

CORINA ROŞU

GOSPODĂRIREA APELOR



EDITURA ORIZONTURI UNIVERSITARE
TIMIŞOARA

ISBN: 973-9400-66-3

PRET: 45.000 LEI



CORINA ROŞU

GOSPODĂRIREA
APELOR

O. Neg
Dul

GOSPODĂRIREA
APELOR

Universitatea din Bucureşti
Facultatea de Drept
Gospodăria Apelor
Gospodăria Apelor
nr. 42
Biblioteca
ISBN 973-07-0421-8
220

EDITE LA ORIZONTUL TINUTULUI
TRADATORA 1993

Descrierea CIP a Bibliotecii Naționale

ROŞU, CORINA

Gospodărirea apelor / Corina Roșu - Timișoara:
Orizonturi Universitare, 1999

154 p.; 24 cm.

Bibliogr.

ISBN 973-9400-66-3

556

CORINA ROŞU

GOSPODĂRIREA APELOR



**EDITURA ORIZONTURI UNIVERSITARE
TIMISOARA 1999**

Referent științific

Prof. dr. ing. Gheorghe Crețu - Universitatea "Politehnica"
din Timișoara

Consilier editorial

Prof. dr. ing. Ștefan Kilyeni

Tehnoredactare computerizată

Corina Roșu

Coperta

Mihaela Uliczai
Adrian Nicolici - Schultz

© 1999 Editura ORIZONTURI UNIVERSITARE
Timișoara

Tiparul executat la Centrul de Multiplicare
al Universității "Politehnica" din Timișoara

PREFATĂ

Aapele fac parte integrantă din patrimoniul public. Ele reprezintă o resursă naturală regenerabilă, dar limitată, parte integrantă a ecosistemelor naturale.

Apa este un element indispensabil vieții și societății, un factor determinant al mediului înconjurător. Este în același timp materie primă pentru activități productive, sursă de energie, cale de transport, este utilizată în acvacultură, agrement și sporturi nautice.

Apa este însă o resursă vulnerabilă. Activitatea omului exercită o influență directă, supunând-o unui puternic proces de degradare, cu consecințe nefaste asupra vieții și sănătății oamenilor și a mediului.

Dacă lipsa apei este pustiitoare, excesul ei este catastrofal. Apa cunoaște numai nivelurile abundenței sau secetei, al purității sau al poluării. Ea nu trebuie să cunoască bariere ale competențelor administrative și politice. Fiecărei națiuni îi sunt necesare politici și strategii concrete ale apei.

Problemele apei, satisfacerea cerințelor în condițiile protecției resurselor împotriva poluării și epuizării, precum și limitarea efectelor inundațiilor au devenit o preocupare la scară mondială, de interes global, regional și național.

Gospodăria rațională a apei, gospodărire durabilă, unitară, echilibrată și complexă este un obiect major impus de aceste probleme.

Ca disciplină de studiu, Gospodăria apelor pune bazele teoretice și practice ale metodelor, modelelor de calcul și mijloacelor modificării regimului natural al apelor, pentru folosirea, stăpânirea și protecția acestora. În consecință, într-o ordine fără precedentă, cursul de față cuprinde elementele fundamentale ale cunoașterii privind resursele și folosințele de apă, bilanțul dintre acestea, întocmirea și calculul schemelor de amenajare pentru folosințe, problemele prevenirii și combaterii inundațiilor, ale gospodăririi calitative a apelor, funcționarea lucrărilor și sistemelor, problemele economice ale gospodăririi apelor, apa nefiind numai o resursă naturală dar având și o valoare economică în toate utilizările sale.

Cursul de Gospodăria apelor se adresează studenților hidrotehnicieni, pentru fiecare dintre specializări: construcții hidrotehnice, inginerie sanitată și protecția mediului, îmbunătățiri funciare și dezvoltare rurală și amenajări pentru protecția apei și solului.

Corina ROȘU

CUPRINS

Prefață	9
1. Folosirea apelor	13
1.1. Studiul resurselor	13
1.1.1. Definirea resurselor	13
1.1.2. Influența activității omului asupra resurselor de apă	14
1.1.3. Repartiția resurselor de apă	15
1.1.4. Resursele de apă ale României	16
1.1.5. Potențialele referitoare la amenajarea bazinelor hidrografice	17
1.1.6. Lacurile de acumulare	18
1.1.6.1. Definirea lacurilor de acumulare	18
1.1.6.2. Clasificarea lacurilor de acumulare	18
1.1.6.3. Nivelurile caracteristice ale lacurilor	22
1.1.6.4. Volumele caracteristice ale lacurilor	22
1.1.6.5. <u>Curbele caracteristice ale lacurilor</u>	23
1.1.6.6. Parametrii caracteristici ai lacurilor	23
1.1.6.7. Zone de influență ale unei acumulări și funcționarea în sistem a mai multor lacuri	25
1.2. Folosințele de apă	26
1.2.1. Definiție. Clasificarea folosințelor	26
1.2.2. Debitele caracteristice ale folosințelor	27
1.2.3. Schema generală a unei folosințe. Relații între debitele caracteristice	27
1.2.4. Cerințele de apă ale folosințelor	29
1.2.4.1. Folosințe consumatoare	29
1.2.4.2. Folosințe neconsumatoare	31
1.2.4.3. Alte folosințe	34
1.2.5. Gradele de asigurare ale folosințelor	34

1.2.6. Debitele minime caracteristice gospodăririi calitative a apei	36	3.5.2. Schema cu circuit deschis	79
1.2.7. Derivații	37	4. Gospodărirea apelor mari	81
1.2.8. Restricții la folosințe	39	4.1. Determinarea viituriilor de calcul	84
1.2.9. Variațiile cerințelor de apă ale folosințelor. Pierderile de apă	41	4.2. Lucrări de apărare împotriva inundațiilor	85
1.2.10. Cadastrul apelor	42	4.2.1. Acumulări transversale	85
2. Bilanțul apelor	43	4.2.2. Acumulări laterale	91
2.1. Definiții	43	4.2.3. Derivații pentru ape mari	95
2.2. Analiza bilanțului apei	43	4.2.4. Lucrări de amenajare a versanților	99
2.2.1. Bilanțul de apă preliminar	44	4.2.5. Îndiguiri	99
2.2.1.1. Eliminarea din calcul a unor secțiuni	44	4.2.6. Lucrări de regularizare a albiei minore	101
2.2.1.2. Gruparea folosințelor pe un sector de râu	45	4.3. Măsuri nonstructurale de apărare împotriva efectului distructiv al apelor mari	101
2.2.2. Schema de amenajare și schema de calcul	48	4.4. Scheme complexe de gospodărire a apelor mari	105
3. Dimensionarea lucrărilor de gospodărire a apelor pentru folosințe	49	4.5. Viituri produse prin avarierea / cedarea unui baraj	108
3.1. Dimensionarea unei acumulări pentru o folosință	49	4.5.1. Hidrograful undei de viitură accidentală în secțiunea barajului	111
3.1.1. Acumularea de regularizare	49	4.5.1.1. Baraje din materiale locale	111
3.1.2. Acumularea de compensare	51	4.5.1.2. Baraje din beton	114
3.2. Dimensionarea acumulărilor pentru mai multe folosințe	52	4.5.2. Propagarea undei de viitură accidentală în aval	115
3.2.1. Folosințe amplasate pe un sector de râu	52	5. Gospodărirea calitativă a apelor	117
3.2.2. Folosințe amplasate pe sectoare diferite	53	5.1. Scheme de gospodărire a calității apelor bazate pe împiedicarea pătrunderii impurificatorilor în apă	117
3.2.2.1. Metoda bilanțurilor cumulative	53	5.2. Scheme de gospodărire a calității apelor bazate pe modificarea repartiției în timp și / sau spațiu a apelor uzate	118
3.2.2.2. Metoda modificării hidrografelor	57	5.3. Scheme de gospodărire a calității apelor bazate pe mărirea capacitatei cursurilor de apă de a primi impurități	118
3.2.3. Folosințe cu asigurări diferite	58	5.4. Scheme de gospodărire a calității apelor bazate pe asigurarea unor debite de diluție	119
3.3. Dimensionarea schemelor complexe de gospodărire a apelor pentru satisfacerea folosințelor	58	5.5. Conținutul planului de gospodărire a calității apelor	119
3.3.1. Scheme complexe cu acumulări în trepte	58	5.6. Studiul schemei bazate pe epurarea apelor uzate	121
3.3.2. Scheme complexe cu acumulări în paralel	66	6. Exploatarea amenajărilor de gospodărire a apelor	129
3.3.3. Scheme complexe cu acumulări în sistem mixt	69	6.1. Organizarea activității de exploatare	129
3.4. Amenajări complexe cu derivații	73		
3.5. Amenajări complexe cu pompare	77		
3.5.1. Schema cu circuit închis	77		

6.2. Sistemul informațional în domeniul gospodăririi apelor	130
6.3. Monitoringul integrat al apelor	131
6.4. Supravegherea comportării în timp a lucrărilor de gospodărire a apelor	131
6.5. Exploatarea la ape medii și mici. Graficul dispecer	132
6.6. Exploatarea la ape mari	139
6.7. Măsuri de urmărire și prevenire a degradării calității apelor	139
7. Mecanismul economic în domeniul apelor	141
7.1. Politica apei	141
7.1.1. Politica de apă a Uniunii Europene	141
7.1.2. Strategia gospodăririi apelor în România. Legislația în domeniul apei	142
7.2. Instrumente economice	142
7.2.1. Contractarea în domeniul apelor	142
7.2.2. Prețuri – tarife în domeniul apelor	143
7.2.3. Dreptul de folosire a apelor. Avizul și autorizația de gospodărire a apelor	144
7.3. Decizii în gospodăria apelor	145
Probleme	147
Bibliografie	151

FOLOSIREA APELOR

Gospodăria apelor este activitatea care, printr-un ansamblu de lucrări și măsuri legislative, economice și administrative conduce la valorificarea rațională a resurselor de apă. Scopul ei este de a satisface nevoile sociale și economice, protecția împotriva epuișării și poluării acestor resurse, precum și prevenirea și combaterea acțiunilor distructive ale apelor. Pe scurt gospodăria apelor este activitatea ce are ca obiective *folosirea, stăpânirea și protecția apelor*.

Studiul și cercetarea diverselor modalități de folosire, stăpânire și protecție a apelor, a interdependenței dintre acestea și diferite domenii de activitate interesante în buna gospodărie a apelor impun gospodăria ca pe o știință distincță, de o deosebită actualitate și perspectivă.

Gospodăria apelor se constituie ca o disciplină de specialitate, fundamentală în pregătirea celor care vor cerceta, proiecta, administra sau utilizează apele. *Utilizator de apă* este orice persoană fizică sau juridică care, în activitățile sale, folosește apă, luciu de apă sau valorifică fructul acesteia. Este o disciplină tehnică cu profunde implicații în domeniul economic, social și ecologic.

Economia apelor este o parte a gospodăririi apelor care tratează aspectele economice ale apelor și metodele de optimizare tehnico-economică a amănajărilor de gospodărire a apelor. Soluțiile tehnice adoptate trebuie să fie eficiente economic, să îndeplinească anumite criterii de ordin social, iar în impactul cu mediul trebuie să respecte condițiile de echilibru ecologic.

Gospodăria apelor este în același timp o *disciplină de sinteză*, abordarea ei necesitând cunoștințe de hidraulică și hidrologie, matematici aplicate (probabilități, statistică matematică, cercetare operațională, teoria sistemelor, analiză numerică, algebră liniară, optimizări), dar și cunoștințe din domeniul disciplinelor de specialitate (construcții hidrotehnice, alimentări cu apă și canalizări, regularizări de râuri și căi de comunicații pe apă, irigații, desecări și combaterea eroziunii solului), al disciplinelor economice și ecologice. Ea utilizează concepte, metode și modele proprii de studiu. De exemplu, disciplina de construcții hidrotehnice studiază barajele, gospodăria apelor are în vedere acumulările; în hidroameliorații obiectivul este valorificarea terenurilor agricole din zona inundabilă, în gospodăria apelor interesează cu prioritate influența incintei îndigate asupra cursului de apă.

Problemele studiate de gospodăria apelor privesc cantitatea și calitatea apelor. *Gospodăria cantitativă a apelor* vizează modificarea regimului natural

al debitelor lichide și / sau solide, de suprafață și subterane, în concordanță cu un regim necesar. Modificarea regimului natural al debitelor, în spațiu și timp este definită ca *regularizare a debitelor*, iar regimul modificat este numit *regim antropic*. *Gospodărirea calitativă a apelor* reprezintă modificarea regimului natural al scurgerii de suprafață și subterane pentru satisfacerea cerințelor calitative ale folosințelor.

Gospodărirea rațională a apei înseamnă satisfacerea cerințelor de apă ale folosințelor în condiții de eficiență economică și echilibru ecologic.

La baza gospodăririi raționale a apelor stă principiul *folosirii complexe* a resurselor de apă. Acest principiu este impus de volumul variabil în timp și limitat al resurselor de apă care nu pot asigura în regim natural folosințele de apă. Pe de altă parte, cerințele unor folosințe cresc în timp, aşa cum sunt spre exemplu alimentările cu apă ale centrelor populate. Există, de asemenea, elemente contradictorii în satisfacerea în timp și în lungul cursului de apă a cerințelor de apă ale unor folosințe. De exemplu, necesitatea furnizării unor cantități importante de apă pentru irigații apare în perioadele secetoase, atunci când pe cursurile de apă, care constituie sursele de alimentare, debitele sunt mici. O altă contradicție apare între o folosință de irigații, care nu necesită apă în perioada de iarnă și o hidrocentrală amplasată pe același râu, în amonte, a cărei debit necesar și evacuat este maxim.

Aceste considerații duc la necesitatea realizării unor importante lucrări de gospodărire a apelor capabile să realizeze compensări ale debitelor.

Dezvoltarea economică și socială determină și o creștere a volumului și nocivității apelor uzate evacuate, fiind necesare lucrări și măsuri pentru refacerea și / sau păstrarea unei calități corespunzătoare a apelor, pentru prevenirea degradării lor.

De asemenea crește riscul producerii de pierderi umane și pagube materiale mari în caz de inundații naturale și / sau accidentale (produse de avarieta sau ruperea construcțiilor și amenajărilor hidrotehnice), fiind necesare măsuri și lucrări de apărare, respectiv, avertizare și alarmare.

Diversele modalități de folosire, stăpânire și protecție a apelor, intercondiționându-se reciproc fac din gospodărirea rațională a apelor o activitate:

- *complexă*, care și propune să satisfacă toate folosințele;
- *durabilă*, care are în vedere strategia ce corespunde necesităților prezentului, fără a compromite posibilitatea generațiilor viitoare de a le satisface pe ale lor;
- *unitară*, care impune elaborarea planurilor de amenajare pe bazin hidrografice – valabilă, de regulă, în toată lumea;

- *echilibrată*, asigurând menținerea structurii, funcționarea și dinamica armonioasă a echilibrului ecologic;
- *integrată*, impunând un sistem informațional – decizional coordonat pe bazin hidrografic.

Încadrarea tuturor lucrărilor hidrotehnice într-o concepție unitară din punct de vedere al *valorificării integrale* a potențialului bazinului hidrografic sub aspect cantitativ și calitativ s-a realizat în cadrul *planurilor de amenajare ale bazinelor hidrografice* întocmite în anii 1959 - 1963. Planurile au fost urmate de schemele cadru de amenajare complexă a bazinelor hidrografice elaborate în perioada 1971 – 1975, reactualizate în 1980 și 1982 și reactualizate în 1992.

Schema - cadru de amenajare și gospodărire a apelor reprezintă documentația de gospodărire a apelor care include:

- modelul sistemului de gospodărire a apelor, format din rețea hidrografică, lucrările de gospodărire a apelor și prelevările – evacuările aferente folosințelor, analizate în diferite scenarii și etape de dezvoltare economico - socială a spațiului hidrografic respectiv;
- modul de protecție, menținere sau îmbunătățire a calității apelor.

Schemele cadru sunt întocmite pe fiecare din cele 12 bazin și spații hidrografice și respectiv, sinteza pe țară. Ele includ, pe orizonturi de timp de scurtă durată (5 ani), medie durată (10 - 15 ani) și lungă durată (16 - 25 ani):

- cerințele de apă ale folosințelor;
- starea calității surselor de apă;
- zonele care necesită apărare împotriva efectelor distructive ale apelor;
- potențialul hidroenergetic și de navigație valorificabil în continuare;
- răspunsurile corespunzătoare strategiilor de restructurare și dezvoltare elaborate de ramurile economice.

Problemele menționate, odată soluționate, sunt continuante prin determinarea necesarului de lucrări din schemele cadru: baraje și lacuri de acumulare, derivații interbazinale, captări de apă subterane, stații de epurare, îndiguiri și regularizări de albi, reabilitarea sistemului de alimentare cu apă în centrele urbane. Ca atare, în corelare cu prevederile schemei cadru de amenajare și gospodărirea apelor se elaborează *programele de dezvoltare* a lucrărilor, instalațiilor și amenajărilor de gospodărirea apelor ce trebuie realizate pentru atingerea obiectivelor în raport cu cerințele dezvoltării economico-sociale, a cerințelor de sănătate ale populației și a celor ecologice.

Politica apei, reprezentând modalitatea de soluționare a problemelor apelor actuale și de perspectivă, este determinată de volumul resurselor de apă de care se dispune, pe de o parte și de necesitatea de a le folosi cât mai

rațional, de a le proteja împotriva epuizării și poluării pe de altă parte. Ea se transpune în practică prin *strategia de gospodărire a apelor*.

Ansamblul lucrărilor și măsurilor din cadrul unui anumit teritoriu, bazin sau subbazin, necesare satisfacerii cerințelor calitative și cantitative, cerințelor de combatere a acțiunilor dăunătoare ale apelor și protecției calității apelor constituie *sistemul de gospodărire a apelor*, iar reprezentarea (modelul) acestuia *schema de gospodărire a apelor sau schema de amenajare*.

Schema de amenajare a unui bazin este deci formată din rețeaua hidrografică, lucrările de gospodărire a apelor, prelevările de apă, restituțiile de apă. Caracteristicile schemei de amenajare sunt:

- caracterul progresiv dat de dezvoltarea ei odată cu creșterea cerințelor;
- limita maximă determinată de resursele de apă limitate ale bazinului și progresul tehnic (schema poate fi diferită de la un stadiu la altul).

Schema de amenajare integrală este schema de amenajare care permite utilizarea posibilă, cu mijloace tehnice cunoscute, a resurselor de apă ale bazinului hidrografic. Ea are un caracter dinamic, fiind extinsă pe măsura adâncirii gradului de cunoaștere a resurselor bazinului hidrografic și realizării progresului tehnic. Nu este o schemă unică întrucât se pot propune mai multe variante pentru același bazin hidrografic și este diferită de la un bazin hidrografic la altul.

Schema de amenajare complexă reprezintă schema care utilizează resursele pentru satisfacerea tuturor folosințelor de apă într-un bazin.

Prin *schemă în scopuri multiple* se înțelege schema care include satisfacerea a cel puțin două din obiectivele gospodăririi apelor (satisfacere, stăpânire și protecție).

Reactualizarea periodică a schemelor de amenajare trebuie să aibă în vedere, în condițiile economiei de piață:

- necesitatea rezolvării cu prioritate a alimentării cu apă, corelată cu opțiunile de dezvoltare liberă a centrelor populate;
- reconsiderarea consumurilor specifice pe unitatea de produs în concordanță cu consumurile corespunzătoare unor tehnologii moderne și soluții de recirculare a apei industriale;
- reducerea pierderilor în sistemele și rețelele de apă existente, în special în alimentările cu apă și irigații, înaintea găsirii unor noi surse;
- optimizarea exploatarii sistemelor prin gospodărire integrată, cantitativă și calitativă a apelor din bazin;
- corelarea consumurilor specifice pentru toate folosințele cu normele europene;
- părghiiile financiare practice pentru prețul apei, care să descurajeze risipa și consumurile exagerate, dar și să creeze surse financiare sigure

pentru desfășurarea corespunzătoare a activităților din domeniul gospodăririi apelor;

- fenomenul de colmatare al acumulațiilor, atât ca proces evolutiv, cât și ca o consecință asupra exploatarii lacurilor.

1.1. Studiul resurselor

1.1.1. Definirea resurselor

Totalitatea elementelor naturale ale mediului ce pot fi folosite în activitatea umană constituie *resursele naturale*. Ele pot fi regenerabile (apa, aerul, solul, flora, fauna sălbatică), neregenerabile (mineralele și combustibilii fosili) și permanente (energie solară, eoliană, geotermală și a valurilor).

Resursele de apă sunt apele de suprafață și cele subterane.

Apele, din punct de vedere al administrației lor se împart în ape internaționale, ape teritoriale și ape naționale.

Apele internaționale cuprind apele la care un stat este riveran cu alte state, cele care intră sau ies prin granițele statului precum și cele la care interesele unor state străine sunt recunoscute prin tratate și convenții internaționale.

Apele teritoriale (maritime interioare) sunt apele cuprinse în porțiunea de la țărmul mării spre larg până la liniile de bază, a căror întindere și delimitare se stabilesc prin lege. Liniile de bază sunt liniile cel mai mare reflux care unesc punctele cele mai avansate ale țărmului, ale locurilor de acostare, ale amenajărilor hidrotehnice și a altor instalații portuare permanente.

Apele naționale sunt fluviile, râurile, canalele și lacurile interioare precum și apele fluviilor și râurilor de frontieră stabilite prin tratate, acorduri și convenții internaționale.

Apa este resursa care se reînnoiește permanent în procesul ciclic generat de acțiunea soarelui, nu se schimbă cantitativ și nu poate fi înlocuită.

Resursele, din punct de vedere al posibilităților de utilizare, pot fi:

- totale, date de cantitatea de apă existentă și definite din punct de vedere teoretic pe baza studiilor meteorologice și hidrologice;
- utilizabile, reprezentând o cotă parte din resursele totale, care pot fi utilizate în condiții economice pentru satisfacerea cerințelor de apă. Acestea din urmă pot fi considerate ca un element variabil, funcție de posibilitățile de echipare ale bazinului hidrografic, care odată cu progresul tehnic tind spre resursele totale.

Resursele de apă, cuprinzând toate formele ciclului natural al apei, pot fi grupate în:

- *resurse atmosferice* ce cuprind apa din atmosfera terestră care formează componenta ciclului între momentul evaporării și momentul căderii precipitațiilor. Resursele atmosferice constituie un mod indirect de caracterizare a resurselor de apă ale ușcatului.
- *resurse ale ușcatului*, sunt componentele ciclului natural între momentul căderii precipitațiilor pe suprafața pământului și momentul ajungerii lor, în urma procesului de scurgere, în mări sau oceane.
- *resurse oceanice*, sunt apele reținute în ocean și alimentate de fluvii. Resursele oceanice constituie principala sursă de alimentare a atmosferei.

1.1.2. Influența activității omului asupra resurselor de apă

Activitatea umană determină modificări considerabile ale resurselor de apă naturale. Influențele se manifestă asupra repartiției resurselor de apă între diferitele categorii de resurse, precum și asupra repartiției în timp sau în spațiu în cadrul aceleiași categorii și constau în :

- Activități care modifică regimul precipitațiilor. Reduceri considerabile ale precipitațiilor pot apărea în vecinătatea unor zone industriale ca urmare a emanațiilor de fum și abur.
- Modul de amenajare a teritoriului unui bazin hidrografic care modifică regimul de scurgere al apei chiar încă dinainte de a ajunge în râuri. În acest sens acțiunile de despădurire pe terenuri în pantă accelerează procesul de șiroire și implicit duce la diminuarea resurselor de apă subterană. În același timp creșterea gradului de urbanizare, cu mari suprafețe construite și asfaltate, mărește scurgerea de suprafață, în special în perioadele de vînturi.
- Intervențiile asupra albiilor râurilor care modifică condițiile de scurgere, implicit repartiția în timp a resurselor.
- Consumul apei pentru diferite activități umane care duce la reducerea resurselor de apă.
- Influențe datorate lucrărilor de gospodărire a apelor, care prin definiție au rolul de a modifica repartiția în timp și spațiu a resurselor de apă.

Toate aceste influențe sunt variabile în timp, în funcție de activitățile umane la un moment dat.

Studiul resurselor de apă trebuie să țină cont de influența activităților umane atât în privința analizelor datelor înregistrate din trecut, care trebuie supuse unor corecții pentru a deveni omogene, cât și în privința regimului viitor.

Studiul asupra resurselor de apă bazate exclusiv pe înregistrări ale *fenomenelor hidrologice sau hidrogeologice*, fără a fi corelate cu studiul *modului de amenajare a bazinelor hidrografice* în momentul efectuării măsurării poate caracteriza doar regimul râului *la un moment dat*.

1.1.3. Repartiția resurselor de apă

Cea mai mare parte a suprafeței planetei (71%) este acoperită de ape. Apa dulce pentru nevoile actuale ale omenirii reprezintă mai puțin de 3% din totalul apei pe Glob și cea mai mare parte se află înmagazinată în calotele de gheăță polară. Cota de apă dulce utilizabilă reprezintă 0,0002% din totalul apei planetare.

Teoretic acest volum (95.000 km^3) care asigură perpetuarea vieții pe planeta noastră ar fi suficient pentru o populație de câteva ori mai mare decât cea actuală. Practic, însă, distribuția apei, în teritoriu și în timp este extrem de neuniformă.

Una din problemele globale ale omenirii la confruntarea celor două milenii o constituie neconcordanța dintre resursele limitate de apă și neuniform distribuite, respectiv creșterea cerințelor și consumurilor de apă datorită sporului demografic și dezvoltării economice și sociale.

Problema se pune în același mod atât la nivel planetar, cât și la nivel regional și național. Cele mai mari cursuri de apă străbat zone slab populate sau cu o dezvoltare economică ce nu reclamă deocamdată mari nevoi de apă, în timp ce zone cu mare densitate dispun de rețele mai sărace de cursuri de apă. Zona cea mai bogată în apă, bazinul Amazonului, care singur transportă o cantitate de apă mai mare decât toate celelalte fluvii de pe Glob luate la un loc, este nelocuită. Marile fluvii din Siberia traversează de asemenea o zonă slab populată. În schimb Europa, o regiune săracă în apă în comparație cu alte părți ale lumii (7%), are nu numai o densitate mare a populației, de cca 20% din populația de pe Glob dar și o concentrare mare de aglomerări urbane și întreprinderi industriale mari consumatoare de apă. În același timp există diferențe mari între o țară și alta ale continentului nostru.

În timp variația debitelor de apă prezintă mari discrepanțe și dificultăți pentru o utilizare rațională în regim natural. Cele mai multe cursuri cunosc perioade scurte de debite mari când se produc viituri și inundații păgubitoare, alternând cu perioade, de regulă mai prelungite de debite insuficiente, corespunzătoare sezoanelor secetoase. Mai mult de 50% din debitul total al râurilor și fluviilor se scurge spre mări și oceane într-un interval de 2 ... 3 luni.

În raport cu alte țări din Europa, România se numără printre țările sărace în apă. Prin comparație cu media europeană de cca. $4000 \text{ m}^3 / \text{locuitor / an}$, rezerva pe care poate conta România din apele sale interioare este de $1710 \text{ m}^3 / \text{locuitor / an}$, Franța are de 2 ori mai multă apă, Elveția de 12 ori, Norvegia de 60 ori.

1.1.4. Resursele de apă ale României

România dispune de toate tipurile de resurse naturale de apă: apă dulce din râuri și lacuri; apă dulce din resurse subterane; apă sărată din Marca Neagră.

Totalul acestor resurse într-un an mediu este de 135 miliarde m^3 , repartizate astfel: 40 miliarde m^3 din râuri interioare, 1 miliard m^3 din lacuri naturale, 9 miliarde m^3 din ape subterane, 85 miliarde m^3 din Dunăre.

Dintre acestea, resursele de apă disponibile sunt:

- *cursurile de apă interioare* în regim natural pot asigura cu continuitate prelevări de cca. 5 ... 6 miliarde m^3 / an cu o posibilitate de satisfacere de 90 ... 97%. Rețeaua este repartizată neuniform pe teritoriu, iar distribuția neregulată în timp indică un raport dintre stocurile anuale ce cunoaște valori de la 1 la 5, debitele maxime în perioadele de viitor depășind de sute și chiar mii de ori debitele minime din perioadele secetoase.
- *Dunărea* are un volum mediu anual de 170 miliarde m^3 , la intrarea în țară fiind unul din puținele fluviilor din lume cu un mare grad de regularizare naturală a debitelor. României îi revin 85 miliarde m^3 / an. Stocul de apă tehnic utilizabil este de 20 ... 30 miliarde m^3 / an, datorită statutului său de principală arteră de navigație europeană. În același timp prin poziția sa mărginașă, Dunărea poate satisface doar cerințele dintr-o zonă limitată, cea de sud și sud-est a țării.
- *resursele de apă subterană* sunt evaluate la o capacitate teoretică anuală de 9 miliarde m^3 , din care 5 ... 6 miliarde m^3 constituie stocul utilizabil tehnic, ținând seama și de perioada de refacere (cca. 1400 ani).
- *resursele de apă ale Mării Negre*, deși deosebit de importante nu pot fi luate deocamdată în considerare datorită dificultăților tehnice și economice de desalinizare a apei de mare.

Analiza atentă a acestor stocuri trebuie să țină seama de următoarele aspecte:

- România are 200.000 km cursuri de apă, cu un regim de scurgere variabil, în cursul unui an și de la un an la altul;
- media la nivelul țării arată o distribuție a surgerii primăvara de 35 ... 40% din volumul anual; vara de 13 ... 35%; toamna de 8 ... 20% și iarna de 10 ... 35%;
- resursele specifice de apă de suprafață scad de la vest spre est, zonele cele mai sărace fiind Bărladul, afluenții Prutului, Bărăganul de nord, Dobrogea ;
- raportul dintre debitele maxime în perioadele ploioase și debitele medii multianuale variază semnificativ de la un bazin la altul, de la 12,5 la

râul Mureș, până la 79 la râul Buzău și ajungând la peste 100 la bazinele hidrografice mici și uneori 1000 la bazine de recepție sub 1000 km^2 .

Iată de ce satisfacerea cerințelor de apă în condițiile naturale nu poate fi realizată. Se impun să se realizeze lucrări de gospodărire a apelor capabile să modifice regimul natural al debitului în spațiu și timp la cel necesar cerințelor.

1.1.5. Potențialele referitoare la amenajarea bazinelor hidrografice

În cadrul schemelor de amenajare se studiază:

Potențialul hidrologic reprezentând regimul de variație în timp și spațiu a resurselor de apă și este dat de debitul mediu multianual Q_0 .

Potențialul de gospodărire a apelor reprezentând limita maximă până la care se pot dezvolta lucrările de gospodărire a apelor într-un bazin hidrografic. Poate fi:

- teoretic, corespunzând analizei teoretice a volumelor care pot fi acumulate în diferite secțiuni transversale pe cursurile de apă sau derivate;
- tehnic, ținând seama de resursele de apă care pot umple acumulațiile și debitele care pot fi asigurate la derivăție;
- economic, dat de eficiența economică a lucrărilor de gospodărire a apelor.

Potențialul de satisfacere a folosințelor reprezentând limita maximă până la care se pot dezvolta diferite folosințe în ipoteza valorificării potențialului de gospodărire a apelor. Poate cuprinde:

- *Potențialul de alimentare cu apă* care corespunde debitelor care pot fi furnizate unei alimentări cu apă în ipoteza realizării tuturor acumulațiilor incluse în P_{ga} . Poate fi:
 - teoretic, dat de cerința de apă a folosinței;
 - tehnic, corespunzând debitelor disponibile care pot satisface cerința;
 - economic, corespunzând variantei eficiente dintre soluțiile posibile.
- *Potențialul hidroenergetic*
 - teoretic este dat de puterea, respectiv energia ce poate fi produsă;
 - tehnic este dedus din cel teoretic prin aplicarea coeficientului de randament;
 - economic corespunde soluțiilor economice între diversele tipuri de amenajări hidroenergetice care valorifică potențialul tehnic.
- *Potențialul irigabil*
 - teoretic corespunde suprafeței cu deficit de umiditate;
 - tehnic este dat de suprafața care poate fi irrigată corespunzător resurselor de apă;
 - economic, care reprezintă suprafața din potențialul tehnic, irigabilă în condiții de eficiență economică.

- Potențialul de combatere a efectelor dăunătoare* reprezentând limita maximă până la care se pot dezvolta amenajările de combatere. Poate fi:
- teoretic, corespunzând suprafeței inundabile în regim natural;
 - tehnic, reprezentând totalitatea suprafețelor care pot fi scoase de sub influența viiturilor;
 - economic, reprezentând lucrările din cadrul potențialului tehnic eficiente economice.

Potențialul de evacuare reprezentând limita maximă până la care cursurile de apă pot fi utilizate pentru îndepărțarea reziduurilor.

Relațiile în care se găsesc potențialul *teoretic* (P_{te}), *tehnic* (P_{th}) și *economic* (P_{ec}) sunt:

$$P_{te} > P_{th} \geq P_{ec} \quad (1.1)$$

1.1.6. Lacurile de acumulare

1.1.6.1. Definirea lacurilor de acumulare

Lacul de acumulare este o lucrare de gospodărire a apelor, având ca scop înmagazinarea apei prin bararea cursului de apă, pentru regularizarea debitelor.

Prin *regularizarea debitelor* se înțelege modificarea în timp a regimului de scurgere al apei.

Regimul apelor corespunde ansamblului elementelor cantitative și calitative ce caracterizează apele de suprafață și subterană.

Regimul apelor poate fi *natural*, nemodificat de acțiuni de gospodărire a apelor și *regularizat / modificat / antropic* rezultat ca urmare a influenței funcționării lucrărilor de gospodărire a apelor.

Lacul de acumulare modifică repartitia în timp a resurselor de apă prin reținerea în anumite perioade a unei părți din afluxurile de apă și evacuarea lor ulterioară. În funcționarea unui lac are loc un *ciclu de umplere* corespunzător perioadelor excedentare față de cerințe și unul de *golire* corespunzător perioadelor deficitare.

1.1.6.2. Clasificarea lacurilor de acumulare

După perioada de funcționare acumulările pot fi:

- *Acumulări permanente frontale* ($V_u \neq 0, V_p = 0$) cu funcționare continuă pentru satisfacerea folosințelor (Fig.1.1);
- *Acumulări nepermanente frontale* ($V_p \neq 0, V_u = 0$), cu funcționare temporară în perioadele de ape mari exclusiv pentru atenuarea viiturilor (Fig.1.2). În această categorie intră și *incintele laterale* realizate în lungul cursurilor de apă (Fig.1.3).

- *Acumulări mixte* ($V_u \neq 0, V_p \neq 0$) cu transe funcționând continuu pentru satisfacerea folosințelor și protecția calității apelor și cu transe cu funcționare temporară pentru atenuarea viiturilor (Fig.1.4).

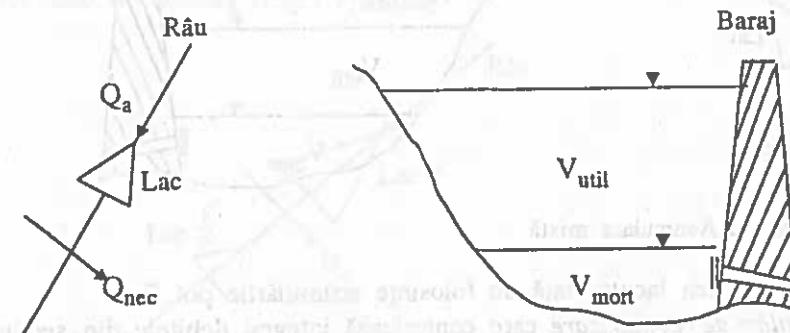


Fig.1.1. Acumulare permanentă

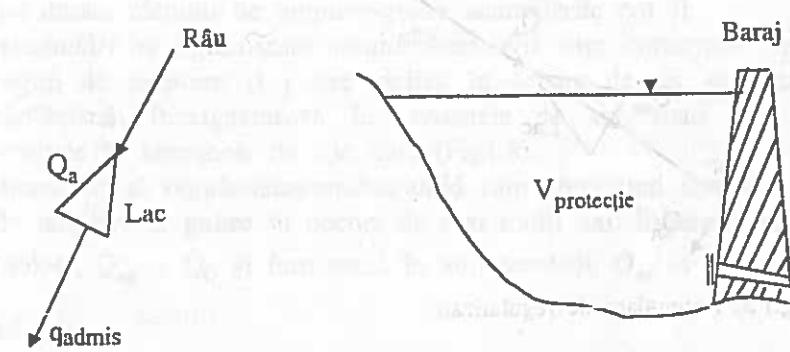


Fig.1.2. Acumulare nepermanentă

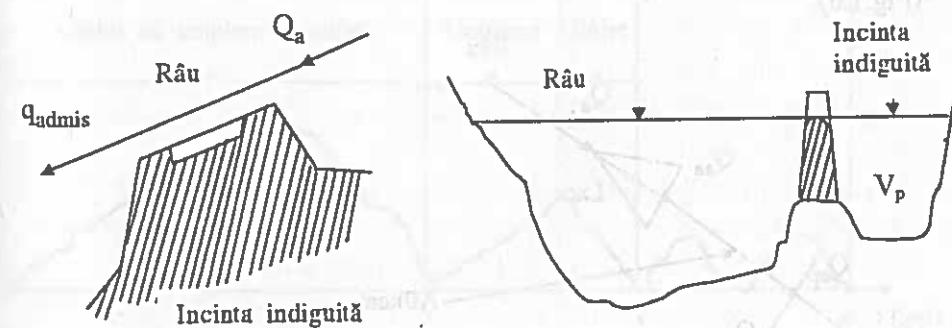


Fig.1.3. Incinta laterală

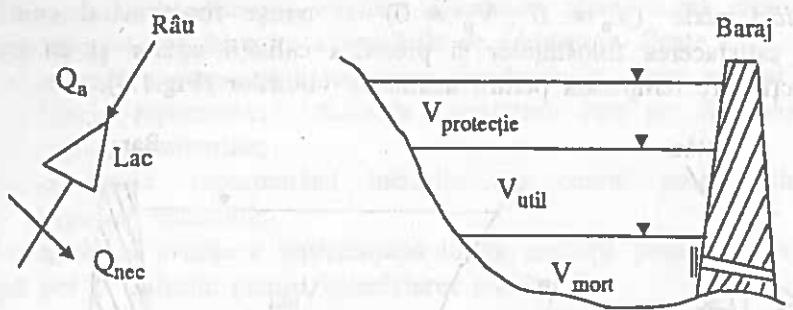


Fig.1.4. Acumulare mixtă

După amplasarea lacului față de folosințe acumulările pot fi:

- *Acumulări de regularizare* care controlează integral debitele din secțiunea de priză a folosinței, adică $Q_{aa} \equiv Q_{ap}$ (Fig.1.5).

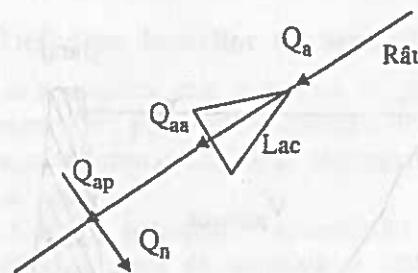


Fig.1.5. Acumulare de regularizare

- *Acumulări de compensare* care au în secțiunea lacului un regim al debitului natural diferit de cel din secțiunea folosinței, adică $Q_{aa} \neq Q_{ap}$ (Fig.1.6).

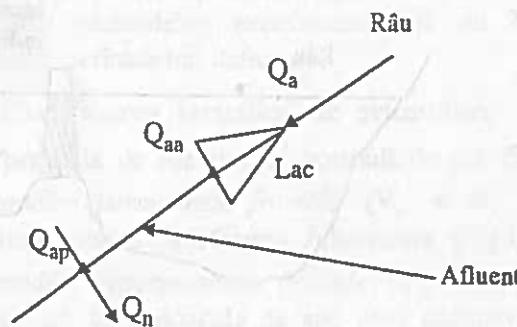


Fig.1.6. Acumulare de compensare

- *Acumulări tampon (de redresare)* utilizate în special în amenajările preponderent hidroenergetice în aval de o folosință cu scopul de redistribuire a regimului neuniform al debitelor zilnice și săptămânale evacuate de aceasta (Fig.1.7).

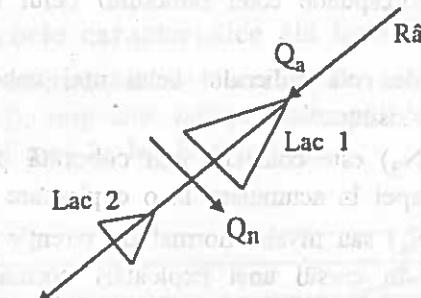


Fig.1.7. Acumulare tampon

Dupa durata ciclului de umplere-golire acumulările pot fi:

- *Acumulări cu regularizare anuală, sezonieră* care corespund lacurilor cu regim de umplere și golire ciclică în decurs de un an, sezon, lună, săptămână. Înmagazinează în sezoanele de ape mari ale anului și restituie în sezoanele de ape mici (Fig.1.8).
- *Acumulări de regularizare multianuală* care corespund lacurilor cu regim de umplere și golire în decurs de mai mulți ani. Înmagazinează în anii ploioși, $Q_{an} > Q_0$ și furnizează în anii secetoși, $Q_{an} < Q_0$ (Fig.1.8).

