie un sistem circulator cel puțin la fel de important ca al sângelui, dar mai complex și mai vast - conform graficului din figura 1.3.

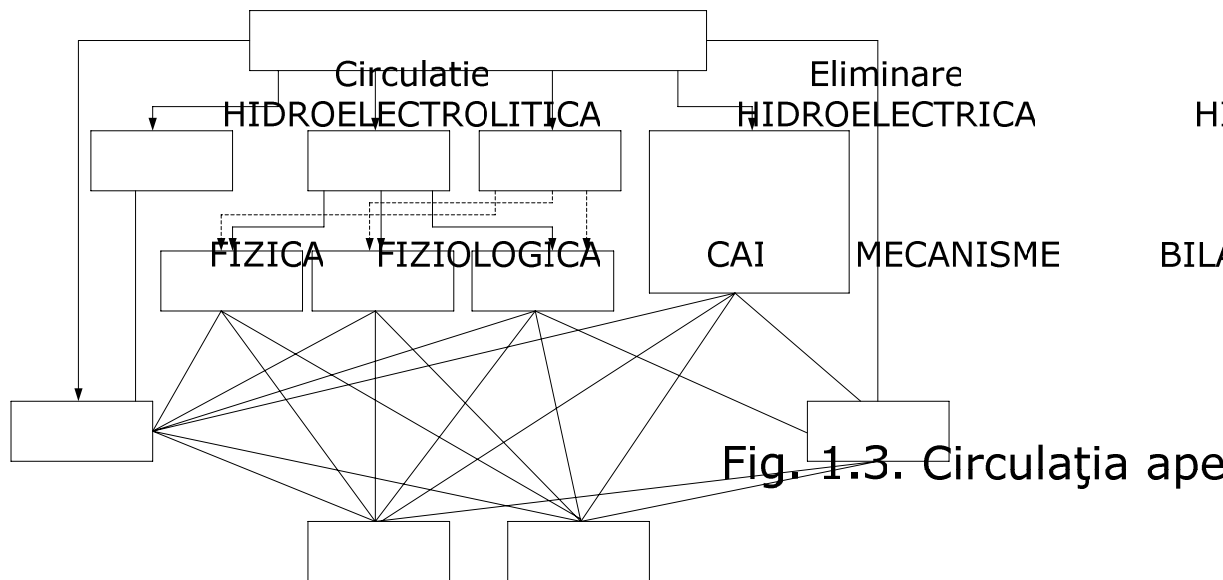


Volumul de apă constant din organism se menține prin aportul direct - baut apă - dat/controlat de senzația de sete care apare când pierderile de apă ajung la 0,5% din greutatea corpului.

1.2.3. Necesarul de apă

Necesitățile de consum pentru apă rezulta din aspectele existentiale, fiind prezentate schematic în figura 1.4.

APA ÎN ORGANISM – ASI



Din punct de vedere cantitativ, necesarul de apă - relația 1.4 - nu este constant și se determina pe categorii de apă (B și/sau C).

$$Q_n = \sum N_i \times q_i \quad (1.4)$$

unde: Q_n este debitul necesarului de apă;

N_i - numărul consumatorilor de același tip de apă (potabrumenților/nepotabrumenților, respectiv rece/calda);

q_i - consumul specific (cantitate/consumator * unitate de timp) de tip i (necesarul fiziologic de apă uzual, este cel mai mic și este înglobat în cel igienic).

Pe lângă numărul, consumul specific și felul consumatorilor, necesarul de apă mai este influențat de:

- poziția geografică - clima continental temperată, continental excesivă, tropicală, etc., definită prin numărul anual de zile cu temperatură medie multianuala maximă măsurată comparat cu unul de referință (de ex. $n > 80$ zile, $t_{ref.} = 25^{\circ}C$ pentru România);

- valoarea maximă a abaterii valorii consumului zilnic (k_{zi});

- valoarea maximă a consumului orar (k_0);

- mărimea sistemului care asigură apă, dar și gradul de dezvoltare al acestuia (dat de instalații sanitare interioare);

- de categoria folosinței.

1.2.4 Sursă de apă

Apă, cea mai răspândită substanță a Terrei, aflată în toate cele trei stări de agregare (lichidă, solidă, vapori), conform datelor din Tabelul 1.3, este, totuși, repartizată neuniform - atât ca formă, cât și cantitativ.

Răspândirea apei pe Terra Tabelul 1.3

Locație	Repartiție	
	volumica, km ³	%
Mari și oceane (sărata)	1 322 000 000	97,3
Subterane profunde	28 000 000	2,06
Subterane și de suprafață	4 170 000	0,305
Ghețuri și zapezi permanente	4 460 000	0,325
Atmosfera	12 000	0,01

Apă, în natura, se află într-un circuit continuu (la fel ca în organismele vii), având ca forțe motrice, în primul rând căldură solară, apoi cea geotermală, precum și energia potențială dată de diferențele de nivel, circuit prezentat schematic în figura 1.5.

Generalizând, se poate spune că există trei mari circuite de apă pe Pământ:

- circuitul în organismul viu (cea mai mare complexitate se întâlnește la om);
- circuitul în natură (evaporare, respirație, nori, precipitații, curgere, acumulare);
- circuitul între organismele vii și natura.

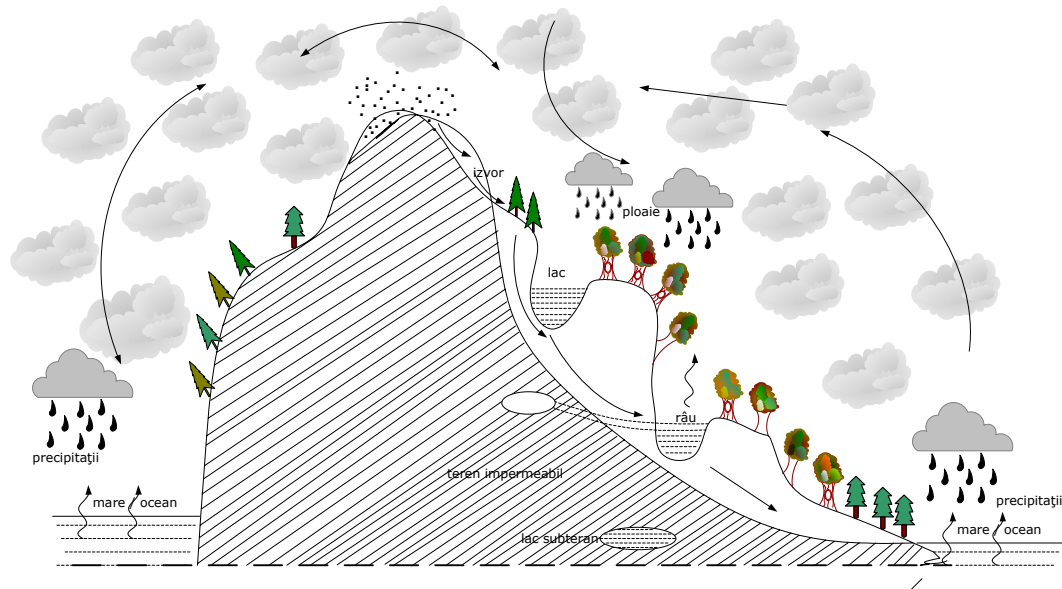


Fig. 1.5. Circuitul apei în natură

1.2.5 Apa - cale de îmbolnavire

Apa asigurată consumatorilor, ca sistem, este comună mai multor categorii de utilizatori și/sau indivizi. În condițiile poluării – posibile – apa devine un factor de îmbolnavire. Bolile produse de apă, numite boli hidrice, afectează, în general, un număr mare de persoane, ajungându-se deseori la epidemii. În apă au fost puși în evidență germeii patogeni ai unui mare număr de boli (tabelul 1.4).

Agenți patogeni în apă (după [66])

Tabelul 1.4

Grupa	Agentul patogen	Boala
bacterii	- Sălmonella typhi - Sălmonella pratyphi A,B - Șigella Flexneri alte șigele - Vibriionul holeric - Esch. coli patogen - Pseudomonas al ruginosă & B proteus - Leptospire - Pasteurella tularenșis - Brucella - B. Anthracis - Myc. tuberculoșis	- Febra tifoidă - Febre parafoide - Dizenteria bacrulmenților rora - Holera - Boala apei (enteriocolita) - Entrocolite - Leptospiroza - Tularemia - Bruceloza - Antraxul intestinal - Tuberculoza

Agenți patogeni în apă (după [66])

Tabelul 1.4

continuare

virusuri	<ul style="list-style-type: none"> - Virusurile poliomelitice - Virusurile Echo&Coxsăckie - Virusul hepatitei A - Virusul febrei aftoase - Adenovirusuri 	<ul style="list-style-type: none"> - Poliomelita - Variate șîndroame - Hepatita virală - Febra aftoasă - Febra farîngoconjunctivală, cheratoconjunctivită epidemică
protozoare & metazoare	<ul style="list-style-type: none"> - Ascaris lumbricoides - Trichocephalus - Entamoeba histolytica - Lamblia întestinalis - Fasciola hepatica - Echînococcus granulosus - Aneylostoma duodenale 	<ul style="list-style-type: none"> - Ascaridioza - Tricocefaloza - Dezînteria amibiana - Lambliaza - Fascioloza - Echînococoza - anchrulmențilorostomiaza

Funcție de numărul de cazuri al bolilor hidrice, de modul lor de apărîție și dezvoltare se remarcă următoarele forme:

a) epidemia, caracterizată prin numărul mare de îmbolnaviri apărute într-un timp scurt, într-o anumită zonă, afectând majoritatea populației;

b) endemia, formă care cuprinde un număr mai redus de cazuri, întalnite permanent/frecvent într-o anumită zonă sau localitate;

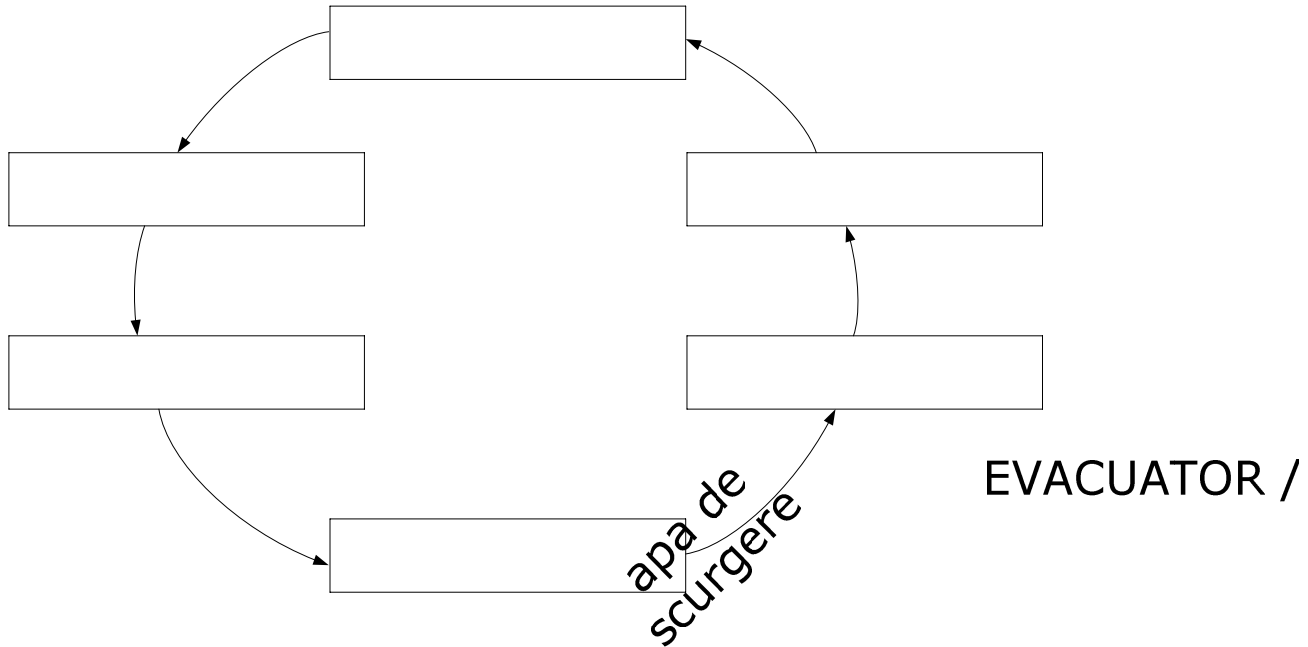
c) sporadică, forma reprezentată prin cazuri izolate (cu sau fără transmisie hidrică);

d) pandemia, reprezentată prin boli (caracteristice sau nu transiterii hidrice) apărute simultan în mai multe țări de pe cel puțin două continente, într-un număr relativ restrâns de cazuri.

Organizația Mondială a Sănătății (O.M.S.) apreciază ca numărul persoanelor afectate de bolile hidrice este foarte mare - cca 25% din paturile de spital sunt ocupate de cei ce suferă de o boală cu transmisie hidrică. Cei care se îmbolnavesc anual din cauza apei (boli hidrice & lipsa apei) depășesc 500 de milioane de cazuri.

1.3 Necesitatea optimizării proiectării și exploatării sistemelor hidroedilitare

Sistemele hidroedilitare, indiferent de mărime, grad de complexitate, tip, au mai multe trepte/faze de funcționare, care schematic pot fi sintetizate ca în figura 1.6.



Pentru ca un asemenea sistem să fie cât mai funcțional, împreună cu instalațiile care îl alcătuiesc, trebuie să aibă ca concepte fundamentale să asigure eficacitatea. Cunoșcând cerințele funcționale și alcătuire, cu intenția asigurării unei exploatare sigure și corecte se concep/proiectează instalațiile cele mai performante ca produse, dar și ca elemente/componente ale sistemului, prin optimizarea celor două acțiuni/activități fundamentale: proiectarea și exploatarea.

În scopul asigurării condițiilor de viață normale, a confortului (prin apă), a protecției mediului, a investițiilor minime, a consumului minim de energie, a întreținerii și exploatareii ieftine și facile este necesar a se proceda la optimizarea sistemului. Pentru sistemele hidroedilitare separarea sistemului de alimentare cu apă de sistemul de canalizare, formal se realizează datorită particularităților acestora, precum și al tradiției.

În procesul de optimizare a proiectării și exploatareii sistemelor hidroedilitare intervin și conditionează rezultatul o serie de factori cum sunt:

- a) mediul social, caracterizat prin: educație și cultură, grupuri de referință, organizare, dezvoltare tehnologică și economică;
- b) caracteristicile instituționale (ale proiectantului, celui care exploatează), date de: vechime/experiență, grad de încredere, structură, nivel de specializare, număr de personal, dotări tehnice;
- c) caracteristici personale (a celor care intervin): motivație, experiență, calificare, grad de specializare/informare, vârstă, caracterul relațiilor (pe orizontală și verticală), timpul avut la dispoziție.

Prin optimizare, atât pentru faza de proiectare, cât și pentru exploatare (execuție considerându-se a fi de cea mai bună calitate) se urmărește obținerea de performanțe tehnice, economico-financiare, de satisfacere a cerințelor beneficiarilor,

Fig. 1.6. Funcționarea

în paralel cu asigurarea unei elasticități a sistemului care să-i permită funcționalitatea la modificări ale unor parametrii.

Generalizând, se poate spune ca funcția de optimizare F a sistemului k , definită de parametrii X ai reperelor i , având ponderile j , tinde spre minim, adică:

$$F_k(X_i^j) \rightarrow \min \quad (1.4)$$

relație, admite în punctele de minim local (care corespunde optimului funcțional) derivate parțiale nule, de tipul:

$$\frac{dF_{k=k(X_i^j)}}{dX_{i=i}} = 0 \quad (1.5)$$

unde: $k = \overline{1, k}$

$i = \overline{1, n}$

$j \in N$.

Sistemul de ecuații (1.5) cu restricțiile tehnice și funcționale specifice fiecărui reper și/sau parametru conduce la determinarea funcției obiectiv. (Variantele/alternativele sistemelor pot fi comparate luând în considerare mai multe funcții obiectiv).

Există mai multe procedee de optimizare (proiectare sau/și exploatare sisteme hidroedilitare), cel al derivării funcției obiectiv - prezentat principal mai sus -, cu ajutorul multiplicatorului Lagrange (care presupune exprimarea restricțiilor prin funcții -funcții care trebuie să fie conexe), sau cu ajutorul funcțiilor de penalizare (se adaugă funcțiilor obiectiv și celor de restricții).

1.4. Oportunități pentru optimizarea sistemelor hidroedilitare

Pornind de la realitatea existenței sistemelor hidroedilitare din antichitate (anul 4000 î.Cr. orasul indian Mohenjodaro, anul 3000 î. Cr. Egipt și China, 2000 î. Cr. Asiria, 500 î. Cr. Roma Antica etc.), a dezvoltării acestora în epoca preindustrială și industrială timpurie, se ajunge în zilele noastre a se discuta de obligativitatea existenței sistemelor controlate de alimentare cu apă și de canalizare. Deci, spunem ca prima oportunitate pentru optimizarea sistemelor hidroedilitare este obligativitatea existenței și funcționării rentabile a acestora.

Pentru a aprecia oportunitatea optimizării proiectării și exploatării sistemelor hidroedilitare se au în vedere:

- acumularea experienței;
- cunoaștere tehnologică și teoretică;
- calitatea (superioară) a materialelor și instalațiilor;
- puterea calculatoarelor și eficiența programelor de calcul;
- existența (chiar parțială) a cadrului legislativ;
- crearea cadrului organizatoric;
- posibilitatea monitorizării funcționale a sistemelor (prin intermediul parametrilor semnificativi/decisivi).

La toate acestea se pot adauga exigentele legate de evoluția datelor de intrare (ex. Consumuri specifice, intensități de ploaie, coeficienți de rugozitate, randamente ale pompelor), exigențele energetice, cerințele de protecție a mediului, nivelul de trai (existent/dorit), înclinarea spre economie ale utilizatorilor (majorității acestora), motivarea oportunității optimizării proiectării și exploatării sistemelor hidroedilitare este demonstrată.

Capitolul 2. EXIGENȚE ALE SISTEMELOR HIDROEDILITARE

I. ALIMENTĂRI CU APĂ

2.I.1 Folosințe și nevoi de apă

Apă înseamnă asigurarea nevoilor biologice, curățenie, sănătate, civilizație, prosperitate, realizarea diferitelor procese de producție industrială, agricolă, piscicolă, precum și pentru prevenirea și combaterea incendiilor. Sistemul de alimentare cu apă este alcătuit din totalitatea construcțiilor și instalațiilor/sisteme de instalații necesare pentru satisfacerea cerințelor de apă ale tuturor folosințelor din centrele populate, industriale, agricole (inclusiv irigații) și piscicole (după caz).

Structura consumurilor de apă este prezentată în tabelul 2.1.

Structura consumului de apă

Tabelul 2.1

Nrcrt	FOLOSINȚA	CATEGORIA CONSUMULUI/NECESARULUI DE APĂ
1	CENTRE POPULATE (populație)	<ul style="list-style-type: none">• Nevoi gospodărești (băut, preparare hrană, igiena corporală și a locuinței, spălat rufe, lux-piscină, animale de companie, stropit gradină-).• Nevoi publice (școli de toate gradele, creșe, spitale, policlinici, hoteluri, cămine, restaurante, baruri, cofetării, cluburi, băi publice, coafuri, frizerii, cosmetica, fântâni de băut apă, fântâni cu jocuri de apă, piețe, oboare, stranduri organizate, etc.).• Nevoi pentru stropit, spălat spații comunitare (străzi, piețe, parcuri/spații verzi).• Nevoi ale micii industriei-locale-(brutării, asociații/ateliere cooperatiste, spălătorii auto, ateliere mecanice, etc.).• Nevoia combaterii incendiilor.• Nevoi proprii ale sistemului hidroedilitar (consumul tehnologic în tratare și epurare, spălare rețele de apă și canalizare).• Pierderi de apă.
2	INDUSTRIE (unități și zone)	<ul style="list-style-type: none">• Nevoi igienico-sanitare.• Nevoi tehnologice (incluse în produsul fabricat, apă de răcire, apă agent energetic, apă auxiliară-spălare materii/materiale, sortare, preparare amestecuri/soluții, transport hidraulic etc.).• Nevoi pentru stropit și spălat spații verzi, platforme, alei, etc.• Nevoi de combatere a incendiilor.• Nevoi proprii, auxiliare producției (garaje, ateliere de întreținere și servicii etc.).• Consum tehnologic propriu a sistemelor de alimentare cu apă și canalizare proprii.• Pierderi de apă.

Structura consumului de apă

Tabelul 2.1
continuare

3	AGROZOO- -TEHNICE ȘI PISCICOLE (inclusiv irigațiile)	<ul style="list-style-type: none"> • Necesarul igienico-sanitar al personalului. • Nevoi biologice-funcție de specie și proces. • Nevoi tehnologice pentru transport hidraulic, întreținere/funcționare tehnologică, igienizare, etc. • Nevoile obiectivelor anexe. • Nevoi pentru combaterea incendiilor. • Pierderi de apă
4	MIXTE (combinații între 1, 2, și 3)	Categoriile corespunzătoare 1, 2, și 3 (cu însumări Când este cazul).

Asigurarea nevoilor de apă a folosințelor este avută în vedere din momentul abordării problemei realizării sistemului de alimentare cu apă, prin studiile/analizele referitoare la gradul de asigurare (G), care se exprimă cu o relație de forma:

$$G_{\%} = \frac{X_i}{X_t} \times 100 \quad (2.1)$$

unde: X_i - reprezintă parametrul avut în vedere în asigurarea apei la consumatori; poate fi frecvența, durata, volumul, respectiv în ani, luni/zile, m^3 ;

X_t - însumarea parametrului avut în vedere (frecvența, durata, volum, pe o perioadă suficient de lungă care să acopere comportamentul sursei/sistemului).

În consecință, pentru o folosință gradul de asigurare reprezintă o probabilitate ca din sursă (în secțiunea captării) să fie posibil a se lua debite egale sau mai mari decât debitele cerinței de apă. Acest lucru se exprima cu relația:

$$p = \lim_{X_t \rightarrow \infty} \frac{X_i}{X_t} \quad (2.1.1)$$

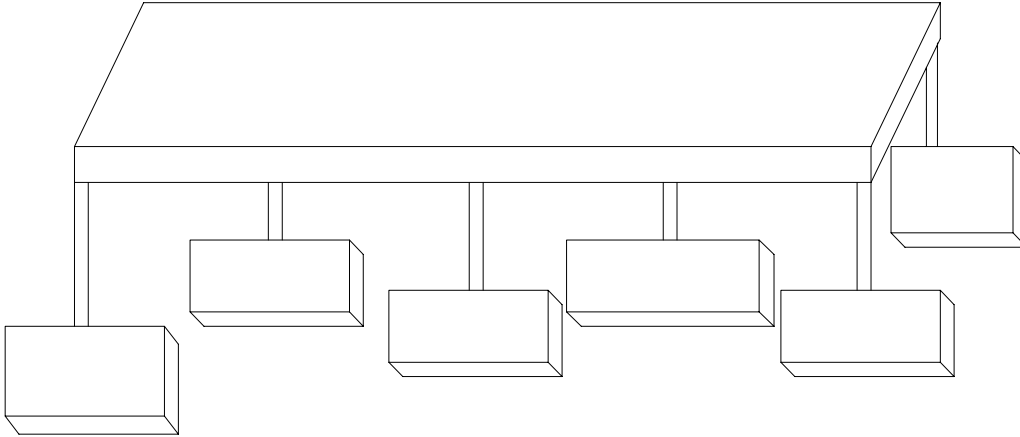
Dintre cele trei moduri de exprimare a gradului de asigurare, pentru sistemele de alimentare cu apă se folosește cel al frecvenței; relația de legatura între cele trei este:

$$G_f \% < G_d \% < G_v \quad (2.1.2)$$

2.I.2 Schema sistemului de alimentare cu apă

Filiera apei din natură către consumatorul final (clădire, industrie, etc.; până la brașamentul consumatorului), reprezentând un flux tehnologic, dă schema sistemului de alimentare cu apă. În acest context sunt avute în vedere aspectele legate de realizare, dezvoltare, exploatare de sisteme de alimentare cu apă, aspecte care tin seama de necesități, posibilități, elemente și condiții actuale și de evoluția în perspectivă, de ipoteze clare și rațional stabilite. Un sistem de alimentare cu apă trebuie să se bazeze-conform graficului din figura 2.1-pe două categorii de factori:

- a) generali: utilitate și protecția mediului;
- b) fundamentali: asigurarea apei/cerință; consumul energetic necesar asigurării apei: siguranță în funcționare.



Între factorii fundamentali și generali, cu toate componentele acestora există o corelare nemijlocită și o condiționare reciprocă.

În vederea stabilirii schemei de alimentare cu apă se va ține seama de:

- încadrarea în planul de amenajare complexă a bazinului hidrografic (schema generală de gospodărire a apelor) din zonă;
- planurile de dezvoltare (locale și zonale) în perspectiva a 20-25 ani;
 - poziționarea surselor față de centrul de greutate al consumatorilor;
 - gradul de intervenție asupra apei brute pentru asigurarea cerințelor calitative impuse de consumatori;
 - siguranța în exploatare (dată de constanța caracteristicilor calitative și cantitative de apă);
 - posibilitatea grupării componentelor sistemului;
 - minimizarea consumurilor de energie aferente funcționării sistemului;
 - calitatea apei furnizate/distribuite;
 - posibilitatea eșalonării lucrărilor de investiție;
 - mărimea investiției și asigurarea fondurilor;
 - eficiența economică;
 - impactul asupra mediului;
- armonizarea/rezolvarea optimizată a quartetului din figura 2.2.

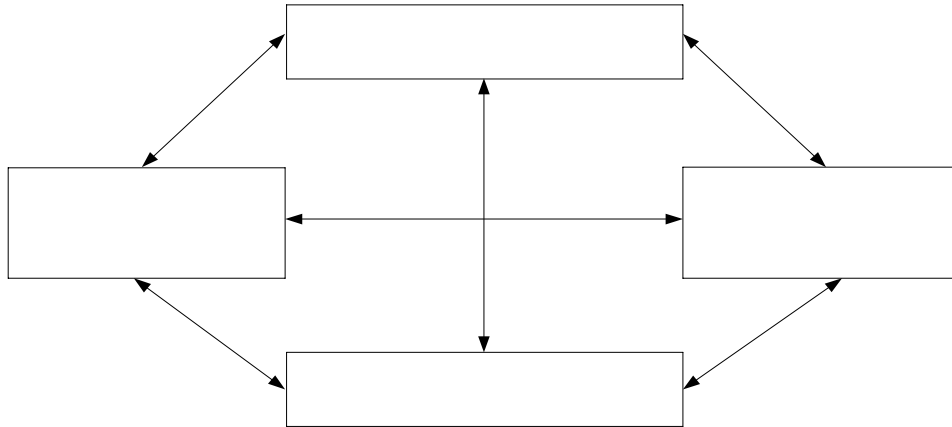
**SIGURANTA
IN
FUNCTIONARE**

**CERINTA DE
APA**

SISTEM DE A

NECESITA

Fig. 2.1 Susținerea unui si



CALITATE
CONSUM

Principal, schema unui sistem de alimentare cu apă este prezentată în figura 2.3.

În funcție de mărime, amplasament, calitatea apei la sursă, grad de dezvoltare economico-socială etc., sistemele de alimentare cu apă au sau nu au toate componentele prezentate în figura 2.3 (în condițiile asigurării consumatorilor cantitatea și calitatea apei solicitate). Dar, în figura menționată, prezentând doar fluxul apei, nu face referire (nu prezintă) câteva din funcțiile majore (de complexitate mare, dar și de mai mare importanță) cum sunt:

- sistemul general de achiziție date;
- serviciile de monitorizare, serviciile tehnice, comerciale, de dotări și achiziții, etc.;
- sistem complex de urmărire a calității;
- ateliere și servicii anexe.

ENERGIE
CONSUMATA IN
SISTEM

COSTUL SPECIFIC
CONSUM

Fig. 2.2 Condiționari pentru

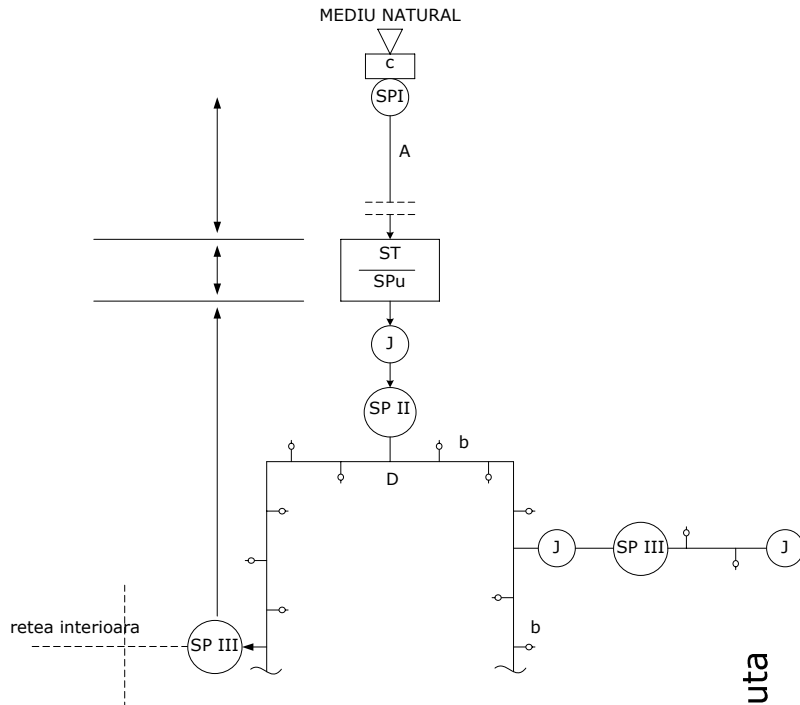


Fig. 2.3 Sistem de alimentare cu apă – schema de principiu
 C-captare; A-aducțiune; SP-stație de pompare (treptele I, II, III și u - uzinale); I - magazinare (rezervoare); D-rețea de distribuție; b-branșament contorizat.

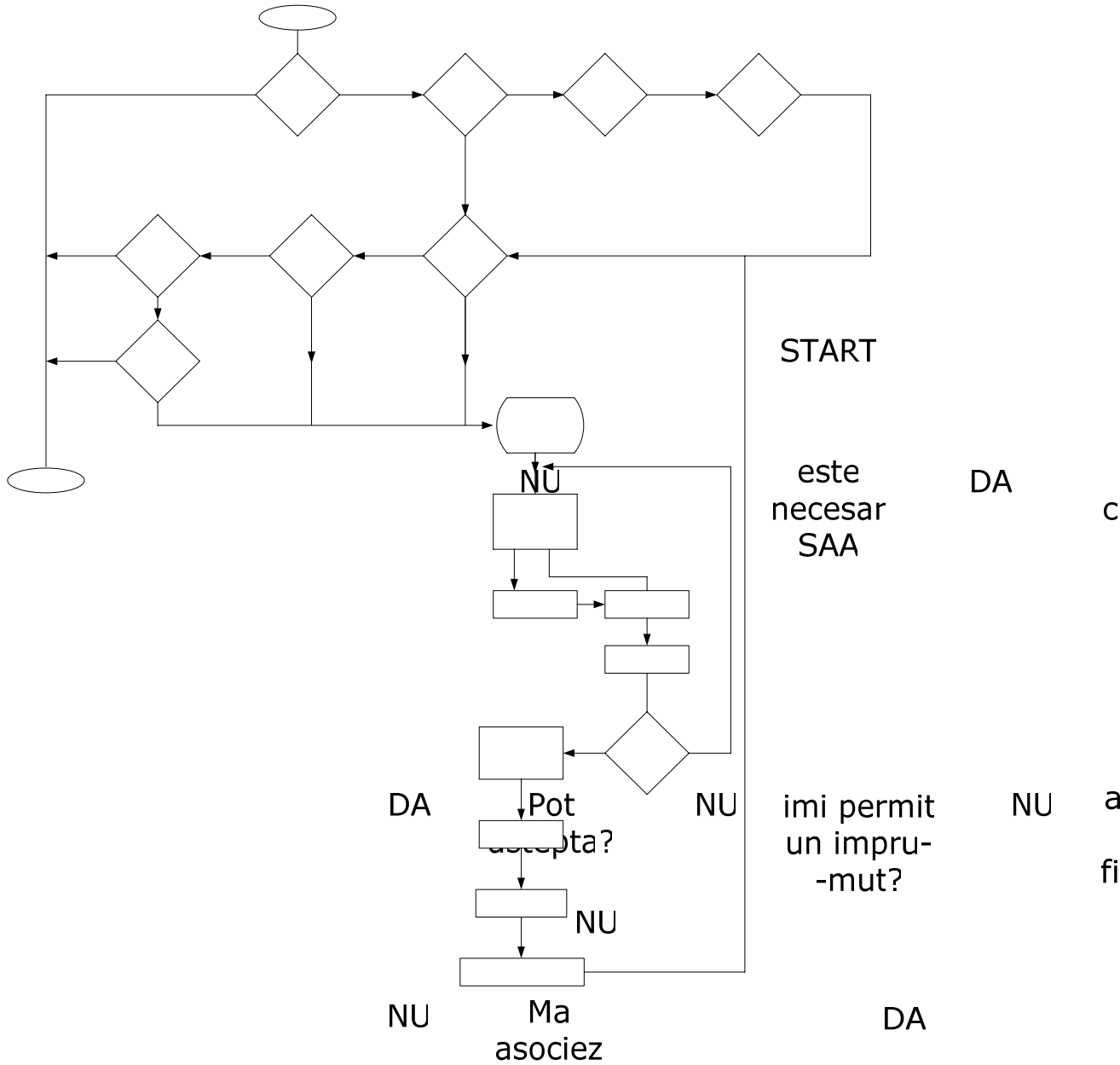
2.I.2.1 Mod de abordare în realizare

Primul și cel mai important lucru în abordarea realizării (sistem nou, extindere, perfecționare (modernizare)) a unui sistem de alimentare cu apă îl constituie existența și felul consumatorilor. Pentru aceasta planurile de dezvoltare (locale, zonale etc.) sunt baza de pornire/informare, constituind punctul de plecare pentru studiile de marketing; aceasta înseamnă:

- existența unei strategii a beneficiului realizării sistemului de alimentare cu apă;
- asigurarea că pot realiza o documentație corectă/actuală și performantă;
- identificarea statutului terenurilor/suprafețelor de teren care vor interveni în realizarea proiectului;
- identificarea dificultăților de rezolvat (ex. exproprieri, asigurarea materialelor, instalațiilor, energiei, finanțării etc.).

Principal, abordarea în realizarea unui sistem de alimentare cu apă-indiferent de procentul de intervenție, parcurge mai multe etape de studiu, care conduc la decizia finală; figura 2.4 ilustrează (schematic) acest lucru.

apa brută
procesa
apa tratată



Partea cea mai "delicată", ce nu constituie obiect de studiu, este: "cine este proprietarul?". Această problemă își așteaptă o rezolvare legislativă clară și fermă, dar mai ales unică și definitivă.

STOP

2.I.3 Debitul de apă-aspecte tehnice

Debitul, una din cele mai complexe mărimi întâlnită în tehnica hidroedilitară, are înțelesuri multiple funcție de sistemul și secțiunea în care este determinat. În general, debitul definește o cantitate de apă într-o unitate de timp (secundă, zi, ..., an). Debitul este mărimea care stă la baza calculelor tehnice și economice; de acuratețea determinării acestei mărimi depind rezultatele și concluziile obținute.

2.I.3.1 Clasificare fundamentală a debitelor

Tehnica dă/impune mai multe tipuri de clasificare a debitelor, tipuri rezultate din necesități obiective:

a) În funcție de cantitățile de apă: 1-debitul necesarului de apă:

$$Q_n = \sum N_i \times q_{si} \quad (2.2)$$

unde: N_i este numărul de consumatori caracteristici-de tip i -(locuitori, utilaje, unități de suprafață etc);

$q_{s,i}$ - necesarul de apă specific corespunzător consumatorului caracteristic - de tip i - ($l/\text{sec} \cdot \text{loc}$; $m^3/\text{utilaj} \cdot \text{zi}$ etc.)

2-debitul cerinței de apă

$$Q_s = k_s \times k_p \times Q_n \quad (2.3)$$

unde: k_s - este coeficient-supraunitar-care ține seama de nevoile tehnologice ale sistemelor de alimentare cu apă (preparare reactivi, spălare decantoare, filiere, ș.a., spălare rețele, etc.);

k_p - coeficient-supraunitar-care ține seama de pierderile de apă din aducțiuni și din rețeaua de distribuție.

Necesarul și cerința de apă se stabilesc pe categorii de apă de aceeași calitate, respectiv grad de asigurare.

b) În funcție de fluctuația utilizării apei se utilizează debitele caracteristice:

$$1 - \text{debitul zilnic mediu} \quad Q_{zimed} = \frac{1}{1000} \times \sum^n \left[\sum_1^m N_i \times q_{si} \right] \quad (2.4)$$

$$2 - \text{debitul zilnic maxim} \quad Q_{zi\max} = \frac{1}{1000} \times \sum^n \left[\sum_1^m N_i \times q_{si} \times k_{zi,i} \right] \quad (2.5)$$

$$\text{sau: } Q_{zi\max} = k_{zi} \times Q_{zimed} \quad (2.6)$$

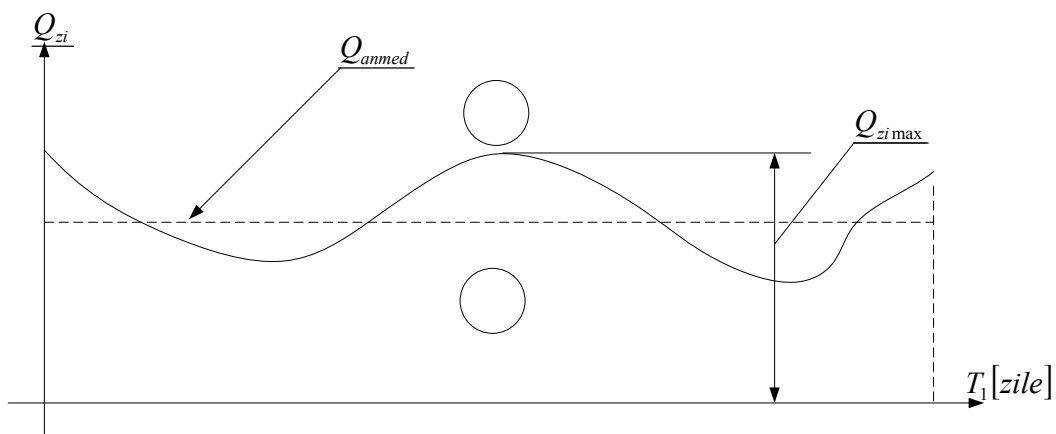
$$3 - \text{debitul maxim orar} \quad Q_{O\max} = \frac{1}{1000} * \frac{1}{24} \sum_1^n [N_i * q_{s,i} * k_{zi,i} * k_{0,i}] \quad (2.7)$$

$$\text{sau: } Q_{O\max} = \frac{1}{24} \times k_0 \times Q_{zi\max} \quad (2.8)$$

unde: - $k_{zi,i}$ este valoarea maximă a abaterii consumului zilnic pentru consumatorul de tip i (coeficientul de variație zilnică a consumului) exprimat cu relația:

$$k_{zi,i} = \frac{Q_{zi \max}}{Q_{zimed}} \quad (2.9)$$

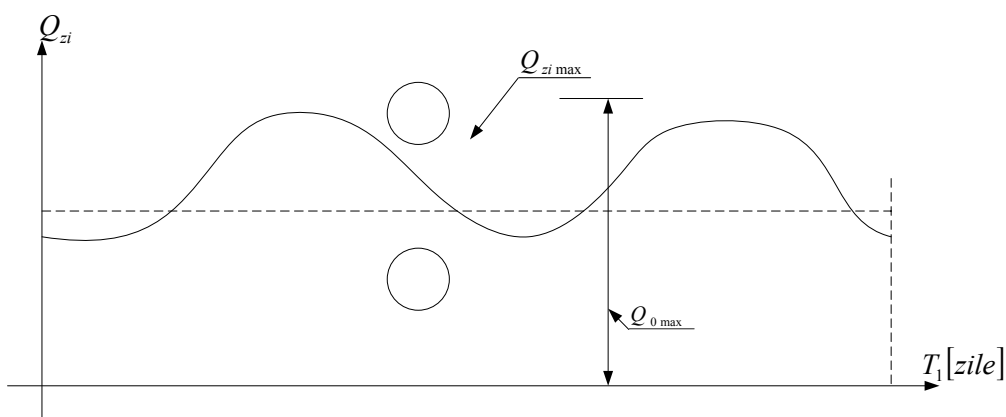
și explicat prin graficul din figura 2.5



$k_{0,i}$ - valoarea maximă a abaterii consumului zilnic (coeficientul de variație orară) pentru consumatori de tip i, exprimat prin relația:

$$k_{0,i} = \frac{Q_{0 \max}}{Q_{zi \max}} \quad (2.10)$$

dacă ambele valori au aceeași unitate de măsură și explicat prin graficul din figura 2.6.



0

Fig. 2.5 Variația anuală

c) În funcție de utilizare (scopul urmărit), pentru justificarea unor decizii/măsurii/acțiuni:

1 - debite de dimensionare; se urmărește raționalitatea dimensională a tuturor componentelor/obiectele sistemului avându-se în vedere funcționarea pe ansamblu a acestuia; sistemul este împărțit în două zone (porțiuni) funcționale, conform prezentării din figura 2.7.

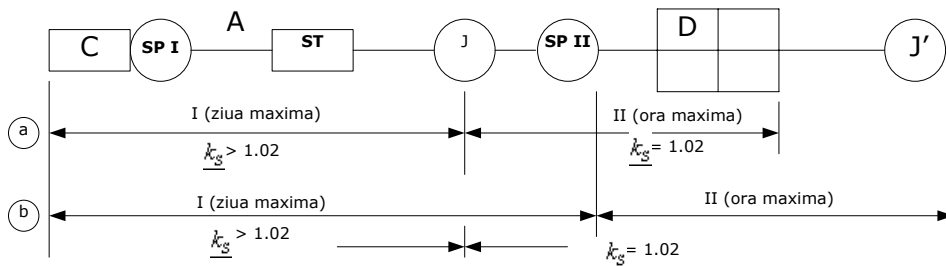


Fig. 2.7 Zonarea funcțională a sistemului de alimentare cu apă

Obs. În varianta b înmagazinarea I'' este obligatorie (rezervor de capăt).

- pentru zona (porțiunea) I captare până la înmagazinare (amonte de SP II) în varianta a și până la SP II inclusiv în varianta b se consideră valoarea maximă dintre:

$$Q_I = Q_{zi.max} \quad (2.11)$$

și

$$Q_I = Q''_{zi.max} + Q_{ri} \quad (2.12)$$

unde: $Q_{zi.max}$ - se determină cu relația (2.5);

$Q''_{zi.max}$ - este debitul zilnic maxim cu restricții (care se face pentru stropit, spălat și până la 80% din dușuri; în afara domeniului de asigurare restricțiile pot fi extinse și pentru alte tipuri de utilizări)

Q_{ri} - debitul pentru refacerea rezervei de incendiu, determinat cu relația:

$$Q_{ri} = \frac{V_i}{T_{ri}} \quad (2.13)$$

unde: V_i - este volumul rezervei intangibile de incendiu

T_{ri} - timpul de refacere a rezervei intangibile de incendiu

Obs. În cazul în care alimentarea cu apă a rezervorului de înmagazinare este întreruptă V_i include și consumul utilizatorilor pe durata combaterii incendiilor.

- pentru zona (porțiunea) II aval de înmagazinare în varianta a și aval de SP II în varianta b se consideră:

$$Q_{II} = Q_{o,max} + Q_{ii} \quad (2.14)$$

unde: $Q_{o,max}$ - se determină cu relația de forma (2.7);

Q_{ii} - debitul de calcul în sistem pentru stingerea din interior, cu hidranți interiori, a incendiilor, determinat cu relația:

$$Q_{ii} = \max \sum_1^m (n_i * q_{ii,i}) \quad (2.15)$$

unde: m - este numărul incendiilor simultane în sistemul de alimentare cu apă;

n_i - numărul de jeturi pentru combaterea din interior a incendiilor în

obiectivul i;

q_{ii} - debitul de calcul al unui hidrant interior din obiectivul i.

2 - debite de verificare a funcționării zonei (parții) II, se urmărește:

2.1 - funcționarea în sistem a hidranților (exteriori și interiori) verificând presiunile disponibile în următoarele variante:

- la hidranții exteriori, în oricare variantă normală de apariție a tuturor incendiilor simultane, cu relația:

$$Q_{IIv} = a^x Q_{o,max} + 3,6 k_p \sum_1^j Q_{ie,j} \quad (2.16)$$

la hidranți asigurându-se minim 7m CA (rețele de joasă presiune);

- la hidranți se asigură presiunea de folosire (rețele de înaltă presiune) cu relația:

$$Q_{IIv} = Q_{o,max} + 3,6 k_p \sum_1^j Q_{ie,j} \quad (2.17)$$

- pentru funcționarea eficientă a hidranților interiori (când presiunea nu este asigurată cu instalații proprii utilizatorului) la apariția și a altor incendii pe vatra localității (la care se intervine din exterior) cu relația:

$$Q_{IIv} = a^x Q_{o,max} + 3,6 k_p \sum_1^{j-1} Q_{ie,j} + 3,6 k_p (n_i q_{ii}) \max \quad (2.18)$$

2.2 - funcționarea eficientă a rețelei la debitul minim orar (program de noapte) în varianta b conform descrierii din figura 2.7.

$$Q_{IIv} = Q_{o,min} \quad (2.19)$$

unde: a - este coeficientul de presiune al rețelei de distribuție, cu valoare a = 0,7 mCA pentru rețele de joasă presiune (deservite de servicii de pompieri dotate cu motopompe) și a = 1 pentru rețele de înaltă presiune (rețeaua asigură presiunea necesară la hidranții exteriori/interiori);

j - numărul incendiilor simultane, ținând seama de alcătuirea rețelei de distribuție (ex. Zone de regimuri de înălțime diferite, zone industriale etc.);

$Q_{o,min}$ - debitul orar din ora de minim consum, stabilit cu relație:

$$Q_{o,min} = \frac{c}{4,17} \times Q_{zi,max} \quad (2.20)$$

unde: c - este procentul orar de consum;

$Q_{zi\ max}$ - exprimat în m^3 (sau litri) pe ora, poate fi considerat ca debit orar mediu în ziua de maxim consum.

3 - debite de exploatare, rezultate prin măsuratori directe, fiind dependente de modul de funcționare/întrebuințare, de condițiile de întreținere/exploatare a componentelor sistemului, dar și a consumatorilor finali. Aceste debite comparate cu cele de dimensionare/verificare dau indicații asupra calității sistemului, asupra modului de stabilire/alegere a consumatorilor specifici de apă pe categorii de utilizatori. Cu cât timpul este mai mare (la numitorul unității de măsură a debitului), pentru un obiect (sau sistem de alimentare cu apă) se poate aprecia mai corect corelarea între necesar/cerință de apă și oferta distribuitorului.

În schema din figura 2.8. prezintă variația debitului într-un sistem (punct/secțiune a sistemului) și se poate interpreta randamentul în exploatare.

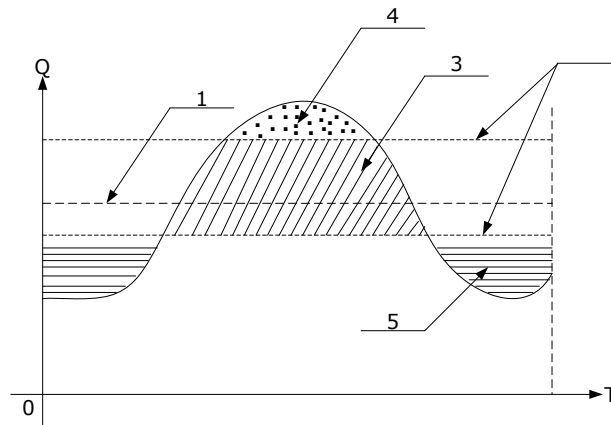


Fig. 2.8 Variația debitului într-un sistem

1 - debit de calcul/proiectare; 2 - debit de calcul/verificare; 3 - zona randamentelor bune ale obiectului (sistemului); 4 - sistem suprasolicitat; 5 - sistem supradimensionat/subsolicitat (cu disponibilitati, adica cu randament scazut)

4 - debite de evaluare, care estimează consumurile viitoare de apă pentru consumatori nominalizați, pe baza datelor privind alcătuirea și condițiile de funcționare. În prima instanță debitul mediu zilnic ($Q_{zi\ med}$) constituie debit de evaluare, afectat fiind de un coeficient k_{ev} de corecție

$$Q_{ev} = k_{ev} \times Q_{zimed} \left[\frac{m^3}{zi} \right] \quad (2.21)$$

$$k_{ev} = 2 - \frac{N_e}{N} \quad (2.22)$$

unde: N_e - populația anului de evaluare, număr locuitori;

N - populația de calcul (conform proiectului) în perspectivă, număr locuitori

Pentru sisteme de alimentare cu apă "stabile"-având o funcționare monitorizată (de cel puțin 10 ani) - evaluarea debitelor ar putea fi făcută și pe alte criterii:

a) funcție de numărul consumatorilor (populație, produse etc.)

$$Q_{ev} = \sum_1^m q_{s,x_i} : X_i, \left[\frac{m^3}{zi} \right] \quad (2.23)$$

unde: q_{s,x_i} -este debitul specific de consum/livrare pentru evaluare, pe tipuri de consumatori, stabilit cu relația:

$$q_{s,x_i} = \frac{V_s}{X_i \times T} \quad (2.24)$$

unde: V_s - este volumul de apă consumat/livrat/captat pe perioada de timp avută în vedere, m^3

X_i - consumatorul nominalizat, de tip i (om, produs, m^3 etc.);

T - numărul de zile luat în calcul.

b) funcție de lungimea rețelei de distribuție

$$Q_{ev} = q_{s,L} \times L, \left[\frac{m^3}{zi} \right] \quad (2.25)$$

unde: L -este lungimea (din perioada estimată) conductelor principale (artere);

$q_{s,L}$ -debitul specific de consum/livrare pe unitatea de lungime, stabilit prin relația:

$$q_{s,L} = \frac{\sum V_{s,an}}{\sum L_{an}} \quad (2.26)$$

unde: L_{an} -este lungimea conductelor principale (artere) din anul respectiv;

$V_{s,an}$ -volumul de apă anual consumat/livrat.

Diferența între volumul (anual sau multianual) de apă livrat și cel consumat sau între cel captat și cel livrat, respectiv între cel captat și cel consumat:

$$\Delta V_s = V_{s,am} - V_{s,av} = k_{ef} \times V_s \quad (2.27)$$

unde: am-specifică amonte (livrat, captat);

av-specifică aval (livrat, consumat), definește eficiența:

- rețelei, livrare-consum;
- tratării, captare-livrare;
- sistemului de alimentare cu apă, captare-consum.

2.I.4. Abordarea noțiunii de debit specific

Noțiunea de debit specific similară cu cea de normă specifică de consum este, prin excelență, o mărime statistică dependentă de factori:

a) subiectivi, în principal legată de comportamentul uman (stil și atitudine de viață, educație, vârstă, responsabilitate etc.)

b) obiectivi, determinați de:

- caracteristica localității/zonei;
- gradul de dotare cu instalații sanitare;
- dezvoltarea tehnică și tehnologică locală/zonală;
- situația economică/socială a consumatorilor (populației)/societății;
- contorizării (existența absența);
- procesele tehnologice;
- topografia localității/zonei;
- tradiția locală etc.

Acestea se ilustrează cu datele prezentate (tabelul 2.2.) de "Memento technique de l'eau"-Degremant, Tom 1, Ediția 1989

Locuitori	Consum specific	
	$\frac{m^3}{loc \times an}$	$\frac{l}{m \times zi}$
Populație rurală	12 ÷ 50	35 ÷ 140
Locuințe individuale	110	300
Clădiri colective		
- normale	60	160
- mare lux	200	550
Localități		
Paris	150	410
Lyon	140	385
New - York	500	1370

2.I.5. Ponderea consumurilor specifice

În prima analiză consumurile specifice (normele de consum) influențează direct valoarea debitelor de proiectare, după cum reiese din figura 2.9. Considerând debitele de calcul din zone) secțiunea I și II pentru condiții identice ale unei localități $k_{zi} = 1.15$, număr variabil de locuitori N , procese de tratare similare, $k_{zi} = 1.05$, aceeași situație a rețelelor de distribuție, $k_p = 1.15$ și consumatori de același tip/categorie de dotari coeficientului k_0 determinat pentru numărul de locuitori corespunzător ipotezei de lucru. În aceste condiții variația debitului de calcul funcție numărul de consumatori este descrisă, pe zone/sectoare de ecuațiile:

- pentru zona/sector I:

$$Q_I = a \times N, \frac{m^3}{zi} \quad (2.28)$$

unde: coeficientul unghiular al debitului $a = k_s \times k_p \times k_z \times \frac{q_{sp}}{1000}$ (2.29)

- pentru zona/sector II

$$Q_2 = b(N) \times N, \frac{m^3}{h} \quad (2.30)$$

unde: coeficientul b este dat de relația: $b = a \times k_0(N)$ (2.31)

Rezultatele calculelor sunt date în tabelul 2.3.

Influențe q_{sp} asupra Q

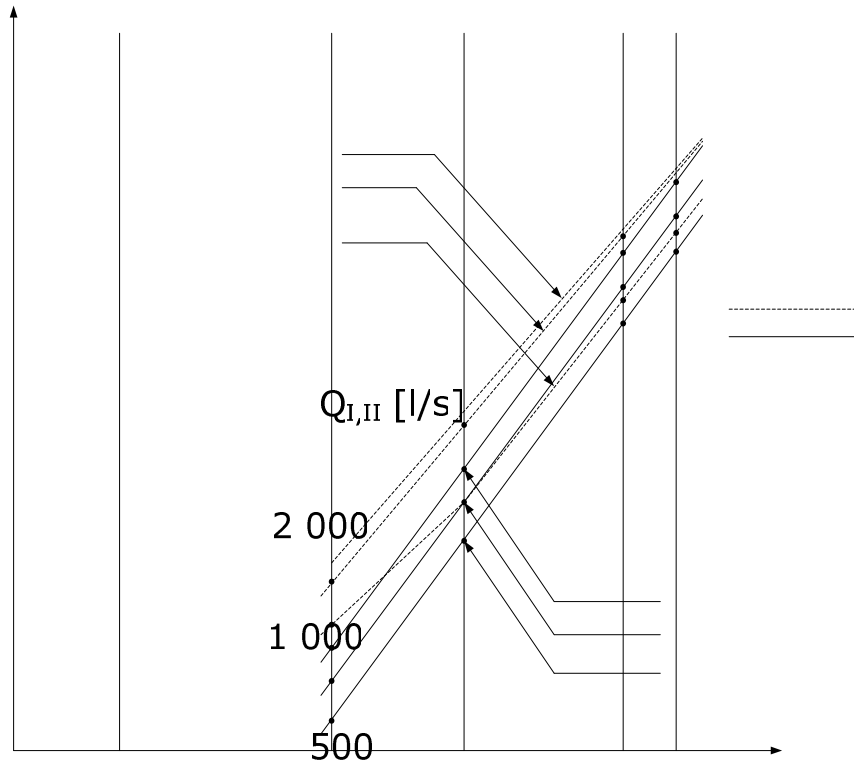
Tabelul 2.3.

q_{sp} $\left[\frac{l}{m \times zi} \right]$	N [om]	Zona			
		I		II	
		Q_I $\left[\frac{m^3}{zi} \right]$	% q_{sp}	Q_{II} $\left[\frac{m^3}{zi} \right]$	% q_{sp}
104	1 000	144,4	72	14,44	31,3
	10 000	1444,1		84,23	51,4
	100 000	14441,7		691,99	62,6
	200 000	28883,4		1323,80	65,5
130	1 000	180,5	72	18,05	31,3
	10 000	1805,2		105,30	51,4
	100 000	18052,1		864,99	62,6
	200 000	36104,2		1654,76	65,6
156	1 000	216,6	72	21,66	31,3
	10 000	2166,2		126,35	51,4
	100 000	21662,5		1037,99	62,6
	200 000	43325,1		1985,72	65,5

Influența debitului specific/normei specifice (în exemplul propus) asupra debitelor de calcul, pe zone (secțiuni) este diferită:

- 1) constanta pentru construcțiile/instalațiile de captare stații de pompare treapta I, aducțiune stație de tratare și înmagazinare;
- 2) variabila pentru stații de pompare treapta II, distribuție.

Aceste diferențe vin să ilustreze debitele între necesarul și cerința de apă asociate caracteristicilor sistemului (mărime, zona climatică, surse de apă).



Q_{II} (156)

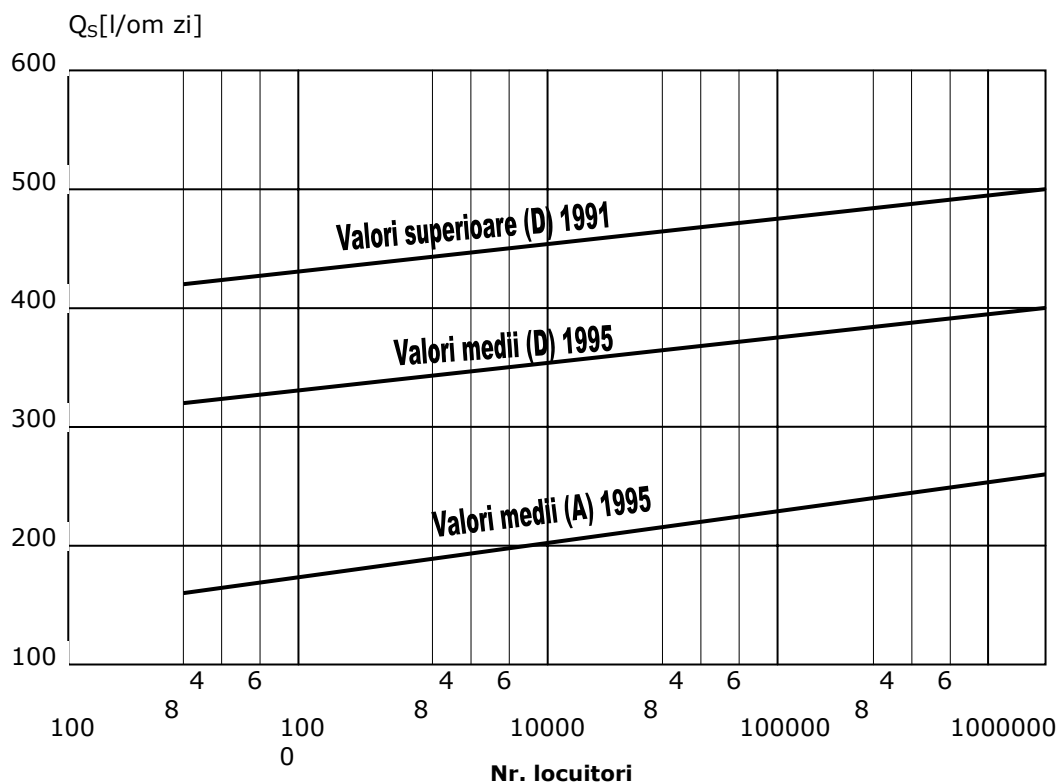
Q_{II} (130)

Q_{II} (104)

Diferențele între valorile debitelor de calcul, justificate prin funcționalitatea sistemului de alimentare cu apă și prin numărul de consumatori/utilizatori, sunt mai mari la număr scăzut de locuitori echivalenți și se micșorează până la o diferență de 13,3% (sistem cu $k_s = 1,03$ - apă brută necesitând o tratare sumară) la localități cu peste 200 000 locuitori echivalenți.

Din graficul prezentat în figura 2.9 mai rezultă rolul de înmagazinare al rețelelor la număr de locuitori (echivalenți) redus, datorită ponderii reduse a consumului față de debitul de calcul/dimensionare. Această constatare (evidență) impune o atenție suplimentară în exploatare: limitarea staționării apei în rețeaua de distribuție (controlând vitezele de mișcare a apei) prin configurația acesteia și amplasarea corespunzătoare a cisternelor publice și/sau hidranților (de stropit, respectiv de incendiu exterior)

Mai este de precizat că între debitele specifice de apă și numărul beneficiarilor (locuitorilor) este o interdependență arătată de Prof. Ion Mirel conform graficului din figura 2.10 (unde sunt precizate țara și anul).

Figura 2.9.1 Dependența $q_{sp} - N$

Se Observă că sporirea numărului de locuitori este însoțită de creșterea consumului specific. În prezent proporțiile între $q_{sp} - N$ își păstrează legea de variație dar cu scăderea semnificativă în "defavoarea" lui q_s .

2.I.6. Cerințe pentru sistemul de alimentare cu apă

2.I.6.1. Cerințe pentru captările de apă

Prima componentă a unui sistem de alimentare cu apă este sursa de apă (dacă apă este folosită din sursă - direct - suntem în fața unui sistem "primitiv" de apă constituit din sursă; dacă însă apa sursei primitive o folosim la o distanță, chiar mică, mai apare o componentă a sistemului, anume transportul). O sursă amenajată ne asigură o captare de apă.

Captarea cuprinde totalitatea construcțiilor și instalațiilor necesare pentru prelucrarea apei din sursă naturală și pusă în circuitul sistemului pe care-l

deservește. Captarea, ca alcătuire, diferă de la o sursă la alta - ape subterane, râuri, lacuri etc. - dar nu poate lipsi din niciun sistem de alimentare cu apă.

Ca structură, o captare completă are în componență:

- priza de apă, reprezentând elementul prin care apa intra în sistem;
- lucrări de asigurare a debitelor (și nivelurilor), cum pot fi: puțuri, drenuri, foraje (ape subterane), criburi, praguri de fund, baraje, ferestre etc. (ape de suprafață);

- lucrări de amenajare a zonei de captare (diguri, piuteni, apărari de mal, sanțuri de gardă etc)

- lucrări de protecție (îngrădiri, bornări etc.)

Criteriile de alegere a sursei de apă au în vedere:

- debitul cerinței de apă;
- calitatea apei (care să necesite intervenții cât mai "simple" pentru a corespunde solicitării consumatorilor);

- siguranța în funcționare/exploatare;

- eficiența economică (să asigure costul minim pe m³ de apă vândută consumatorului);

- să respecte cerințele sistemului de gospodărire a apelor caruia îi aparține;

- intervenții care să schimbe cât mai puțin mediul natural (protecția mediului);

- optimizarea criteriilor/condițiilor de dimensionare.

2.I.6.2. Cerințe pentru aducțiuni

Aducțiunea de apă, sau apeductul, este componenta sistemului de alimentare cu apă constituită din construcții și instalații ce au rolul de a transporta (conduce) apă de la captare-gravitațional sau prin pompare-la rezervoare de înmagazinare și compensare sau la stația de tratare. Aducțiunile sunt realizate în diverse forme (circulare, ovoidale, trapezoidale, dreptunghiulare, compuse), din materiale diferite (caramidă, piatră, beton, metal, lemn) în care curgerea apei este cu nivel liber sau la plin (sub presiune).

Pe lângă condițiile hidraulice aducțiunile mai trebuie să satisfacă cerințele legate de:

- protecția calității apei (împotriva poluării/înfestării cu agenți atmosferici sau din de suprafață sau subterane);

- asigurarea etanșității;

- asigurarea rezistenței și stabilității tuturor obiectivelor;

- alegerea corectă a traseului în așa fel încât linia piezometrică (pe profilul în lung) să nu coboare, în niciun punct, sub cota superioară a secțiunii, pentru curgerea sub presiune, iar la curgerea gravitațională linia piezometrică să fie paralelă cu nivelul apei;

- protecția împotriva înghețului și/sau formării zoiului;

- asigurarea siguranței în funcționare/exploatare;

- dimensionarea optimizată.

Cerințele pentru aducțiuni se extind și asupra construcțiilor/instalațiilor anexe: cămine de golire, aerisire, ramificații, vane de linie, de debitmetre, masive de ancoraj, traversări/subtraversări.

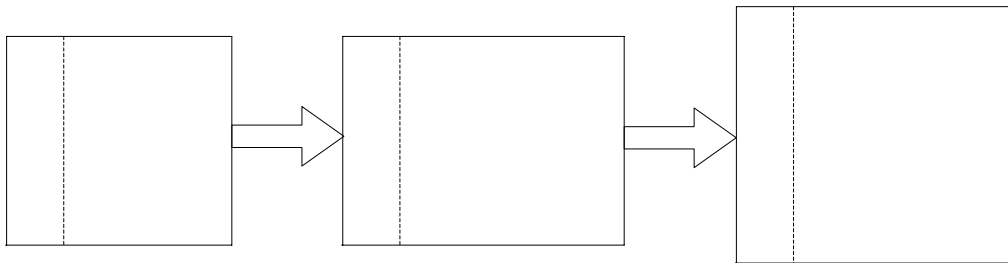
2.I.6.3. Cerințe pentru stații de tratare

Complexitatea stației de tratare este, ca structură, dată de calitatea apei primită de la sursă și de mărimea sistemului (numărul și felul consumatorilor/folosințelor).

Felul instalațiilor de corectare a calității apei rezultă din compararea caracteristicilor organoleptice, fizice, chimice, biologice și bacterologice ale apei (caracteristica radioactivitate poate apărea doar accidental; sursele cu apă

radioactivă ($\alpha \geq \frac{1Bq}{l}$) luate în considerare decât în scopuri terapeutice și în condiții

speciale/specifice), oferind schema/schemele de tratare. În principiu-conform schemei din figura 2.10 tratarea apei în stațiile de tratare (uzine de apă) urmează, cu viteză mult mai mare, procese similare întâlnite în natură.



Pentru a fi trimisă consumatorilor de apă preluată din surse (din natură) apa este supusă unor procese fizice/chimice/biologice/bacterologice, în urma cărora este limpezită, modificată ca și caracteristici chimice și dezinfectată. Procesul de tratare este pus de acod cu cerințele calitative ale celui mai exigent consumator din sistem.

Deoarece între stația de tratare și consumatori, apa poate suferi modificări calitative-figura 2.11.

L
I
M
P
E
Z
I
R
E

• sedimentare

• coagulare

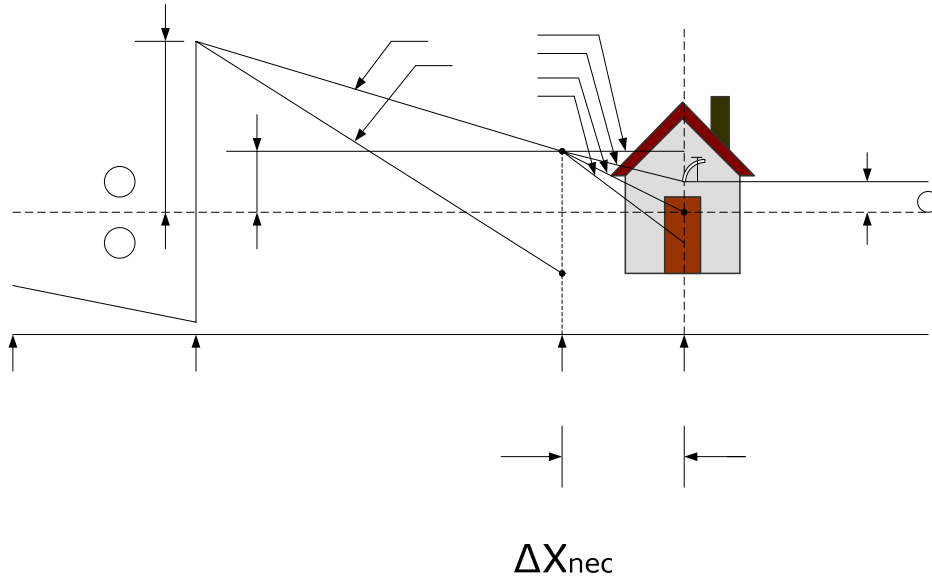
• filtrare

T C
R H
A I
T M
A I
R C
E A

• aerare

• oxidare

• reactii ox



a) Procesul de tratare - asigurat în stația de tratare - trebuie să aibe în vedere - ca prima cerință - asigurarea calității apei în sistem și la fiecare consumator /branșament.

Conform celor prezentate în figura 2.11 la stația de tratare este recomandat a avea o apă cu caracteristici calitative superioare celor necesare/admise (X_{ad}) - spre exemplu datele din tabelul 2.4

Caracteristici recomandate la SE

Tabelul 2.4

CARACTERISTICA U.M.	VALORI	
	admise	asigurate
• culoare $\frac{mg}{l}, Pt - Co ;$ Caracteristici recomandate la SE	15-30	≤ 10
• turbiditate $\frac{mg}{l}, SiO_2 ;$	5 - 10	≤ 2
• conductivitate $\frac{\mu S}{cm(20^0 C)} ;$	600-900	≤ 400

Fig. 2.11 Evoluția ca

C - captare; ST - stație tratare; B - branșamente; I - înmagazinare; D - distribuție; I.I - instalație calitate admisă; 1, 2 - variante de evoluție ca

• cloruri	$\frac{mg}{l}, Cl^{-};$	250-400	≤ 200
• aluminiu	$\frac{mg}{l}, Al^{3+};$	0,05-0,2	$\leq 0,05$
• reziduu fix	$\frac{mg}{l}$	100-1200	≤ 100
• substanțe organice	$\frac{mg}{l}, CCO - Mn;$	10-12	≤ 8
• trihalometani (total)	$\frac{mg}{l};$	0,1	Lipsă/ urme
• număr total bacterii	$\frac{37^{\circ}C}{cm^3}, \left(\frac{UFC}{cm^3}\right)$	> 20	< 10
• volumul sestanului,	$\frac{cm^3}{m^3}$	1	$< 0,5$

Aceasta înseamnă că este asigurată de relația:

$$\Delta X_{nec} = X_d - X_{ad} > 0 \quad (2.32)$$

pentru a avea la bransament siguranța:

$$\Delta X_s = X_d - X_{ad} > 0 \quad (2.33)$$

iar la consumatorul nominalizat (situația cea mai defavorabilă în instalații sanitare interioare)

$$X_{med} - X_{ad} = \Delta X_+ > 0 \quad (2.34)$$

Este evident că variantele 1a, 1a₁ și 1b sunt admise, iar variantele 1c și 2 sunt inadmisibile.

Intensitatea proceselor de tratare a apei trebuie să conducă la o eficiență peste 100%, conform relației:

$$E\% = \frac{X_{ad,i} - \Delta X_i}{X_{ad}} \times 100 \quad (2.35)$$

unde: X - este caracteristica calitativă i (organoleptică, fizică, chimică, biologică, bacterologică, radioactivă, considerată și prelucrată în sensul acțiunii \oplus sau \ominus ; adaptarea corespunzătoare a relației este necesară pentru pH, O₂ dizolvat, caracteristicile ca valori admise "lipsă"/"zero")

$$\Delta X = X_{d,i} - X_{ad,i} \quad (2.36)$$

indicii: ad = admis;

d = determinat/măsurat.

Atunci Când $\Delta X_i > 0$ eficiența este sub 100% (apă calitativ necorespunzătoare pentru indicatorul calitativ i), iar dacă $\Delta X_i < 0$ sunt asigurate premisele ca la consumator să ajungă o apă de calitate corespunzătoare.

b) O altă cerință pentru stația de tratare este aceea ca profilul său tehnologic să rezulte în urma unor studii (minim de laborator, ideal pe stații pilot) cu ape (brute) din sursă aleasă extinse pe minimum un an (variabilitatea caracteristicilor calitative a apei brute să fie acoperită). Acuratețea (și extinderea) studiilor este proporțională cu importanța obiectivului (se poate citi "cu fondurile" alocate/disponibile).

c) În stabilirea profilului tehnologic al stației de tratare (de exemplu preoxidarea cu doză mică de O_3 după reținerea mecanică a impurităților, dezinfecție cu Cl_2O_2 amonte de filtrare, dezinfecție cu O_3 după filtrare și clorurare de siguranță la pompare în rețeaua de distribuție, uzina San Rose, Laval, Canada)

d) Optimizarea hidraulică a funcționării construcțiilor/instalațiilor de tratare conduce la mărirea/asigurarea eficienței (de exemplu dispersia apei cât mai uniformă în decantare, filtre, contactoare de ozon/dioxid de clor a reactivilor în camerele de amestec)

e) Reducerea consumurilor energetice în uzinajul tratării prin poziționarea judicioasă a construcțiilor/instalațiilor, pe verticală și orizontală. De aceeași atenție vor beneficia compresoarele, suflantele, pompele de dozaj etc.

f) Prelucrarea metalelor/suspensiilor reținute pe grătare/site/membrane sau în deznisipătoare/decantare, din apa de spălare a filtrelor, în vederea valorificării/depozitării corecte care să asigure protecția mediului.

g) Reducerea suprafețelor ocupate de construcțiile/instalațiile tehnologice de cladirile anexe (birouri, laboratoare, depozite, camine, canale, conducte etc.) căi de acces, platforme etc., în scopul optimizării coeficientului de ocupare a terenului.

h) Prin concepție, construcțiile și instalațiile din procesul tehnologic să asigure o flexibilitate dublă: una legată de variabilitatea debitelor de tratat-extindere (de preferat) sau restrângere (de nevoie) iar a doua legată de înlocuirea unor reactivi (sulfat de aluminiu cu clorură ferică, varul cu aluminatul de sodiu ș.a.m.d.), agenți oxidanți sau chiar a unor principii de funcționare hidraulică a unor reperi (exemplu: transformarea decantoarelor orizontale în decantoare orizontale și lamelare/tubulare), sau gruparea pompelor (cu turatie variabilă și cu turatie constantă).

i) Cerința asigurării automatizării în funcționare/exploatare poate conduce la siguranța în uzinaj, reduceri de cheltuieli (generale), diminuarea consumurilor energetice, ușurarea monitorizării.

j) Dimensionarea optimizată a fiecărui reper (construcție/instalație) în contextul funcționării optimizate a stației de tratare.

2.I.6.4. Cerințe pentru rezervoarele de înmagazinare

Înmagazinarea reprezintă "banca" de apă și se face atât pentru apă brută (poldere, acumulari/baraje) cât și pentru apă tratată; fiecare dintre acestea, pe lângă cerințele de ordin general (capacitatea de acumulare în concordanță cu funcționalitatea sistemului hidroedilitar; condiții de protecție/conservare a calității

apei; optimizarea poziției/amplasării - distanța, cota-; asigurarea condițiilor pentru dezvoltarea/extinderea etapizată; amplasarea corectă/avantajoasă a camerei vanelor) necesită și cerințe specifice (în funcție tip, formă, legatură la sistem). Dintre acestea se menționează: asigurarea rezervei intanfibile de incendiu, dotarea cu instalații de iluminat sigure, compartimentarea și funcționarea legăturii între compartimente (închis/deschis) pentru o exploatarea corespunzătoare. În plus, se mai au în vedere cerințele:

- terenul de fundare (pentru rezervoare și castele de apă) să aibe aceleași caracteristici de rezistență și trasabilitate pe toată suprafața ocupată;
- când, din punct de vedere constructiv se impune prevederea rosturilor de dilatare, acestea vor fi rezistente și etanșe;
- pe interior se folosesc tencuieli hidrofuge de calitate (ca rezistență și calitate);
- asigurarea zonei de protecție sanitară (a rezervorului propriuzis);
- conferirea de caracteristici (forma, materiale, prezentare) estetice.

2.I.6.5. Cerințe pentru stații de pompare

Stațiile de pompare (ansamblu de construcții, instalații și utilaje/echipamente care au rolul de ridicare a energiei cinetice a apei) pot fi amplasate în mai multe puncte ale sistemului hidroedilitar, pentru mai multe tipuri/caracteristici de apă. O stație de pompare are ca structură/alcătuire următoarele componente principale (care la rândul lor au cerințe specifice)

- bazin de aspirație/recepție;
- casă/platforma pompelor;
- agregate de pompare (motor, cuplaj, pompă);
- echipamente și instalații (sorburi, conducte de aspirație și de refulare, vane, clapete etc);
- apăratura de măsură și control;
- instalații de forță și iluminat;
- sisteme/instalații auxiliare;

Se propune în figura 2.12 – o schema de clasificare a stațiilor de pompare, cu funcționare în domeniul hidroedilitar, din care să reiasă aspectele generale, particularitățile constructive și de exploatare.

Parametrii care caracterizează, în principiu, o pompa sunt:

- debitul (în l/s ; m^3/h);
- înălțimea de pompare (mCA); Q;
- înălțimea de aspirație (mCA); H;
- puterea utilă (CP la arborele pompei și în kW la arborele motorului), P;
- turație $\left[\frac{rot}{min} \right]$, n;
- randamentul (numeric sau în %), η .

Între acești parametri (notând cu γ greutatea specifică) relația de legatură este:

$$N = \frac{\gamma \times Q \times H}{N_r \times \eta}, \quad (2.37)$$

în care: N_r are valoare: 1) 75 pentru N în CP (la arborele pompei);

2) 102 pentru N în kW (la arborele motorului);

η randamentul: 1) $\eta = \eta_p$ (pompa);

2) $\eta = \eta_p \times \eta_t \times \eta_m$

unde: η_p este randamentul pompei;

η_t este randamentul transmisiei/cuplajului;

η_m este randamentul motorului (de antrenare).

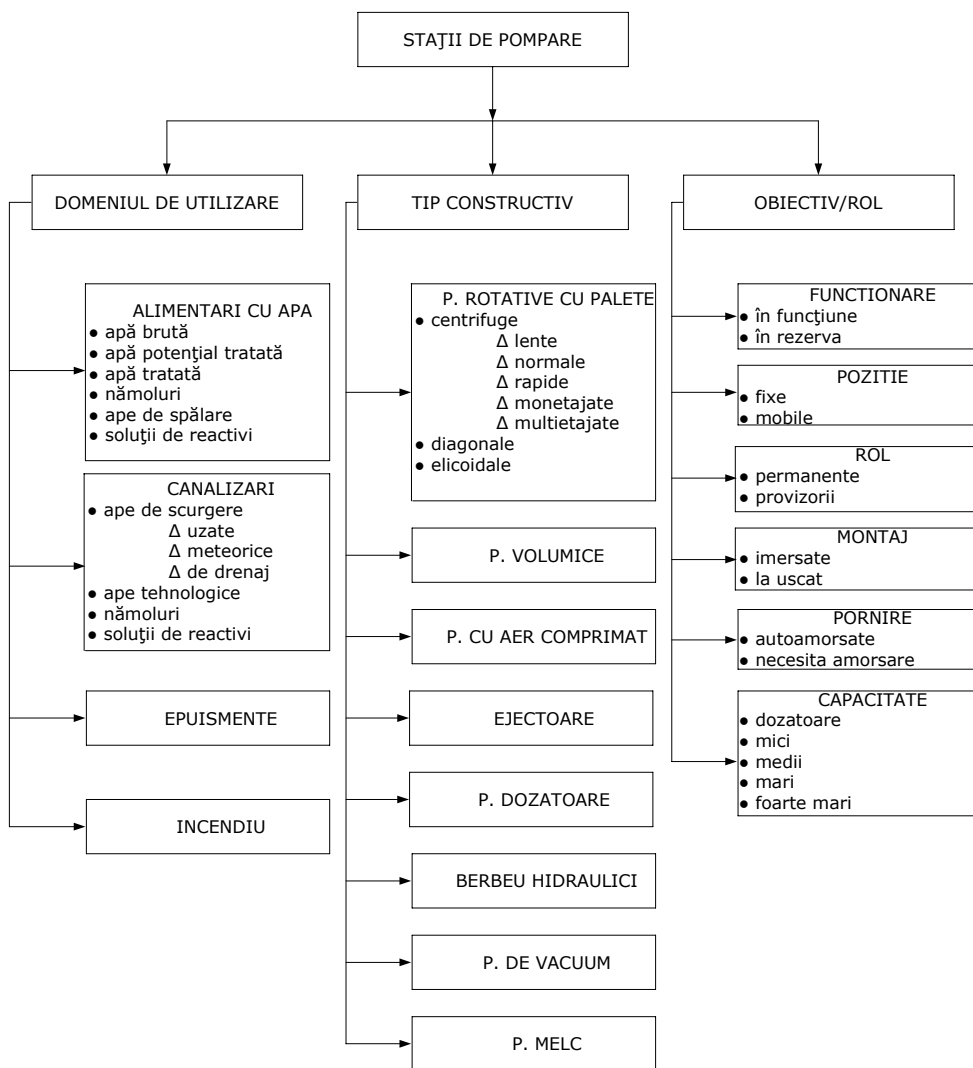


Fig. 2.12 Clasificarea pompelor

La cuplajul pompelor (paralel - pentru mărirea debitului -, sau serie - pentru sporirea înalțimii de pompare -) puterea N_c se determina cu relația de forma:

$$N_c = \frac{\gamma \times Q \times H}{N_r \times \eta} \times k \times m, \quad (2.38)$$

în care: k este coeficientul de cuplaj (pentru mQ în cazul grupării în paralel, respective pentru mH în cazul grupării în serie a agregatelor de pompare);

m - numărul agregatelor în funcțiune simultană.

Pentru pompele rotative cu palete (marea majoritatea în dotarea sistemelor hidroedilitare) paramentru de start îl constituie turația specifică, care este/reprezintă turația unei pompe etalon, geometria similara a pompei, materiale

care au același randament volumic și hidraulic, dar $Q_E = 0,075 \frac{m^3}{s}$ și

$H_E = 1mH_2O$ pentru o putere utilă $N_E = 1$ CP; relația de calcul este:

$$n_s = 3,64 \times n \times \frac{Q^{0,5}}{H^{0,75}}, \quad (2.39)$$

în care: n_s - turația specifică, în $\left[\frac{rot}{min} \right]$;

Q, H, n - parametrii pompei materiale (din natura), respectiv în m^3/h , mH_2O , $\left[\frac{rot}{min} \right]$.

Cu turația ca paramentru determinant, în baza legilor de similitudine, au fost stabilite variațiile celorlalți parametri (Q, H, N), adică:

$$\frac{Q}{Q_0} = \frac{n}{n_0}; \frac{H}{H_0} = \frac{n^2}{n_0^2}; \frac{N}{N_0} = \frac{n^3}{n_0^3}, \quad (2.40)$$

unde indicele "0" se referă la parametrii cunoscuți ai pompei (indicate de firma productoare), iar cei fără indice sunt parametrii cautați pentru turația n dată.

În vederea îmbunătățirii randamentelor agregatelor de pompare se acționează asupra diametrelor rotorului (agregatelor existente/"vechi") în sensul reducerii acestuia, rezultând:

$$\frac{Q}{Q_0} = \frac{D_{red}}{D_0}; \frac{H}{H_0} = \left(\frac{D_{red}}{D_0} \right)^2; \frac{N}{N_0} = \left(\frac{D_{red}}{D_0} \right)^3, \quad (2.41)$$

Reducerea/micșorarea diametrului rotorului este în funcție de turația pompei: la turații specifice mici reducerea este mai mare (ex. $n_s = 200 \div 300$; reducerea lui D_0 poate fi de $10 \div 7$ %), conducând, în final, la agregate noi cu parametrii modificați (care la o intervenție juducioasă pot contribui la diminuarea costurilor/consumurilor energetice, mai ales în situațiile în care, din cauza evoluției consumurilor - scaderea acestora pot fi îmbunătățite curbele de randament). O pompa rectificată costă mult mai puțin decât una nouă.

a) Bazinul de aspirație/recepție are ca scop primirea și înmagazinarea (după caz/scop) apelor care trebuie să fie pompate. Este posibil ca o construcție a sistemului să aibe și acest scop; spre exemplu: rezervoarele de înmagazinare, coloana filtrantă a forajului, camera de nămol etc.

Pe lângă cerințele de ordin constructiv; rezistența și stabilitate; etanșitate perfectă; amplasament corect; asigurarea etanșității; asigurarea comunicării cu exteriorul; asigurarea unei ventilații corespunzătoare, sunt de menționat cerințele hidraulice: corelarea nivelurilor cu volumul și debitele; optimizarea volumului funcție de debitele de intrare - ieșire; asigurarea volumului minim, necesar menținerii nivelului de protecție împotriva apariției fenomenului de vortex.

b) Casa/platforma pompelor trebuie să asigure condiții de înlocuire (la nevoie) a agregatelor de pompare - ridicare și transport cu poduri înlante; introducere - scoatere din incinta; să asigure spații de montaj rationale/optimizate pentru agregate, echipamente și instalații; să ofere condiții de protecție a muncii și de circulație în siguranță.

c) Agregatele de pompare trebuie să acopere integral parametrii de funcționare (Q, H) iar tipul și numărul lor va fi optimizat pe baza siguranței în exploatare, reducerii consumurilor de energie, minimizării costurilor de exploatare și întreținere. Se va avea în vedere funcționarea automatizată a sistemului, urmărindu-se (pe lângă cele menționate) prelungirea duratei de funcționare și reducerea cheltuielilor.

De asemenea, pentru o exploatare corespunzătoare a unui, respectiv tuturor agregatelor de pompare, este necesară cunoașterea (tuturor/inventarul echipamentelor) și esențial, cunoașterea curbelor caracteristice/funcționale. În timp, curbele caracteristice suferă modificări, urmare a uzurii sau modificărilor de altă natură, fapt care impune/atrage după sine determinarea periodică a caracteristicilor funcționale a agregatelor de pompare.

O alta cerință, importantă pentru sistemele hidroedilitare în general, dar și pentru agregatele de pompare, o constituie integrarea în strategia energetică adoptată.

d) Prima cerință impusă echipamentelor și instalațiilor (conducte, piese de legatură, armături, tablouri de comandă, relee etc.) este de a fi compatibilă - ca tipodimensiuni, caracteristici funcționale și hidraulice, putere, anduranta, materiale - cu agregatele de pompare pentru care lucrează.

Dimensionarea sau alegerea echipamentelor și instalațiilor trebuie să fie în concordanță cu capacitatea sistemului în care funcționează. Se montează în așa fel încât să fie accesibile și să permită (în caz de nevoie) intervenții facile.

Pozitionarea lor trebuie să le permită funcționalitatea, să asigure parcurșuri minime, pe cât posibil lineare, schimbările de direcție să fie minime/optimizate pentru a diminua pierderile de sarcină (respectiv pentru a economisi energie/costuri).

Totodată se cer instalații care să protejeze agregatele de pompare:

- de presiuni minime, ca de exemplu: volant pe arborele motor, rezervor de apă pe conducta de refulare (cu nivel liber sau cu membrana); ventil de vacuum;

- de presiuni maxime, prin folosirea de: clapete cu opturator (clapete gaurite); conducta de ocolire (by-pass); rezervor cu perna de aer în aval de clapeta; ventile de siguranță (vane speciale).

e) Aparatura de măsură și control - pentru determinarea și/sau înregistrarea și stocarea datelor: presiune, debit, temperatura, alte caracteristici specifice: pH-ul, conductivitatea, turbiditate/conținut de suspensii etc. Trebuie să aibe plaja de măsură corespunzătoare domeniului de funcționare (valori minime - maxime), să fie fiabile, să fie compatibile sistemului integrat din care pot face parte.

f) Instalația de forță și lumină se cere (în funcție de mărime/importanță) să aibe surse multiple (2 racorduri de înalta tensiune tensiune), grup/grupuri electrogen (cu actionari la intervale de timp programate) și (în cazuri de importanță

deosebita) acumulatori, care să asigure puterea pe perioada de timp necesară pornirii (automare) și intrare în sarcina de regim a grupului electrogen. Cablurile, aparatele de protecție și de măsură trebuie să fie fiabile, să corespundă utilizării, să ofere condiții de montare, exploatare și întreținere corespunzătoare. Toate instalațiile de forță și lumină aparținând stațiilor de pompare să fie realizate/executate antiexploziv. Se prevăd instalații de împământare și paratrasnet.

g) Instalația de comandă și automatizare se cere să fie compatibilă, fiabilă, sigură, protejată împotriva interferențelor, ușor de accesat/exploatat și de întreținut. Se impune asigurarea de surse duble/multiple de alimentare cu energie electrică, precum și sisteme de protecție împotriva variațiilor de tensiune/intensitate a curentului electric.

h) Instalațiile auxiliare asigură buna funcționare a stațiilor de pompare. Aceste instalații sunt: poduri rulante, macarale, instalații de încălzire/răcire, instalații de ventilare, instalații de telecomunicații (telefon, radio, internet), ateliere (mecanice, electrice, electronice), magazii de mână, grupuri sanitare. Acestea li se cere a fi funcționale, adecvate ca și capacitate, fiabile, de calitate, amplasate corespunzător.

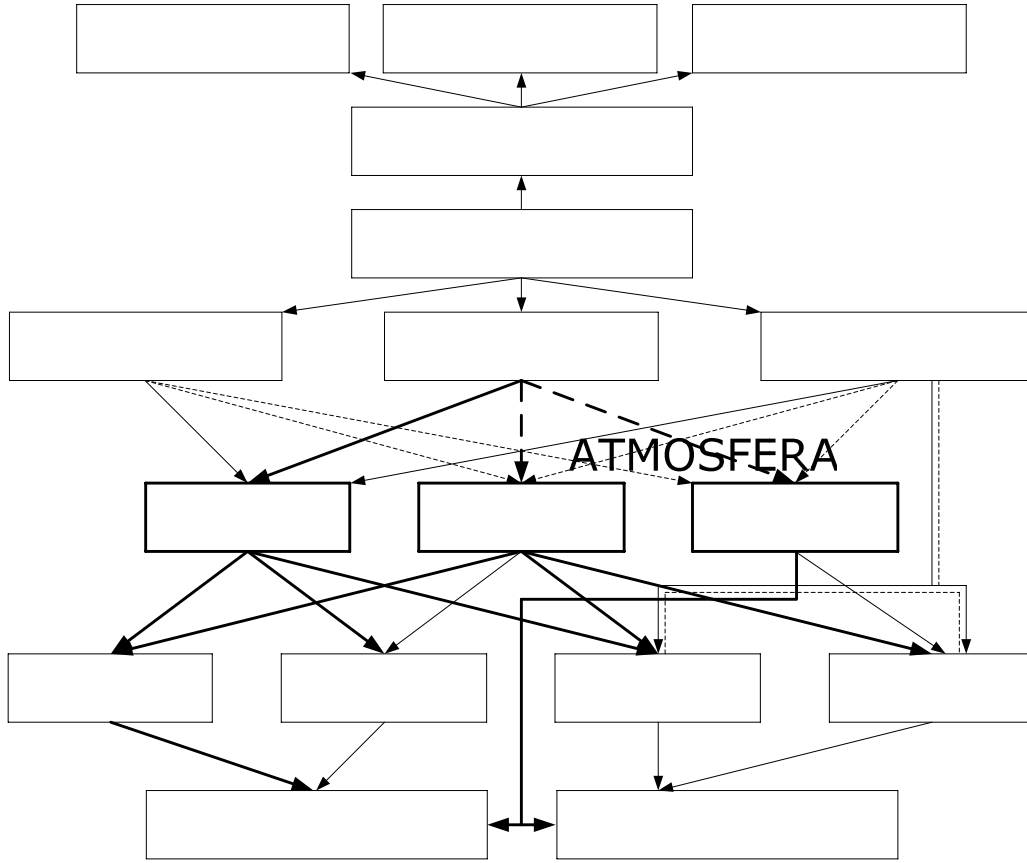
2.II. CANALIZARE

2.II.1 Noțiuni introductive

Toate rezidurile din centrele populate, industriale etc. Trebuie îndepărtate continuu, în mod organizat și cât mai repede. Rezidurile – figura 2.13 trebuie să fie avute în sub control.

Se precizează ca apele uzate orașenești întrunesc (au în compoziție) toate tipurile de reziduri, acesta observație are acoperire pentru localitățile mari, dezvoltate.

În unele țări rezidurile conțin o cantitate semnificativă din rezidurile solide provenite din gospodărie, acestea fiind zdrobite și evacuate hidraulic (fără mătura resturilor de legume, fructe, alimentate poate fi făcută local – la spalatoarele dotate cu zdrobitor -, sau la scară sau cladire cu mașini de fără mătura mari).



SO

POLUA

REZI

SOLIDE

LICH

2.II.2 Categoriile de ape de scurgere

Se consideră reziduu totalitatea substanțelor dizolvate sau nu în apă transportate de acestea. După proveniența rezidurilor lichide – numite și ape reziduale sau de scurgere – acestea se pot clasifica în:

- ape uzate/reziduale menajere sau comunale, care rezultă din folosirea apei potabile;
- ape uzate/reziduale industriale, provenite din folosirea apei în diferite procese tehnologice/industriale;
- ape uzate/reziduale zootehnice;
- ape uzate/reziduale provenite din drenajul depozitelor de găuri;

NOCIVE

TOX

ORGANICE

ANORGANICE

- ape meteorice impurificate de contactul cu atmosfera/suprafețele de surgere

Apele uzate sunt caracterizate de caracteristicile:

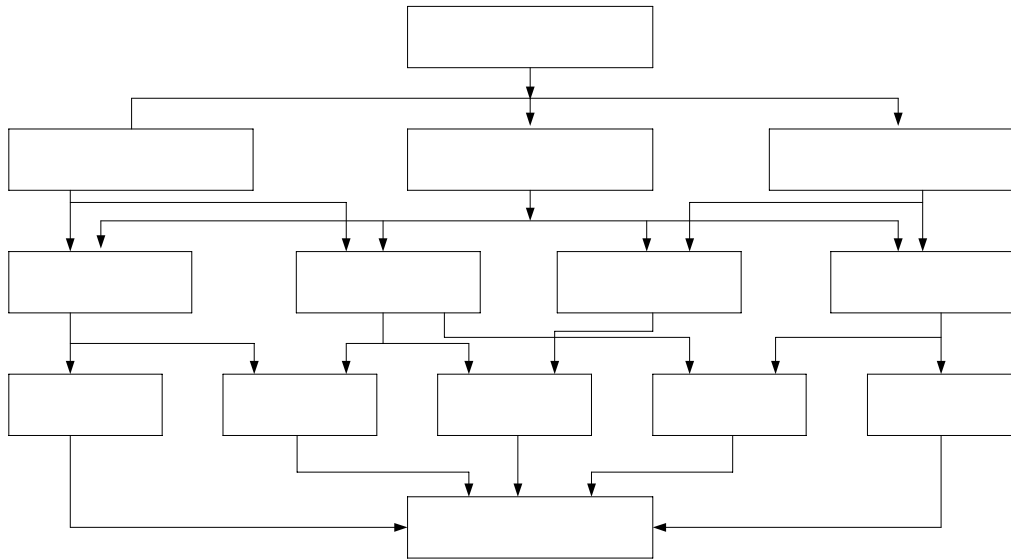
- a) fizice: turbiditatea; culoare; temperatura; mirosul;
- b) chimice: materii solide totale; oxigenul dizolvat (deficitul de oxigen); consumul biochimic de oxigen – CBO_5 , CBO_{20} – (descoperirea biochimica); consumul chimic de oxigen – CCO – (oxidabilitatea azotului; fosfați; clorurile și sulfurile, acizi volatili, grasimi și uleiuri; gaze; aciditate/alkalinitate (pH); putrescibilitate, stabilitatea, stabilitatea relativa; detergenți; alte elemente/substanțe)
- c) bacteriologice: colibacili (titrul coli); numar bacterii (banale, coliforme, saprofite, patogene, bacteriofagii, virusuri, fagii);
- d) biologice: ciuperci; alge; protozoare; rotiferii; larve de insecte; viermi; melci; plancton; specii polisaprobe; specii α -mezosaprobii; specii β -mezosaprobii; specii oligosaprobii;
- e) radioactive: radionuclizi α, β, γ

2.II.3 Importanța sanitară a apelor reziduale

Prin conținutul lor apele reziduale pot contribui direct sau indirect la îmbolnavirea omului (sporadic sau prin epidemii – figura 2.14 -).

Cu aceeași măsura conținutul de substanțe toxice din apele reziduale (cu o frecvență tot mai mare și concentrații sporite) produc un numar tot mai mare de intoxicații, prin contact direct, dar mai ales indirect, prin intermediul alimentelor și chiar al apei potabile.

De asemenea, datorita conținutului ridicat de substanțe organice oxidabile, prin procese biologice și chimice se reduce cantitatea de oxigen din apă cu efecte negative asupra organismelor acvatice și a proceselor biologice, determinând fenomene de putrefacție, fermentare aeroba sau anaeroba producătoare de gaze toxice. Ca efect direct este frânarea proceselor autoepurare, fapt care duce la ruperea echilibrelor ecologice. O altă consecință este dată de distrugerea faunei și florei acvatice; prin afectarea pestilor apar și efecte economice negative.



Ape de siroire

2.II.4. Schema sistemului de canalizare

Lucrările de canalizare, în situația generală, cuprind: rețeaua de canale (canalizare); stații de pompare (în rețea și la stația de epurare); lucrări de înmagazinare (retenție); lucrări de artă (camine de record, de vizitare, de spălare, de rupere de pantă, guri de scurgere, guri de zapădă, deversoare, sub și supratraversări de râuri, Văgășii/Ferărie/Filimon, s.a.); stații de preepurare; stații de epurare; canale de evacuare/descarcare și guri de vărsare. Principial o rețea de canalizare este prezentată în figura 2.15.

Îngrijiți/Infiltrati

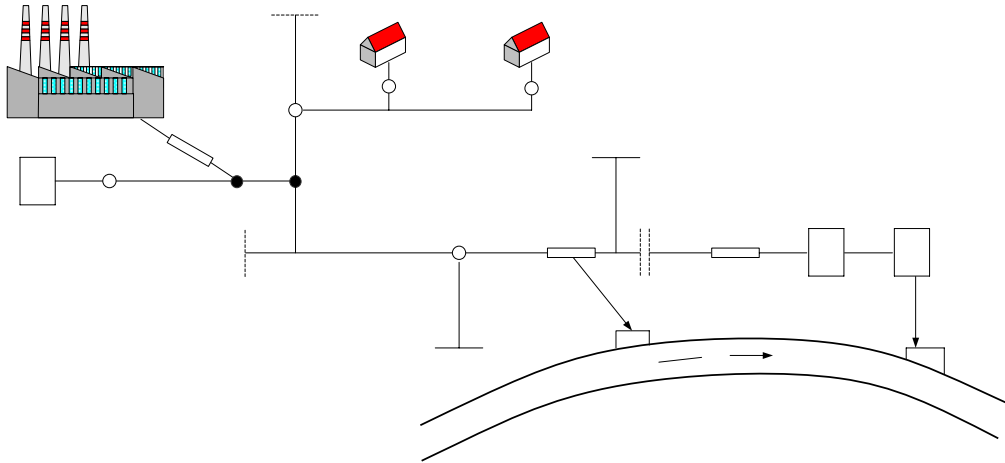
Ape curgătoare și lacuri

Aerosoli

Culturi

Aliment
ap

Fig. 2.14 Căi de transmitere



Alcatuirea și configurația sistemelor de canalizare este determinate de o multitudinea de factori:

- mărimea și specificul localității/industrii etc.;
- importanță și caracteristicile locale;
- topografia (relieful) locului;
- cursurile de apă din localitate sau vecinătate (și caracteristicile hidrologice ale acestora)

CV

C.S.

CR

INDUSTRIE

SPE

EV
CR

2.II.4.1.

După modul în care rezidurile dintr-o localitate sunt colectate și evacuate sistemele de canalizare pot fi:

- a) zonale, când apele uzate (reziduale) din mai multe localități, având și trasee de canale comune (sau nu) ajung în aceeași stație de epurare;
- b) comunitare, sistemul deserveste o singură localitate;
- c) multiple, o localitate are doua sau mai multe sisteme de canalizare funcționând independent
- d) locale, când fiecare gospodarie/grup mic de gospodarii își rezolva pe "cont propriu" colectarea și evacuarea apelor uzate (este cazul latrinelor cu rezervor, cu tanc septic sau cu rezervor/tanc de retenție; acestea periodic trebuie să fie curățate/vidențiate).

C.S.

2.II.4.2.

După proveniența apelor de scurgere rețelele de canalizare pot fi:

- a) în sistem separativ, colectarea făcându-se în rețele separate pentru apele uzate și pentru apele meteorice;
- b) în sistem unitari, când toate categoriile de ape sunt colectate și transportate cu același sistem de rețele;
- c) sistem mixt, o combinație a celor două; în porțiunea amonte sistemul este separativ.

Fig. 2.15 Sche

2.II.4.3.

Asigurarea curgerii apei în rețele de canalizare se face:

- a) gravitațional;
- b) prin pompare;
- c) la vid;
- d) mixt.

a) Sistemul de transport ape de scurgere cel mai răspândit este cel gravitațional (cu avantajele și dezavantajele sale). În esență, prin concepție și realizare trebuie asigurate condițiile de antrenare a particulelor solide de către curentul lichid.

Forțele care acționează asupra particulei solide (reziduri) într-un curent lichid sunt:

- forțe mașice, proportionale cu masă particulei și anume:
 - G , forța de greutate,
 - F_A , forța arhimedică,
 - F_I , forța de inerție,
 - F_C , forța centrifugă,
 - F_r , forța de ciocnire, adică de remediare din cauza ciocnirilor,
 - F_n , forța de atracție newtoniană,
 - F_f , forța de frecare cu pereții canalelor/conductelor.
- forțe de suprafață, proporționale cu mărimea suprafeței udate a particulei, cum sunt:
 - F_d , forța de presiune dinamică frontală,
 - F_R , forța de rezistență la înanintare,
 - F_p , forța portantă,

Relațiile de definiție pentru aceste forțe sunt:

$$G = m \times g = \vartheta_s \times V = \rho_s \times g \times V \quad (2.42)$$

$$F_A = \vartheta \times V \quad (2.43)$$

$$F_I = m \times \frac{dv_s}{dt}, \text{ unde } a = \frac{dv_s}{dt} \quad (2.44)$$

$$F_C = \frac{m \times v_s^2}{R_C} \quad (2.45)$$

$$F_r = \xi_v \times \frac{m \times v^2}{2} \quad (2.46)$$

$$F_n = x \times \frac{m_1 \times m_2}{d_2}, \text{ cu efect practic neglijabil} \quad (2.47)$$

$$F_f = \frac{f \times m \times v_s^2}{2} \quad (2.48)$$

$$F_R = C_R \times A \times \gamma \times \frac{v_r^2}{2 \times g} \quad (2.49)$$

Obs. În regim de miscare uniforma $|F_R| = |F_d|$

$$F_p = \rho \times v_r \times \Gamma_t, \text{ unde } \Gamma_t = \oint_c v_r \times d_s \quad (2.50)$$

$$F_M = 2\pi \times \delta \times v_r \times r^2 \times \omega \quad (2.51)$$

$$F_K = C_K \times A \times \delta \times \frac{v_r^2}{2} \quad (2.52)$$

în care: m - masă; δ_s - greutatea specifică a particulei solide; δ_s - densitatea particulei solide; ϑ - greutatea specifică a apei; v_s - viteza inițială a particulei; a - accelerația în regim tranzitoriu; ξ - coeficient adimensional cu valori depinzând de forma particulei; R_C - raza de curbură; f - coeficientul de frecare; C_R - coeficientul de rezistență la înaintare; v_r - viteza relativă dintre lichid și particulă; A - aria secțiunii particulei pe un plan normal la direcția vectorului viteză; C - este curbă închisă care delimitează conturul particulei; Γ - circulația componentei tangențiale a vectorului v_r de-a lungul curbei C ; ds - element diferențial de arc; r - raza sferei cu același volum ca particula; x - constanta atracției universale; ω - viteza unghiulară de rotație C_K - coeficient numeric cu valori funcție de forma particulei și Re .