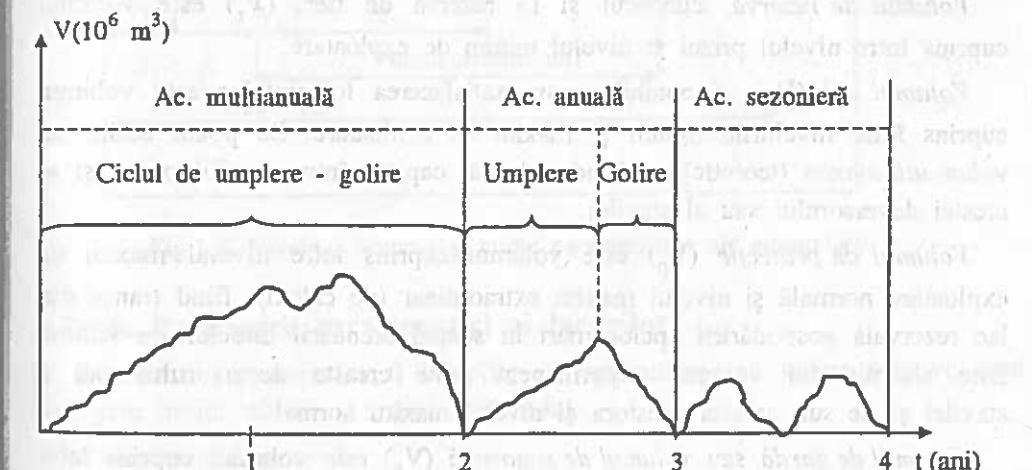


Fig.1.8. Cicluri de umplere-golire pentru diferite tipuri de acumulări

1.1.6.3. Nivelurile caracteristice ale lacurilor

Nivelurile caracteristice ale lacurilor de acumulare sunt redate în figura 1.9.

Nivelul minim al cuvetei (N_0) corespunde nivelului talvegului.

Nivelul golirii de fund (N_1) corespunde cotei radierului celui mai coborât dispozitiv de evacuare a apei.

Nivelul prizei (N_2) este dăt de cota radierului celui mai coborât orificiu de preluare a debitelor pentru folosințe.

Nivelul minim de exploatare (N_3) este cota cea mai coborâtă până la care este permisă scăderea nivelului apei în acumulare la o exploatare normală.

Nivelul maxim de exploatare (N_4) sau *nivelul normal de retenție* (NNR) este nivelul cel mai ridicat al apei în cursul unei exploatari normale, în afara viiturilor și corespunde nivelului maxim în limitele volumului util al lacului.

Nivelul extraordinar sau maxim extraordinar (N_5) este nivelul cel mai ridicat pe care o atinge apa din lac în perioada de ape mari și corespunde probabilităților de producere a viiturilor, de calcul și de verificare.

1.1.6.4. Volumele caracteristice ale lacurilor

Volumele caracteristice ale lacurilor de acumulare sunt redate în figura 1.9.

Volumul mort (V_m) este volumul situat sub nivelul prizei și compus din volumul neevacuabil situat sub golirea de fund și volumul evacuabil situat între golirea de fund și priză.

Volumul de rezervă, cunoscut și ca rezervă de fier, (V_r) este volumul cuprins între nivelul prizei și nivelul minim de exploatare.

Volumul util (V_u), disponibil pentru satisfacerea folosințelor este volumul cuprins între nivelurile minim și maxim de exploatare. Se poate defini un *volum util maxim* (teoretic) ca fiind volumul cuprins între nivelul prizei și al creșterii deversorului sau al stavilei.

Volumul de protecție (V_p) este volumul cuprins între nivelul maxim de exploatare normală și nivelul maxim extraordinar (de calcul), fiind tranșa din lac rezervată gospodăririi apelor mari în scopul atenuării undelor de viitură. Este alcătuit din volumul nepermanent peste creșta deversorului sau a stavilei și de sub creșta acestora și nivelul maxim normal.

Volumul de gardă sau *volumul de siguranță* (V_g) este volumul cuprins între nivelul maxim extraordinar și nivelul coronamentului barajului.

Volumul permanent sau *volumul brut* este acel volum cuprins între nivelul minim al cuvetei și nivelul maxim normal.

Volumul total (V_t) al lacului este volumul cuprins între nivelul minim al cuvetei și nivelul creșterii barajului.

$$V_t = V_m + V_r + V_u + V_p + V_g \quad (1.2)$$

1.1.6.5. Curbele caracteristice ale lacurilor

Curbele caracteristice ale lacurilor de acumulare redau variația suprafeței apei $S = f(H)$, respectiv variația volumului cuvetei $V = f(H)$ în funcție de cota nivelului apei în lac H (Fig.1.9).

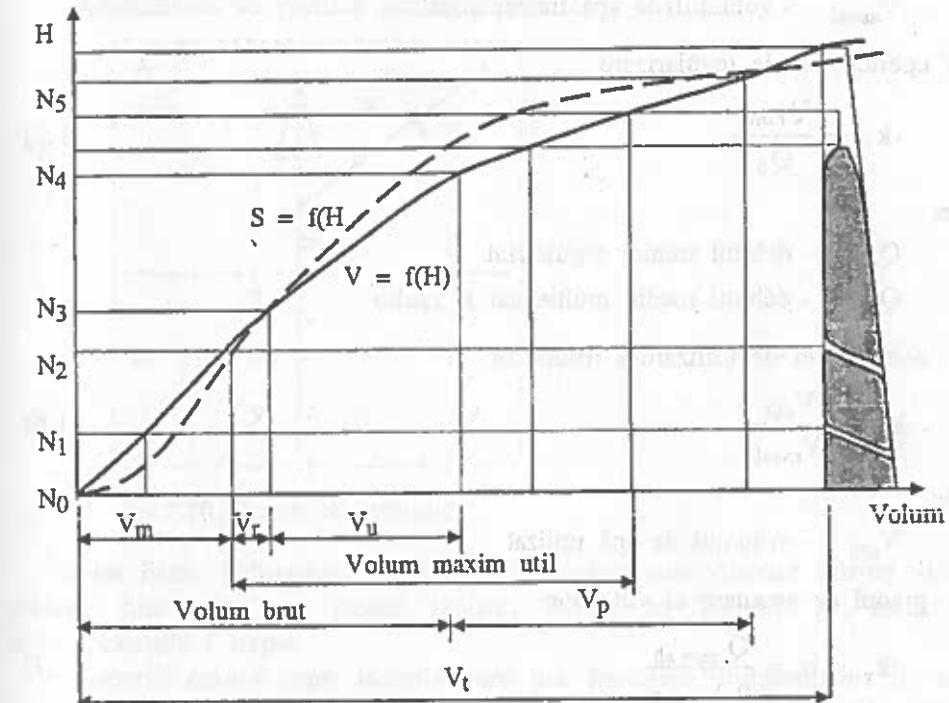


Fig.1.9. Niveluri, volume și curbe caracteristice ale acumulării

1.1.6.6. Parametrii caracteristici ai lacurilor

Parametrii caracteristici ai lacurilor de acumulare, ca valori relative sunt date prin indici tehnici și indici economici.

- coeficientul general

$$k_g = \frac{V_t}{V_b} \quad (1.3)$$

unde:

V_t - volumul total al lacului

V_b - volumul barajului

- coeficientul de acumulare

$$k_a = \frac{V_t}{V_{\text{anual}}} \quad (1.4)$$

unde:

V_{anual} - volumul de apă mediu anual

- coeficientul de regularizare

$$k_r = \frac{Q_{r \min}}{Q_0} \quad (1.5)$$

unde:

$Q_{r \min}$ - debitul minim regularizat

Q_0 - debitul mediu multianual al râului

- coefficientul de utilizare a resurselor

$$k_n = \frac{V_{\text{util}}}{V_{\text{anual}}} \quad (1.6)$$

unde:

V_{util} - volumul de apă utilizat

- gradul de atenuare al viiturilor

$$k_v = \alpha = \frac{Q_{\text{max aff}}}{q_{\text{max defl}}} \quad (1.7)$$

unde:

$Q_{\text{max aff}}$ - debitul maxim affluent în lacul de acumulare

$q_{\text{max defl}}$ - debitul maxim defluent

- costul specific

$$k_s = \frac{C_b}{V_t} \quad (1.8)$$

unde:

C_b - costul barajului

1.1.6.7. Zone de influență ale unei acumulări și funcționarea în sistem a mai multor lacuri.

Pentru fiecare acumulare se pot stabili două limite ale zonei de influență (Fig.1.10):

- *limita de satisfacere a folosințelor* (zona A) corespunde zonei în care acumularea trebuie să acopere deficitele. Acumularea se dimensionează pentru secțiunile 1 și 2.
- *limita de menținere a regimului* (zona B) în care acumularea chiar dacă nu acoperă deficitele, nu poate agrava prin exploatare situația existentă. Acumularea se verifică pentru secțiunile 3, 4 și 5.

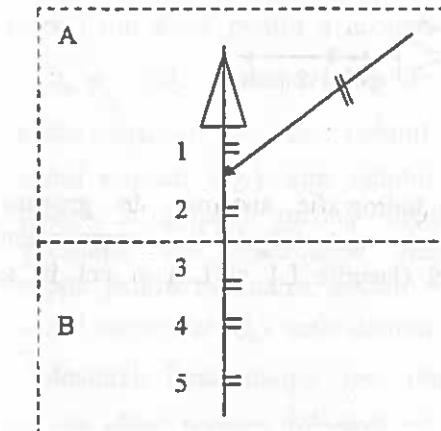


Fig.1.10. Zonele de influență

Într-un bazin hidrografic lacurile de acumulare sunt dispuse într-un sistem, putând funcționa ca: lacuri izolate, lacuri în paralel și lacuri în serie / cascadă / trepte.

- *Lacurile izolate* sunt lacurile care pot funcționa independent. În cazul acestor lacuri nici una din secțiunile situate în zona de influență nu este afectată de altă acumulare din sistem (Fig.1.11).

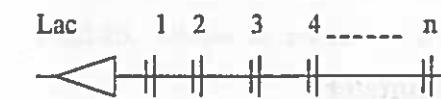


Fig.1.11. Acumulare izolată

- *Lacuri funcționând în paralel* sunt lacurile care nu se influențează reciproc prin debitele defluente, secțiunile 1, 2, 3 de calcul, dar pot deservi sau au aceleași secțiuni de calcul, secțiunile 4, 5, 6 (Fig.1.12).

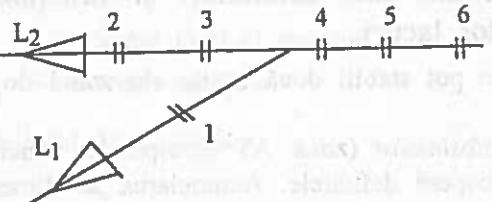


Fig.1.12. Acumulări în paralel

- Lacuri în cascadă / serie / trepte sunt lacurile situate unul în aval de celălalt influențându-se din amonte în aval (Fig.1.13).

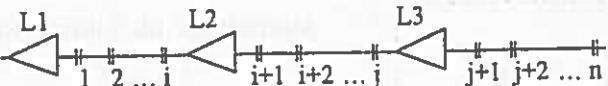


Fig.1.13. Acumulări în cascadă

- În cazul general într-un bazin hidrografic sistemul de grupare al lacurilor de acumulare este unul mixt (Fig.1.14), reprezentând o combinație a sistemului în paralel (lacurile L1 și L2) și cel în serie, lacurile L1, L3, respectiv L2, L3.

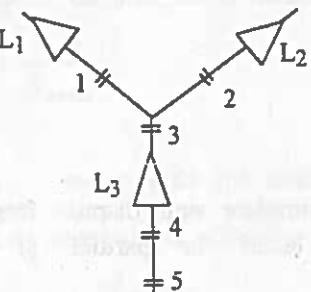


Fig.1.14. Acumulări în sistem mixt

1.2. Folosințele de apă

1.2.1. Definiție. Clasificarea folosințelor

Se definește, pe scurt, ca folosință de apă orice utilizator de apă. Altfel spus, folosință de apă reprezintă orice unitate cu caracter social, economic sau formă de activitate care utilizează apa dintr-o sursă de apă.

Folosințele sunt *consumatoare* de apă de tipul alimentărilor cu apă ale centrelor populate, o parte din alimentările cu apă industrială, irigațiile, unitățile agrozootehnice, sau *neconsumatoare* de apă, centralele hidroelectrice,

navigația, industria, amenajările pentru turism și sport nautic. Cele consumatoare de apă nu restituie deloc sau doar o parte din debitele prelevate ($Q_c \neq 0$) iar cele neconsumatoare utilizează apa fără să o consume ($Q_c = 0$).

1.2.2. Debitele caracteristice ale folosințelor

- Debitul necesar* (Q_n) este debitul utilizat în regim normal rațional de funcționare de către folosință:

$$Q_n = f \text{ (caracteristicile folosinței)} \quad (1.9)$$

- Debitul cerinței de apă sau debitul prelevat* (Q_p) este debitul preluat (extras) din sursă pentru a acoperi necesarul de apă:

$$Q_p = f(Q_n, \text{ schema folosinței}) \quad (1.10)$$

- Debitul consumat* (Q_c) este debitul utilizat și nerestituit de folosință;
- Debitul evacuat* (Q_e) este debitul restituit în emisar. Prin emisar se înțelege în general mediul natural (râu, lac, mare, sol infiltrabil, depresiune) sau amenajarea hidrotehnică (canal de desecare) care servește pentru evacuarea apelor.
- Debitul recirculat* (Q_r) este debitul reintrodus în circuitul de alimentare a folosinței. Recircularea apei poate fi *internă* (Q_{ri}) dacă aceasta se face de către aceeași folosință și *externă* (Q_{re}) dacă se face de la o folosință la alta (Fig.1.15).

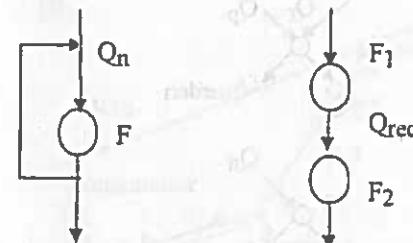


Fig.1.15. Schema de recirculare a debitelor

1.2.3. Schema generală a unei folosințe. Relații între debitele caracteristice

Schema unei folosințe reprezintă fluxul apei în cadrul acesteia, cuprindând prelevarea, refolosirea și evacuarea apei, distribuite prin noduri. Schemele pot fi cu circuit deschis (Fig.1.16), închis (Fig.1.17) sau mixt (Fig.1.18).

Relații între debite caracteristice pot fi stabilite scriind ecuațiile de bilanț în fiecare nod la un moment dat ($\sum Q_{\text{nod}} = 0$).

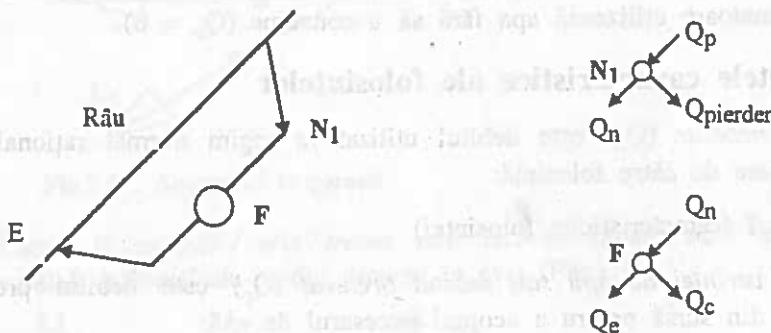


Fig. 1.16. Schema în circuit deschis

Pentru nodul N_1 :

$$\begin{aligned} Q_p &= Q_n + Q_{\text{pierderi}} \\ Q_p &= k_p \cdot Q_n \\ k_p &> 1 \end{aligned} \quad (1.11)$$

Pentru nodul F:

$$Q_n = Q_c + Q_r \quad (1.12)$$

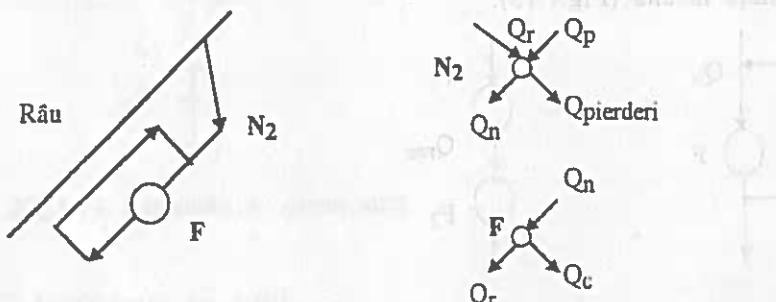


Fig. 1.17. Schema în circuit închis

Pentru nodul N_2 :

$$Q_p = Q_n + Q_{\text{pierderi}} - Q_r \quad (1.13)$$

Pentru nodul F:

$$Q_n = Q_c + Q_r \quad (1.14)$$

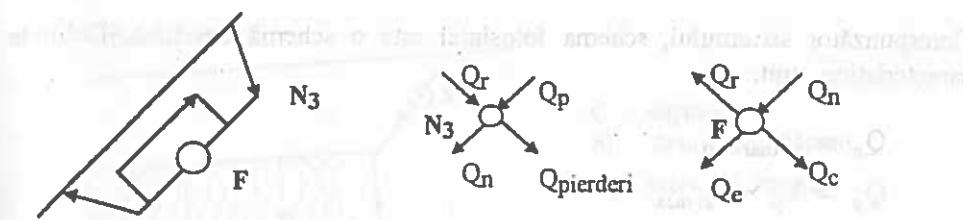


Fig. 1.18. Schema în circuit mixt

Pentru nodul N_3 :

$$Q_p = Q_n + Q_{\text{pierderi}} - Q_r \quad (1.15)$$

Pentru nodul F:

$$Q_n = Q_c + Q_r + Q_e \quad (1.16)$$

1.2.4. Cerințele de apă ale folosințelor

În calculul de gospodărire a resurselor de apă interesează în special debitele cerințelor și cele evacuate în cursurile de apă.

Pentru folosințele principale, stabilite în funcție de ponderea lor în gospodărirea resurselor de apă sunt menționate debitele caracteristice.

1.2.4.1. Folosințe consumatoare

a) Alimentarea cu apă a unui centru populat

Sistemul de alimentare cu apă-canalizare al unei localități este dat în figura 1.19.

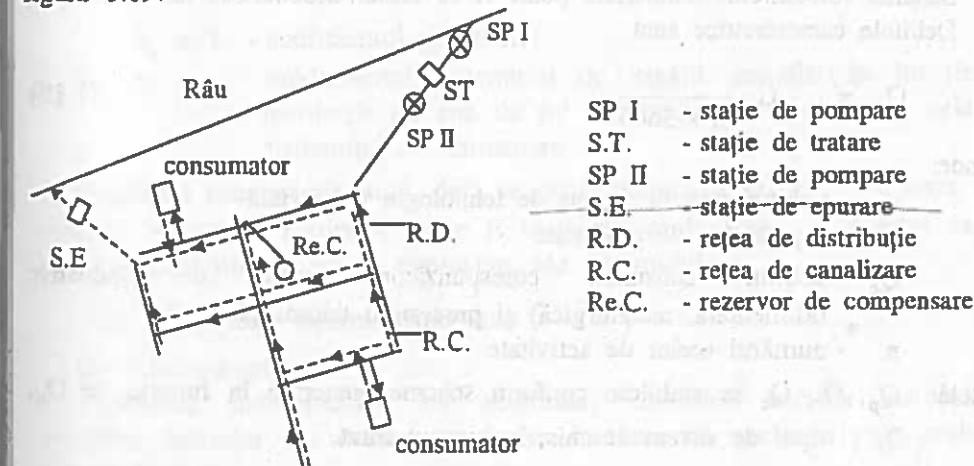


Fig. 1.19. Sistemul de alimentare cu apă - canalizare a unei localități

Corespunzător sistemului, schema folosinței este o schemă deschisă. Debitele caracteristice sunt:

$$\begin{aligned} Q_n &= Q_{\text{orar max}} \\ Q_p &= k_p \cdot Q_{\text{zi max}} \\ Q_p &= k_p \cdot k_{zi} \cdot \frac{\sum q_i \cdot N_i}{1000 \cdot 24 \cdot 3600} \\ Q_c &\neq 0 \\ Q_e &= 0,8 \cdot Q_p \end{aligned} \quad (1.17)$$

unde:

- $Q_{\text{orar max}}$ - debitul orar maxim din ziua de maxim consum necesar consumatorilor racordați direct la rețea, în situația cea mai defavorabilă
- $Q_{\text{zi max}}$ - debitul din ziua de maxim consum
- q_i - debitul specific corespunzător gradului de dotare edilitară a zonei
- k_p - coeficientul pierderilor
- k_{zi} - coeficientul de variație zilnică
- N_i - numărul locuitorilor zonci

b) Alimentarea cu apă industrială

Schema folosințelor industriale poate fi cu *circuit deschis* sau *mixt*.

Debitele caracteristice sunt:

$$Q_n = q \cdot C \cdot \frac{1}{n \times 3600} \quad (1.18)$$

unde:

- q - debitul specific impus de tehnologia industrială
- C - capacitatea de producție
- Q_c - debitul consumat corespunzător tipului de industrie (alimentară, metalurgică) și procesului tehnologic
- n - numărul orelor de activitate

Notă: Q_p, Q_r, Q_c se stabilesc conform schemei generale în funcție de Q_n , Q_c și tipul de sistem deschis, închis sau mixt.

c) Irigațiile

Schema de amenajare a unui sistem de irigații este o schemă deschisă (Fig.1.20).

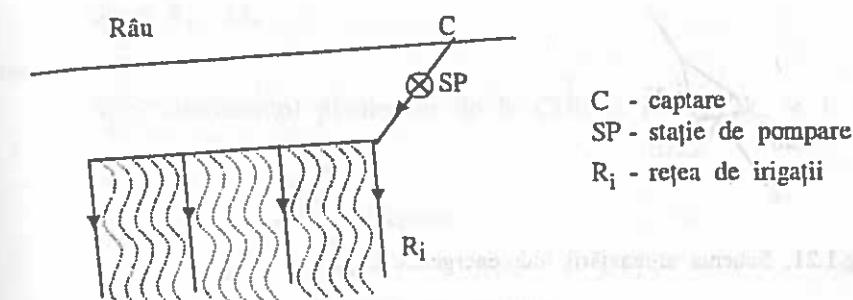


Fig.1.20. Schema de amenajare a unui sistem de irigații

Necesarul de apă este:

$$Q_n = Q_c = \frac{\sum C_i \cdot S_i}{2,63 \times 10^6} \quad (1.19)$$

unde:

- C_i - consumul de apă lunar la plante, determinat pe baza metodei de bilanț a apei în sol
- S_i - suprafața cu o anumită cultură, irrigată

Cerința de apă dată de debitul mediu zilnic care trebuie furnizat de sursă:

$$Q_p = Q_{\text{cer}} = k_p \cdot Q_n = \frac{1}{\eta} \cdot Q_n \quad (1.20)$$

unde:

- $k_p > 1$ - coeficientul pierderilor
- η - randamentul sistemului de irigații, calculat în funcție de pierderile de apă de pe terenurile cultivate și din cele ale sistemului de alimentare

Restituția este practic nulă, deci se poate considera $Q_e = 0$. Pe baza unei analize de detaliu restituția poate fi luată cel mult 30% din debitul captat, corespunzând pierderilor de exploatare ale sistemului.

1.2.4.2. Folosințe neconsumatoare

a) Hidroenergetica

Centralele hidroelectrice cu acumulări modifică variația naturală a scurgerii debitelor, iar debitele restituite sunt practic egale cu cele prelevate sau necesare.

În amenajarea hidroenergetică cu centrală baraj, schema folosinței este deschisă (Fig.1.21).

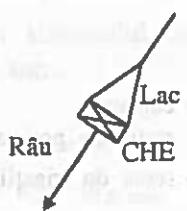


Fig.1.21. Schema amenajării hidroenergetice cu baraj

Debitele caracteristice sunt :

$$\begin{aligned} Q_p &= Q_{cer} = Q_n = Q_e \\ Q_c &= 0 \end{aligned} \quad (1.21)$$

Luând în considerare acoperirea graficului de sarcină de către CHE (Fig.1.22) se pot determina debitile necesare Q_n din relația:

$$P_{inst.} = 9,81 \cdot \eta \cdot Q_{nec} \cdot H \quad (1.22)$$

unde:

η - randamentul turbinei atunci $H = H_{net}$

η - randamentul sistemului în ansamblu atunci $H = H_{brut}$

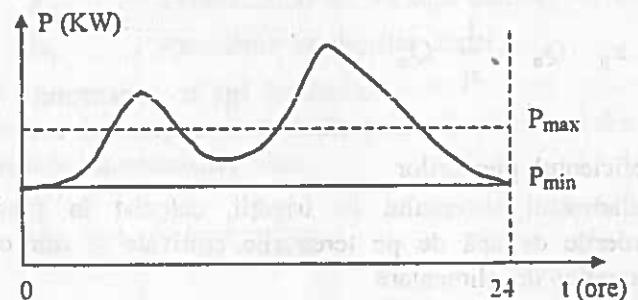


Fig.1.22. Graficul de sarcină al CHE

În amenajarea hidroenergetică în derivație, schema folosită este deschisă (Fig.1.23). Debitele caracteristice sunt:

$$Q_p = Q_{cer} = k_p \cdot Q_n \quad (1.23)$$

unde:

k_p - coeficientul pierderilor de la captare la CHE, $k_p > 1$

Q_n - debitul necesar, determinat la fel ca în cazul anterior

$$Q_e = k_p \cdot Q_n \quad (1.24)$$

unde:

k_p - coeficientul pierderilor de la CHE la emisar, $k_p < 1$

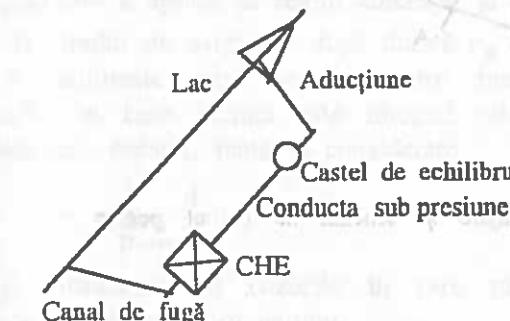


Fig.1.23. Schema amenajării cu derivație

b) Navigația

Transportul pe apă, pe cursul natural sau canal este condiționat de asigurarea adâncimii de navigație, determinată în funcție de pescajul vaselor și lățimea căii corespunzătoare șenalului navigabil prevăzut (Fig.1.24).

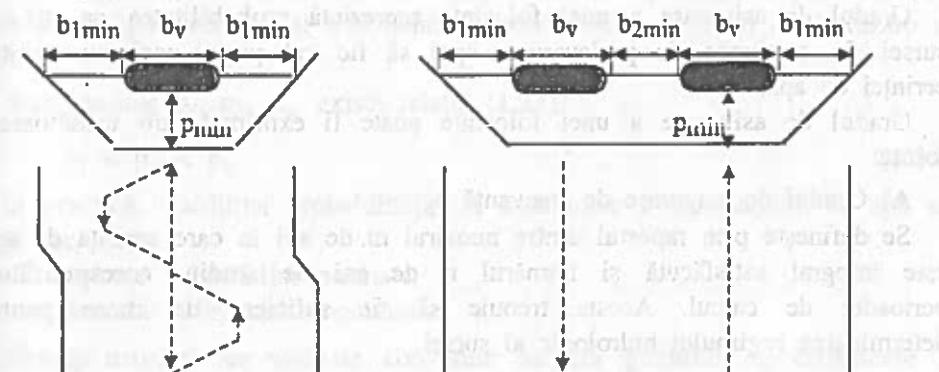


Fig.1.24. Navigația în canale pe un singur fir, respectiv cu dublu flux.

În funcție de traficul impus T ($t / km an$) se stabilește flota (F) și calea (C) și ca atare se poate determina nivelul N , respectiv debitul necesar Q_n .

$$Q_n = f(N) = f(F, C) = f(T) \quad (1.25)$$

Schema de amenajare este o schemă deschisă (Fig.1.25) pentru care debitele caracteristice sunt date în relațiile (1.26).

$$Q_{cer} = Q_n = Q_e$$

$$Q_c = 0$$

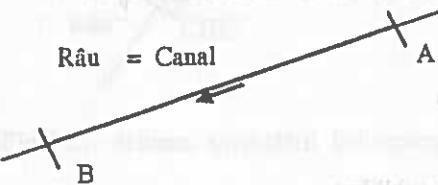


Fig.1.25. Schema de amenajare și schema de calcul pentru navigație

1.2.4.3. Alte folosințe

Pentru oricare altă folosință, consumatoare sau neconsumatoare se stabilește debitul necesar și cel consumat, cunoscând caracteristicile folosinței și apoi corespunzător schemei de amenajare, schema de calcul cu debitele caracteristice Q_p , Q_c , Q_r .

1.2.5. Gradele de asigurare a folosințelor

Gradul de asigurare a unei folosințe reprezintă probabilitatea ca debitul sursei, în secțiunea de prelevare a apei să fie cel puțin egal cu debitul cerinței de apă.

Gradul de asigurare a unei folosințe poate fi exprimat sub următoarele forme:

A) Gradul de asigurare de frecvență p_f

Se definește prin raportul dintre numărul m de ani în care cerința de apă este integral satisfăcută și numărul n de ani de studiu, corespunzător perioadei de calcul. Acesta trebuie să fie suficient de mare pentru determinarea regimului hidrologic al sursei.

$$p_f = \lim_{n \rightarrow \infty} \frac{m}{n} \quad (1.27)$$

Practic, perioadele de calcul fiind relativ scurte se utilizează relații empirice (1.28 ... 1.30):

$$p_f = \frac{m - 0,3}{n + 0,4} \cdot 100\% \quad (1.28)$$

$$p_f = \frac{m}{n + 1} \cdot 100\% \quad (1.29)$$

$$p_f = \frac{m - 0,5}{n} \cdot 100\% \quad (1.30)$$

Asigurarea după frecvență este cea mai utilizată în calculele de gospodărire a apelor în regim amenajat și pe categorii de folosințe.

B) Gradul de asigurare după durată p_d

Se definește prin raportul dintre durata cumulată d (zile, săptămâni, decadențe) în care cerința este integral satisfăcută și durata totală D (zile, săptămâni, decadențe) luată în considerare.

$$p_d = \lim_{D \rightarrow \infty} \frac{d}{D} \quad (1.31)$$

Se utilizează în cazurile în care nu se dispune de o regularizare însemnată și în regim natural.

C) Gradul de asigurare după volum p_v

Se definește prin raportul dintre volumul total de apă v care poate fi efectiv livrat de sursă și volumul total V al cerinței pe perioada de studiu:

$$p_v = \frac{v}{V} \quad (1.32)$$

Este utilizat în cazul în care folosința este condiționată cu precădere de volumul de apă furnizat și mai puțin de perioadele și regimul de furnizare al apei.

Între gradele p_f , p_d , p_v există relația (1.33).

$$p_f < p_d < p_v \quad (1.33)$$

În practică, stabilirea probabilității de satisfacere a folosințelor de apă se poate face prin:

- metoda asigurărilor normate;
- metoda optimizării economice.

Metoda asigurărilor normate constituie măsura gradului de satisfacere a cerințelor de gospodărire a apelor fără a lua în considerare explicit efectele economice ale satisfacerii și respectiv nesatisfacerii cerințelor. Prin această metodă asigurarea de calcul este considerată ca o dată prestabilită a problemei în funcție de categoriile de cerințe (Tabel 1).

Metoda optimizării economice este o metodă bazată pe cunoașterea efectului economic al folosirii apei, respectiv, studiul pagubelor provocate de lipsa apei prin funcții apă - producție. Asigurarea de calcul este un element rezultant pe baza unor calcule de optimizare economică.

Tabel 1. Probabilitățile de satisfacere a cerințelor de apă

Cerințe de apă		Gradul de asigurare după frecvență (%)
I.	Uzinele hidroelectrice	
	$P_i > 300 \text{ MW}$	95
	$P_i = 10 \dots 300 \text{ MW}$ fără lacuri de acumulare	90
	$P_i = 10 \dots 300 \text{ MW}$ cu lacuri de acumulare	80 ... 90
	$P_i < 10 \text{ MW}$	75
II.	Alimentări cu apă industrială	
	Centrale termice $P_i > 10 \text{ MW}$	97
	Centrale termice $P_i < 10 \text{ MW}$	95
	Întreprindere industrială de interes național	95 ... 97
	Întreprindere industrială de interes local	85 ... 95
III.	Alimentări cu apă potabilă	
	Localități urbane și localități balneo-climaterice	95 ... 97
	Localități cu caracter turistic	95 ... 97
	Centre populate în mediul rural	80 ... 90
IV.	Irigații	
	Irigații	80
	Culti legume și culturi orez	85
	Culti de câmp	75
V.	Unități piscicole	
	Pepiniere	85
	Crescătorii flutuajate	80
	Alte amenajări piscicole	75
VI.	Navigație	
	Căi navigabile magistrale	95
	principale	90
	Căi navigabile secundare	85
	locale	80
VII.	Amenajări de agrement	
	Toate categoriile	80

1.2.6. Debitele minime caracteristice gospodăririi calitative a apei

Debitul de scurgere salubră (Q_{ss}) reprezintă debitul minim necesar într-o secțiune pe un curs de apă pentru asigurarea condițiilor naturale de viață ale ecosistemelor acvatice existente, sau altfel spus debitul de apă minim necesar în albie pentru a satisface condițiile igienico-sanitare ale scurgerii.

Ecosistemul acvatic este un complex dinamic de comunități, animale și

microorganisme din mediul acvatic care interacționează într-o unitate funcțională.

Debitul de diluție (Q_d) este debitul de apă minim ce trebuie să existe în albie, amonte de secțiunea de descărcare a apelor uzate pentru a se putea realiza gradul de diluție necesar satisfacerii cerințelor de calitate ale folosințelor de apă.

Debitul de servitute sau debitul minim necesar în albie (Q_s) este debitul cel mai mic care trebuie lăsat în albie, aval de o secțiune dată pentru a asigura cerințele de apă ale folosințelor, satisfacerea diluției apelor uzate și scurgerea săjubră a apelor (Fig.1.26).

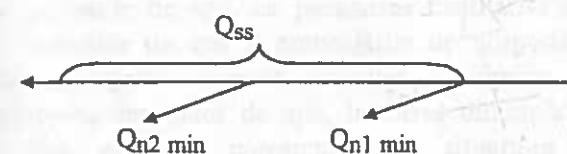


Fig.1.26. Debitul de servitute pe un sector de râu

$$Q_s = \sum Q_{n,i} \min + Q_{ss} \geq Q_d \quad (1.34)$$

1.2.7. Derivații

Derivațiile sunt lucrări de gospodărire a apelor realizate cu scopul de a modifica repartitia naturală în spațiu a resurselor de apă prin transferul unor debite dintr-un curs de apă în altul. Schema unei derivații este prezentată în figura 1.27.

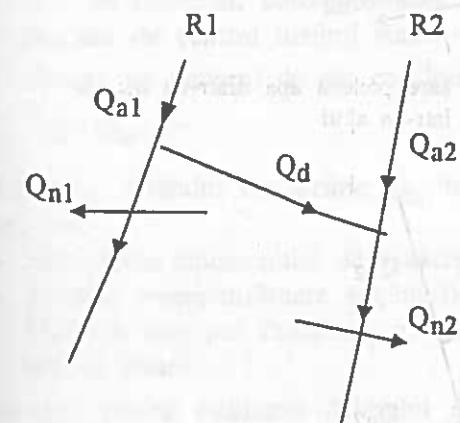


Fig.1.27. Schema derivației

Șirurile de debite prelevate din R1 (hidrograful prelevat de derivații) nu trebuie să coincidă cu cele restituite în R2 (hidrograful restituit), pe parcursul derivației putând exista consumatori sau lucrări de gospodărire a apelor (acumulați). Derivația este necesară atunci când $Q_{0n2} < Q_{0a2}$, adică debitul mediu necesar este mai mic decât cel affluent al râului de priză al folosinței. Pot fi întâlnite cazurile prezentate în figurile 1.28, 1.29 și 1.30.

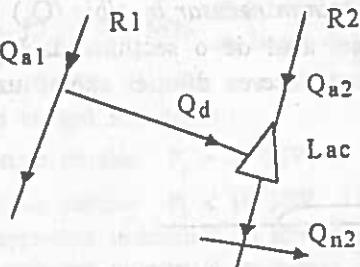


Fig.1.28. Schema unei derivații care debușază într-un lac de acumulare

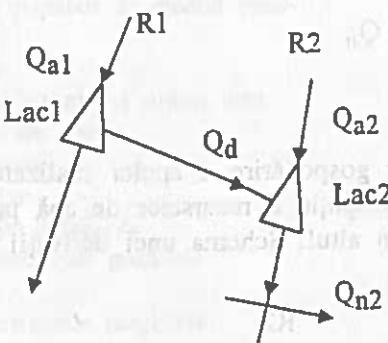


Fig.1.29. Schema unei derivații care prelevă apă dintr-un lac de acumulare și debușeză într-un alt râu

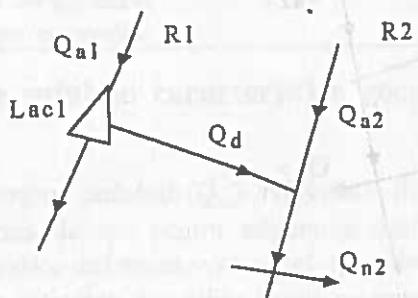


Fig.1.30. Schema unei derivații care prelevă apă dintr-un lac de acumulare și debușeză într-un alt râu

1.2.8. Restricții la folosințe

În funcționarea unui sistem de gospodărire a apelor poate interveni un regim normal de exploatare, cel corespunzător satisfacerii folosințelor la parametrii nominali și un regim cu restricții la folosințe.

Planificarea folosirii resurselor de apă în perioade de secetă va avea la bază documentația privind semnalarea situațiilor de restricții și planul de restricții propriu-zis /15/.

Documentația privind semnalarea situațiilor de restricții cuprinde sistemul de analiză / urmărire pentru sesizarea din timp a situațiilor de restricții pe baza informațiilor privind:

- resursele de apă, ca parametrii cantitativi și sub aspectul calității;
- cerințele de apă și amenajările de gospodărire a apelor.

În activitatea curentă se vor determina fazele caracteristice privind satisfacerea cerințelor de apă, în cazul diminuării continue a debitelor sursei:

- faza *normală*, corespunzătoare situațiilor când în toate secțiunile de control debitul sursei Q este mai mare decât debitul de atenție Q_{at} sau la limită egal cu acesta (1.35);

$$Q \geq Q_{at} \quad (1.35)$$

- faza de *atenție / avertizare*, corespunzătoare situației când în una sau mai multe secțiuni de control debitul sursei Q este mai mic decât debitul de atenție Q_{at} , dar mai mare decât debitul minim necesar Q_N sau la limită egal cu acesta (1.36);

$$Q_{at} \geq Q \geq Q_N \quad (1.36)$$

- faza de *restricții*, corespunzătoare situației când în una sau mai multe secțiuni de control debitul sursei Q este mai mic decât debitul minim necesar pe sectorul de râu considerat Q_N (1.37).

$$Q < Q_N \quad (1.37)$$

Mărimea debitului de atenție Q_{at} trebuie stabilită, de la caz la caz, în funcție de:

- intensitatea fenomenului de scădere a debitelor pe cursurile de apă;
- debitele corespunzătoare regimurilor specifice de funcționare ale unor folosințe care pot funcționa cu cantități variabile de debite prelevate ca apă de răcire.

Orientativ, pentru estimarea debitului de atenție Q_{at} se poate utiliza relația (1.38).

$$Q_{at} = 1,2 \dots 1,4 \cdot Q_N \quad (1.38)$$

Determinarea debitului minim necesar Q_N se face din aval înspre amonte, avându-se în vedere respectarea simultană a condițiilor de satisfacere a cerinței secțiunii curente proprii $Q_{n\ pr}$ și a cerinței secțiunii anterioare din aval $Q_{n\ aval}$, (1.39).

$$\begin{aligned} Q_{n\ pr} &= Q_p + Q_s \\ Q_{n\ aval} &= Q_{n\ ant} + \sum Q_p - \sum Q_r - A \end{aligned} \quad (1.39)$$

unde:

- Q_p - debitul prelevat (minim necesar) pentru captarea considerată
- Q_s - debitul pentru scurgere salubră pe sectorul din avalul secțiunii de control considerate
- $\sum Q_p$ - suma debitelor captate între secțiunea curentă considerată și prima secțiune înspre aval
- $\sum Q_r$ - suma debitelor restituite între secțiunea curentă considerată și prima secțiune înspre aval
- A - aportul de debit între captarea considerată și prima secțiune înspre aval

Debitul necesar pe cursul de apă, în secțiunea curentă considerată Q_n este dat de relația (1.40).

$$Q_n = \max(Q_{n\ pr}, Q_{n\ aval}) \quad (1.40)$$

Calculul se efectuează pentru fiecare secțiune curentă, din aval spre amonte, până în secțiunea de control unde rezultă valoarea debitului minim necesar Q_N aferentă sectorului respectiv.

Planul de restricții propriu-zis cuprinde pentru diferite faze de restricții:

- folosințele restricționate și gradul de afectare al alimentării cu apă cu motivări corespunzătoare;
- atribuții ale unităților de gospodărire a apelor;
- măsuri la utilizatori;
- mod de colaborare;
- evidențe necesare în timpul perioadei de restricții;
- modul de consemnatare a încheierii acestor perioade.

Restricțiile pot fi introduse proporțional pentru fiecare folosință în parte, dacă alte condiții nu sunt impuse sau în funcție de anumite criterii sociale, ecologice, tehnice, economice și strategice. Criteriile pot fi incluse într-un model de optimizare a funcționării unui sistem de gospodărirea apelor.