Rezultanta forțelor care acționează asupra unei particule (R), aflată în repaus pe suprafața unui strat de sedimente imersat - figura 2.16 - este dată de relația:

$$\vec{R} = \left(\vec{G} - \vec{F}_A \right) + \left(\vec{F}_p + \vec{F}_d \right) \quad (2.53)$$

unde: $F = \vec{F}_p + \vec{F}_d$, reprezintă forța dinamică a curentului;

$\vec{G}' = \vec{G} - \vec{F}_A$, este greutatea particulei submerse

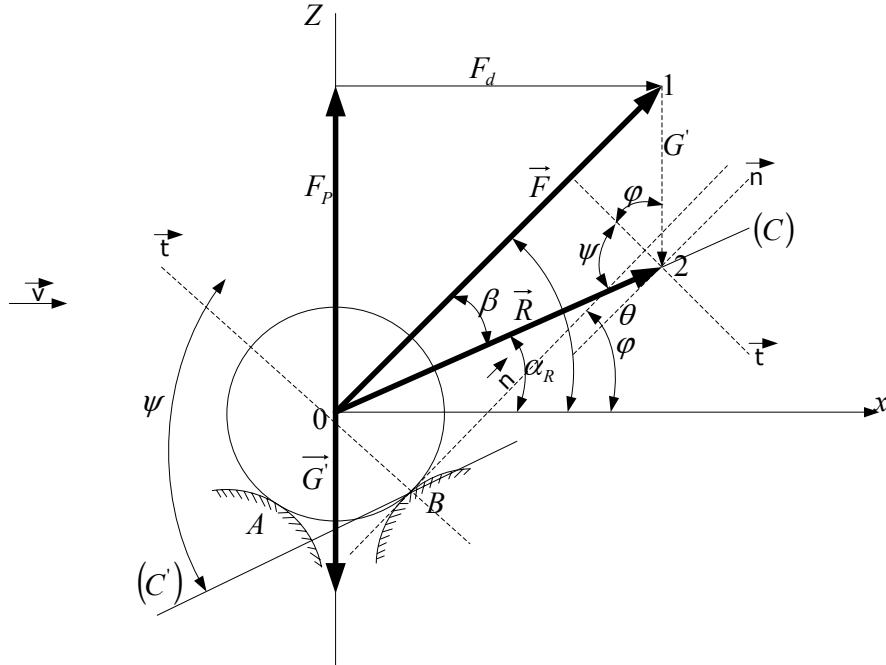


Fig. 2.16 Câmpul forțelor care acționează asupra unei particule submerse

Antrenarea particulei în curentul de lichid se produce când direcția rezultantei \vec{R} formează cu direcția normalei \vec{n} la suprafața de contact a particulei în punctul B un unghi mai mare decât unghiul φ , corespunzător coeficientului de frecare f , definit prin relația:

$$f = \operatorname{tg} \varphi \quad (2.54)$$

În triunghiul format de vectorii \vec{R}, \vec{F} și \vec{G}' (translatat), adică triunghiul 012, la echilibru, aplicând teorema sinusurilor rezulta:

$$\frac{F}{\sin(\varphi + \psi)} = \frac{G'}{\sin \beta} \quad (2.54)$$

$$\text{în care: } \beta = 90^\circ + \theta - (\varphi + \psi) \quad (2.55)$$

și se definește condiția de antrenare a particulei solide când:

$$F > \frac{\sin(\varphi + \psi)}{\cos[\theta + (\varphi + \psi)]} \times G' \quad (2.56)$$

Obs: Unghiul de frecare ψ depinde de forma și rugozitatea particulei și de poziția de contact a acesteia cu particulele învecinate (cea de „Obstacol”).

Unghiul α_R , format direcția rezultantei \vec{R} cu axa Ox și valorile unghiurilor φ și ψ , între care este relația $(\varphi + \psi = 90^\circ + \alpha_R)$ definesc modul de antrenare a particulei solide, adică:

- pentru $\varphi \in [-\psi, 0]$, particula este în echilibru instabil și poate fi deplasată într-o alta poziție – stabilă – de un curent de apă de mică intensitate (viteza);
- dacă $\varphi \in [0, 90^\circ]$, particula este antrenată prin alunecare sub acțiunea forței F (proporțională cu unghiul φ , ca mărime);
- la limita, când $\varphi = 90^\circ$, particula poate fi antrenată numai prin săltare;
- dacă $\varphi > 90^\circ$, forța dinamică a curentului de apă necesară antrenării particulei trebuie să crească foarte mult; valoarea maximă se obține la $\varphi + \psi = 180^\circ$ (particula blocată);

Pentru a se deplasa particula solidă mai trebuie să învingă și forța din lateral care se obține prin însumarea forței performante (datorată gradientului de viteză după direcția de deplasare a curentului de apă (x conform figurii 2.16)) și forța Magnus (datorată rotației particulei solide în curentul de apă); ambele se calculează cu formula Kutta – Jukovski.

$$F_{p.M} = \delta \times v_r \times \Gamma_{p.M} \quad (2.57)$$

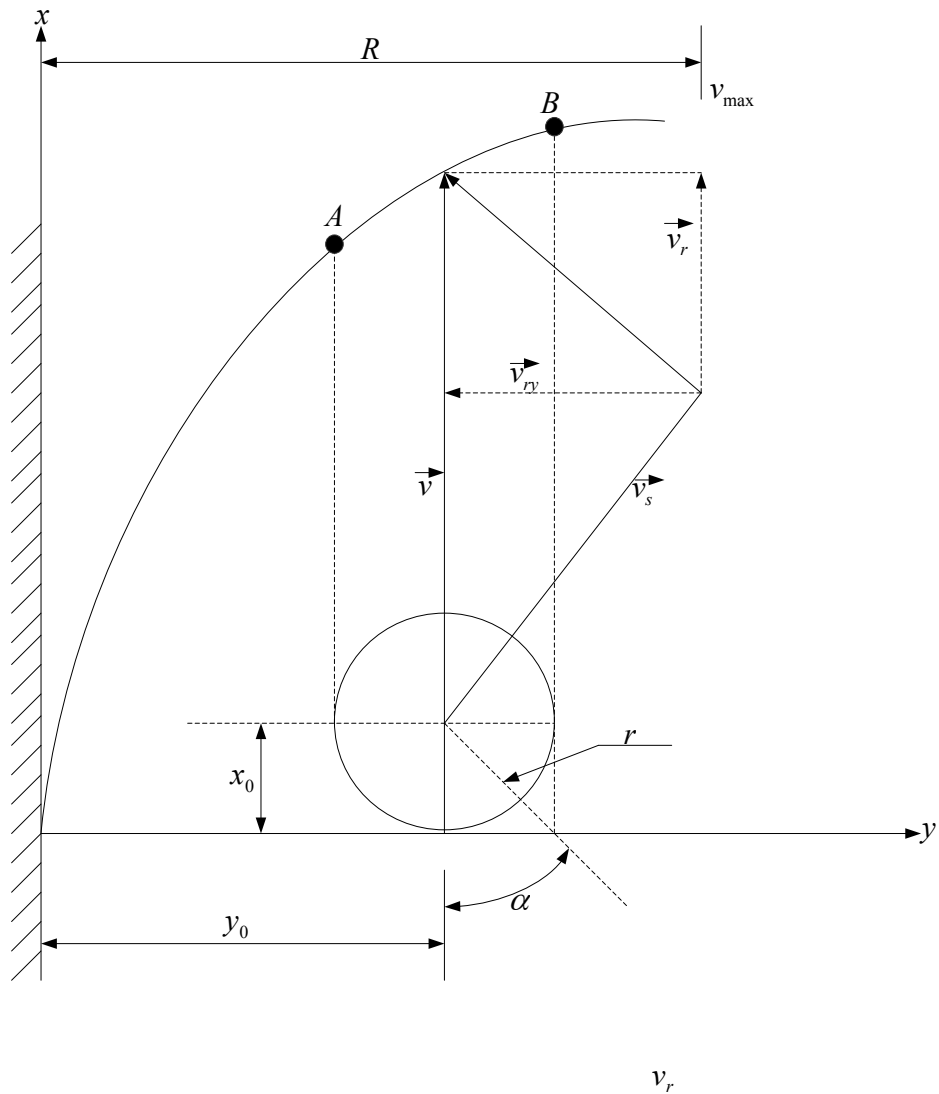
în care, pe baza legii de repartiție a vitezei – figura 2.16 – la un curent în mișcare turbulentă rezultă:

$$v_r - v - v_s = v_{\max} \times \left(\frac{y}{R} \right)^{\frac{1}{n}} - v_s = v_{\max} \left[\left(\frac{y}{R} \right)^{\frac{1}{n}} - \frac{v_s}{v_{\max}} \right] \quad (2.58)$$

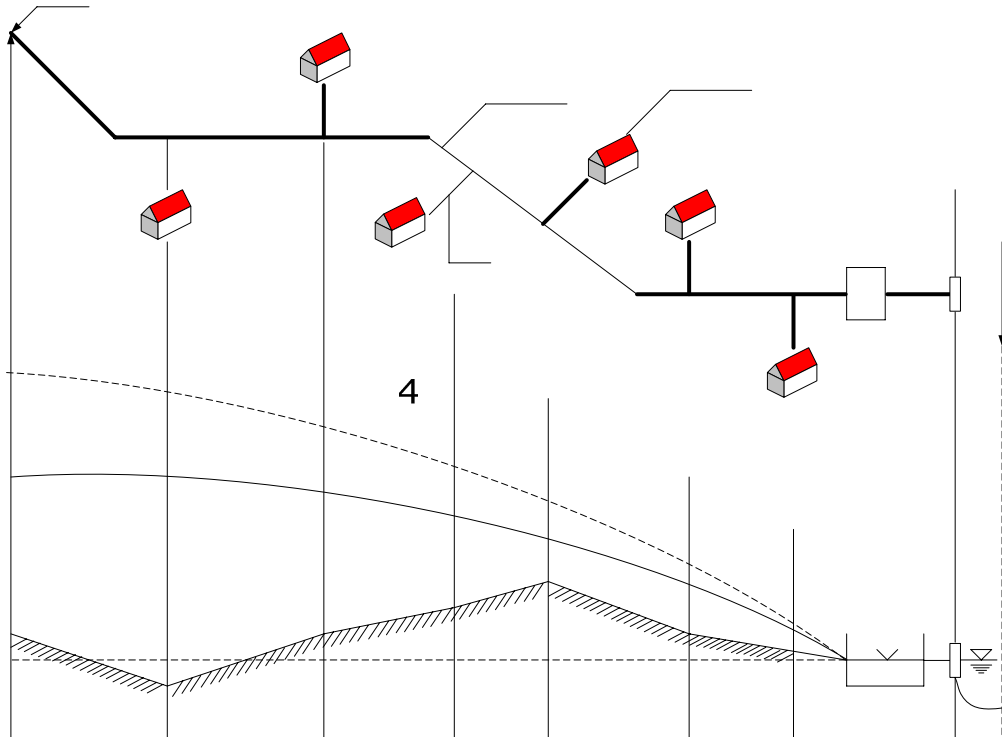
Cu notațiile din figura 2.17, admitând linearitatea distribuției vitezei pe AB, sunt date expresiile forțelor F_p și F_M , respective:

$$F_p = \frac{1}{n} \times \delta \times \pi \times r^2 \times \left[v_{\max} \times \left(\frac{y}{R} \right)^{\frac{1}{n}} - v_s \right] \times v_{\max} \times R^{-\frac{1}{n}} \times y^{\frac{1-n}{n}} \quad (2.59)$$

$$F_M = 2\pi \times \rho \times v_r \times r^2 \times \omega = 2\pi \times \rho \times \left[v_{\max} \times \left(\frac{y}{R} \right)^{\frac{1}{n}} \right] \times r^2 \times \omega \quad (2.60)$$



b) Sistemul de pompare, conduce la punerea sub presiune a rețelelor (figura 2.18) se pretează, pentru transportul apelor uzate, la localități/zone/cartiere cu densitate mica a evacuarilor, situate la distanțe relative mari de alții sau acolo unde, din cauza reliefului, curgerea gravitațională ar impune lucrări speciale (galerii, săpături la mare adâncime, estacade s.a).



1

Când condițiile topografice/de amplasament o permit, varianta inelara ("circulara") este perfectă celei ramificate.

Pentru vehicularea apelor reziduale/uzate se folosesc instalațiile pneumatice sau hidraulice care creează respectiv funcționează la presiuni ridicate sau mai scăzute/joase. Sistemul pneumatic funcționează la presiunea de maxim 40 mH₂O.

Acest sistem, pe lângă o execuție perfectă care să asigure etanșeitatea, presupune asigurarea fără întrerupere a energiei electrice.

c) Sistemul vacuumat de canalizare este caracterizat prin secțiuni și adâncimi de pozare reduse; traseul conductelor urmărește profilul terenului; viteze de transport ridicate (conduc la eliminarea depunerilor și la necesitatea scăderii acestora); înlătura infiltrațiile și exfiltrațiile (neetanșeitățile la scoturile de funcționare); asigură protecția mediului înconjurător precum și igiena și sănătatea oamenilor; cheltuieli de investiție și exploatare raționale/reduce.

Ca elemente componente, un sistem de canalizare vacuumat are rezervoarele de vacuum; pompele de vacuum; rețeaua de conducte; caminele de colectare cu supapele de vacuum și racordurile la gospodăriile deservite; stația de epurare; sistemul de evacuare al apelor epurate.

Funcționarea este determinată de mărimea pierderilor de vacuum în regim static și dinamic, pierderi produse de lifturile amenajate, ce pot fi închise figura 2.19 sau deschise figura 2.20

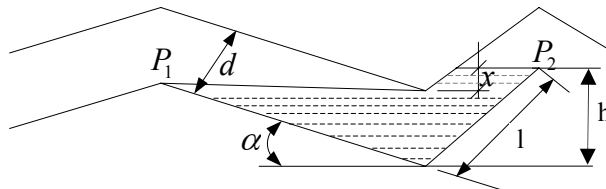


Fig. 2.19 Sistem de lift închis

Pentru sistemul cu lift închis, în regim static pierderea de presiune vacuumată este:

$$\Delta P_{strat} = \rho \times g \times x = \rho \times g [\cos(45 + \alpha) \times \sqrt{2} \times (h - d) - \sqrt{2} \times d \times \sin \alpha] \quad (2.61)$$

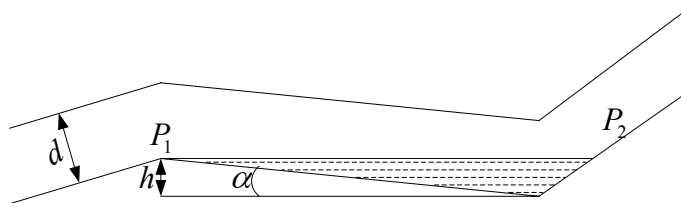


Fig. 2.20 Sistem de lift deschis

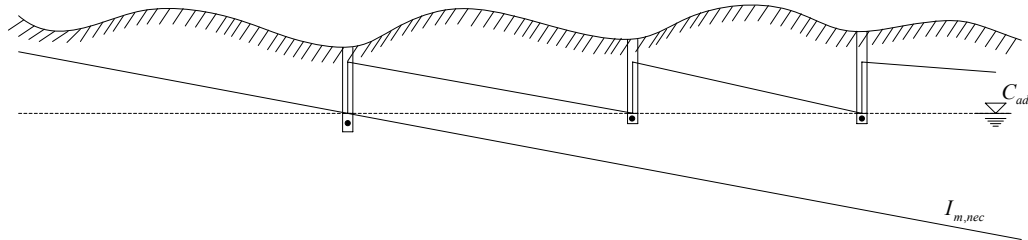
În cazul lifturilor deschise nu au loc pierderi de presiune

$$p_1 = p_2 = p \quad (2.62)$$

Buna funcționare a sistemelor vacuumate de canalizare este determinată de înălțimea, numărul și distanța dintre lifturi, de tipul și poziția/locul de formare a acumulărilor de apă/dopurilor, de tipul de revenire și de refacere a vidului și în mod evident, de condițiile de exploatare și întreținere;

d) Curgerea în sistem mixt combina cele două posibilități de asigurare a transportului apelor de scurgere: gravitațional și prin pompare/la vid. Cazurile tipice, pentru sistemul mixt de rețele de canalizare sunt:

1) – pentru "ridicarea" locală a apelor de scurgere – figura 2.21 – situația specifică localităților mari și plate, pentru a evita adâncimea de pozare a canalelor (acesta implică cheltuieli suplimentare cu săpatura, epuizamente, pentru intervenții etc.) și în final a stației de epurare. (În cazuri justificate/asumate – situația de la Montreal, Canada – colectoarele principale ajung la SE cu cotele de – 36,4 m, respectiv – 40,15 m).



2) – legarea unor zone/cartiere/localități la un sistem de canalizare existent în condițiile neasigurării cotelor de racord (figura 2.22). Acest mod de asigurare a "legaturilor de extindere" este condiționat de capacitatea de transport a rețelelor existente, respectiv de capacitatea stației de epurare. (În România, datorită raționalizării voluntare a consumurilor – respectiv evacuarilor - de apă acesta variantă/soluție poate fi eficientă/de luat în considerare)

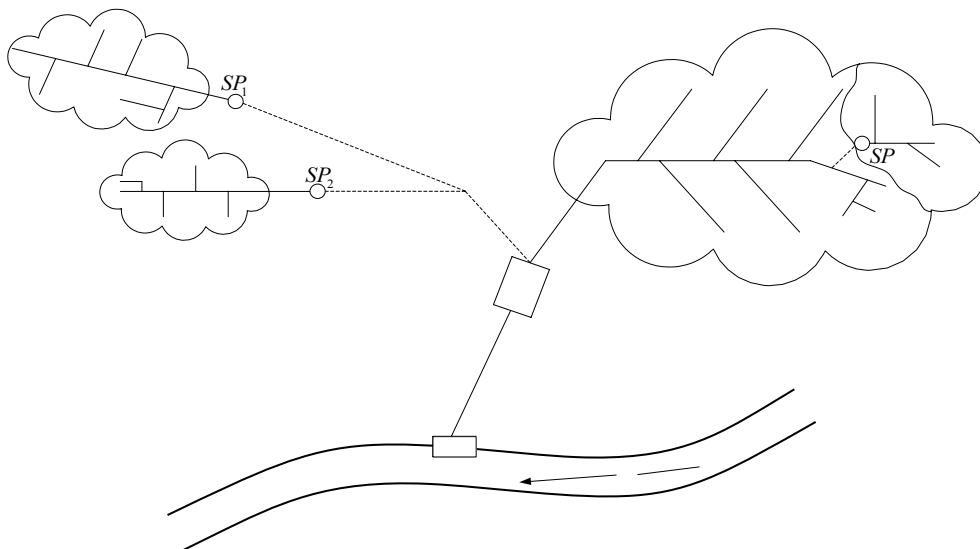


Fig. 2.2

2.II.5. Evaluarea debitelor de scurgere

2.II.5.1. Date preliminare

Canalizarile publice preiau apele de scurgere de la:

- cladirile individuale;
- grupuri de cladiri;
- incinte nominalizate.

Loc. 1

Loc. 2

Clădirile, grupurile de clădiri respectiv incintele pot fi considerate/clasificate din mai multe puncte de vedere, astfel:

- a) clădiri:
- rezidențiale: * unifamiliale;
* duplex;
 - anexe gospodărești comune: * grajduri, garaje, piscine;
 - publice: * școli, licee, facultăți, camine, grădinițe;
* teatre (și similare);
* bănci;
* spitale, policlinici, dispensare;
* săli de sport, terenuri de sport, bazine de înot;
* cazarmi;
* penitenciare;
* administrative (sedii firmă);
* terțiare (supermarketuri, magazine etc.);
* altele;
 - cu destinații multiple: * industriale: ◇ depozite/magazii;
◇ productive (diversitate foarte mare)

Precizare: clădirile pot fi: 1) grupate în comunități umane: - urbane
- rurale.

2) grupate (restrânse ca număr) în zonele nominalizate

3) izolate

- b) grupuri de clădiri:
- gospodării individuale, în mediu urban și în mediul rural (fiecare își are un specific general și particular);
 - incinte industriale (inclusiv spațiile/clădirile productive, depozite, magazine, birouri, curți interioare);
 - campusuri (clădiri cu săli de cursuri/laboratoare, camine, clădiri sociale, parcuri, piscine);
 - zone rezidențiale (au specific accesul controlat și se compun din clădiri de locuit, grădini, parcuri, piscine);
 - cartiere (clădiri, magazine, școli, uneori obiective social culturale și sportive, locuri de joacă pentru copii);
 - străzi, piețe centrale;

- c) incinte nominalizate:
- parcuri: * cu anumită destinație (odihnă, agrement);
* tematice;
* mixte;
 - ștranduri organizate;
 - scuaruri (cu dotări diverse: magazine, chioșcuri, closete publice, restaurante)

Fiecare tip de canalizare își are specificul și caracteristicile particulare proprii, determinate de o mulțime de factori dintre care se menționează:

- a) pentru clădiri de locuit social cultural și administrativ:
- numărul, mărimea și felul evacuatorului/mentențelor (obiecte sanitare, cuve, recipiente);
 - destinația clădirii;

- partiul de arhitectura;
- numărul și felul dotarilor suplimentare;
- modul de asigurare al apei reci.

b) pentru clădiri industriale (procese tehnologice):

- numărul, mărimea și felul evacuatorilor (obiecte sanitare, cuve, recipiente);
- numărul de schimburi;
- gradul de murdarire al personalului;
- numărul și repartitia pe sexe a angajaților;
- simultaneitatea evacuării menajelor pe reperi de același tip, respectiv pe grupuri de reperi (atelieri, secții);
- sezonul (în unele situații când producția este determinată de, spre exemplu, recolte + fabrici de legume și fructe, zahar.

c) pentru incinte:

- tipul și numărul clădirilor;
- mărimea incintei;
- situația topografică;
- disponibilul hidroedilitar public din zonă.

La fiecare din aceste categorii de evacuatori sunt necesare precizări/cerințe suplimentare.

1) Apele uzate

a) gospodărești, care se pot considera (ținând seama de utilizari):

- convenționale curate (recirculare apă piscine, fântâni cu jocuri de apă);
- medii încărcate (lavoare, băi, dușuri, sifoane de pardoseala și de plintă);
- de mare încărcare (spalatoare, mașini automate de spălat rufe/veselă, closete);

b) tehnologice sau industriale, a caror diversitate este directă de: specificul producției/activității productive; gradul de murdărie al corpului personalului angajat; numărul și specificul activităților angajaților; natura materiilor prime și gradul de prelucrare al acestora. În principiu și aceste categorii de ape uzate pot fi considerate:

- convenționale curate;
- medii încărcate;
- de mare încărcare;

Se pot grupa în:

- ape uzate provenite: * nevoi igienico – sanitare;
- * procese productive singulare;
- * amestecul mai multor tipuri/categorii de afluenți (diverse tipuri de ape uzate tehnologice);

Obs! Apele uzate provenite de la clădirile social - culturale, publice (cu excepția spitalelor, policlinicilor, dispensarelor) și administrative pot fi tratate ca ape uzate gospodărești sau ca ape uzate de nevoi igienico-sanitare ale industriei.

2) Apele meteorice

Precipitații, indiferent de starea de agregare: vapori, aerosoli, apă, lichidă sau solidă, căzută pe suprafețe, au următoarele evoluții:

- se scurg, sunt colectate și transportate prin intermediul sistemelor de canalizare organizate;
- se infiltrează în suprafețele pe care cad (sau proximitatea acestor);
- sunt reținute de neregularitățile suprafețelor;
- se evaporă.

În funcție de poluarea atmosferică și/sau a suprafețelor pe care cad apele din precipitații diferă din puncte de vedere calitativ și necesită (cele cu încărcări mari) sau nu (cele convențional curate) a fi epurate.

3) Apele de drenaj

Această categorie poate fi uneori semnificativă cantitativ (în special) pentru sistemele de canalizare. Apele de drenaj ce (ar trebui) trebuie avute în vedere pentru dimensionarea și/sau exploatarea sistemelor de canalizare sunt:

- provenite din infiltrarea necontrolată a apelor subterane (infiltrare datorată neetanșărilor sistemelor de colectare);
- din sisteme organizate de drenaj, concepute, realizate și exploatate cu scopul menținerii nivelului pânzei freatice într-o anumită zonă – sub un anumit nivel (pentru protecția clădirii/construcției).

2.II.5.2. Determinarea cantităților de ape de scurgere

Principiile/clasificările prezentate în paragraful 2.I.3 își păstrează valabilitatea și la sistemele de canalizare.

Având în vedere specificul funcțional al rețelelor de canalizare (sensibil diferit față de asigurarea alimentării cu apă; evacuatorii de apă folosite/uzate, în principiu sunt:

1) fără consum; cu consum; cu majorării ale alimentării; 2) evacuare directă; evacuare din acumulări – debit variabil -) se vor menționa cantitățile de apă evacuate în timp (debitele specifice sistemului) particularizate.

a) Cazul apelor uzate menajere din consum gospodăresc și public ia în considerare:

$$1) Q_{uz} = \alpha \times Q_{a.a} \quad (2.63)$$

în care: Q_{az} este debitul de ape uzate (zilnic mediu, zilnic maxim, orar maxim);

$Q_{a.a}$ debitul (corespunzător) al alimentării cu apă;

α coeficientul de proporționalitate; $\alpha = 0,8 \dots 1,0$

$$2) Q_{uz} = a \sum D \times A \times q_{sp} \times k, \text{ în } \left[\frac{l}{s} \right]; \quad (2.64)$$

în care: D este densitatea populației, în $\frac{om}{ha}$;

A suprafața bazinului de canalizare, în ha ;

a coeficientul cu valorile: $a = 2,78 \times 10^{-4}$ pentru Q_{uzimed} și $Q_{uzzi max}$

$$a = 1,16 \times 10^{-5} \text{ pentru } Q_{uzoror \max}$$

k coeficient al variației evacuării (cu valori similare celor din alimentările cu apă; $k = k_{zi}$, pentru debitul evacuat zilnic maxim; $k = k_{zi} \times k_0$, pentru debitul evacuat orar maxim, $k = 1$, pentru debitul evacuat zilnic mediu).

Obs: Se poate introduce un debit specific de ape uzate q_{uz} având expresia:

$$q_{uz} = a \times \sum D \times q_{sp} \times k, \text{ in } \left[\frac{l}{s \times ha} \right] \quad (2.65)$$

sau:

$$q'_{uz} = \sum D \times q_{sp}, \text{ in } \left[\frac{l}{ha \times zi} \right] \quad (2.66)$$

b) Cazul apelor uzate menajere/gospodarești din industrie provenite din nevoile igienico sanitare ale personalului:

- pentru debitele zilnic mediu și maxim relația (2.64)
- pentru debitul orar maxim:

$$Q_{uzoror \max} = Q_1 + Q_2 \quad (2.67)$$

$$\text{în care: } Q_1 = \frac{\sum q_{sp,j} \times N_j}{3600T} \times k_0, \left[\frac{l}{s} \right] \quad (2.68)$$

și

$$Q_2 = \frac{40 \times N_1 + 60 \times N_2}{45 \times 60} \times 1,2, \left[\frac{l}{s} \right] \quad (2.69)$$

unde: $q_{sp,j}$ - este norma specifică de evacuare pentru activitatea j (munca de birou, munca în ateliere reci, calde s.a);

N_j - numărul lucrătorilor din sectorul j, în schimbul maxim;

T - numărul orelor de lucru din schimbul maxim;

N_1 - numărul personalului ce folosesc dușuri cu normă de $40 \frac{l}{om \times zi}$;

N_2 - idem, $60 \frac{l}{om \times zi}$;

45 - numărul minutelor pentru funcționarea dușurilor.

c) Pentru apele uzate industriale rezultate/evacuate debitele se determina de la caz la caz, în funcție de procesul de producție (inclusiv secțiile/sectoarele auxiliare care contribuie la asigurarea produsului finit).

d) Apele uzate provenite din sectoarele agrozootehnice au debite de evacuare similare cu cele determinate de relațiile (2.63), (2.64), (2.67), (2.68).

Obs! Normele de ape uzate industriale/agrozootehnice, pe baza documentațiilor justificate și însușite de proiectanți; pot fi exprimate norme ale locuitorilor echivalenți.

e) Debitul de ape meteorice, utile în calculul canalizării, se considera cele provenite din ploaie. Principalele elemente ale ploii sunt: durata, intensitatea și frecvența. Între durata și intensitate este legătură directă de calcul:

$$I = \frac{h}{t}, \left[\frac{mm}{min} \right] \quad (2.70)$$

în care: I - intensitatea ploii de calcul (numita și "meteorologica");

t - durata ploii în minute;

h - înălțimea de apă cazută pe o suprafață orizontală, în [mm].

Pentru calculele tehnice ploaia de calcul se exprimă prin intensitatea:

$$I = 166,7 \times \frac{h}{t} \approx 170 \times \frac{h}{t}, \left[\frac{l}{s \times ha} \right] \quad (2.71)$$

Frecvența unei ploii, de durată și intensitate date reprezintă numărul de ploii cu aceeași durată și cu intensitate egală sau mai mare, în decursul unui an. Frecvența este normată și este o caracteristică medie - pe un șir mare de ani, în care au fost făcute măsurători sistematice -. Frecvența normată ține seama de: clasa de importanță a obiectivului canalizat (centru populat, unități industriale, clădiri individuale).

Pentru debitele meteorice se folosește relația de determinare:

$$Q = m \times I \times \sum S \times \phi, \left[\frac{l}{s} \right] \quad (2.72)$$

în care: m - este coeficientul de înmagazinare al rețelei de canalizare;

I - intensitatea ploii de calcul (determinată în funcție de timpul ploii de calcul și frecvența normată) $I = I(t_p, f)$;

S - suprafața de colectare a apei;

ϕ - coeficientul de scurgere a apei pe suprafață.

Într-o secțiune de calcul/control a canalizării, debitul maxim al ploii se obține atunci când durata ploii (t_p) este egală cu durata de scurgere (t_s) de la punctul cel mai îndepărtat de cădere a ploii până la secțiunea considerată:

$$t_p = t_s = t \quad (2.73)$$

și se calculează cu relația:

$$t = t_{cs} + t_c = t_{cs} + \frac{L}{60 \times v}, [\text{min}] \quad (2.74)$$

unde: t_{cs} - este timpul de concentrare superficială;

t_c - timpul de curgere în canal;

L - lungimea canalului de la punctul cel mai depărtat de secțiunea de calcul;

v - viteza medie a apei în canal;

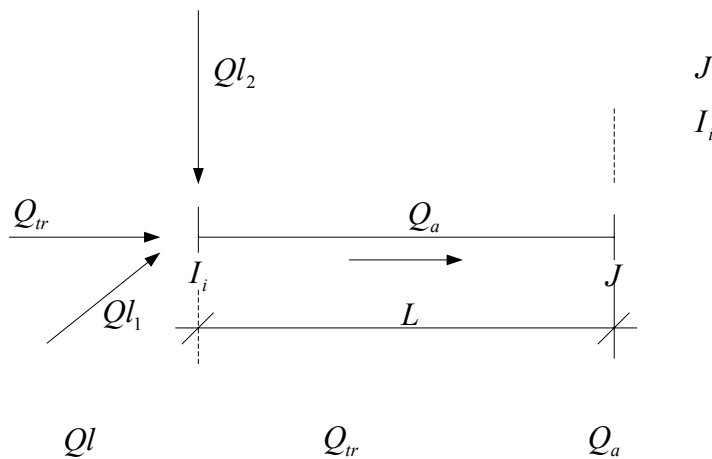
Obs! 1) $t_{cs} = t(I_t, \phi, l)$ (2.75)

Adică, timpul de concentrare superficială depinde de distanța (maximă) unde cade picătura de ploaie până la gura de scurgere, de panta terenului (I_t), de natura îmbracamintii spațiului (iarba, asfalt etc).

2) Pentru $t_p = t$ se mai poate folosi relația:

$$t = (t_p)_{\max, am} + \frac{L}{60 \times v} \quad (2.76)$$

unde: $(t_p)_{\max, am}$ reprezintă durata cea mai mare a ploii de calcul de pe traseele care intra în canalul considerat;



3) Viteza medie în canal poate fi apreciată cu:

$$v = \frac{(\sum v_k \times L_k)_{an}}{\sum L_k} \quad (2.77)$$

4) În calculele practice (de obicei) coeficientul de scurgere de lucru, este coeficientul de scurgere mediu, obținut cu relația:

$$\phi_m = \phi = \frac{\sum S_i \times \phi_i}{\sum S_i} \quad (2.78)$$

unde: S_i - reprezintă suprafețele de pe cuprinsul bazinului de colectare a apelor meteorice (suprafețe clădite, pavaje, asfalt, iarbă, spații verzi etc.);

ϕ_i - coeficienți de scurgere specifici tipurilor de suprafețe.

Din cauza modificărilor climatice (sensibile) în relația debitului meteoric se propune majorarea intensității ploii de calcul determinate conform relației 2.79, până la modificarea acestuia, cu un coeficient al modificărilor climatice p_c determinat cu relația:

$$p_c = \frac{t_p}{t_p - 0,5 \times t_c} \quad (2.79)$$

5) Coeficientul de înmagazinare $m < 1$, are valori de 0,8 pentru $t \leq 40$ min și de 0,9 pentru $t > 40$ min; s-a demonstrat (de prof. dr. ing Th. Mateescu) ca, în funcție de caracteristicile rețelei de canalizare m are valori mai mici de 0,8 (acest lucru constituie o "rezervă" pentru capacitatea de transport a rețelei).

f) Debitul din drenaje se obțin cu relațiile:

$$1) \quad Q_d = q_d \times L \quad (2.80)$$

pentru apă freatică ce pătrunde în rețeaua de canalizare necontrolat, unde:

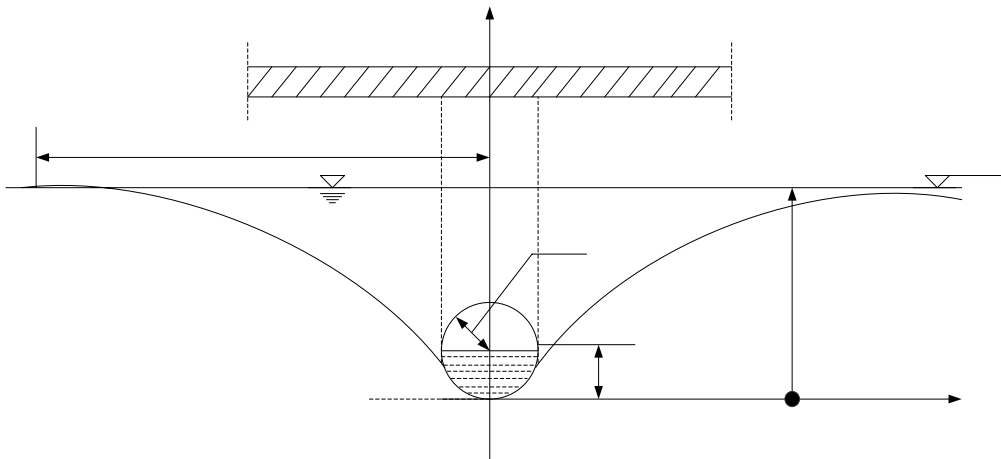
- q_d este debitul de infiltrare în $\frac{l}{s \times km}$; determinat experimental

(se admite și o valoare statică);

- $L = \sum L_i$ până în secțiune de calcul.

$$2) \quad Q_d = k \times L \times \frac{H^2 - h^2}{R - r} \quad (2.81)$$

pentru rețeaua/colectorul înconjurat/îngropat în teren cu apă freatică



unde: coeficientul de filtrație k se stabilește experimental/prin măsuratori

$$3) \quad Q_d = n \times Q_n = k \times \pi \times \frac{H^2 - h^2}{\ln R + \frac{1}{n} \ln x_1 x_2 \dots x_n} \quad (2.82)$$

Pentru grupurile de puțuri (perfecte realizata împrejurul unei clădiri a carei fundație este protejată împotriva prezenței apei subterane).

Obs! În relația 2.83 fiecare mărime include, după caz (sistem de canalizare), ape uzate, meteorice, drenaje (de infiltrații), adică:

$$Q = Q_{uz} + Q_m + Q_d \quad (2.83)$$

Datorită construcției căminelor de vizitare – dotate cu capace carosabile sau necarosabile (funcție de amplasament), capace prevăzute cu orificii de aerisire (necesare eliminării gazelor de fermentare – toxice și explozive) în rețeaua de canalizare apare un debit suplimentar din aportul precipitațiilor prin orificii Q_{ap} (aceste ape nu sunt "afectate" de coeficientul de scurgere ϕ , de durata ploii de calcul, de coeficientul de înmagazinare). Se propune, pentru determinarea lor o relație de forma:

$$Q_{ap} = q_f \times Z \quad (2.84)$$

în care: q_f este aportul de apă, în $\frac{l}{s \times Z}$

Z factorul de referință, care poate fi: locuitor, suprafață

(Se recomandă o analiză/măsurători, sau se propune $q_f = 0,003 \frac{l}{s \times loc}$)

2.II.5.3. Determinarea debitelor de calcul

Debitul de calcul se determină:

- a) pentru rețeaua de canalizare;
- b) pentru reperatele stației de epurare.

De asemenea, se ține seama de tipul apelor de scurgere și de tipul sistemului de rețea de canalizare.

a) Debitul de calcul pe rețelele de canalizare are în vedere:

- ora de maximă evacuare, pentru apele uzate în secțiunea de calcul;
- durata ploii de calcul și suprafața de colectare amonte de secțiunea de calcul;
- lungimea, cumulată, a canalelor cu infiltrații și valorile concentrate (de la obiective nominalizate) amonte de secțiunea de calcul pentru apele de infiltrație (de drenaj);

Conform datelor din figura 2.23, pentru tronsonul de canal I-J, debitul de calcul este:

$$Q_{cij} = Q_{aij} + Q_{tr} + \sum Q_l \quad (2.85)$$

Obs! Sistemul unitar, cel mai "complex" din punct de vedere al determinării debitelor de calcul, însumează debitele maxime de ape uzate (ora de maximă evacuare), meteorice și (eventual) din apele de drenaj, ținând seama de simultaneitatea lor. Relația simplificată (explicativă) este:

$$Q_c = Q_{uz} + Q_m + Q_D \quad (2.86)$$

Dacă, din rațiuni economice și tehnice se prevede deversor/deversoare (pe colectorul principal, în special), aval de secțiunea deversorului, care evacuează Q_{dev} , debitele de calcul se modifică (scad);

$$Q_c' = Q_c - Q_{dev} \quad (2.87)$$

în care: Q_{dev} este debitul deversat, calculat cu relația:

$$Q_{dev} = Q_c - n \times Q_{uz} = \frac{2}{3} \times \mu \times h^{1,5} \times L \times \sqrt{2 \times g} \quad (2.88)$$

În condițiile utilizării unui deversor lateral dreptunghiular cu muchia ascuțită – conform figurii 2.25, sarcina medie a deversorului se determină cu relația:

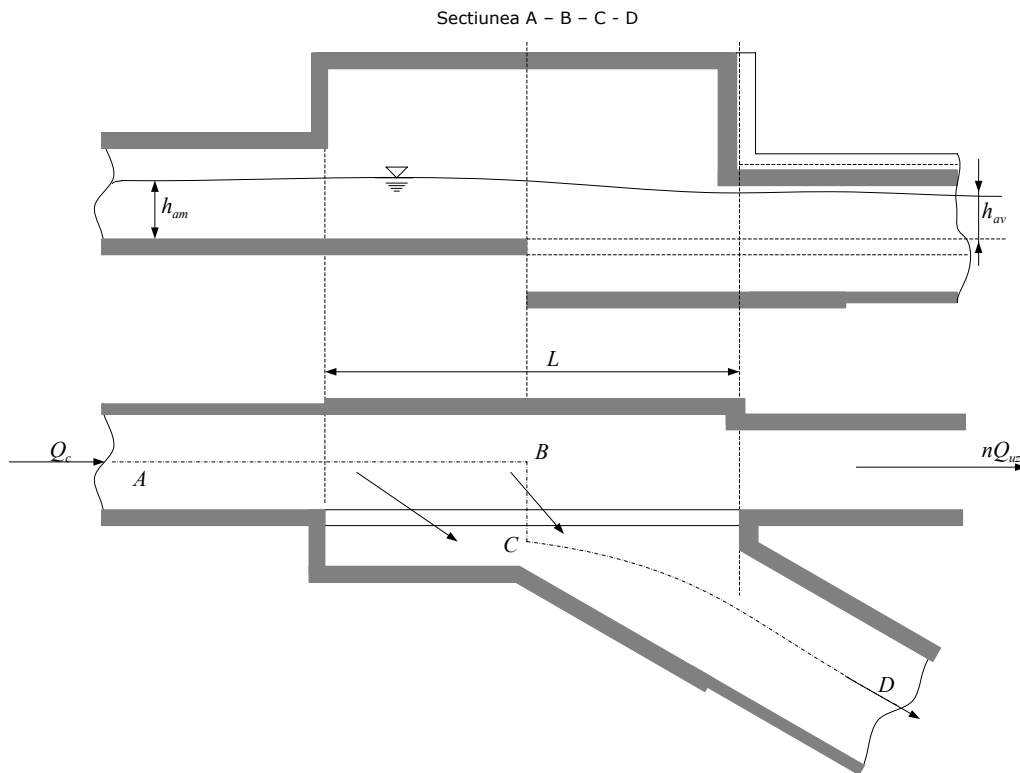


Fig. 2.25 Deversor lateral

$$h = \frac{h_{am} + h_{av}}{2} \quad (2.89)$$

În relația 2.86 n este gradul de diluție pe care îl stabilește proiectantul ținând seama de condițiile locale; orientativ $n=5$ la deversoare realizate în cuprinsul localităților, până la $n=2$ la deversări amonte de stațiile de epurare.

c) Situația debitelor de calcul

Din punctul de vedere al debitelor (hidraulice) în stațiile de epurare (la dimensionare/exploatare) se folosesc:

- debitul zilnic mediu;
- debitul zilnic maxim;
- debitul orar minim;
- debitul orar maxim

cu indicele u pentru sistemul unitar și cu indicele s pentru cel separativ.

Deoarece variația debitelor orare care intră în stația de epurare este importantă: -

în mediu urban $Q_{real} = x \times Q_{0max}$ unde $x \in (0, 2, \dots, 4)$;

- în mediu rural $x \in (0, \dots, 5)$

În aceasta situație debitele de dimensionare/verificare ale obiectelor din stația de epurare au valori diferite, date în tabelul 2.5

Debite de dimensionare – verificare la SE

Tabel 2.5

Nr. Crt.	DEBIT SISTEM CANALIZARE				Obiectul stației de epurare
	SEPARATIV		UNITAR		
	Dimensionare	Verificare	Dimensionare	Verificare	
1	Q_{s0max}	$Q_{szi min}$			<ul style="list-style-type: none"> • canal am. grătar • canal între decantor pînă cameră repartiție și trepta de epurare biologică
2			$Q_c - 2Q_{u0max}$	Q_c	<ul style="list-style-type: none"> • deversor am. SE • canal deversor – bazin retenție – emisar • bazin retenție
3			$2Q_{u0max}$	$Q_{u0 min}$	<ul style="list-style-type: none"> • canal camera deversare – grătar • canal decantor primar • cameră devers. am. epurare biologică • canal ape decantor prim.
4	Q_{s0max}		$2Q_{u0max}$	$Q_{u0 min}$	<ul style="list-style-type: none"> • grătar • deznisipator • (debitmetru) • camera reacție • canal grătar – deznisipator – (debitmetru) – separator grasimi – camera reacție – decantor primar

Debite de dimensionare – verificare la SE

Tabel 2.5
continuare

5	$Q_{szi\ max}$	$Q_{s0\ max}$	$Q_{uzi\ max}$	$2Q_{u0\ max}$	<ul style="list-style-type: none"> • separator grașimi • decantor primar
6	$Q_{szi\ max}$	$Q_{s0\ max}$	$Q_{uzi\ max}$	$Q_{u0\ max}$	<ul style="list-style-type: none"> • c-ții pentru epurare brulmentilologică
7			$Q_{u0\ max}$	$2Q_{u0\ max}$	<ul style="list-style-type: none"> • deversor am. epurare biologică • canal epurare biologică – decantor secundar
8	$Q_{s0\ max}$	$Q_{szi\ min}$	$Q_{u0\ max}$	$Q_{u0\ min}$	<ul style="list-style-type: none"> • cameră reacție • canal epurarea biologică – cameră reacție – decantor secundar
9		$Q_{s0\ max}$	$Q_{uzi\ max}$	$Q_{u0\ max}$	<ul style="list-style-type: none"> • decantor secundar
10	$Q_{s0\ max}$	$Q_{szi\ min}$	$Q_{u0\ max}$	$Q_{u0\ min}$	<ul style="list-style-type: none"> • canal decantor secundar - emisar

Obs! Q_c - canalizare sistem unitar, debitul de alcul amonte de deversor SE

Aprecierea debitelor de impurități poate fi făcută în baza consumului biochimic de oxigen (pentru impuritățile de natură organică) respectiv pe baza conținutului de impurități din apa de scurgere.

2.II.6. Exigențe specifice sistemelor de canalizare

2.II.6.1. Exigențe pentru rețeaua de canalizare

Condiția ce trebuie avută în vedere se referă la calitatea apelor de canalizare. Se au în vedere: compoziția, agresivitatea, nocivitatea și toxicitatea. În consecință, pentru descărcarea apelor reziduale în rețeaua publică sunt impuse condiții/exigențe cu limite admisibile, referitoare la: substanțele în suspensie; substanțele cu agresivitate chimică; substanțe chimice și organice de orice natură/formă care în timp, provoacă împreună cu aerul amestecuri explozive; substanțe toxice; microbi, spori, virusuri; temperatură; radioactivitate.

O altă condiție/exigentă se referă la asigurarea curgerii, cu cele două aspecte esențiale: - forța de antrenare (dată de configurația și principiul funcțional al rețelei);

- corelația asigurării apelor de scurgere cu capacitatea de transport (influențată de "programul de evacuare").

În acest context se propune condiția:

$$Q_{0\ min} \geq V_{g.u.n} \times t \quad (2.90)$$

În care: $Q_{0\ min}$ este debitul orar minim de evacuare, $\frac{m^3}{h}$;

t - timpul de "control" (o oră);

$V_{g.u.n}$ - volumul de apă corespunzător gradului de umplere (tabelul 2.5)

necesar (considerat la $\alpha h; \alpha \leq \frac{1}{2}$, valoare stabilită ținând seama de tipul și viteza apei de scurgere)

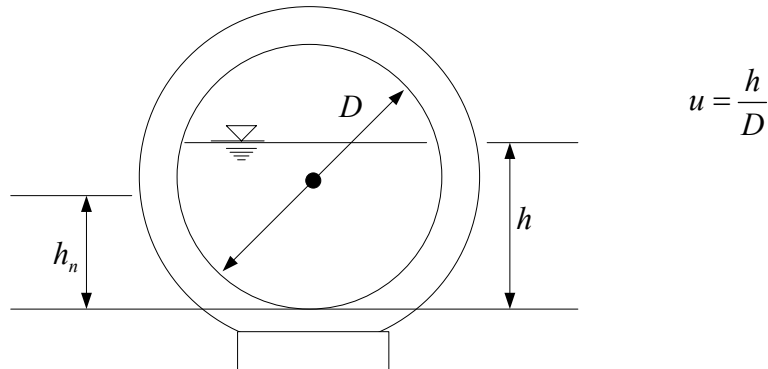


Fig. 2.26 Schema – grad umplere -

Obs: Pe baza acestei observații se impune acordarea unei mai mari exigențe tehnice în abordarea aspectelor de canalizare, în sistem separativ, a localităților/zonelor cu densitatea redusă a evacuatorilor (în special din mediul rural).

$$u = u(DN)$$

Tabelul 2.6

DN, mm	$u = \frac{h}{D}(\text{max})$
250 – 300	0,60
350 – 450	0,70
500 – 900	0,75
> 900	0,90

Construcțiile auxiliare (lucrări de artă) pe rețeaua de canalizare se prevăd cu scopul de a asigura transportul corect/sigur al apelor de scurgere în condițiile realizării unui sistem eficient, sigur în exploatare și economic (ca investiție și exploatare).

Ca măsură de optimizare a proiectării sistemelor de canalizare se poate lua în considerare posibilitatea înlocuirii tuburilor de beton cu cele din PVC. Această înlocuire însă trebuie făcută ținându-se seama de gradele de umplere.

În cazul debitelor de scurgere, mici și foarte mici, sunt recomandate tuburile cu diametrele minime admise, în limitele maxime admise pentru gradele de umplere, pentru a se evita obturarea secțiunilor de scurgere, cu gazele toxice sau cu cele combustibile, rezultate din fermentarea anaerobă a maselor organice din compoziția apelor de scurgere. Aceste condiții se analizează în cazul înlocuirii tuburilor cu DN 250 mm din beton, mai rugoase, cu cele din PVC-KG, mai netede, cu DN 200 mm și

chiar cu DN 150 mm. Înlocuirile menționate sunt acceptate din considerente economice și de faptul ca debitele transportate sunt prin necesitate, aceleași. Reducerea diametrelor la canalele de scurgere, chiar și pentru debite echivalente, poate determina creșterea gradelor de umplere, peste limita admisă de 0,6, pentru tuburi cu diametre mai mici de 250 mm.

Se impune condiția ca reducerea diametrelor sub limita minimă admisă, să se poată face numai în cazul în care nu se depășesc gradele de umplere maxim admise și la racorduri se iau măsuri de prevenire a pătrunderii corpurilor cu dimensiuni mari – de exemplu grătare le 5 cm.

Spațiul de deasupra nivelului apei uzate servește pentru circulația și primenirea aerului din tuburi dar și pentru evitarea formării dopurilor de aer ce ar putea conduce la obturarea secțiunilor de scurgere, perturbându-se astfel funcționarea corespunzătoare a rețelelor de canalizare care transportă ape uzate.

Într-o rețea de canalizare cu funcționare normală, suspensiile din apa uzată trebuie să fie transportate continuu de curentul de apă. Dacă această condiție nu este îndeplinită, suspensiile mai grele decât apă se depun pe fundul canalelor, provocând împotmolirea acestora și reducerea secțiunii de scurgere. Datorită faptului că îndepărtarea acestor depuneri prin mijloace mecanice necesită cheltuieli

mari, este necesară asigurarea vitezelor minime de autocurațire de $0,7 \frac{m}{s}$, pentru a

se evita sedimentarea suspensiilor și deci, formarea depozitelor.

Vitezele de scurgere, în colectoarele de canalizare închise, sunt determinate de: mărimea debitului transportat; forma și dimensiunile secțiunii transversale; rugozitatea canalului și de panta hidraulică a acestuia.

Dimensionarea hidraulică a colectoarelor de canalizare se face în mod simplificat în regim permanent și uniform de mișcare cu toate că regimul de mișcare este nepermanent și neuniform [1], [2], [3], [7], [9]; pentru profil circular se folosesc relațiile:

$$Q = 0,3115 \times k \times D^{\frac{8}{3}} \times I^{\frac{1}{2}} \quad (2.91)$$

$$V = 0,396 \times k \times D^{\frac{2}{3}} \times I^{\frac{1}{2}} \quad (2.92)$$

în care: Q este debitul de calcul, în $\frac{m^3}{s}$; D - diametrul secțiunii de scurgere, în m;

V - viteza medie de curgere, în $\frac{m}{s}$; I - panta hidraulică; k - coeficient care ține

cont de rugozitatea canalului (care se consideră: 90 – pentru canale din policlorură de vinil; 83 – pentru canale din tuburi de fontă, bazalt, gresie ceramică; 74 – pentru canale din tuburi de beton, zidărie de piatră, zidărie de cărămidă).

Când din anumite considerente tehnice și economice, se admite proiectarea unor colectoare de canalizare mai mici de 250 mm, devine necesară verificarea gradelor de umplere, astfel încât mărimea acestora să nu depășească valoarea maxima admisă. Prin depășirea limitei maxime admise de 0,6 pentru gradele de umplere DN≤30mm, evacuarea apelor de scurgere poate fi perturbată de gazele rezultate din procesele de fermentare anaeroba a maselor organice conținute de apele uzate.

În tabelul 2.6, au fost determinate gradele de umplere la tuburile din PVC – 200 mm și PVC – 150 mm, în raport cu diferite pante ale canalelor de scurgere, pentru debitul minim transportat de canalele din beton cu DN 250 mm.

Calculule efectuate au pus în evidență depășiri ale gradelor de umplere maxim admise (0,6), atât pentru tuburile din PVC – 200mm cât și pentru cele din PVC 150 mm la grade de umplere peste 0,3; sunt și situații în care scurgerea apelor uzate se

face sub presiune, aspect evidențiat prin mărirea gradului de umplere $\left(\frac{h}{d} > 1\right)$.

Mărirea gradelor de umplere în funcție de debitul mînim de scurgere, materialul și de panta canalului

Tabelul 2.7

I	B – 250 mm				PVC – 200 mm			PVC – 150 mm		
	$\frac{h}{d}$	Q_p	$\frac{Q_u}{Q_p}$	Q_u	Q_p	$\frac{Q_u}{Q_p}$	$\frac{h}{d}$	Q_p	$\frac{Q_u}{Q_p}$	$\frac{h}{d}$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
0,001	0,7	19	0,83	15,77	13,50	1,17	>1	6,50	2,42	>1
	0,6	19	0,65	12,40	13,50	0,92	0,76	6,50	1,91	>
	0,5	19	0,47	8,93	13,50	0,66	0,61	6,50	1,37	>
	0,3	19	0,20	3,80	13,50	0,28	0,37	6,50	0,58	0,56
	0,1	19	0,03	0,57	13,50	0,03	0,12	6,50	0,08	0,20
0,002	0,7	26	0,83	21,58	17,50	1,23	>1	8,50	2,53	>1
	0,6	26	0,65	16,90	17,50	0,97	0,80	8,50	1,98	>1
	0,5	26	0,47	12,20	17,50	0,69	0,62	8,50	1,43	>1
	0,3	26	0,20	5,20	17,50	0,29	0,38	8,50	0,61	0,57
	0,1	26	0,03	0,78	17,50	0,44	0,47	8,50	0,56	0,55
0,005	0,7	40	0,83	33,20	29,00	1,14	>1	14,00	2,37	>1
	0,6	40	0,65	26,00	29,00	0,89	0,75	14,00	1,85	>1
	0,5	40	0,47	18,80	29,00	0,65	0,60	14,00	1,34	>1
	0,3	40	0,20	8,00	29,00	0,28	0,37	14,00	0,57	0,55
	0,1	40	0,03	1,20	29,00	0,04	0,15	14,00	0,08	0,17
0,010	0,7	58	0,83	48,14	40,00	1,20	>1	18,00	2,67	>1
	0,6	58	0,65	37,70	40,00	0,94	0,90	18,00	2,09	>1
	0,5	58	0,47	27,30	40,00	0,68	0,62	18,00	1,51	>1
	0,3	58	0,20	11,60	40,00	0,69	0,36	18,00	0,64	0,60
	0,1	58	0,03	1,74	40,00	0,04	0,15	18,00	0,09	0,20

Conform rezultatelor obținute (tabelul 2.7) canalele din beton B-250 pot fi înlocuite în condiții de funcționare/siguranță în exploatare cu tuburi PVC la debite mici (care dau grade de umplere mici) începând cu $u \leq 0,3$ - situație în care transportă – indiferent de pantă – un debit (practic) egal cu cele al diametrului 250 mm realizat din beton.

2.II.6.2. Exigențe pentru stația de epurare

Ajunse în stațiile de epurare, prin procese fizice, chimice și biologice, apele de scurgere și nămol trebuie aduse la caracteristici/proprietăți care să permită integrarea lor în condiții de protecție a mediului (caracteristici cu valori inferioare celor admisibile).

a) Pentru ape acest lucru este îndeplinit prin asigurarea gradului de epurare, care, sub forma cea mai generală, are expresia:

$$G\% = \frac{X - X_{ad}}{X} \times 100 \quad (2.93)$$

În care: X este paramentru de stabilire al gradului de epurare: substanțele în suspensie; CBO₅; oxigen dizolvat; substanțele toxice; temperatură etc.

X_{ad} - valoarea admisibilă a parametrului la ieșirea din SE;

Este de menționat faptul că gradul de epurarea depinde/este influențat de:

- compoziția apelor de scurgere (caracteristicile fizice, chimice, biologice, radioactive, bacterologice);
- emisar, prin:
 - compoziția apei acestuia (categoria de calitate a apelor);
 - caracteristicile hidraulice (debit - de calcul -, sinuozitate, viteză, adâncime, pantă etc.);
- exigențele impuse de Agenția de Protecție a Mediului.

Spre exemplificare se ia criteriul substanțelor toxice. În acest scop se are în vedere ecuația de bilanț:

$$q \times C_{ad}^{tox} = a \times Q \times d_{lim}^{tox} + q \times (b^{tox} + d_{lim}^{tox}) \quad (2.94)$$

din care rezultă:

$$C_{ad}^{tox} = d_{lim}^{tox} \times \left(\frac{a \times Q + q}{q} \right) + b^{tox} \quad (2.95)$$

în care: - gradul de diluție este:

$$n = \frac{a \times Q}{q} \quad (2.96)$$

- coeficientul de amestec se determină cu relația:

$$a = \frac{1 - \exp(-\alpha \times \sqrt[3]{L})}{1 + \frac{Q}{q} \exp(-\alpha \times \sqrt[3]{L})} \quad (2.97)$$

iar:

$$\alpha = \varphi \times \xi \times \sqrt[3]{\frac{E}{q}} \quad (2.98)$$

$$E = \frac{g \times v \times h}{z \times m \times c} \quad (2.99)$$

$$C = \frac{v}{\sqrt{h \times i}} \quad (2.100)$$

unde: C_{ad}^{tox} este concentrația admisibilă maximă la evacuarea apelor în emisar, în $\frac{mg}{m^3}$;

q - debitul de ape epurate evacuat în emisar (zilnic maxim);

Q - debitul emisarului (mediu minim lunar, cu asigurarea de 95%);

d_{lim}^{tox} - limita maximă admisă de substanță toxică (STAS 4706), $\frac{mg}{l}$;

b^{tox} - concentrația de substanță toxică în apă emisarului amonte de deversarea apelor epurate;

L - distanță reală, după talveg, de la secțiunea de deversare la secțiunea analizată/secțiunea cu amestecul realizat în proporție de minim 95%;

φ - coeficientul de sinuozitate al emisarului;

ξ - coeficient al modului de deversare (evacuare concentrată la mal $\xi = 1$; evacuare în talveg $\xi = 1,5$; evacuare prin dispersie $\xi = 3$);

E - coeficient al difuziei turbulente;

v - viteza medie a cursului de apă (pe L);

h - adâncimea medie a cursului de apă (pe L);

m - coeficientul Bousinesq ($m=22,3$);

C - coeficientul lui Chezy;

J - panta medie a cursului de apă (pe L).

În final, gradul de epurare necesar impus de conținutul de substanțe toxice este:

$$G_{tox} \% = \frac{C^{tox} - C_{ad}^{tox}}{C^{tox}} \times 100 \quad (2.101)$$

unde: C^{tox} este concentrația substanțelor toxice din apă de scurgere care intră în stația de epurare.

b) Stațiile de epurare trebuie să rețina (absoarbe) toate substanțele/corpurile solide conținute în apele de scurgere:

- substanțele grosiere reținute pe grătare și site – se toacă și se aruncă în apa supusă epurării (totuși este recomandată o separare prealabilă a maselor plastice și cauciucurilor – care se distrug prin alte procedee – ardere sau îngropare);

- substanțe/materiale grele, reținute în deznisipatoare – se folosesc ca material de umplutură a depresiunilor, sau se constituie în depozite având zonă de protecție;

- grăsimile se pot prelucra și utiliza (împreună cu substanțe provenite de la ecarisaj sau cu reziduri petroliere) sau se ard cu/fără valorificare;

- nămolurile fermentate și dezhidratate (în cadrul SE) pot folosi ca și combustibil, ca îngrășămintă (în zone forestiere sau în agricultură dacă corespund calitativ) sau ca material de umplere a unor depresiuni. Dacă nu se pot valorifica se depozitează în halde izolate împreună cu alte materiale.

De asemenea, este de menționat necesitatea de alegere optimizată a amplasamentului în funcție de realizarea rețelei de canalizare, emisarii din zonă, mărirea localității, distanțele și caracteristicile urbanistice a localităților învecinate.

Capitolul 3. FIABILITATEA SISTEMELOR HIDROEDILITARE

3.1. Date preliminare

Fiabilitatea unui element component al sistemului hidroedilitar poate fi considerat de sine stătător și care poate fi verificat/testat individual, se exprimă, numeric, prin șansa lui de a funcționa fără defecțiuni într-un interval de timp dat, în condițiile pentru care a fost creat.

Un element de instalație care se pune în funcțiune la momentul inițial $t=0$ și care funcționează fără întreruperi până la timpul $t=t_1$, când are loc prima defecție. Valoarea t_1 este o realizare a variabilei aleatoare și reprezintă timpul de funcționare neîntreruptă. Probabilitatea funcționării fără defecție a elementului – Fiabilitatea lui – pe durata $t_1 > t$, t fiind prescris, este:

$$F(t) = P\{t_1 > t\} \quad (3.1)$$

Probabilitatea ca la timpul $t_1 \leq t$ să aibă loc o defecțiune – de fiabilitate – se exprimă prin funcția (de repartiție a timpului de funcționare):

$$D(t) = P\{t_1 \leq t\} \quad (3.2)$$

Funcțiile $F(t)$ și $D(t)$ reprezintă probabilitatea unor evenimente complementare în sensul teoriei probabilităților:

$$F(t) + D(t) = 1 \quad (3.3)$$

Întrucât, la pornire ($t=0$), elementul de instalație funcționează cu certitudine în condiții normale iar probabilitatea de defecție este teoretic nulă la pornire, atunci:

$$F(0) = 1 \text{ și } D(0) = 0 \quad (3.4)$$

și la ieșirea din uz:

$$\lim_{t \rightarrow \infty} F(t) = 0 \text{ și } \lim_{t \rightarrow \infty} D(t) = 1 \quad (3.5)$$

Considerând variabile timp și diferențiind relația (3.3) se ajunge la viteza instantanee de defecție, adică:

$$f(t) = \frac{dD(t)}{dt} = -\frac{dF(t)}{dt} \quad (3.6)$$

Mărimile $F(t)$ și $D(t)$ fiind mărimi probabilistice, $f(t)$ are semnificația densității de probabilitate a timpului de funcționare.

Dacă elementul de instalație a funcționat fără defecție până la timpul t , se pune întrebarea care este probabilitatea ca el să funcționeze în continuare până la timpul t_1 , adică nu se defectează în intervalul $[t, t_1]$.

Deoarece t_1 ia valori finite, când $F(t) \neq 0$, rezultă că:

$$F(t + \Delta t) = F(t) \times F(\Delta t) \quad (3.7)$$

Relația (3.7) este valabilă dacă:

- Δt urmează lui t ($\Delta t \notin t$);
- Fiabilitatea depinde numai de durata intervalului de timp în care se efectuează.

Din relația (3.7) rezultă:

$$F(\Delta t) = \frac{F(t + \Delta t)}{F(t)} \quad (3.8)$$

iar probabilitatea defectării este:

$$D(\Delta t) = 1 - F(\Delta t) = -\frac{F(t + \Delta t) - F(t)}{F(t)} \quad (3.9)$$

Prin împărțirea relației (3.9) cu (Δt) și trecerea la limită, rezultă:

$$\lim_{\Delta t \rightarrow \infty} \frac{D(\Delta t)}{\Delta t} = -\frac{F'(t)}{F(t)} \quad (3.10)$$

și trecând la forma diferențială, se obține:

$$z(t) = -\frac{F'(t)}{F(t)} = -\frac{d}{dt} \times \ln F(t) = \frac{D'(\cdot)(t)}{1 - D(t)} \quad (3.11)$$

care este intensitatea de defectare (rata de defectare)

Integrând relația (3.11) se obține:

$$F(t) = \exp \left[-\int_0^t z(t) dt \right] \quad (3.12)$$

Respectiv expresia matematică cea mai generală a fiabilității $F(t)$ (pentru toate distribuțiile de defecțiuni posibile)

Fiabilitatea unui număr N_0 de elemente identice de instalații/echipamente, puse în funcțiune simultan la momentul $t = 0$, adică $N(0) = N_0$, după un interval de timp, t , N_f elemente vor fi defecte (vor ieși din funcțiune), va fi:

$$F(t) = \frac{N_f}{N_0} = \frac{N_f}{N_f + N_d} \quad (3.13)$$

în care:

$$N_0 = N_f + N_d \quad (3.14)$$

Atunci deficiabilitatea (riscul sau probabilitatea de defectare) va fi:

$$D(t) = \frac{N_d}{N_0} = \frac{N_d}{N_f + N_d} \quad (3.15)$$

Se observă că: $F(t) + D(t) = 1$ ca și în cazul unui singur element de instalație relația (3.3). Repetând raționamentul de mai sus, se ajunge la aceeași expresie (3.11) a intensității de defectare.

Dacă intensitatea de defectare este $z(t) = \lambda = const$, rezultă:

$$F(t) = e^{-\lambda t} \quad (3.16)$$

Dacă N_d elemente se defectează cu intensitate constantă, atunci se poate înlocui $\frac{dN_d}{dt}$ cu $\frac{N_d}{t}$, numărul de elemente ieșite din funcțiune în unitatea de timp, iar $N_0 t$ reprezintă suma timpilor de funcționare ai tuturor elementelor (se masoară, de exemplu în ore-elemente). Dacă timpul este înlocuit cu numărul de cicluri, atunci: $\lambda = \frac{\text{numar_de_defectiuni}}{\text{numar_de_cicluri}}$.

Notând:

$$f(t) = -\frac{dF(t)}{dt} = \frac{1}{N_0} \times \frac{dN_d}{dt} \quad (3.17)$$

respectiv:

$$z(t) = -\frac{1}{F(t)} \times \frac{dF(t)}{dt} = \frac{f(t)}{F(t)} \quad (3.18)$$

din relațiile (3.16) și (3.17) rezultă:

$$f(t) = -\frac{dF}{dt} = -\frac{d}{dt}(e^{-\lambda t}) = \lambda \times e^{-\lambda t} \quad (3.19)$$

Integrând prima egalitate a relației (3.6), rezultă:

$$D(t) = \int_0^t f(t) dt \quad (3.20)$$

Care arată că probabilitatea de defectare $D(t)$, la timpul t este numeric egală cu aria cuprinsă între curba de densitate, axele de coordonare și dreapta $t = const$, (figura 3.1).

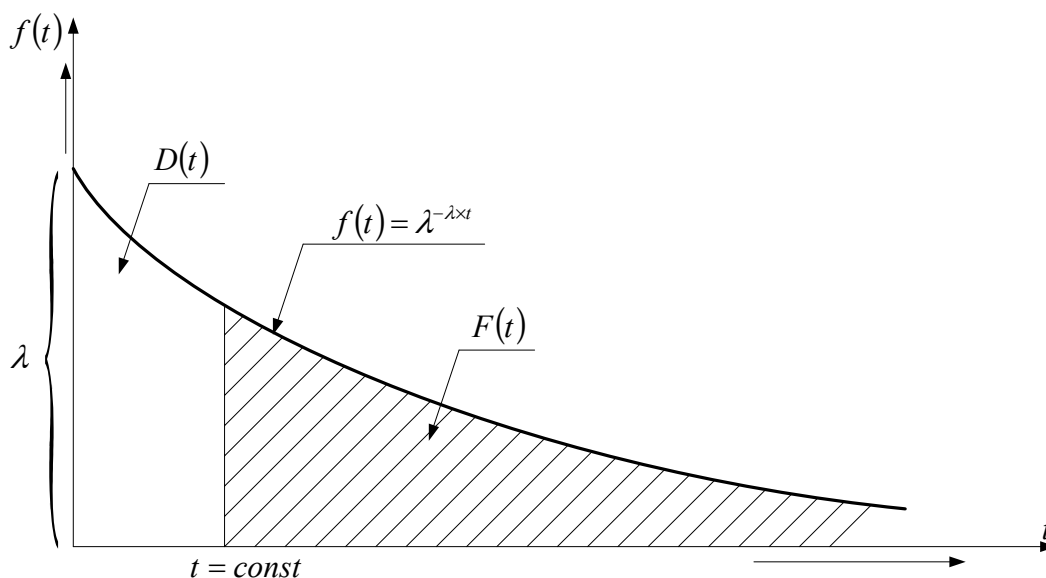


Fig. 3.1 Graficul funcției densității de defectare

Fiabilitatea $F(t) = 1 - D(t)$ este în mod evident numeric egală cu aria hașurată în figura 3.1

$$F(t) = 1 - \int_0^t f(t) dt = \int_t^{\infty} f(t) dt \quad (3.21)$$

Probabilitatea funcționării fără defectare în intervalul (t_0, t_1) în loc de $(0, t_1)$ este o problemă de translație a originii timpului, condiționată de buna funcționare în perioada $(0, t_1)$, deoarece $t_1 = t_0 + (t_1 - t_0)$, rezultă:

$$F(0, t_1) = \exp \left[- \int_0^{t_0} z(t) dt - \int_0^{t_1} z(t) dt \right] = F(0, t_0) \times F(t_0, t_1) \quad (3.22)$$

de unde:

$$F(t_0, t_1) = \frac{F(0, t_1)}{F(0, t_0)} \quad (3.23)$$

în concordanță cu formula probabilității condiționate.

3.2. Fiabilitatea componentelor nereparabile

Componentele nereparabile de instalații sunt elemente care funcționează până la prima defecțiune; Fiabilitatea lor se studiază independent de fiabilitatea celorlalte elemente componente.

Dacă în momentul inițial $t = 0$, elementul începe să funcționeze, iar la momentul $t = \tau$ apare defecțiunea; τ reprezintă timpul de viață a elementului (timpul efectiv de funcționare). Presupunem că τ este o variabilă aleatoare, având legea de repartiție:

$$D(t) = P\{\tau < t\} \quad (3.24)$$

În același timp se utilizează funcția:

$$F(t) = 1 - D(t) = P\{\tau > t\} \quad (3.25)$$

Care reprezintă probabilitatea elementului să funcționeze în momentul t și care este funcția de siguranță în funcționare sau de fiabilitate.

Această funcție este monoton descrescătoare: $P(0) = 1$ și $P(t) \rightarrow 0$ când $t \rightarrow \infty$.

Funcția $F(t)$ se poate explicita și reprezenta grafic - figura 3.2.

Prin înregistrarea de-a lungul timpului t a momentelor de apariție a defecțiunilor, se determină funcția $N_f(t)$, reprezentând numărul de elemente care nu s-au defectat în timpul t . $N_f(0) = N_0$, iar în momentul fiecărei defecțiuni se micșorează cu o unitate.

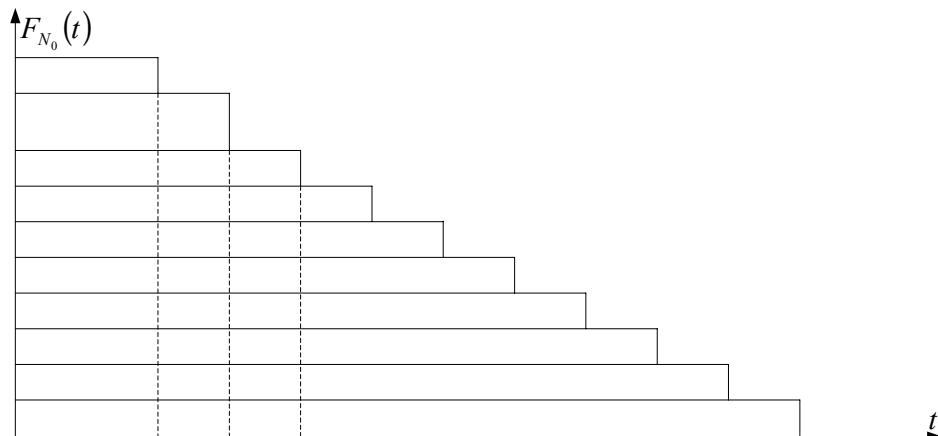


Fig. 3.2 Funcția de fiabilitate pentru un element nereparabil de instalație industrială

a) Funcția empirică de fiabilitate $F_{N_0}(t)$

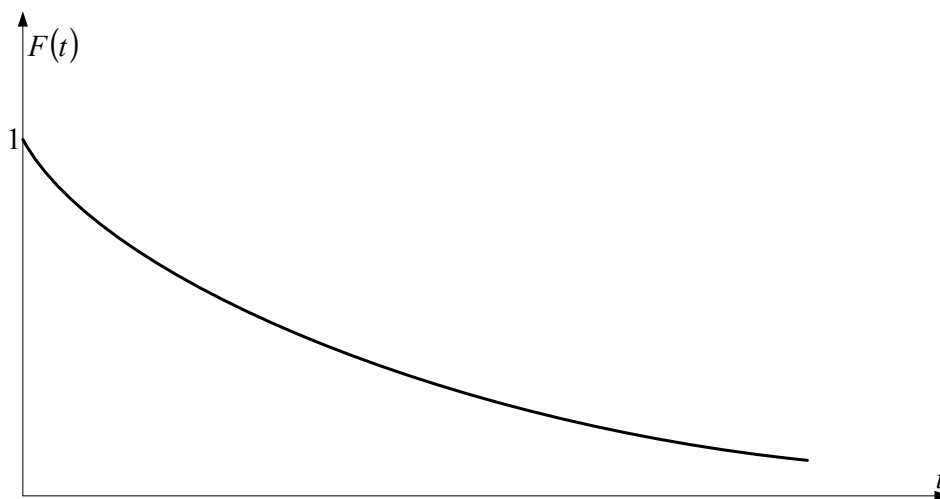


Fig. 3.2 Funcția de fiabilitate pentru un element nereparabil de instalație industrială

b) Funcția de fiabilitate $F(t)$

Când N_0 crește, funcția empirică $F_{N_0}(t)$ se apropie de funcția $F(t)$, figura 3.2.b, și pentru un N_0 mare, are loc egalitatea aproximativă:

$$F_{N_0}(t) = \frac{N_f(t)}{N_0} \cong F(t) \quad (3.26)$$

3.2.1. Valori caracteristice ale funcției de fiabilitate pentru un element de instalație

Se observă că, pentru una și aceeași precizie în estimarea funcției $F(t)$, se cere un volum mai mare de experimentări decât pentru estimarea probabilității $F(t_0)$. Din această cauză, în multe situații, siguranța în funcționare nu este caracterizată de funcția $F(t)$ ci de anumite valori numerice caracteristice ale acesteia.

Timpul mediu de funcționare T_0 se definește ca valoarea medie a valorii aleatorii, adică:

$$T_0 = M_\tau = \int_0^{\infty} F(t) dt \quad (3.27)$$

în care s-a aplicat metoda integrării prin părți.

Dispersia timpului de funcționare, de asemenea o caracteristică a funcției de fiabilitate este dată de relația:

$$D_{\tau} = M(\tau - T_0) = \int_0^{\infty} t^2 \times f(t) dt - T_0^2 = 2 \times \int_0^{\infty} t \times F(t) dt - T_0^2 \quad (3.28)$$

Valoarea $\sigma = \sqrt{D_{\tau}}$ reprezintă abaterea medie pătratică a timpului τ de la valoarea T_0 .

Folosirea dispersiei ca o caracteristică a fiabilității este recomandată în cazul în care $\sigma < T_0$, adică timpul aleatoriu t are o împrăștiere relativ mică. În acest caz, o prezentare clară apare în graficul densității $f(t)$ care are un singur vârf (figura 3.3).

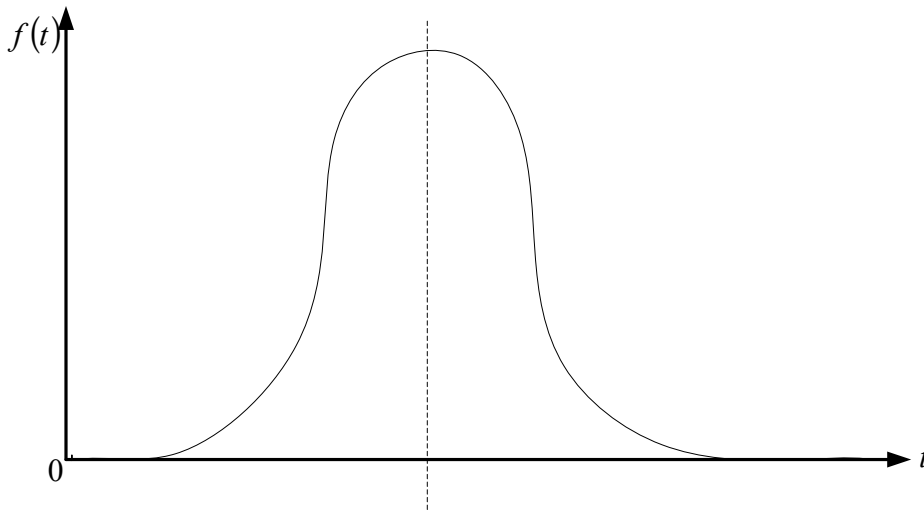


Fig. 3.3 Graficul densității $f(t)$

Presupunând că elementul de instalație funcționează fără defecțiuni până la timpul t se determină probabilitatea ca el să nu se defecteze pe intervalul (t, t_1) . Se notează această probabilitate cu $F(t, t_1)$, cu A evenimentul care constă în faptul că elementul funcționează pe intervalul $(0, t)$ și cu B evenimentul care constă în faptul că elementul funcționează în intervalul (t, t_1) . Probabilitatea condiționată este următoarea:

$$F(t, t_1) = P(t, t_1) = P\{A/B\} = \frac{P\{AB\}}{P\{A\}} \quad (3.29)$$

Evenimentul AB reprezintă faptul că elementul funcționează în intervalul $(0, t_1)$

$$F(t, t_1) = \frac{F(t_1)}{F(t)} \quad (3.30)$$

Probabilitatea de defectare în intervalul (t, t_1)

$$D(t, t_1) = 1 - F(t, t_1) = \frac{F(t) - F(t_1)}{F(t)} \quad (3.31)$$

Considerând: $t_1 = t + \Delta t$, cu $\Delta t \rightarrow \infty$

$$D(t, t + \Delta t) = \frac{F(t) - F(t + \Delta t)}{F(t)} = -\frac{F'(t)}{F(t)} \times \Delta t = \lambda(t) \Delta t \quad (3.32)$$

în care $\lambda(t) = -\frac{F'(t)}{F(t)}$ reprezintă probabilitatea ca elementul ce a funcționat fără defectțiuni la momentul t să se defecteze în următoarea unitate de timp.

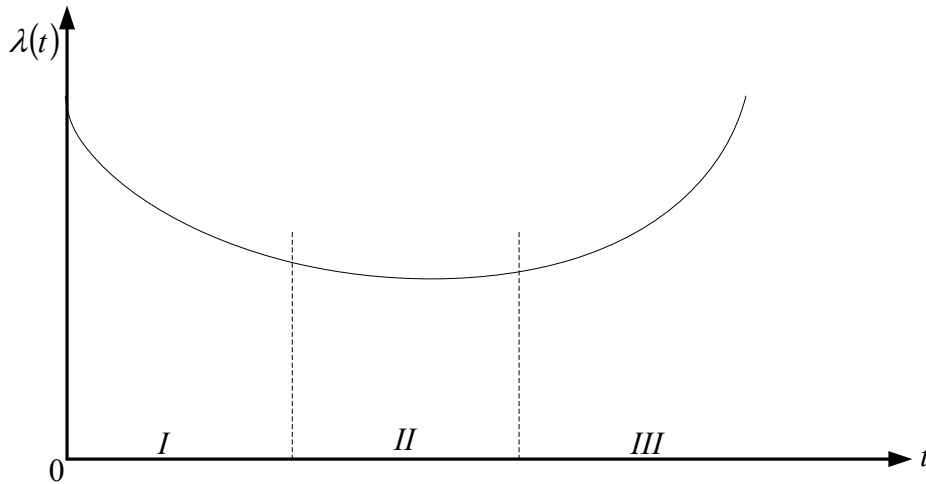
Densitatea de repartiție de defectțiunilor la momentul t , $\lambda(t)$ atestă faptul că elementul a funcționat fără defectțiuni până la acest moment, iar funcția $\lambda(t) = -\frac{F'(t)}{F(t)}$ se mai numește și pericol (risc) de defectare. Rezolvând această ecuație, se obține:

$$F(t) = \exp \left(- \int_0^t \lambda(t) dt \right) \quad (3.33)$$

Atunci probabilitatea ca elementul să funcționeze pe intervalul (t_1, t_2) este:

$$F(t_1, t_2) = \exp \left(- \int_{t_1}^{t_2} \lambda(t) dt \right) \quad (3.34)$$

Numeroase date experimentale arată că, pentru multe elemente funcția $\lambda(t)$ are aspectul curbei din figura 3.4, unde: I – este perioada de rodaj; II – perioada de funcționare, III – perioada de îmbatrânire.

Fig. 3.4 Forma generală a graficului funcției $\lambda(t)$

3.3 Fiabilitatea instalațiilor dintr-un sistem

Instalația hidroedilitară (sau de exemplu SP, dezinfecție etc.) este un ansamblu (sistem) de elemente, a cărui funcționare se examinează până la prima defecțiune.

Defecțiunea primară a unui element al instalației poate duce la deteriorarea altor elemente, dar aceste defecțiuni secundare nu se iau în considerare, deoarece ele apar în sistem care a ieșit deja din funcțiune datorită defecțiunii primare.

Se presupune că defecțiunile elementelor componente ale instalației sunt evenimente independente. Cu această simplificare, rezultă:

$$F(t) = \prod_{j=1}^n P_j(t) \quad (3.35)$$

în care: $F(t)$ este funcția de fiabilitate a instalației (sistemului);

$P_j(t)$ - funcția de fiabilitate a elementului j ;

n - numărul elementelor de instalație j .

Elementele a căror defecție nu duce la defecția instalației se neglijează, adică nu intră în numărul n .

Obținerea funcției $F(t)$ cu ajutorul formulei, în special atunci când există multe elemente componente este dificilă. De aceea, apare necesitatea unei metode practice de calcul a fiabilității instalației/sistemului.

Se va realiza instalația alcătuită din elemente eterogene. Analog formulei pentru determinarea probabilității condiționate a funcționării fără defecțiuni în intervalul de timp (t_0, t_1) a elementului de instalație:

$$p(t_1, t_0) = \exp\left(-\int_{t_0}^{t_1} \lambda(t) dt\right) = p(t_0, t') = \exp\left(-\int_{t_0}^{t_0+t'} \lambda(t) dt\right) \quad (3.36)$$

în care: $t' = t_1 - t_0$, iar funcția fiabilității instalației va fi:

$$F(t_0, t'') = \exp\left(-\sum_{j=1}^n \int_{t_0}^{t_0+t''} \lambda_j(t) dt\right) \quad (3.37)$$

sau:

$$F(t_0, t') = \exp\left(-\int_{t_0}^{t_0+t'} \Lambda(t) dt\right) \quad (3.38)$$

unde intensitatea defectării instalației $\Lambda(t)$ este suma intensităților de defectare a elementelor componente ale acesteia:

$$\Lambda(t) = \sum_{j=1}^n \lambda_j(t) \quad (3.39)$$

Pentru instalația alcătuită din n elemente identice $\Lambda(t) = n \times \lambda(t)$, funcția de fiabilitate devine:

$$F(t_0, t') = \exp\left(-n \times \int_{t_0}^{t_0+t'} \lambda(t) dt\right) \quad (3.40)$$

Calculul funcției fiabilității instalației se reduce la însumarea ariilor de sub curbele de intensitatea a defectărilor elementelor componente ale acesteia și la aflarea probabilităților fără defectări din tabelul funcției exponențiale.

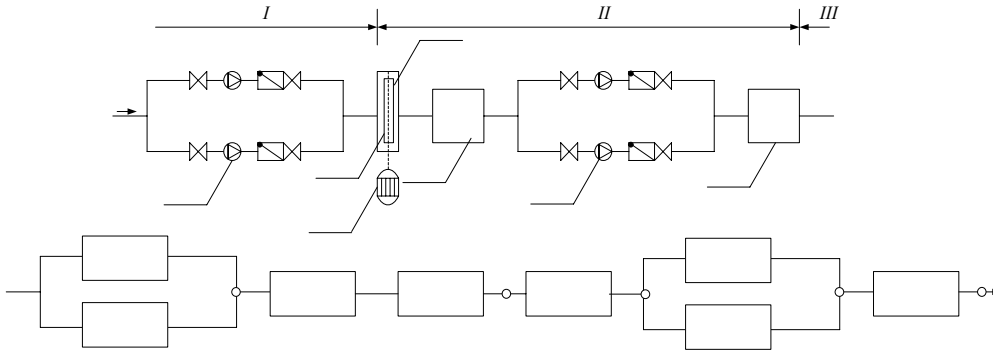
3.4 Scheme bloc pentru calculul fiabilității instalațiilor dintr-un sistem

Instalațiile ca sistem, compuse dintr-un număr de elemente active, între care există legături de reciprocitate, formează un sistem structural, iar fiabilitatea lor se studiază pe baza schemei bloc care reprezintă modelul structural (logic) al funcționării fără defectări a sistemului.

Pentru întocmirea schemei bloc sunt necesare trei etape și anume:

- elaborarea schemei tehnologice și studierea funcționării sistemului, stabilind pe această bază, lista proprietăților sistemului în bună stare de funcționare;
- elaborarea arborelui de defectări, respectiv clasificarea defectărilor posibile ale fiecărui element component și estimarea influenței acestora asupra capacității de funcționare a instalației/sistemului;
- alcătuirea modelului structural (logic) al funcționării fără defectări a sistemului, denumit schema bloc de calcul a fiabilității instalației.

Pentru exemplificare, în figura 3.5a, se prezintă schema tehnologică a unei instalații de tratare a apei subterane conținând fier și mangan, iar în figura 3.5b. schema bloc corespunzătoare.



a)

În general, schema bloc cuprinde numai elementele esențiale ale schemei tehnologice, necesare pentru calculul fiabilității instalației respective.

Schema bloc este alcătuită dintr-un ansamblu de module, în care blocurile componente sunt în conexiune serie sau în paralel (derivație). Conexiunea în paralel asigură redundanța sistemului, definită (conform STAS 8174/1) că există într-un dispozitiv sau instalație, mai mult decât un mijloc pentru îndeplinirea unei funcții specificate.

Din schema bloc se separă blocurile la care defectarea unui singur element duce la defectarea întregului sistem. Se enumeră combinațiile de blocuri care asigură funcționarea fără defecțiuni a sistemului. Aceste combinații pot fi alcătuite sub forma tabelului 3.1

Combinatiile cu funcționarea fără defecțiuni a sistemului Tabelul 3.1

Numărul combinației	Pentru funcționarea fără defecțiuni a sistemului este necesar ca următoarele blocuri să fie în bună stare de funcționare
1	A C D E F H
2	B C D E F H
3	A C D E G H
4	B C D E G H

Fig. 3.5 Schema tehnologică și schema bloc de calcul subterană

Din tabelul 3.1 rezultă că, pentru funcționarea fără defecțiuni a sistemului, este necesar ca următoarele blocuri să fie în bună stare: A (sau B) și C, D, E, F (sau G) și H. Cuvântului "și" îi corespunde conexiunea în serie a blocurilor, iar cuvântului "sau" îi corespunde conexiunea în paralel.

Se admite că blocurile (elementele de instalații) care alcătuiesc sistemul (instalația) sunt independente, în consecință:

- I - apă brută; II - apă parțial tratată
- A, B - pompele 1; C - motor de antrenare 3; D - bazi
- F, G - pompele 6; H - filtru t

- conexiunii în serie a blocurilor îi corespunde produsul probabilităților de funcționare fără defecțiuni a acestor blocuri;
- conexiunii în paralel a blocurilor îi corespunde produsul probabilităților de defectare a acestor blocuri.

De exemplu, pentru sistemul care are schema bloc prezentată în figura 3.5, probabilitatea funcționării fără defecte este:

$$F[1 - (1 - p_I) \times (1 - p_{II})] \quad (3.41)$$

în care $[(p_I), (p_{II})]$ sunt probabilitățile funcționării fără defecțiuni a modulelor I, II, calculate în funcție de probabilitățile funcționării fără defecțiuni a blocurilor (elementelor de instalații), $p_A, p_B, p_C, p_D, p_E, p_F, p_G, p_H$

$$p_I = p_A \times [1 - (1 - p_C) \times (1 - p_D) \times (1 - p_G) \times (1 - p_H)] \quad (3.42)$$

$$p_{II} = p_C \times p_D \times [1 - (1 - p_E) \times (1 - p_F) \times (1 - p_H)] \quad (3.43)$$

Înlocuind relațiile (3.42) și (3.43) în relația (3.41) se obține funcția fiabilității sistemului:

$$F(t) = 1 - \{ p_A(t) \times [1 - (1 - p_C(t)) \times (1 - p_D(t)) \times (1 - p_E(t)) \times (1 - p_G(t)) \times (1 - p_H(t))] \} \times \{ [1 - p_C(t) \times p_D(t) \times [1 - (1 - p_E(t)) \times (1 - p_F(t)) \times (1 - p_H(t))] \} \quad (3.44)$$

În practică, pentru calculul valorilor funcției fiabilității instalațiilor se folosesc următoarele formule de aproximare:

$$\prod_{j=1}^m p_j(t) \cong 1 - t \times \sum_{j=1}^m \lambda_j \quad (3.45)$$

$$[p(t)]^m \cong 1 - m \times \lambda \times t \quad (3.46)$$

$$\prod_{j=1}^m q_j(t) \cong t^m \times \prod_{j=1}^m \lambda_i \quad (3.47)$$

unde: $q(t) = 1 - p(t)$

Pentru aplicarea formulei probabilităților totale la calculul fiabilității unei instalații industriale se alege un anumit element i al schemei bloc al instalației și se examinează două ipoteze:

- I_1 - elementul i funcționează fără defecțiuni în intervalul de timp prescris, cu probabilitatea $p(H_1) = p_i$;

- I_2 - elementul i s-a defectat în intervalul de timp prescris, cu probabilitatea $p(H_2) = 1 - p_i$.

Evenimentul X este funcționarea fără defecțiuni a instalației, cu probabilitatea p_i (în intervalul de timp prescris).

Probabilitatea funcționării fără defecțiuni a instalației este:

$$F = P = p_i \times P_{+i} + (1 - p_i) \times P_{-i} \quad (3.48)$$

În care P_{+i}, P_{-i} sunt probabilitățile condiționate de funcționare fără defecțiuni a instalației, la funcționarea elementului i , (P_{+i}), respectiv la defectarea lui (P_{-i}).

Probabilitatea P_X a apariției evenimentului X este egală cu suma produselor dintre probabilitatea fiecărei ipoteze $P(I_i)$ și probabilitatea condiționată $P_i(X)$ a evenimentului în cazul acestei ipoteze:

$$P(X) = \sum_{i=1}^n P(I_i) \times P_i(X) \quad (3.49)$$

3.5 Fiabilitatea pompelor centrifuge

Defectele apărute la agregatul de pompare duc, de regulă, la scoaterea din funcțiune a instalației/sistemului deservit de aceasta.

Fiabilitatea agregatelor de pompare, depinde de fiabilitatea elementelor (subansamblelor) componente ale acestora, atât din punctul de vedere al execuției, cât și din cel al întreținerii. În tabelul 3.1 se prezintă, după datele existente, fiabilitatea elementelor componente ale pompelor centrifugale date prin frecvențele relative (în procente) ale ieșirii din funcțiune a acestora.

Fiabilitatea pompelor centrifugale

Tabelul 3.2

Elementul ieșit din serviciu/cauza ieșirii din serviciu	Frecvența relativă a ieșirii din serviciu în %
Etanșări	20
Carcasă	18
Rotor (roată, arbore, cuplaj)	14
Lagăre	10
Greșeli de montaj/întreținere/deservire	14,2
Avarii la transport și depozitare	12
Defectarea agregatelor auxiliare (motor electric, sistem răcire)	6,8

În tabelul 3.2 se dă corelația între durata de viață, T_m în ore, a pompelor centrifugale și condițiile de lucru ale acestora, reprezentate prin fluide vehiculate precum și domeniul temperaturilor de lucru.

Durata de viață T_m a pompelor centrifugale

Tabelul 3.3

Tipul pompei	Apă pompată	Temperatura [°C]	T_m [h]
Pentru apă rece	Lichid neutru usor agresiv	-10 ... 100	24 000
Pentru apă fierbinte	Idem	1 ... 400	14 000
Pentru alimentarea cazanelor	Lichid neutru curat	1 ... 300	14 000 ... 25 000
Pentru acizi	Lichide agresive, curate	1 ... 100	2 000 ... 9 000
Pentru amestec lichid - solid	Amestec neutru, cu faza solidă fibroasă	1 ... 100	12 000
	Amestec neutru, cu faza solidă granulată	1 ... 100	5 000 ... 9 000
	Amestec agresiv, cu faza solidă granulată	1 ... 100	200 ... 6 000

Pentru următoarele elemente componente ale pompei centrifugale o defecțiune normală a densității defectărilor este:

- rulmenții (2 bucăți) cu durata medie de viață $T_{01} = 2400[h]$ și abaterea standard $\sigma_1 = 500[h]$;
- dispozitivele de etanșare ale arborelui pompei (2 bucăți), cu durata medie de viață $T_{02} = 1500[h]$ și abaterea standard $\sigma_2 = 250[h]$

Fiabilitatea acestor elemente, $F_{1,2}$ (indicele 1 pentru rulmenți, indicele 2 pentru dispozitive de etanșare) se calculează cu relația:

$$F_{1,2} = \left\{ 1 - \frac{1}{\sigma_{1,2}} \times \int_{-\infty}^{1000} \exp \left[-\frac{(t - T_{01,2})^2}{2 \times \sigma_{1,2}^2} \right] dt \right\} \quad (3.50)$$

unde limita superioară a integralei reprezintă timpul de funcționare a pompei $T_0 = 1000[h]$ ce se cere gradat. Probabilitatea ieșirii din uz a rulmenților sau a dispozitivelor de etanșare, $D_{1,2}$:

$$D_{1,2} = \frac{1}{\sigma_{1,2}} = \left\{ \int_{-\infty}^{1000} \exp \left[-\frac{(t - T_{01,2})^2}{2 \times \sigma_{1,2}^2} \right] dt \right\} \quad (3.51)$$

Robinetul de control al pompei (notat cu indicele 3), pentru care media timpilor de funcționare este $m_{03} = 8000[h]$, precum și întreruperile din funcționarea pompei datorită unor cauze imprevizibile (coroziune locală, uzură exagerată, etc., notate cu indicele 4), prezintă o distribuție exponențială a densității defectărilor. În aceste cazuri Fiabilitatea se calculează cu relația:

$$F_{3,4} = \exp \left(-\frac{T_0}{m_{03,4}} \right) \quad (3.52)$$

Efectuând calculele cu relațiile (2.50) și (3.52) se obțin fiabilitățile:

$$F_1 = 0,9948; F_2 = 0,9544; F_3 = 0,8825; F_4 = 0,9460 \quad (3.53)$$

astfel că, fiabilitatea pompei centrifugale este:

$$F = F_1 \times F_2 \times F_3 \times F_4 = 0,7930 \quad (3.54)$$

iar fiabilitatea pompei este:

$$D = 1 - F = 0,207 \quad (3.55)$$

Aceasta înseamnă că 20,7%, adică 207 pompe din 1000, vor ieși din funcțiune în limitele termenului de garanție.

CAP.4. OPTIMIZAREA PROIECTĂRII ȘI EXPLOATĂRII SISTEMELOR HIDROEDILITARE

4.1. Date de bază

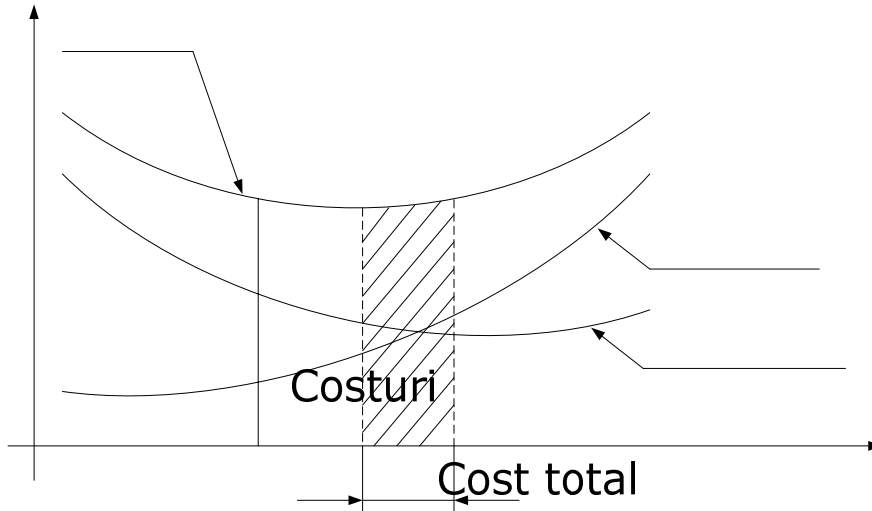
Proiectarea optimală a sistemelor hidroedilitare are ca scop principal:

- 1) deservirea perfectă a consumatorilor/evacuatorilor de apă;
- 2) creerea premizelor unei exploatare facile, controlabile, adaptabilă la variațiile de parametri (ce pot apărea în timp);
- 3) protecția mediului;
- 4) economia de energie;
- 5) încadrarea într-un concept urban fiabil;
- 6) creerea posibilităților/condițiilor unei execuții corecte și de calitate;
- 7) să asigure protecția muncii.

Aspectele tehnice avute în vedere la optimizarea sistemelor hidroedilitare au în vedere:

- alegerea traseelor pe bază de criterii funcționale, de stabilitate, economice și ale caracteristicilor tehnologice;
- selectarea/alegerea materialelor, utilajelor, instalațiilor, aparaturii și echipamentelor încât acestea să corespundă/determine scopurilor urmărite;
- automatizarea, monitorizarea și informatizarea sistemului hidroedilitar, acesta fiind compus din sisteme tehnice și subsisteme, care împreună, într-o concepție unitară asigură eficiența tehnică, economică, funcțională, decizională.

Optimizarea fiabilității se constituie într-o problemă esențială a activităților de cercetare, proiectare, execuție și exploatare a sistemelor hidroedilitare. Între costul de producere/fabricare a unui sistem / produs și nivelul de fiabilitate atașat, este o strânsă dependență. Între severitatea fiabilității și nivelul costului produsului/instalației/sistemului este o intercondiționare direct proporțională, iar în activitatea de mentenanță (întreținere/reparare) între cost și fiabilitate raportul este invers proporțional – figura 4.1.



Scăderea costului unui produs/echipament/sistem etc. se poate obține (printre altele) prin:

- perfecționarea tehnologiilor;
- folosirea de materiale/subansambele performante;
- cooperare interdisciplinară.

Creșterea fiabilității unui sistem se asigură prin:

- creșterea fiabilității componentelor;
- asigurarea redundanței structurale;
- diminuarea complexității conceptuale a sistemului;
- strategii adecvate de mentenanță;
- creșterea calificării și exigenței calitative.

Pentru optimizarea fiabilității sistemelor se au în vedere:

- a) maximizarea fiabilității, adică:

$$F_S(x, r) = \sum_1^N f_j(x_1, r_1, x_2, r_2, \dots, x_N, r_N) \rightarrow \max \quad (4.1.)$$

și

$$\sum_1^N g_{ij}(x_j, r_j) \leq b_i; i = [1, m] \quad (4.2.)$$

$F(x, \tau)$ poate exprima o sumă de funcții separabile;

astfel că:

- $f_j(x_1, r_1, x_2, r_2, \dots, x_N, r_N)$ să satisfacă principiul optimizării strategiei, adică deciziile urmează o traiectorie optima (indiferent de starea și decizia inițială);
- g_{ij} reprezintă resursele de tip I consumate de subsistemul j;

optim

Fig. 4.1 Relația calitativă

- b_i este restricția de tip I impusă sistemului;
- $x = (x_1, x_2, \dots, x_N)$ - vectorii redundanței;
- $r = (r_1, r_2, \dots, r_N)$ - vectorii nivelului de fiabilitate (pentru fiecare sistem)

Această modalitate de abordare se pretează sistemelor hidroedilitare care au un impact semnificativ social, de protecție a mediului, ecologic.

b) minimizarea costului sistemului, respective:

$$C_S(x, r) = \sum_1^N C_j(x_j, r_j) \rightarrow \min \quad (4.3.)$$

cu condiția asigurării unui prag de fiabilitate:

$$F_S(x, r) \geq F_S \min \quad (4.4.)$$

unde: $C_S(x, r)$ este costul total al sistemului;

$C_j(x_j, r_j)$ este costul subsistemului j ținând seama de numărul componentelor alocate (x_j) și de nivelul de fiabilitate (r_j) al acestora.

Aceste cerințe/formulari impun formularea unor metode de minimizare (costuri) sau maximizare (fiabilități) în condițiile satisfacerii unui sistem de restricții.

4.2. Optimizarea pe baza cheltuielilor anuale de calcul

Acest criteriu economic de optimizare urmărește minimizarea funcției obiectiv "cheltuieli anuale de calcul", adică:

$$CA = p_n \times I + C + D \quad (4.5.)$$

în care: p_n este coeficientul normat (asumat) de eficacitate economică a investiției;

I - cheltuieli de investiție (include și amortizările investițiilor anterioare);

C - cheltuieli de întreținere și exploatare;

D - daune/pierderi/consecințe economice provocate de întreruperi în furnizarea apei, ape de scurgere nepreluare de sistem (inundații).

Obs. Mărimile C , D se determină/estimează pentru un interval de analiză (de ex.

$T_A = 1an$).

4.3. Optimizarea pe baza "cheltuielilor totale actualizate"

La aplicarea criteriului (economic) "cheltuieli totale actualizate" - CTA - se are în vedere minimizarea funcției obiectiv:

$$CTA = \sum_1^{\Delta T} I_t \left(\frac{1+r}{1+a} \right)^t + \sum_{t=t_{e+1}}^{\Delta T} (C_t + D_t) \left(\frac{1+r}{1+a} \right)^t - \sum_{t=t_{e+1}}^{\Delta T} V_r (1+a)^{-t} - W_{rmT} (1+a)^{-T} \quad (4.6)$$

în care: a este rata de actualizare;

r - rata inflației;

t - anul curent;

ΔT - durata de studiu (se recomandă $\Delta T \geq 10ani$);

T - durata normală de serviciu:

$$T = c_s \cdot T_g \quad (4.7)$$

unde: T_g - durata de garanție;

c_s - coeficientul de serviciu ($c_s = (2...10)T_g$)

I_t - investițiile din anul (t) - efective și echivalate;

C_t - cheltuielile - de exploatare și echivalate - din anul (t);

Obs. Sunt incluse cote de reparații, întreținere, revizii, consum de energie, reactivi, taxe, impozite;

D_t - daunele probabile din anul (t);

V_{rt} - valoarea reziduală a componentelor dezafectate în anul (t);

W_{rmT} - valoarea remanentă a obiectivului dezafectat după anul " T ".