În vederea adoptării celor mai potrivite decizii de restricționare, care să conducă la pagube cât mai mici folosințelor și pe ansamblul economiei

năționale, la întocmirea planului de restricții, pentru fiecare sector de râu se poate lua în considerare următoarele criterii:

- reducerea în trepte a debitelor captate pentru irigații, înănd seama de posibilitățile practice:
 - reducerea la cca 50% a debitelor pentru culturile de câmp;
 - reducerea totală a debitelor pentru culturile de orez;
 - reducerea totală a debitelor pentru culturile de câmp și satisfacerea cerințelor numai pentru culturile de legume;
- reducerea temporară, cu până la maximum 50% a debitului minim pentru scurgerea salubră;
- diminuarea debitelor alocate amenajărilor piscicole;
- reducerea în trepte a debitelor pentru folosințele industriale conform programelor preliminare de restricții elaborate de beneficiari care vor cuprinde:
 - debite de funcționare a folosinței pe trepte caracteristice de restricționare a alimentării cu apă în situații de deficit de apă la sursă;
 - 2 – 4 trepte sau etape de restricții, eventual scenarii în cazul mai multor surse;
 - efecte fizice și valorice ale restricționării alimentării cu apă, în fiecare treaptă de restricții, la obiectivul respectiv și la alte obiective economice cu care cooperază;
- restricționarea parțială sau totală a alimentării cu apă a unităților industriale cu pondere mare în procesul de poluare a apelor;
- restricționarea intermitentă a alimentării cu apă a centrelor populate, a unităților de deservire a populației și a unităților zootehnice.

Planurile de restricții deja elaborate sau care urmează a se realiza vor fi analizate, actualizate sau modificate anual, în funcție de condițiile hidrologice și de cerințele de apă din bazinul hidrografic respectiv.

1.2.9. Variațiile cerințelor de apă ale folosințelor. Pierderile de apă

Debitele de la sursă sunt în general variabile în același timp în care cerința de apă poate fi constantă și / sau variabilă. Legea de variație a cerinței de apă este de regulă diferită de cea a sursei. Pornind de la debitul necesar al folosinței, constant sau variabil se determină în funcție de schema de amenajare și sistemul interior de compensare al folosinței, debitul cerinței de apă. Ca atare debitul cerinței poate fi variabil ca și cel necesar, în cazul irigațiilor sau poate fi constant deși necesarul este variabil, în cazul alimentărilor cu apă a centrelor populate.

Din punct de vedere al gospodăririi resurselor de apă interesează debitele care sunt prelevate direct de la sursă, incluzând și pierderile din sistemul de alimentare. Cunoașterea pierderilor de apă este importantă în strategia de introducere a restricțiilor și deci în repartitia resurselor către folosințe în perioadele deficitare. Într-o perspectivă dată se pot impune reduceri ale pierderilor la folosințe acolo unde acestea depășesc o anumită medie acceptată în România.

1.2.10. Cadastrul apelor

Activitatea de inventariere, evidență periodică, sistematizare și sintetizare a datelor privind caracteristicile naturale ale cursurilor de apă și a lucrărilor hidrotehnice de folosire, stăpânire și protecție a apelor reprezintă cadastrul apelor. Etapele de desfășurare a activității cadastrale sunt:

- *Inventarierea cadastrală primară* care se realizează pe bazinul hidrografic în situația existentă. Pentru aceasta se întocmesc:
 - cadastrul caracteristicilor naturale ale albiilor cursurilor de apă: modificarea albiei, eroziuni, depunerii, impotmoliri;
 - cadastrul lucrărilor hidrotehnice realizate în vederea combaterii efectului dăunător al apelor: regularizări de albi, consolidări de maluri, îndiguri, desecări;
 - cadastrul folosințelor de apă și al lucrărilor de gospodărire a apelor: alimentări cu apă, irigații, hidroenergetică, navigație, piscicultură, acumulări, derivații;
 - cadastrul surselor de impurificare și al lucrărilor de protecție calitativă a apei: stații de epurare, canalizări.
- *Evidența cadastrală periodică* care se realizează pentru lucrările executate ulterior sau pentru lucrările existente incluse în inventarierea cadastrală și la care au survenit modificări.

Datele obținute prin inventariere și evidență periodică se înscriu în fișe tip care conțin caracteristicile și schița obiectivului. Centralizarea fișelor tip se face pe harta cadastrală a bazinului hidrografic. Sintezele de pe bazinile hidrografice se prezintă într-un atlas cadastral al apelor din România ce conține: rețeaua hidrografică, resursele de apă și lucrările de folosire, stăpânire și protecție a apelor.

2

BILANȚUL APELOR

2.1. Definiții

Bilanțul apei se determină într-o secțiune a unui râu cu relația:

$$\Delta = Q_a - Q_n \quad (2.1)$$

unde:

Q_a – debitul affluent, exprimând debitul mediu orar, zilnic sau lunar corespunzător perioadei de compensare zilnică, lună, anuală sau multiannuală, (m^3/s)

Q_n – debitul necesar să fie asigurat în secțiune în vederea satisfacerii folosințelor, (m^3/s)

Valorile obținute prin aplicarea relației (2.1) pe întreaga perioadă de compensare pot fi pozitive, fiind numite excedente sau negative, numite deficite.

Din punct de vedere tehnic, *bilanțul apei* reprezintă o ecuație a scurgerii în lungul cursului de apă.

Din punct de vedere economic, *bilanțul apei* reprezintă o relație între resurse și cerințe.

Balanța apei reprezintă analiza relației "resurse – cerințe" pe o anumită perioadă de timp, lună, trimestru, an și un anumit teritoriu, bazin hidrografic, județ sau unitate economică. Ea se realizează în scopul analizării echilibrului între resurse și cerințe în vederea repartiției resurselor.

2.2. Analiza bilanțului apei

Bilanțul apei se determină în secțiunile caracteristice. Se consideră secțiuni caracteristice următoarele:

- secțiunea de amplasare a fiecărei folosințe;
- secțiunea de amplasare a fiecărei lucrări de gospodărire a apelor: lac, derivație, stație de tratare, stație de epurare;
- secțiuni administrativ teritoriale: localitate, județ;
- gura de vărsare a fiecărui curs principal de apă;
- secțiunea amonte de confluența unui affluent cu râul principal;
- limita teritoriului național.

Calculul de bilanț al apei într-o secțiune caracteristică depinde de:

- caracteristicile folosinței al cărei debit necesar trebuie asigurat;

- debitul necesar poate fi constant sau variabil între limitele *strict necesar și maxim utilizabil*;
- probabilitatea de satisfacere a cerinței de apă depinde de tipul folosinței;
- regimul de funcționare al folosinței poate fi normal sau cu restricții;
- consistența datelor hidrologice în bazinul considerat
- se dispune de observații directe pe un sir mare de ani;
- se dispune de date hidrologice generale, caz în care se aplică metode de statistică matematică pentru generarea sirului de date necesar;
- tipul lucrărilor de gospodărire a apelor prevăzute în schema de amenajare a bazinului hidrografic
- lucrări de regularizare a debitelor de apă;
- lucrări de compensare a debitelor de apă.

Analiza bilanțului apei se face parcurgând etapele:

- calcularea bilanțului de apă preliminar pe baza căruia se întocmescă schema de amenajare (paragraf 2.2.1);
- propunerea schemei de amenajare și a schemei de calcul (paragraf 2.2.2)
- dimensionarea lucrărilor de gospodărire apei din cadrul schemei (capitol 3).

2.2.1. Bilanțul de apă preliminar

Numărul secțiunilor caracteristice în cadrul unui bazin hidrografic a cărui amenajare se are în vedere este în general mare. Ca atare, apare necesitatea reducerii numărului de secțiuni de calcul al bilanțului, fără însă a influența caucuiele peste o anumită limită admisă de eroare. În continuare vor fi prezentate posibilitățile de reducere a numărului secțiunilor de calcul al bilanțului de apă.

2.2.1.1. Eliminarea din calcul a unor secțiuni

Secțiunile amplasate în zone ce nu sunt controlate de lucrări de gospodărire a apelor nu sunt luate în calculul schemei de amenajare. În astfel de cazuri debitul necesar al folosinței în secțiune este satisfăcut în regim natural, condiția fiind dată de relația (2.2).

$$Q_{\text{prelevat}} + Q_{c \text{ amonte}} \leq Q_{a \text{ min}} \quad (2.2)$$

Conform schemei din figura 2.1 debitele necesare ale folosințelor din secțiunile 2 și 3 sunt satisfăcute în regim natural dacă sunt îndeplinite condițiile:

$$\begin{aligned} Q_{n2} &\leq Q_{a2 \text{ min}} \\ Q_{n3} + Q_{c2} &\leq Q_{a3 \text{ min}} \end{aligned} \quad (2.3)$$

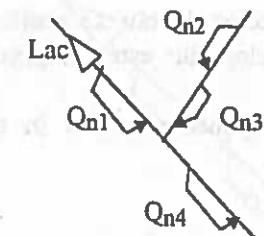


Fig.2.1. Eliminarea din calcul a secțiunilor 2 și 3

Se pot elimina din calcul secțiunile în care debitele necesare ale folosințelor sunt satisfăcute implicit dacă se asigură debitele necesare în secțiunile din amonte. Pentru schema prezentată în figura 2.2 folosința din secțiunea 2 poate fi eliminată din calcul dacă este îndeplinită condiția (2.4).

$$Q_{el} > Q_{n2} \quad (2.4)$$

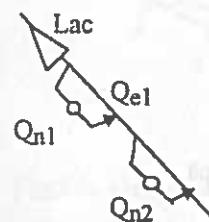


Fig.2.2. Eliminarea din calcul a secțiunii 2

Secțiunile în care deficietele înregistrate sunt mici pot fi de asemenea eliminate din calcul în măsura în care erorile introduse în calculele de bilanț pentru secțiunile din aval nu le depășesc pe cele admise. Secțiunea 1 din figura 2.2 se elimină dacă este îndeplinită condiția (2.5).

$$\begin{aligned} \Delta_1 &\leq (2...3)\% \cdot \Delta_2 \\ \Delta_1, \Delta_2 &< 0 \end{aligned} \quad (2.5)$$

2.2.1.2. Gruparea folosințelor pe un sector de râu

Sector de râu poate fi considerat orice tronson în lungul căruia variațiile debitului affluent nu depășesc 2...3 % din debitul affluent la capătul amonte. În funcție de modul de amplasare a prelevărilor și restituțiilor, folosințele pe un sector de râu pot fi grupate în paralel, serie sau mixt.

În urma grupării folosințelor se obține o singură secțiune, numită *secțiune determinantă*. Asigurarea debitului necesar în această secțiune înseamnă satisfacerea tuturor folosințelor de pe sectorul cursului de apă.

Gruparea în paralel a folosințelor pe un sector de râu se realizează atunci când între secțiunile de captare a folosințelor nu este amplasată nici o secțiune de evacuare.

Secțiunea determinantă este întotdeauna secțiunea din aval în care debitul necesar este maxim și dat de relația (2.6).

$$Q_{n,m} = Q_{p1} + Q_{p2} + \dots + Q_{pn} = \sum_{i=1}^m Q_{pi} \quad (2.6)$$

În cazul grupării în paralel a folosințelor din figura 2.3, secțiunea determinantă va fi secțiunea 2, iar debitul necesar în această secțiune este Q_{n2} (2.7).

$$Q_{n2} = Q_{p1} + Q_{p2} \quad (2.7)$$

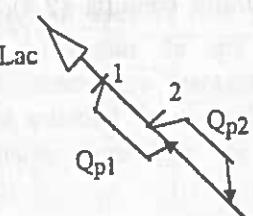


Fig.2.3. Gruparea în paralel a folosințelor de apă

Gruparea în serie a folosințelor pe un sector de râu se realizează atunci când ele sunt amplasate succesiv, fiecare priză fiind situată în aval de punctul de restituție al folosinței din amonte.

În fiecare secțiune de priză se calculează debitul necesar cu relația (2.8).

$$Q_{nj} = Q_{pj} + Q_{ci} + Q_{c2} + \dots + Q_{c(j-1)} = Q_{pj} + \sum_{i=1}^{j-1} Q_{ci} \quad (2.8)$$

Secțiunea determinantă obținută în urma grupării în serie a folosințelor poate fi oricare din secțiunile de priză cu condiția ca debitul necesar să aibă valoarea maximă (2.9).

$$Q_n = \max(Q_{n1}, Q_{n2}, \dots, Q_{nj}, \dots, Q_{nm}) \quad (2.9)$$

Figura (2.4) prezintă un exemplu de grupare în serie a două folosințe. Debiturile în secțiunile de priză ale folosințelor și debitul necesar a fi asigurat în secțiunea determinantă sunt date în relațiile (2.10) și (2.11).

$$Q_{n1} = Q_{p1} \quad (2.10)$$

$$Q_{n2} = Q_{p2} + Q_{ci} \quad (2.11)$$

$$Q_n = \max(Q_{n1}, Q_{n2}) \quad (2.12)$$

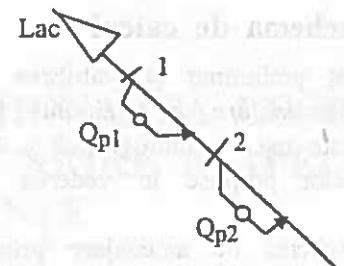


Fig.2.4. Gruparea în serie a folosințelor

Gruparea mixtă a folosințelor pe un sector de râu se realizează atunci când folosințele sunt dispuse atât în paralel cât și în serie. În prima etapă se grupează folosințele dispuse în paralel (Fig.2.5).

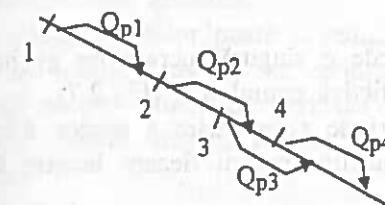


Fig.2.5. Gruparea mixtă a folosințelor

Rezultanta lor se grupează apoi în serie cu celelalte folosințe (Fig.2.6).

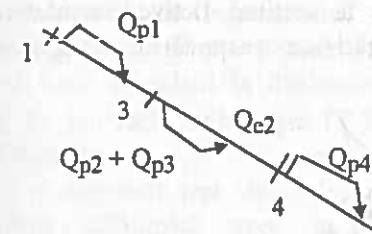


Fig.2.6. Gruparea în paralel a folosințelor din secțiunile 2 și 3

Debiturile necesare în secțiunile de priză ale folosințelor și debitul necesar în secțiunea determinantă sunt date în relațiile (2.12) și (2.13).

$$Q_{n1} = Q_{p1}$$

$$Q_{n3} = Q_{p3} + Q_{p2} + Q_{ci} \quad (2.12)$$

$$Q_{n4} = Q_{p4} + (Q_{ci} + Q_{c2} + Q_{p3})$$

$$Q_n = \max(Q_{n1}, Q_{n3}, Q_{n4}) \quad (2.13)$$

2.2.2. Schema de amenajare și schema de calcul

După efectuarea calculelor de bilanț preliminar și stabilirea secțiunilor determinante se propune *schema de amenajare* a bazinului hidrografic. Aceasta se obține prin suprapunerea peste rețeaua hidrografică a folosințelor și a lucrărilor de gospodărire a apelor propuse în vederea satisfacerii necesarului de apă al folosințelor.

Schema de calcul se deduce din schema de amenajare prin refacerea bilanțului în secțiunile determinante și / sau secțiunile fictive cumulative.

Secțiunea fictivă cumulative rezultă prin gruparea secțiunile determinante de pe un tronson de râu deservite de aceeași lucrare de gospodărire a apelor.

Ecuția de bilanț pentru o secțiune fictivă cumulative este calculată cu relația (2.14).

$$\Delta_f = \min(\Delta_1, \Delta_2, \dots, \Delta_m) \quad (2.14)$$

Pentru o amenajare în care se prevede o singură lucrare de gospodărire a apelor se va stabili o singură secțiune fictivă cumulative (Fig.2.7).

La o amenajare cu mai multe lucrări de gospodărire a apelor dispuse în serie se vor stabili secțiuni fictive cumulative pentru fiecare lucrare în parte (Fig.2.7).

La o amenajare în care lucrările de gospodărire a apelor sunt dispuse în paralel se pot stabili mai multe variante de satisfacere pentru secțiunile situate în aval de confluență (Fig.2.7). În cazul unei amenajări ce cuprinde lucrări de gospodărire a apelor dispuse în sistem mixt se respectă principiile de grupare a secțiunilor determinante în secțiuni fictive cumulative precizate anterior la amenajările care au lucrări de gospodărire a apelor în serie, respectiv în paralel (Fig.2.7).

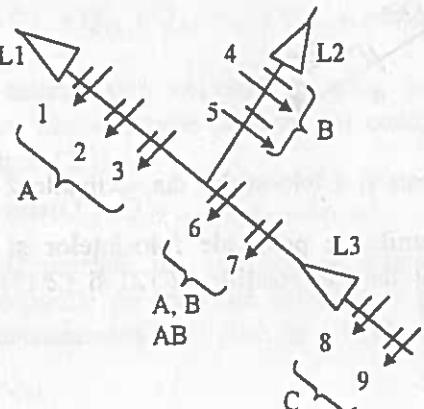


Fig.2.7. Secțiuni fictive cumulative în cazul lacurilor dispuse în sistem mixt

3

DIMENSIONAREA LUCRĂRILOR DE GOSPODĂRIRE A APELOR PENTRU FOLOSINȚE

Lucrările de gospodărire a apelor au rolul de a regulariza debitelor râurilor pentru satisfacerea folosințelor de apă și pentru diminuarea efectului distructiv al apelor.

Problema regularizării debitelor unui râu se pune în două cazuri:

- la *dimensionarea lucrărilor de gospodărire a apelor*;
- în *funcționarea acestora*.

Regularizarea debitelor poate fi realizată:

- integral, debitul mediu al cerinței de apă a folosinței este egal cu debitul mediu affluent pe perioada considerată;
- parțial, debitul minim regularizat este mai mic decât debitul mediu affluent.

3.1. Dimensionarea unei acumulări pentru o folosință

3.1.1. Acumularea de regularizare

În cazul acumulării de regularizare, lacul controlază integral debitul affluent din secțiunea de priză a folosinței.

Șirul de ani luati în calcul la dimensionarea unei acumulări nu trebuie să fie mai redus de un ciclu hidrologic ($T \geq 25 \dots 30$ ani) pentru a atinge o precizie satisfăcătoare.

Dimensionarea cuprinde trei etape de calcul:

- 1) determinarea bilanțului apei în secțiunea de priză a folosinței (paragraful 2.1);

$$\Delta = Q_a - Q_n \quad (3.1)$$

- 2) determinarea variației teoretice a volumelor de apă preluate din lac pentru satisfacerea folosinței de apă, (3.2);

$$V_f = V_i - \Delta \cdot t \quad (3.2)$$

unde:

V_f - volumul de apă golit din lac până la sfârșitul intervalului t

V_i - volumul de apă golit din lac până la începutul intervalului t

Δ - excedentul sau deficitul de apă înregistrat în intervalul t
 t - intervalul de timp luat în calcul (oră, zi, lună)

În această etapă calculele se fac prin aproximări successive, acceptând ipoteza lacului plin ($V_i = 0$) la începutul perioadei de calcul (T). Valoarea V_f obținută la sfârșitul primului interval de timp devine V_i pentru cel de-al doilea.

Valorile $V_f \geq 0$ reprezintă volumele de apă prelevate din lac până în momentul considerat. (Fig.3.1).

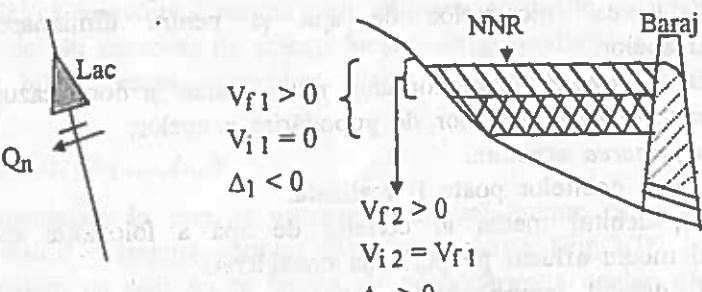


Fig.3.1. Volumele de apă prelevate din acumulare

Valorile $V_f < 0$ reprezintă surplusul de apă peste cota maximă care este deversat în aval fără a putea fi folosit. Această situație apare numai atunci când bilanțul apei în secțiunea de priză a folosinței este pozitiv. Excedentele care ar putea apare în secțiunea de priză a folosinței sunt reținute de săpt în acumulare. Afluvența în lac însă poate fi semnificativă și ca atare, lacul nu numai că se umple până la cota maximă dar este nevoie ca o parte din afluvență să fie deversată (Fig.3.2). Valorile V_f negative ($V_f < 0$) se consideră în calculele ulterioare zero ($V_f = 0$) întrucât nu contribuie la stabilirea volumului acumulării prevăzută pentru a acoperi perioadele deficitare.

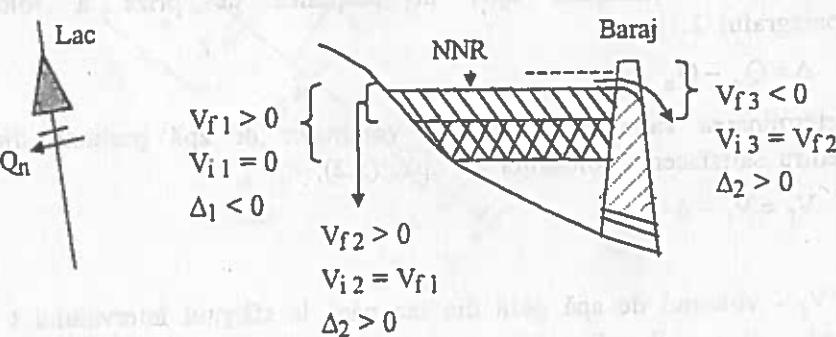


Fig.3.2. Surplusul de apă deversat în aval

3) determinarea volumului util al acumulării pentru satisfacerea folosinței cu asigurarea $p\%$

Șirul de n valori $V_f > 0$ se ordonează crescător. Din relația empirică (3.3) pentru asigurarea de calcul $p\%$ se obține valoarea j .

$$p = \frac{j - 0,3}{n + 0,4} \cdot 100 \quad (\%) \quad (3.3)$$

În sirul de valori V_f , ea reprezintă volumul acumulării cu asigurarea p (%).

$$V_{lac} = V_f^{p\%} \quad (3.4)$$

3.1.2. Acumularea de compensare

În cazul acestui tip de acumulare, lacul controlează parțial debitele afluente în secțiunea de priză a folosinței.

Cele trei etape parcuse la dimensionarea acumulării de regularizare se aplică și în acest caz. În plus apare necesitatea stabilirii șirului de valori ale debitelor afluente ce pot fi reținute în lac, având în vedere că lacul și folosința de apă se găsesc pe sectoare diferite (Fig.3.3).

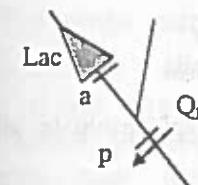


Fig.3.3. Schema acumulării de compensare

1) calculul bilanțului în secțiunea de priză a folosinței (3.5)

$$\Delta_p = Q_{ap} - Q_n \quad (3.5)$$

2) stabilirea șirului de calcul Δ' , (3.6) format din deficitelor reale din secțiunea p și excedentele acumulabile (3.7) obținute prin compararea excedentelor din secțiunea p cu debitile afluente în secțiunea a (Fig.3.4)

$$\begin{aligned} \Delta_p < 0 &\Rightarrow \Delta' = \Delta_p \\ \Delta_p > 0 &\Rightarrow \Delta' = \min(\Delta_p, Q_{aa}) \end{aligned} \quad (3.6)$$

dacă:

$$\begin{aligned} \Delta_p > Q_{aa} &\Rightarrow \Delta' = Q_{aa} \\ \Delta_p < Q_{aa} &\Rightarrow \Delta' = \Delta_p \end{aligned} \quad (3.7)$$

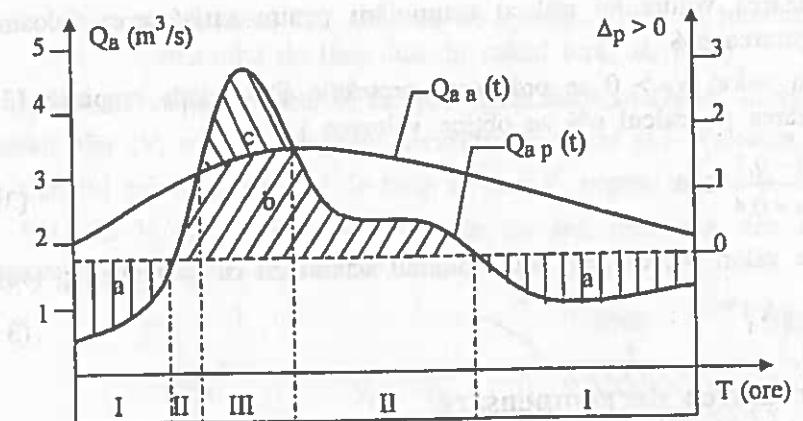


Fig.3.4. Graficul regularizării de compensare

- I - perioadă deficitară
- II - perioadă excedentară, debitele acumulabile sunt determinate de excedentele din secțiunea de priză
- III - perioadă excedentară, debitele acumulabile sunt determinate de debitele afluente în acumulare
- a - volum de apă deficitare
- b - volum de apă excedentare acumulabile
- c - volum de apă excedentare neacumulabile

3) determinarea variației teoretice a volumelor de apă preluate din lac pentru satisfacerea folosinței de apă, (3.8)

$$V_f = V_i - \Delta' \cdot t \quad (3.8)$$

4) determinarea volumului util al acumulării pentru satisfacerea folosinței cu asigurarea $p\%$

$$V_{lac} = V_f^{p\%} \quad (3.9)$$

3.2. Dimensionarea acumulărilor pentru mai multe folosințe

3.2.1. Folosințe amplasate pe un sector de râu

Dacă pe un sector de râu se găsesc amplasate mai multe folosințe, ele se grupează în paralel, serie sau mixt, rezultând o singură secțiune determinantă.

Acumularea din schema obținută se dimensionează ca o acumulare de regularizare (Fig.3.5) sau de compensare (Fig.3.6) cu o singură secțiune de calcul.

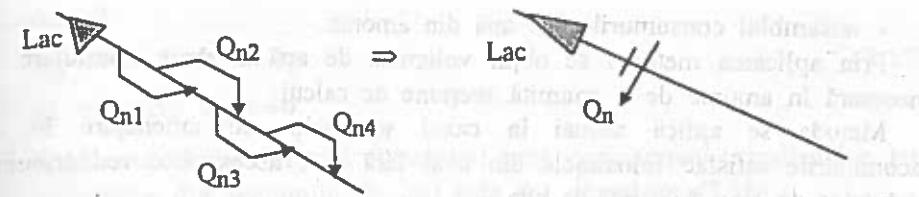


Fig.3.5. Acumularea de regularizare pentru mai multe folosințe

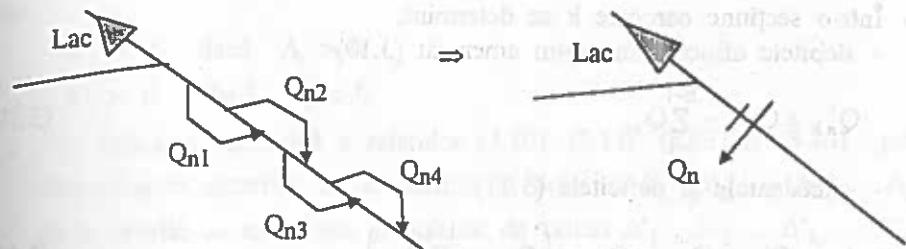


Fig.3.6. Acumularea de compensare pentru mai multe folosințe

3.2.2. Folosințe amplasate pe sectoare diferite

Schemele de amenajare a bazinelor hidrografice cuprind frecvent folosințe de apă care sunt amplasate pe sectoare de râu diferite. Ca urmare, calculul bilanșului trebuie efectuat în mai multe secțiuni. Metodele utilizate în practică sunt: metoda bilanșurilor cumulative și metoda modificării hidrografelor.

3.2.2.1. Metoda bilanșurilor cumulative

Aplicarea acestei metode presupune efectuarea calculelor de bilanș în secțiuni succesive (Fig.3.7).

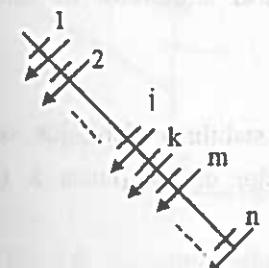


Fig.3.7. Schema de aplicare a metodei bilanșurilor cumulative

În fiecare secțiune de calcul se ține seama de:

- cerința de apă din secțiunea respectivă;

- ansamblul consumurilor de apă din amonte.

Prin aplicarea metodei se obțin volumele de apă a căror acumulare este necesară în amonte de o anumită secțiune de calcul.

Metoda se aplică numai în cazul schemelor de amenajare în care acumulările satisfac folosințele din aval fără a fi necesară o redistribuire a debitelor de la o folosință la alta.

Etapele de calcul sunt menționate în cele ce urmează.

1) Calculul bilanțului în fiecare din secțiunile succesive

- Într-o secțiune oarecare k se determină:

- debitele afluentes în regim amenajat (3.10)

$$Q'_{ak} = Q_{ak} - \sum_{i=1}^{k-1} Q_{ci} \quad (3.10)$$

- excedentele și deficitile (3.11)

$$\Delta_k = Q'_{ak} - Q_{nk} = Q_{ak} - \left(Q_{nk} + \sum_{i=1}^{k-1} Q_{ci} \right) \quad (3.11)$$

- Compararea deficitelor din secțiunea k cu deficitile din secțiunile amonte

- pentru satisfacerea folosințelor în secțiunea k și amonte de aceasta, debitul affluent se suplimentează cu Δ_k ;
- pentru satisfacerea folosințelor în secțiunea j și amonte de aceasta, debitul affluent se suplimentează cu Δ_j ;
- pentru satisfacerea simultană a secțiunilor j , k și cele din amonte, debitul affluent se suplimentează cu Δ'_k , (3.12)

$$\Delta'_k = \min(\Delta_j, \Delta_k) \quad (3.12)$$

- pentru cele (1...k) secțiuni de calcul, șirul deficitelor de calcul este dat de relația (3.13)

$$\Delta'_k = \min(\Delta_1, \Delta_2, \dots, \Delta_j, \Delta_k) \quad (3.13)$$

- Analiza excedentelor este necesară pentru stabilirea debitelor ce pot fi reținute în acumulări. Compararea excedentelor din secțiunea k ($\Delta_k > 0$) cu cele din secțiune m din aval ($\Delta_m > 0$)

$$\Delta_k > \Delta_m \Rightarrow \Delta'_k = \Delta_m \quad (3.14)$$

- în cazul în care în secțiunea m se înregistrează deficite ($\Delta_m < 0$), excedentele din secțiunea k ($\Delta_k > 0$) nu pot fi folosite pentru umplerea acumulărilor din amonte (3.15)

$$\Delta_k > 0$$

$$\Delta_m < 0 \rightarrow \Delta_m = 0 \quad (3.15)$$

$$\Delta'_k = \min(\Delta_k, \Delta_m) = 0$$

- șirul excedentelor de calcul rezultat prin compararea excedentelor sau deficitelor din secțiunile (k...m) este dat de relația (3.16)

$$\Delta'_k = \min(\Delta_k, \Delta_m, \dots, \Delta_n) \geq 0 \quad (3.16)$$

unde:

$$\Delta'_i = \Delta_i \text{ dacă } \Delta_i > 0$$

$$\Delta'_i = 0 \text{ dacă } \Delta_i < 0$$

• Prin aplicarea succesivă a relațiilor (3.10), (3.11), (3.13) și (3.16) pentru determinarea șirurilor de excedente și deficitice $\Delta_1, \Delta_2, \dots, \Delta_k, \dots, \Delta_n$ se obțin șirurile de excedente și deficitice de calcul $\Delta'_1, \Delta'_2, \dots, \Delta'_k, \dots, \Delta'_n$.

2) Șirurile Δ' se utilizează pentru determinarea variației volumelor de apă în lacurile de acumulare amplasate în amonte de o anumită secțiune.

3) Se stabilește apoi volumul de apă necesar pentru satisfacerea folosințelor din secțiunea aleasă, cu o asigurare dată.

4) Volumul de apă se repartizează pe bazin. În cazul a două secțiuni de calcul succesive, repartiția volumelor în lacuri este redată în figurile de mai jos (Fig.3.8), (Fig.3.9) și (Fig.3.10).

Pentru a satisface deficitile de apă până în secțiunea j este nevoie de acumularea volumului V_j în amonte. Pentru a satisface deficitile de apă până în secțiunea k este nevoie de acumularea volumului V_k în amonte ($V_k > V_j$).

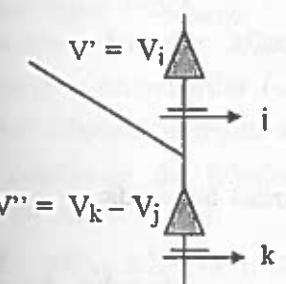


Fig.3.8. Repartiția volumului de apă în bazinul hidrografic (varianta I)

În varianta I, dacă se amplasează în amonte de secțiunea j un lac de acumulare cu volumul $V' = V_j$, pentru satisfacerea deficitelor în aval de

secțiunea j până în secțiunea k este nevoie de o acumulare cu un volum de apă $V'' = V_k - V_j$.

În varianta a II-a se amplasează amonte de secțiunea j întreg volumul apă care satisfac deficitele până în secțiunea k ($V' = V_k$).

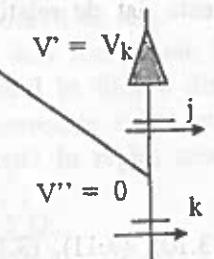


Fig.3.9. Repartiția volumului de apă în bazinul hidrografic (varianta a II-a)

În varianta a III-a se amplasează amonte de secțiunea j o acumulare cu un volum de apă ce satisfac integral deficitele până în secțiunea j și o parte din deficitele aval de secțiunea j până în secțiunea k ($V_j < V' < V_k$). Restul deficitelor de pe tronsonul de râu cuprins între secțiunea j și secțiunea k sunt satisfăcute de o acumulare cu un volum ($V'' = V_k - V' < V_k - V_j$).

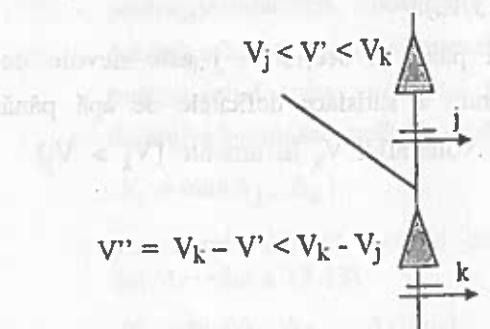


Fig.3.10. Repartiția volumului de apă în bazinul hidrografic (varianta a III-a)

Numărul de variante distincțe de amplasare a volumului de apă în acumulări (N) poate fi determinat cu relația (3.17).

$$N = 3^{n-1} \quad (3.17)$$

unde:

n – numărul secțiunilor de calcul succesive

3.2.2.2. Metoda modificării hidrografelor

Metoda bilanșurilor cumulative se aplică în schemele complexe care prevăd redistribuirea ale debitelor printr-un sir de lacuri de acumulare (Fig.3.11).

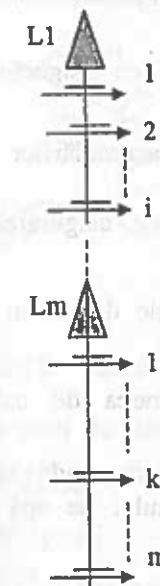


Fig.3.11. Schema de amenajare pentru aplicarea metodei modificării hidrografelor

Redistribuirea în timp a debitelor prin acumulările din amonte de o secțiune oarecare k produce:

- sporirea debitelor afluente naturale în secțiune în perioadele de golire a acumulărilor ($+ \Delta Q_{m-1}$);
- reducerea debitelor afluente naturale în secțiune în perioadele de umplere a acumulărilor ($- \Delta Q_{m-1}$).

Debitele afluente în regim modificat în secțiunea k, (Q'_{ak}) țin cont și de debitelor consumate de folosiștele amplasate în amonte ($\sum Q_{c(k-1)}$) și sunt calculate cu relația (3.18).

$$Q'_{ak} = Q_{ak} - \sum Q_{c(k-1)} \pm \Delta Q_{m-1} \quad (3.18)$$

Sirul de excedente și deficite în secțiunea k este determinat cu relația (3.19).

$$\Delta_k = Q'_{ak} - Q_{nk} \quad (3.19)$$

După calculele de bilanș efectuate în toate secțiunile de calcul se determină volumul necesar al acumulărilor similar cu cazurile precedente.

3.2.3. Folosințe cu asigurări diferite

Metodele utilizate pentru dimensionarea acumulărilor și prezentate în paragrafele anterioare au luat în considerare folosințe având aceeași asigurare de calcul.

În schemele complexe apar, în general, folosințe cu asigurări diferite $p_1, p_2 \dots p_{n-1}, p_n$, ordonate crescător.

Pentru m folosințe cu asigurări diferite, volumul acumulărilor din bazin se determină în trei variante astfel încât:

- să permită satisfacerea tuturor folosințelor la asigurarea de calcul $p = p_1$;
- să permită satisfacerea folosințelor cu asigurările de calcul p_{n-1} și p_n la asigurarea $p = p_{n-1}$;
- să permită satisfacerea folosințelor cu asigurarea de calcul p_n , la asigurarea respectivă.

Volumul de apă ce urmează să fie acumulat corespunde variantei cele mai defavorabile, adică cea în care valoarea volumului de apă necesar este maximă.

3.3. Dimensionarea schemelor complexe de gospodărire a apelor pentru satisfacerea folosințelor

Dacă cerințele de apă ale folosințelor din bazinul hidrografic nu pot fi asigurate integral în regim natural este necesară realizarea unei scheme de amenajare.

Se iau în considerare, în primul rând, posibilitățile de eliminare din scheme de amenajare a unor secțiuni cu folosințe. Secțiunile rămase pe fiecare sector de râu se grupează în câte o secțiune determinantă. Atunci când este posibil, secțiunile determinante pot fi grupate în secțiuni fictive cumulative.

Față de secțiunile de calcul al bilanțului o acumulare poate fi de regularizare sau de compensare în funcție de amplasamentul ei și deci etapele parcuse la dimensionarea ei vor fi în concordanță cu cele precizate în paragrafele 3.1.1 și 3.1.2. În cazul în care o acumulare satisfac mai multe secțiuni determinante acestea se grupează într-o secțiune fictivă și se aplică metoda bilanțurilor cumulative.

3.3.1. Scheme complexe cu acumulări în trepte

Dimensionarea schemei de amenajare începe cu dimensionarea lacului din amonte, continuându-se înspre aval.

Pentru acumulările din aval se aplică metoda modificării hidrografelor.

În ceea ce urmează vor fi prezentate modelele teoretice de calcul (A, B, C) pentru astfel de scheme.

A) Într-o primă etapă se verifică dacă folosințele din figura 3.12 sunt satisfăcute în regim natural (relația 2.2).

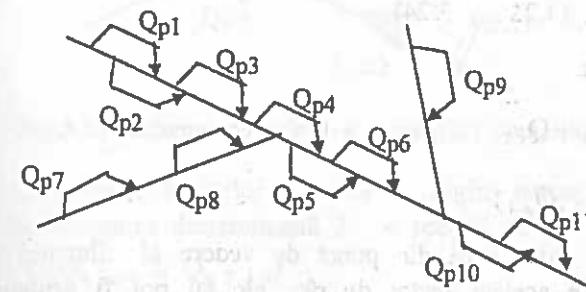


Fig.3.12. Schema folosințelor din bazinul hidrografic

Analizând șirul de date rezultă:

$$\begin{aligned} Q_{p1} &> Q_{a1\ min} \\ Q_{p7} &< Q_{a7\ min} \\ Q_{p8} + Q_{c7} &< Q_{a8\ min} \\ Q_{p9} &< Q_{a9\ min} \\ Q_{p10} &> Q_{a10\ min} \end{aligned} \quad (3.20)$$

Din relațiile (3.20) se observă că secțiunile folosințelor 7, 8, 9 pot fi eliminate din schema de calcul întrucât sunt satisfăcute în regim natural.

Comparând debitele prelevate și evacuate pentru folosințele rămase se constată că secțiunea folosinței 3 poate fi eliminată din schema de calcul (3.21)

$$Q_{c1} > Q_{p3} \quad (3.21)$$

Schema din figura 3.12 se modifică cu schema din figura 3.13.

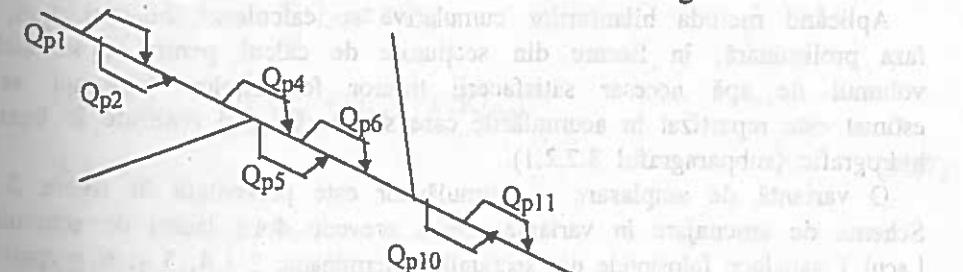


Fig.3.13. Schema modificată în urma eliminării secțiunilor

În următoarea etapă secțiunile rămase se grupează în serie, paralel sau mixt pe sectoare de râu.