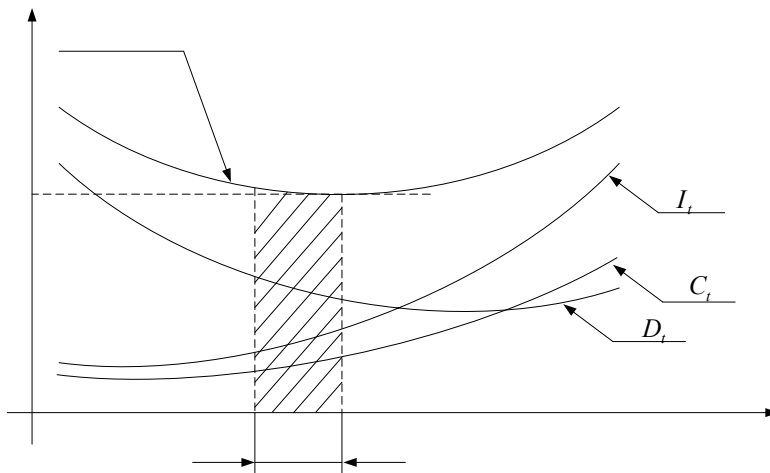
Figura 4.2. dă expresia grafică, pe baza criteriului CTA , a relației cost-fiabilitate.

Rata de actualizare (a) este o mărime dificil de stabilit, depinzând de o serie de elemente (obiective și subiective, tehnice și economice) cum sunt:

- natura investiției;
- gradul de dezvoltare/stabilitate al economiei naționale;
- conjunctura socio-economică (locală, națională, internațională);
- competiția cu alte proiecte (naționale/internaționale) etc.

(Până în 1990 domeniul hidroedilitar avea $a \approx 8\%$, mai mică decât, de exemplu, rata medie a celorlalte ramuri economice, de cca. 10%).

Între rata de actualizare și gradul de dezvoltare economică este un raport invers proporțional. Pentru sistemele hidroedilitare din Romania o rată de 8...10% (funcție de perioadă, mărime, locație) este de așteptat.



4.4. Optimizarea pe baza "efortului economic justificat" și a "efortului economic raportat minim"

Când se analizează oportunitatea unei investiții (asociată cu funcția obiectiv) se apelează la criteriul EEJ – "efort economic justificat":

$$\sum_1^{\Delta T} E_t (1+a)^{-t} \leq \sum_1^{\Delta T} H_t (1+a)^{-t} + W_{rT} (1+a)^{-T} \quad (4.8.)$$

unde: E_t este efortul economic din anul (t)

H_t este efectul economic din anul (t)

Efortul economic este dat de investițiile începuturilor de perioade analizate (I_i) și de cheltuielile de exploatare - C_{et} - repartizate pe întreaga perioadă, adică:

$$\sum_1^{\Delta T} E_t (1+a)^{-t} = I_i + \sum_1^{\Delta T} C_{et} (1-a)^{-t}, \quad (4.9.)$$

iar efectul economic se caracterizează prin diminuarea daunei, adică:

$$\sum_1^{\Delta T} H_t (1+a)^{-t} = \sum_1^{\Delta T} \Delta D_t (1+a)^{-t} \quad (4.10.)$$

În aceste condiții:

$$I_i + \sum_1^{\Delta T} C_{et} (1+a)^{-t} \leq \sum_1^{\Delta T} \Delta D_t (1+a)^{-t} + W_{rT} (1+a)^{-T} \quad (4.11.)$$

Importanța este stabilirea priorităților de realizare a investițiilor (oportune), pentru aceasta, criteriul "efort economic raportat minim" (EERM) are funcția obiectiv

$$e_h = \frac{\sum_1^{\Delta T} E_t (1+a)^{-t}}{\sum_1^{\Delta T} H_t (1+a)^{-t} + W_{rT} (1+a)^{-T}} = \frac{I_i + \sum_1^{\Delta T} C_{et} (1+a)^{-t}}{\sum_1^{\Delta T} \Delta D_t (1+a)^{-t} + W_{rT} (1+a)^{-T}} \quad (4.12.)$$

Soluția/varianta analizată se justifică economic dacă $e_h < 1$.

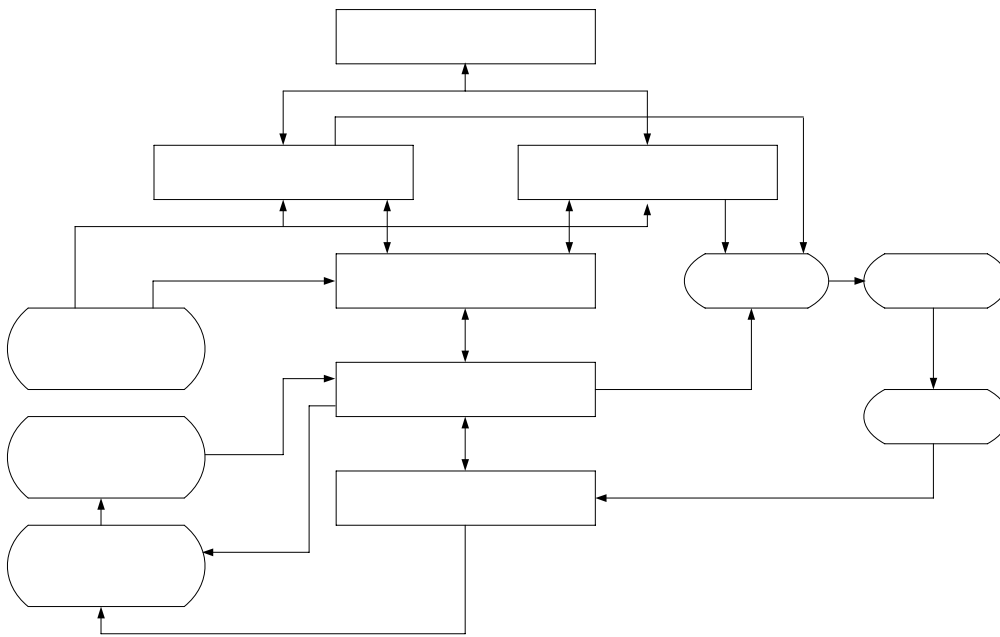
Criteriile EEJ și EERM dau/ofere soluții pentru oportunități și priorități cum ar fi: tipul stațiilor de pompare; opțiuni pentru captări; rețele de distribuție și/sau de canalizare; sisteme de canalizare etc.

Este de menționat faptul că valabilitatea evoluțiilor este condiționată și de existența unei valori stabile pentru rata inflației (r). De multe ori reluarea aceluiași evaluări – cu obținere de rezultate diferite – sunt justificate prin " r ".

Pentru societăți comerciale/ regii autonome de profil hidroedilitar care urmăresc performanța prin modernizare (sau numai reabilitare), extindere, în sistem trebuie să existe o participare responsabilă și coordonată, bine stabilită; se propune modalitatea reprezentată grafic în figura 4.3.

Eficacitatea economică a unei investiții se determină cu valoarea $p_n = \frac{1}{a}$, adică se pune condiția de recuperare a investiției în 10 ani ($a = 10\%$) sau în 12.5 ani ($a = 8\%$). Pentru a aduce cât mai aproape de realitate coeficientul normat de eficacitate economică, p_n , se propune folosirea expresiei:

$$p_n = a + \frac{a}{(1+a)^T} \quad (4.13)$$



În scopul obținerii de evaluări corecte, fiecare termen al funcției obiectiv își are aportul propriu, deci este necesar a fi evaluat/abordat corect.

a) Investiția se abordează pe categorii:

- Investiție efectivă, I_{ef} (directă, colaterală/conexe) cuprinde fondurile pentru realizarea obiectivului analizat;
- Investiția de echivalare a variantelor, I_{ev} , aceasta caracterizează din punct de vedere financiar randamentul tehnic al obiectivului (sistemului). Se exemplifică, sistemul de tratare al apei – calitatea apei, figura 2.11 și relația 2.35

$$I_{evt} = k_{\Delta x_{nec}} \cdot c_{m^3} \cdot \Delta Z \quad (4.14)$$

unde: $k_{\Delta x_{nec}}$ este coeficientul dependent de rezervă/surplus de calitate;

c_{m^3} - costul specific al apei tratate;

ΔZ - sporul pierderilor calitative în anul t .

COMITET DIRECT
- coordonare

COMPARTIMENT ENERGETIC
- politici -

COMPARTIMENT ECOLOGIC
- responsabilitate

RAPOARTE DE
PERFORMANTA

COMPARTIMENT EXPLOATARE
- control & mentenanță

În consecință, în anul t , valoarea investiției va fi:

$$I_t = I_{ef} + I_{evi} \quad (4.15)$$

b) Cheltuielile de exploatare C necesare funcționării sistemului, se prezintă în graficul din figura 4.4.

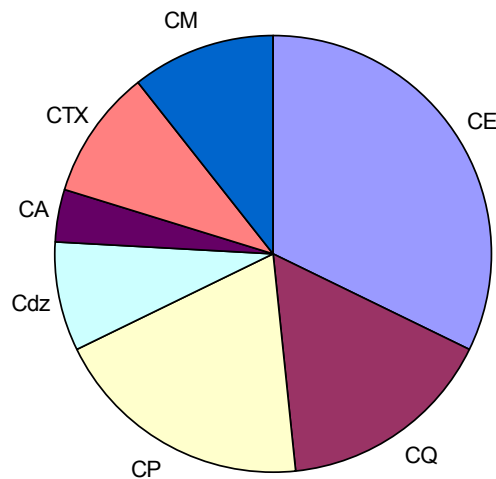


Figura 4.4 Cheltuieli de exploatare

CE – cheltuieli cu energia electrică; CQ – cheltuieli cu tratarea & epurare; CP – cheltuieli cu plata salariilor; Cm – cheltuieli de mentenanță (preventivă CMP și corectivă CMC); CA – costul apei brute; CTX – cheltuieli cu taxe, impozite; Cdz – cheltuieli pentru dezvoltare.

În anul t valoarea cheltuielilor de exploatare rezultă:

$$C_t = C_{Et} + C_{Qt} + C_{Pt} + (C_{MP} + C_{MC}) + C_{At} + C_{Tst} + C_{dzt} \quad (4.16)$$

Structura cheltuielilor indică direcțiile de acțiune în vederea diminuării lor și poate oferi valori de indici (de exemplu $\frac{\text{cheltuieli}}{m^3}$ de apă tratată/cumpărată etc).

De asemenea, cheltuielile de exploatare pot fi: 1) totale (pe sistem hidroedilitar); 2) generale (pe SAA sau pe SC); particularizate (pe catpări – se suprafață, subterane, comune -; pe stații de tratare/epurare; pe rețele de distribuție, de canalizare ș.a.m.d.).

Componentele $C_M = C_{MP} + M_{MC}$ depinde direct de nivelul de fiabilitate asigurat.

c) Daunele D , foarte greu de stabilit în sistemul hidroedilitar, sunt:

- ale sistemului:

- pentru nerealizarea producției din motive diverse (avarii, accidente etc.);
- consumuri neînregistrate (perderi nejustificate, furturi, ș. a);
- amenzi/avaria din accidente a instalațiilor/echipamentelor;
- penalizări;
- consumuri suplimentare de energie, materii prime/auxiliare, etc.

- ale terților:

- nerealizarea producției din lipsă de apă furnizată;
- inundații (mai grave când provin din apele de scurgere) etc.

Principal, daunele pot fi apreciate cu o relație de forma:

$$D_i = \sum d_{si} \times \tau_i + \sum n_j \times X_j \quad (4.17)$$

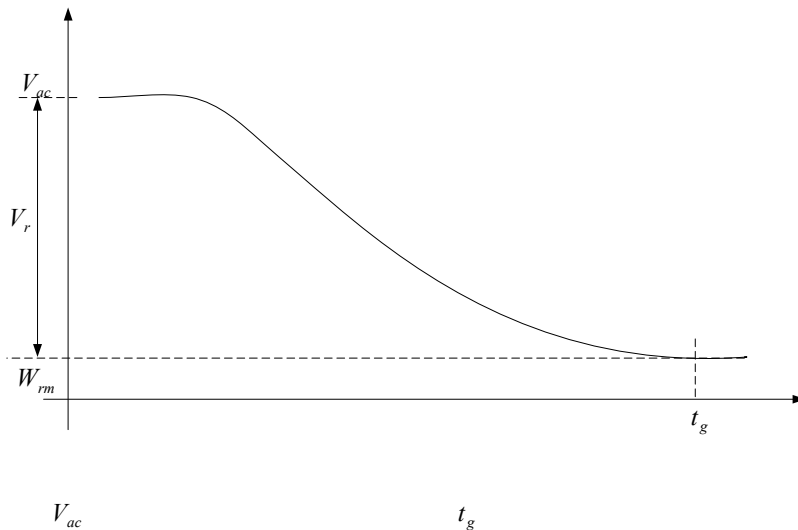
unde: d_{si} este dauna specifică pentru motivul I ;

τ_i - durata/timpul de manifestare al daunei I ;

n_j - numărul de penalizări/amenzi de tip j ;

X_j - valoarea amenzii/penalizării j .

d) Valorile reziduale (V_r) și cele remanente (W_{rm}) sunt construite din valorile instalațiilor și echipamentelor din sistem dezafectate ca urmare a dezafectărilor datorate ieșirii din funcție la depășirea duratei normate de funcționare (W_{rm}), funcționării necorespunzătoare sau încetării funcționării corespunzătoare (V_r) - V_r se exprima funcție de momentul scoaterii din funcție (exprimarea grafică a costurilor este dată în graficul din figura 4.5).



4.5 Metoda euristică de optimizare funcțională a sistemului.

Preocupările vizând optimizarea sistemelor hidroedilitare constituie, în fapt istoria acestor sisteme. De la satisfacerea nevoii de apă "la sursă" la sistemele/instalațiile destoinice care-ți oferă apă (în cele mai "necesare" locații: parcuri, bucătării, grupuri sociale, hoteluri etc.) în cantitatea și la calitatea dorită omul a tot modernizat și optimizat sistemul – aici este vorba despre cel de alimentare cu apă.

Prin conceperea unui sistem de alimentare cu apă optimizată este raportată la condițiile nominale (maximale/minimale, după caz) de funcționare; având ca mărimi probabile de intrare daunele (disconfort cuantificat) provocate de nefuncționare prin: avarii – D_a – și abaterea de la indicatorii de calitate necesari – D_c – într-o perioadă de timp pentru analiză – T_A -.

Se are în vedere situația probabilă și reală ca pe timpul funcționării (exploatării sistemului – SET – apar situații "anormale" (de abatere de la paramentrii avuți în vedere la concepere/proiectare), care impun reevaluarea condițiilor/strategiei de funcționare oprimă a sistemului). Pe cale de consecință, se acționează spre aflarea "optimumului de conjunctură". Dacă potențialul de producție este limitat, cu prevenire/avertizare. Optimumul de conjunctură asigură funcționarea sistemului în noua sa structură, adică:

$$D_p [T_{pr}, T_a, G_a, M] \rightarrow \min im \quad (4.18)$$

în situația:

$$Q_L = Q_C - Q_D \quad (4.19)$$

în care: D_p este durata totală a limitării/perturbării producției (caracterizată de parametrii: T_{pr}, T_a, G_a, M ;

T_{pr} - durata de prevenire;

T_a - durata perturbației (limitare, sistare);

G_a - gradul de limitare;

M - momentul limitării;

Q_L - debitul limitat (indisponibil) la nivelul SET;

Q_C - debitul mediu (combustibi/asigurat) de SET în regim normal de funcționare, la momentul M;

Q_D - debitul disponibil.

$$Q_D = (1 - G_a) \times Q_C \quad (4.20)$$

Obs! În funcție de G_a valoarea lui Q_D se afla pe domeniile $[0, Q_C]$. Dacă limitarea/avaria afectează rețeaua de distribuție SRD – ca subsistem – de consumatori de apă, este delimitată astfel:

- A – consumatori la care sistarea asigurării apei provoacă avarii grave;
- SAB – consumatorii din domeniul social/public(ambiental);
- S – consumatorii din domeniul social;
- AB – consumatorii ambiantali;
- TH – consumatorii tehnologici efectivi.

În ipoteza că:

$$Q_D > Q_A + Q_{SAB} + Q_S + Q_{AB} \quad (4.21)$$

debitul efectiv disponibil Q_{ED} pentru procesul tehnologic este:

$$Q_{ED} = Q_D - (Q_A + Q_{SAB} + Q_S + Q_{AB}) \quad (4.22)$$

iar dacă:

$$Q_D < Q_A + Q_{SAB} + Q_S + Q_{AB} \quad (4.23)$$

se "sacrifică" (restricționează/elimină) Q_{AB} ; acțiunea de limitare se continuă într-o ordine stabilită, de exemplu: S – SAB – SA.

Urmare deciziilor de limitare a debitelor asigurate mai apar restricții de tipul:

- gradul (minim) de afectare a forței de muncă (CM);
- consumuri de energie, materii prime și auxiliare în perioada de revenire (CEM);
- neîntreruperea unor procese (CPP);

Evaluările se fac pe durata medie a daunei, pornindu-se de la inventarierea strictă/reală, respectiv a debitelor pentru asigurarea obiectivelor analizate. Pentru acesta se introduc notațiile:

- $g = 1 \dots g_n$, grupe de mașini
- N_r , cu $r = 1 \div N$, mașini în lucru;
- $l_i = 1 \div L$, linii tehnologice;
- B_k , cu $k = 1 \div n$, laturile/barele "independente" ale SRD (între care nu se va înregistra circulația apei, adică:)

$$[Q_{BkBi}] = 0 \quad (4.24)$$

când: $k = 1 \div n; i = 1 \div m; k \neq i$

(Obs! Un asemenea criteriu de optimizare este doar teoretic din cauza realității realizării și dezvoltării SRD dar și al amplasamentului consumatorilor).

Minimizarea daunei la aplicarea restricției de debit se poate face la nivel de sector (zonă) – optimizarea brută – la nivel intermediar (pe anumite componente ale rețelei) – optimizare fină – sau la nivel de reper (bransament) – optimizare de detaliu.

Pentru optimizarea de detaliu se stabilește valoarea $D_p(T_{pr}, T_a, T_M)$ a daunei, pentru fiecare reper " N_r " aparținând grupei " g " din linia " l_i " cu care se determină dauna relativă la debitul cerut:

$$(g_{Nr}^{gt})' = \frac{(d_{WNr}^{gt})'}{T_a} = \left[\frac{D^{gt}}{Q_{Nr}} \right]_{Nr=1 \div N (g=1 \div G; l_T=1 \div L)} \quad (4.25)$$

Se stabilesc N valori care se ordonează sub forma șirului variațional (S_u^{lt}) și se stabilește corespondența (C_u^{lt}) .

Pentru valori egale ale daunei relative, debitele se înscriu într-un segment de șir descrescător, adică:

$$\begin{aligned} (S_u^1) d_1^1 &\leq d_2^1 \leq \dots \leq d_N^1 \\ (C_u^1) Q_1^1 &\leq Q_2^1 \leq \dots \leq Q_N^1 \end{aligned} \quad (4.26)$$

Pentru întreruperea funcționării N_r, g_1 , cu dauna d_1 se limitează debitul $Q_L^1 < Q_L$. Dacă $Q_L^1 < Q_L$, dauna se produce: se întocmește șirul variațional (S_n^2) și corespondența (C_n^2) :

$$\begin{aligned} (S_n^2)d_1^2 \leq d_2^2 \leq \dots \leq d_{N-1}^2 \\ (C_n^2)Q_1^2 \leq Q_2^2 \leq \dots \leq Q_{N-1}^2 \end{aligned} \quad (4.27)$$

Se calculează $Q_L^2 = Q_1^1 + Q_1^2$ și dacă $Q_L^2 < Q_L$ se trece la șirul variațional următor, respectiv a corespondenței ce urmează: procedeul continuă până când se constată satisfacerea relației:

$$Q_L^{r-1} = \sum Q_1^I < Q_L \leq Q_L = \sum_1^I Q_1^I = Q_L^I \quad (4.28)$$

unde: I este numărul reperelor la care trebuie "sistată" apa.

Se face notația (r_k) pentru $(N_{r,k})$, numărul reperelor branșate la laturile $B_k \left(N = \sum_{k=1}^n r_k \right)$ și se determină debitul cerut de cele (r_k) repere (Q_k^B) și dauna specifică (D_k^B) , adică:

$$D_k^B \in \left[\begin{array}{l} \max(D_r); \sum_{r=1}^k D_r \\ r = 1, \sqrt{k} \end{array} \right] \quad (4.29)$$

și:

$$Q_k^B = K_{SK} \times \sum_{r=1}^k Q_r; (d_k^B) = \frac{D_k^B}{Q_k^B} \quad (4.30)$$

unde: K_{SK} este coeficientul de simultaneitate al reperelor branșate la (B_k)

Se construiește șirul variațional și corespondența pentru 1-B, adică

$$\begin{aligned} (S_B^1)d_1^{1B} \leq d_2^{1B} \leq \dots \leq d_n^{1B} \\ (C_B^1)Q_1^{1B}, Q_2^{1B}, \dots, Q_N^{1B} \end{aligned} \quad (4.31)$$

Obs! Pentru latura având corespondența $d_1^{1B} \rightarrow Q_1^{1B}$ este cea mai avantajoasă (daună specifică și debit cerut maxim).

Dacă $Q_L^1 = Q_1^{1B} < Q_L$ se trece la șirul variațional (S_B^2) și corespondența sa (C_B^2) , adică:

$$\begin{aligned} (S_B^2)d_1^{2B} \leq d_2^{2B} \leq \dots \leq d_{n-1}^{2B} \\ (C_B^2)Q_1^{2B}, Q_2^{2B}, \dots, Q_{n-1}^{2B} \end{aligned} \quad (4.32)$$

În urma izolării laturei având corespondența $d_1^{2B} \rightarrow Q_1^{2B}$, debitul limitat va fi $Q_L^2 < Q_I$, procedeul continuând până se obține:

$$Q_L^{n_L-1} = \sum_1^{n_L-1} Q_1^{IB} < Q_J \leq Q_L = \sum_1^{n_L} Q_1^{IB} = Q_L^{n_L} \quad (4.33)$$

În care n_L reprezintă numărul brașamentelor închise, care se identifică prin restabilirea corespondenței:

$$(d_1^{IB})_{I=1, n_L} \rightarrow (d_k^B)_k \quad (4.34)$$

Pentru a minimiza dauna în condițiile unor restricții impuse consumatorilor aplicarea conjugată a criteriului (4.18) cu restricțiile generale și cu cele impuse consumatorilor, impune definirea coeficienților de corecție:

$$m_r^u = \frac{N_r}{N_I} = \frac{N_r}{\sum_1^N N_r}; \quad m_k^B = \frac{N_k}{N_I} = \frac{\sum_1^{r_k} N_r}{\sum_1^N N_r} \quad (4.35)$$

$$e_r^u = \frac{W_r^s}{\sum_1^N W_r^s}; \quad e_k^B = \frac{\sum_1^{r_k} W_r^s}{\sum_1^N W_r^s} \quad (4.36)$$

$$M_r^u = \frac{M_r^s}{\sum_1^N M_r^s}; \quad M_k^B = \frac{\sum_1^{r_k} M_r^s}{\sum_1^N M_r^s} \quad (4.37)$$

în care: m_r^u, m_k^B sunt coeficienți de corecție ai forței de muncă la nivelul ML m_r^u și al laturilor independente ale SRD m_k^B

N_r, N_K, N_I - numărul personalului care deservește reperul N_r , reperatele racordate la $B_k(N_k)$, toate laturile independente ML(N_i);

e_r^u, e_k^B - coeficienți de corecție ai energiei consumate în procesul de revenire tehnologică la nivelul ML e_r^u și al laturilor independente SRD e_k^B ;

W_r^s - energia consumată în procesul de revenire al mașinii la funcționarea normală;

M_r^u, M_k^B - coeficienții de corecție ai consumului suplimentar materii prime și auxiliare în procesul de revenire la normalul de lucru al reperului M_r^u și al laturei independente M_k^B .

La nivelul reperelor N_r sau al laturilor B_k cu restricțiile (4.18) și (Cm) sau (4.19) și (CEM) problema se rezolvă similar.

Se notează cu K_r^u și K_k^B coeficienții de corecție la nivelul ML, respectiv al laturilor SRD, definiți prin:

$$K_r^u \equiv (m_r^u \cup e_r^u \cup M_r^u); K_k^B \equiv (m_k^B \cup e_k^B \cup M_k^B) \quad (4.38)$$

În algoritmul "optimizării de detalii" calculul coeficienților, poate conduce la concluzia egalității acestora, pentru o parte din laturi, obținându-se $m < N$ grupe de astfel de coeficienți - cu N_i elemente -

$$(K_{11}^u = K_{12}^u = \dots = K_{1N_1}^u) < (K_{21}^u = K_{22}^u = \dots = K_{2N_2}^u) < \dots < (K_{m1}^u = K_{m2}^u = \dots = K_{mN_m}^u) \quad (4.39)$$

pentru:
$$N = \sum_1^m N_i$$

Se calculează dauna specifică $(d_{ir}^{gu})' \equiv d_{ir}'$, după care se constituie dubla corespondență:

$$\begin{aligned} & (K_{11}^u = K_{12}^u = \dots = K_{1N_1}^u) < \dots < (K_{m1}^u = K_{m2}^u = \dots = K_{mN_m}^u) \\ & (Q_{11}, Q_{12}, \dots, Q_{1N_1}) \dots (Q_{m1}, Q_{m2}, \dots, Q_{mN_m}) \\ & (d_{11}^1 \leq d_{12}^1 \leq \dots \leq d_{1N_1}^1) \dots (d_{m1}^1 \leq d_{m2}^1 \leq \dots \leq d_{mN_m}^1) \end{aligned} \quad (4.40)$$

Valorile d_{ir}' se ordonează în "m" șiruri variaționale (pe grupe de coeficienți) cu respectarea regulii: daună specifică minimă - putere cerută maximă; se obțin:

$$\begin{aligned} & (K_{11}^u = K_{12}^u = \dots = K_{1N_1}^u) < \dots < (K_{m1}^u = K_{m2}^u = \dots = K_{mN_m}^u) \\ & (C_i^2) (Q_{11}, Q_{12}, \dots, Q_{1N_1}) \dots (Q_{m1}, Q_{m2}, \dots, Q_{mN_m}) \\ & (S_i^2) (d_{11}^1 \leq d_{12}^1 \leq \dots \leq d_{1N_1}^1) \leq \dots \leq (d_{m1}^1 \leq d_{m2}^1 \leq \dots \leq d_{mN_m}^1) \end{aligned} \quad (4.41)$$

Se propune reperului cu valoarea d_{11}^1 a daunei relative. Dacă $Q_L^1 = Q_{11}^1 < Q_I$ se realizează valoarea daunelor specifice din grupa I de coeficienți $(d_{12}^1 \div d_{1N_1}^1)$, apoi se obține șirul (S_1^2) având corespondență (C_1^2) :

$$\begin{aligned} & K^{2u} = K_{12}^{2u} = \dots = K_{1(Q-1)}^{2u} \\ & (C_1^2) Q_{11}^2, Q_{12}^2, \dots, Q_{1(N-1)}^2 \\ & (S_1^2) d_{11}^2 \leq d_{12}^2 \leq \dots \leq d_{1(N-1)}^2 \end{aligned} \quad (4.42)$$

În urma verificării, dacă $Q_L^2 < Q_I$ se procedează similar, iar dacă $Q > \sum_{r=1}^{N_1} Q_{11}^r$, se trece la următoarea grupă de coeficienți, procedura conținând până la satisfacerea condiției:

$$\sum_{j=1}^{i-1} \sum_{r=1}^{N_i-1} Q_{j1}^r + \sum_{r=1}^{m_i-1} Q_{i1}^r < Q_i \leq \sum_{j=1}^{i-1} \sum_{r=1}^{N_i} Q_{j1}^r + \sum_{r=1}^{m_i} Q_{i1}^r \quad (4.43)$$

Reperetele care trebuiesc debransate aparțin grupelor (i-1) de coeficienți, precum și cele rezultate din restabilirea corespondenței între d_{ir}^i și d_{ir}^{i-1} , pentru grupa i a coeficienților de corecție.

4.6 Optimizarea înlocuirii elementelor componente ale rețelelor de distribuție

Modelele de optimizare a înlocuirii elementelor componente ale rețelelor de distribuție a apei în care timpul apare ca o variabilă discretă, costurile implicate fiind luate în calcul (din motive economice, inflație, dobânzi etc.) la momentele $t=0, t=1, \dots, t=n$, se numesc modele deterministe discrete de optimizare; se numesc modele deterministe continue de optimizare a înlocuirii acestor elemente componente, acelea pentru care $t \in [0, \infty)$.

a) Modelele deterministe discrete de optimizare a înlocuirii elementelor componente ale rețelelor de distribuție a apei din subsansambluri de clădiri folosesc notațiile:

V_o - valoarea de achiziționare a elementului (echipamentului) considerat, inclusiv costul punerii sale în funcțiune, la momentul $t=0$;

V_n - valoarea de recuperare a echipamentului la sfârșitul a - "n"-unități de timp de funcționare (include atât uzura fizică cât și cea morală);

C_n - cheltuielile de exploatare și întreținere a echipamentului în cursul ultimei unități de timp;

$d_n = V_o - V_n$ - deprecierea echipamentului după - n - unități de timp;

F_n - cheltuielile totale necesitate de echipament din momentul achiziționării până la sfârșitul celei de-a - n - unități de timp;

f_n - costul mediu (raportat la unitatea de timp) a cheltuielilor.

În general:

$$V_o > V_1 > \dots > V_k > V_{k+1} \dots \text{ și } C_1 < C_2 < \dots < C_k < C_{k+1} < \dots \quad (4.44)$$

relația între valorile de recuperare fiind firescă, iar între cheltuielile C_k nefiind obligatorie.

Se pornește de la relațiile:

$$F_n = V_o - V_n + \sum_{k=1}^n C_k \quad (4.45)$$

și

$$f_n = \frac{1}{n} F_n = \frac{1}{n} \left[V_o - V_n + \sum_{k=1}^n C_k \right] \quad (4.46)$$

și de la adoptarea, drept criteriu de optimizare a cheltuielilor medii specifice minime, $\min f_n$, rezultă momentul optim de înlocuire a elementului component al rețelei de distribuție a apei, care este cel mai mic - "n" - notat \hat{n} , pentru care

$$\left(f_{\hat{n}-1} > f_{\hat{n}} > f_{\hat{n}+1} \right) \tag{4.47}$$

Se notează cu i rata dobânzii și cu $\alpha = \frac{1}{1+i}$, ($0 < \alpha < 1$), coeficientul de actualizare.

Suma S_0 investită la momentul $t = 0$, cu rata dobânzii, i , va produce în - "n" - ani suma: $S_n = S_0(1+i)^n = \frac{S_0}{\alpha^n}$ (4.48)

În mod similar, valoarea actualizată S_0 a unei sume S_n ce va trebui plătită peste - "n" - ani este:

$$S_0 = S_n(1+i)^{-n} = S_n\alpha^n \tag{4.49}$$

În acest caz, actualizând cheltuielile de exploatare și de întreținere, valoarea cheltuielilor totale F_n , va fi:

$$F_n = F_0 - \alpha^n V_n + \sum_{k=1}^n \alpha^{k-1} C_k \tag{4.50}$$

iar cheltuielile medii sunt:

$$f_n = \frac{F_n}{n} = \frac{1}{n} \left[V_0 - \alpha^n V_n + \sum_{k=1}^n \alpha^{k-1} C_k \right] \tag{4.51}$$

decizia urmând a se lua după criteriul $\min f_n$.

Pentru exemplificare se consideră:

- un echipament poate fi achiziționat cu 700 u.m. la momentul $t = 0$; valoarea de recuperare a echipamentului după - "n" - ani de funcționare, V_n și cheltuielile, C_n , de exploatare și întreținere în anul, "n", sunt date în tabelul nr. 6.1 și
- rata dobânzii $i = 5\%$.

Date pentru un echipament din rețeaua de distribuție Tabelul 4.1

n ani	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$V_n(u.m)$	570	470	390	310	250	200	140	80	20	0
$C_n(u.m)$	50	55	60	70	80	100	120	140	170	200

Se pune întrebarea: „care este momentul optim de înlocuire a echipamentului?”

Oprimă condiție ce trebuie pusă înaintea deciziei de înlocuire, este una de ordin economic și anume aceea de a avea amortizat complet echipamentul. Odată amortizat echipamentul continuă să funcționeze fără nicio intervenție sau se casează și se înlocuiește.

Pentru a doua decizie se poate stabili un moment optim. Există și varianta de casare fără înlocuire în cazul în care produsul echipamentului nu mai este fezabil.

Calculul este dat în tabelul 4.2, liniile (1) ÷ (3) conțin datele problemei. Pentru intervalul de timp considerat, cheltuielile medii (coloana 7) se ating după 6 ani.

Calculul de determinare a momentului optim de înlocuire

Tabelul 4.2

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
V_n	540	470	390	310	250	200	140	80	20	0
C_n	50	55	60	70	80	100	120	140	170	200
$200d_n$	160	230	310	390	450	500	560	620	680	700
$\sum_{k=1}^n C_k$	50	105	165	235	315	415	535	675	845	1045
F_n	210	335	475	625	765	915	1095	1295	1525	1745
f_n	210	167.50	158.33	156.25	153.00	152.5	156.43	161.87	169.44	174.50
α_n	0,95238	0,90703	0,86384	0,82270	0,78353	0,74261	0,71068	0,67684	0,64461	0,61391
$\varepsilon^n V_n$	514,285 2	426,3041	336,8976	255,03 70	195,88 25	149,24 20	99,4952	54,147 2	12,2782	0,0000
$V_0 - \alpha^n V_n$	185,714 8	273,6959	363,1024	444,96 30	504,11 75	550,75 80	600,5048	645,85 28	687,7218	700,0000
$\alpha^{n-1} C_k$	50,0000	52,3809	54,4218	60,468 8	65,816 0	78,353 0	89,5452	99,495 2	115,0628	128,922
$\sum_{k=1}^n \alpha^{k-1} C_k$	50,0000	102,3809	156,8027	217,27 15	283,08 75	361,44 05	450,9857	550,48 09	665,5437	794,4657
F_n	235,714 8	376,0768	519,9051	662,23 45	787,20 50	812,19 85	1051,490 5	1196,3 337	1353,265 5	1494,465 7
f_n	235,714 8	188,0384	173,3017	165,55 86	157,44 10	152,03 31	150,2129	149,5 417*	150,3628	149,4466

Cu procentul de dobândă $i = 5\%$, factorul de actualizare este $\alpha = 0.95238$. Din ultima linie (14) se vede că $\min f_n = 149.5417$ u.m. (cel mai mic n pentru care

$(f_{n-1}^{\wedge} > f_n^{\wedge} > f_{n+1}^{\wedge})$, deci rezultă $n = 8$ ani momentul optim de înlocuire, ceea ce reflectă influența actualizării cheltuielilor asupra deciziei).

Observație: Având în vedere valorile foarte apropiate pentru f_8 și f_{10} , o decizie acceptabilă poate fi și $n = 10$ ani.

b) Modelele deterministe continue de optimizare a înlocuirii elementelor componente ale rețelelor de distribuție a apei din ansambluri de cladiri folosesc notațiile:

V - valoarea de achiziție și punere în funcțiune a echipamentului la momentul $t = 0$;

$V_{\alpha}(t)$ - valoarea de recuperare a echipamentului la momentul t ;

$\alpha(t)$ - reprezintă deprecierea echipamentului în intervalul $(0, t)$;

$\beta(t)$ - costul cumulat al exploatării și întreținerii echipamentului până la momentul t .

Asupra funcțiilor $\alpha, \beta: [0, \infty) \rightarrow R$ se fac următoarele ipoteze (plauzibile din punct de vedere economic):

$$\alpha(0) = 1; \alpha(t) \text{ descrescătoare: } \lim_{t \rightarrow \infty} \alpha(t) = 0;$$

$$\beta(0) = 0; \beta(t) \text{ crescătoare.}$$

Valoarea cheltuielilor la momentul t este:

$$F(t) = V - V\alpha(t) + \beta(t); \quad t > 0 \quad (4.52)$$

iar a cheltuielilor medii:

$$f(t) = \frac{1}{t} F(t) = \frac{1}{t} [V - V\alpha(t) + \beta(t)]; t \geq 0 \quad (4.53)$$

Conform aceluiași criteriu de optimizare, momentul optim de înlocuire, \hat{t} , va fi acela care realizează $\min f(t)$. Din $f'(t) = 0$ rezultă:

$$t[\beta'(t) - V\alpha'(t)] = V - V\alpha(t) + \beta(t) \quad (4.54)$$

ecuația din care se determină \hat{t} .

Valoarea determinată \hat{t} este un minim al funcției $f(t)$, dacă $f''(\hat{t}) > 0$, adică:

$$t^2[\beta''(t) - V\alpha''(t)] - 2t[\beta'(t) - V\alpha'(t)] + 2F(t) = t^2 F''(t) - 2t F'(t) + 2F(t) > 0 \quad (4.55)$$

În cele ce urmează se prezintă câteva cazuri particulare semnificative.

b.1. Determinarea momentului optim de înlocuire în cazul în care uzura (deprecierea) echipamentului $\alpha(t)$ și cheltuielile de exploatare $\beta(t)$ au o variație liniară în timp, conform graficului din figura 4.6.

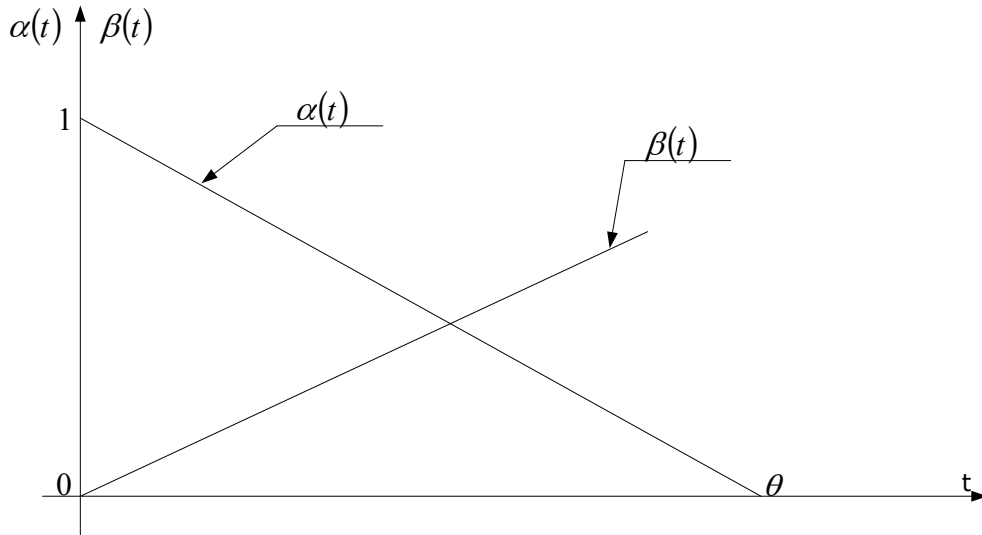


Fig. 4.6 Variația funcțiilor $\alpha(t)$ $\beta(t)$ - b.1.

Din condițiile $\alpha(0) = 1; \alpha'(t) < 0; \lim_{t \rightarrow \infty} \alpha(t) = 0$, rezultă:

$$\alpha(t) = \begin{cases} 1 - \frac{t}{\theta}; t \in [0, \theta] \\ 0; t \in [\theta, \infty] \end{cases} \quad (4.56)$$

în care " θ " este momentul de la care echipamentul nu mai are valoare de recuperare.

Din condițiile $\beta(t) = 0$ și $\beta'(t) > 0$, rezultă:

$$\beta(t) = k \cdot t \quad (4.57)$$

În consecință: $F(t) = \begin{cases} \left(\frac{V}{\theta} + k\right) \cdot t; t \in [0, \theta] \\ V + k \cdot t; t \in [\theta, \infty] \end{cases} \quad (4.58)$

și

$$f(t) = \begin{cases} \frac{V}{\theta} + k; t \in [0, \theta] \\ \frac{V}{t} + k; t \in [\theta, \infty] \end{cases} \quad (4.59)$$

Funcția $F(t)$ este redată grafic în figura 4.7 iar funcția $f(t)$, în figura 4.8.

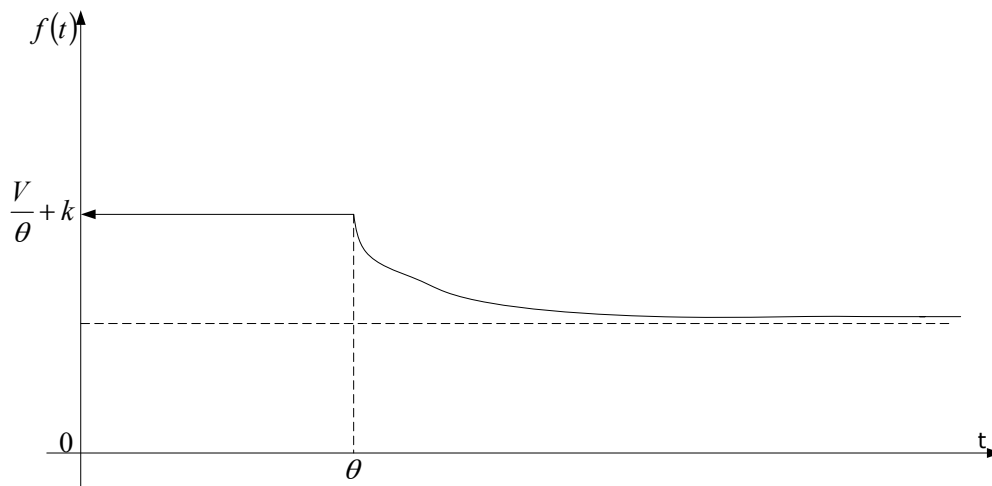
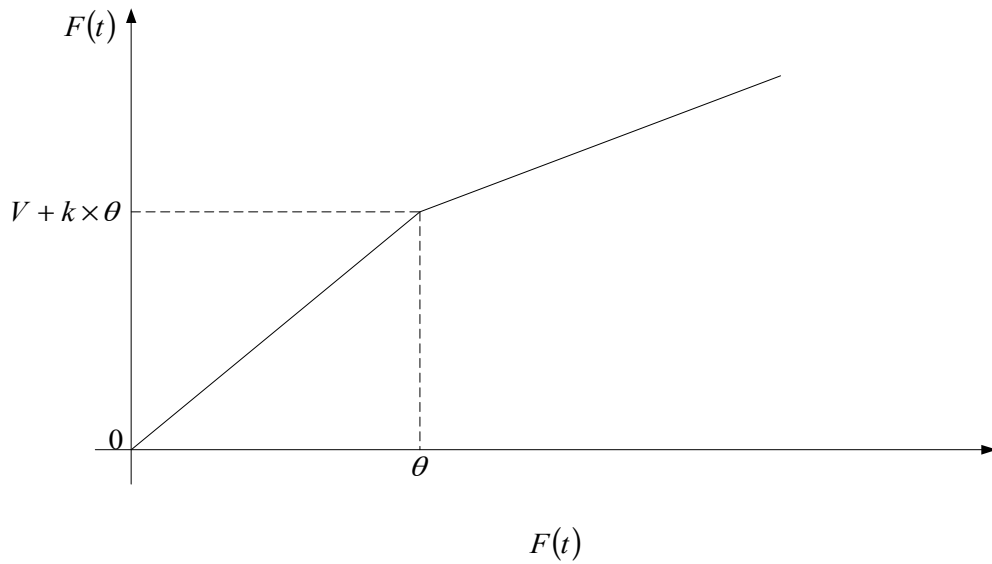
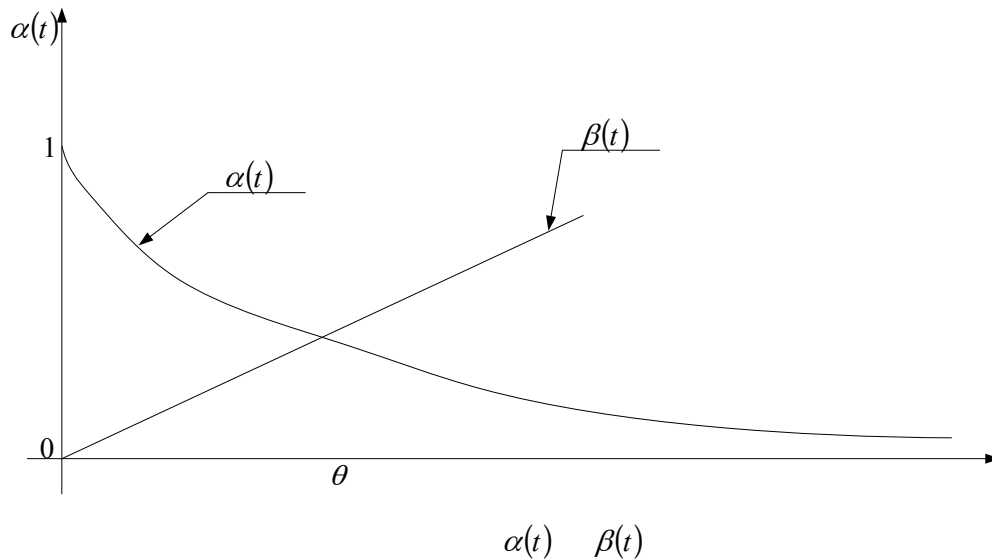


Fig. 4.8 Graficul funcției $f(t)$ (relația (4.59))

Deoarece pentru $t \in (0, \theta)$, $f(t)$ este constantă, rezultă că în această perioadă momentul înlocuirii este indiferent, depinzând doar de uzura morală a echipamentului. Pentru $t > \theta$ se observă că $f(t)$ este descrescătoare, deci este avantajos ca echipamentul să fie păstrat în funcție cât mai mult cu putință.

Fig. 4.7 Graficul funcției

b.2. Determinarea momentului optim de înlocuire în cazul în care uzura (deprecierea) echipamentului, $\alpha(t)$, are o variație exponențială în timp, iar cheltuielile de exploatare, $\beta(t)$, au o variație liniară în timp (figura 4.9).



Din condițiile $\alpha(0)=1; \alpha'(t) < 0$ și $\lim_{t \rightarrow \infty} \alpha(t) = 0$, rezultă că:

$$\alpha(t) = \exp(-\lambda t); \lambda > 0 \quad (4.60)$$

și

$$\beta(t) = k \times t; k > 0 \quad (4.61)$$

rezultă că:

$$F(t) = V \times (1 - \exp(-\lambda t)) + k \cdot t; t \geq 0 \quad (4.62)$$

și

$$f(t) = \frac{1}{t} \times [V(1 - \exp(-\lambda t)) + k \cdot t]; t > 0 \quad (4.63)$$

întrucât:

$$f'(t) = Vt^{-2} [e^{-\lambda t} (1 + \lambda t) - 1] < 0; \forall t > 0 \quad (4.64)$$

și

$$f''(t) = 2 \times Vt^{-3} \left[1 - e^{-\lambda t} \left(1 + \lambda t + \frac{\lambda^2 \times t^2}{2} \right) \right] > 0 \quad (4.65)$$

iar:

$$\lim_{t \rightarrow \infty} f(t) = V \times \lambda + k \quad (4.66)$$

și

$$\lim_{t \rightarrow \infty} f'(t) = k \quad (4.67)$$

Fig. 4.9 Variația funcțiilor

Rezultă că funcția $f(t)$ este descrescătoare (figura 4.10), și are asimptota orizontală, k , deci, decizia optimă este de a menține echipamentul în funcțiune cât mai mult cu putință.

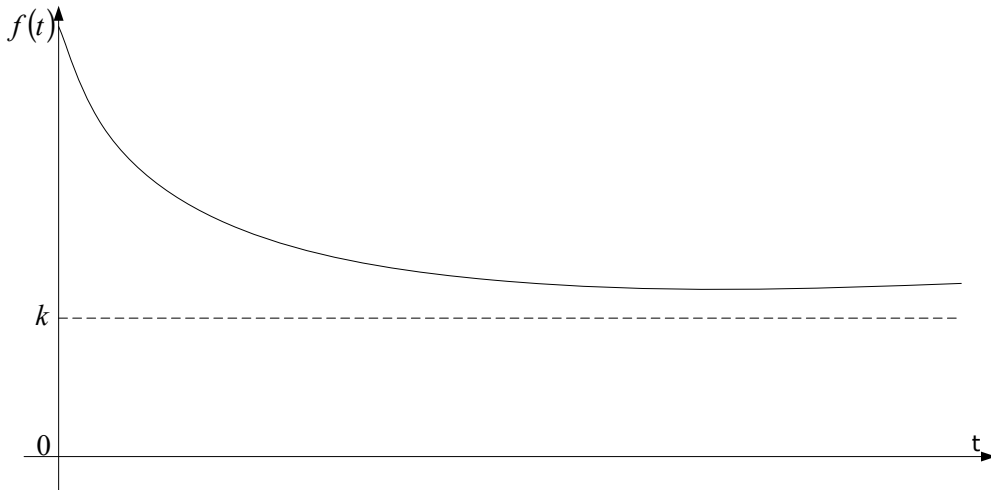


Fig. 4.10 Graficul funcției $f(t)$ (relația (4.63))

b.3. Determinarea momentului optim de înlocuire, în cazul în care uzura echipamentului este neglijabilă, $\alpha(t \approx 0)$, iar cheltuielile de exploatare au o variație parabolică (figura 4.11):

$$\beta(t) = k \cdot t^2; \quad t > 0 \quad (4.68)$$

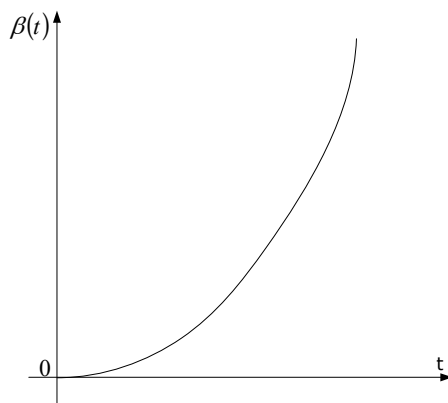


Fig. 4.11 Variația parabolică a cheltuielilor de exploatare în timp $\beta(t)$ (relația (4.68))

Se determină:

$$F(t) = V + k \cdot t^2; \quad t \geq 0 \quad (4.69)$$

și

$$f(t) = \frac{V + k \cdot t^2}{t}; \quad t > 0 \quad (4.70)$$

a cărei reprezentare este redată în graficul din figura 4.12.

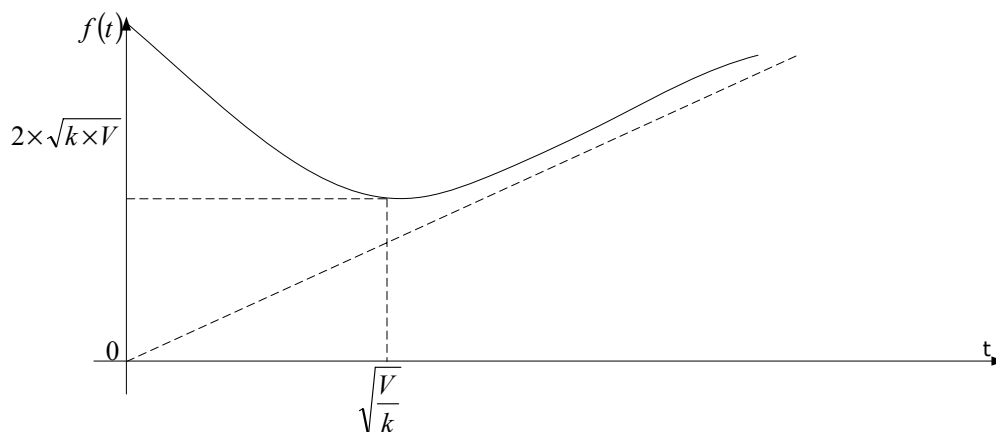


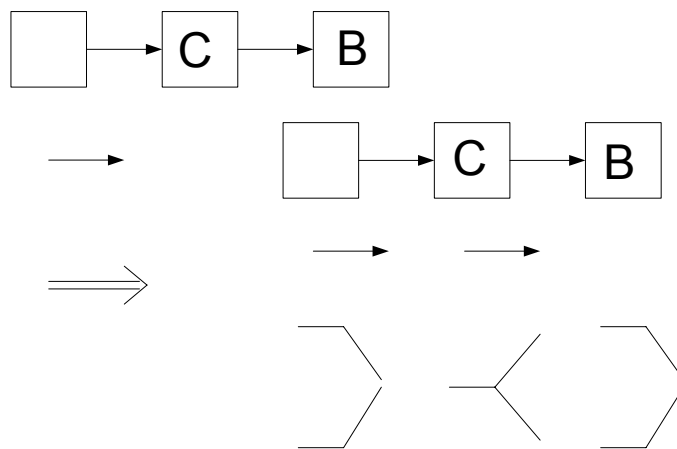
Fig. 4.12 Graficul funcției $f(t)$ (relația (4.70))

Din condiția necesară de minim, $f'(t) = 0$, rezultă $t = \sqrt{\frac{V}{k}}$ care este momentul optim de înlocuire a echipamentului, căruia îi corespund cheltuielile $f_{\min} = 2\sqrt{kV}$ (figura 4.12)

Capitolul 5. SOLUȚII DE OPTIMIZARE A SISTEMELOR HIDROEDILITARE

5.1 Elemente generale

Punctul de pornire în optimizarea unui produs/echipament/instalație/sistem îl constituie cunoașterea a doua elemente obligatorii: A) de unde se porneste (de ce se dispune) și B) ce trebuie să obțin; (sunt și situații când startul este dat de B și se "se descoperă" A). Urmare a cunoașterii lui A și B, în mod necesar apare C care arată calea de parcurs de la A la B. În schemele din figura 5.1 se prezintă variante/opțiuni de lucru cu A, B, C.



Pentru explicarea celor din fig. 5.1. se dau exemplele:

- 1) - băutul apei din izvor; aruncarea apei din lighian în curte;
- 2) - decantarea apei (se cunoaște calitatea apei brute (A) și se dorește o apă de o calitate anume (B))

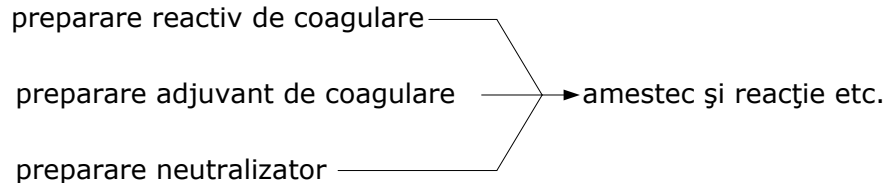
1) $A = B$

2) A B C

3) – se dorește o apă dezinfectată (B) și se caută o metodă – păstrarea într-un vas de argint, utilizarea unui oxidant puternic etc. (A), după care se propune o metodologie de lucru (C): dezinsecția folosind $Cl_2/O_3/Cl_2O_2$ etc.

4) – a) pentru reținerea materialelor grosiere din apă, acestea este trecută prin grătare, deznisipatoare, site;

b)



În interiorul lui (C), prin diferite procese (de diverse naturi)/modalități (A) suferă modificări pentru a deveni (B). Aceste modificări pot fi realizate mai simplu sau mai complicat, funcție de mai mulți factori (interni – legați de natura lui (A) -; externi – dați de nivelul dezvoltării tehnologice, economice, a cunoașterii; factori obiectivi și subiectivi). Este de menționat/remarcat dinamica componentelor (C), (B) dar și (A).

Sistemele hidroedilitare, prin excelență, se constituie în structuri de tipul $A \cap C \cap B$, care se intercondiționează, se definesc reciproc și sunt într-o dinamică continuă. Trebuie de menținut (mai ales în cadrul sistemelor hidroedilitare) existența subsistemelor de "n" ranguri (exemplu: sistem hidroedilitar (1) – sistem de canalizare (2) – rețea de canalizare (3) – colector principal (4) – deversor (5) – emisar (6)). Fiecare dintre subsisteme este "cel mai important", în consecință, modul de abordare trebuie să fie de la simplu la complex.

5.2 Cunoașterea sistemului hidroedilitar

Gradul de cunoaștere al unui sistem hidroedilitar rezultă din scopul urmărit, care poate fi: general sau particularizat; de gestionare și coordonare; de exploatare și întreținere; de cunoaștere și perfecționare, adică de optimizare etc.

5.2.1. Monitorizarea sistemului hidroedilitar

Se vorbește de monitorizarea ("în sensul de a cunoaște totul despre") atunci când există ceva, adică despre un sistem hidroedilitar existent.

Monitorizarea are două aspecte principale:

a) amplasamentul – obiectivele sistemului sunt cuprinse pe planuri de situație generale, până la detaliu, în arhive clasice și/sau electronice; cel mai "modern" sistem de automatizare este GIS (Geographic Information System) care pe lângă poziția exactă și relativă conține "istoricul obiectivului" (de exemplu: an de realizare material, defecțiuni/reparații, parametri tehnico - funcționali);

b) funcționarea – care furnizează un feed back de mare acuratețe proceselor de proiectare – execuție, dând/dugerând direcțiile de urmat; și în cazul monitorizării funcționale acesta poate fi în concepție generală până la detaliu.

În plus, monitorizarea se constituie (se poate constitui) într-o componentă a procesului de funcționare automatizată/computerizată.

5.2.1.1. Studiu de caz – Stația de tratare a apei Bega

Stația de tratare a apei din Bega se constituie într-o uzină de apă (amestec cunoscută/inregistrată în cele mai multe cazuri).

Pentru Timișoara stația de tratare a apei Bega "monitorizată" se prezintă după cum urmează:

a) amplasament: malul stâng râu Bega; amonte de Uzina Hidroelectrică; cota medie 91m MB; suprafața 8,84 ha;
Obs: Perimetrul împrejmuit asigură protecția sanitară cu regim sever a obiectivului.

b) descrierea generală: se precizează componentele și fluxul tehnologic – figura 5.2. -, precum și etapizarea lucrărilor (în 16 decembrie 1959 s-a pus în funcțiune Etapa I a uzinei de apă nr. 2 cu o capacitate de $120 \frac{l}{s}$).

c) funcționalitate – pentru fiecare componentă se specifică parametrii funcționali, părți componente etc.

Pentru exemplificare este prezentată stația de filtrare.

Se utilizează filtre rapide deschise cu nisip cuarțos cu granulometria de 0,7 – 1,4 mm. Suprafața totală de filtrare este de 1200 m². Pentru colectarea apei filtrate și spălarea în contra – curent cu apă și cu aer, patul este realizat din plăci din beton armat echipate cu crepine având fanta de 0,4 mm.

Filtrele sunt realizate din beton armat monolit, asemănător constructive.

Stația de filtrare etpa III (exemplu).

- echipa cu 8 filtre rapide deschise cu o singură cuvă fiecare;
- admisia apei în fiecare filtru s3e face prin intermediul unor vane stăvilor dintr-un canal deschis cu secțiunea dreptunghiulară;
- spălarea filtrelor se face cu apă și aer în contracurent, de regulă o dată de 72 ore.

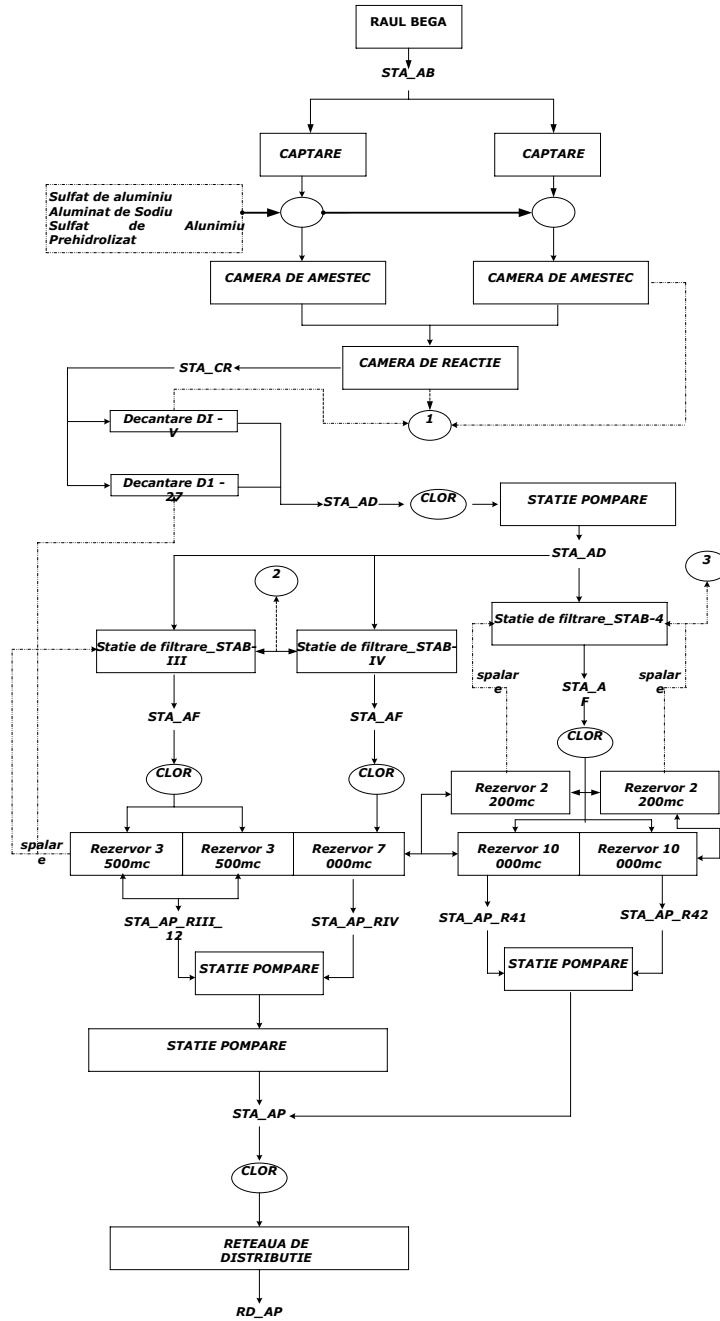


Fig. 5.2 Stație tratare apă Bega

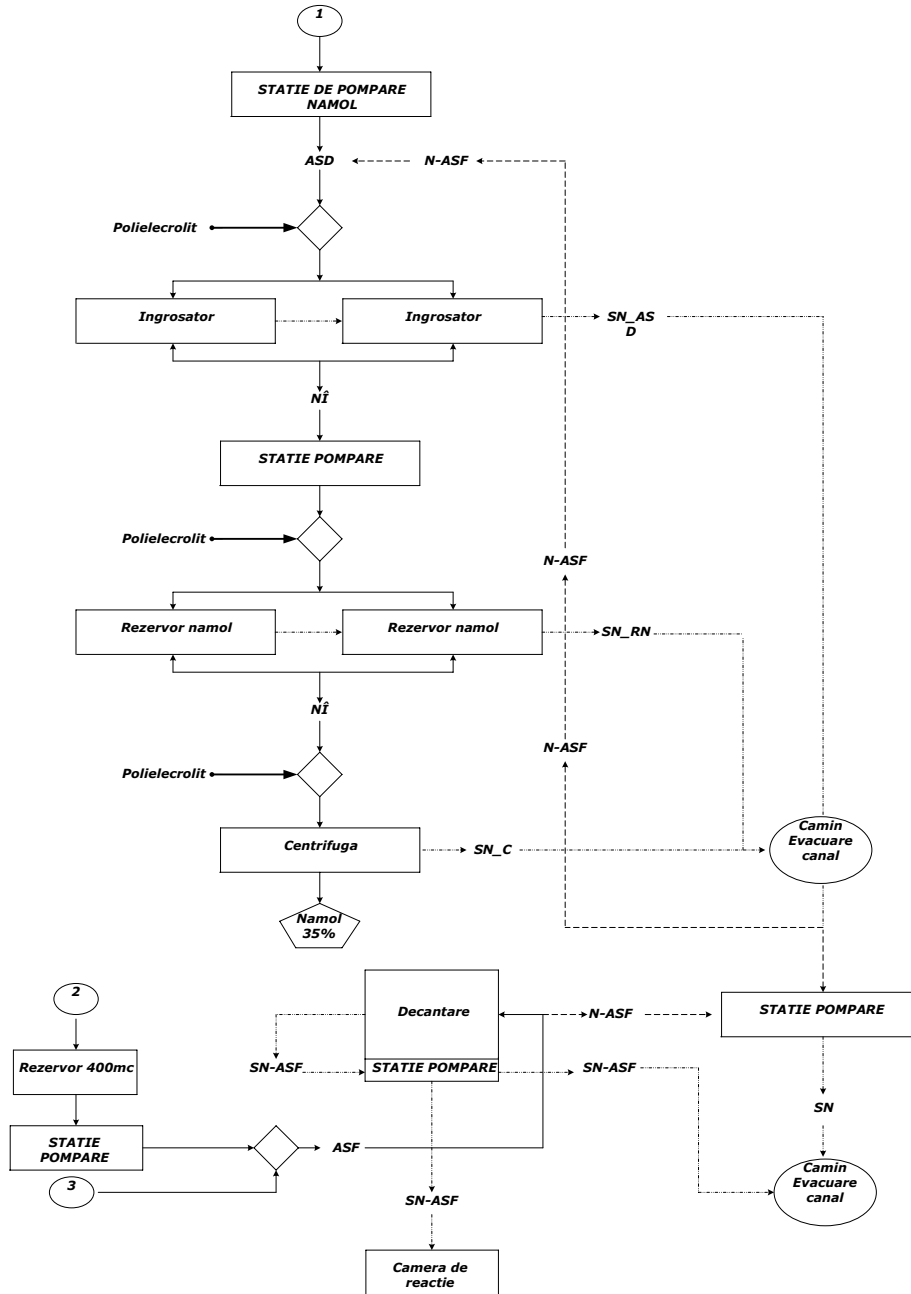


Fig. 5.2 Stație tratare apă Bega - continuare

Mențiunea unui nivel minim de apă deasupra stratului filtrat de face automat prin reglarea unei electrovane flur=ture de pe coloana totală de apă filtrată prin intermediul traductorilor de presiune.

Echiparea filtrelor constă din instalații hidrotehnice formate din: conducte din oțel, vane cu clapă fluture manevrate manual sau pneumatic (la Stației de Tratare a apei Bega_4), instalații de recoltare probe, suflante, etc.

Viteza de filtrare a apei este de $3 - 4 \frac{m}{h}$

Se monitorizează în flux calitatea apei filtrate prin intermediul turbidimetrelor de proces 1720D de tip HACH (0 - 100NTU), montate pe coloana totală de apă filtrată.

Evacuarea apelor de spălare se face direct în canalul Subuleasa din imediata vecinătate a uzinei, ce se descarcă în Canalul Bega, aval de nodul hidrotehnic.

5.2.1.2. Automatizarea și optimizarea stației de tratare apă Bega

La capacitatea de $1290 \frac{l}{s}$ a stației de tratare apă Bega s-a ajuns prin dezvoltări/etape succesive. Din păcate, la aceste dezvoltări etapizate, nu s-a modificat tehnologia/procesul tehnologic de bază (folosirea de reactivi noi - polielectroliți nu modifică tehnologia, sau renunțarea la cererea mecanică nu îmbunătățește procesul de tratare).

În aceste condiții era evidentă imposibilitatea realizării parametrilor de calitate, în special în anumite perioade ale anului, cu atât mai mult a parametrilor noi impuși ca: aluminiul rezidual, trihalometani ș.a.m.d.

Specific, surselor de suprafață este variația calității lor, condiții în care asigurarea parametrilor de calitate se poate realiza prin flexibilitatea tehnologiei de tratare și/sau utilizarea unor reactivi noi de tratare care pot mări flexibilitatea.

Îmbunătățirea tehnologică de tratare existentă s-a putut face prin, realizarea unor instalații noi sau retehnologizarea celor existente prin modernizarea/optimizare. Modernizarea/optimizarea tehnologiei de tratare existente a presupus:

- înlocuirea unor utilaje cu altele mai performante;
- creșterea flexibilității utilajelor în flux;
- completarea cu operații noi;
- automatizarea unor faze ale procesului tehnologic;
- utilizarea unor reactivi noi.

Principalele elemente care stau la baza retehnologizării stației de tratare existentă sunt:

1) evoluția calității sursei între alegerea și construcția procesului de tratare și momentul retehnologizării (prin analiza și valorificarea datelor existente);

2) prognoza calității sursei în următorii 20 - 30 ani

Cel mai important factor care poate influența calitatea râului Bega, sursă de suprafață, este factorul climatic. Din punct de vedere static, în perioada 1881 - 2003 au existat patru secete importante, însă durata secetelor a crescut în timp de la 12 - 13 ani în perioada 1982 - 2003 datorită schimbărilor climatice. În prezent schimbările climatice sunt caracterizate de alternanțe secetă - debite mari/inundații de mai multe ori pe an.

3) evoluția cerinței de apă între alegerea și construcția tehnologiei de tratare și momentul re tehnologizării prin analiza și valorificarea datelor existente.

În figura 5.3 este prezentată evoluția cerinței de apă în municipiul Timișoara, care a scăzut în perioada 1998 – 2001 foarte mult în principal datorită reducerii activității industriale și contorizării consumului de apă potabilă la populație și agenți economici.

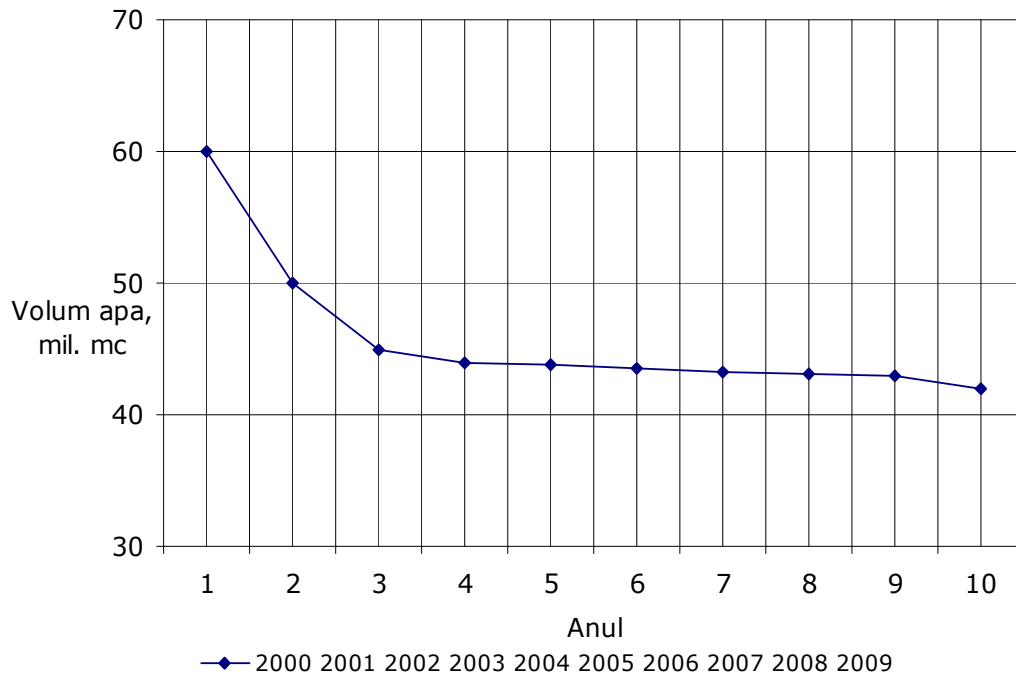


Figura 5.3 - Evoluția cerinței de apă potabilă

Ca urmare a reducerii cerinței de apă, a scăzut și volumul de apă necesar a fi tratat în vederea potabilizării de Stația de Tratare a apei râul Bega. Evoluția debitului de apă necesar a fi tratat în Stația de Tratare a apei râului Bega este prezentată în figura 5.4.

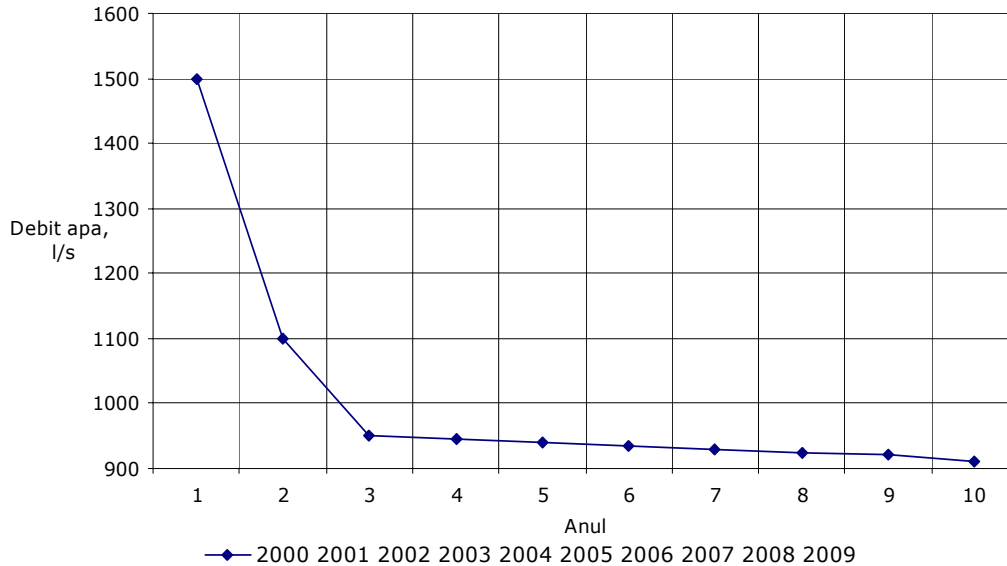


Figura 5.4 - Evolutia debitului de apa tratata

- 4) disponibilități tehnologice;
- 5) studii de tratabilitate având în vedere faptul că fiecare sursă de apă are specific propriu;
- 6) studii financiare;
- 7) criteriile sociale, care înglobează toate elementele de la obișnuință de utilizare a apei până la elementele particulare ale fiecărui sistem (sursă, climă, bazin amonte, vechime),

Ținând seama de cele enumerate mai sus, soluțiile de optimizare a tratării apei râului Bega în vederea potabilizării au avut în vedere:

- găsirea și alegerea strategiei de optimizare a procesului de coagulare – floculare;
- analiza fiecărei faze a procesului de coagulare – floculare și stabilirea fazei deficitare;
- studii de laborator privind utilizarea unor coagulanți și floculanți noi;
- studii privind influența da apă nămol asupra procesului de coagulare – floculare (elaborarea și verificarea modelelor matematice de laborator necesare pentru optimizarea procesului de coagulare – floculare);
- implementarea acestor modele de Stația de Tratare;
- stabilirea condițiilor de desfășurare a studiilor de Stația Pilot;
- studii pe Stația Pilot, privind verificarea curbelor de dozare;
- studii pe Stația Pilot, privind influența diferitelor perturbații asupra procesului de coagulare – floculare;
- elaborarea modelelor necesare pentru optimizarea procesului de coagulare – floculare;
- elaborarea schemei logice de optimizare a procesului de coagulare – floculare;

- implementarea schemei logice de optimizare a procesului de coagulare – floclare în schema procesului de automatizare a stației de tratare.

Coagularea suspensiilor coloidale din apă cu reactivi chimici, deși de foarte mult timp folosită și insistent cercetată, nici până în prezent nu a fost pe deplin elucidată, datorită complexității procesului, complexitate determinată de numărul foarte mare de factori care îl influențează.

Descrierea procesului de coagulare – floclare din cardul stației de tratare a apei râului Bega în vederea potabilizării este prezentată în figura 5.5.

Procesul de coagulare – floclare folosind sulfatul de aluminiu ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18 \text{H}_2\text{O}$) are următoarele faze:

- prepararea și dozarea reactivilor

Obs: Pentru reacția pH-ului optim de coagulare se utilizează suspensie de lapte de var. Pentru dozarea suspensiei de lapte de var se utilizează un dozator cu secțiunea progresivă și nivel constant.

- amestecarea reactivilor de coagulare cu apă brută

Obs. Adaosul reactivilor de coagulare se face prin pompare la suprafața apei. Suspensia de lapte de var se adaugă înaintea camerei de amestec iar sulfatul de aluminiu se adaugă în a doua șicană a camerei de amestec.

- coagulare – floclare propriu - zisă

Formarea flocoanelor, în urma reacției între suspensiile coloidale din apă și reactivii de coagulare, se realizează în camera de reacție, de tip longitudinal cu salt hidraulic, formată din trei baterii astfel dimensionate ca viteza să fie cuprinsă între

$0,2 - 0,4 \frac{m}{s}$ iar timpul de trecere pentru a menține în suspensie flocoanele

formate în urma tratării cu reactivi de coagulare – floclare, fără însă a le sparge.

Flocoanele formate în camera de reacție se depun datorită greutatei lor și micșorării vitezei de circulație a apei ce la transportă în cele 27+6 decantoare de tip orizontal grupate pe 3 baterii a câte 9 decantoare fiecare la care se adaugă a patra baterie cu 6 decantoare.

Pentru optimizarea procesului de coagulare – floclare a râului Bega în vederea potabilizării se propun două strategii și anume:

1) automatizarea procesului de coagulare – floclare prin, conducerea, controlul și monitorizarea cu ajutorul calculatorului, fără intervenții majore în tehnologia existentă (S1).

2) automatizarea procesului de coagulare – floclare prin, conducerea, controlul și monitorizarea cu ajutorul calculatorului, cu intervenții majore în tehnologia existentă (S2).

Avantajul alegerii primei strategii (S1) este că acesta se poate realiza în termen scurt, fără o investiție majoră și ulterior poate fi îmbunătățită prin analiza strategiei (S2).

Strategia (S2) presupune, o cercetare pe termen lung, pentru alegerea unor reactivi mai performanți având în vedere variația sezonieră a calității apei brute, investiții majore (ca de exemplu înlocuirea amestecătoarelor existente cu amestecătoare mecanice prevăzute cu agitatoare cu turație variabilă pentru o flexibilitate ridicată) înlocuirea decantoarelor existente cu altele mai performante sau modernizarea celor existente pentru creșterea eficienței (de exemplu cu prevederea, în aval, de decantoare tubulare/lamelare).

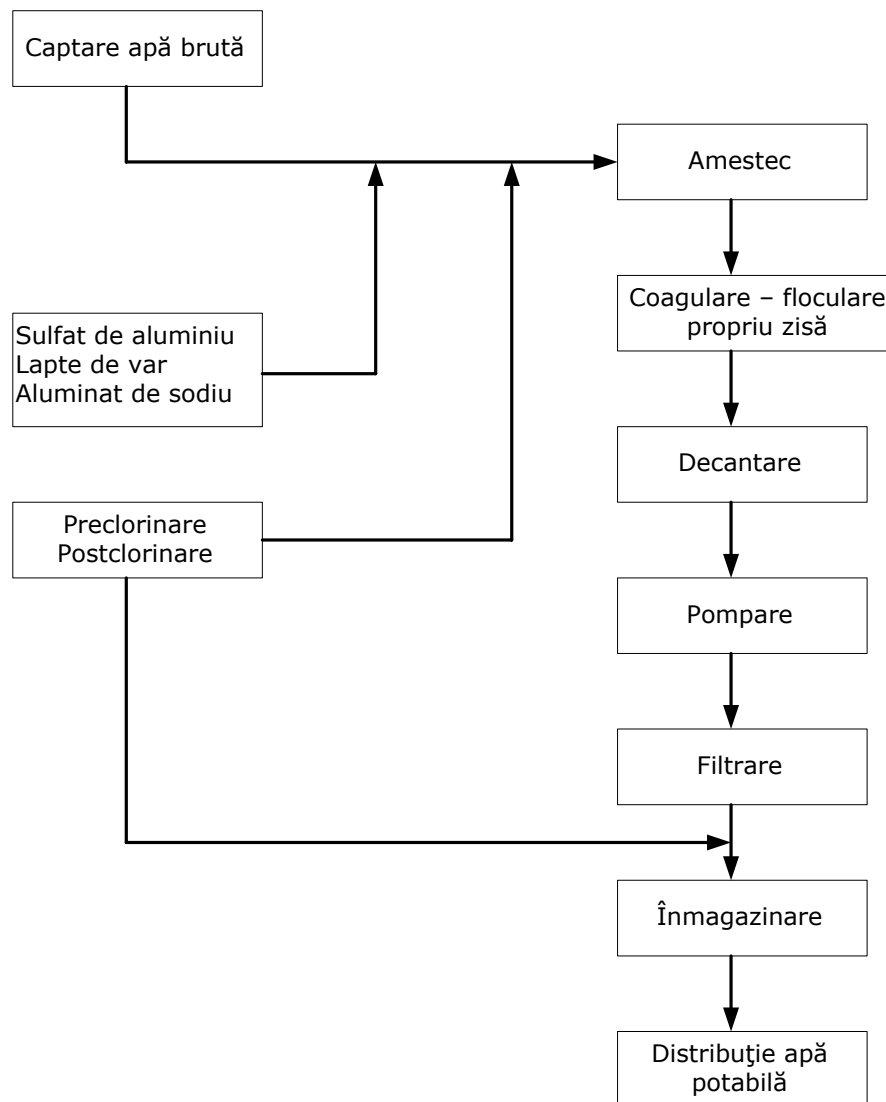


Fig. 5.5 Schema procesului tehnologic de tratare a râului Bega

Automatizarea se definește ca operația de introducere într-un flux tehnologic a unor echipamente speciale cu scopul de a realiza conducerea procesului respective, conform schemei din figura 5.6.

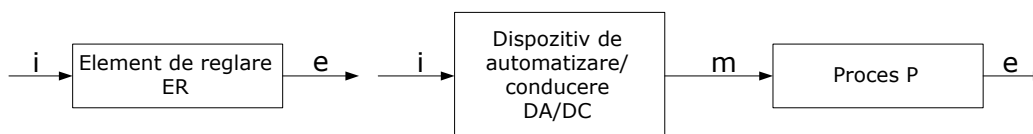


Fig. 5.6 Schema bloc a unui sistem automat

ER – elementul de reglare; I - variabilă de intrare; E - variabilă dependentă;
 DA – dispozitivul de automatizare; DC – dispozitiv de conducere; O – procesul (în sine);
 m - mărime de execuție

Principal, dispozitivul de automatizare este alcătuit din trei părți, conform graficului din figura 5.7:

- elementul de măsurare (M), este partea dispozitivului de automatizare care vine în contact direct cu procesul, urmărind în mod continuu variația variabilei de ieșire (e);

- regulatorul sau elementul calculator (R) este un microcalculator, care dă abaterea ($i - e$) și prelucrază matematic această abatere după o anumită ecuație de dependență

- elementul de execuție (E) este partea dispozitivului de automatizare care acționează direct asupra procesului prin modificarea mărimii de execuție.

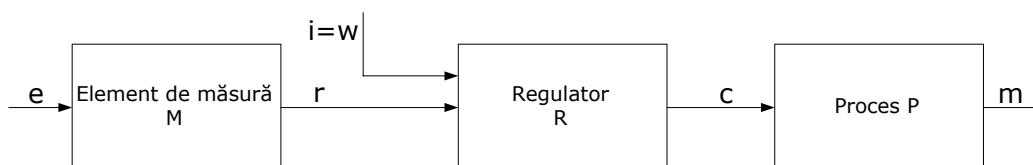


Fig. 5.7 Schema bloc a dispozitivului de automatizare

Variabila de ieșire a elementului de măsurare poartă numele de mărime de reacție (r). Variabila de ieșire a regulatorului este mărimea de comandă (c). Variabila de intrare întregul sistem sau pentru regulator poartă numele de mărime de referință (w). Variabila de ieșire a elementului de execuție, care acționează direct asupra procesului poartă numele de mărime de execuție (m).

Pentru realizarea optimizării este necesar ca în problema analizată să existe mai multe soluții posibile, dintre care va fi aleasă cea mai bună. Dacă se pune problema proiectării sau exploatării unui sistem tehnic, condiția de mai sus presupune că în sistemul respectiv există niște variabile disponibile, care pot lua, după dorință, una sau mai multe valori posibile. Acesta poartă numele de variabile de decizie (numărul variabilelor de decizie, într-o problemă de optimizare, dă dimensiunea problemei respective).

Este necesar să se definească riguros un anumit punct de vedere din care se realizează optimizarea. Acest punct de vedere, trebuie să poată lua forma unei

variabile, funcție sau funcționale pentru a putea aprecia diferențele soluții possible, respective a diferitelor seturi de valori date variabile de decizie.

Punctele de vedere care permit aprecierea și chiar măsurarea eficienței diferitelor soluții se constituie în criteriu de optimizare, care sunt exprimate sub forma variabilei, funcții ce poartă numele de funcție scop sau funcție obiectiv.

Ansamblul acestor valori ale variabilelor de decizie care asigură valoarea optimă (cea mai mare sau cea mai mică cu putință) a criteriului de optimizare poartă numele de politică optimă sau soluție optimă.

Optimizarea este un caz particular al perfecționării sau îmbunătățirii unui sistem și anume perfecționarea sau îmbunătățirea maxim posibilă.

În probleme de optimizare intervin întotdeauna restricții care fac ca soluția optimă să se poată găsi numai într-o anumită porțiune din spațiu n – dimensional al variabilelor de decizie, numit domeniu admisibil sau domeniu de căutare.

Modelul matematic al unui proces este un ansamblu de relații matematice, ecuații și inecuații care caracterizează independența dintre parametrii constructive și funcționali ai sistemului. Existența inecuațiilor în model se datorează unor restricții cu caracter fizico – chimic, tehnologic sau constructive.

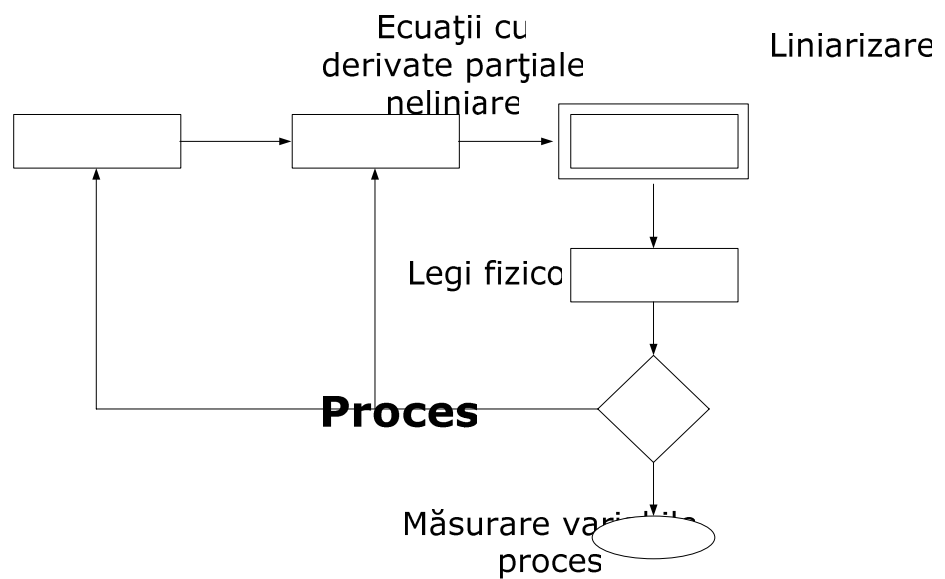
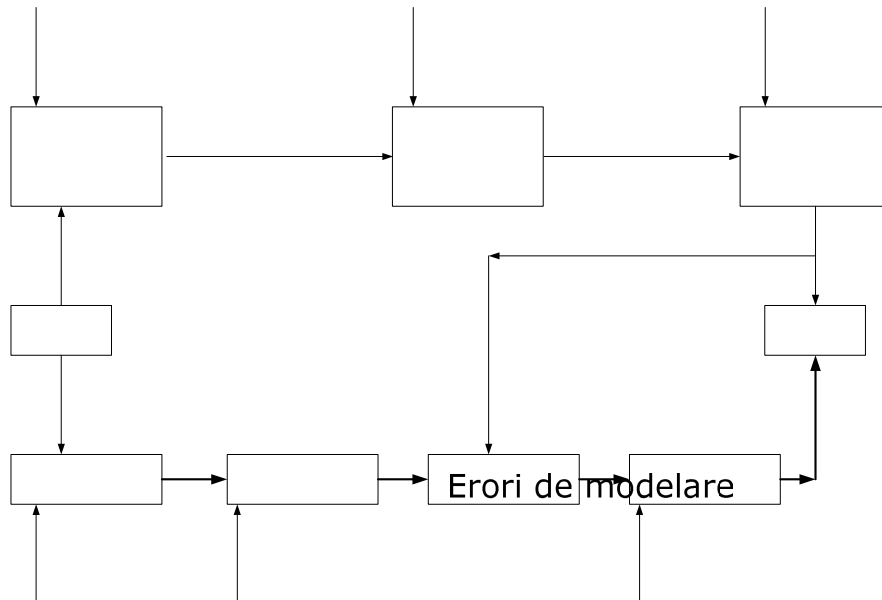
Dacă modelul matematic (elaborate pe baza legilor fizico – chimice care guvernează procesul) este folosit pentru conducerea procesului cu calculatorul atunci este de dorit ca structura lui să fie cât mai simplă, în caz contrar, calculatorul ar pierde prea mult timp pentru rezolvarea ecuațiilor (din acest motiv se face liniarizarea și reducerea ecuațiilor pentru obținerea unor ecuații diferențiale ordinare; coeficienții ecuației modelului matematic se vor obține din prelucrarea datelor experimentale).

În figura 5.8 este prezentat procesul de estimare al valorilor parametrilor modelului. Această estimare se poate face doar dacă este cunoscută structura modelului, acest model fiind valabil doar în limitele în care au fost modificate variabilele. De obicei calculul parametrilor se face pe baza unui criteriu de eroare, de cele mai multe ori fiind folosită eroarea medie pătratică.

5.2.2 Monitorizarea rețelei de distribuție

Consumatorii finali prin conștientizarea problemelor legate de preț, calitate sunt un stimulant în plus pentru o cât mai atentă și detaliată supraveghere a rețelelor ce-i deservesc, firește, prin intermediul celor care exploatează și întrețin (deservesc) rețelele.

Schematic, rolul monitorizării se poate regăsi în figura 5.9. Nu există un studiu de privire la hazard în absența unor date concrete, însă, având în vedere multitudinea de variabile și necunoscute ce se iau în considerare pentru o mai bună concepere, proiectare, execuție și exploatare (realizare) putem estima că șansa de eșec este la fel de mare ca cea de reușită.



Se poate observa că procesul de monitorizare pentru a avea effect trebuie introdus într-un circuit ciclic. Fără a avea o acțiune rezultată procesului de monitorizare, se poate considera inutilă monitorizarea.

Monitorizarea rețelelor de distribuție are în vedere culegerea de informații - necesare luării de decizii - referitoare la:

- 1) calitatea apei;
- 2) caracteristicile hidraulice ale rețelei.

Erori de măsurare

Erori de tratare

Fig. 5.8 Procesul de estimare

1) Referitor la calitatea apei se menționează că prin Legea 458 / 2002 completată și modificată cu Legea 311 / 2004 se reglementează cerințele de calitate cu privire la apa potabilă "Calitatea apei potabile trebuie să corespundă valorilor stabilite pentru parametrii de calitate la robinetul consumatorului și la punctul de intrare în clădire (bransament) în cazul apei potabile furnizate prin rețeaua de distribuție"

Pe tipuri de boli și agenți patogeni, riscurile de îmbolnăvire datorită consumului de apă infestată au fost prezentate în paragraful 1.2.5, tabelul 4.4. Având la bază acele date se pot arăta care sunt parametrii ce trebuie urmăriți pentru a avea o imagine clară a sistemului. Aceștia se regăsesc în tabelul 2.4 de la paragraful 2.I.6.3

În vederea monitorizării sistemului, se pot citi prin intermediul traductoarelor mai mulți parametri:

a) Clorul rezidual liber

Această substanță trebuie monitorizată și urmărită atent în evoluția ei deoarece se impune ca în toate punctele rețelei concentrația acesteia să fie cuprinsă în intervalul $0,25 \div 0,40 \frac{mg}{l} Cl^-$.

Ieșirea din acest interval conduce automat la deprecierea calității apei prin gust, miros, posibilitatea formării și dezvoltării microorganismelor (biofilmul), nitrificării și a altor probleme legate de calitatea apei.

O continuă și atentă monitorizare a clorului rezidual din apă conduce la optimizarea cantității de reactiv utilizată în procesul de tratare în mod continuu.

În paragraful 5.3 sunt prezentate rezultatele unui studiu de caz privind conținutul remanent de clor în rețeaua de distribuție.

b) Turbiditatea

Este un parametru ce se poate impresiona foarte ușor consumatorului final; acesta respinge o apă turbidă în mod instinctiv. Particulele aflate în suspensie în apă pot juca rolul de nutrient pentru germenii patogeni răspunzători de o parte din bolile hidrice.

De asemenea, o turbiditate ridicată, într-un anumit punct al rețelei, poate indica un grad sporit de uzură fizică al acesteia, sau chiar și o avarie în arealul respectiv.

c) Conductivitatea

Această caracteristică determină proprietatea apei de a transmite curentul electric și este direct proporțională cu totalul substanțelor dizolvate.

Acest parametru are rolul orientativ în vederea stabilirii provenienței apei din rețea, mai ales în cazul surselor multiple de alimentare și al rețelelor de distribuție inelare.

Împreună cu turbiditatea poate stabili "vârsta" sistemului de alimentare cu apă, alături de un rol psihologic în rândul consumatorilor – în cazul a minim două surse dintre care una subterană care pot considera că au "apă de izvor" la robinet și aici fac referire directă la sistemul din Timișoara unde consumatorii din zonă de sud a orașului au apă preponderentă din sursa de adâncime.

Măsurarea acestei caracteristici, în cazul surselor multiple, poate conduce la optimizarea generală a distribuției apei precum și stabilirea de scenarii de intervenție în caz de calamitate/act terorist.

d) Aminiul

Prezența în apă a acestuia indică o poluare recentă care, cel puțin teoretic, poate fi extremă de periculoasă având în vedere faptul că este un rezultat direct al descoperirii substanțelor organice cu conținut de azot în molecula lor.

Din nou, împreună cu turbiditatea, apariția acestui parametru în apă indică o avarie a rețelei în arealul respectiv. O intervenție rapidă poate evita îmbolnăviri nedorite.

Luați individual și punctual acești parametri nu inducă foarte multe, ei reprezentând doar numere. În combinație însă, pot reprezenta un mijloc foarte eficient de apreciere calitativă asupra apei.

Caracteristicile hidraulice necesare a fi minitorizate sunt:

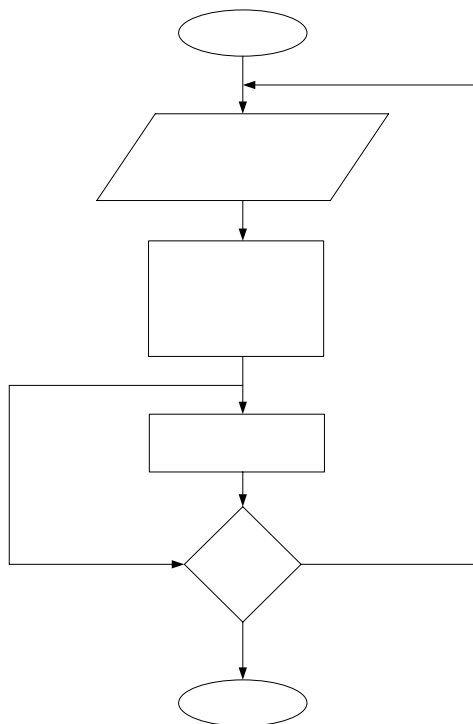
- presiunea (în primul rând, măsurată în puncte (noduri) semnificative ale rețelei. Înregistrările comparate cu valorile date de un program de calcul – on line – dau informații deosebit de importante asupra stării/funcționării rețelei;
- debitul, în paralel și în aceeași măsură caracterizează hidraulica distribuției

Cunoscând toate acestea se poate trece la repartizarea de acțiuni preventive în locul celor corective.

Un astfel de sistem de citire informațiilor în paralel cu alte date legate inclusiv de vreme poate conduce printr-o analiză detaliată la schimbări majore de abordare a sistemelor de alimentare cu apă sau pot surprinde prin apariția fluctuațiilor anumitor parametri în cazuri particulare ale factorilor externi.

Astfel, în cadrul schemei prezentate în figura 5.10 se poate detalia modulul de monitorizare astfel:

La fel ca și în cazul schemei din figura 5.10 și în acesta se observă necesitatea realizării unui ansamblu de acțiuni ciclice, fiind vorba de un sistem dinamic rezolvarea unei probleme nu presupune neapărat rezolvarea tuturor problemelor ci din contră, poate genera alta (alte) problemă/probleme.



5.3 Aspecte calitative ale apei în sistemul de distribuție- studiu de caz

În cadrul acestui studiului sunt evidențiate duratele de rezidență/staționare și efectele acestora asupra calității apei potabile distribuită prin rețeaua de distribuție urbană (a municipiului Timișoara), studiu realizat cu ajutorul programului EPANET în care parametrii hidraulici (debit, diametru, viteză, pierderea de sarcină) sunt corelate cu duratele de stagnare a apei (rezidență) pe tronsoanele de conductă și cu dozele de clor rezidual admise la fiecare punct de consum.

Duratele de rezidență mai mari de 7 zile la conductele îngropate și de 2 zile la conductele supraterane pot favoriza dezvoltarea unor ecosisteme biochimice în sectoarele de conducte cu viteze mici și foarte mici de curgere, cu consecințe defavorabile asupra calității apei distribuită consumatorilor.

Analiza distribuției vitezelor de curgere a apei prin conductele rețelei a scos în evidență faptul că, în aproape toate situațiile acestea au fost cuprinse între 0,3-0,9 m/s, iar clorul rezidual în apa potabilă, necesar ar fi de cel puțin 0,5 mg/l a atins în relativ puține puncte această valoare.

Degradarea calitativă a apei din cadrul sistemelor de distribuție este determinată de

- 1) formarea depozitelor de sedimente pe secțiunile de conducte cu viteze reduse de curgere;
- 2) dezvoltarea ecosistemelor biologice datorită unor condiții de mediu favorabile (substrat organic, temperaturi și perioade de rezidențe peste limitele admise),
- 3) transferul unor microelemente din structura materialelor cu care vine apa în contact;
- 4) condiții de transport;
- 5) contaminările accidentale determinate de defecțiunile sau de spargerile conductelor;
- 6) depășirea timpului de rezidență și reducerea sub limitele admise ale clorului rezidual pe sectoare ale rețelei de distribuție.

Ecosistemele microbiologice care se formează în rețelele de distribuție au ca sursă principală de dezvoltare, energia carbonului organic existent în material organică dizolvată în apa distribuită.

Bacteriile care se dezvoltă în apă, inclusiv pe pereții din interiorul conductelor rețelelor urbane de distribuție se prezintă sub forma unor filme bacteriene, deși nu sunt periculoase pentru om pot determina, prin forme directe sau indirecte, modificări cantitative ale apei potabile distribuite, aspect evidențiat printr-un gust ce poate deveni dezagreabil și chiar prin apariția unor animale mici.

5.4 Viteza apei în rețea

Vitezele de curgere a apei prin conductele rețelelor de distribuție sunt influențate/determinate de debitul pompat în sistem și de oscilațiile consumului de apă, pe parcursul unei zile (sau de consumul redus de apă pe intervale mari de timp). În mod obișnuit, aceste viteze ar trebui să oscileze în jurul vitezei economice (care depinde de diametrul și natura materialului conductei).

Conductele din materialele plastice, (PVC, PE-HD), pot influența biostabilitatea apei prin efectul aditivilor de fabricare folosiți și a transferului în apa de consum a microelementelor biodegradabile din aceste categorii de conducte.

Vitezele de curgere reduse sub limita minimă admisă (0,3 m/s), favorizează formarea de sedimente și de diferite ecosisteme microbiologice, contribuind prin aceasta, la reducerea clorului rezidual cu mult sub limitele admise de normele tehnice (0,5 mg/l), cu efecte negative asupra calității apei din rețelele de distribuție.

Contaminarea accidentală a apei din cadrul sistemelor de distribuție este determinată de: spargerile de conducte, microfisurile și de îmbinările neetanșe ale conductelor, în cazul în care presiunea de lucru scade sub presiunea atmosferică (efect Venturi); intervențiile ce au loc pe rețelele de distribuție; depășirea duratelor de staționare a apei în conducte, prin favorizarea dezvoltării biofilmului bacterian, cu efecte hotărâtoare asupra calității apei de consum.

Perioada de staționare/rezidență a apei în conductele sistemului de distribuție poate fi considerată, prin analogie cu rezervoarele subterane și castelele de apă, de 7 zile pentru conductele îngropate și 2 zile pentru conductele supraterane. [12].

În tabelul 5.1 au fost stabilite vitezele minime, în funcție de timpul de rezidență admis și de lungimea conductelor (bransamente, conducte de serviciu, conducte secundare și artere) [12].

Vitezele în conducte în funcție de timpul de staționare

Tabelul 5.1

Nr.	Tipuri de conducte	D _n (mm)	V (m/s)	
			Conducte/rezervoare subterane t = 7 zile	Conducte/rezervoare supraterane t = 2 zile
1	Bransamente	12	0,0198	0,0690
		15	0,0248	0,0868
		25	0,0413	0,1446
		50	0,0826	0,2894
2	Conducte de serviciu/secundare	100	0,1625	0,5487
		150	0,2480	0,8680
		200	0,3307	1,1574
		250	0,4133	1,4467
3	Conducte secundare și artere	300	0,4960	1,7361
		400	0,6614	2,3148
		500	0,8267	2,8935
		≥600	0,9920	3,4722

În multe localități din România (cu sisteme de alimentare cu apă având vechime peste 30 ani) din cauza diminuării consumatorilor și a păstrării rețelei de distribuție (a diametrelor) vitezele de curgere în conducte au scăzut semnificativ.

Vitezele de curgere reduse, determină creșterea consumului de clor, cu consecințe asupra prețului de cost al apei tratate, dar mai ales prin probabilitatea de formare a compușilor organoclorurați în tronsoanele de conducte cu clor în exces.

Modelarea hidraulică a rețelei de alimentare cu apă din Timișoara oraș cu 350.000 locuitori, s-a făcut cu ajutorul programului EPANET. Programul permite:

- determinarea debitelor și a vitezelor pentru fiecare conductă;
- presiunile apei din fiecare nod;
- nivelul apei din rezervoare;

d) timpul de staționare al apei în rețea;
e) concentrația clorului rezidual și consumul de clor în diferite zone ale rețelei de distribuție.

Modelul rețelei de distribuție a fost alcătuit:

- din 11.294 tronsoane de conducte cu diametre cuprinse între 50 mm și 1.600 mm
- având lungimea totală de 606.423 m, (incluzând și 15.764 m pentru branșamente)
- un număr de 10.113 noduri (din care 2.400 branșamente).