- Secțiunile 1 și 2 se grupează în paralel iar rezultanta lor în serie cu secțiunea 4. Se obține o singură secțiune determinantă care poate fi secțiunea 2 sau 4, (3.22 ... 3.24).

$$Q_{n2} = Q_{p1} + Q_{p2} \quad (3.22)$$

$$Q_{n4} = Q_{p4} + Q_{c1} + Q_{c2} \quad (3.23)$$

$$Q_{n2/4} = \max(Q_{n2}, Q_{n4}) \quad (3.24)$$

- Secțiunile 5 și 6 chiar dacă din punct de vedere al afluentei naturale s-ar putea situa pe același sector de râu, ele nu pot fi grupate într-o secțiune determinantă decât în cazul în care $Q_{e4} = 0$ sau are o valoare ce poate fi neglijată.
- Secțiunile 10 și 11 se grupează în paralel, secțiunea determinantă fiind secțiunea 11, (3.25).

$$Q_{n11} = Q_{p11} + Q_{p10} \quad (3.25)$$

În urma grupărilor secțiunilor, schema din figura 3.13 se transformă în schema dată în figura 3.14.

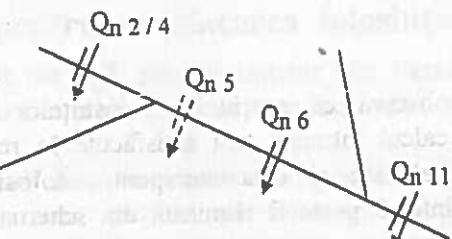


Fig.3.14. Schema rezultată în urma grupării secțiunilor

Aplicând metoda bilanșurilor cumulative se calculează bilanșul apei, în fază preliminară, în fiecare din secțiunile de calcul pentru a se stabili volumul de apă necesar satisfacerii tuturor folosințelor. Volumul astfel estimat este repartizat în acumulările care se prevăd a fi realizate în bazin hidrografic (subparagraful 3.2.2.1).

O variantă de amplasare a acumulărilor este prezentată în figura 3.15. Schema de amenajare în varianta aleasă prevede două lacuri de acumulare. Lacul 1 satisfacă folosințele din secțiunile determinante 2 / 4, 5 și 6 grupate în rândul lor într-o secțiune fictivă cumulativă. Lacul 2 satisfacă folosințele din secțiunea determinantă 11.

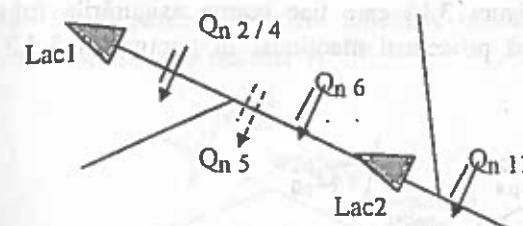


Fig.3.15. Schema de calcul a amenajării complexe

Prin compararea debitelor afluente în regim natural în secțiunea lacului 1 cu cele din secțiunea determinantă 2 / 4 rezultă că lacul 1 este o acumulare de regularizare ($Q_{a\text{ lac1}} \equiv Q_{n2/4}$).

Dimensionarea lacului parurge cele trei etape (paragraful 3.1.1).

$$\Delta_{2/4} = Q_{a2/4} - Q_{n2/4}$$

$$\Delta_5 = Q'_{a5} - Q_{n5}$$

$$Q'_{a5} = Q_{a5} - (Q_{c1} + Q_{c2} + Q_{c3} + Q_{p4} + Q_{c7} + Q_{c8})$$

$$\Delta_6 = Q'_{a6} - Q_{n6}$$

$$Q'_{a6} = Q_{a6} - (Q_{c1} + Q_{c2} + Q_{c3} + Q_{c4} + Q_{p5} + Q_{c7} + Q_{c8}) \quad (3.26)$$

$$\Delta_f = \min(\Delta_{2/4}, \Delta_5, \Delta_6)$$

$$V_f = V_i - \Delta_f \cdot t$$

$$V_{lac1} = V_f^{p_{50}}$$

La dimensionarea lacului 2 se are în vedere modul de exploatare al lacului 1, prin aplicarea metodei modificării hidrografelor.

Lacul 2 este o acumulare de compensare întrucât nu se găsește amplasat pe același sector de râu cu secțiunea de calcul (paragraful 3.1.2).

$$Q'_{a\text{ lac2}} = Q_{a\text{ lac2}} - \sum_{i=1}^9 Q_{ci} \pm \Delta Q_{lac1}$$

$$Q'_{a11} = Q_{a11} - \left(\sum_{i=1}^9 Q_{ci} + Q_{p10} \right) \pm \Delta Q_{lac1}$$

$$\Delta_{11} = Q'_{a11} - Q_{n11}$$

$$\Delta_f = \min(Q'_{a\text{ lac2}}, \Delta_{11})$$

$$V_f = V_i - \Delta_f \cdot t$$

$$V_{lac2} = V_f^{p_{50}}$$

B) Analiza schemei din figura 3.12 care ține seama asigurărilor folosințelor (Fig. 3.16) se efectuează după procedeul menționat în paragraful 3.2.3.

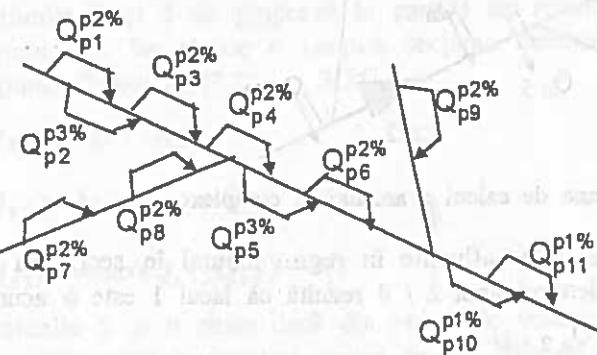


Fig.3.16. Schema folosințelor cu asigurările de calcul

În prima etapă se determină volumul necesar de apă ce trebuie acumulat în bazin hidrografic pentru satisfacerea tuturor folosințelor la asigurarea p1%, cunoscând că p1% < p2% < p3%. Modul de desfășurare al calculului este similar cu cel din exemplul anterior. După eliminarea secțiunilor folosințelor 3, 7, 8 și 9, gruparea celorlalte secțiuni pe sectoare de râu și calculele de bilanț preliminar efectuat în secțiunile determinante rezultă un volum de apă necesar V^{p1%}.

În cea de-a doua etapă se determină volumul necesar de apă pentru satisfacerea folosințelor cu asigurările p2% și p3%, la asigurarea p2%, (V^{p2%}).

Folosințele din secțiunile 3, 7, 8 și 9 se elimină pe baza considerentelor prezentate în exemplul anterior.

Folosințele din secțiunile 10 și 11 cu asigurarea de calcul p1% se elimină din calcul. Schema din figura 3.16 se modifică (Fig.3.17).

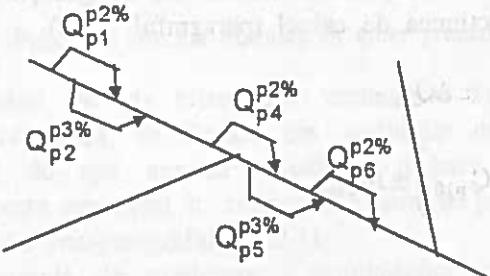


Fig.3.17. Schema de dimensionare la asigurarea de calcul p2%

În schemă se grupează secțiunile folosințelor pe sectoare de râu (Fig.3.18), la fel ca în exemplul anterior și apoi se calculează bilanțul preliminar în

secțiunile determinante. În urma aplicării metodei bilanșurilor cumulative se obține volumul de apă necesar V^{p2%}.

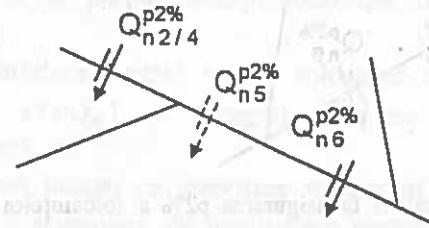


Fig.3.18. Schema de dimensionare la asigurarea de calcul p2% rezultată în urma grupării secțiunilor

În cea de-a treia etapă din schemă se elimină în plus față de etapa anterioară și secțiunile folosințelor cu asigurarea de calcul p2% (Fig.3.19).

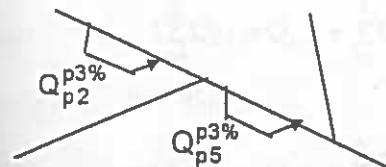


Fig.3.19. Schema de dimensionare la asigurarea de calcul p3%

După efectuarea calculelor de bilanț preliminar în cele două secțiuni determinante rezultă volumul de apă necesar cu asigurarea p3% (V^{p3%}).

$$\begin{aligned}\Delta_2 &= Q_{a2} - Q_{n2} \\ \Delta_5 &= Q'_{a5} - Q_{n5} \\ Q'_{a5} &= Q_{a5} - Q_{c2} \\ \Delta_f &= \min(\Delta_2, \Delta_5) \\ V_f &= V_i - \Delta_f \cdot t \\ V_{iac} &= V_f^{p3\%}\end{aligned}\tag{3.28}$$

Volumele de apă determinate în cele trei etape se compară și se alege volumul care satisfacă cerințele folosințelor în situația cea mai dezfavorabilă.

$$V = \max(V^{p1\%}, V^{p2\%}, V^{p3\%})\tag{3.29}$$

Dacă $V = V^{p1\%}$ o variantă de repartizare a sa pe bazin poate fi cea prezentată în exemplul anterior și redată în figura 3.15.

Dacă $V = V^{p2\%}$ repartizarea sa în bazin hidrografic poate fi făcută conform schemei de calcul din figura 3.20.

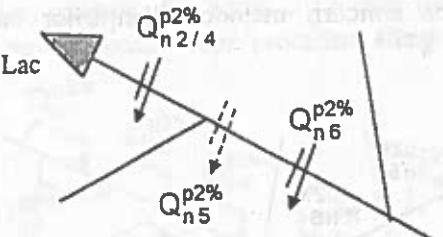


Fig.3.20. Schema de calcul la asigurarea p2% a folosințelor

Lacul se dimensionează la fel ca și lacul 1 din exemplul anterior.

Dacă $V = V^{p3\%}$ repartizarea sa se poate face conform schemei de calcul din figura 3.21.

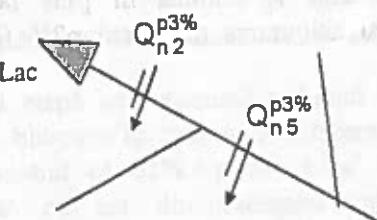


Fig.3.21. Schema de calcul la asigurarea p3% a folosințelor

Lacul se calculează, parcurgând etapele de dimensionare a unei acumulări de regularizare dacă afluxența în regim natural în secțiunea lacului este aceeași cu cea din secțiunea folosinței 2. Secțiunile 2 și 5 se grupează într-o secțiune fictivă cumulativă.

C) Pentru schema dată în figura 3.12, după determinarea volumului de apă necesar satisfacerii tuturor folosințelor se propune o altă variantă de repartizare a acestuia în bazinul hidrografic, diferită față de cea aleasă în modelul de calcul A, (Fig.3.22).

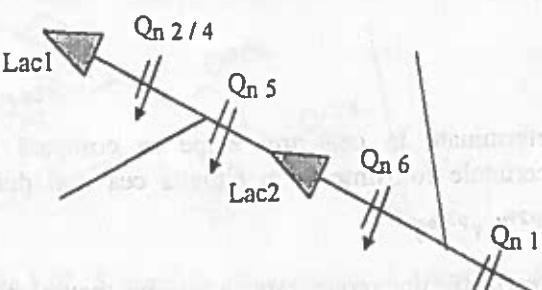


Fig.3.22. Schema de calcul amenajării complexe – modelul C

Ipoteza de calcul pentru dimensionarea celor două acumulări presupune că:

- lacul 1 satisfacă integral cerințele folosințelor din secțiunile determinante 2 / 4 și 5 și parțial cerința folosinței din secțiunea determinantă 6 ($x\% Q_{n6}$);

- lacul 2 satisfacă parțial cerința folosinței din secțiunea determinantă 6 $[(100 - x\%)Q_n]$ și integral cerințele folosințelor din secțiunea determinantă 11.

Dimensionarea începe cu stabilirea volumului de apă al lacului 1, (3.30), considerat a fi o acumulare de regularizare pentru secțiunea determinantă 2 / 4 ($Q_{a\text{ lac1}} \equiv Q_{a2/4}$) și de compensare pentru secțiunile determinante 5 și 6.

$$\begin{aligned}\Delta_{2/4} &= Q_{a2/4} - Q_{n2/4} \\ \Delta_5 &= Q'_{n5} - Q_{n5} \\ Q'_{n5} &= Q_{n5} - (\sum_{i=1}^3 Q_{ci} + Q_{p4} + \sum_{i=7}^8 Q_{ci}) \\ \Delta_6 &= Q'_{n6} - x\% Q_{n6} \\ Q'_{n6} &= Q_{n6} - (\sum_{i=1}^4 Q_{ci} + Q_{p5} + \sum_{i=7}^8 Q_{ci}) \\ \Delta_f &= \min(\Delta_{2/4}, \Delta_5, \Delta_6) \\ V_f &= V_i - \Delta_f \cdot t \\ V_{lac1} &= V_f^{p\%}\end{aligned}\tag{3.30}$$

Lacul 2 este acumulare de compensare pentru secțiunea determinantă 6 ($Q_{a\text{ lac2}} \equiv Q_{a6}$) și acumulare de compensare pentru secțiunea determinantă 11. Volumul lacului 2 este stabilit prin aplicarea relațiilor (3.31).

$$\begin{aligned}\Delta_6 &= Q'_{n6} - Q_{n6} \\ Q'_{n6} &= Q_{n6} - (\sum_{i=1}^4 Q_{ci} + Q_{p5} + \sum_{i=7}^8 Q_{ci}) \pm \Delta Q_{lac1} \\ \Delta_{11} &= Q'_{n11} - Q_{n11} \\ Q'_{n11} &= Q_{n11} - \left(\sum_{i=1}^9 Q_{ci} \right) \pm \Delta Q_{lac1} \\ \Delta_f &= \min(\Delta_6, \Delta_{11}) \\ V_f &= V_i - \Delta_f \cdot t \\ V_{lac2} &= V_f^{p\%}\end{aligned}\tag{3.31}$$

În relațiile (3.31) se observă că pentru calculul bilanțului în secțiunea 6 se ia în considerare întregul debit necesar încrât acesta trebuie să fie satisfăcut prin funcționarea ambelor lacuri. Debitele de apă alocate folosinței 6 în lacul 1 tranzitează lacul 2, deci măresc debitele afluente în secțiunea 6, care asigură astfel întregul necesar al folosinței.

3.3.2. Scheme complexe cu acumulări în paralel

Acumulările care intră în componența acestor scheme sunt amplasate pe cursuri de apă diferite, astfel încât funcționarea uneia nu modifică debitele afluente în secțiunea celeilalte.

Schema din figura 3.23 este identică cu schema folosințelor dintr-un bazin hidrografic prezentată în figura 3.12, ipotezele privind satisfacerea folosințelor fiind altele.

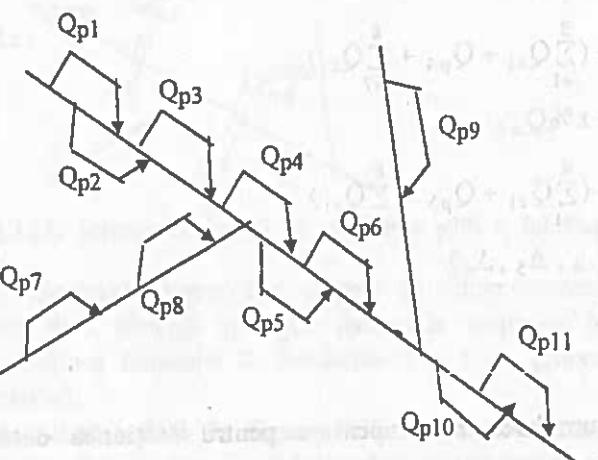


Fig.3.23. Schema folosințelor dintr-un bazin hidrografic

Din schemă pot fi eliminate folosințele care sunt satisfăcute:

- în regim natural, cazul folosinței din secțiunea 9;

$$Q_{p9} < Q_{a9 \min} \quad (3.32)$$

- ca urmare a funcționării folosințelor din amonte, cazul folosințelor din secțiunile 3, 5, 10 și 11;

$$Q_{e1} > Q_{p3} \quad (3.33)$$

$$Q_{e8} > Q_{p5} \quad (3.33)$$

$$Q_{e6} > Q_{p10} + Q_{p11} \quad (3.33)$$

În condițiile de mai sus schema din figura 3.23 se transformă în schema prezentată în figura 3.24.

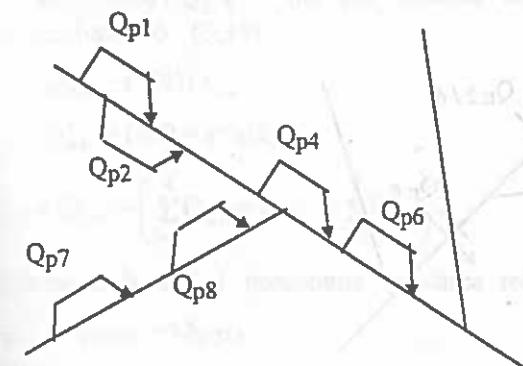


Fig.3.23. Schema rezultată în urma eliminării folosințelor

Folosințele din secțiunile 1, 2 și 4 se găsesc pe aceleași sector de râu, deci se pot grupa într-o singură secțiune determinantă (3.34).

$$Q_{n2} = Q_{p1} + Q_{p2} \quad (3.34)$$

$$Q_{n4} = Q_{p4} + Q_{c1} + Q_{c2} \quad (3.34)$$

$$Q_{n2/4} = \max(Q_{n2}, Q_{n4})$$

Folosințele din secțiunile 7 și 8 se grupează în serie (3.35).

$$Q_{n7} = Q_{p7}$$

$$Q_{n8} = Q_{p8} + Q_{c7} \quad (3.35)$$

$$Q_{n7/8} = \max(Q_{n7}, Q_{n8})$$

Schema rezultată în urma grupării secțiunilor folosințelor în secțiuni determinante este prezentată în figura 3.25.

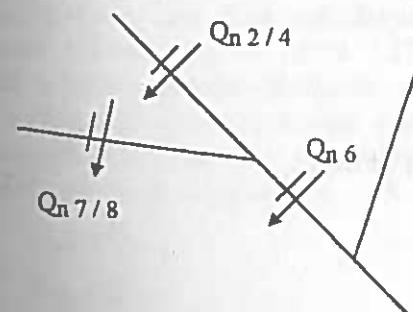


Fig.3.25. Schema cu secțiuni determinante

Este evident faptul că folosințele din secțiunile determinante 2 / 4, respectiv 7 / 8 vor fi satisfăcute de lacuri diferite ampliate în amonte de fiecare secțiune (Fig.3.26).

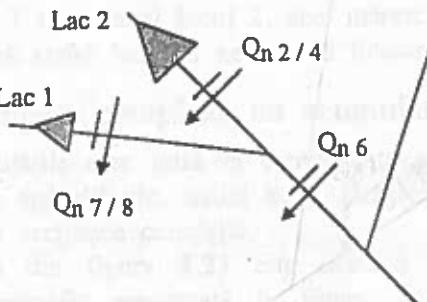


Fig.3.26. Schema de calcul având două acumulări în paralel

Folosința din secțiunea determinanță 6 poate fi satisfăcută de unul din cele două lacuri într-o ipoteză de calcul (A) sau de ambele lacuri într-o altă ipoteză (B).

A) Lacul 1 satisfacă folosințele din secțiunea determinanță 7 / 8 și este o acumulare de regularizare ($Q_{a, L1} \equiv Q_{a, 7/8}$) deoarece se găsește pe același sector de râu cu secțiunea. Volumul lacului 1 se stabilește pe baza relațiilor (3.36).

$$\begin{aligned}\Delta_{7/8} &= Q_{a, 7/8} - Q_{n, 7/8} \\ V_f &= V_i - \Delta_{7/8} \cdot t \\ V_{lac1} &= V_f^{p\%}\end{aligned}\quad (3.36)$$

Se consideră că folosința din secțiunea determinanță 6 este satisfăcută de lacul 2. Secțiunile determinante se vor grupa într-o secțiune fictivă cumulativă. Lacul 2 este o acumulare de regularizare. Volumul lacului 2 se obține în urma calculelor cu relațiile (3.37).

$$\begin{aligned}\Delta_{2/4} &= Q_{a, 2/4} - Q_{n, 2/4} \\ \Delta_6 &= Q'_{a, 6} - Q_{n, 6} \\ Q'_{a, 6} &= Q_{a, 6} - \left(\sum_{i=1}^4 Q_{ci} + Q_{p, 5} + \sum_{i=7}^8 Q_{ci} \right) \pm \Delta Q_{lac1} \\ \Delta_f &= \min(\Delta_{2/4}, \Delta_6) \\ V_f &= V_i - \Delta_f \cdot t \\ V_{lac2} &= V_f^{p\%}\end{aligned}\quad (3.37)$$

B) În cea de-a două ipoteză lacul 1 satisfacă ($x\%$) $Q_{n, 6}$ iar lacul 2 satisfacă $(100 - x\%) Q_{n, 6}$. Se vor calcula două șiruri de excedente și deficită în secțiunea 6, (3.38).

$$\begin{aligned}\Delta'_6 &= Q'_{a, 6} - (x\%) Q_{n, 6} \\ \Delta''_6 &= Q'_{a, 6} - (100 - x\%) Q_{n, 6} \\ Q'_{a, 6} &= Q_{a, 6} - \left(\sum_{i=1}^4 Q_{ci} + Q_{p, 5} + \sum_{i=7}^8 Q_{ci} \right)\end{aligned}\quad (3.38)$$

Dimensionarea lacului 1 presupune aplicarea relațiilor (3.39).

$$\begin{aligned}\Delta_{2/4} &= Q_{a, 2/4} - Q_{n, 2/4} \\ \Delta'_6 &= Q'_{a, 6} - (x\%) Q_{n, 6} \\ \Delta_f &= \min(\Delta_{2/4}, \Delta'_6) \\ V_f &= V_i - \Delta_f \cdot t \\ V_{lac1} &= V_f^{p\%}\end{aligned}\quad (3.39)$$

Dimensionarea lacului 2 presupune aplicarea relațiilor (3.40).

$$\begin{aligned}\Delta_{7/8} &= Q_{a, 7/8} - Q_{n, 7/8} \\ \Delta''_6 &= Q'_{a, 6} - (100 - x\%) Q_{n, 6} \\ \Delta_f &= \min(\Delta_{7/8}, \Delta''_6) \\ V_f &= V_i - \Delta_f \cdot t \\ V_{lac2} &= V_f^{p\%}\end{aligned}\quad (3.40)$$

3.3.3. Scheme complexe cu acumulări în sistem mixt

O astfel de schemă de amenajare are în componență minimum trei acumulări dintre care două sunt dispuse în paralel.

Pentru schema dată în figura 3.27 deși identică cu cea din figurile 3.12 și 3.23 adoptăm ipoteze diferite de satisfacere ale folosințelor.

Folosința din secțiunea 9 este satisfăcută în regim natural, iar folosințele din secțiunile 3 și 5 sunt satisfăcute datorită asigurării debielor folosințelor din secțiunile 1 și respectiv 8.

$$\begin{aligned}Q_{p, 9} &< Q_{n, 9 \text{ min}} \\ Q_{p, 3} &< Q_{e, 1} \\ Q_{p, 5} &< Q_{e, 8}\end{aligned}\quad (3.41)$$

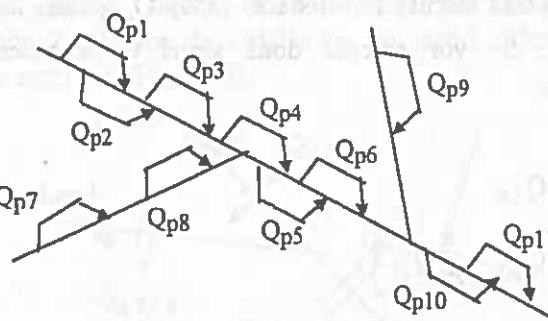


Fig.3.27. Schema folosințelor dintr-un bazin hidrografic

Schema modificată prin eliminarea secțiunile menționate din calcul este dată în figura 3.28.

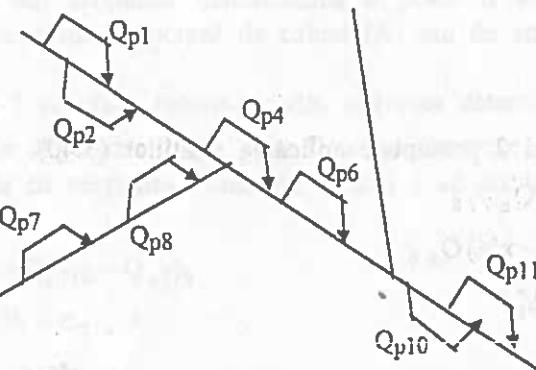


Fig.3.28. Schema rezultată în urma eliminării folosințelor

Gruparea pe sectoare a secțiunilor folosințelor presupune gruparea:

- în paralel a secțiunilor folosințelor 1 și 2, rezultanta fiind grupată în serie cu secțiunea folosinței 4, (3.42);

$$Q_{n2} = Q_{p1} + Q_{p2}$$

$$Q_{n4} = Q_{p4} + Q_{c1} + Q_{c2} \quad (3.42)$$

$$Q_{n2/4} = \max(Q_{n2}, Q_{n4})$$

- în serie a secțiunilor folosințelor 7 și 8, (3.43);

$$Q_{n7} = Q_{p7}$$

$$Q_{n8} = Q_{p8} + Q_{c7} \quad (3.43)$$

$$Q_{n7/8} = \max(Q_{n7}, Q_{n8})$$

- în paralel a secțiunilor 10 și 11, (3.44).

$$Q_{n11} = Q_{p11} + Q_{p10} \quad (3.44)$$

Schema cu secțiunile determinante este reprezentată în figura 3.29.

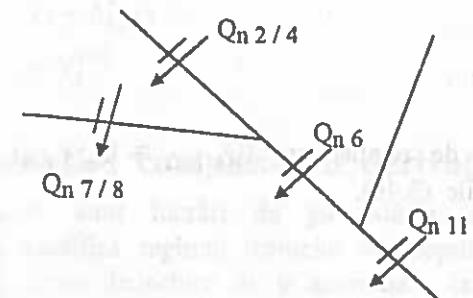


Fig.3.29. Schema cu secțiuni determinante

În continuare se aplică metoda bilanșurilor cumulative și se determină volumul de apă necesar a fi acumulat în bazinul hidrografic pentru satisfacerea tuturor folosințelor. Volumul de apă se repartizează în lacurile de acumulare propuse a satisfacere cerințele de apă ale folosințelor (Fig.3.30).

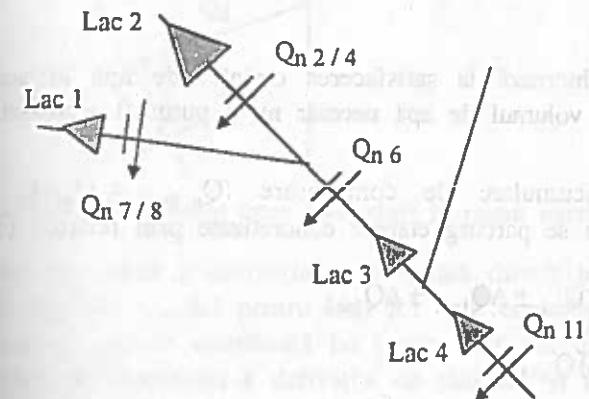


Fig.3.30. Schema de calcul a amenajării complexe

În ipoteza de calcul adoptată:

- lacul 1 satisfacă folosințele din secțiunea determinantă 7 / 8 ;
- lacul 2 satisfacă folosințele din secțiunea determinantă 2 / 4 și 6 care se grupează într-o secțiune fictivă cumulative;
- lacul 3 satisfac un procent din cerința folosințelor din secțiunea determinantă 11, ($x\%$) Q_{n11} ;
- lacul 4 satisfac restul de procente din cerința folosințelor din secțiunea determinantă 11, ($100 - x\%$) Q_{n11} .

Lacul 1 este o acumulare de regularizare ($Q_{a\text{ lac}1} \equiv Q_{a\text{ 7/8}}$). Volumul lacului se calculează cu relațiile (3.45).

$$\begin{aligned}\Delta_{7/8} &= Q_{a\text{ 7/8}} - Q_{n\text{ 7/8}} \\ V_f &= V_i - \Delta_{7/8} \cdot t \\ V_{\text{lac}1} &= V_f^{p\%}\end{aligned}\quad (3.45)$$

Lacul 2 este o acumulare de regularizare ($Q_{a\text{ lac}2} \equiv Q_{a\text{ 2/4}}$) al cărei volum este determinat cu relațiile (3.46).

$$\begin{aligned}\Delta_{2/4} &= Q_{a\text{ 2/4}} - Q_{n\text{ 2/4}} \\ \Delta_6 &= Q'_{a6} - Q_{n6} \\ Q'_{a6} &= Q_{a6} - \left(\sum_{i=1}^4 Q_{ci} + Q_{ps} + \sum_{i=7}^8 Q_{ci} \right) \pm \Delta Q_{\text{lac}1} \\ \Delta_f &= \min(\Delta_{2/4}, \Delta_6) \\ V_f &= V_i - \Delta_f \cdot t \\ V_{\text{lac}2} &= V_f^{p\%}\end{aligned}\quad (3.46)$$

Lacurile 3 și 4 conlucrează la satisfacerea cerinței de apă în secțiunea determinată 11 încrucișând volumul de apă necesar nu a putut fi amplasat într-o singură secțiune.

Lacul 3 este o acumulare de compensare ($Q_{a\text{ lac}3} \neq Q_{a11}$). Pentru calcularea volumului său se parcurg etapele concretizate prin relațiile (3.47).

$$\begin{aligned}Q'_{a\text{ lac}3} &= Q_{a3} - \sum_{i=1}^8 Q_{ci} \pm \Delta Q_{\text{lac}1} \pm \Delta Q_{\text{lac}2} \\ \Delta'_{11} &= Q'_{a11} - (x\%) Q_{n11} \\ Q'_{a11} &= Q_{a11} - \sum_{i=1}^9 Q_{ci} \pm \Delta Q_{\text{lac}1} \pm \Delta Q_{\text{lac}2} \\ \Delta_f &= \min(Q'_{a\text{ lac}3}, \Delta'_{11}) \\ V_f &= V_i - \Delta_f \cdot t \\ V_{\text{lac}3} &= V_f^{p\%}\end{aligned}\quad (3.47)$$

Lacul 4 este o acumulare de regularizare ($Q_{a\text{ lac}4} \equiv Q_{a11}$). Pentru calculul volumului lacului se utilizează relațiile (3.48).

$$\begin{aligned}\Delta''_{11} &= Q''_{a11} - Q_{n11} \\ Q''_{a11} &= Q_{a11} - \sum_{i=1}^9 Q_{ci} \pm \Delta Q_{\text{lac}1} \pm \Delta Q_{\text{lac}2} \pm \Delta Q_{\text{lac}3} \\ V_f &= V_i - \Delta''_{11} \cdot t \\ V_{\text{lac}4} &= V_f^{p\%}\end{aligned}\quad (3.48)$$

3.4. Amenajări complexe cu derivații

Derivațiile sunt lucrări de gospodărire a apelor care la fel ca și acumulările modifică regimul debitelor în scopul satisfacerii cerinței de apă a folosințelor. Spre deosebire de o acumulare care este amplasată pe un curs de apă, o derivație leagă două cursuri de apă, modificând regimul surgerii în două secțiuni concomitent. O derivație se poate realiza între două cursuri de apă din același bazin hidrografic sau între două cursuri de apă din bazine diferite (Fig.3.31).

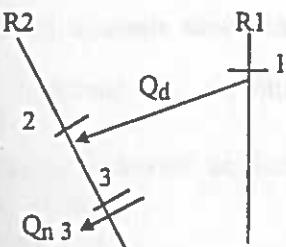


Fig.3.31. Derivație între două râuri în regim natural

Schema de calcul a derivației este tratată diferit pe cele două râuri între care face legătura. Astfel pentru râul R1 este considerată o folosință de apă a cărei cerință trebuie satisfăcută iar pentru râul R2 un affluent (Fig.3.32).

Secțiunea de confluență a derivației cu râul R2 și secțiunea determinată 3 pot sau nu să se găsească pe același sector de râu.

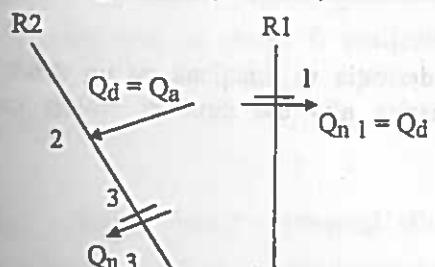


Fig.3.32. Schema de calcul derivației

Derivația realizată în regim natural pe ambele râuri (Fig.3.31) va funcționa cu un debit variabil și trebuie să îndeplinească condiția (3.49).

$$Q_{d\max} \leq Q_{a1\min} \quad (3.49)$$

Dimensionarea derivației (3.50) se va face la debitul maxim ce trebuie transportat din secțiunea 1 în secțiunea determinată 3. Sirul de valori al debitelor afluentes în secțiunea 3 se compară cu sirul de valori al debitelor necesare în aceeași secțiune, rezultând sirul de valori Q_d din care se alege valoarea maximă.

$$\begin{aligned} Q_d &= Q_{n3} - Q_{a3} \\ Q_{a3} &\equiv Q_{a2} \\ Q_d &= (0 \dots Q_{d\max}) \end{aligned} \quad (3.50)$$

Condiția (3.49) fiind foarte restrictivă este de cele mai multe ori greu de îndeplinit. În asemenea situații se pune problema regularizării debitelor în secțiunea 1 printr-o acumulare (Fig.3.33).

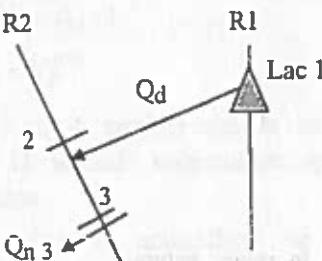


Fig.3.33. Derivație între două râuri în regim modificat pe râul R1

Pentru ca derivația să poată fi realizată se pune condiția ca debitul mediu multianual al derivației să fie cel mult egal cu debitul mediu multianual affluent pe râul R1, (3.51).

$$\bar{Q}_d \leq \bar{Q}_{a1} \quad (3.51)$$

La fel ca în cazul precedent derivația va funcționa cu un debit variabil și se va dimensiona la debitul maxim ales din sirul de valori calculate cu relația (3.52).

$$\begin{aligned} Q_d &= Q_{n3} - Q_{a3} \\ Q_d &= (0 \dots Q_{d\max}) \end{aligned} \quad (3.52)$$

Dimensionarea lacului 1 se face parcurgând etapele date prin relațiile (3.53).

$$\Delta = Q_{n1\text{act}} - Q_d$$

$$V_f = V_i - \Delta \cdot t$$

$$V_{\text{lac}1} = V_f^{P\%}$$

(3.53)

O altă soluție tehnică posibilă pentru situațiile în care condiția (3.49) nu poate fi îndeplinită constă în regularizarea debitelor afluentes pe cursul R2 prin amplasarea lacului 2, (Fig.3.34).

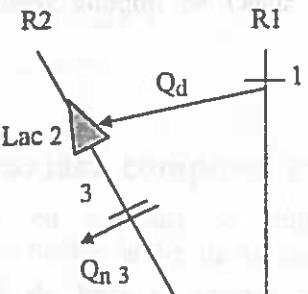


Fig.3.34. Derivație între două râuri în regim modificat pe râul R2

Lacul 2 împreună cu derivația asigură debitele necesare în secțiunea determinată 3.

Dimensionarea derivației se face pentru un debit mediu multianual (\bar{Q}_d) dat de relația (3.54).

$$\begin{aligned} \bar{Q}_d &= \bar{Q}_{n3} - \bar{Q}_{a3} \\ Q_{a3} &\equiv Q_{a2} \end{aligned} \quad (3.54)$$

unde:

$\bar{Q}_{a3}, \bar{Q}_{a2}$ - debitul mediu multianual affluent în secțiune 3, respectiv în secțiunea 2

\bar{Q}_{n3} - debitul mediu multianual necesar

Pentru ca derivația să poată fi realizată pe râul R1 trebuie îndeplinită condiția (3.55).

$$\bar{Q}_d \leq \bar{Q}_{a1} \quad (3.55)$$

unde:

\bar{Q}_{a1} - debitul mediu multianual affluent pe râul R1 în secțiunea 1

Derivația funcționează la un debit variabil care satisfacă condiția (3.56).

$$Q_d \leq Q_{a1} \quad (3.56)$$

Lacul 2 se dimensionează pe baza relațiilor (3.57).

$$\begin{aligned}\Delta_3 &= Q'_a - Q_{n3} \\ Q'_{a3} &= Q_{a3} + Q_d \\ V_f &= V_i - \Delta_3 \cdot t \\ V_{lac2} &= V_f^{p\%}\end{aligned}\tag{3.57}$$

Dacă relația (3.56) nu este satisfăcută atunci se impune realizarea unei acumulări pe râul R1 (Fig.3.35).

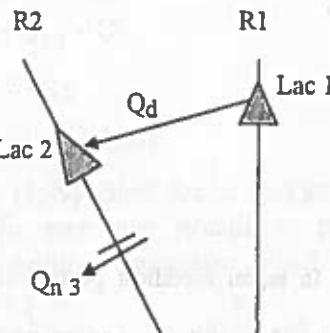


Fig.3.35. Derivație între două râuri în regim modificat

Dimensionarea derivației se face pe baza relației (3.58).

$$\begin{aligned}\bar{Q}_d &= \bar{Q}_{n3} - \bar{Q}_{a3} \\ Q_{a3} &\approx Q_{a2}\end{aligned}\tag{3.58}$$

Debitul mediu al derivației nu trebuie să depășească potențialul hidrologic \bar{Q}_{a1} al râului R1, în secțiunea lacului 1, (3.59).

$$\bar{Q}_d \leq \bar{Q}_{a1}\tag{3.59}$$

Volumul lacului 1 este calculat cu relațiile (3.60).

$$\begin{aligned}\Delta_3 &= Q'_a - Q_{n3} \\ Q'_{a3} &= Q_{a3} + Q_d \\ V_f &= V_i - \Delta_3 \cdot t \\ V_{lac2} &= V_f^{p\%}\end{aligned}\tag{3.60}$$

Debitul transportat de derivație poate fi:

- constant (\bar{Q}_d);
- variabil conform relațiilor (3.61).

$$Q_d \leq Q_{n3} - Q_{a3}$$

sau

$$Q_d > Q_{n3} - Q_{a3}$$

Volumul lacului 1 este calculat cu relațiile (3.62).

$$\begin{aligned}\Delta_{lac1} &= Q_{a1lac1} - Q_d \\ V_f &= V_i - \Delta_{lac1} \cdot t \\ V_{lac1} &= V_f^{p\%}\end{aligned}\tag{3.62}$$

3.5. Amenajări complexe cu pompare

Schemele cu pompare se impun la amenajări hidroenergetice pentru acoperirea vârfurilor înalte de sarcină de scurtă durată, cca 4 ore/zi.

Principiul de bază al acestor scheme este producerea energiei E_1 prin turbinarea apei în orele de vârf și consumul energiei E_2 pentru pomparea apei în acumulare în orele de bază. Economicitatea sistemului rezultă din diferența de prețuri între energia produsă și cea consumată.

3.5.1. Schema cu circuit închis

Circuitul închis (Fig.3.36) este caracterizat prin:

- volumul turbinat V_1 ($m^3/ciclu$) din lacul 1;
- volumul pompat V_2 ($m^3/ciclu$) din lacul 2 în lacul 1 din amonte.

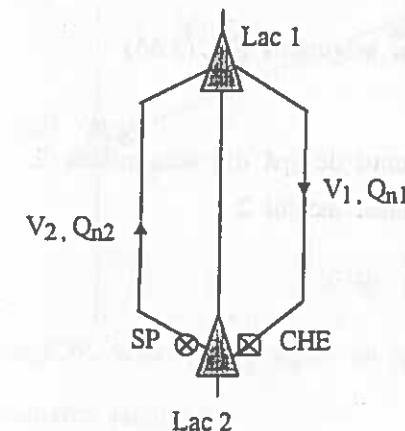


Fig.3.36. Schema de pompare cu circuit închis

Debitele turbinate Q_{n1} și cele pompeate Q_{n2} sunt debite orare din graficul zilnic de sarcină sau debite medii lunare din graficul anual de sarcină, în funcție de tipul acumulării.

Pentru dimensiunea lacului 1 se parcurg etapele cunoscute:

- calculul bilanțului apei în secțiunea lacului 1

- în orele de turbinare (3.63)

$$\Delta'_{lac1} = Q_{a1} - Q_{n1}$$

$$Q_{n1} = \frac{P_1}{9,81 \eta_1 H_1} \quad (3.63)$$

unde:

P_1 - puterea instalată la turbine (KW)

η_1 - randamentul sistemului

H_1 - cădereea brută între nivelul apei în lac și axul turbinei (m)

- în orele de pompare (3.64)

$$\Delta'_{lac1} = Q'_{a1} - Q_{n1}$$

$$Q'_{a1} = Q_{a1} + Q_{n2}$$

$$Q_{n1} = 0$$

- determinarea variației teoretice a volumelor de apă preluate din lac în vederea satisfacerii cerinței folosinței (3.65)

$$V_f = V_i - (\Delta'_{lac1} / \Delta''_{lac2}) \cdot t \quad (3.65)$$

- stabilirea volumului lacului 1 cu asigurarea p% (3.66)

$$V_{lac1} = V_f^{p\%} \quad (3.66)$$

În același mod se calculează volumul de apă din acumularea 2.

- calculul bilanțului apei în secțiunea lacului 2

- în orele de turbinare (3.67)

$$\Delta'_{lac2} = Q'_{a2} - Q_{n2}$$

$$Q'_{a2} = Q_{a2} + Q_{n1}$$

$$Q_{n2} = 0$$

- în orele de pompare (3.68)

$$\Delta''_{lac2} = Q''_{a2} - Q_{n2}$$

$$Q''_{a2} = Q_{a2}$$

$$Q_{n2} = \frac{P_2}{9,81 \eta_2 H_2} \quad (3.68)$$

unde:

P_2 - puterea instalată la pompe (KW)

η_2 - randamentul sistemului de pompare

H_2 - înălțimea brută de pompare (m)

- determinarea variației teoretice a volumelor de apă preluate din lac în vederea satisfacerii cerinței folosinței (3.69)

$$V_f = V_i - (\Delta'_{lac2} / \Delta''_{lac2}) \cdot t \quad (3.69)$$

- stabilirea volumului lacului 1 cu asigurarea p% (3.70)

$$V_{lac2} = V_f^{p\%} \quad (3.70)$$

3.5.2. Schema cu circuit deschis

Circuitul deschis (Fig.3.37) este caracterizat prin:

- volumul turbinat V_1 (m^3/cicl) din lacul 1;
- volumul pompat V_2 (m^3/cicl) din lacul 2 amplasat pe un alt râu în lacul 1.

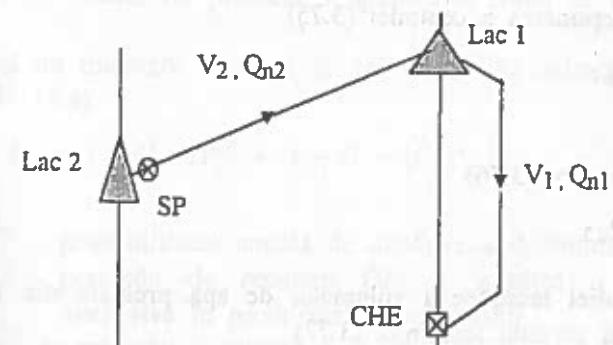


Fig.3.37. Schema de pompare cu circuit deschis

Dimensionarea lacului 1:

- calculul bilanțului apei în secțiunea lacului 1
 - în orele de turbinare (3.71)

$$\Delta_{lac1} = Q_{a1} - Q_{n1} \quad (3.71)$$

$$Q_{n1} = \frac{P_1}{9,81 \eta_1 H_1}$$

unde:

P_1 - puterea instalată la turbina (KW)

η_1 - randamentul sistemului

H_1 - căderea brută între nivelul apei în lac și axul turbinei (m)

- în orele de pompare (3.72)

$$\Delta'_{lac1} = Q'_{a1} - Q_{n1} \quad (3.72)$$

$$Q'_{a1} = Q_{a1} + Q_{n2}$$

$$Q_{n1} = 0$$

- determinarea variației teoretice a volumelor de apă preluate din lac în vederea satisfacerii cerinței folosinței (3.73)

$$V_f = V_i - (\Delta_{lac1} / \Delta'_{lac1}) \cdot t \quad (3.73)$$

- stabilirea volumului lacului 1 cu asigurarea p% (3.74)

$$V_{lac1} = V_f^{p\%} \quad (3.74)$$

Dimensionarea lacului 2:

- calculul bilanșului apei în secțiunea lacului 2
 - în orele de funcționarea a centralei (3.75)

$$\Delta'_{lac2} = Q_{a2} - Q_{n2} \quad (3.75)$$

$$Q_{n2} = 0$$

- în orele de pompare (3.76)

$$\Delta''_{lac2} = Q_{a2} - Q_{n2} \quad (3.76)$$

- determinarea variației teoretice a volumelor de apă preluate din lac în vederea satisfacerii cerinței folosinței (3.77)

$$V_f = V_i - (\Delta'_{lac2} / \Delta''_{lac2}) \cdot t \quad (3.77)$$

- stabilirea volumului lacului 1 cu asigurarea p% (3.78)

$$V_{lac2} = V_f^{p\%} \quad (3.78)$$

4

GOSPODĂRIREA APELOR MARI

Gospodărirea apelor mari are ca obiect ansamblul de lucrări și măsuri necesare prevenirii și combaterii efectelor inundațiilor produse de viitor.

În studiul acestor lucrări și măsuri, alegerea viitorii de calcul depinde de gradul de protecție impus de zona ce trebuie apărată și durata de viață preconizată pentru lucrări.

Gradul de protecție / apărare împotriva inundațiilor este dat de probabilitatea de nedepășire a debitelor maxime admise sau probabilitatea de neinundare (4.1).

$$F = \text{probabilitatea } (Q_{viitor} \leq Q_{\max \text{ admis}}) \quad (4.1)$$

Riscul de inundație / gradul de asigurare a debitului maxim admis se exprimă prin probabilitatea de depășire a debitelor maxime admise sau probabilitatea de inundare (4.2).

$$P = \text{probabilitatea } (Q_{viitor} > Q_{\max \text{ admis}}) \quad (4.2)$$

Prin însumarea relațiilor (4.1) și (4.2) rezultă relația (4.3).

$$F + P = 1 \quad (4.3)$$

În conformitate cu relațiile (4.1...4.3) o lucrare de apărare împotriva inundațiilor se dimensionează la un debit maxim cu probabilitatea de inundare P. Gradul de protecție / apărare al zonei în urma realizării lucrării este F.

Riscul de inundație a zonei în cei n ani de existență a lucrării este dat de relația (4.4).

$$P_n = 1 - (1 - P)^n = 1 - (1 - 1/T)^n \quad (4.4)$$

unde:

P – probabilitatea anuală de depășire a debitului maxim

T – perioada de repetare fără a implica o anumită regularitate succesivă în producerea fenomenului

Gradul de protecție / apărare a zonei în cei n ani de existență ai lucrării este dat de relația (4.5).

$$F_n = (1 - P)^n \equiv e^{-nP} \quad (4.5)$$

Stabilirea viitorii de calcul pentru care se dimensionează lucrările de apărare și se aleg măsurile de prevenire și combatere a inundațiilor se poate face prin două metode.

A) *Metoda gradului de apărare normat* constă în determinarea valorilor debitelor maxime de calcul și verificare cu anumite probabilități de depășire și asigurarea preluării acestor debite de lucrările de apărare împărțite în diferite clase de importanță (Tabelul 4.1).

Tabelul 4.1. Probabilitățile de depășire a debitelor în funcție de clasa de importanță a lucrărilor

Clasa de importanță a lucrării de apărare	Probabilitatea de depășire a debitelor maxime P %	
	în condiții normale de exploatare (dimensionare)	în condiții speciale de exploatare (verificare)
I	0,1	0,01
II	1	0,1
III	2	0,5
IV	5	1
V	10	3

Diferențierea între cele două probabilități de depășire a debitelor maxime, cea de dimensionare și cea de verificare se face numai în ceea ce privește siguranța lucrărilor și nu se referă la efectul de combatere a inundațiilor. Pentru efectul de combatere a inundațiilor pe terenurile apărate prin lucrări este importantă doar probabilitate de dimensionare.

B) *Metoda analizei tehnico-economice*, în care probabilitățile de depășire a debitelor maxime nu sunt impuse prin prescripții, ele rezultând din calcule.

Această metodă poate indica teoretic grade de protecție / apărare diferite și deci probabilități de calcul distințe pentru obiective care conform prescripțiilor se încadrează în aceeași clasă de importanță.

Schema optimă de gospodărire a apelor se alege în urma comparării costurilor schemelor propuse pentru o serie de viituri și beneficiile estimăte pentru fiecare schemă.

Evaluarea beneficiilor unei scheme de apărare împotriva inundațiilor ridică probleme întrucât ele derivă din estimarea pagubelor care s-ar produce fără realizarea lucrărilor de apărare.

Legătura între nivelurile de apă înregistrate într-o secțiune transversală a unui râu și pagubele produse în albia majoră este prezentată în figura 4.1 (după E.M. Shaw) /9/.

În evaluarea pagubelor sunt luate în considerare:

- pagubele produse clădirilor, estimate în funcție de destinația lor, pentru diferite niveluri de inundare;
- dezafectarea șoseelor, căilor ferate, cablurilor telefonice și electrice, conductelor de gaz, alimentări cu apă și canalizările;
- blocarea traficului și costul serviciilor de urgență;

- anxietatea și inconveniențele create de inundații;
- costul îmbolnăvirilor, șomajului și al pierderilor de vieți omenești care continuă să fie probleme controversate;
- pagubele produse în zonele extravidane, pe terenurile agricole, mașinăriile și depozitele.

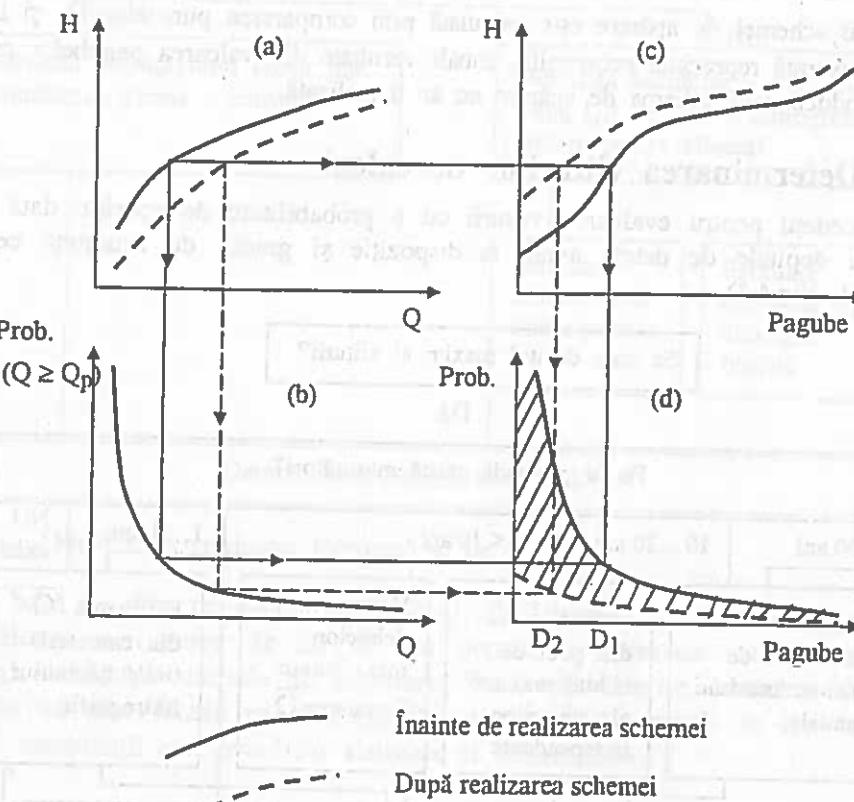


Fig.4.1. Relația nivel – pagubă

În graficul (a) sunt prezentate curbele cheie într-o secțiune a râului înainte și după realizarea schemei de apărare împotriva inundațiilor.

În graficul (b) sunt date probabilitățile anuale de depășire a debitelor (Q) derivate din analiza valorilor maxime înregistrate pe râu.

Reprezentând debitele la aceeași scară în graficele (a) și (b), pentru un nivel dat, râul poate transporta un debit mai mare cu o probabilitate de depășire mai mică după realizarea schemei de apărare decât înainte.

În graficul (c) este prezentată relația între nivelurile de apă într-o secțiune transversală a râului și pagube. Pentru un nivel al apei ce depășeste nivelul albiei minore se estimează pagubele în zona intravidană și / sau extravilană.

Reprezentând nivelurile de apă la aceeași scară în graficul (a) și (c) se constată că pentru același nivel al apei, pagubele sunt mai mici după realizarea schemei de apărare decât înainte.

Din graficele (b) și (c) se obține graficul (d), curba probabilităților de apariție a unui sărăciu de valori ale pagubelor. Reducerea pagubelor în cazul realizării schemei de apărare este calculată prin compararea punctelor D_1 și D_2 . Zona hașurată reprezintă economiile anuale rezultate din valoarea pagubelor care s-ar produce dacă schema de apărare nu ar fi realizată.

4.1. Determinarea viiturilor de calcul

Procedeul pentru evaluarea viiturii cu o probabilitate de apariție dată pe un râu depinde de datele avute la dispoziție și gradul de acuratețe cerut (Fig.4.2, Fig.4.3).

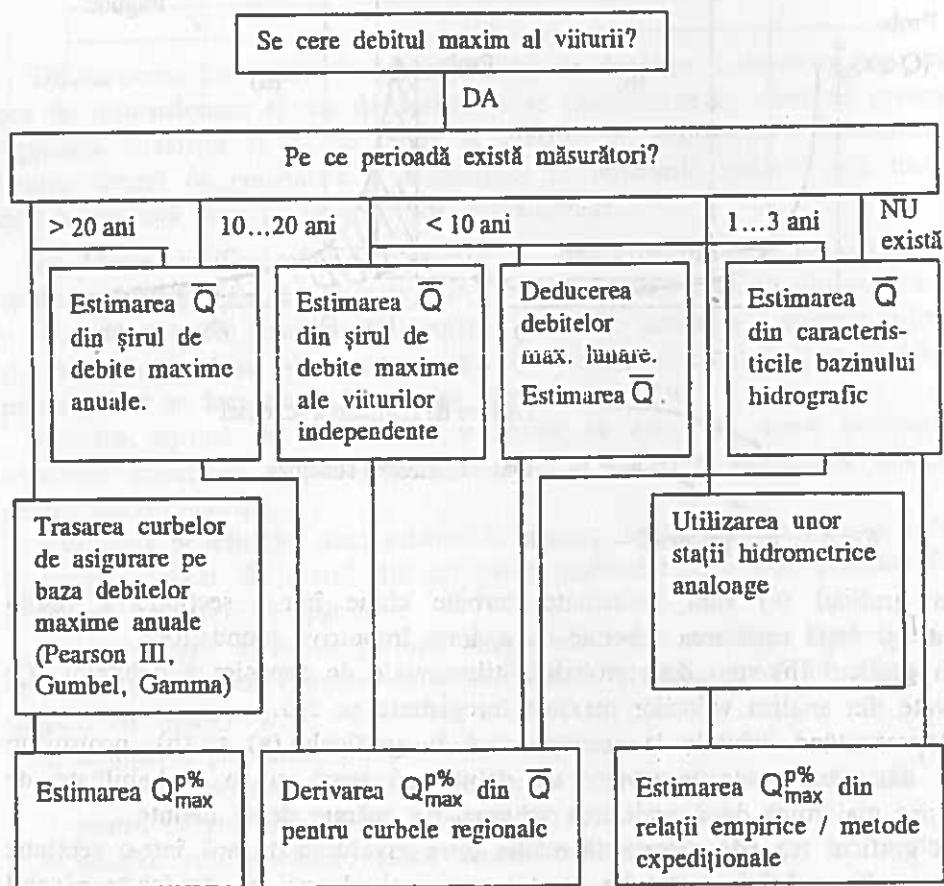


Fig.4.2. Debitul maxim al viiturii de calcul

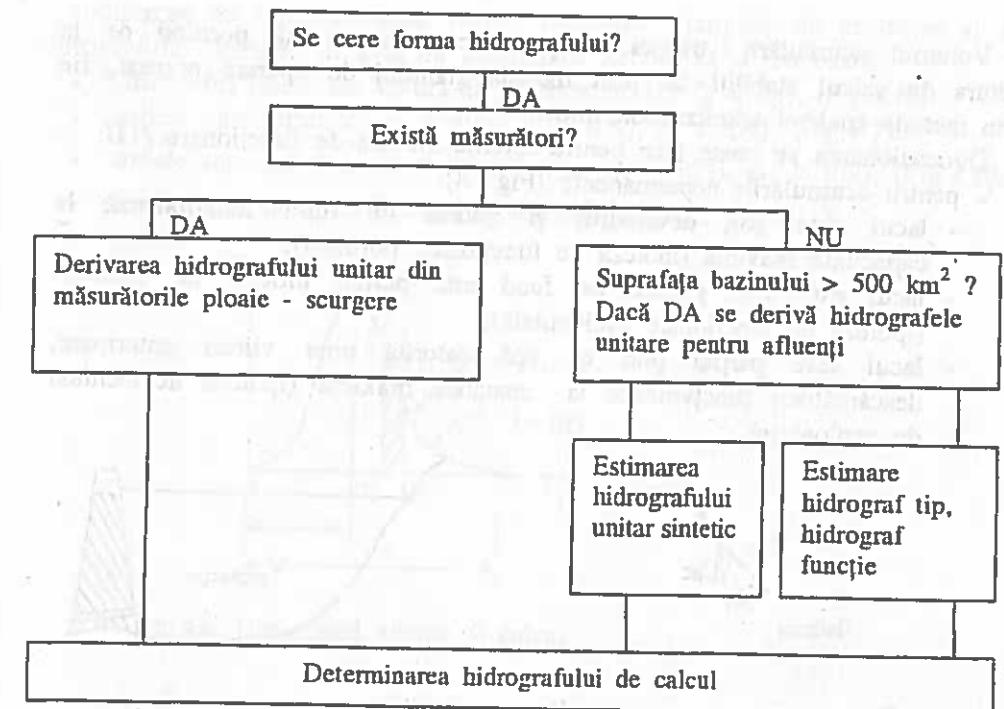


Fig.4.3. Determinarea hidrografului de calcul

O bază de date ce conține măsurători ale debitelor maxime anuale pentru o perioadă mai mare de 20 de ani permite o estimare satisfăcătoare a viiturilor utilizând curbele de asigurare. Dacă măsurătorile debitelor maxime pe râu au fost făcute pe o perioadă scurtă sau nu există de loc se vor folosi combinații ale metodelor statistice și deterministe.

4.2. Lucrări de apărare împotriva inundațiilor

Lucrările de apărare împotriva inundațiilor se realizează atât în albiile râurilor cât și pe suprafața bazinului hidrografic.

4.2.1. Acumulări transversale

Acumulările transversale realizate pe cursurile de apă au rolul de a reține o parte din volumul undei de viitură, atenuând debitele scurse în aval.

După modul de funcționare acumulările transversale pot fi:

- nepermanente, funcționând numai în perioada viiturilor;
- mixte, care au prevăzută o tranșă utilă pentru asigurarea volumului de apă necesar folosințelor și o tranșă nepermanentă pentru atenuarea viiturilor.

Volumul acumulării / tranșei de protecție se determină pornind de la viitora de calcul stabilită fie prin metoda gradului de apărare normat, fie prin metoda analizei tehnico-economice.

Dimensionarea se poate face pentru diferite ipoteze de funcționare /11/:

- pentru acumulările nepermanente (Fig.4.4):
 - lacul este gol, deversorul și golirea de fund funcționează la capacitate maximă (ipoteză de funcționare normală);
 - lacul este gol, golirea de fund este parțial blocată de plutitori (ipoteză de funcționare accidentală);
 - lacul este parțial plin cu apă datorită unei viituri anterioare, descărcătorii funcționează la capacitate maximă (ipoteză accidentală de exploatare).

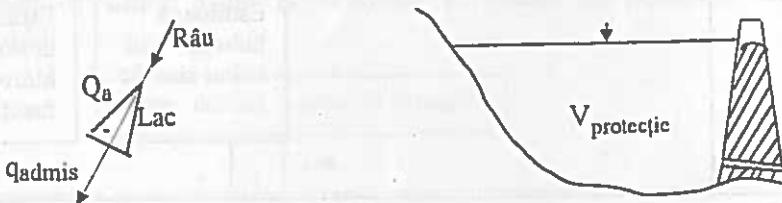


Fig.4.4. Acumulare transversală nepermanență

- pentru acumulările mixte (Fig.4.5):

- lacul este plin până la cota nivelului normal de retenție (NNR), deversorul și golirea de fund funcționează la capacitate maximă (ipoteză de funcționare normală);
- lacul este plin (NNR), deversorul este blocat de plutitori (ipoteză de funcționare accidentală);
- lacul este parțial plin, descărcătorii funcționează la capacitate maximă (ipoteză exploatare favorabilă);
- lacul este plin peste cota maximă de retenție datorită unei viituri anterioare sau a exploatarii necorespunzătoare, descărcătorii funcționează la capacitate maximă (ipoteză accidentală de exploatare).

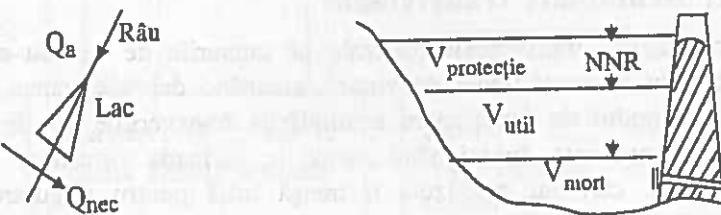


Fig.4.5. Acumulare transversală mixtă

Indiferent de ipoteza aleasă pentru calculul volumului de protecție și al hidrografului defluent în aval de acumulare trebuie să se cunoască:

- hidrograful undei de viitoră la intrarea în lac $Q = f(t)$, (Fig.4.6);
- curbele caracteristice ale lacului $V = f(N)$, $S = f(N)$, (Fig.4.7);
- curbele caracteristice ale descărcătorilor $q_G = f(N)$, $q_D = f(N)$, (Fig.4.8);
- nivelul apei în acumulare în momentul începerii viitorii N_i .

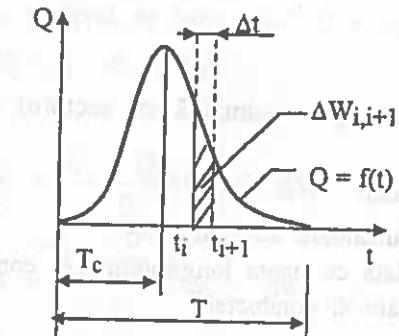


Fig.4.6. Hidrograful viitorii de calcul

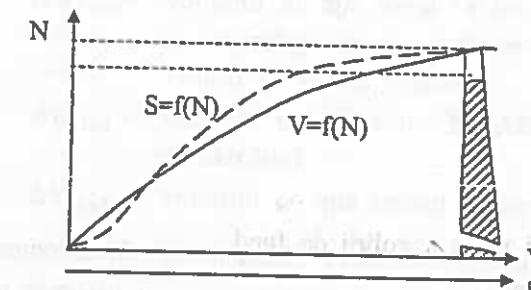


Fig.4.7. Curbele caracteristice ale acumulării

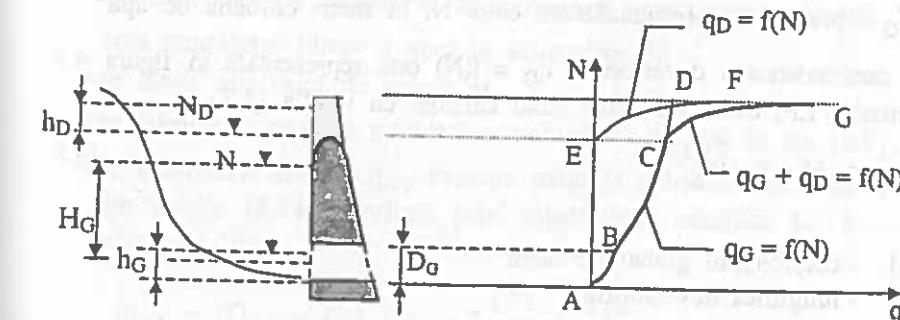


Fig.4.8. Curbele caracteristice ale descărcătorilor

Curba caracteristică a golirii de fund $q_G = f(N)$ prezentată în figura 4.8. este formată din segmentele AB și BCD.

- segmentul AB corespunde unei conducte ce funcționează cu nivel liber, debitul evacuat fiind calculat cu relațiile (4.6)

$$q_G = S \cdot v \quad (4.6)$$

$$v = \frac{1}{n} R^{2/3} \cdot I^{1/2}$$

unde:

S - suprafața secțiunii de scurgere asimilată cu sectorul de cerc de înălțime h_G
 v - viteza apei prin conductă
 R - raza hidraulică corespunzătoare adâncimii h_G
 I - panta hidraulică asimilată cu panta longitudinală a conductei
 n - coeficientul de rugozitate al conductei

- segmentul BCD corespunde unei conducte scurte ce funcționează sub presiune, debitul evacuat prin conductă este dat de relația (4.7)

$$q_G = S \cdot v \quad (4.7)$$

$$S = \pi \frac{D_G^2}{4}$$

$$v = m \sqrt{2g \cdot H_G}$$

unde:

S - suprafața secțiunii pline a golirii de fund
 D_G - diametrul conductei
 v - viteza medie de curgere a apei prin conductă
 m - coeficientul de viteză
 H_G - presiunea corespunzătoare cotei N, în metri coloană de apă

Curba caracteristică a deversorului $q_D = f(N)$ este reprezentată în figura 4.8. prin segmentul EF, debitul evacuat fiind calculat cu relația (4.8).

$$q_D = M \cdot b \cdot h_D^{3/2} \quad (4.8)$$

unde:

M - coeficientul global de debit
 b - lungimea deversorului
 h_D - înălțimea coloanei de apă pe deversor

Calculul pornește de la ecuația de continuitate (4.9).

$$Q \cdot dt - q \cdot dt = dV \quad (4.9)$$

unde:

Q - debitul affluent în lac
 q - debitul defluent din lac
 dt - intervalul de timp luat în calcul
 dV - volumul de apă reținut în lac în intervalul de timp dt

Pentru un interval de timp ales, $\Delta t = (t_{i+1} - t_i)$, ecuația (4.9) devine:

$$Q \cdot \Delta t - q \cdot \Delta t = \Delta V \quad (4.10)$$

unde:

$$Q \cdot \Delta t = \frac{Q_i + Q_{i+1}}{2} \Delta t = \Delta W_{i,i+1} \quad (4.11)$$

$$q \cdot \Delta t = \frac{q_i + q_{i+1}}{2} \Delta t = \Delta w_{i,i+1} \quad (4.12)$$

$$\Delta V = \Delta V_{i,i+1} \quad (4.13)$$

$\Delta W_{i,i+1}$ - volumul de apă intrat în lac în intervalul de timp Δt , egal cu suprafața corespunzătoare intervalului Δt din hidrograful viitorii de calcul (Fig.4.6)

$\Delta w_{i,i+1}$ - volumul de apă scurs în aval în intervalul de timp Δt prin descărători

$\Delta V_{i,i+1}$ - volumul de apă reținut în lac în intervalul de timp Δt

Necunoscutele în ecuațiile (4.10...4.13) sunt volumul de apă $\Delta V_{i,i+1}$ și debitul defluent q_{i+1} care se determină după modelul următor:

- în momentul începerii viitorii se cunosc: $Q_i = 0$, $q_i = 0$, respectiv volumul de apă reținut în acumularea / tranșa nepermanentă $V_i = 0$ și cota suprafeței libere a apei în acumulare N_i ;
- se alege intervalul de calcul Δt ;
- se admite o creștere arbitrară a volumului de apă în lac ($\Delta V_{i,i+1}$)
- se estimează debitul q_{i+1} evacuat până la sfârșitul intervalului de calcul din relația (4.14) rezultată prin substituirea relațiilor (4.11 ... 4.13) în relația (4.10);

$$q_{i+1} = (Q_{i+1} - Q_i) - q_i - 2 \frac{(\Delta V_{i,i+1})_a}{\Delta t} \quad (4.14)$$

- 5) se determină cota suprafeței libere a apei în lac N_{i+1} , la sfârșitul intervalului de timp Δt , din curba $q_G = f(N)$ sau $(q_G + q_D) = f(N)$ sau $q_D = f(N)$, (Fig.4.8);
- 6) se determină volumul de apă reținut în lac V_{i+1} , până la sfârșitul intervalului de timp Δt , din curba $V = f(N)$, (Fig.4.7);
- 7) se calculează volumul de apă reținut în lac în intervalul de timp Δt , $(\Delta V_{i,i+1})_c$, (4.13);
- 8) se verifică dacă valoarea $(\Delta V_{i,i+1})_a$ este aproximativ egală cu valoarea $(\Delta V_{i,i+1})_c$, satisfăcând condiția (4.15),
- $$|(V_{i,i+1})_c - (V_{i,i+1})_a| \leq (2 \dots 3\%) \cdot (V_{i,i+1})_a \quad (4.15)$$
- în caz contrar se repetă algoritmul de la etapa a 3-a până când relația (4.15) va fi satisfăcută;
- 9) odată relația (4.15) satisfăcută se trece la următorul pas de timp, parcurgându-se etapele 3 ... 8;
- 10) calculul se oprește când $q_{i+1} \equiv 0$, lăsându-se hidrograful defluent $q = f(t)$, (Fig.4.9);
- 11) volumul de protecție este reprezentat de suprafață cuprinsă între cele două hidrografe (Fig.4.9), iar valoarea determinată prin planimetrierea suprafeței trebuie să coincidă cu valoarea citită în curba $V = f(N)$ pentru N_{max} .

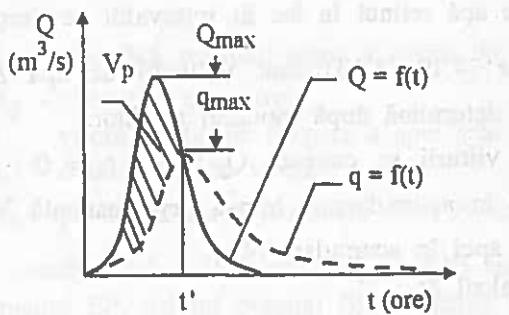


Fig.4.9. Volumul de protecție și hidrograful defluent

Coeficientul de atenuare al undei de viitură este dat de relația (4.16). Atenuarea este bună dacă acest coeficient este cel mult 0,6.

$$\alpha = q_{max} / Q_{max} \quad (4.16)$$

$$\alpha \leq 0,6$$

Debitul defluent atinge valoarea maximă q_{max} , în momentul t' când lacul este plin (Fig.4.9). Din ecuația de continuitate (4.9) aplicată în momentul t' rezultă:

$$(Q - q) = \frac{dV}{dt}$$

$$Q = q \Rightarrow \frac{dV}{dt} = 0 \Rightarrow V_{max}, q_{max} \quad (4.17)$$

În curba capacității lacului $V = f(N)$ dată în figura 4.7, volumului de apă maxim reținut în lac V_{max} îi corespunde cota maximă a suprafeței libere a apei în lac N_{max} .

Din curbele $(q_G + q_D) = f(N)$ sau $q_D = f(N)$, (Fig.4.8) rezultă că valorii N_{max} îi corespunde q_{max} .

4.2.2. Acumulări laterale

Acumulările laterale sunt incinte îndiguite amplasate de-a lungul râului, în albia majoră, pentru atenuarea viiturilor (Fig.4.10). Suprafețele din incintă sunt folosite în scopuri agricole, fiind inundate în perioada apelor mari, când cota suprafeței libere trebuie limitată la o valoare maximă admisă în aval.

Incinta poate fi formată din unul sau mai multe compartimente în funcție de mărimea suprafeței îndiguite. În cazul unei incinte formată din mai multe compartimente, inundarea acestora se face dirijat astfel încât în funcție de volumul undei de viitură vor fi folosite o parte din compartimente sau toate.

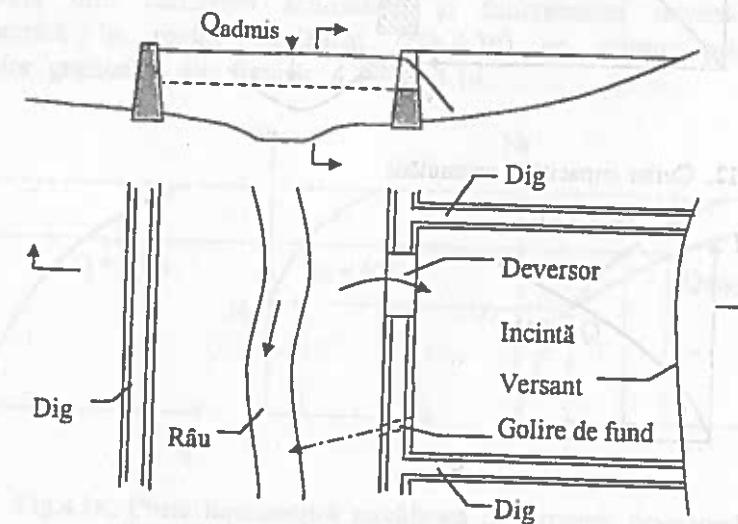


Fig.4.10. Acumulare laterală

Pentru calculul volumului acumulării laterale și al hidrografului defluent în aval de acumulare trebuie să se cunoască:

- hidrograful viitorii la intrare în secțiunea acumulării $Q = f(t)$, (Fig.4.11);
- curba capacitatei acumulării $V = f(N)$, (Fig.4.12);
- cheia limnimetrică pe râu $Q = f(N)$ în secțiunea deversorului, (Fig.4.13);
- curba caracteristică a deversorului $q_D = f(N)$, (Fig.4.14).

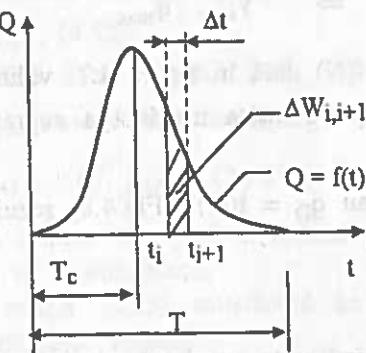


Fig.4.11. Hidrograful viitorii de calcul

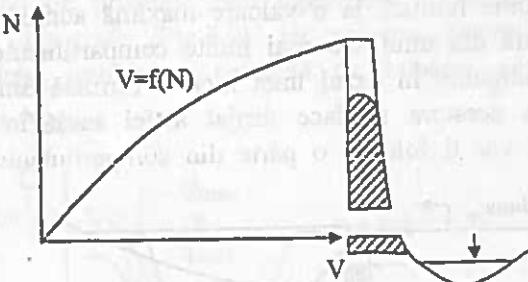


Fig.4.12. Curba capacitatei acumulării

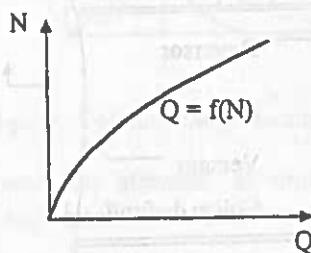


Fig.4.13. Cheia limnimetrică pe râu în secțiunea deversorului

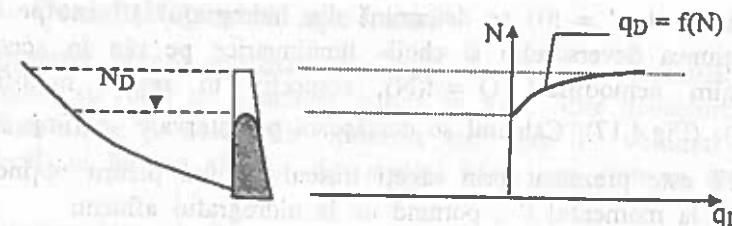


Fig.4.14. Curba caracteristică a deversorului

Curba caracteristică a deversorului $q_D = f(N)$ este calculată pentru tipul de deversor ales, ținând cont de regimul de funcționare al deversorului, înnecat (4.18) sau neînnecat (4.19).

$$q_D = mb\sqrt{2g} \cdot H^{3/2} \quad (4.18)$$

$$q_D = m\sigma b\sqrt{2g} \cdot H^{3/2} \quad (4.19)$$

unde:

- H - sarcina deversorului
- b - lățimea deversorului
- m - coeficientul de debit
- σ - coeficientul de înnecare
- g - accelerația gravitațională

Cheia limnimetrică pe râu $Q = f(N)$, prezentată în figura 4.13 va fi modificată prin realizarea acumulării și funcționarea deversorului. Cheia limnimetrică în regim modificat (Fig.4.16) se obține prin însumarea absciselor graficelor din figurile 4.13 și 4.14.

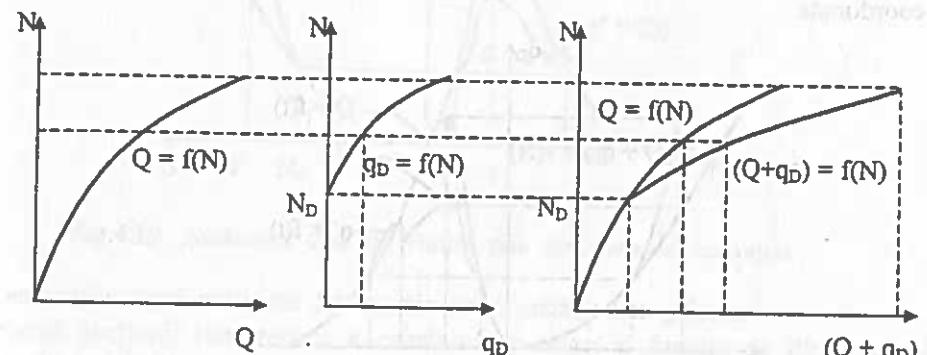


Fig.4.16. Cheia limnimetrică modificată în secțiunea deversorului

Hidrograful defluent $q' = f(t)$ se determină din hidrograful afluent pe râu $Q = f(t)$ în secțiunea deversorului și cheile limnimetrice pe râu în aceeași secțiune în regim nemodificat $Q = f(N)$, respectiv în regim modificat $(Q + q_d) = f(N)$, (Fig.4.17). Calculul se desfășoară pe intervale de timp Δt .

În figura 4.17 este prezentat prin săgeți traseul parcurs pentru obținerea debitului defluent la momentul t' , pornind de la hidrograful afluent:

- în graficul $Q = f(t)$ momentul t' corespunde debitului maxim Q_{\max} ;
- în graficul $(Q + q_d) = f(N)$, debitului Q_{\max} îi corespunde nivelul N' ;
- segmentul cuprins între graficele $(Q + q_d) = f(N)$ și $Q = f(N)$ reprezintă debitul care trece peste deversor în acumulare când nivelul apei pe râu este N' ;
- în graficul $Q = f(N)$ se citește debitul care se scurge pe râu când nivelul apei este N' ;
- trecând de la graficul $Q = f(N)$ la graficul $q = f(t)$ se obține valoarea debitului defluent la momentul t' , q_{\max} ;
- la momentul t_u acumularea s-a umplut și nivelul apei pe râu este egal cu cel din acumulare, ca atare debitul defluent este neatenuat;
- în perioada t_u și t'' debitele și nivelele pe râu respectiv în acumulare sunt în scădere însă datorită volumului de apă care se scurge din lac apare o ușoară dezatenuare;
- după momentul t'' până la sfârșitul viitorii nivelul de apă pe râu scade, în timp ce nivelul de apă în lac se menține constant;
- după închiderea viitorii se deschid vanele golirii de fund a acumulării.

Volumul de apă scurs în acumulare este determinat din curba $V = f(N)$ și este egal cu suprafața cuprinsă între graficele $Q = f(t)$, $q = f(t)$ și axele de coordonate.

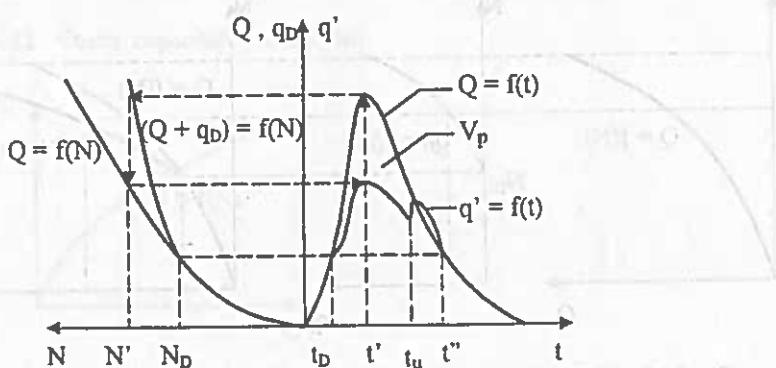


Fig.4.17. Hidrograful defluent și volumul acumulării laterale

4.2.3. Derivații pentru ape mari

Derivațiile pentru ape mari (Fig.4.18), la fel ca și acumulările transversale și frontele au rolul de a atenua viitura în aval. Spre deosebire de acumulări, atenuarea nu se produce prin reținerea unei părți din volumul viitorii, ci prin transferul lui într-un alt râu, din același bazin sau dintr-un bazin hidrografic diferit.

Derivarea între două cursuri de apă se adoptă într-una din situațiile:

- momentul producerii viitorilor pe cele două râuri nu coincide;
- pe râul în care se derivă apele există sau se pot realiza acumulări pentru atenuarea viitorii;
- pagubele înregistrate la inundații pe râul în care se derivă sunt reduse.

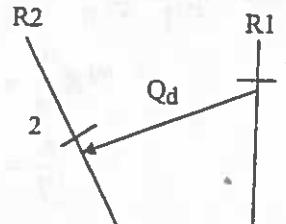


Fig.4.18. Schema unei derivații pentru ape mari

Efectul derivațiilor asupra undelor de viitură este asemănător cu cel al acumulărilor laterale însă nu se mai pune problema umplerii (Fig. 4.19).