Prezentarea calitativă a sistemului de alimentare cu apă este făcută în figura 5.11

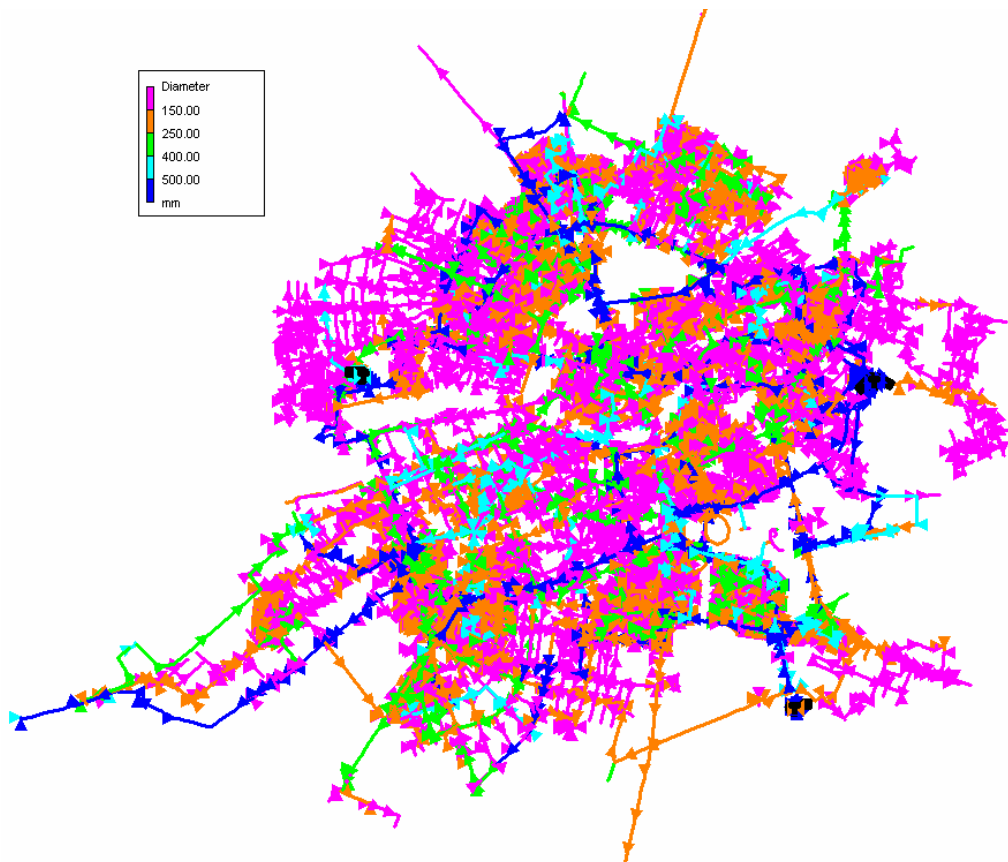


Figura 5.11 – Sistem de alimentare cu apă Timișoara

Rețeaua de distribuție a municipiului Timișoara se alimentează din trei surse (Uzina nr. 1, Uzinele nr. 2 - 4 și Uzina nr. 5) având fiecare regimuri de funcționare specifice consumului de apă de pe vatra localității, prezentate în tabelele următoare:

Uzina nr. 1 – regimuri de pompare:

Tabelul 5.2

Pompa	Orar de funcționare	$Q \left[\frac{mc}{h} \right]$	H [mCA]
P ₂	0-6	976-1044	19
P ₄	6-10 22-24	997-1087	25
P ₁	10-22	2340-2592	28

Uzina nr. 2 –4 regimuri de pompare

Tabelul 5.3

Pompa	Orar de funcționare	$Q \left[\frac{mc}{h} \right]$	H [mCA]
P (variator)	22-6 (noapte)	2250-2646	19
P (variator)	6-22 (zi)	2948-4734	28

Uzina nr. 5 – regim de pompare

Tabelul 5.4

Pompa	Orar de funcționare	$Q \left[\frac{mc}{h} \right]$	H [mCA]
P	20-22	660	23

5.4.1 Variante de modelare a calității apei

a) Pentru modelarea calității apei au fost introduse în fiecare rezervor uzinal doze de clor identice celor aplicate de fiecare uzină în parte, programul permițând simularea consumului de clor pe rețea într-o perioadă de timp stabilită în prealabil. Timpul de funcționare a modelării a fost ales de 68 ore considerat a fi reprezentativ.[73], [74], [77].

b) Evoluției calității apei în rețea de distribuție (din Timișoara) cu particularitățile specifice a impus următoarele subvariante:

b1) dozare clor numai la Uzinele nr. 1 și nr. 5, subvariantă ce a permite vizualizarea influenței apei subterane asupra apei din rețea;

b2) dozare clor doar la Uzina nr. 2, variantă ce permite vizualizarea influenței apei de suprafață asupra calității apei din rețea.

Pentru simularea evoluției calității apei în rețea, datele introduse în program sunt cele recomandate prin literatură în ceea ce privește consumul clorului în rețea. Astfel, s-a introdus coeficientul global de reacție în masă (sau reducerea de clor „în bloc”)(Kb), reprezentând reducerea, datorată acțiunii clorului în masa de apă și "Coeficientul global de reacție la perete" (sau Reducerea „la perete”), (Kw), ca fiind datorată acțiunii biofilmului bacterian format pe pereții conductelor. În timpul distribuției apei printr-un sistem de conducte, clorul rezidual (utilizat în vederea

protecției calității apei) trebuie menținut, pentru a se asigura că apa distribuită nu se degradează prin traversarea sistemului (bransamentele, conductele fără continuitate, stocări prelungite sau în alte situații necunoscute) care pot provoca astfel autopoluarea apei de consum.

La valoare > cea critică rezultatele obținute sunt prezentate grafic în figururile 5.11, 5.12 respectiv 5.13

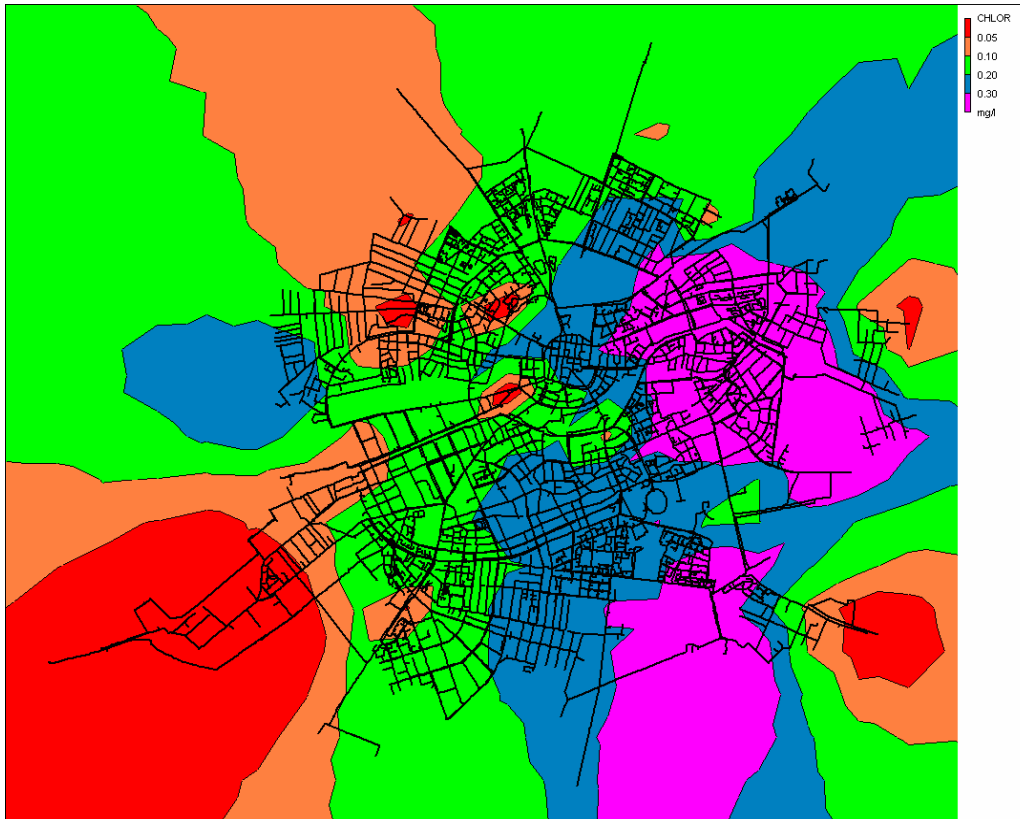


Figura 5.12 – Distribuție clorului rezidual după 52 ore

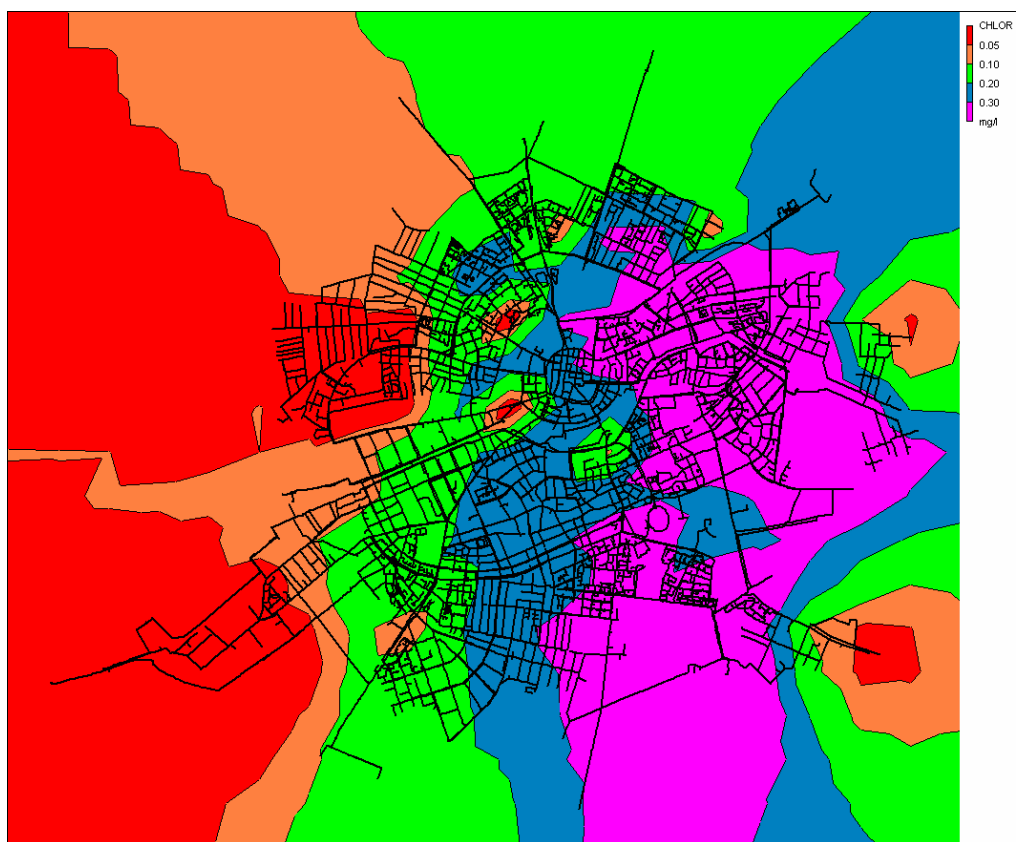


Figura 5.13 – Distribuția clorului rezidual după 68 de ore

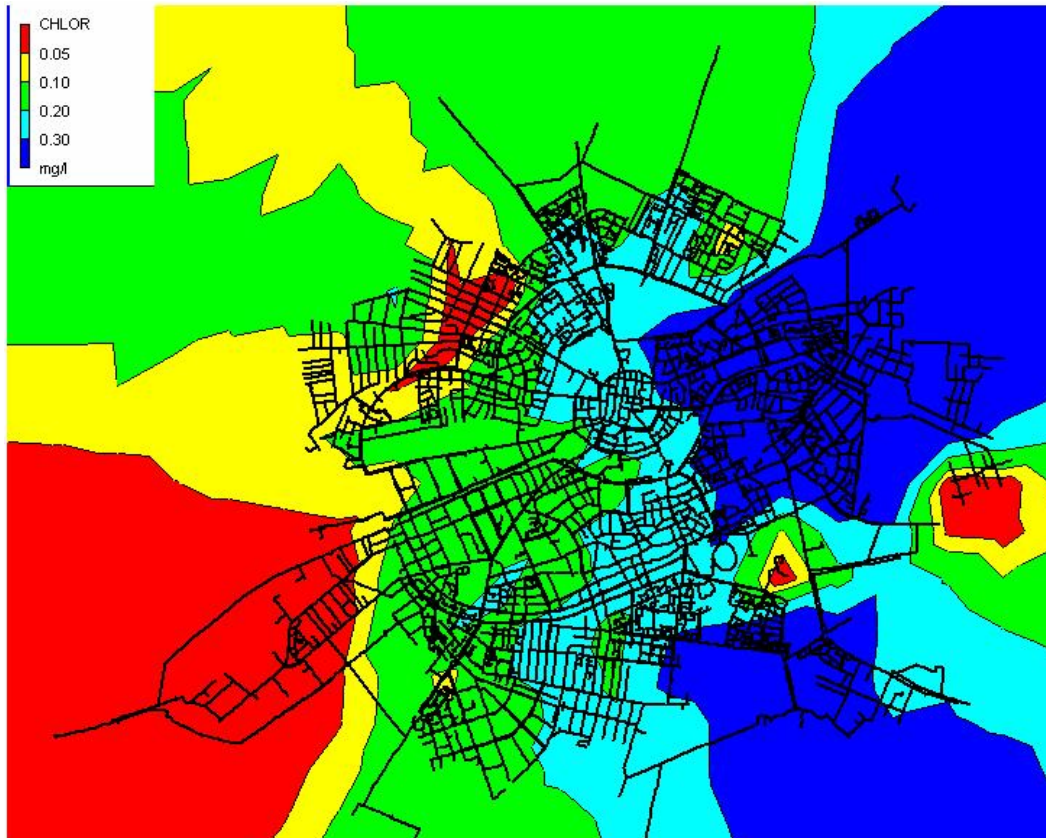


Figura 5.14 – Distribuția clorului rezidual după 72 de ore

Obs! Uzina nr. 5, având un program de funcționare foarte redus, de circa 2/zi ore (20-22), face ca influența acesteia să fie resimțită pe arie restrânsă, în perimetrul vestic al municipiului. În această zonă concentrația maximă a clorului rezidual este de 0,4 mg/l, iar valorile minime se apropie de 0-0,05 mg/l.

Centralizarea tabelară a acestor date se prezintă în tabelul 5.5:

Concentrația clorului rezidual în zonele orașului în funcție de timpul de staționare
Tabel 5.5

Zona	Concentrația clorului rezidual $\left(\frac{mg}{dm^3}\right)$	Timpul de staționare (ore)	Arii de influență (%)	Simbolizarea zonelor
1	> 0.4	< 24	10	Sud – Nord
2	0.2 - 0.4	24 - 48	60	Sud – Vest
3	0.1 - 0.2	48 - 72	20	Vest
4	0.01 - 0.1	72 - 96	10	Vest
5	< 0.01	> 96	0,01	Cartier Plopi

5.4.2 Determinarea vitezelor în conducte

Cu ajutorul aceluiași program EPANET s-au evidențiat și vitezele de curgere a apei pe tronsoane. Din analiza acestora în rețeaua de distribuție a rezultat că în majoritatea cazurilor viteza de curgere a apei este cuprinsă între 0,3 și 0,9 m/s.

S-au constatat totuși viteze de scurgere situate sub viteza economică iar în cazurile cele mai defavorabile sunt date în tabelul 5.6:

Viteze minime

Tabelul 5.6

Nr. Tronsoane	Viteza $\left[\frac{m}{s} \right]$
2.089	0,2-0,1
3.601	0,1-0,05
3.598	0,05-0,01
960	0,01-0,001
356	0,001

Regimul presiunilor de serviciu s-a situat între 8 și 22,5 mC.A.

Apa de suprafață, produsă și pompată de Uzina nr. 2 - 4 în rețeaua de distribuție are ca și limită de influență, perimetrul din partea de nord a orașului, iar în partea de sud se întâlnește influența celorlalte surse.

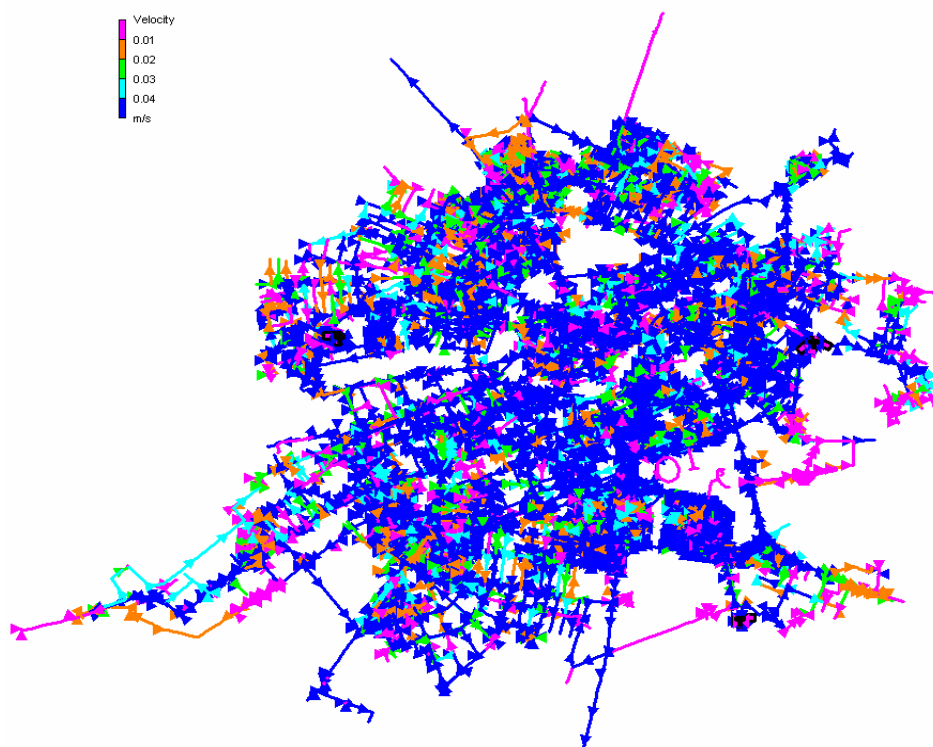


Figura 5.15 – Repartiția vitezelor

În perimetrul nordic al municipiului a fost evidențiată faptul că apa din rețea este asigurată din sursa de suprafață (clorul liber fiind cuprins între 0,6 și 0,3 mg/l).

În partea sudică amestecul apa de suprafață cu apa din subteran a fost pus în evidență de concentrația clorului liber (clorul liber fiind cuprins între 0,3 și 0,01 mg/l).

În perimetrul sudic se evidențiază faptul că apa din rețea este asigurată din sursa subterană (clorul liber fiind cuprins între 0,5 și 0,3 mg/l).

Efectele negative ale vitezelor scăzute de apă și presiuni reduse s-au distins în studiul de caz realizat cu programul de modelare EPANET a sistemul de distribuție a apei din Timișoara. Studiul de caz subliniază faptul că, în porțiunile în care fluxul de scădere a vitezei și stagnarea apei pentru mai mult de 7 zile clorul rezidual va scădea sub limitele impuse de standardele române (0,5 m /l). Aceste concluzii duc la necesitatea aplicării unor măsuri tehnice adecvate pentru a evita și pentru a opri fenomene care pot pune în pericol calitatea apei. Pentru o dezinfectie în condiții de siguranță, clorul rezidual trebuie să fie în apă potabilă de cel puțin 0,3 mg/l. Procentul de clor este ușor să fie aplicat, dar trebuie să fie atent controlat, deoarece în cazul în care doza crește peste limita de 0,5 mg/l pot să apară compuși organoclorurați, cu efecte negative asupra stării de sănătate a consumatorilor..

Stagnarea/staționarea îndelungată favorizează dezvoltarea unor procese biochimice care se manifestă print-o degradare calitativă a apei potabile ca urmare a reducerii concentrației de clor rezidual.

Viteza minimă de curgere calculată, din condiția ca pe tronsonul de conductă cuprins între două branșamente consecutive ($L = 12 - 15$ m), să nu se depășească durata de staționare cu mai mult de 7 zile, iar viteza de curgere asigurată de $0,025 \frac{mm}{s}$ ($2,16 \frac{m}{zi}$) este echivalentă cu viteza aparentă de curgere a apei subterane printr-un start de nisip de granulație mică.

Existența în conductele de distribuție a unor curenți de apă cu viteze mai mari de $0,025 \frac{mm}{s}$, asigură concentrația minimă a clorului rezidual, necesară pentru siguranța calității apei la consumatori [72], [73], [77].

5.5 Pierderi de apă în rețeaua de distribuție – studiu de caz

5.5.1 Modul de abordare

Pierderile de apă se definesc cu relația:

$$V_S > V_{cons} \text{ sau } V_p = V_S - V_{cons} \quad (5.1)$$

unde: V_S - volumul de apă preluat din sursă;

V_{cons} - volumul de apă preluat de consumator;

V_p - pierderea (volumul perdut) de apă.

Sistemele de alimentare cu apă au pierderi de apă "legale", conform standardelor în vigoare precizate astfel:

- k_p coeficientul pierderilor de apă, are valori de:
 - 1,10 (respectiv 10%) pentru sistemele;
 - 1,15 (adică 15%) pentru sistemele la care mai mult de 30% din conducte au durata normală de funcționare depășită (este cazul municipiului Timișoara).
- k_s coeficientul consumului tehnologic propriu, care presupune:
 - 1,02 (adică 2%) pentru rețele.

Acestea înseamnă că pierderile de apă "normate/legale" pentru sistemul de alimentare cu apă sunt:

 - > 25% pentru apa din sursa de suprafață;
 - 17,3 ÷ 21% pentru apa din sursa subterană;

"Memento technique de l'eau", Degrémont, precizează că "randamentul rețelei este definit ca raportul dintre volumul de apă plătit de abonați și volumul de apă livrat de uzine". Rețelele de distribuție în stare bună permit obținerea de randamente chiar până la 80%.

Clasificarea pierderilor de apă din rețelele de distribuție poate fi făcută din mai multe puncte de vedere, ținându-se cont de mai multe criterii:

 - funcțional – clasifică pierderile de apă din rețelele de distribuție ca fiind:
 - A – tehnice – influențate de tehnologiile de execuție, respectiv de materialele existente;
 - B – accidentale – acesrea apar din cauze imprevizibile și "contravin" funcționării normale a rețelei (care ar fi obligatorie, în conformitate cu gradul de asigurare al sistemului și ținându-se seama de lucrările de întreținere)
 - de exploatare – clasifică pierderile de apă din sistemul de distribuție în pierderi:
 - C – normate – avute în vedere (și justificate), cu tendința de diminuare continuă în intervențiile în sistemul de distribuție;
 - D – inadmisibile – cele care se evidențiază net, prin apariția apei de suprafață și prin diminuarea sensibilă a presiunii într-o anumită zonă, față de situația normală și la care nu s-a intervenit în timp util (până la 3 ore).

Când se are în vedere criteriul causal, pierderile de apă ale sistemului de distribuție pot fi:

 - E – tehnologice – datorate spărturilor (de conducte), neetanșeităților la îmbinări, încheieturilor incomplete a unor armături (vane, hidranți, pise de legătură sau golire ș.a.);
 - F – întâmplătoare – datorate consumurilor tehnologice suplimentare (la spălarea conductelor pentru "împrospătarea" apei din tronsoanele de conducte de la capetele de rețea, la stingerea incendiilor), erorile de măsurare/citire (la echipamentele din dotarea rețelei/sistemului) și din cauza furturilor de apă;
 - G – nemotivate – datorate consumurilor de apă necontrolate, iraționale, adică datorate risipei de apă;

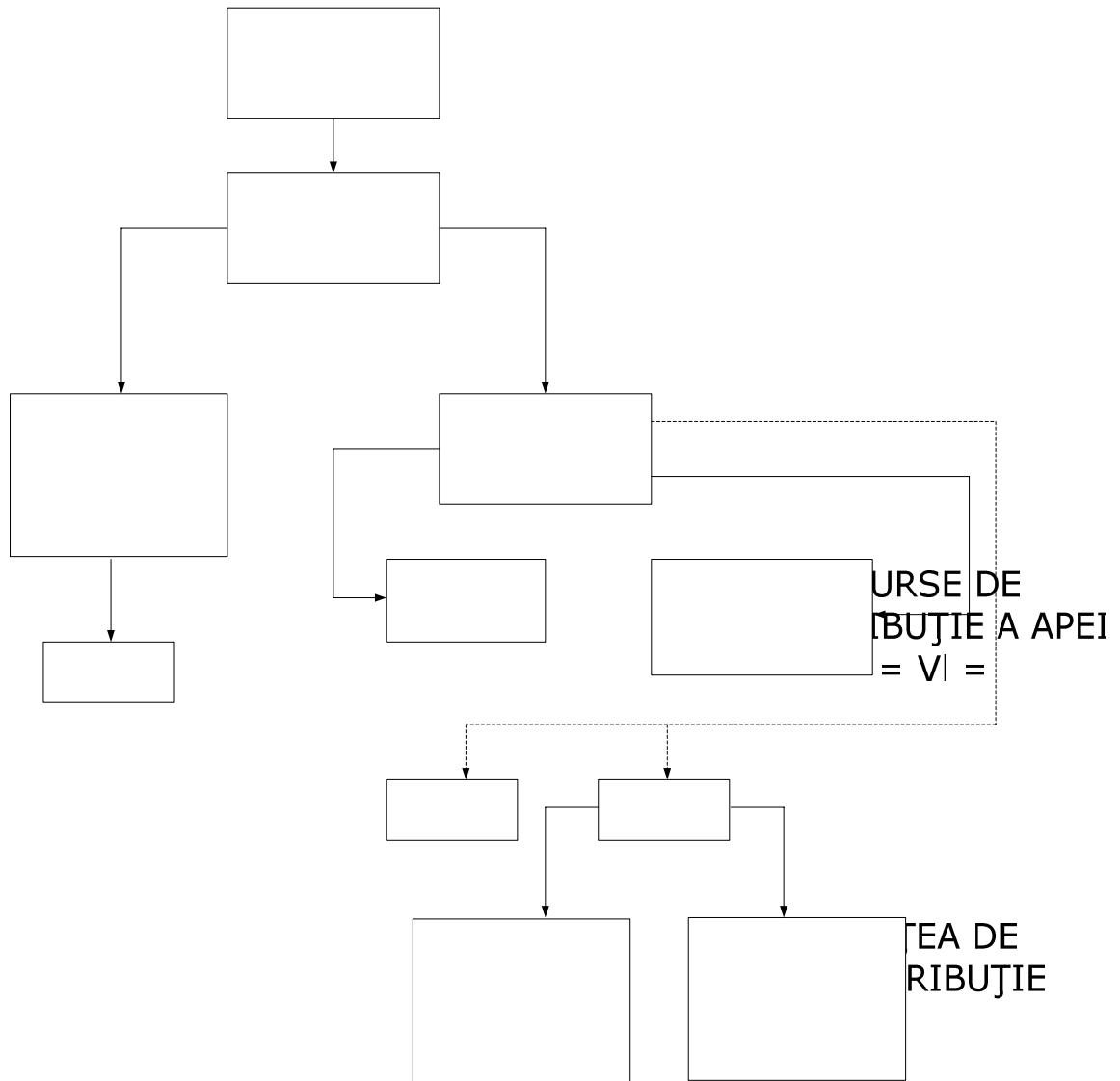
Criteriul realității pierderilor de apă din rețeaua de distribuție pot fi:

 - H – detectabile – cele care pot fi evidențiate vizual (chiar dacă sunt greu/imposibil de măsurat)
 - I – difuze – cele care nu pot fi evidențiate vizual ci numai prin măsurători (chiar de foarte mare precizie) pe tronsoane de conducte fără consumatori.

În situația în care pierderile de apă menționate se cuantifică prin volumele $V_{A, \dots, I}$, este valabilă ecuația de bilanț:

$$V_p = V_A + V_B = V_C + V_D = V_E + V_F = V_H + V_I \quad (5.2)$$

Obs!: În relația 5.2, V_G nu intră deoarece aparține abonaților el se contorizează și în consecință, se plătește.



CONSUMATORI

- populațe
 - întreprinderi (industrie)
 - instituții publice
 - sisteme municipale
 - alți (inclusiv risipa)
- = V_i =

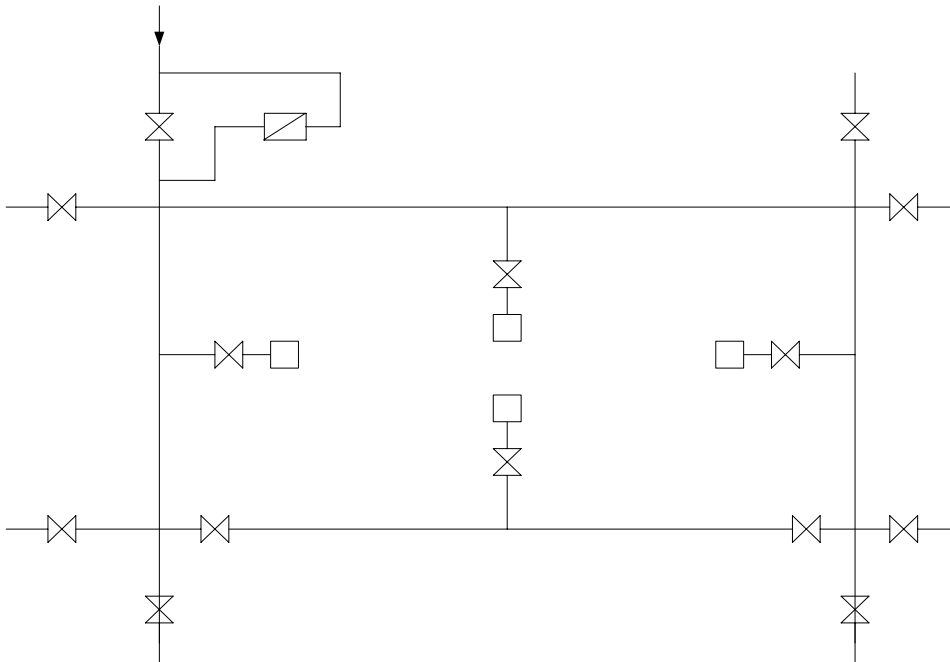
PIE

5.5.1.1 Metodele directe de determinare a pierderilor de apă

În funcție de modul de organizare al sistemului de alimentare cu apă, de mărimea și de dotare (inclusiv starea calitativă) a componentelor/echipamentelor funcționale, metode directe de determinare a pierderilor de apă sunt, după cum urmează:

a) metoda observației directe – constă în inspecția sistematică a rețelei de distribuție. Se procedează la inspecția tuturor componentelor din rețeaua de distribuție – stații de pompare, cămine de vane, hidranți, branșamente. Se are în vedere, de asemenea, vegetația din vecinătatea conductelor – când este cazul – (vegetația bogată poate indica avarii ale conductelor). Apariția apei la suprafața terenului (anumite structuri ale terenului favorizează acest lucru). O altă "sursă" a pierderilor de apă din rețeaua de distribuție poate fi identificată prin apariția acesteia în canalele termice sau prin creșterea "nejustificată" a nivelului (debitului) în rețeau de canalizare.

b) metoda consumului zero presupune "zonarea" rețelei, astfel sunt separate zone relativ restrânse (de ex. cea din figura 5.11) în care toate branșamentele sunt „anulate” prin închiderea robinetelor de concesie (acestea trebuie să existe și să funcționeze corespunzător), lucru (închidere) făcut și pentru vanele care permit trecerea (în tranzit) a apei înspre alte zone; admisia apei se realizează ocolind vana cu un contor.



Când totuși consumatorii din zona considerată sunt „deconectați” de la apă, în zona respectivă avem consum zero, în consecință nu sunt pierderi/nu ar trebui să fie; dacă se înregistrează consum de apă înseamnă că există pierderi de apă –

acestea pot fi măsurate (global), fără însă, a putea fi localizate, respectiv mai precis identificate ca poziție.

Obs! 1) Metoda admite utilizarea unuia sau mai multor contoare „de lucru”.
 2) Utilizarea metodei impune lucru în echipă (numărul personalului este impus de mărimea zonei izolate, respectiv de numărul branșamentelor).
 3) Succesul măsurătorilor depinde de starea de calitate a armăturilor „implicate”, precum și de calitatea contorului.

5.5.2 Aprecierea pierderilor de apă

Preocuparea pentru aprecierea și respectiv diminuarea pierderilor de apă din rețelele de distribuție este o constantă a activității specialiștilor din diferite structuri și forme de organizare: IWSA – International Water Supply Association, IWA – International Water Association, ARA – Asociația Română a Apei.

Pierderile de apă sunt importante deoarece pot crea probleme din mai multe puncte de vedere: economice, tehnice, sociale, sanitare.

Pentru evaluarea pierderilor de apă din rețeaua de distribuție se folosesc mai mulți indicatori studiați în timp de organizații și asociații de profil – IWSA, IWA, ARA:

- Indicatori care se referă la extinderea rețelei, adică „indiciile de pierderi lineare”:

$$I_{p.l} = \frac{V_p}{365 \cdot 24 \sum L}, \text{ în } m^3 / h \cdot km \quad (5.3)$$

- Indicatori care compară producția și pierderile prin „procentul pierderilor de apă”:

$$p\% = \frac{V_p}{V_l} 100, \quad (5.4)$$

- Indicatori care țin seama de consumatori contorizați (adică de branșamente) prin „indicele de pierderi locale”:

$$I_{pb} = \frac{V_p}{365 \cdot 24 \sum N}, \text{ în } m^3 / h \cdot \text{bransament} \quad (5.5)$$

Semnificația termenilor:

V_l, V_p - conform relației (5.2) (figura 5.11);

$\sum L$ - lungimea tronsoanelor de conductă, în km;

$\sum N_b$ - numărul branșamentelor, nr. (bucăți).

Pentru a face legătura între $I_{p.l}$ (indicele de pierderi liniare) și $I_{p.loc}$ (indicele de pierderi locale) se introduce „indicele de formă a rețelei I_{fR} ”:

$$I_{fR} = \frac{\sum N_b}{\sum L}, \text{ în } [\text{bransam./km}] \quad (5.6)$$

rezultând: $I_{p.l} = I_{p.loc} \cdot I_{fR}$ (5.7)

sau:

$$I_{p.loc} = \frac{I_{p.l}}{I_{fR}} \quad (5.7.1)$$

Obs! Rețelele extinse care au puține branșamente au $I_{p.l}$ mare și $I_{p.loc}$ mic, iar dacă numărul branșamentelor crește (densitate mare) $I_{p.l}$ este mai mic, respective $I_{p.loc}$ crește.

5.5.2.1. Pierderile de apă – componentă a bilanțului de apă în rețeaua de distribuție

International Water Association – IWA -, interesată de “unificarea” modului de abordare a performanțelor sistemului de alimentare cu apă, a realizat (martie 2002) prin Task Force on Performance Indicators un „Manual de bună practică” care stabilește componentele bilanțului de apă; în tabelul 5.7 sunt prezentate sintetic componentele acestui bilanț.

Tabelul 5.7

A	B	C	D	E
Volum (cantitate) de apă intrată în rețea (distribuție)	1. Consum autorizat	1. Consum FACTURAT	1. Consum contorizat	1. Apă facturată (cu venit)
		2. Consum NEFACTURAT	2. Consum necontorizat	
	2. Pierderi de apă	3. Pierderi aparente	3. Consum contorizat	2. Apă nefacturată (fără venit)
		4. PIERDERI REALE	4. Consum necontorizat	
			5. Consum neautorizat	
		6. Inacuratețea contorizării		
		7. Prin golirea conductelor		
		8. În/prin rețeaua de distribuție		
		9. În branșamente, amonte de contor		

Ecuțiile de bilanț din rețeaua de distribuție sunt:

$$A = B = C = D = E, \text{ sau} \quad (5.8)$$

$$A = B_1 + B_2 = C_1 + C_2 + C_3 + C_4 = \sum_1^9 D_i = E_1 + E_2 \quad (5.8.1)$$

Interesul distribuitorului de apă este de a diminua la minimum posibil (ținând seama de condițiile tehnice, tehnologice, financiare etc. existente) componenta E_2 .

Analiza critică, pe baza valorilor din tabelul 5., a bilanțului de apă în rețeaua de distribuție a municipiului Timișoara (la nivelul anului 2003) evidențiază aspecte care urmează:

- a) – volumul de apă trimis către consumatori este cunoscut (prin contorizare);
 - b) – cantitățile de apă contorizate reprezintă 99,797% din total consum autorizat;
 - c) – consumurile de apă nefacturate – pierderile de la consumatori – au fost evaluate la 0,017% din consumul autorizat;
 - d) – aprecierea “inacureții contorizării” este semnificativ diminuată, reprezentând doar 0,95% din volumul contorizat;
 - e) – consumurile necontorizate au fost subevaluate, astfel:
 - la spălarea controlată a conductelor ar mai trebui să se adauge:
 - golirile de siguranță (pentru împropătarea apei la capetele de rețea);
 - consumurile pentru stropitul unor zone verzi;
 - la consumul necontorizat nefacturat nu s-au avut în vedere consumurile de apă ale șantierelor;
 - f) – dotarea tehnică deficitară privind aparatura de depistare a pierderilor reale de apă rețeaua de distribuție;
 - g) – interesul manifestat la nivelul de regie pentru bilanțul apei în sistemul de distribuție;
 - h) – evidențierea direcțiilor în care trebuie acționat pe viitor pentru reducerea pierderilor, respective pentru creșterea veniturilor/rentabilității.
- Obs. O abordare specială necesită consumurile de apă prin cișmelele stradale (din Timișoara, Ghiroda Nouă și Giroc), precum și apa asigurată din surse locale (fântâni publice forate) existente; acestea influențează, în general negative, eficacitatea economică a RAAC “Aquatim”.

5.5.2.2. Factori ai pierderilor de apă

Ca orice fel de fenomen, pierderile de apă sunt datorate unor factori, a căror pondere variază în funcție de mai multe aspecte subiective sau obiective.

Clasificarea factorilor determinanți ai pierderilor de apă:

1. Factori subiectivi (mai greu de definit și mai greu de cuantificat) includ:
 - a) atitudinea celor implicați (proiectant, executant, distribuitor și consumator) față de pierderi;
 - b) importanța acordată limitării pierderilor de apă;
 - c) nivelul pregătirii profesionale (și interesul personalului pentru acest aspect);
 - d) motivația personalului (de la toate nivelurile și de toate specialitățile);
2. Factori obiectivi:
 - a) – regimul de presiune;
 - b) – natura materialelor din care sunt realizate conductele;
 - c) – tehnologiile îmbinare a conductelor, armăturilor etc.;
 - d) – vechimea (gradul de îmbătrânire) conductelor, materialelor utilizate, a armăturilor etc.;
 - e) – condițiile de lucru efective: trafic, influența regimului nepermanent de mișcare a apei, seismicitate, natura (agresivitatea) terenului și a apei distribuite precum și a celei freatice ș.a.;

- f) – mărimea rețelei + lungime, diametru, formă -;
- g) – exploatarea și întreținerea;
- h) – precizia/acuratețea măsurărilor.

3. Factorul pozițional (îi include pe cei de la 1 și 2):
- a) – în lungul conductelor (difil de reperat – uneori chiar nereperabile);
 - b) – la branșamente;
 - c) – în căminele rețelei.

5.5.2.3. Indicele procentual de proporționalitate al pierderilor de apă

Pentru a exprima pierderile de apă din rețeaua de distribuție în mod unitar, ținând seama de caracteristicile proprii ale fiecărei rețele, se propune Indicele procentual de proporționalitate al pierderilor „ I_{pp} ”, definit prin relația:

$$I_{pp} = \frac{V_p}{Vol} \quad (5.9)$$

în care:

$$Vol = \frac{\Pi D^2 m}{4} \sum L \quad (5.10)$$

Indicele I_{pp} ține seama de următoarele:

- pierderile de apă reale, care sunt în strânsă dependență de producția de apă;
- mărimea (lungime, diametru, suprafața laterală a ansamblului tuturor conductelor) rețelei de distribuție.

Obs.! Cu cât suprafața laterală a conductelor, respectiv volumul acestora este mai mare probabilitatea apariției de avarii (fisuri, cedarea etanșeității, coroziunii etc.) crește.

În situațiile în care consumurile specificate scad (din diferite cauze: contorizare, utilizarea de armături și instalații performante, raționalizări ale consumurilor ș.a.m.d.), respectiv se micșorează debitele de apă transportate de rețea, iar traseele de apă rămân aceleași (lungimile și diametrele se mențin constante), pierderile fizice de apă au aceleași „surse”, iar valoarea lor va fi:

$$p_{a_{i-1}} = p_{a_i} \sqrt{\frac{H_{i-1}}{H_i}} \quad (5.11)$$

În consecință pentru acele rețele de distribuție, cazul municipiului Timișoara fiind ilustrativ, apreciem ca indicele I_{pp} reflectă cel mai corect situația reală/de facto a dinamicii pierderilor de apă.

Pierderile de apă din rețeaua de distribuție, vor fi exprimate în mai multe moduri.

a) în funcție de procentul pierderilor de apă – definit prin relația (5.4), valorile astfel calculate sunt (ilustrate pentru municipiul Timișoara):

Tabelul 5.8

Mărimea/Anul	2004	2005	2006	2007	2008
V_l	69558820	54286339	48395506	46209234	41300455
V_p	27154573	24323812	22251675	21173339	19134349
$p\%$	39.0	44.8	46	45.8	46.3

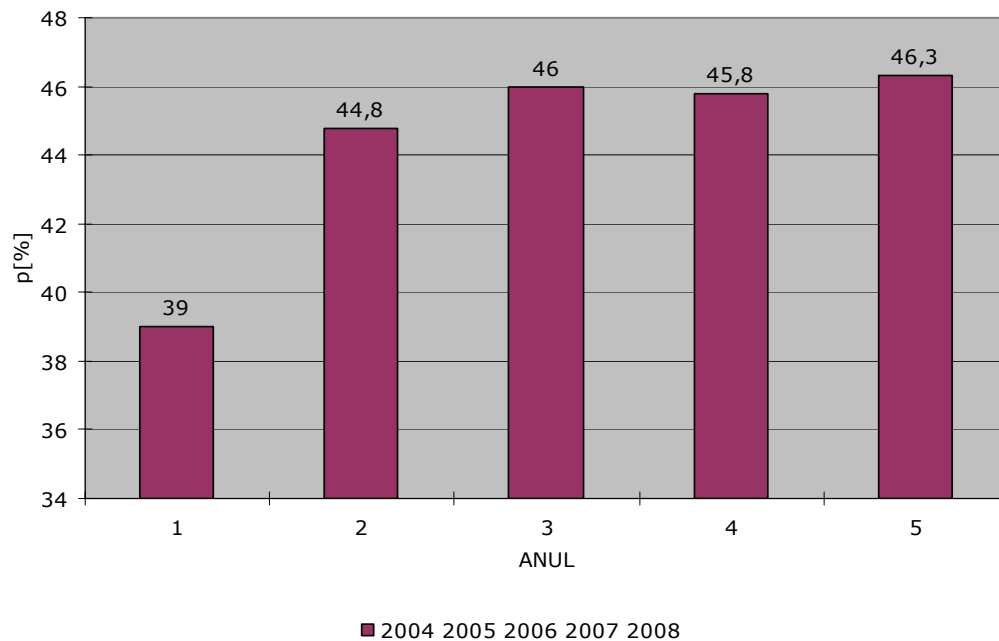


Figura 5.19 Evoluția procentuală a pierderilor

Gradientul evoluției parametrului $p\%$ este pozitiv, având o valoare pe care o considerăm mică:

$$\Phi = 0,073/5 = 0,0146$$

Când se are în vedere indicele procentual de prepoportionalitate al pierderilor de apă – definit cu relația (5.9) – situația este redată în tabelul 5.:

Indicele procentual de proporționalitate

Tabelul 5.9

Anul/Mărimea	2004	2005	2006	2007	2008
V_p	27154573	24323812	22251675	21173339	19134349
$Vol.r$	380908	381313	381673	388283	393945
I_{pp}	6,96	6,33	5,83	5,45	4,86

Tendința descrescătoare a indicelui procentual de proporționalitate pentru cazul avut în vedere (figura 5.13), reflectă efectul măsurilor pentru diminuarea pierderilor (scăderea consumului de apă nu afectează și alcătuirea rețelei, respectiv aceleași conducte transportă un debit de apă mai mic).

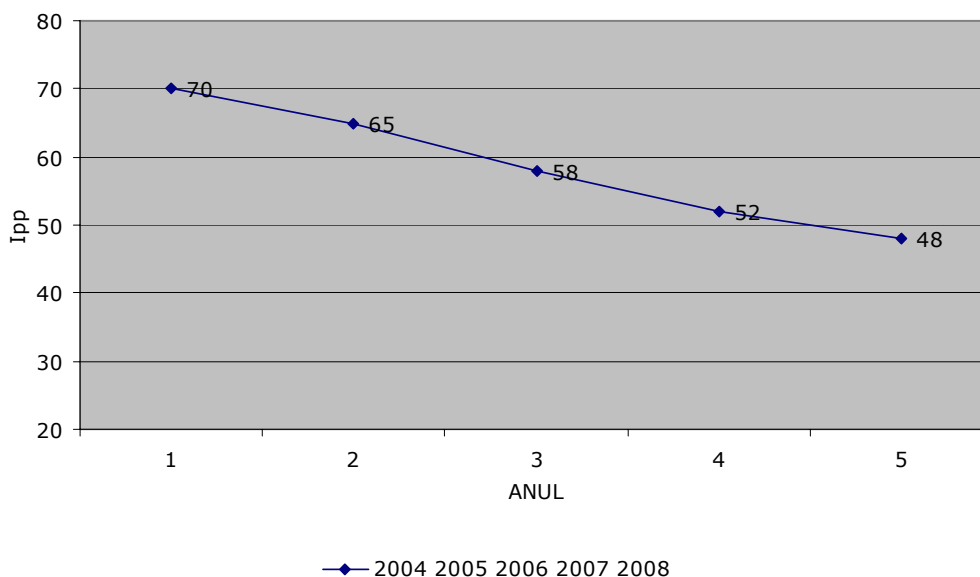


Figura 5.20 Evolutia Ipp

Zona luată în studiu este alcătuită din 12 străzi având clădiri preponderente P + 3 dar și case pe un nivel. Fiind vorba de o zonă relativ veche a orașului, înalțimile libere ale încăperilor imobilelor în cauză este mare, peste 3,5 m.

Alimentarea cu apă se realizează printr-o rețea ramificată de distribuție cu o lungime totală de 3645 m, având diametre cuprinse între 80 – 300 mm; concret: conducte din fontă cenușie $D_n < 150mm, L = 3215m$ și conducte din HDPE $D_n < 150mm, L = 180m$ și $D_n = 300mm, L = 250m$; volumul rețelei de apă este $V_{rd} = 43,388m^3$. Preponderent: acestea sunt din oțel, 88,2% și au o vechime de peste 20 ani, restul rețelei fiind din PEHD cu o vechime de sub 20 ani.

Pentru zona amintită, brașamentele totalizează o lungime de 863 n din care 50% din plumb, fontă cenușie și oțel în proporție de 50%, și respectiv PEHD 50% fiind mai mare decât cea de înlocuire a rețelei întregul areal este alimentat dintr-un singur punct iar cantitatea de apă livrată este contorizată prin intermediul unui contor DN 200 de clasă B (tip Woltex). În zonă, pot fi identificate 28 de vane și 17 hidranți exteriori pentru stingerea incendiilor. Măsurătorile efectuate au arătat că presiunea în zonă (Băile Neptun), la consumatorii finali – 80,4% consumatori casnici și 19,6% agenți economici se menține în 2 și 2,3 barr.

Considerând pierderile de apă din conducte fiind cantitatea de apă totală care, datorită unor defecțiuni oarecare nu ajunge la consumatorul final, acestea se împart în două categorii:

- pierderi de apă reale – reprezentate de volumul de apă furnizat și măsurat ce nu ajunge la consumatori care se pierde (prin neetanșeitățile sistemului), și

- pierderi aparente – reprezentate de estimări eronate ale consumului datorate, în principal unor utilizări ce nu pot fi riguros controlate (de exemplu consumurile de apă necesare stălariei canalizării, utilizării hidranților, udarea grădinilor și a spațiilor verzi, spălarea spațiilor verzi, spălarea străzilor etc.). Aceste consumuri aparente sunt automatizate de către regia de apă (o categorie importantă a pierderilor o constituie brașările ilegale dar și echipamentele de măsurare a debitului uzate fizic și moral, incapabile să ofere o contorizare corectă a consumului de apă).

Programul de măsurători a presupus citiri ale contoarelor: general de intrare în zonă – tabelul 5.10 -, la brașamente – tabelul 5.11

Citiri la contorul general

Tabelul 5.10

An	Lună	Ziua	Ora	Index	Volum apă mc
2008	1	29	08:50	33 643	
2008	2	26	08:50	44 139	10 494
2008	3	26	08:50	55 729	11 590
2008	4	29	08:50	67 229	11 499
2008	5	26	09:50	79 870	12 641

Citiri la consumatori

Tabelul 5.11

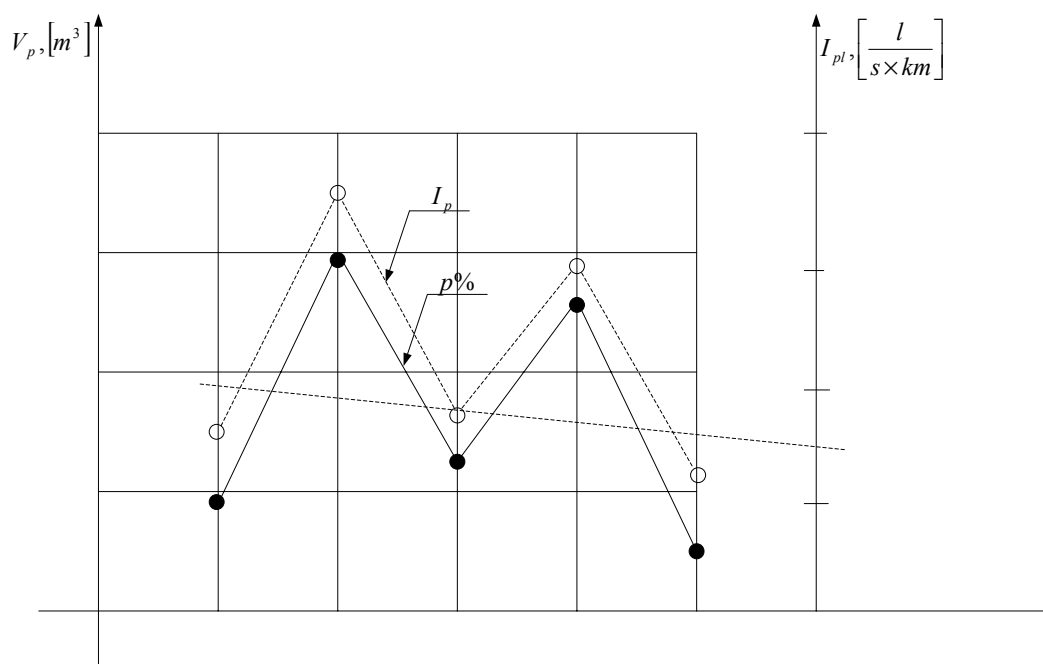
Anul	Luna	Ziua	Consum casnic facturat mc		Consum agent economic facturat mc		Consum necontorizat mv	Total consum, m ³
			Contorizat	Necontorizat	Contorizat	Necontorizat		
2008	Ian	28	3.964	974	3.485	109	1.083	8 532
2008	Feb	26	3.288	1.422	2.802	59	1.481	7 511
2008	Mar	26	5.042	789	3.161	46	835	9 038
2008	Apr	29	3.032	2.682	3.297	55	2.737	9 066
2008	Mai	26	4.081	836	2.807	3	839	7 727

Cu datele din tabelele 5.10. și 5.11, în tabelul 5.12. (și în figura 5.21) sunt evidențiate pierderile de apă și coeficienții rezultați.