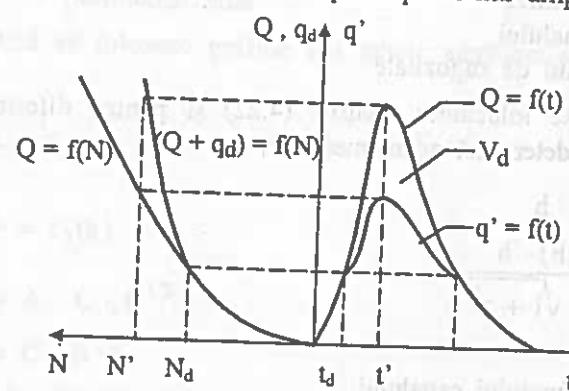


Fig.4.19. Atenuarea unei de viitoră prin funcționarea derivației

Derivațiile sunt realizate sub formă unor canale sau galerii.

Forma secțiunii transversale a canalului se alege în funcție de dimensiunile lui și de condițiile de construcție.

Secțiunea transversală cel mai frecvent utilizată este secțiunea de formă trapezoidală întrucât asigură cea mai bună stabilitate a taluzurilor, (Fig.4.20).

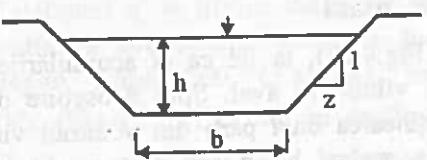


Fig.4.20. Secțiunea trapezoidală a canalului

Pentru determinarea dimensiunilor secțiunii trapezoidale a canalului se parcurg etapele /1/:

- 1) estimarea coeficientului de rugozitate n și alegerea pantei canalului I ;
- 2) calculul factorului de secțiune $AR^{2/3}$, (4.21) din ecuația lui Manning (4.20);

$$Q = A \cdot \frac{R^{2/3} \cdot I^{1/2}}{n} \quad (4.20)$$

$$A \cdot R^{2/3} = \frac{n \cdot Q}{I^{1/2}} \quad (4.21)$$

unde:

- Q - debitul maxim preluat de canalul de derivație
- A - aria secțiunii transversale udate
- R - raza hidraulică
- I - panta canalului
- n - coeficientul de rugozitate

- 3) în relația (4.21) se înlocuiesc relațiile (4.22) și pentru diferite valori ale lui b și z se determină adâncimea apei h ;

$$\begin{aligned} A &= (b + z \cdot h) \cdot h \\ R &= \frac{(b + z \cdot h) \cdot h}{b + 2 \cdot h \cdot \sqrt{1 + z^2}} \end{aligned} \quad (4.22)$$

unde:

- b - lățimea fundului canalului
- h - adâncimea apei în secțiune
- z - parametru de formă

Dimensiunile finale ale secțiunii transversale se aleg pe baza eficienței tehnico-economice.

- 4) se verifică viteza minimă admisibilă pe canalul de derivație care trebuie să fie cel puțin egală cu viteza critică de antrenare a particulelor solide.
- 5) se adaugă o gardă de siguranță peste adâncimea apei în secțiune.

Pentru dimensionarea galeriilor de derivație cu scurgere liberă se estimează:

- debitul maxim transportat prin derivație Q ;
- panta galeriei I ;
- forma secțiunii transversale a galeriei;
- coeficientul de rugozitate al galeriei n ;
- gradul de umplere al galeriei $a = h_u / H$.

Din relațiile (4.23) se poate determina aria secțiunii transversale a galeriei A , calculul efectuat prin încercări fiind însă laborios /3/.

$$\begin{aligned} A &= \frac{Q}{v} \\ v &= C \cdot R^{1/2} \cdot I^{1/2} \\ C &= \frac{1}{n} R^{1/6} \\ R &= \frac{A}{P} \end{aligned} \quad (4.23)$$

unde:

- v - viteza apei în galerie la gradul de umplere adoptat
- C - coeficientul lui Chezy
- R - raza hidraulică
- P - perimetrul udat

În practică se folosesc grafice sau tabele auxiliare alcătuite pentru relațiile (4.24):

$$\begin{aligned} \frac{K_u}{K} &= f_1(a) \\ \frac{w_u}{w} &= f_2(a) \\ K &= A \cdot C \cdot R^{1/2} \\ w &= C \cdot R^{1/2} \\ a &= h_u / H \end{aligned} \quad (4.24)$$

unde:

- K_u , K - modulul de debit pentru o adâncime oarecare h_u , adică la umplere parțială, respectiv la adâncimea H , adică la umplere maximă
- w_u , w - modulul de viteză pentru o adâncime oarecare h_u , respectiv pentru adâncimea H

Se calculează modulul de debit pentru umplerea dată K_u , cu relația (4.25)

$$K_u = \frac{Q}{\sqrt{I}} \quad (4.25)$$

Valoarea modulului de debit la umplerea maximă a galeriei K este calculat cu relația (4.26).

$$K = \frac{K_u}{f_1(a)} \quad (4.26)$$

Să determină modulul de debit la umplerea maximă a galeriei K' pentru coeficientul de rugozitate dat n , cu relația (4.27).

$$K' = \frac{K}{n} \quad (4.27)$$

Diametrul galeriei de derivație cu scurgere liberă se determină din graficele $D = f(K')$.

Pentru dimensionarea galerilor de derivație sub presiune se estimează inițial:

- debitul transportat prin derivație Q ;
- lungimea galeriei de derivație L (rezistențele locale se neglijeză în cazul lungimilor mari);
- pierderea de sarcină distribuită h_d , dată de diferența între nivelul apei din acumulare și nivelul apei în secțiunea de debușare;
- coeficientul de rezistență al conductei λ ;
- coeficientul de rugozitate n .

Din relația lui Darcy - Weisbach (4.28) se determină direct, prin încercări diametrul D al galeriei.

$$h_d = \lambda \frac{L}{D} \cdot \frac{v^2}{2g} = \lambda \cdot L \cdot \frac{8 \cdot Q^2}{g \cdot \pi^2 \cdot D^5} \quad (4.28)$$

Și în cazul galerilor de derivație sub presiune se pot utiliza similar galerilor cu față liberă diagrame sau tabele prin care diametrul D se determină în funcție de modulul de debit K' (4.29).

$$\begin{aligned} h_d &= \frac{Q^2}{K^2} L \\ K &= Q \sqrt{L/h_d} \\ K' &= \frac{K}{n} \\ D &= f(K') \end{aligned} \quad (4.29)$$

4.2.4. Lucrări de amenajare a versanților

Lucrările de amenajare a versanților au rolul de a reține apă în sol și pe covorul vegetal și de a combate eroziunea terenurilor. Împăduririle, canalele de coastă, terasările, lucrările transversale pe rețeaua hidrografică pentru scurgerea torenților sunt lucrări ce se realizează în acest scop.

Efectul care îl au lucrările menționate este de a întârzi viitura și de a reduce volumul, respectiv debitul maxim (Fig.4.21).

Atenuarea viiturii este mult mai pronunțată în cazul împăduririlor, în special atunci când pădurea ajunge la maturitate.

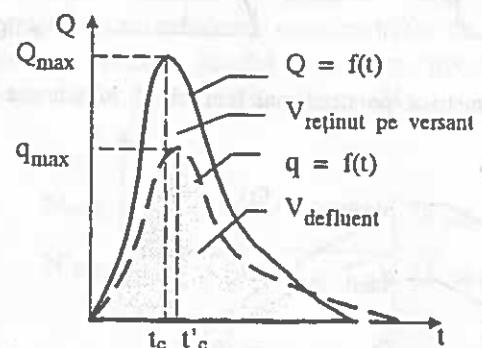


Fig.4.21. Atenuarea undei de viitură prin amenajarea versanților

4.2.5. Îndiguri

Digurile sunt lucrări de înălțime redusă dar cu o lungime mare, care se realizează în scopul apărării de inundații a terenurilor din albia majoră a râurilor. Spre deosebire de lucrările prezentate anterior, digurile nu au rolul de a atenua unda de viitură ci de a reduce inundabilitatea terenurilor.

Digurile se realizează paralel cu direcția de scurgere a apelor mari, albia minoră șerpuind între cele două diguri. Nu întotdeauna este necesară îndiguirea ambelor maluri. În zonele de confluență cu afluenții se realizează diguri de remuș care sunt racordate la digurile principale. În zona lucrărilor de traversare (poduri, conducte) digurile se vor racorda la culeea lucrării sau vor fi prevăzute diguri de dirijare.

Traseul digurilor este realizat din sectoare rectilinii racordate între ele prin sectoare curbe.

Prin realizarea digurilor, regimul de scurgere se schimbă /11/ datorită:

- modificării secțiunii de scurgere pe tronsonul îndiguit care duce la creșterea nivelurilor apei pe tronson și în amonte, în consecință se modifică cheia limnimetrică (Fig.4.22);
- dezătenuării undei de viitură pe tronsonul îndiguit și în aval (Fig.4.23).

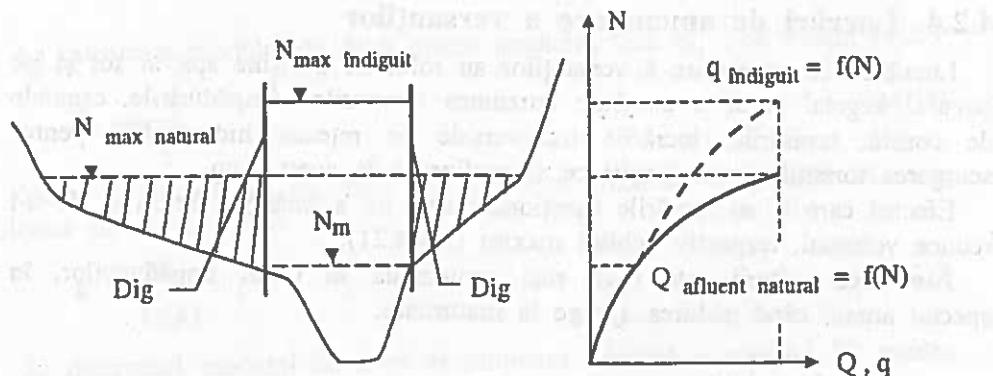


Fig.4.22. Cheile limnimetrice pe tronsonul îndiguit și în amonte

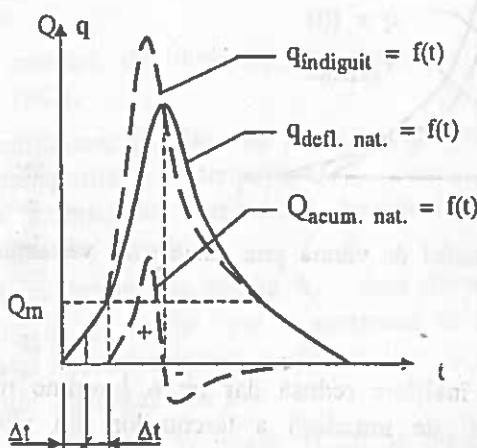


Fig.4.23. Dezatenuarea viitorii în aval de tronsonul îndiguit

Hidrograful viitorii dezatenuate în aval de tronsonul îndiguit $q_{\text{îndiguit}}$ se compune din:

- hidrograful defluent aval de tronsonul îndiguit în regim natural $q_{\text{defl. nat.}}$ determinat prin măsurători;
- hidrograful debitelor acumulate în albie în regim natural $Q_{\text{acum. nat.}}$ determinat prin calcul în funcție de nivelul de inundabilitate.

Calculul se desfășoară pe intervale de timp egale $\Delta t = t_{i+1} - t_i$ pentru care se determină ordonatele hidrografelor (4.30, 4.31).

$$Q_{\text{acum.}} = \frac{\Delta V_{i, i+1}}{\Delta t} \quad (4.30)$$

$$q_{\text{îndiguit}} = q_{\text{defl. nat.}} \pm Q_{\text{acum.}} \quad (4.31)$$

unde: $\Delta V_{i, i+1}$ – volumul acumulat în albie în intervalul Δt , în regim natural

$$\Delta V_{i, i+1} = V_{i+1} - V_i \quad (4.32)$$

4.2.6. Lucrări de regularizare a albiei minore

Lucrările de regularizare a albiei minore se fac în scopul măririi capacitatei de transport a acesteia și cuprind mărirea secțiunii transversale, scurtarea traseelor meandrate, reducerea coeficientului de rugozitate prin lucrări de întreținere și refacerea construcțiilor de traversare a albiei.

Prin executarea acestor lucrări se reduce nivelul suprafeței libere a apei, modificându-se cheile limnimetrice (Fig.4.24).

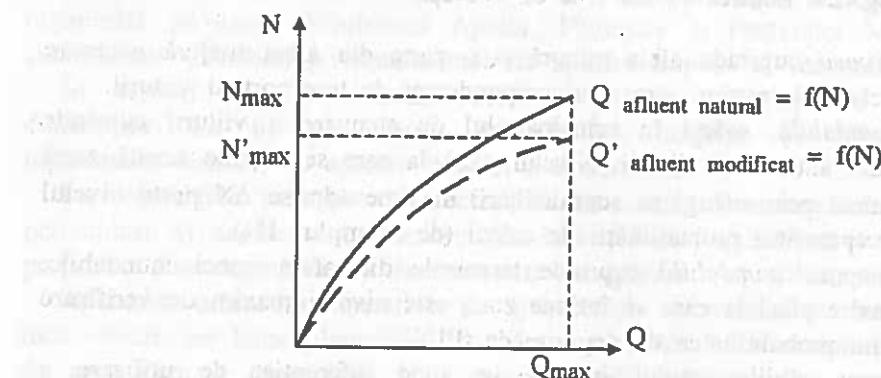


Fig. 4.24. Modificarea cheii limnimetrice prin lucrări de regularizare a albiei

4.3. Măsuri nonstructurale de apărare împotriva efectului distructiv al apelor mari

Lucrările de apărare împotriva efectului distructiv al apelor mari pot fi combinate cu măsurile nonstructurale care vizează:

- zonarea terenurilor inundabile și adoptarea unor măsuri specifice fiecărei zone;
- politica de descurajare a dezvoltării social - economice a zonelor inundabile;
- mărirea timpului de anticipație în prognoza viiturilor;
- organizarea eficientă a acțiunilor operative de apărare.

Delimitarea albilor minoră și majoră a unui curs de apă în trei zoneconform US Army Corps of Engineers este prezentată în figura 4.25.

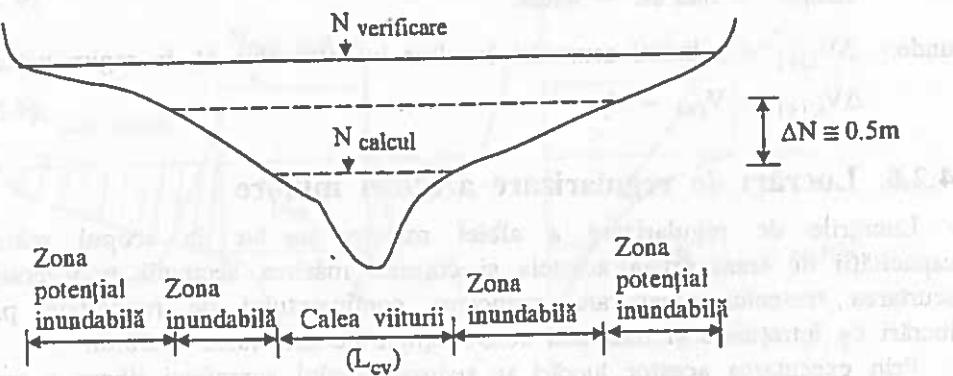


Fig.4.25. Zonarea albiilor unui curs de apă

Calea viitorii cuprinde albia minoră și o parte din albia majoră necesare scurgerii debitului maxim. Are rolul preponderent de transport al viitorii.

Zona inundabilă, având în principal rolul de atenuare a viitorii cuprinde terenurile din afara căii viitorii. Nivelul până la care se întinde această zonă este determinat prin adăugarea supraînălțării maxime admise ΔN peste nivelul natural corespunzător probabilității de calcul (de exemplu: 1%).

Zona potențial inundabilă cuprinde terenurile din afara zonei inundabile. Nivelul maxim până la care se întinde zona este nivelul maxim de verificare (de exemplu: probabilitatea de depășire de 0,1%).

Delimitarea albiilor râului impune un mod diferențiat de utilizare a zonelor, de realizare și folosire a construcțiilor, analizată pentru fiecare caz în parte.

În calea viitorii nu pot fi amplasate construcții care micșorează secțiunea de scurgere și a căror existență este periclitată. De asemenea, se are în vedere ca vegetația prezintă să nu mărească coeficientul de rugozitate, împiedicând scurgerea. În zonele inundabile se impun anumite restricții construcțiilor, în timp ce zonele potențial inundabile sunt zone de risc minim, deci fără restricții.

În corelare cu zonarea albiilor unui curs de apă se aplică o politică de descurajare a amplasării obiectivelor în calea viitorii și în zonele inundabile, în timp ce pentru obiectivele mutate sau nou construite în zonele potențial inundabile se acordă credite avantajoase și impozite scăzute.

Prognosarea viitorilor, respectiv mărirea timpului de anticipație al acestora poate duce la:

- creșterea eficienței de apărare a lucrărilor hidrotehnice (de exemplu: golirea unui volum din tranșă permanentă a unei acumulări mixte);
- evitarea panicii și a victimelor în rândul populației supusă riscului prin măsuri operative de apărare și evacuare când este cazul.

Prognosarea viitorilor trebuie corelată cu planul de organizare a acțiunilor de prevenire, intervenție și atenuare a efectelor inundațiilor.

Prin apărarea împotriva dezastrelor produse de inundații, fenomene meteorologice periculoase și accidente la construcții hidrotehnice se înțelege:

- măsuri de prevenire și pregătire pentru intervenție, luate înainte de declanșarea dezastrelor;
- măsuri operative urgente de intervenție, luate după declanșarea fenomenelor, pentru limitarea dezastrelor, evacuarea, cazarea, salvarea și ajutorarea populației sinistrate;
- măsuri de intervenție ulterioară, pentru recuperare, inventariere și reabilitare.

Organizarea și conducerea la nivel național a activităților de apărare se realizează de către Comisia centrală de apărare împotriva inundațiilor, organizată pe lângă Ministerul Apelor, Pădurilor și Protecției Mediului și subordonată Comisiei guvernamentale de apărare împotriva dezastrelor.

În teritoriu se organizează comisii județene de apărare împotriva dezastrelor. La nivelul tuturor municipiilor, orașelor și comunelor se organizează comisii de apărare împotriva dezastrelor.

La obiectivele care pot fi afectate de inundații, fenomene meteorologice periculoase și accidente la construcțiile hidrotehnice, indiferent de forma de proprietate, se organizează comandamente de apărare.

Aplicarea măsurilor operative de apărare și intervenție se realizează în mod unitar, pe baza planurilor de apărare care iau în considerare planurile de amenajare a teritoriului și a restricționării regimului de construcții în zonele inundabile.

Măsurile de prevenire și pregătire pentru intervenție cuprind:

- Organizarea sistemului informațional meteorologic și hidrologic. Acesta constă în observarea, măsurarea, înregistrarea și prelucrarea datelor, elaborarea prognozelor, avertizărilor și alarmărilor precum și transmiterea acestora factorilor implicați în acțiunile de apărare în vederea luării deciziilor necesare. În zonele amenajate cu lucrări hidrotehnice, sistemul informațional cuprinde, de asemenea, date și măsurători privind manevrele de exploatare care au ca efect modificarea regimului natural de scurgere.
- Stabilirea pragurilor de apărare în funcție de amplitudinea fenomenelor care declanșează acțiunile de apărare.
 - *Situarea de atenție* care are semnificația unei situații deosebite și nu prezintă neapărat un pericol. Consecințele intrării în situația de atenție sunt: îndesarea observațiilor și măsurătorilor care se fac pentru urmărire fenomenului și pentru prognoza evoluției sale și verificarea construcțiilor de apărare.

- *Situată de alertă* este caracterizată printr-o evoluție a fenomenelor în direcția în care poate conduce la un anume pericol (de exemplu: creșterea în continuare a nivelurilor pe cursul de apă, creșterea debitelor infiltrate prin construcțiile hidrotehnice de retenție și a antrenării de materiale din corpul acestora). Declanșarea stării de alertă conduce la intrarea în situația operativă a comisiilor de apărare. Activitățile de apărare desfășurate sunt atât activități menite să stăpânească fenomenul, cât și activități pregătitoare pentru eventualitatea declanșării situației de alarmă.
- *Situată de pericol (urgență)* este declanșată în momentul în care pericolul devine iminent și este necesară luarea unor măsuri excepționale: evacuarea populației, a animalelor, a unor bunuri materiale, măsuri deosebite în exploatarea construcțiilor hidrotehnice cu rol de apărare împotriva inundațiilor, restricții de circulație pe unele drumuri și poduri, precum și pe căile navigabile și altele din zonele posibil a fi afectate.
- Întocmirea planurilor operative de apărare de către unitățile care dețin obiective periclitante, cu consultarea tehnică și coordonarea sistemelor de gospodărire a apelor și de către direcțiile apelor pentru bazinul hidrografic aferent. Aceste planuri se reactualizează o dată la 4 ani, din punct de vedere al elementelor tehnice și atunci când este necesar, datorită modificărilor organizatorice.
- Organizarea, pregătirea și asigurarea forțelor, mijloacelor și a materialelor de intervenție.

Măsurile operative de intervenție în perioada de apărare sunt impuse prin planurile de apărare. Planul de apărare pe bazine hidrografice se constituie prin ansamblarea planurilor județene de apărare privind sistemul informațional și de exploatare a construcțiilor hidrotehnice în condiții de ape mari și conține printre altele:

- schema sinoptică a sistemului informațional hidrometeorologic pe ansamblul bazinului hidrografic, cuprinzând unitățile meteorologice și hidrologice din bazin, comisiile județene, municipale, orașenești, comunale și obiectivele ce trebuie avertizate direct;
- harta sistemului informațional hidrometeorologic, întocmită la o scară de 1:200.000 sau 1:100.000, care cuprinde toate amenajările hidrotehnice ce pot produce inundații sau care au rol de apărare, amplasarea stațiilor și posturilor hidrometrice și pluviometrice, schema fluxului informațional - decizional pentru apărare împotriva inundațiilor, sistemele de telecomunicații și caracterul permanent sau periodic al transmisiunilor, numerotarea obiectivelor cuprinse în planurile județene de apărare împotriva inundațiilor;

- stațiile hidrometrice din rețeaua națională și de exploatare, precum și stațiile și posturile aparținând altor unități din subordinea unor minister sau organe centrale, necesare în organizarea acțiunilor de apărare pe ansamblul bazinului hidrografic, cu mărimile caracteristice de apărare;
- mijloacele de telecomunicații folosite în cadrul dispeceratului în timpul acțiunilor de apărare și de la obiectivele cuprinse în schema sinoptică;
- regulile de exploatare pe timp de ape mari și fenomene meteorologice periculoase, cu indicarea restricțiilor în exploatarea sistemelor hidrotehnice; soluțiile extreme în caz de ape mari și de accidente la construcțiile hidrotehnice;
- extrase din regulamentele privind apărarea împotriva inundațiilor produse pe cursuri de apă ce formează frontiera sau sunt întreținute de acestea, precum și regulamentele privind transmiterea datelor și informațiilor meteorologice și hidrologice în zonele de frontieră;
- sistemele de avertizare – alarmare a obiectivelor și localităților inundabile din aval de lacurile de acumulare, în cazul pericolului descărcărilor accidentale, avarierii sau distrugerii barajelor;
- benzile inundabile și profilele longitudinale, cu indicarea poziției obiectivelor și a cotelor caracteristice de apărare, în raport cu curbele suprafeței libere a apei, la probabilități caracteristice ale râurilor principale și pe sectoarele dens populate pe celelalte râuri;
- situația stocului de materiale și a mijloacelor de apărare la lucrările hidrotehnice din administrare proprie;
- obiectivele inundabile, cu indicarea cotelor de apărare locale și zonale.

4.4. Scheme complexe de gospodărire a apelor mari

Lucrările și măsurile de gospodărire a apelor mari prezentate anterior nu se exclud reciproc, în majoritatea cazurilor ele conlucrează la combaterea inundațiilor în cadrul schemelor de amenajare.

În figura 4.26 este prezentată o astfel de schematică, iar modificările produse asupra hidrografului undei de viitură de fiecare lucru sunt arătate în figurile 4.27 ... 4.32.

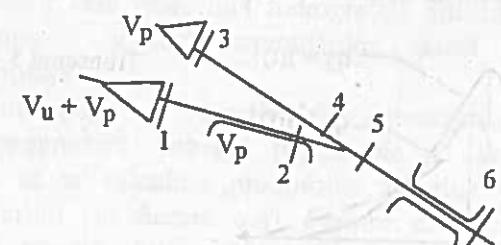


Fig.4.26. Schema complexă de gospodărire a apelor mari

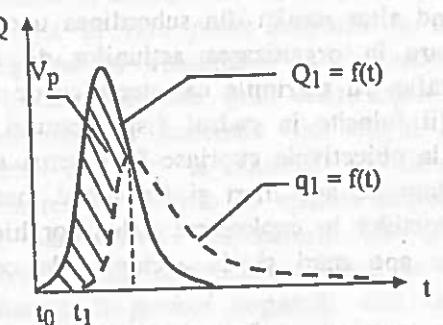


Fig.4.27. Atenuarea viiturii în acumularea mixtă ($V_u + V_p$)

Secțiunea 1

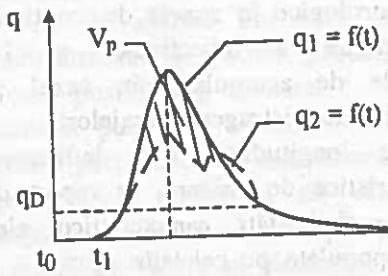


Fig.4.28. Atenuarea viiturii în acumularea laterală

Secțiunea 2

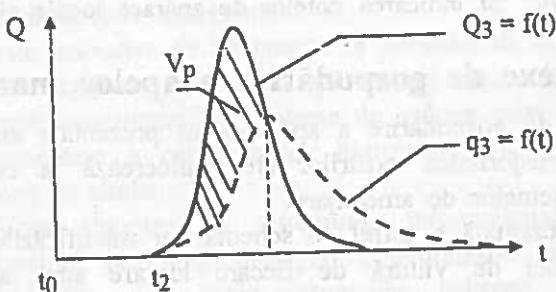


Fig.4.29. Atenuarea viiturii în acumularea nepermanentă

Secțiunea 3

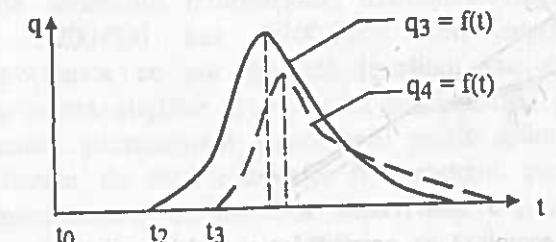


Fig.4.30. Propagarea și atenuarea viiturii în albie

Tronsonul 3 - 4

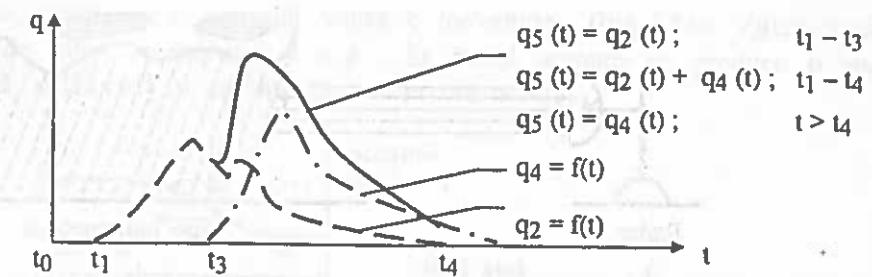


Fig.4.31. Componerea hidrografelor viituriilor în secțiunea 5

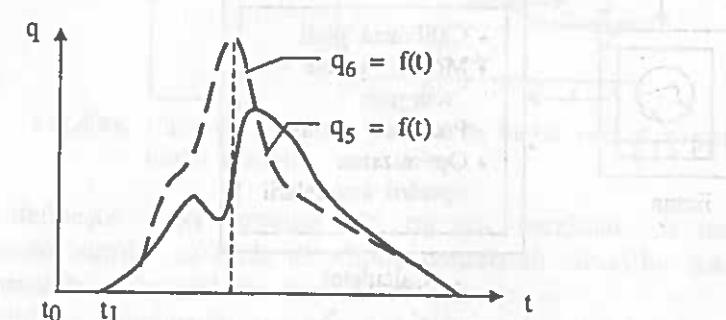


Fig.4.32. Dezatenuarea viiturii produsă în aval de diguri

Un control optim al acumulărilor din cadrul unei scheme complexe de gospodărire a apelor mari se poate face cu ajutorul unei tehnici bazată pe prognozarea în timp real a viiturii (Fig.4.33) /18/.

Radarul meteorologic înregistrează ploaia căzută în bazinul hidrografic considerat. Calculatorul instalat la Centrul de control al viiturii face următoarele determinări:

- calibrarea ploii estimate (transformarea semnalelor radar în precipitație);
- extinderea șirului precipitațiilor înregistrate în viitor prin prognoză în timp real a precipitațiilor estimate pentru perioada imediat următoare;
- aplicarea unui model ploaie – scurgere în scopul calculării hidrografelor viituriilor care reprezintă hidrografele afluente în acumulări;
- optimizarea operării acumulărilor bazată pe hidrografele de viituri prognozate.

Controlul optim al funcționării acumulărilor depinde de hidrografele viituriilor prognozate. Întrucât progozele nu sunt în totalitate exacte este necesar ca să se calculeze progozele viituriilor în repetate rânduri pe toată durata viituriilor (în fiecare oră). Fiecare determinare trebuie făcută pe baza celor mai recente date primite de la stația hidrometrică. Procedura de optimizare trebuie să fie readaptată noii progoze (în fiecare oră).

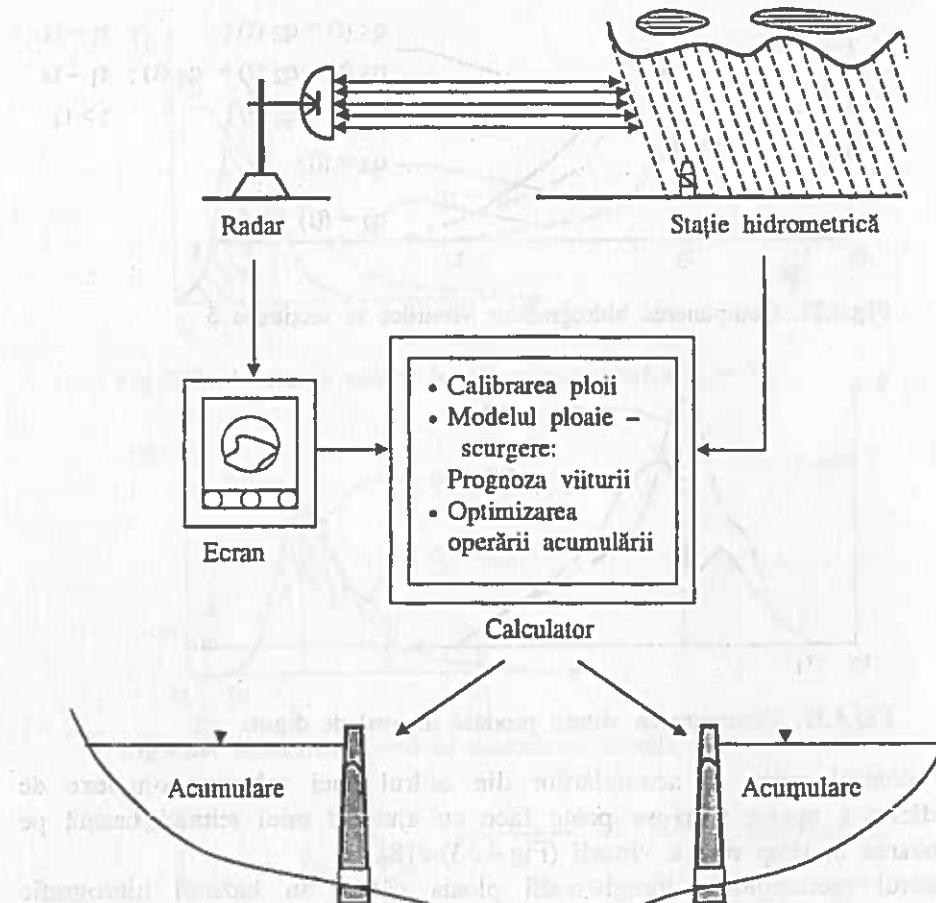


Fig.4.33. Operarea acumulărilor bazată pe prognoza viiturii în timp real

4.5. Viituri produse prin avarierea / cedarea unui baraj

Cedarea parțială sau totală a unui baraj determină apariția bruscă în albie râului, în secțiunea ruperii, a unui debit foarte mare, producând o perturbare violentă a regimului hidraulic anterior (presupus în general stabil în timp) și conduce la apariția unei mișcări nepermanente, rapid variată. Mișcarea aceasta a lichidului cu suprafață liberă în albie râului este caracterizată prin variații rapide în timp a parametrilor care o definesc: viteză, debit, adâncime (nivel), pantă, etc.

Se formează o undă de translație (călătoare, abruptă) pozitivă (sub forma unei umflături a apei), care se deplasează în lungul curentului și în același

108

sens cu acesta, cu o anumită viteză c (celeritate), (Fig.4.34). Viteza undei, diferă de viteza curentului $v \neq c$. În bieful amonte se produce o undă negativă, călătorind în amonte, în contra curentului.

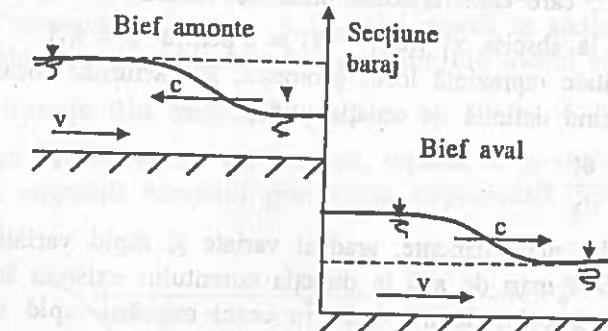


Fig.4.34. Undă de translație pozitivă în bieful aval și negativă în bieful amonte

Se definește undă produsă de ruperea barajului *ca undă de viitură accidentală*, similar cu undă de viitură consacrată viituriilor naturale. Elementele definitorii ale undelor de viitură:

- gradul de subzidență, reprezentând măsura în care adâncimea maximă a apei se reduce ca efect al propagării (Fig.4.35).

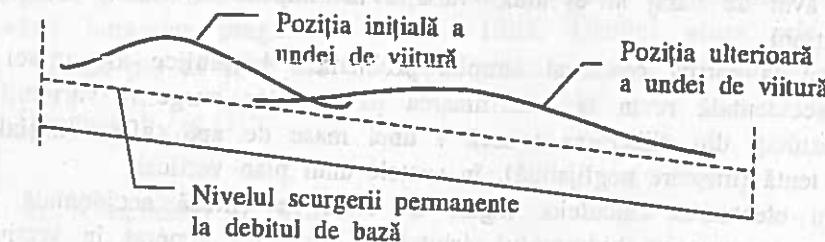


Fig.4.35. Subzidența vârfului undei de viitură

Subzidența vârfului unei unde reprezintă procesul de micșorare a vârfului acesteia, în urma parcurgerii unui sector de albie ca o consecință a procesului de lungire a undei, din cauza diferențelor de viteze de curgere din lungul râului.

- fenomenul de atenuare, diferit de subzidența undei, are ca element principal reținerea unei părți din volumul undei de viitură în albie sau lacuri.
- vârful (creasta) undei de viitură reprezintă valoarea maximă pe care o atinge nivelul apei, făcându-se distincție între:

- vârful instantaneu h_0 , care caracterizează unda de viitură la un moment dat t_0 [$(\partial h_0 / \partial x) = 0$ pentru $t = t_0$];
- vârful local h_1 , care caracterizează unda de viitură dintr-o secțiune oarecare situată la abscisa x_1 [$(\partial h_1 / \partial t) = 0$ pentru $x = x_1$].
- linia de inundabilitate reprezintă locul geometric al vârfurilor locale din diferite secțiuni, fiind definită de ecuația (4.33).

$$\frac{dh_1}{dt} = \frac{\partial h_1}{\partial x} + \frac{\partial h_1}{\partial t} \cdot \frac{dx}{dt} \quad (4.33)$$

Caracteristic mișcărilor nepermanente, gradual variante și rapid variante, este faptul că transportă debite mari de apă în direcția curentului existent înaintea fenomenului, sub forma undelor de translație. În cazul mișcării rapid variante, curbura profilului instantaneu al undei este foarte pronunțată, frontul undei, de formă parabolică, fiind abrupt.

Din punct de vedere hidraulic sunt necesară a fi determinate:

- viteza de propagare a frontului de undă în aval, caracteristica cea mai importantă fiind viteza de propagare a centrului de gravitate a undei de creștere ($v = 0.5 \dots 23$ m/s). Aceasta este influențată de pantă și frecare.
- înălțimile maxime ale undei în diferite secțiuni transversale prin vale, în aval de baraj și eventual variația în timp a nivelurilor în aceste secțiuni.

Reduse la forma cea mai simplă, problemele hidraulice ale undei de viitură accidentală revin la determinarea parametrilor curgerii, variabili în timp, rezultați din eliberarea bruscă a unei mase de apă, aflată inițial în mișcare lentă (mișcare neglijabilă), în spatele unui plan vertical.

Pentru efectuarea calculelor legate de unda de viitură accidentală este necesar să cunoaște hidrograful debitelor $Q = f(t)$, generat în secțiunea de amplasare a barajului ca urmare a ruperii acestuia, definit ca hidrograf al ruperii. Acest hidrograf depinde în principal de următoarele elemente:

- modul de rupere (forma, durata avariei, viteza de dezvoltare în timp), impus de un anumit scenariu caracteristic unui anumit tip de baraj;
- geometria și volumul lacului;
- nivelul apei în lac.

Parametrii fenomenului sunt influențați de factori ca:

- forma și rugozitatea văii și a versanților;
- scăderea nivelului apei în lac;
- ruperile de baraje în aval sau și confluențele de unde de viituri accidentale produse de ruperi de baraje amplasate în paralel în rețeaua hidrografică.

4.5.1. Hidrograful undei de viitură accidentală în secțiunea barajului

Pe baza ipotezelor de rupere progresivă sau instantaneă a barajelor se pot determina consecințele acestora: hidrograful ruperii în secțiunea avariei, respectiv hidrografele viiturii accidentale în secțiunile din avalul acesteia /17/.

4.5.1.1. Baraje din materiale locale

În cazul *deversării peste coronament*, ruperea se produce cel mai probabil ca urmare a eroziunii barajului prin breșă trapezoidală formată pe coronament (Fig.4.36).

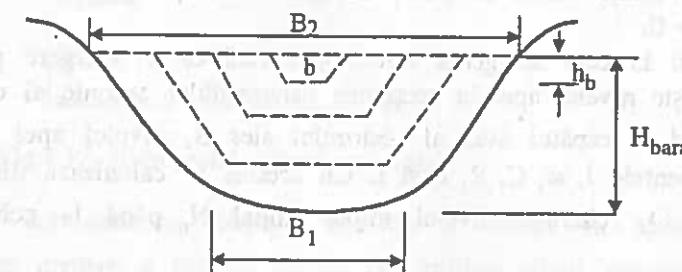


Fig.4.36. Ruperea barajului la deversarea peste coronament

Surgerea poate fi considerată ca o scurgere peste un deversor cu prag lat, având lungimea pragului $c = (3 \dots 10)H$. Debitul scurs prin breșă, pentru fiecare pas de timp luat în calcul Δt , este dat de ecuația (4.34).

$$Q = m \cdot \epsilon \cdot b \sqrt{2g} \cdot H^{3/2} \quad (4.34)$$

unde:

- m - coeficient de debit
- ϵ - coeficient de contracție laterală
- g - accelerația gravitațională
- b - lungimea breșei
- H - sarcina deversorului

Pentru valori $c \gg H$, ce se atinge pe măsură adâncirii breșei, curgerea trebuie considerată ca o curgere într-un canal cu pantă i . Pentru albii neprismatici, ecuația fundamentală poate fi scrisă sub forma (4.35).

$$\frac{dh}{ds} = \frac{i - \frac{Q^2}{\omega^2 \cdot C^2 \cdot R} + \frac{\alpha \cdot Q^2}{g \cdot \omega^3} \cdot \frac{\partial \omega}{\partial s}}{1 - \frac{\alpha \cdot Q^2}{g \cdot \omega^3} \cdot B} \quad (4.35)$$

unde:

- $dh/dS = J$ - panta suprafeței libere a apei
- Q - debitul
- i - panta albiei
- B - lățimea albiei
- C - coeficientul lui Chezy
- R - raza hidraulică
- $\alpha = 1,1$ - coeficientul Coriolis care ține seama de distribuția neuniformă a vitezei în secțiune
- ω - secțiunea transversală a albiei

În cele mai multe cazuri se poate accepta forma prismatică a canalului deci $\partial\omega / \partial S = 0$.

În momentul în care scurgerea este considerată ca o scurgere printr-un canal se cunoaște nivelul apei în secțiunea paramentului amonte al canalului (N_B). Impunând la capătul aval al sectorului ales S , nivelul apei (N_n) se determină elementele J , ω , C , R , α și i . Cu acestea se calculează din relația (4.35) debitul Q , reiterând nivelul impus inițial N_n până la echilibrarea ecuației.

În cazul *bresei produse în interiorul barajului* care se dezvoltă până la prăbușirea acestuia, scurgerea se poate asimila celei prin golirea de fund a unui baraj. Debitul scurs prin golire pentru fiecare pas de timp luat în calcul este determinat cu relația (4.36).

$$Q = \mu \cdot \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot \sqrt{2g} \cdot H^{1.2} \quad (4.36)$$

unde:

- μ - coeficient de debit
- D - diametrul breșei
- H - presiunea corespunzătoare nivelului apei în lac

Pentru calculul hidrografului de rupere $Q = f(t)$, (Fig.4.37), se consideră că golirea lacului se produce prin breșă creată și se ține cont de volumul de apă golit din lac și corespunzător, de scăderea nivelului de apă din lac (4.37).

$$S_i \cdot \Delta H_i = Q_i \cdot \Delta t \quad (4.37)$$

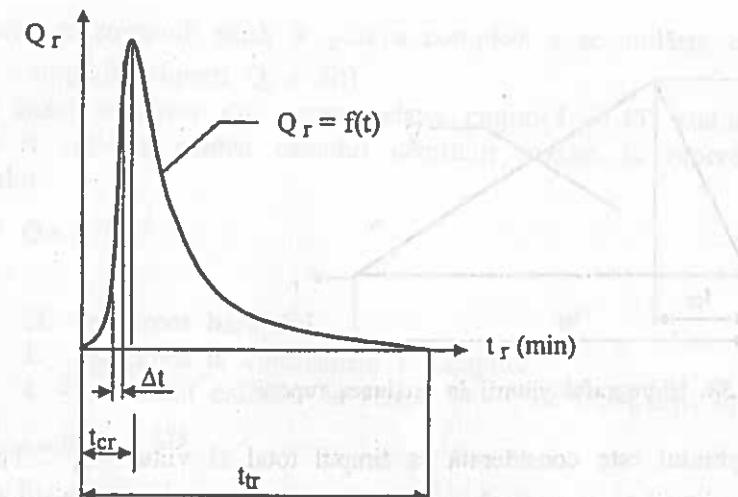


Fig.4.37. Hidrograful viiturii accidentale

Pentru determinarea debitului maxim al viiturii în secțiunea barajului $Q_{r \max}$, ca urmare a ruperii lui se pot utiliza relații empirice stabilite pe baza rezultatelor unor cercetări experimentale comparate cu datele înregistrate la cedările produse. Astfel de relații empirice au fost stabilite de US Bureau of Reclamation (4.38), Hagen (4.39), MacDonald & Langridge-Monopolis (4.40) și Lemperiere (4.41).

$$Q = 19 \cdot H^{1.85} \quad (4.38)$$

$$Q = 1.2 \cdot (H \cdot V)^{0.48} \quad (4.39)$$

$$Q = 330 \cdot (H \cdot V)^{0.42} \quad (4.40)$$

$$Q = H^{0.5} \cdot (H^2 + V^{0.5}) \quad (4.41)$$

unde:

H - înălțimea apei măsurată între cota talvegului de la piciorul aval al barajului și nivelul apei în lac, în momentul ruperii

V - volumul acumulării

Hidrograful viiturii în secțiunea barajului se consideră de formă triunghiulară al cărui vârf este debitul maxim, iar suprafața hidrografului are valoarea volumului lacului (Fig.4.38).

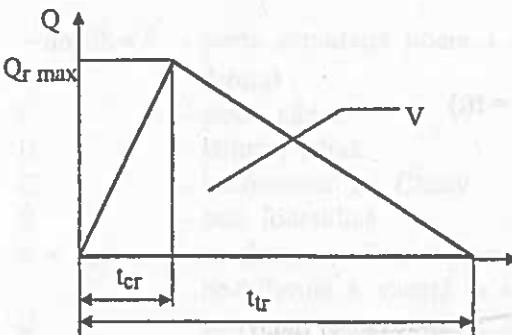


Fig.4.38. Hidrograful viiturii în secțiunea ruperii

Baza triunghiului este considerată ca timpul total al viiturii t_{tr} . Timpul de creștere al viiturii t_{cr} reprezintă un procent din timpul total și depinde de panta albiei aval și lățimea văii. Pentru a evita propagarea hidrografului estimat în mai multe variante se recomandă a se lua în considerare hidrograful în care raportul ($t_{cr} / t_{tr} = 0,5$) ar putea da un rezultat satisfăcător.

4.5.1.2. Baraje din beton

În cazul unor baraje de beton, având n ploturi, din care p deversoare, hidrograful ruperii se determină pe baza ipotezei ruperii unui număr de ploturi, într-un timp foarte scurt.

Curgerea apei peste cele n_1 ploturi rupte simultan este considerată o curgere peste un deversor cu prag lat. Debitul este calculat pentru fiecare pas de timp Δt cu relația (4.42).

$$Q = \sum_{i=1}^{n_1} (m \cdot \epsilon \cdot b \sqrt{2g} \cdot H^{3/2}) \quad (4.42)$$

Pentru fiecare pas de timp, Δt se calculează volumul scurs în aval de baraj cu relația (4.43).

$$V_s = (Q - Q^{p\%}) \cdot \Delta t \quad (4.43)$$

Volumul rămas în lac se calculează cu relația (4.44).

$$V_r = V - V_s \quad (4.44)$$

Se calculează din $V = f(H)$, pentru V_r determinat, valoarea lui H , din care se stabilesc în continuare, pentru următorul pas de timp Δt , adâncimile de calcul și respectiv debitul de rupere $Q_r = Q$, cu relația (4.42), s.a.m.d.

Calculul se continuă până la golirea completă a acumulării, obținându-se în final hidrograful ruperii $Q_r = f(t)$.

În cazul barajelor din beton, relația empirică (4.45) stabilită de Franco poate fi aplicată pentru calculul debitului maxim la rupere în secțiunea barajului.

$$Q = c \cdot H^{1.5} \cdot L \quad (4.45)$$

unde:

H - înălțimea barajului

L - lungimea la coronament a barajului

c - coeficient calculat cu relația (4.46) de US Corps of Engineers

$$c = 0,9 \cdot R^{0.28}$$

$$R = A_{bresa} / A_{baraj} \quad (4.46)$$

unde:

A_{bresa} - suprafața bresei

A_{baraj} - suprafața secțiunii transversale a barajului

Hidrograful ruperii poate fi estimat la fel ca în cazul barajelor din materiale locale.

4.5.2. Propagarea undei de viitură accidentală în aval

Propagarea undei de viitură accidentală în aval se calculează prin metode hidraulice și hidrologice, aceleași ca și pentru viiturile naturale.

Modelele hidraulice au la bază sistemul de ecuații ce caracterizează regimul nepermanent de mișcare în albie, ecuațiile Saint - Venant, ecuații cu derivate parțiale, de tip hiperbolic (4.47) și (4.48).

$$\frac{\partial A}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial x} = 0 \quad (4.47)$$

$$S_f = S_x - \frac{\partial h}{\partial x} - \frac{u}{g} \cdot \frac{\partial u}{\partial x} - \frac{l}{g} \cdot \frac{\partial u}{\partial t} \quad (4.48)$$

onda cinematică

onda de difuzie

onda dinamică

unde:

u - viteza în direcția longitudinală

x	- coordonata longitudinală
h	- adâncimea apei
B	- lățimea la vârf, în secțiune transversală
A	- secțiunea scurgerii
Q	- debitul
S _x	- panta patului albiei
S _f	- panta frecării
g	- accelerația gravitațională
t	- timpul

Există o serie de modele numerice care folosesc modelul dinamic complet dar și modele numerice care folosesc modele simplificate, precum al undei de difuzie și cel al undei cinematice.

De asemenea, modelele numerice sunt unidimensionale și bidimensionale. Având în vedere fenomenele complexe care au loc în albie s-a constatat prin simulări numerice și cercetări experimentale că modelele bidimensionale caracterizează mai bine aceste fenomene decât cele unidimensionale.

Modele hidrologice cunoscute sub denumirea de Muskingum folosesc ecuația de continuitate (4.49) și ecuația de mișcare (4.50) pusă sub o formă simplificată de McCharthy.

$$\frac{dV}{dt} = Q_a - Q_d \quad (4.49)$$

$$V = T \cdot [\alpha \cdot Q_a + (1 - \alpha) \cdot Q_d] \quad (4.50)$$

unde:

V	- volumul înmagazinat pe sectorul de râu considerat, la timpul t
Q _a	- debitul affluent pe sectorul de râu
Q _d	- debitul affluent pe sectorul de râu
T, α	- parametrii caracteristici sectorului, privind posibilitatea de acumulare și golire a volumului V; valoarea lor se consideră constantă și rezultă din media valorilor obținute din măsurători
T	- timpul de propagare al centrului de greutate al undei de viitură pe sectorul considerat
α	- coeficientul de acumulare

Relația (4.50) este o relație empirică, exprimând legătura între debitele și volumele înmagazinate. Rezolvarea sistemului trebuie să ducă la o relație explicită a debitului $Q_d(t)$, date ale problemei fiind $Q_a(t)$ și parametrii T

5

GOSPODĂRIREA CALITATIVĂ A APELOR

Gospodărirea calității apelor este o ramură a gospodăririi apelor care are drept obiect studiul ansamblului de lucrări și măsuri pentru satisfacerea necesităților calitative de apă ale folosiștelor, combaterea acțiunii dăunătoare produse de calitatea necorespunzătoare a apelor și conservarea calității resurselor de apă.

Conservarea calității apelor înseamnă prevenirea și combaterea impurificării (poluării) ei și este obiectul de studiu al *protecției calității apelor*.

Schema de gospodărire a calității apelor cuprinde lucrările realizate într-un bazin hidrografic pentru asigurarea unei calități corespunzătoare a apelor și protecției calității acestora /15/.

Calitatea apelor neputând fi izolată de cantitatea apelor, în analiza schemelor de gospodărire a calității apelor se acționează direct asupra proceselor calitative dar și asupra proceselor cantitative, care indirect le influențeză pe cele calitative.

Ca și în cazul celorlalte tipuri de scheme de gospodărire a apelor există mai multe soluții posibile de a se atinge obiectivul dorit. Soluțiile care se impun a fi adoptate sunt:

- împiedicarea pătrunderii în ape a unor impurificatori care depășesc capacitatea de preluare a cursului de apă, peste limita admisibilă;
- sporirea capacitatii cursului de apă de a primi poluanți.

5.1. Scheme de gospodărire a calității apelor bazate pe împiedicarea pătrunderii impurificatorilor în apă

Pătrunderea impurificatorilor în apă poate fi diminuată prin:

A) *procedee tehnologice* care includ:

- alegerea proceselor tehnologice;
- recircularea apelor uzate industriale;
- micșorarea pierderilor, recuperarea materiilor prime, semifabricatelor și a produselor finite;
- extinderea proceselor de colectare și evacuare pe cale uscată a reziduurilor.

B) *epurarea apelor uzate* care necesită:

- precizarea condițiilor pe care trebuie să le îndeplinească apele uzate evacuate de fiecare folosiștant;

- stabilirea gradului de epurare al apelor uzate pentru fiecare sursă de murdărire și realizarea lui prin stații de epurare;
- calcule de optimizare pe întreg bazinul hidrografic pentru îndeplinirea condițiilor întrucât ele sunt legate de calitatea apei emisarului înainte de deversare.

C) *reducerea pericolului de pătrundere neorganizată a substanțelor poluante (devierea trecerii unui râu prin masive de sare pe care le dizolvă)*

5.2. Scheme de gospodărire a calității apelor bazate pe modificarea repartiției în timp și / sau spațiu a apelor uzate

În unele cazuri poate fi luată în considerare soluția de a reține o parte din apele uzate în bazine de acumulare astfel încât debitele evacuate să fie adaptate regimului râului.

În anumite situații, debitele emisarului fiind prea reduse pentru a putea primi anumite ape reziduale poate și rațională alegerea unui alt punct de deversare a apelor uzate, fie în același râu, fie în alt râu.

5.3. Scheme de gospodărire a calității apelor bazate pe mărirea capacitatii cursurilor de apă de a primi impurități

Mărarea capacitatii de autoepurare a unui curs de apă reduce în măsură corespunzătoare necesitatea epurării artificiale. Ea este însă insuficientă, ca modalitate unică de rezolvare a problemei calitative a cursurilor de apă.

Dintre procedeele de acest tip pot fi luate în considerare:

- intensificarea aerării prin:
 - construcții hidrotehnice speciale care să provoace o scurgere turbulentă: trepte, praguri de fund, deversoare ale barajului;
 - amenajări adecvate la conductele de alimentare a turbinelor hidrocentralelor care să realizeze o absorbție cât mai mare de aer;
 - dispozitive mecanice rotative de aerare prin agitare;
 - insuflarea de aer comprimat;
 - împrăștierea unui debit de apă prin pompare pe suprafața emisarului.
- adaosuri de substanțe care să favorizeze autoepurarea:
 - adăugarea de nitrati pentru mineralizare;
 - clorurarea apei pentru eliminarea hidrogenului sulfurat (procedeul poate dăuna faunei piscicole);
 - adăugarea de sulfat de cupru pentru a împiedica dezvoltarea excesivă a algelor ("înflorirea apei").

5.4. Scheme de gospodărire a calității apelor bazate pe asigurarea unor debite de diluție

Capacitatea de evacuare a unor debite într-un curs de apă este determinată de debitele cursului. O soluție de mărire a acestei capacitați o constituie sporirea debitelor minime. Ca urmare debitul de diluție crește și se îmbunătățesc procesele de autoepurare.

În aceste scheme efectele calitative dorite sunt realizate prin intermediul acționării asupra cantității de apă, utilizând acumulările și derivațiile. Prin adaptarea regimului de exploatare a unor lucrări de gospodărire cantitativă a apelor realizate pentru alte folosiște este posibil, uneori să se asigure și anumite debite de diluție.

În studiile de gospodărire calitativă a apelor se iau în considerare debitele minime de scurgere salubră menținute în albie. Acestea trebuie să asigure condițiile de autoepurare pentru poluarea din surse neorganizate și menținerea fondului piscicolo.

Modificări importante ale caracteristicilor calitative ale apei sunt produse de acumulări la următorii indicatori:

- turbiditatea scade substanțial dar este modificată ulterior prin dezvoltarea organismelor planctonice;
- oxigenul dizolvat crește, favorizând oxidarea și mineralizarea materiei organice;
- elemente ca fierul, manganul, hidrogenul sulfurat pot apărea mai ales în zonele de fund;
- apariția cularii, gustului, mirosului specific ca urmare a existenței elementelor menționate anterior și a altor substanțe organice.

5.5. Conținutul planului de gospodărire a calității apelor

Planul stabilește calitatea apei care asigură satisfacerea în bune condiții a tuturor folosiștelor din bazinul hidrografic, în prezent și în perspectivă. Acesta trebuie conceput ca o documentație complexă în care este prezentată situația existentă a surselor de poluare și folosiștelor de ape dintr-un bazin hidrografic și se apreciază evoluția lor viitoare.

Planul de gospodărire a calității apelor are un caracter dinamic, fiind necesară reactualizarea lui periodică, în funcție de schimbările survenite în bazinul hidrografic, prin apariția unor noi folosiște și / sau surse de poluare.

Odată întocmit, planul devine instrumentul de coordonare al întregii activități de gospodărire a calității apelor din bazinul hidrografic. Pe baza lui se pot pune la dispoziția beneficiarilor rezultatele studiilor întreprinse și datele cu privire la condițiile de descărcare a apelor uzate în receptoare.

O schemă tip pentru studii de gospodărire a calității apei este dată în figura 5.1.

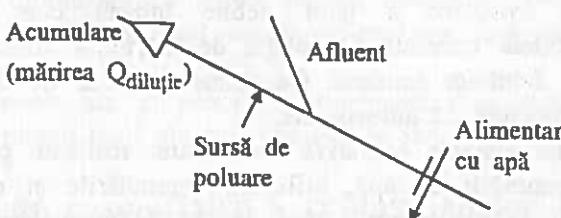


Fig.5.1. Schemă tip pentru studii de calitate a apelor

O schemă logică simplificată a programului de gospodărire a calității apei în bazinul hidrografic este prezentată în figura 5.2.

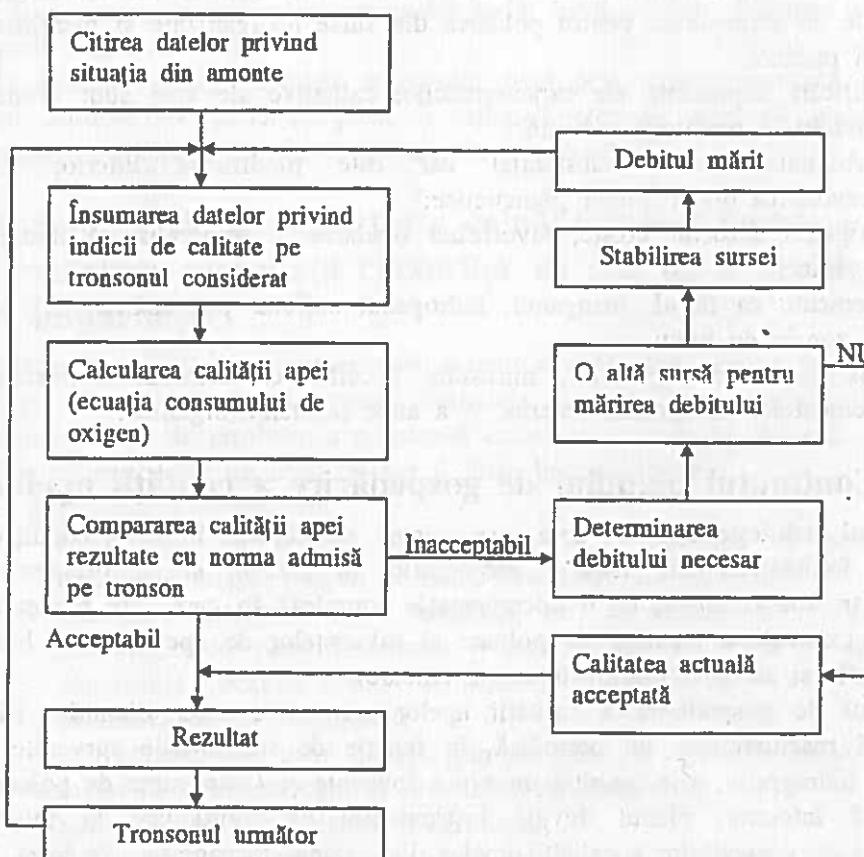


Fig.5.2. Schema logică simplificată a programului de gospodărire a calității apei în bazinul hidrografic

Pentru stabilirea condițiilor de evacuare a apelor uzate în apele de suprafață se folosesc debitele și caracteristicile fizico-chimice ale apelor uzate și caracteristicile apei emisarului corespunzătoare debitului de diluție, pe o perioadă de minimum 20 de ani.

Debitul apelor uzate care se ia în considerare la stabilirea condițiilor de evacuare este cel maxim zilnic $Q_{\max, \text{zilnic}}$.

Pentru stabilirea debitului de diluție al emisarului se folosește sirul de cel puțin 20 de valori reprezentând debitul mediu lunar minim din fiecare an, din care se determină valoarea corespunzătoare asigurării de 95%.

În cazul în care debitul emisarului are temporar valoarea zero, evacuarea se poate face prin intermediul bazinelor de acumulare.

5.6. Studiul unei scheme bazate pe epurarea apelor uzate

Schema de calcul pe ansamblul unui bazin hidrografic este redată în figura 5.3.

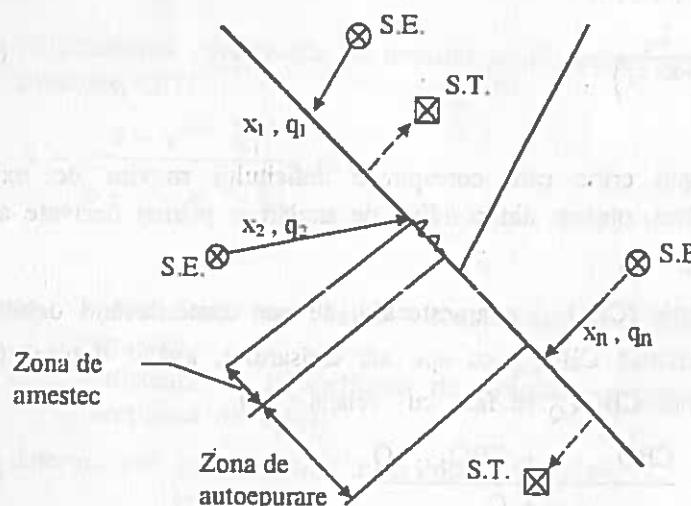


Fig.5.3. Schema de calcul pe un bazin hidrografic

Stabilirea condițiilor de evacuare a apelor uzate în emisar se face pe baza calculelor de verificare a unor indicatori de bază ai calității apei pe ansamblul bazinului hidrografic.

- Verificarea condițiilor de calitate din punct de vedere al consumului biochimic de oxigen și al regimului de oxigen.

Deficitul de oxigen într-un punct B al unui curs de apă se poate exprima prin relația (5.1).

$$D_t = \frac{k_1 \cdot L_a}{k_2 - K_1} (10^{-K_1 \cdot t} - 10^{-K_2 \cdot t}) + D_0 \cdot 10^{-K_2 \cdot t} \quad (5.1)$$

unde:

k_1 - coeficient, definind viteza consumului de oxigen

k_2 - coeficient, definind viteza de reaerare

L_a - consumul biochimic de oxigen CBO în punctul A situat în amonte la $t = 0$

D_0 - deficitul inițial de oxigen la $t = 0$

t - timpul necesar parcurgerii tronsonului AB

Relația (5.1) ține cont de procesele de consum și reaerare desfășurate pe tronsonul AB în intervalul de timp t .

Valoarea maximă a deficitului de oxigen D corespunzătoare timpului critic t_c este dată de relația (5.2).

$$D = \frac{k_1 \cdot L_a}{k_2 (e^{-K_1 \cdot t_c})} \quad (5.2)$$

unde:

t_c - timpul critic care corespunde deficitului maxim de oxigen dizolvat, obținut din condiția de anulare a primei deriveate a funcției D_t

Calculul de diluție ($CBO_{5,a}$) a amestecului de ape uzate, având debitul q și valoarea caracteristică $CBO_{5,q}$ cu ape ale emisarului, având debitul Q și valoarea caracteristică $CBO_{5,Q}$ se face cu relația (5.3).

$$CBO_{5,a} = \frac{CBO_{5,q} \cdot q + CBO_{5,Q} \cdot Q}{q + Q} \quad (5.3)$$

Valoarea efectivă a concentrației de oxigen dizolvat se obține din relația (5.4).

$$O_2 = S - D \quad (5.4)$$

unde:

D - deficitul de oxigen

S - concentrația de oxigen dizolvat la saturatie

- Verificarea condițiilor de calitate din punct de vedere al materiilor în suspensie.

Determinarea concentrațiilor maxime admisibile ale materiilor în suspensie care pot fi evacuate în emisar se efectuează în funcție de gradul de diluție și de categoria de calitate a folosinței, stabilindu-se concentrația maximă admisă în apele uzate înainte de descărcare.

Calculele pe sectoare de râu sau în puncte de descărcare presupun:

- evaluarea cantității totale de suspensii C_s care urmează a se descărca în emisar (5.5)

$$C_s = c_1 \cdot q_1 + c_2 \cdot q_2 + c_3 \cdot q_3 + \dots \quad (5.5)$$

unde:

c_1, c_2, c_3 - concentrațiile în suspensii ale surselor de poluare

q_1, q_2, q_3 - debitele de calcul ale surselor de poluare

- determinarea gradului de diluție real (5.6)

$$d' = a \frac{Q + q}{q} \quad (5.6)$$

- determinarea coeficientul de amestec a al apelor emisarului cu apele evacuate (5.7)

$$a = \frac{1 - e^{-\alpha} \cdot \sqrt[3]{L}}{1 + \frac{Q}{q} \cdot e^{-\alpha} \cdot \sqrt[3]{L}} \leq 1 \quad (5.7)$$

unde:

α - coeficient care ia în considerare condițiile hidraulice de amestec

L - distanța de la secțiunea de evacuare a apelor uzate până la secțiunea de calcul

- determinarea coeficientului α cu relația (5.8)

$$\alpha = \varepsilon \cdot \varphi \cdot \sqrt[3]{\frac{D_T}{q}} \quad (5.8)$$

unde:

ε - coeficient care depinde de punctul de evacuare a apei uzate în secțiunea transversală ($\varepsilon = 1$ pentru evacuări la mal, $\varepsilon = 1,5$ pentru evacuări în zona de viteză maximă a emisarului)

φ - coeficientul de sinuositate al râului

D_T - coeficient de difuzie turbulentă (5.9)

$$D_T = \frac{g \cdot h \cdot v}{37 \cdot n \cdot C} \quad (5.9)$$

unde:

- g - accelerarea gravitațională
- h - adâncimea curentului
- v - viteza medie a curentului
- n - coeficientul de rugozitate
- C - coeficientul lui Chezy

Distanța de amestec complet a apelor uzate cu apele emisarului L_{ac} se determină cu relația (5.10).

$$L_{ac} = \left\{ 2,3 \cdot \frac{L}{a} \cdot \lg \frac{Q}{[(100/p) - 1] \cdot q} \right\}^3 \quad (5.10)$$

unde:

- p - procentul de amestec complet (70 ... 80%)

Corespunzător gradului de diluare se ia în considerare concentrația admisibilă s_{ad} și se calculează cantitatea totală de suspensii admisibilă în râu C_{ad} , (5.11).

$$C_{ad} = s_{ad} \cdot (a \cdot Q + q) \quad (5.11)$$

Cantitatea totală de suspensii ce trebuie reținută în stația de epurare este dată de relația (5.12).

$$E = C_s - C_{ad} \quad (5.12)$$

- *Verificarea condițiilor de calitate din punct de vedere al gradului de mineralizare.*

Verificarea de acest tip se face pentru sursele de poluare specifice a căror ape uzate prezintă un grad ridicat de mineralizare, cloruri, sulfati, reziduu fix, etc. (5.13).

$$c_m = \frac{c_{a.u} \cdot q + c_e \cdot Q}{q + Q} \quad (5.13)$$

unde:

- c_m - concentrația indicatorului respectiv după diluția în emisar
- $c_{a.u}, c_e$ - concentrația aceluiași indicator în apele uzate, respectiv în emisar înainte de evacuarea apelor uzate
- q, Q - debitul de ape uzate, respectiv, debitul de diluție al emisarului

Nu se contează pe autoepurare în ceea ce privește mineralizarea.

- *Verificarea condițiilor de calitate din punct de vedere al temperaturii.*
- Verificarea se face numai pentru sursele de poluare care evacuatează ape uzate având o temperatură ridicată, care ar putea produce o creștere sensibilă a temperaturii emisarului în condițiile debitului de diluție. Pentru un râu cu o albie de secțiune uniformă și fără modificări de debit între două secțiuni, pierderea de căldură rezultă din ecuația (5.14).

$$P_c = \frac{1}{0,4343} (\lg T_0 - \lg T_1) \frac{\gamma \cdot Q}{B \cdot L} \quad (5.14)$$

unde:

- T_0 - diferența inițială de temperatură între apă și aer
- T_1 - diferența de temperatură între apă și aer la timpul t
- B - lățimea albiei
- L - lungimea râului între două secțiuni
- γ - greutatea specifică a apei
- Q - debitul râului

- *Verificarea condițiilor de calitate din punct de vedere al culorii, miroslui și pH-ului.*

Verificarea se face pentru sursele de poluare cu indicatori specifici, care ar putea afecta calitatea apei emisarului. Determinările se fac în laborator pentru fiecare indicator și fiecare sursă în parte.

- *Verificarea condițiilor de calitate din punct de vedere al substanțelor toxice.*

Calculele se referă la efectul diluției și la acumularca toxicității (5.15).

$$\sum T = \sum t \quad (5.15)$$

unde:

- T - efectul toxic exprimat în procente față de limita admisibilă de toxicitate considerată 100%
- t - concentrația fiecărei din substanțele toxice prezente în apă, în raport cu concentrația admisibilă pentru fiecare din ele

Concentrația de substanță toxică în punctul de verificare în emisar c_{uz} este calculată cu relația (5.16).

$$c_{uz} = \frac{a \cdot c_{e.i} \cdot Q + c_{e.d} \cdot q}{a \cdot Q + q} \quad (5.16)$$

unde:

- a - coeficient de amestec
- $c_{e.i}$ - concentrația de substanță toxică în apa emisarului înainte de evacuarea apelor uzate

$c_{e,d}$ - concentrația în substanță toxică în apă uzată înainte de evacuarea în emisar

Q - debitul emisarului

q - debitul apelor uzate

Capacitatea de autoepurare a unui râu se estimează cu ajutorul parametrilor:

- viteza de consum a oxigenului k_1 , (5.17)

$$k_1 = \frac{\lg L_0 - \lg L_t}{t} \quad (5.17)$$

unde:

L_0 - încărcarea cu substanțe organice, măsurată prin concentrația CBO_5 în secțiunea inițială

L_t - încărcarea cu substanțe organice, măsurată prin concentrația CBO_5 într-o secțiune din aval, după ce a trecut timpul t în care apă a parcurs distanța între cele două secțiuni

t - timpul de parcurgere al apei între cele două secțiuni

- coeficientul de reaerare k_2 , (5.18)

$$k_2 = c \frac{v_m^n}{h_m^2} \quad (5.18)$$

unde:

v_m - viteza medie a apei în albie

h_m - adâncimea medie a apei în albie

c, n - constante depinzând de pantă și celelalte caracteristici ale albiei (după Negulescu $c = 4,74$, $n = 0,85$)

Autoepurarea globală este un proces desfășurat într-un sistem amenajat compus din tronsoane de albie naturală, canale și acumulări.

Timpul t în care apă parurge un astfel de sistem este determinat prin relația (5.19).

$$t = \frac{d_1}{v_1} + t_a + \frac{d_2}{v_2} \quad (5.19)$$

unde:

d_1, d_2 - lungimea tronsoanelor de canal / râu

v_1, v_2 - viteza apei pe tronsoanele de canal / râu

t_a - timpul de parcurgere a acumulării

Rezultatele obținute prin calcule pot fi transpusă în diagrame prin care se pot exprima sintetic indicatorii de calitate ai râului la un moment dat sau într-o anumită perioadă, în raport cu valorile admise. Ele pot fi utilizate atât în proiectarea și exploatarea lucrărilor de protecție a calității apelor, cât și în prognoza calității.

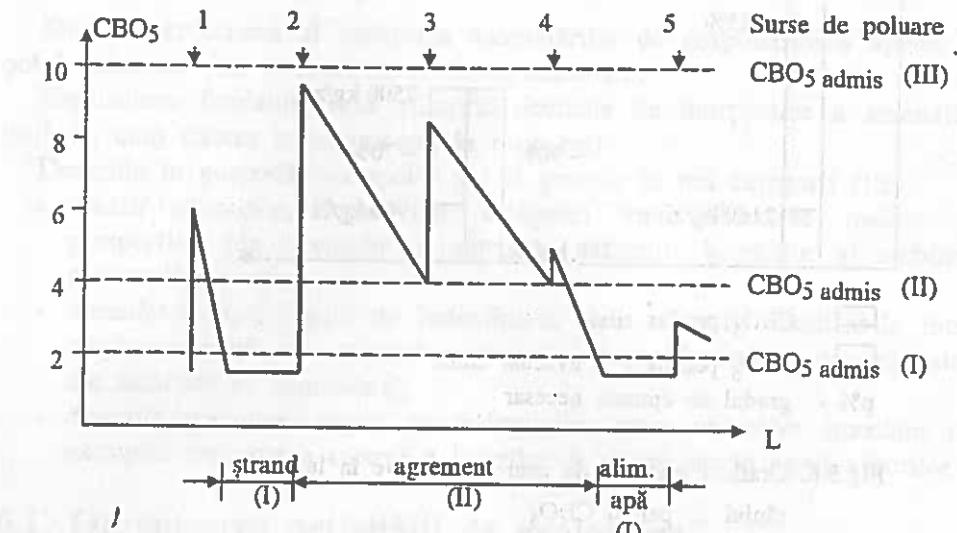


Fig.5.4. Liniile CBO_5 în lungul râului ... pentru anul ...

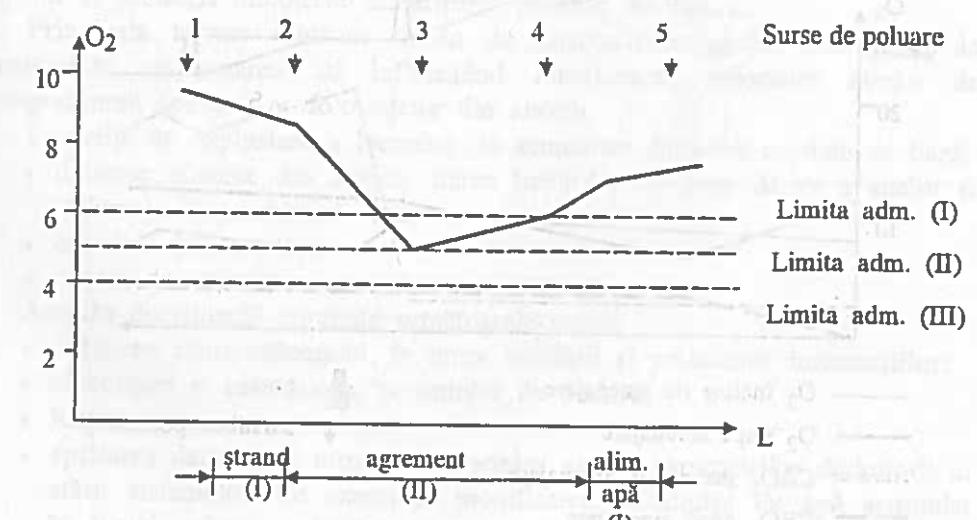


Fig.5.5. Liniile O_2 în lungul râului ... pentru anul ...

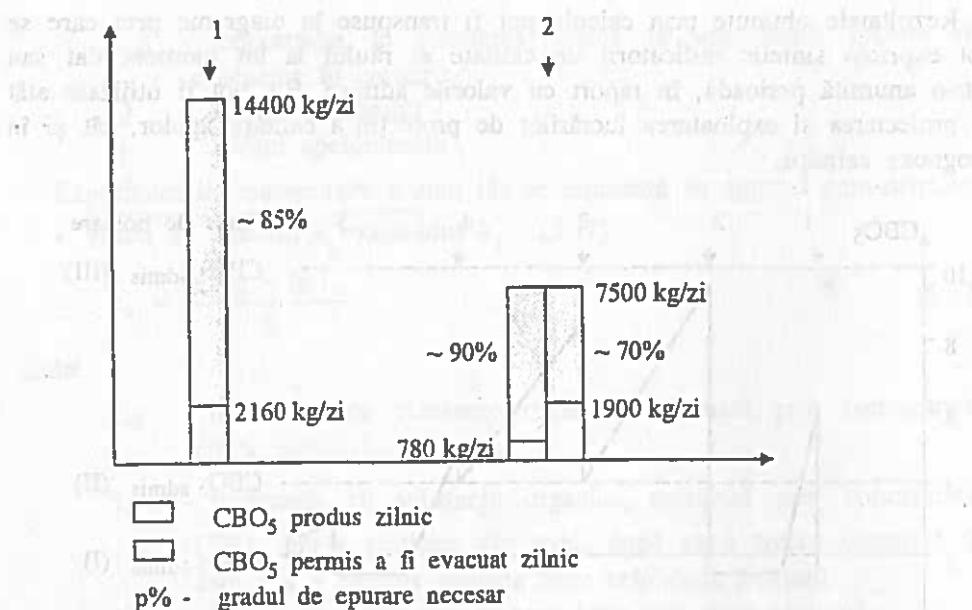


Fig.5.6. Graficul gradelor de epurare necesare în lungul râului ... pentru CBO₅

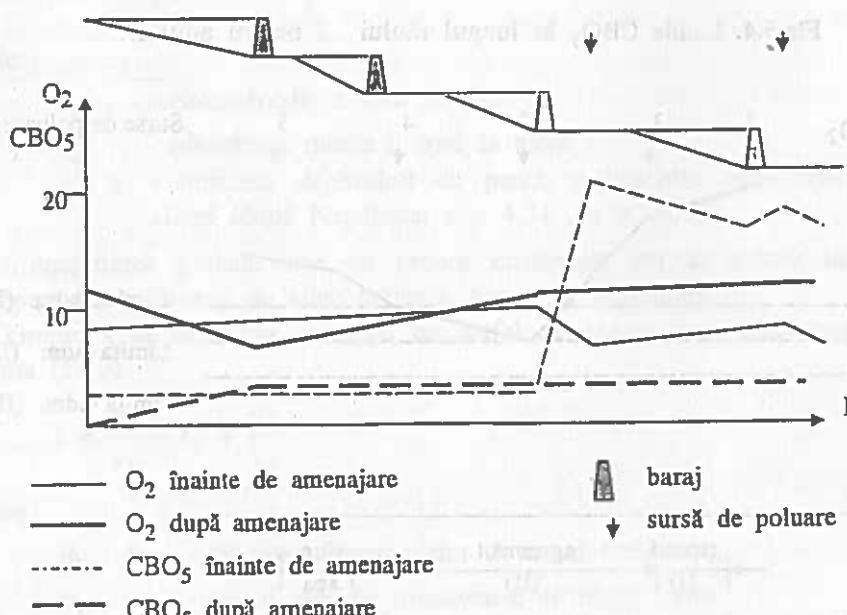


Fig.5.7. Variația O₂ și CBO₅ înainte și după amenajarea râului

6

EXPLOATAREA AMENAJĂRILOR DE GOSPODĂRIRE A APELOR

Studiul, proiectarea și realizarea amenajărilor de gospodărire a apelor nu pot fi eficiente fără o exploatare corespunzătoare.

Exploatarea fundamentează și înțelege deciziile de funcționare a amenajării pe baza unui sistem informațional, în timp real.

Deciziile în gospodărirea apelor pot fi grupate în trei categorii /10/:

- *decizii strategice*, legate de atingerea unor obiective majore, în perspectivă (de exemplu: promovarea realizării lucrărilor și stabilirea proporțiilor acestora);
- *decizii tactice*, legate de îndeplinirea unor obiective realizabile într-o etapă apropiată (de exemplu: planurile și regulamentele de exploatare ale lacurilor de acumulare);
- *decizii operative*, legate de îndeplinirea unor obiective imediate (de exemplu: exploatarea curentă a lacurilor de acumulare în cazul viituri).

6.1. Organizarea activității de exploatare

Exploatarea unui sistem de gospodărire a apelor trebuie să asigure, după caz, cerințele de apă ale tuturor folosințelor din sistem, protecția calității apelor și protecția împotriva inundațiilor produse de viituri.

Principala lucrare dintr-un sistem de gospodărirea apelor este lacul de acumulare, influențând funcționarea celorlalte lucrări de gospodărirea apelor și a folosințelor din sistem.

Deciziile de exploatare a lacurilor de acumulare folosesc ca date de bază:

- debitele afluențe din sistem, starea lucrărilor de gospodărire a apelor și volumele disponibile de apă;
- cerințele folosințelor;
- modul de utilizare a apei de către folosințe.

Analiza decizională cuprinde următoarele etape:

- definirea stării sistemului, în urma validării și prelucrării informațiilor;
- elaborarea și examinarea variantelor de decizie;
- luarea deciziei;
- aplicarea deciziei și urmărirea efectelor asupra parametrilor definitorii ai stării sistemului (de exemplu: modificarea volumului de apă acumulat în lacuri, mărimea debitelor livrate folosințelor, situația de manevră a echipamentelor).

Analiza decizională folosește tehnici și modele de calcul specifice gospodăririi apelor și ține cont de normativele în vigoare, regulamentele de exploatare și graficele dispecerelor lacurilor de acumulare.

6.2. Sistemul informațional în domeniul gospodăririi apelor

Sistemul informațional pentru gospodărirea apelor se bazează pe dispeceratele apelor /12/, organizate la nivel:

- *local* pentru folosințe importante, sisteme de gospodărire a apelor;
- *bazinal*, de către autoritățile din domeniul apelor organizate pe spații hidrografice;
- *nățional*, de către autoritatea națională din domeniul apelor și ministerul de resort.

Informațiile primite de dispecerate sunt transmise în *flux rapid* și *lent*.