Pierderi de apă în zona Neptun

Tabelul 5.12

Anul	Luna	Volum apă contorizat în rețea	Volum apă la consumatori	V_p [m ³]	P%	I_{pl}		I_{pb}		I_{pp}
						$\frac{m^3}{h \times kw}$	$\frac{l}{s \times km}$	$\frac{m^3}{h \times br}$	$\frac{l}{s_{br}}$	
2008	Ian	10494	8532	1962	18,69	0,72	0,2	0,024	0,007	45,21
2008	Feb	11590	7511	4074	35,19	1,66	0,46	0,055	0,0152	94,01
2008	Mar	11499	9038	2461	21,40	0,94	0,26	0,031	0,009	56,72
2008	Apr	12641	9066	3575	28,28	1,36	0,37	0,045	0,012	81,70
2008	Mai	9394	7727	1667	17,74	0,64	0,17	0,021	0,006	38,42



În zona Neptun pentru perioada măsurătorilor pierderilor de apă reale s-a procedat la estimarea "pierderilor aparente"; considerând egalitatea celor două categorii de pierderi, elementele "pierderilor aparente" (rezultate din aprecieri proprii) se prezintă în tabelul 5.13.

Elemente "pierderilor aparente"	Tabelul 5.13
Presiunea în rețea	22
Caracteristicile materialelor	10
Îmbinări	30
Variația temperaturii apei	14
Încărcări din trafic (vibrații)	9
Coroziune	15

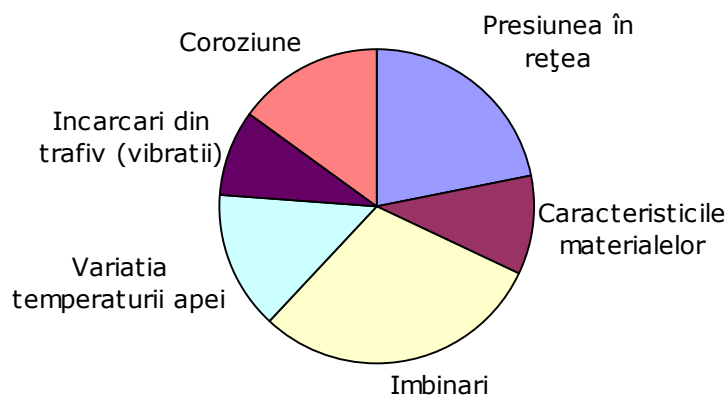


Figura 5.22 - Elemente "pierderilor aparente"

Rezultatele măsurătorilor din zona Neptun impun, pe de o parte continuarea investigațiilor (cu o implicare mai mare de persoane) corectarea preciziei de citire a înregistrărilor și extinderea duratei de studiu.

Deosebirile între parametrii zonei și cei generali (rezultați din documente) demonstrează specificul zonei (în care intră vechimea rețelei, densitatea populației, caracteristicile urbanistice, intervalul de măsură etc.).

La nivel de sistem de alimentare cu apă potabilă, pornind de la exigențele licenței de operator situația actuală a sistemului de alimentare cu apă se prezintă, având valori minime și maxime, în tabelul 5.14

Tabelul 5.14

Tipuri de pierderi	Valoare procentuală minimă - maximă
Consum tehnologic	6 ÷ 7,5 %
Pierderi în rețea	23 ÷ 26 %
Pierderi tehnice	2,1 ÷ 2,6 %
Cantitatea neînregistrată de contoare	9,8 ÷ 10,8 %
Consumuri pentru stingerea incendiilor	1,0 ÷ 1,2 %
Alte pierderi	1 %
TOTAL	42,9 ÷ 49,1 %

Obs! Sistemul de alimentare cu apă are pierderi mai mari, celor din rețea adăugându-se cele din cadrul stației de tratare, aducțiuni, capări.

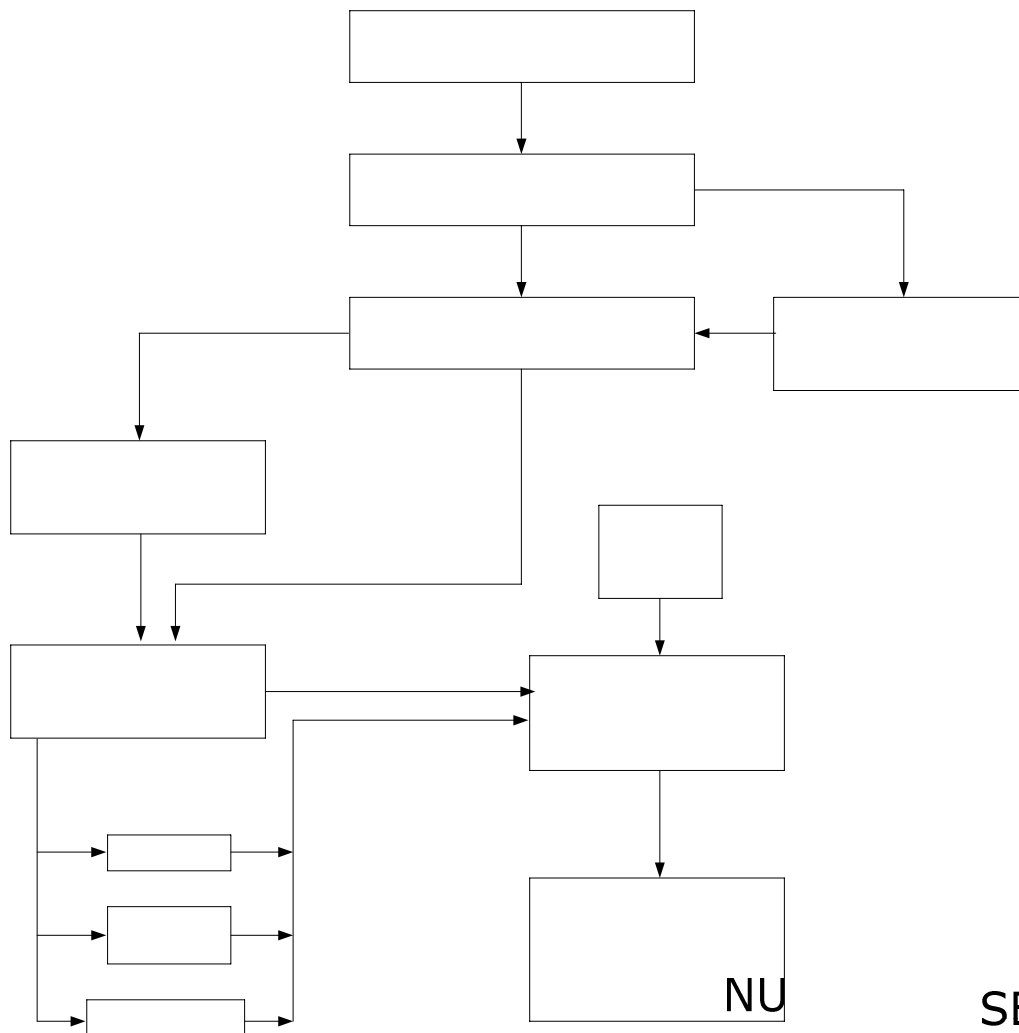
5.6 Economia de energie – implicații

Sistemele hidroedilitare sunt cei mai mari consumatori de energie electrică din localități. În consecință fiecare procent economisit are o pondere mare în balanța energetică a localității. Nu este neglijat aspectul economiilor proprii realizate prin reducerea consumurilor de energie.

5.6.1 Abordarea economisirii de energie

Consumul ethnic de energie electrică este preponderant; qvasi totalitatea agregatelor de pompare/suflantelor, agitatoarelor, aeratoarelor etc. sunt acționate de motoare electrice. În consecință, se pune problema cunoașterii cu precizie a puterilor instalate, respective a energiilor necesare/consummate; pentru acesta se propune schema de acțiune, conform celor fin figura 5.23.

Cunoscându-se situația energetică exact, instalată și consumată, pe baza planurilor de acțiune aferente sistemului hidroedilitar (existent) se acționează la reducerea consumurilor energetice propunând (allege și respecte) strategia energetică de urmat – de exemplu conform schemei din figura 5.24.



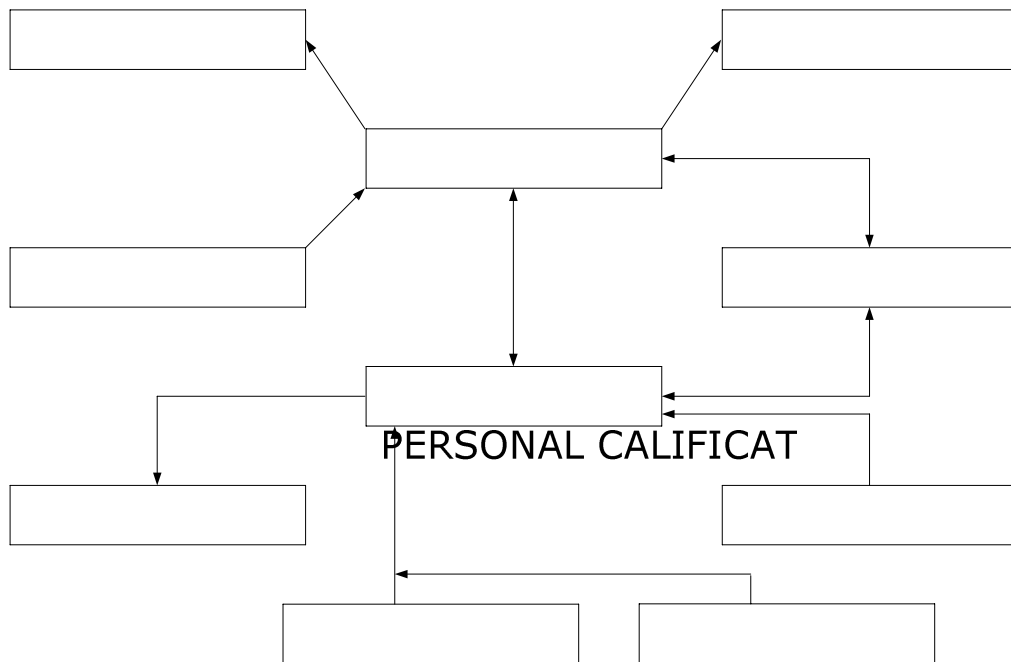
INVEN
ECHIPAM

SE CUNOS
FUNCT.

SE CUNOASTE
FUNCT.

DETERMINAREA
FLUXULUI
FUNCTIONAL

GRUPAREA PE TIPURI
FUNCTIONALE



STRATEGIE E

Aspectele cele mai importante pentru strategia energetică țin de calificarea personalului, resursele financiare și a suportului operațional.

PLAN / PROGRAM DE MOTIVARE A PERSONALULUI

5.6.2 Măsurile de economisire a energiei

Pornind de la metoda că "cea mai importantă sursă de energie este economică". În acest mod a fost punctată prima măsură.

Aceasta presupune:

a) respectarea, cu rigurozitate a programelor tehnice de funcționare a reperelor și sistemelor (de exemplu: spălarea filtrelor numai când este nevoie, nu după un "orar" prestabilit);

b) utilizarea pompelor (motoarelor) cu turație variabilă.

Datorită modificării (reducerii) debitelor în sistem rectificarea paletelor pompelor (paragraful 2.I.6.5) este o soluție de avut în vedere.

Un alt procedeu de luat în seama este cel al mentinerii în funcțiune a agregatelor (pompelor) pe o durată optimă. Pentru aceasta sunt mai multe procedee.

5.6.2.1 Procedul normării administrative

Este cunoscut un procedeu de stabilire, prin norme administrative, a duratei normale de menținere în exploatare a unei pompe. Acest procedeu cunoscut, nefiind

PLAN DE

ECHIPAMENTE NOI

bazat pe cunoașterea evoluției reale a uzurii fizice a fiecărei pompe aflate în exploatare, risca să fie nerentabilă, astfel:

- înlocuirea poate fi o investiție prematură în cazul că, după durata normală de menținere în exploatare, uzura pompei este încă mică, randamentul acesteia a rămas mare și pompa ar fi putut fi exploatată rentabil o durată de timp mai mare decât durata normală;

- înlocuirea poate fi tardivă în cazul că, încă înainte de expirarea duratei normale de menținere în exploatare, uzura fizică a pompei este mare, randamentul acesteia a scăzut mult și pompa a funcționat deja un timp cu randament mic, risipind energie.

5.6.2.2 Procedeu bazat pe calcul tehnico - economic

Este cunoscut un procedeu de stabilire a duratei de menținere în exploatare a pompelor dintr-o stație sau instalație de pompare, pe baza unui calcul tehnico - economic prin care se determină timpul T_a în care s-ar amortiza investiția I de înlocuire sau reabilitare a pompelor din valoarea (costul) ΔC_{ea} a economiei anuale de energie obținută urmare a investiției, cu relația:

$$T_a = \frac{I}{\Delta C_{ea}} \quad (5.12)$$

De exemplu, pentru SP de desecare din îmbunătățirile funciare, valoarea anuală ΔC_{ea} a economiei de energie se determină ca diferența între costul ΔC_{ea1} al energiei necesare pentru evacuarea volumului anual V_a de apă ce trebuie pompat, în ipoteza utilizării pompelor existente, nereabilite și costul ΔC_{ea2} al energiei necesare pentru pomparea aceluiași volum V_a de apă în ipoteza utilizării pompelor noi sau reabilite:

$$\Delta C_{ea} = C_{ea1} - C_{ea2} \quad (5.13)$$

Principal, calculul costului energiilor anuale C_{ea1} și C_{ea2} (în general C_{ea}) se face cu relația 5.14, domeniul de integrare a timpului t fiind $0 \leq t \leq 1$ an:

$$C_{ea} = \int (c \times \rho \times g \times H \times Q/\eta) dt \quad (5.14)$$

unde: c = costul 1kWh;

ρ = densitatea apei;

$g = 9,81 \text{ m/s}^2$ = accelerația gravitațională;

H = înălțimea de pompare;

Q = debitul;

η = randamentul global al pomparii. Dacă se consideră valori medii constante pentru c , H , și η , relația devine:

$$C_{ea} = (c \times \rho \times g \times H \times \int Q dt) / \eta \quad (5.15)$$

Evident însă ca volumul de apă V_a care trebuie pompat este:

$$V_a = \int Q dt \quad (5.16)$$

Deci relația devine:

$$C_{ea} = c \times \rho \times g \times H \times V_a / \eta \quad (5.17)$$

respectiv, în cele două ipoteze:

$$C_{ea1} = c \times \rho \times g \times H \times V_a / \eta_1 \quad (5.18)$$

$$C_{ea2} = c \times \rho \times g \times H \times V_a / \eta_2 \quad (5.19)$$

înlocuind 5.18 și 5.19 în relația 5.13 se obține:

$$\Delta C_{ea} = c \times \rho \times g \times H \times V_a \times (1/ \eta_1 - 1/ \eta_2) \quad (5.20)$$

în fine, înlocuind 5.20 în 5.12 se determină timpul T_a de amortizare a investiției I:

$$T_a = I / [c \times \rho \times g \times H \times V_a \times (1/ \eta_1 - 1/ \eta_2)] \quad (5.21)$$

În care:

- I - costul investiției de înlocuire sau reabilitare a pompelor este cunoscut din oferte;
- c - costul a 1 kWh energie este cunoscut de la furnizorul energiei;
- ρ și g - valorile sunt constante fizice cunoscute;
- η_2 - valoarea randamentului al pompelor noi sau (reabilitate) rezultă din curbele Q - H și de randament a pompelor noi (sau reabilitate) garantate de ofertantul pompelor.

Singura necunoscută din relația 5.21 este randamentul η_1 al pompării cu pompe existente uzuale, al căror grad de uzura nu se cunoaște.

În principiu, s-ar putea determina pentru fiecare pompa valoarea actualizată a randamentului, care scade în timpul exploatarei, prin ridicarea periodică a curbelor funcționale caracteristice actualizate debit Q_a - înălțime de pompare H_a și debit Q_a

- randament η_a , pe baza măsurării, în situ sau în standuri de încercări, a debitului actualizat Q_a , a înălțimii de pompare actualizate H_a și a puterii actualizate P_a pentru fiecare pompa. Acest procedeu cunoscut prezintă dezavantaje, astfel:

- necesită aparatură costisitoare pentru măsurarea debitului Q;
- deseori este imposibil de aplicat în stațiile sau instalațiile de pompare, căci majoritatea acestora sunt astfel realizate, încât nu permit măsurarea debitului Q prin fiecare pompa, deoarece circuitul hidraulic al fiecărei pompe nu prezintă nici o conductă dreaptă suficient de lungă, iar demontarea pompelor din stații sau instalații și deplasarea lor la standurile de încercări, încercările pe aceste standuri, deplasarea și montarea înapoi în stații sau instalații, cu centrările necesare, costă mult și indisponibilizează pompele timp îndelungat.

Deci, acest procedeu cunoscut de determinare a duratei optime de menținere în exploatare a pompelor este aproape totdeauna imposibil de aplicat în varianta bazată pe măsurări în situ și, totodată, inacceptabil din punct de vedere economic și funcțional, în varianta bazată pe încercări periodice ale pompelor pe standuri de încercări, situate la distanță de SP sau IP.

5.6.2.3 Noile procedee de pompare optimizată energetic, respectiv de optimizare a duratei de mentinere în exploatare a pompelor

Abordarea problematicii are în vedere aspectele de mai jos:

a) Din motive economice, de regula circuitul hidraulic al fiecărei pompe din SP sau IP nu prezintă nici o conductă dreaptă suficient de lungă pentru a permite măsurarea în situ a debitului actualizat Q_{pa} prin acea pompa.

b) În orice SP sau IP se poate măsura facil și ieftin, periodic sau continuu, pentru fiecare electropompa, valoarea actualizată H_a a înălțimii de pompare H și valoarea actualizată P_{ba} a puterii la borne P_b

c) În exploatare, curbele funcționale caracteristice ale motoarelor electrice care antrenează pompele, inclusive curba putere la arbore P_a - putere la borne P_b , nu se modifică semnificativ în cazul că nu se rebobinează motoarele, iar în cazul în care, prin rebobinare, curbele funcționale caracteristice ale acestor motoare s-au modificat, este posibilă ridicarea acestor curbe funcționale actualizate prin măsurări în situ, permițând determinarea, în ambele cazuri și în orice moment, a puterii la arbore P_a , pe baza cunoașterii curbei $P_a - P_b$ a motorului și a măsurării P_b .

d) Pentru fiecare pompă aflată în exploatare, într-o SP sau IP, prin măsurări în situ, nu se pot ridica curbele actualizate $Q_a - H_a$ și $Q_a - \eta_a$, dar se poate ridica, în orice moment, curba funcțională, caracteristică actualizată putere la bord P_{aa} - înălțime de pompare H_a , curba până acum neutilizată de specialiști.

e) În timpul exploatării unei pompe, curbele sale funcționale caracteristice $Q - H$, $Q - \eta$, $H - \eta$, $P_a - \eta$, și $P_a - H$ se modifică, în funcție de uzura fizică și deteriorarea jocurilor funcționale, într-un mod specific pentru fiecare tipo-dimensiune de pompă.

f) Modificările curbelor funcționale caracteristice fiind cauzate de uzura fizică și de deteriorarea jocurilor funcționale, depinzând cantitativ de acestea și totodată fiind specifică pentru fiecare tipo-dimensiune de pompă, este logică existența obiectivă a unei corelări între aceste modificări, corelare specifică fiecărei tipo-dimensiuni de pompă, corelarea fiind determinabilă prin măsurări pe standuri de încercare a pompelor.

g) Pentru orice tipo-dimensiune de pompă, după ridicarea pe standuri de încercări a curbelor funcționale caracteristice, pentru întreg domeniul de funcționare, atât pentru o pompa nouă, neuzată, cât și pentru câteva pompe care au funcționat în SP sau IP durate diferite, prezentând grade diferite de uzura fizică, se determină corelarea specifică între modificările curbei $P_a - H$ și ale restului curbelor funcționale caracteristice.

h) Pentru fiecare pompă aflată în exploatare într-o SP sau IP, cunoscând atât curbele funcționale caracteristice inițiale, adică curbele funcționale caracteristice ale pompei noi, neuzate, cât și corelarea specifică între modificările acestor curbe datorită uzurii, se ridică în orice moment, prin măsurări în SP, curbă

actualizată $P_a - H_a$ și, cu ajutorul corelării specifice și a curbelor inițiale cunoscute, se deduc, indirect, curbele funcționale caracteristice actualizate $Q_a - \eta_a$ și $Q_a - H_a$.

i) Pentru o mai precisă determinare indirectă a curbelor funcționale caracteristice actualizate ale pompelor, se va ține seama și de influența curbei de alunecare a motoarelor electrice asincrone $s = f(P_a)$ (atât a motorului de antrenare de pe standul de încercări, cât și a motoarelor de antrenare din SP sau IP). Neglijarea acestei influențe poate induce erori, uneori de peste 10%.

5.6.2.4 Exemplu de modificare, în timpul exploatării, a curbelor funcționale caracteristice ale pompelor

Se dă exemplul uneia dintre pompele NDS (de la Uzinele Sodice Govora), care au fost modernizate după ce au fost exploatare mulți ani.

Se menționează că la pompa reabilitată s-au obținut în final randamente superioare celor ale pompei din momentul livrării inițiale. Diferența medie de randament între pompa uzată și cea modernizată este de circa 15%.

Pentru exemplificare sunt prezentate caracteristicile funcționale ale primei pompe 12NDS ($n=1480$ rpm) determinate înainte de modernizare și, respectiv, după modernizare.

Tabelul 5.15

Nr. Pct.	1	2	3	4	5	6
$Q(m^3/h)$	973,6	868,8	789,9	594,7	508,5	204
$H(m)$	44,8	48,2	50,4	54,8	56,5	58,6
η (%)	64,3	64,5	64,5	59,5	56,1	30,0
P_a (Kw)	184,3	176,7	168,2	149,3	139,9	108,7

Tabelul 5.16

Nr. Pct.	1	2	3	4	5	6	7
$Q(m^3/h)$	1287,3	1210,4	1107,2	950,7	796,9	529,7	180,3
$H(m)$	31,7	36,0	40,5	46,2	51,5	58,7	63,1
η (%)	75,1	81,1	84,9	87,4	87,6	79,2	38,4
P_a (Kw)	148,1	146,4	143,8	137	127,6	104,2	80,8

5.6.3 Consecințe ale economisirii energiei

Pe lângă aspectul financiar derivat de economisirea energiei este de menționat cel dat de protecția mediului. Fiecare kWh economisit reduce consumul/arderea de combustibil classic și, respective a emisiilor de CO_2 .

Acest lucru poate fi transpus în relațiile:

$$E_c C = \Delta E \times c_{sp} \quad (5.22)$$

în care: $E_c C$ este cantitatea de combustibil clasic economisită;

ΔE – economia de energie realizată (prin programul adoptat);

c_{sp} - consumul specific de combustibil/unit. de energie

și respectiv:

$$CO_2^* = \Delta E \times FE_{CO_2} \quad (5.23)$$

unde: CO_2^* este bioxidul de carbon neemis;

FE_{CO_2} - factorul de emisie CO_2 , kg/kWh

(Conform [//ec.europa.eu/enviroment/](http://ec.europa.eu/enviroment/) calculul emisiilor de CO_2 la producerea energiei electrice este conform tabelului 5.17

Echivalenta emisii CO_2 Tabelul 5.17

Tip combustibil	Emisie CO_2 (kg/kWh)
Cărbune	0,342
Țiței	0,270
Gaz	0,205

CAPITOLUL 6. CONCLUZII, CONTRIBUȚII PERSONALE ȘI DIRECȚII VIITOARE DE CERCETARE

6.1. Concluzii

Tema lucrării "Optimizarea proiectării și exploatarei sistemelor hidroedilitare" este actuală și va rămâne de actualitate pentru că nu epuizează domeniile de cercetare și interes ce apar în procesul (continuu) dezvoltării tehnologice și al cunoașterii într-un domeniu vital: apa. Deși condiționează existența vieții pe Terra, abordarea cercetării științifice a apei ca element primordial al vieții este la începuturi. Apa, însă, este studiată, prin proprietățile/caracteristicile sale, în scopul cunoașterilor practice, a folosințelor sale multiple. Apa este prezentă peste tot și în toate – ea însoțește omul – fiind parte componentă a trupului sau - pe toată durata vieții sale.

Pe lângă alte domenii – climatic, transport, agricultura etc. – domeniul hidroedilitar are ca obiect de studiu apa (numai sub forma lichidă) pe care, prin intermediul unor sisteme/instalații/echipamente, de diferite grade de diversitate, o pune la dispoziția omului pentru o multitudine de utilități/nevoi (de la băut la spălat străzi și trotuare).

Deși generoasă cu omul, Terra nu-și risipește bogățiile, este și cazul apei, ci le oferă cu chibzuința "forțându-l pe om să le prețuiască, prețuindu-le omul trebuie să le gospodărească cu grijă și responsabilitate". Un asemenea demers îl ilustrează domeniul hidroedilitar care "împrumută" de la Pământ o cantitate de apă (dintr-un anumit loc) pe care o folosește după nevoi și pe care o restituie (aproape integral, în alt loc). În interiorul acestui circuit se întâmplă/au loc fenomene de mare diversitate și complexitate, ale căror comandamente principale sunt: asigurarea gradului de confort și siguranță (prin apă), economia de energie și protecția mediului. Aceste lucruri devin posibile numai într-un cadru/sistem foarte bine organizat și, foarte important, optimizat, de la acțiunile/funcțiunile cele mai simple până la ansamblul sistemului.

Prin optimizare se înțelege alegerea și aplicarea soluției optime – cea mai bună/adevărată, care asigură cel mai eficient varianța, care corespunde cel mai bine scopurilor – dintre mai multe soluții posibile. Definind optimizarea, rezultă importanța și dificultatea, dar mai ales oportunitatea studiilor/cercetărilor continue în domeniul hidroedilitar.

Lucrarea și-a propus să prezinte cadrul general (alcătuire/structurare) al unui sistem hidroedilitar, cu exigențele impuse – generale și particulare, cu cerințele calitative și cantitative, cu măsurile de optimizare care se impun (cu particularizarea unora dintre acestea) și prezentarea unor soluții – susținute prin studii de caz – de optimizare.

6.2. Conținutul lucrării

Lucrarea este structurată pe 6 capitole, dezvoltate pe 179 pagini, conține 254 relații de calcul, 73 figuri și 33 tabele, precum și o bibliografie ce cuprinde 135 titluri.

În primul capitol "**Aspecte generale**" este prezentat sistemul hidroedilitar în toată complexitatea lui, cu punctări ale elementelor cheie ale acestuia ca structură și funcționalitate, precum și exigențele ce-l caracterizează; se stabilește interconexiunea între componentele sistemului prin elementul "apă" și se identifică nevoile de optimizare, precum și oportunitățile de realizare a optimizării, ca obiectiv de cercetat, atât pentru faza de "proiectare"; cât și pentru cea de "execuție".

Al doilea capitol "**Exigențe ale sistemului hidroedilitar**" este structurat pe două părți. Prima parte abordează exigențele sistemului de alimentare cu apă, pornind de la alcătuirea funcțională comentând debitele și consumul specific, și se marchează pe bază de analiză decizională cerințele elementelor ce alcătuiesc sistemul. A doua parte se referă la sistemele de canalizare urmând o succesiune ce pornește de la sursele de apă reziduală (cu importanță a acesteia categorii de ape), pretentând o schemă generală completă a unui sistem de canalizare, cu particularitățile lui, o evaluare a debitelor de scurgere comentându-le iar în final prezintă exigențele specifice sistemelor de colectare, transport, epurare a apelor uzate și de evacuare a apelor convenional curate în emisar.

Capitolul al treilea "**Fiabilitatea sistemelor hidroedilitare**" abordează pentru sistemul hidroedilitar și componente ale acestuia, aspecte legate de probabilitatea apariției sau nu adefecțiunilor, adică probleme de siguranță și de risc funcțional. Sunt prezentate modalitățile de lucru și cazuri exemplificate (pentru pompele centrifuge).

Capitolul patru "**Optimizarea proiectării și exploatarei sistemelor hidroedilitare**" consideră optimizarea fiabilității ca fiind o problemă esențială a activităților de cercetare, proiectare, execuție și exploatare a sistemelor hidroedilitare (fără a neglija aspectul cost - fiabilitate). Sunt avute în vedere mai multe metode de optimizare (cheltuieli anuale de calcul, cheltuieli totale actualizate, efortul economic justificat/raportat minim, cheltuieli de exploatare, metode euristice). Pentru rețelele de distribuție a apei se prezintă un studiu de caz de stabilire a perioadei optime de înlocuire a unei componente.

Capitolul cinci "**Soluții de optimizare a sistemelor hidroedilitare**", ținând cont de structurile de realizare - funcționare (care trebuie a fi cunoscute atât ca structură generală cât și de detaliu - prin monitorizare) sunt date pentru câteva componente, prin studii de caz. Conținutul de clor rezidual din rețeaua de distribuție (valorificarea programului EPANET) și variația presiunilor, precum și pentru pierderile de apă dintr-un sistem de distribuție. Aspectul energetic, inclusiv consecințele (emisiile de dioxid de carbon), este prezentat /analizat și se oferă soluții viabile.

6.3. Contribuții personale

Principalele contribuții personale aduse prin lucrarea elaborată sunt:

- organizarea și cercetarea surselor de informare și studiu bibliografic;
- sinteza și selectarea informațiilor;
- definirea noțiunii de "grad de asigurare al continuității";

- efectuarea de aplicații și interpretarea acestora utilizând programe de calcul din literatura de specialitate sau proprii (de mică anvergură);
- aprecierea riscului de deteriorare a calității apei potabile pe baza valorii vitezei de curgere;
- definirea "îndicelui procentual de proporționalitate" pentru aprecierea pierderilor de apă din rețelele de distribuție;
- propunerea de folosire la canalele de canalizare de racord și staradale conducte din PVC cu diametre mai mici (Dn 200 și/sau Dn 150mm).

6.4. Direcții viitoare de cercetare

Legate de tematica lucrării direcțiile de cercetare viitoare au în vedere:

- corelarea normelor specifice de consum de apă cu normele specifice de evacuare a apei uzate;
- elaborarea unui program de "avertizare" asupra necesităților de intervenție în sistem;
- elaborarea unui program (optimizat) de spălare a rețelelor de distribuție;
- program de funcționare a captărilor subterane și a aducțiunilor funcție de prognoza consumului;
- monitorizarea parametrilor (calitativi de "alarmă" și cantitativi) ai rețelei de canalizare

BIBLIOGRAFIE

1. Anton, L., Balint, D., ș.a., Mecanica fluidelor, mașini hidraulice și acționari. Aplicații de calcul. Editura Orizonturi Universitare, Timișoara, 2004;
2. Badea, Gh., Alimentări cu apă, Edidura Risoprint, Cluj-Napoca, 2010;
3. Barta, I., Javgureanu, V., Hidraulica, Editura Tehnică, București, 1998;
4. Bădaluță-Minda, C., Crețu, Gh., Bazele gospodăririi apelor, Editura Orizonturi Universitare, Timișoara 2010;
5. Bârsan, E., Alimentări cu apă. Editura Performantica, Iași, 2005;
6. Bârsan, E., Alimentări cu apă. Editura Cerami, Iași, 2001;
7. Bârsan, E., Ignat, C., – Water Distribution Systems. Editura CERMI, Iași 2001 (p. 119-122);
8. Bârsan, E., Ignat, C., – Impact of water Distribution Systems on Drinking water Quality. Proc. ARA Int. Conf. on Drinking Water Quality in the Distribution Network, București, 2000 (p 7.1-7.14);
9. Bârsan, E., Ignat, C., Sisteme de distribuție a apei. Editura Cerami, Iași, 2001;
10. Bădaluță-Minda, C., Bazele gospodăririi apelor, Editura Orizonturi Universitare, Timișoara, 2010;
11. Bucur, C.M., Metode numerice, Editura Facla, Timișoara, 1973;
12. Calos, S., Contașel, Mihaela, Anca, Balmus, L., Rețele de distribuție a apei, Chișinău, 2004;
13. Calos, S., Contașel, Ana – Mihaela, Ghid. Rețele de distribuție a apei. Polietilena, Editura Combinatul Poligrafic, Chișinău, 2008;
14. Cătuneanu, V.M., Mihalache, A., Bazele teoretice ale fiabilității, Editura Academiei R.S.R., București, 1983;
15. Chadderton, D., V., Building Services Engineering, 3th ed., E& FN SPON, London and New York, 2000;
16. Cioc, D., Anton, A., Rețele hidraulice – calcul, optimizare, siguranță, Editura Orizonturi Universitare, Timișoara, 2001;
17. Crețu, Gh., Optimizarea sistemelor de gospodărire a apelor, Editura Facla, Timișoara, 1980;
18. Damian, R., Anton, A., Macri MV, Rehabilitation of Water Supply Systems in România. Techware Assambly, Rome, 1997;
19. David, I., Hidraulica, Institutul Politehnic "Traian Vuia" Timișoara, 1990;
20. Dimache, A., Mănescu, M., Rețele edilitare, Editura Matrix Rom, București, 2006;
21. Dineț, E., – Optimizarea rețelelor de distribuție din punct de vedere al calității apelor. Teză de doctorat. Universitatea Tehnică de Construcții București 2010 (p. 69-78);
22. Dineț, E., – Measures to Increase Safety of Water Quality in Distribution Networks. Proc. ARA Int. Conf. on Safety of Water Supply Systems and Sewerage, Bucharest, 22-23, June 2006;
23. Doboși, I.S., Retezan, A., Retezan, R., Dună, Șt., Considerații privind abordarea evaluării energetice a clădirilor, Conferința națională cu participare internațională I.C.C.A. Ediția 13, aprilie 2004, Timișoara, România, pag. 61-66;
24. Dobre, Anca, Metode de optimizare, Ed. UTC, București, 1998;
25. Dodescu, Gh., Toma, M., Metode de calcul numeric, Editura Didactică și Pedagogică, București, 1976;

26. Drăgan Radivojevic, Drăgan Milicevic, Ninoslav Petrovic – Technical Performance Indicators IWA Best Practice for Water Mains and the First Steps in Serbia, *Facta Universitatis – Series: Architecture and Civil Engineering* Vol. 5, Nr. 2, 2007, pag. 115-124;
27. Dumitrescu, D., Pop, R.A., ș.a., *Manualul inginerului hidrotehnician*, vol. I și II, Editura Tehnică, București, 1970;
28. Dumitrescu, L., Vintilă, Șt., ș.a., *Manualul de instalații*, vol. S., Ed. I și Ed. II, Editura Artecno București, 2010;
29. Fanner, P., Thorton, J., *The Importance of Rel Loss Component Analysis for Determining the Correct Intervention Strategy – Leakag*, 2005;
30. Farley, M., *Technology and equipment for Managing water losses*, IWA, 2007;
31. Gagnon, J., – Chlorine Modeling. Case Study for the Siene Network Located in the Suburbs Area. *Proc. IWSA Congress, Madrid, SS2, 20-26 September 1997*, (1-7);
32. Gavrilă C., – Damage Risk of Water in the Distribution Networks (Risc în deteriorarea apei în rețelele de distribuție). *Proc. ARA Int. Conf. Safety of Water Supply Systems and Sewerage*, 22- 23 June Bucharest 2006, p(111-112);
- 33.
34. Ghinea, C.A., *Contribuții la creșterea fiabilității rețelelor de distribuție a apei din ansambluri de clădiri*, Teză de doctorat, UTC București, 2009;
35. Giurconiu, M., *Canalizări*, vol. I, II, Ed. IPT 1973;
36. Giurconiu, M., Retezan, A., Mirel, I., Sârbu, I., *Hidraulica Construcțiilor și instalațiilor hidroedilitare*, Editura Facla, Timișoara, 1989;
37. Giurconiu, M., Mirel, I., Carabeț, A., Chivereanu, D., Florescu, C., Stăniloiu, C., *Construcții și instalații hidroedilitare*, Editura de Vest, Timișoara, 2002;
38. Hâncu S., Găzdaru A., *Reducerea pierderilor de apă pe canale de aducțiune din sistemele de alimentare cu apă*, Simpozion național, București, 1997;
39. Hâncu, S., Marin, Gabriela, *Hidraulica teoretică și aplicată*, vol. 1, 2, Editura Cartea Universitară, București, 2007;
40. Iacob, I., Vasilescu, M., Marcu, A., Frunză, V., –*Calitatea apei în rețelele de distribuție*. EXPO Apa 2000, București 5-7 Septembrie;
41. Ianculescu, O., Ionescu, Gh., *Alimentări cu apă*. Editura Matriz Rom, București, 2002;
42. Idelcik, I., E., *Indrumator pentru calculul rezistențelor hidraulice*, Editura Tehnică, București, 1984;
43. Ionescu, Gh., C., *Instalații de alimentare cu apă*, Matrix Rom, București 2004;
44. Ionescu, Gh. C., *Stații de pompare*, Editura Arca, Oradea, 2006;
45. Jinescu, Gh., *Procese hidrodinamice și utilaje specifice în industria chimică*, EDP, București, 1983;
46. Jura, C., *Alimentări cu apă Capitale speciale*, Institutul Politehnic Traian Vuia Timișoara, 1974;
47. Jura, C., *Alimentări cu apă*, Institutul Politehnic Traian Vuia Timișoara, 1984;
48. Jura, C., Filimon, E., Giurconiu, M., *Optimizarea echipamentului de pompare a apei pe zone de presiune sub aspect economic - energetic*. Conferința de mașini hidraulice și hidrodinamica, Timișoara, 1984;

49. Jura, C, Filimon, E., Nicoara, T., *Asupra sistemelor de distribuție a apei în vederea micșorării consumului de energie electrică. Simpozionul "Soluții noi și eficiente în proiectarea și execuția structurilor"*, Timișoara, 1986;
50. Jura, C, *Alimentări cu apă*, Litografia I.P. Timișoara, 1984,
51. Kalmar, F., Retezan, R., *Efectele infiltrării aerului prin neetanșeitățile ferestrelor*, ediția 7-a, 1998, vol. II, pag. 19-24;
52. Kay, Melvyn, *Practical Hydraulics*, E& FN Spon An Omprint of Routledge London;
53. Kiselev, G., P., *Indreptar pentru calcule hidraulice*, (Traducere din limba Rusă), Editura Tehnică, București, 1988;
54. Luca, O., Luca, A., B., *Hidraulica constructiilor*. Editura Orizonturi Universitare, Timișoara, 2002;
55. Lungu, A., Luca, O., – *Hydraulic Modeling of Water Supply Networks*. Proc. ARA Int. Conf. on Safety of Water Supply Systems and Sewerage, 22-23 June, Bucharest;
56. Makar, J., *Inspecting systems for leakage, pits, and corrosion*; Journal AWWA 7/1999;
57. Marinescu, R.L., *Contribuții asupra modului de reducere a pierderilor de apă în sistemele centralizate de alimentare cu apă*, Teză de doctorat, Universitatea "Politehnica" din Timișoara, Editura Politehnică, 2008;
58. Mateescu, Th., *Considerații asupra normelor de consum și a debitelor pentru dimensionare rețelelor de distribuție*. Studiu și Referat la Conferința de Instalații, Sinaia, 1994;
59. Mateescu, Th., Profire, M., *Alimentări cu apă*, Ed. Cermi, Iași, 2000;
60. Mateescu, Th., *Calculul instalațiilor sanitare-apă-canal-gaze*, Editura Gh. Asachi Iasi, 1996;
61. Mateescu, Th., ș.a., *Conducte din mase plastice pentru sisteme de utilități urbane*. Editura S.C.Revox, Bistrița, 2005;
62. Maynard, H.B., *Manual de inginerie industrială*, Vol I și II, Editura Tehnică București, 1975;
63. Mănescu, Al., *Situația pierderilor de apă estimate pentru România*, București 2001;
64. Mănescu, Al., *Alimentări cu apă, Aplicații*, Editura H*G*A*, București, 1998;
65. Mănescu Al., Sandu, M., Ianculescu, O., *Alimentări cu apă*, Editura Didactică și pedagogică, București, 1994;
66. Mănescu, S., ș.a., *Tratat de igiena*, Vol. I, II, Ed. Medicală, București, 1985;
67. Mirel, I., Retezan, A., Popescu, D., *Defecțiuni ale instalațiilor interioare de alimentare cu apă*, Simpozion Național, București, 1997;
68. Mirel, I., *Alimentări cu apă și canalizari în agricultură*. Editura UP, Timișoara, 1992;
69. Mirel, I., *Sisteme vacuumate pentru canalizarea apelor uzate din centrele populote, situate în zone de șes*. Revista AGIR, Anul XIV, Nr. 2, 3, București, 2009;
70. Mirel, I., Fabry, G., Meter, A., ș.a., *Utilizarea sistemelor vacuumate de canalizare pentru colectarea apelor uzate menajere, provenite de pe vatra colectivităților rurale*. Revista ROM AQUA, nr. 4, București, 2010;
71. Mirel, I., Damian, Alina, *Technical legislative consideration regarding the qualitative protection of the watter resources. The 2-nd Internacional Symposium Preventing and Fihting Hidrological Dissters*, Timișoara, Hydrotehncal Faculty, 29 Iunie – 01 Iuly, 2006;

72. Mirel, I., Vlaicu, I., Carabet, A., Sisu, I., Garbaciuc, Alina, Considerații cu privire la uniformizarea presiunilor și a ciorului rezidual în rețelele de distribuție a centrelor populate. Conferința Internațională, Asociația Română a Apei, Siguranța sistemelor de alimentare cu apă și canalizare, 22 – 23 iunie, București, 2006;
73. Mirel, I., Vlaicu, I., Carabet, A., ș.a., Efectul vitezelor de curgere asupra ciorului rezidual, din rețelele urbane de distribuție a apei potabile. Conferința Instalații pentru începutul mileniului trei, Sinaia, 17 – 20 octombrie, 2007;
74. Mirel, I., Rusu, Rosemarie, Carabet, A., Considerații privind calculul rețelelor de apă din mai multe surse. Buletin științific, U.P., Timișoara, Hidrotehnica, 1996;
75. Mirel, I., ș.a., Impactul lucrărilor hidroedilitare asupra mediului înconjurător. Conferința de instalații, Timișoara, 2002;
76. Mirel, I., ș.a., Considerații privind realizarea lucrărilor hidroedilitare în mediul rural. Conferința internațională. Probleme actuale ale urbanismului și amenajării teritoriului., 31 sept – 1 oct., Chișinău, 2004;
77. Mirel, I., Carabet, A., Florescu, C., Podoleanu, C., Olaru, Irina – Considerații cu privire la rezidența apei potabile în sistemele de distribuție ale centrelor populate. Conferința de participare internațională. Instalații pentru construcții și confort ambiental, Ediția a 17-a, 17-18 aprilie 2008, Timișoara, p. 32-37;
78. Moțit, H., M., Contoare, Ed. Artecno București 1997;
79. Patroescu, C., Gănescu, I., Analiza apelor, Scrisul Românesc, Craiova, 1980;
80. Pavel, D., Hâncu, S., ș.a., Utilaje hidromecanice pentru sistemele de îmbunătățiri funciare, Editura Ceres, București, 1974;
81. Perju, S., Stații de pompare în sisteme de alimentare cu apă și canalizări. Editura CONSPRES, București, 2009;
82. Pîslarașu, I., Rotaru, N., Teodorescu, M., Alimentări cu apă, Editura Tehnică, București 1981;
83. Retezan, A., Sârbu, I., Cîncă, M., Optimizarea funcționării pompelor în sistemele de alimentare cu apă. Conferința de mașini hidraulice și hidrodinamice, Timișoara, vol. IV, 1984;
84. Retezan, A., Retezan, R., Vlaia, D.S., Sebarchievici, C., Consideration on water distribution networks Proceedings of 16th International Conference Building Services. Mechanical and Building Industry Days, Vol. GEOREN, 14-15 oct. 2010, Debrecen, Hungary, pag. 115-120;
85. Retezan, R., Retezan, A., Aspecte tehnice ale debitului de apă, Conferința națională cu participare internațională I.C.C.A. ediția 19-a, Timișoara, România, aprilie 2010, pag. 315-321;
86. Retezan, R., Retezan, A., Consumul de apă – comentarii, Conferința națională cu participare internațională I.C.C.A. ediția 17-a, Timișoara, România, aprilie 2008, pag. 7-12;
87. Retezan, R., Contribuții privind corelație debitelor de consum și cele evacuate, Refetar de doctorat, U.P.Timișoara, septembrie 2008;
88. Retezan, A., Retezan, R., Cu privire la consumurile specifice de apă, Conferința națională cu participare internațională I.C.C.A. ediția 15-a, Timișoara, România, 2006;
89. Retezan, R., Contribuții privind evaluarea debitelor de scurgere din gospodării și centre populate, Refetar de doctorat, U.P.Timișoara, iunie 2008;
90. Retezan, A., Retezan, R., Nicosievici, M. Indicatori de performanță pentru distribuția apei, Conferința Națională de Instal. Ediția 2005, Sinaia, România, pag. 249-253;

91. Retezan, A., Lazăr, Gh., Retezan, R., Apa geotermală, Conferința I.C.E.E., ediția 14-a, Iași, România, iulie 2004;
92. Retezan, R., Stadiul actual privind aprecierea consumurilor specifice de apă în cadrul sistemelor hidroedilire, Refetar de doctorat, U.P.Timișoara, martie 2005;
93. Retezan, A., Retezan, R., Doboși, I.S., Dună, Șt., Apa în instalații pentru construcții, Conferința națională cu participare internațională I.C.C.A. ediția 11-a, Timișoara, România, 2002;
94. Retezan, A., Retezan, R., I.Doboși, I.S., Dună, Șt., Despre semnificatia apei in instalațiile pentru construcții, Revista Tehnica Instalațiilor, 4/2002;
95. Retezan, A., Retezan, R., On water Consumption, 28th International Symp. CIB W66, Iași, România, may 2002;
96. Retezan, A., Pollution factor of pluvial water Proceedings of International Conference Preventing and Fighting Hydrological Disasters, Timișoara, România, sept. 2002;
97. Retezan, A., Doboși, I.S., Retezan, R., The Health of Construction – Present Day Problem, Technical Univ. International Conference, Kosice, Slovakia, nov.2002;
98. Retezan, A., Cuc, C., Balint, A., Retezan, R., Caracteristici funcționale ale sistemului de alimentare cu apă potabilă din municipiul Timișoara, Conferința națională cu participare internațională, Ediția 6-a, Timișoara, România, aprilie 1997, pag. 92-100;
99. Retezan, A., Cuc, C., Mioc, M., Retezan, R., Influența funcționării stațiilor de hidrofor asupra rețelei de distribuție a apei, Conferința națională cu participare internațională I.C.C.A. ediția 6-a, Timișoara, România, aprilie 1997;
100. Retezan, A., Dună, Șt., Retezan, R., Zubascu, I., Considerații privind aprecierea debitului de gaz combustibil, Conferința națională cu participare internațională ediția 10-a, Timișoara, România, martie 2001;
101. Retezan, A., Mocsy, I., Retezan, R., Cu privire la radioactivitatea din clădiri, Conferința națională cu participare internațională ediția 8-a, Timișoara, România, apr. 1999;
102. Retezan, A., Dună, Șt., Kardos, L., Retezan, R., Sisteme de telecontrol și telemanevră în rețele de alimentare cu gaze natural, ediția 7, 1998, vol. I, pag. 260-269;
103. Retezan, A., Mirel, I., Duța, P., Systems for water in rural (villages) environment. International Conference tempo, Cacak, Jugoslavia, 1998;
104. Retezan, R., I.Doboși, I.S., Impactul arhitecturii moderne asupra instalațiilor de încălzire și confortului termic ediția 9, 2000, pag. 126-131;
105. Roșu, C., Crețu, Gh., Inundații accidentale, Ed. H*G*A*, București, 1998;
106. Rusu, G., Manescu, Al., Pierderea și risipa din sistemele de alimentare cu apă; Sinteza documentare, INID 1977;
107. Sârbu, I., Retezan, A., Determination du trace optimal d'une magistrale d'adduction a l'aide de la theorie des graphes. Buletinul științific al I.P. Timișoara, 1984;
108. Sârbu, I., Optimizarea energetică a sistemelor de distribuție a apei. Editura Academiei Romane, București, 1997;
109. Schribertschnig, W., Renner, H., s.a., Abwasser – und abfalltechnik, Siedlungswasserbau 2, Manz Verlag Schulbuch, Wien, 1995;
110. Stoican, G., Fiabilitatea pompelor centrifugale: A VI-a Conferința jubiliara (50 de ani de învățământ de instalații) noiembrie 1999;
111. Thorton, J., (McGraw-Hill) Water Loss Control Manual 2002;

112. Trofin, P., Alimentări cu apă, Editura Didactică și pedagogică, București, 1972;
113. Trofin, P., Alimentări cu apă, Editura Didactică și pedagogică, București, 1983;
114. Trofin, P., Alimentări cu apă. Editura Didactică și pedagogică, București, 1983;
115. Vertan, Gh., Retezan, R., Navligu, V., Sandor, T.L., Cujba, G., O noua strategie tehnică în domeniul pompării, ediția 8-a, 1999, pag. 34-41;
116. Vintilă, St., Cruceru, T., Onciu, L., Instalații sanitare și de gaze. Editura Didactică și pedagogică București, 1995;
117. Smith, D., I., Simms, J., Barker, R., – Modelling Chlorine Residuals System. IWSA Congress, Madrid 20-26 September 1997;
118. Surek, D., Chem. Technik, 25, nr. 1 1973, p. 30-33;
119. Stoican, Gh., Contribuții la perfecționarea proiectării, fabricării, și montajul instalațiilor industriale, Teză de doctorat, UTC București, 1999;
120. Wable, O., Duguet, J.,P., Gelas, G., Depierre, J., Jarrige P., – Modélisation de la concentration en chlore dans les réseaux de distribution, TSM-L'eau 1992,87(6). p(311-314);
121. Wu, W., Xie, S., Zhao, M., – Research of Water Quality Models in Water Distribution Systems, IWSA Congress, Madrid 20-26 September 1997, (p. 16);
122. Zheng Yi Wu, Paul Sage – Water Loss Detection via Genetic Algorithm Optimization Based Model Calibration, Cincinnati – Ohio, 2006;
123. ***Aquatim Raport Annual 1997-2008;
124. ***CNP DAR, Reducerea pierderilor de apă și a consumurilor energetice în sistemele de alimentare cu apă, Simpozion Național 1997;
125. ***Memento technique de l'eau, Tom 1,2. Degremont, Edition 1989;
126. ***Legea nr. 10/1995 a calității în construcții;
127. *** Legea apelor 107/ 1996, modificată prin Legea 310/ 2004;
128. *** Legea 458/ 2002 modificată și completată prin Legea 311/ 2004, privind calitatea apei potabile;
129. *** Directiva 98/ 83 IEC – Calitatea apei destinată consumului uman.
130. *** NTDA 001/05 privind condițiile de evacuare a apelor uzate în receptorii naturali, conform Hotărârii 352/ 21.04/ 2005;
131. *** NTDA 002/ 05 privind condițiile de evacuare a apelor uzate în rețelele de canalizare, conform Hotărârii 352/ 21.04/ 2005;
132. *** Legea Protecției Mediului 137/ 96, modificată și completată cu Legea 265/ 2005;
133. *** SR 1343/1-2006. Alimentări cu apă. Determinarea cantităților de apă potabilă pentru localitățile urbane (p. 2-15);
134. *** EPANET – Environmental Protection Agency of United States National Risk Management Research Laboratory, 2000;
135. *** www.ara.ro