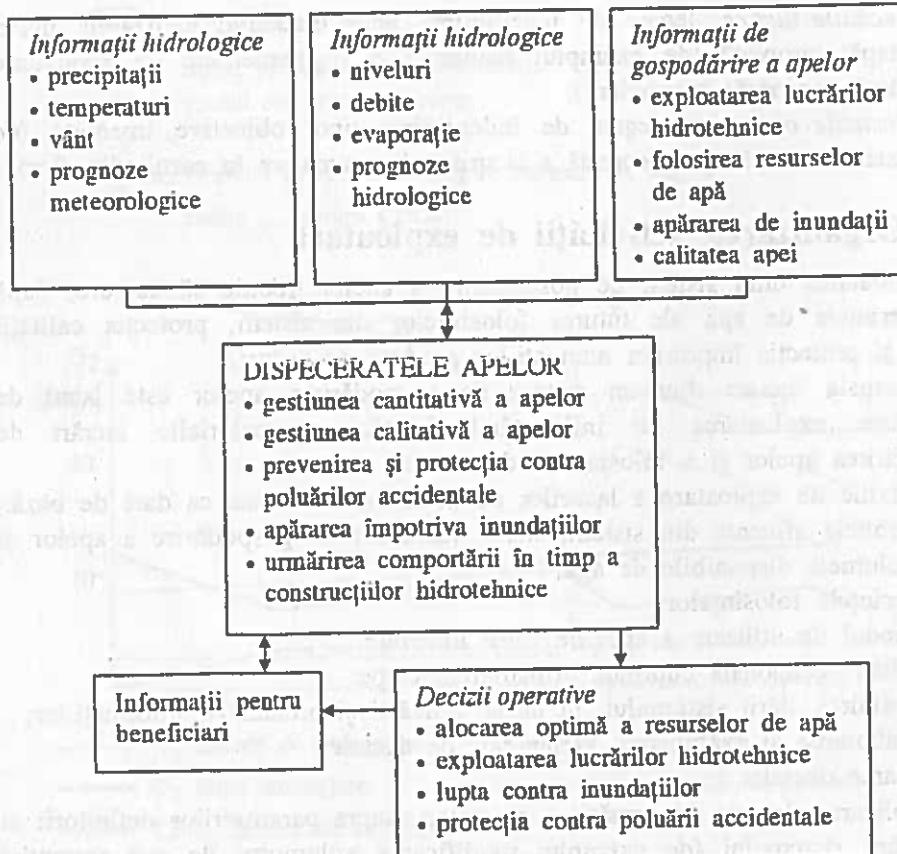


Fig.6.1. Schema sistemului informațional – decizional pentru gospodărirea apelor (după P. Șerban)

6.3. Monitoringul integrat al apelor

Monitoringul integrat al apelor reprezintă activitatea de observații și măsurători standardizate, pe termen lung, în vederea gospodăririi complexe a apelor și a definirii stării și tendinței de evoluție a mediului hidric /12/.

Monitoringul integrat al apelor furnizează informații despre:

- precipitații, scurgere, resurse de apă și folosințele de apă;
- cantitatea și calitatea apei;
- toate râurile, lacurile, apele subterane și Marea Neagră și interacțiunile dintre acestea.

Monitoringul integrat al apelor se face în scopul:

- cunoașterii stării mediului acvatic;
- alocarea optimă a resurselor de apă pentru folosințe;
- avertizarea populației și utilizatorilor asupra producerii unor fenomene periculoase;
- verificarea depășirii limitelor de calitate a surselor de apă și a efluenților;
- determinarea tendințelor de evoluție a mediului hidric datorită impactului uman și stabilirea măsurilor pentru prevenirea și corectarea măsurilor negative.

6.4. Supravegherea comportării în timp a lucrărilor de gospodărire a apelor

Principalele activități din sistemul de supraveghere sunt: urmărirea fenomenelor considerate importante pentru siguranța lucrărilor, observațiile programate și urmărirea evoluției parametrilor măsuși /16/.

Supravegherea unei lucrări se face prin:

- observații vizuale;
- instalații și aparatură de măsurare a parametrilor hidrologici și meteorologici pentru solicitările exterioare: nivelul apei în biefuri, precipitații, temperatura aerului. Urmărirea colmatării lacului și a evoluției albiei în aval;
- dispozitive și aparatură de măsurare pentru supravegherea comportării construcțiilor din frontul de baraj la solicitările exterioare, inclusiv fundațiile lucrărilor și versanții lacului de acumulare;
- dispozitive și aparatură de măsurare pentru supravegherea comportării unor lucrări anexe din cadrul amenajării.

Trebuie precizat modul de efectuare a observațiilor vizuale. Se urmărește modul de evidențiere a unor fenomene atipice și măsurile care se impun în momentul observării acestora. Se evidențiază evoluția în timp a sistemelor de supraveghere față de prevederile proiectului inițial.

6.5. Exploatarea la ape medii și mici. Graficul dispecer

Parametrii definitorii ai regimului de ape medii și mici sau deficitare se vor preciza după cum urmează:

- debitul affluent în lac;
- nivelul de exploatare;
- debitul minim asigural în aval.

Pentru stabilirea modului de livrare a apei pentru asigurarea debitelor folosințelor se vor menționa:

- debitele necesare folosințelor și modalitățile prin care se face evacuarea acestora;
- poziția normală a vanelor stăvilelor și ordinea de manevrare;
- vitezele de urcare / coborâre a nivelului apei;
- nivelul apei care se menține constant după o creștere / descreștere a nivelului apei în lac;
- graficul dispecer de exploatare a lacului de acumulare.

Schema de analiză pentru determinarea deciziei de exploatare în perioade de ape medii și mici sau deficitare /18/ este prezentată în figura 6.2.

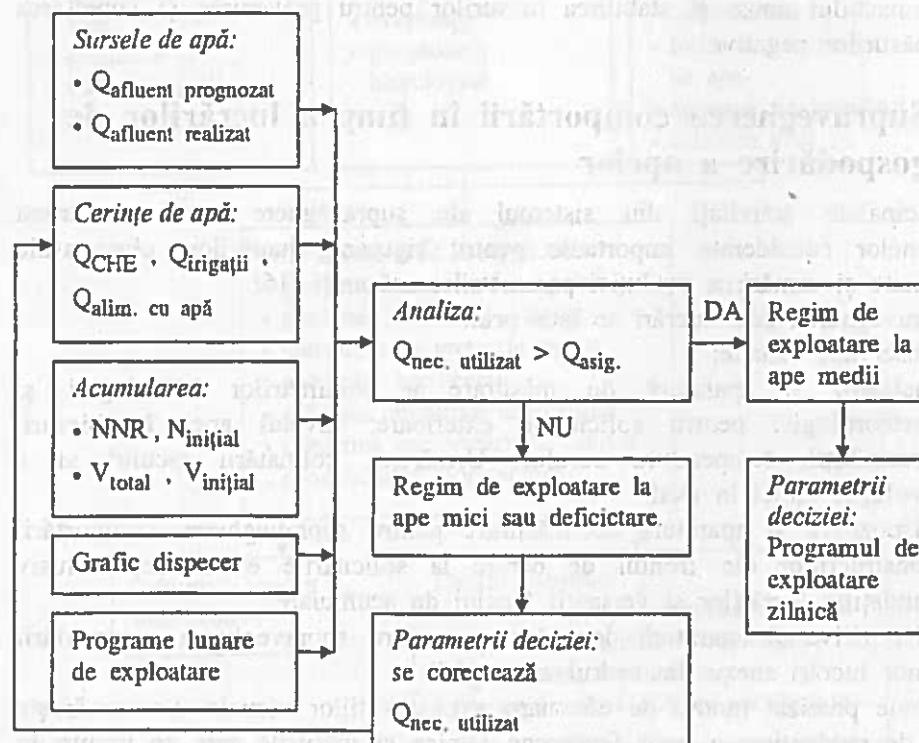


Fig.6.2. Schema de analiză pentru decizia de exploatare

Graficul dispecer stabilește pe perioade caracteristice din cursul anului, mărimea debitelor care se pot livra din lac pentru folosințele de apă, în funcție de volumul de apă existent la începutul perioadei în lacul de acumulare, precum și volumul de apă ce trebuie golit cu anticipație pentru atenuarea undelor de viitură /2/.

Pentru întocmirea graficului dispecer este nevoie de următoarele date:

- nivelul apei în lac;
- data livrării;
- curba caracteristică a lacului $V = f(N)$;
- volumul util al acumulării;
- debitele medii lunare în acumulare, pe o perioadă multianuală;
- debitul necesar folosințelor de apă asigurate prin acumulare.

În cazul schemelor de amenajare cu o singură folosință, câmpul graficului dispecer este împărțit în următoarele *zone de funcționare* (Fig.6.3): *spațiu de figură*

- zona funcționării în regim liber A, în care este posibilă livrarea unui debit cuprins între debitul strict necesar $Q_{s,n}$ și debitul maxim utilizabil $Q_{m,u}$; $Q_{s,n}$ - debitul minim necesar folosinței pentru a funcționa fără restricții; $Q_{m,u}$ - debitul maxim ce poate fi utilizat de folosință;
- zona golirii forțate a acumulării B, în care este necesară pregolirea unui volum de apă pentru atenuarea undei de viitură;
- zona de funcționare în regim obligat C, în care debitul livrat folosinței este debitul strict necesar $Q_{s,n}$;
- zona funcționării în regim cu restricții D, în care nu mai este posibilă livrarea întregului debit necesar folosinței și este necesară introducerea unor restricții de funcționare.

Liniile caracteristice principale care delimită zonele menționate sunt:

- linia de funcționare în regim asigurat delimită zonele A și C și reprezintă valoarea minimă a volumelor de apă în lacul de acumulare la diferite date pentru a exista certitudinea satisfacerii folosințelor cu o asigurare dată;
- linia de limitare a deversărilor delimită zonele A și B și reprezintă valoarea maximă a volumului de apă fără pierderi prin deversare, cu o asigurare dată;
- linia de introducere a restricțiilor delimită zonele C și D și reprezintă valoarea minimă a volumelor de apă în acumulare pentru care este posibilă satisfacerea necesarului de apă al folosințelor și de la care trebuie introduse restricții în exploatare.

Pe graficul dispecer pot fi traseate și *linii auxiliare* care precizează modul de exploatare al acumulării în cadrul unui anumit regim:

- liniile auxiliare din zona A arată mărimea debitului ce trebuie livrat

- folosințelor în funcție de volumul acumulat la diferite date caracteristice ($Q_{m,u} > Q > Q_{s,n}$);
- liniile auxiliare în zona D indică gradul în care trebuie micșorat debitul livrat folosinței, în funcție de volumul acumulat la diferite date calendaristice ($Q < Q_{s,n}$).

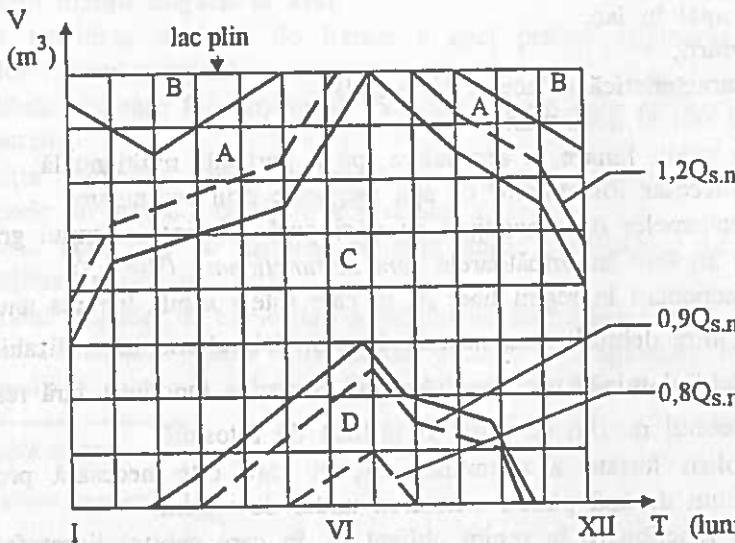


Fig.6.3. Graficul dispecer pentru o schemă cu o singură folosință

Pentru calculul *liniei de funcționare în regim asigurat* se iau în considerare numai anii asigurați din șirul de ani considerat.

Calculele se efectuează în sens invers scurgerii timpului, începând cu ultimul an asigurat din șirul considerat – decembrie, ..., ianuarie).

Datele de bază sunt excedentele și deficitile de calcul din șirul de ani luați în calcul.

Se notează cu Δ_n deficitul din luna n , ultima lună deficitară din șir. Pentru acoperirea deficitului din acumulare este necesar ca la începutul lunii n să existe în lac un volum W_n , (6.1).

$$W_n = -\Delta_n \cdot t \quad (6.1)$$

unde:

t – durata intervalului de calcul

Dacă în luna anterioară ($n - 1$) se înregistrează deficitul Δ_{n-1} , volumul de apă necesar în acumulare la începutul lunii ($n - 1$) pentru a satisface cele două luni deficitare este W_{n-1} , (6.2).

$$W_{n-1} = -\Delta_{n-1} \cdot t + W_n = -(\Delta_{n-1} + \Delta_n) \cdot t \quad (6.2)$$

Pentru o perioadă deficitară de mai multe luni, volumul de apă în acumulare care satisface aceste deficite este W_1 , (6.3).

$$W_1 = -\Delta_1 \cdot t - \Delta_2 \cdot t - \dots - \Delta_n \cdot t = -\sum_{i=1}^n \Delta_i \cdot t \quad (6.3)$$

Se stabilesc șirurile de valori ale volumelor de apă necesare în lac pentru acoperirea tuturor deficitelor în fiecare din anii asigurați ai șirului de calcul N.

Ordonatele liniei de funcționare în regim asigurat, reprezentând volumele de apă necesare în acumulare la începutul fiecărei luni trebuie să respecte condiția (6.4) pentru a avea siguranță că debitele de apă necesare folosințelor pot fi livrate și în cea mai defavorabilă situație.

$$\begin{aligned} W_I &= \max(W_{I,1}, W_{I,2}, \dots, W_{I,N}) \\ W_{II} &= \max(W_{II,1}, W_{II,2}, \dots, W_{II,N}) \\ &\vdots \\ W_{XII} &= \max(W_{XII,1}, W_{XII,2}, \dots, W_{XII,N}) \end{aligned} \quad (6.4)$$

În perioadele excedentare calculele se desfășoară în mod similar până în momentul în care volumul care trebuie acumulat este egal cu zero, valorile negative neavând sens fizic.

Datele de bază pentru calculul *liniei de limitare a deversărilor* sunt deficitile și excedentele determinate cu relația (6.5).

$$\Delta' = Q_a - Q_{m,u} \quad (6.5)$$

Calculul se desfășoară în sens invers scurgerii timpului, începând din luna în care se impune condiția ca lacul să fie plin, conform liniei de funcționare în regim asigurat. În concordanță cu valorile acestei linii, la sfârșitul lunii n acumularea este plină $W'_n = W_{max}$.

Dacă în luna n apare un excedent față de debitul maxim utilizabil al folosinței $Q_{m,u}$, acesta trebuie acumulat în lac pentru a fi utilizat într-o lună ulterioară cu deficit. Pentru ca lacul să permită acumularea acestui volum în luna n se impune ca volumul în lac la sfârșitul lunii anterioare ($n - 1$) să fie calculat cu relația (6.6).

$$W'_{n-1} = W'_n - \Delta' \cdot t \quad (6.6)$$

Dacă în luna n apare un deficit față de debitul maxim utilizabil al folosinței, întregul debit affluent în luna respectivă poate fi utilizat.

Valoarea W'_{n-1} nu poate depăși valoarea W_{\max} care reprezintă valoarea volumului lacului și ca atare se verifică condiția (6.7).

$$W'_{n-1} \leq W'_n = W_{\max} \quad (6.7)$$

De asemenea valoarea W'_{n-1} nu poate fi mai mică decât ordonata W_{n-1} a liniei de funcționare în regim asigurat, (6.8),

$$W'_{n-1} \geq W_{n-1} \quad (6.8)$$

Operația se execută succesiv pentru fiecare lună plecând de la volumul necesar la sfârșitul lunii respective. Pentru o lună oarecare i volumul la sfârșitul lunii anterioare este calculat cu relația (6.9)

$$W'_{i-1} = W'_i - \Delta'_i \cdot t \quad (6.9)$$

în limitele prevăzute prin relația (6.10).

$$W_{i-1} \leq W'_{i-1} \leq W_{\max} \quad (6.10)$$

Calculele se fac pentru întregul sir de ani N, rezultând pentru fiecare lună un sir de N valori.

Ordonatele *liniei de limitare a deversărilor* se aleg astfel ca nici în anul cel mai ploios să nu apară deversări, (6.11).

$$\begin{aligned} W'_I &= \min(W'_{I,1}, W'_{I,2}, \dots, W'_{I,N}) \\ W'_II &= \min(W'_{II,1}, W'_{II,2}, \dots, W'_{II,N}) \\ &\vdots \\ W'_{XII} &= \min(W'_{XII,1}, W'_{XII,2}, \dots, W'_{XII,N}) \end{aligned} \quad (6.11)$$

Pentru calculul *liniei de introducere a restricțiilor* se utilizează ca date de bază, sirul de excedente și deficite calculate cu debitul strict necesar $Q_{s,n}$ și se ține cont de ordonatele liniei de funcționare în regim asigurat.

Calculul se desfășoară în fiecare din cei N ani luati în calcul, începând din momentul inițial al liniei de funcționare în regim asigurat.

Dacă la începutul primei luni volumul în lac este W_1 și dacă în cursul lunii se înregistrează un deficit sau excedent Δ_1 , volumul în lac la începutul lunii viitoare va fi calculat cu relația (6.12).

$$W''_2 = W_1 \pm \Delta_1 \cdot t \quad (6.12)$$

$$W''_2 > W_2 \Rightarrow W''_2 = W_2 \quad (6.13)$$

$$W''_2 < W_2 \Rightarrow W''_2 = W_2 \quad (6.14)$$

Dacă relația (6.13) este valabilă există posibilitatea de a goli lacul până la valoarea W_2 fără a periclită modul de satisfacere a folosințelor din aval în lunile următoare.

Dacă relația (6.14) este valabilă nu se poate goli lacul sub valoarea W''_2 , fără a periclită modul de satisfacere a necesarului de apă pentru folosințe în lunile următoare.

Din relațiile (6.13) și (6.14) rezultă condiția (6.15).

$$W''_2 \leq W_2 \quad (6.15)$$

Pentru o lună oarecare i volumul de apă în lac la începutul lunii următoare ($i+1$) va fi calculat cu relația (6.16).

$$W''_{i+1} = W''_i \pm \Delta_i \cdot t \leq W_{i+1} \quad (6.16)$$

Dacă în sirul de calcul există N ani asigurați pentru fiecare lună se obțin N valori, reprezentând volumul existent în lac la începutul lunii în ani diferenți. Din aceste valori pentru fiecare lună se alege valoarea minimă (6.17).

$$W'_I = \min(W''_{I,1}, W''_{I,2}, \dots, W''_{I,N})$$

$$W''_{II} = \min(W''_{II,1}, W''_{II,2}, \dots, W''_{II,N})$$

$$\vdots$$

$$W''_{XII} = \min(W''_{XII,1}, W''_{XII,2}, \dots, W''_{XII,N}) \quad (6.17)$$

Când volumul de apă din lac scade sub valoarea W'' rezultă că deficitele create de necesarul de apă al folosinței depășesc deficitele din cel mai unfavorabil din anii asigurați și acest volum corespunde unor ani neasigurați, fiind necesară introducerea restricțiilor.

Liniile auxiliare în regim neasigurat indică modul în care trebuie gospodărită apa în perioadele de restricții. Pentru calcularea lor se utilizează întregul sir de ani asigurați și neasigurați, iar ca date de bază sirul de deficite în care se admite o reducere cu 90%, 80%, etc, a debitului strict necesar al folosinței $Q_{s,n}$.

Pentru fiecare sir de deficite se construiește linia corespunzătoare de restricții în mod identic cu cel prezentat pentru linia de introducere a restricțiilor. Se obține o familie de linii care indică procentul cu care trebuie redus debitul prelevat de folosință, pentru ca lacul de acumulare să nu se golească înainte de perioada de excedente.

Liniile auxiliare în regim liber arată modul în care trebuie gospodărită apa atunci când debitul prelevat folosinței poate fi mărit peste cel strict necesar, fără a periclită funcționarea folosinței în lunile următoare.

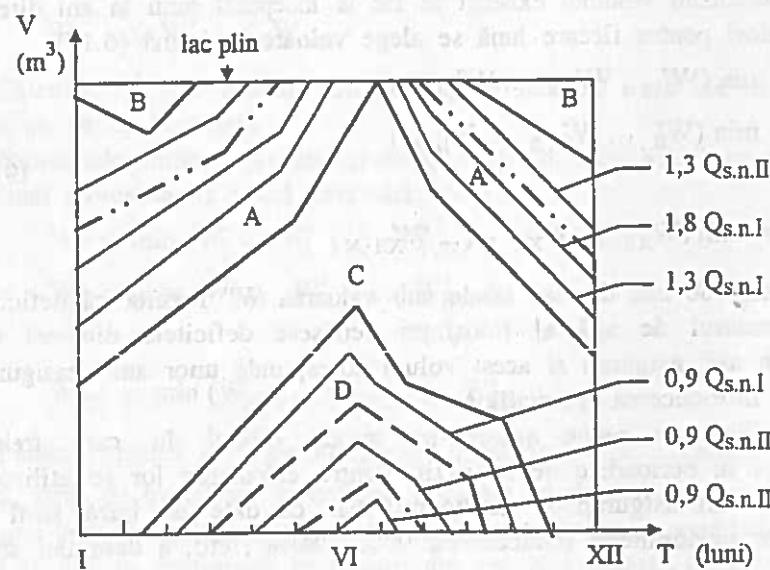
Ca date de bază se folosește sirul de excedente și deficite din anii asigurați,

în care debitul strict necesar al folosinței $Q_{s,n}$ este mărit cu 110%, 120%, etc. Pentru fiecare asemenea șir de excedente și deficite se construiește căte o linie de funcționare în regim liber, în mod similar cu linia de funcționare în regim asigurat.

Debitul livrat astfel folosinței poate fi mărit treptat astfel încât golirea totală a lacului să se producă la sfârșitul perioadei deficitare pentru a se evita golirea bruscă.

În cazul *schemelor de amenajare complexă* cuprinzând mai multe folosințe vor exista situații în care se impun restricții folosințelor cu asigurare mai mică (Fig.6.4). Zona D se împarte în subzone corespunzând introducerii succesive a restricțiilor. În fiecare subzonă se trasează linii auxiliare indicând modul de aplicarea a restricțiilor.

Zona A poate fi împărțită la rândul ei în subzone în care unele folosințe funcționează în regim liber, iar altele în regim obligat.



Zona D

- · — linia de introducere a restricțiilor pentru folosința III
- · — linia de introducere a restricțiilor pentru folosința II
- — linia de introducere a restricțiilor pentru folosința I

Zona A

- — linia de funcționare în regim asigurat pentru folosința I
- · — linia de funcționare în regim asigurat pentru folosința II

Fig.6.4. Graficul dispecer în cazul unei scheme complexe

6.6. Exploatarea la ape mari

Se vor preciza parametrii definitorii ai regimului de viitură:

- debitul afluent în lac;
- nivelul apei în lac;
- relații de interdependență între acestea, corelate cu starea tehnică a construcțiilor și instalațiilor;
- capacitatea de evacuare a descărcătorilor;
- timpul de golire al lacului la debitul evacuat maxim admis;
- capacitatea de transport a albiei pentru care nu se produce inundarea obiectivelor din aval.

Se vor menționa condițiile de efectuare a manevrelor pentru evacuarea debitelor de viitură:

- uvajele prin care se face tranzitarea viiturilor;
- reguli de manevrare;
- nivelul apei care se menține constant după o creștere / descreștere a nivelului în lac.

Ca și măsuri premergătoare perioadei de viitură se apeleză stațiile meteorologice și hidrometrice de pe râul principal sau afluenți, de la care se primesc informații de prognoză.

Schema sinoptică de stabilire a deciziei de exploatare la viituri /18/ este prezentată în figura 6.5.

6.7. Măsuri de urmărire și prevenire a degradării calității apei

Aceste măsuri constau în:

- supravegherea calității apei prin observații vizuale;
- menținerea secțiunilor de control al calității apei de pe râul principal, lacul de acumulare și afluenți, amonte de secțiunea barată;
- descrierea surselor de poluare, inclusiv cele accidentale;
- urmărirea modificărilor în bazinul hidrografic;
- măsuri pentru menținerea și îmbunătățirea calității apei:
 - prevenirea și combaterea fenomenelor de eutrofizare a apei lacului;
 - împiedicare pătrunderii reziduurilor în râu;
 - îndepărțarea surselor poluante, a reziduurilor, a vegetației acvatice, a deșeurilor și a corpurilor plutitoare;
 - sporirea capacitatii cursurilor de apă de a primi reziduuri;
 - atenuarea efectului unei "unde poluante";
 - dotarea necesară pentru aplicarea acestei măsuri
 - condiții de folosire a luciului de apă.

MECANISMUL ECONOMIC ÎN DOMENIUL APELOR

7.1. Politica apei

Termenul *politica*, ca modalitate necesară și fundamentală de organizare și conducere în cadrul comunității umane este asociat și unor domenii cu impact deosebit pentru societate cum sunt: ecologia, demografia, energetică, resursele naturale, investițiile, etc. Între acestea, politica apei reflectă strategia autorităților internaționale și naționale (legislativă, instituțională, economică) pentru satisfacerea cerințelor de apă ale populației, industriei, agriculturii, pentru protecția apelor împotriva epuișării și poluării și pentru apărarea împotriva inundațiilor.

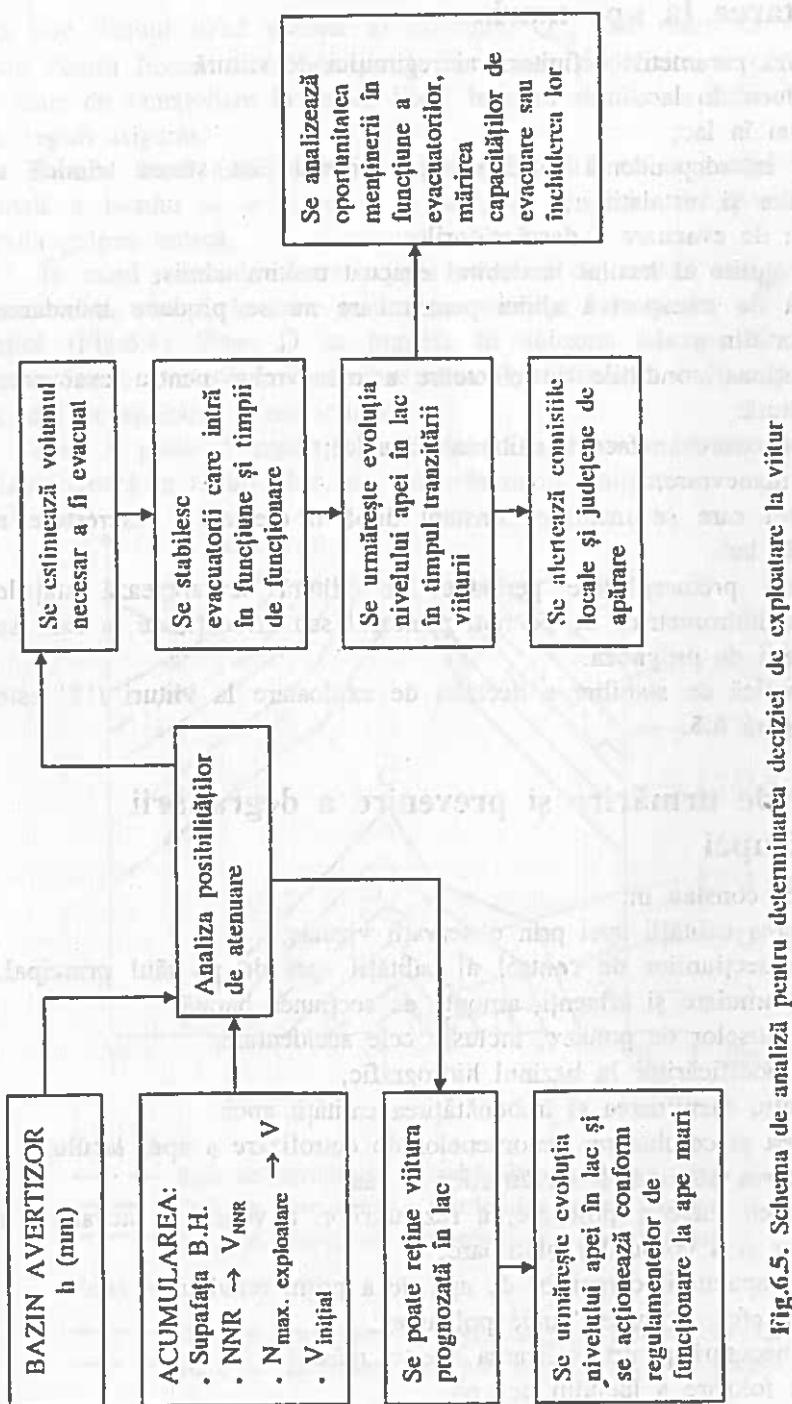
7.1.1. Politica de apă a Uniunii Europene

Principiile *politicii de gospodărire a apelor* stabilite în Tratatul de bază al Uniunii Europene sunt următoarele [4]:

- principiul *înalt nivel de protecție* prin care programele privind protecția sănătății populației, a resurselor de apă și a ecosistemelor naturale trebuie să asigure un înalt nivel de protecție a acestora și mai puțin un nivel minim acceptabil;
- politica apei deși bazată pe cunoașterea științifică recunoscută adoptă principiul *precauției* când informațiile sunt insuficiente;
- principiul *acțiunii preventive* în care este accentuată importanța datoriei morale de a preveni deteriorarea mediului pe de o parte, dar și costul și dificultatea refacerii mediului deteriorat pe de altă parte;
- principiul *poluatorul plătește* stimulează controlul poluării la sursă;
- *integrarea* politicii apei la nivel local și național;
- *sosirea datelor tehnice și științifice disponibile*;
- *variabilitatea condițiilor de mediu în diferite regiuni*;
- principiul *cost / beneficiu*;
- *cooperarea internațională*.

Pentru ca aceste principii să fie respectate și să se asigure o politică a apei eficientă și coerentă, Uniunea Europeană propune:

- gospodărire integrată a resurselor de apă;
- gospodărire pe bazine hidrografice;



- stabilirea valorilor limită de emisie și a obiectivelor de calitate a mediului;
 - considerarea problemelor de calitate a apei;
 - cerințele de monitoring;
 - transparența și participarea publică.
- Uniunea Europeană consideră ca bariere ce trebuie depășite:
- poluarea din surse punctuale, difuze și cea accidentală;
 - criza de apă datorată distribuției neuniforme în spațiu și timp;
 - influențele antropice adverse.

7.1.2. Strategia gospodăririi apelor în România. Legislația în domeniul apei

Prima lege a apelor în România a fost promulgată în 1924, iar gospodăria apelor pe bazin hidrografice se realizează din 1950, țara noastră fiind printre primele țări din Europa și din lume care folosește o astfel de abordare. Ultima reglementare este Legea apelor 107/1996.

Obiectivele principale ale legii:

- conservarea, dezvoltarea și protecția resurselor de apă;
- protecția împotriva oricărei forme de poluare;
- refacerea calității apelor de suprafață și subterane;
- conservarea și protejarea ecosistemelor acvatice;
- asigurarea alimentării cu apă a populației;
- valorificarea complexă a apelor ca resursă economică;
- reglementarea dreptului de proprietate asupra apelor și a dreptului de utilizare a acestora.

Legea propune părghii economice și legislative care să permită implementarea principiilor aplicabile la nivel european și să conducă la o dezvoltarea social - economică durabilă.

7.2. Instrumentele economice

7.2.1. Contractarea în domeniul apelor

Produsele de gospodărire a apelor sunt:

- apa din râurile interioare, din Dunăre și din subteran pentru unități industriale, de construcții montaj, de transporturi, de gospodărire comună, unități agro-zootehnice, termocentrale, irigații și piscicultură, alte unități;
- nisipurile și pietrișurile extrase din albiile minore, malurile cursurilor de apă și lacurile de acumulare.

Serviciile de gospodărire a apelor pot fi:

- primirea în apele de suprafață, apele litorale și marea teritorială a substanțelor poluante din apele uzate evacuate;
- injectarea în starturile de foarte mare adâncime a apelor uzate industriale, a apelor de mină sau de zăcământ;
- concentrarea prin baraje a potențialului hidroenergetic;
- gospodărirea debitelor solide pentru extragerea balastului, pietrișului, nisipului din albiile minore;
- asigurarea folosirii potențialului de agrement și turistic;
- asigurarea potențialului piscicol al lacurilor de acumulare;
- servicii în scopul prelucrării și utilizării apelor;
- alte servicii: verificarea și tararea aparaturii de măsurare a debitelor, consultații tehnice.

Contractarea produselor și serviciilor de gospodărire a apelor se realizează printr-un *contract* care conține:

- date asupra părților contractante, obiectul contractului, nominalizarea produselor și / sau serviciilor prestate;
- termenul de livrare, cantități și sortimente, valoarea produselor și serviciilor contractului;
- modalități și condiții de plată;
- obligațiile părților contractante privind condițiile cantitative și calitative de livrare;
- recepția produselor;
- garanții și clauze contractuale.

Cantitatea de apă livrată beneficiarului este cea din repartitia de apă emisă pe baza necesarului transmis de către acesta și rezultată din balanța apei pe bazin hidrografice.

7.2.2. Prețuri – tarife în domeniul apei

Sistemele de gospodărire a apelor au funcții multiple, sociale și ecologice, constituind verigi ale structurii economice prin care se repartizează resursele de apă între diferitele unități ale economiei sau prin care se evită pagubele în aceste unități.

Prețurile de livrare a apei pentru produse și tarifele pentru serviciile de gospodărire a apelor pot asigura transferul contravalorii financiare a efectelor economice realizate ca urmare a gospodăririi apelor, de la beneficiarii de produse și servicii către unitățile specializate de gospodărire a apelor /16/.

Sistemul de plăți cuprinde: prețuri, tarife și penalități.

Prețurile, unice pe țară pentru produsele de gospodărire a apelor sunt diferențiate în funcție de:

- sursa din care se prelevă apa: râuri interioare, Dunăre și subteran;
- natura folosințelor.

Diferențierea prețurilor după sursa de prelevare ține cont de costurile lucrărilor executate de unitățile de gospodărire a apelor, mai mari pentru apa provenită din râurile interioare și de asemenea de calitatea superioară a apei din subteran.

Diferențierea prețurilor după natura folosințelor ia în considerare:

- costurile diferite efectuate pentru obținerea diverselor grade de asigurare a apei (97%, 95%, ..., 80%);
- valoarea producției raportată la 1 m³ de apă, realizată în industrie în raport cu cea realizată în agricultură;
- valoarea pagubelor ce s-ar produce în industrie față de agricultură în cazul neasigurării debitului necesar pentru funcționarea normală a folosinței.

Prețurile pentru apa necesară populației sunt mai mici pentru a asigura protecția socială.

Tarifele sunt diferențiate după natura serviciilor realizate și se împart în două categorii:

- specifice organelor de gospodărire a apelor pentru:
 - primirea în apele de suprafață a substanțelor evacuate în cadrul limitelor reglementate prin acte normative;
 - concentrarea prin baraje a potențialului hidroenergetic și gospodărirea debitelor solide din albi;
- comune pentru gospodărirea și prelucrarea apei, stabilite în funcție de condițiile locale pentru fiecare serviciu prestat.

Penalitățile se aplică pentru:

- depășirea debitelor autorizate sau contractate;
- prelevări din surse fără autorizații sau contract;
- depășirea indicatorilor de calitate ai apelor uzate evacuate în cursurile de apă.

O parte a încasărilor din prețurile și tarifele aplicate de unitățile de gospodărire a apelor, precum și toate penalitățile sunt depuse în *Fondul Apelor*. Rolul acestuia este de a asigura finanțarea unor lucrări de îmbunătățire a calității apei, de regularizare a debitelor de apă, de apărare împotriva inundațiilor și pentru acoperirea diferenței de cheltuieli efectuate de unitățile de gospodărire a apelor în perioadele de secetă sau viitură când încasările sunt reduse.

7.2.3. Dreptul de folosire a apei. Avizul și autorizația de gospodărire a apelor

Aapele fac parte integrantă din patrimoniul comun al țării. Stabilirea regimului de folosire a resurselor de apă este un drept exclusiv al statului, exercitat prin autoritatea centrală, ministerul de resort și Compania Națională și autoritățile bazinale, direcțiile de apă și sistemele de gospodărire a apelor.

Dreptul de folosință a apelor de suprafață sau subterane se stabilește prin avizul și autorizația de gospodărire a apelor. Acest drept include și evacuarea în resursele de apă a apelor uzate, a apelor din desecări ori drenaje, a apelor meteorice, a apelor de mină sau de zăcământ după utilizare.

Dacă datorită secciei sau a altor calamități naturale debitele autorizate nu pot fi asigurate se aplică restricții temporare prin planurile de restricții. La ape mari se întocmesc planurile de prevenire și combatere a inundațiilor naturale și accidentale.

Avizul de gospodărire a apelor /17/ reprezintă actul care condiționează din punct de vedere tehnic și juridic:

- finanțarea și execuția obiectivelor noi de investiție ce urmează a fi construite pe ape sau care au legătură cu apele;
- dezvoltarea, modernizarea sau retehnologizarea unor procese tehnologice sau instalații ale utilizatorilor de apă la care au intervenit modificări față de prevederile avizului anterior;
- realizarea de lucrări pe ape sau care au legătură cu apele care restrâng sau sisteză activitățile existente.

Avizul de gospodărire a apelor se emite pentru lucrări de reînere, acumulare și apărare împotriva inundațiilor, construcții și instalații pentru folosirea apelor și de protecție a acestora, lucrări pentru îmbunătățiri funciare și dezvoltarea pisciculturii, construcții și instalații ce se execută pe litoralul Mării Negre și pe fundul apelor maritime interioare și a mării teritoriale și altele.

Documentația tehnică întocmită în scopul fundamentării solicitării avizului de gospodărire a apelor se va elabora după caz pe baza studiilor meteorologice, hidrologice sau hidrogeologice, studiilor de gospodărire a apelor și de impact asupra resurselor de apă și zonelor riverane.

Avizele vor cuprinde capacitatea finală, amplasamentul folosinței de apă, precum și parametrii de gospodărire a apelor.

Autorizația de gospodărire a apelor reprezintă actul ce condiționează din punct de vedere tehnic și juridic funcționarea sau exploatarea obiectivelor construite pe ape sau care au legătură cu apa.

Autorizațiile de gospodărire a apelor se emit pentru lucrările noi căt și pentru lucrările aflate în funcțiune dar care nu sunt autorizate din punct de vedere al gospodăririi apelor.

7.3. Decizii în gospodărirea apelor

Criteriile care stau la baza deciziilor în gospodărirea apelor /2/ pot fi:

- economice (7.1) și (7.2)

$$[E - (Z + P)] \rightarrow \max ; [E - Z] \rightarrow \max \quad (7.1)$$

$$[Z + P] \rightarrow \min ; Z \rightarrow \min \quad (7.2)$$

unde valorile transpusă în același an de referință sunt:

E - efectul economic

Z - costurile

P - pagubele

- noneconomice, în care pot fi încadrate:

- criteriile sociale: cerințele populației, în anumite limite apărarea împotriva inundațiilor, protecția calității apelor;
- criteriile ecologice, considerând apa ca element al mediului;
- criteriile tehnologice, analizând efectele în folosirea apei.

Criteriile noneconomice sunt incluse de regulă într-un model de optimizare a deciziei prin restricții.

Intr-o amenajare complexă, costurile totale includ costurile în cele n-lucrări comune I_k , C_k (exemplu: acumulări, derivații), cât și costurile în cele m-lucrări separate I_s , C_s (exemplu: sisteme energetice, de alimentare cu apă, irigații, etc.).

Investiția totală corespunzătoare amenajării este dată în relația (7.3).

$$I = \sum_{i=1}^n I_{k,i} + \sum_{j=1}^m I_{s,j} \quad (7.3)$$

Cheltuielile anuale sunt date de relația (7.4).

$$C = \sum_{i=1}^n C_{k,i} + \sum_{j=1}^m C_{s,j} \quad (7.4)$$

Cota parte din costurile comune ce revine unei lucrări separate poate fi determinată:

- proporțional cu un parametru fizic P (exemplu: debitul folosinței raportat la debitul total al folosințelor), (7.5).

$$I_{k,j} = \frac{P_j}{P} I_k \quad (7.5)$$

$$C_{k,j} = \frac{P_j}{P} C_k$$

- corelate cu eficiența economică.

PROBLEME

Capitolul 1 Folosirea apelor

- Reprezentați o schemă cu două acumulări și cinci secțiuni, din care două sunt amplasate în zona de menținere a regimului.
- Întocmiți schema de amenajare formată din două acumulări de regularizare, două folosiște amplaste în zona de satisfacere și o secțiune în zona de menținere.
- Explicitați raportul $Q_{\text{evacuat}} / Q_{\text{necesar}}$ în cazul unei scheme mixte a unei folosiște.
- Explicitați raportul $Q_{\text{cerință}} / Q_{\text{necesar}}$ în cazul unei scheme închise a unei folosiște.
- Cât trebuie să fie debitul recirculat la o schemă cu circuit mixt a unei folosiște, pentru ca debitul prelevat din râu să fie minim.
- Cerința de apă a unei folosiște depinde de:
 - necesarul de apă și debitul consumat;
 - necesarul de apă și sistemul de alimentare;
 - sistemul de alimentare;
 - debitul evacuat.

Capitolul 2 Bilanțul apelor

- Reprezentați schema ce conține trei folosiște, din care două sunt dispuse în paralel. Precizați secțiunea determinantă și calculați debitul necesar.
- Reprezentați schema ce conține trei folosiște dispuse în serie și două în paralel. Precizați secțiunea determinantă și calculați debitul necesar.
- Pentru schema formată din două acumulări și patru secțiuni determinante precizați secțiunile fictive cumulative.
- Pentru schema formată din trei acumulări și șapte secțiuni determinante precizați secțiunile fictive cumulative.
- Pentru schema formată din trei acumulări în cascadă și șase secțiuni determinante precizați secțiunile fictive cumulative. Calculați bilanțul în secțiunile fictive cumulative.
- Alegerea secțiunilor de calcul al bilanțului se face în funcție de:
 - amplasarea prelevărilor;
 - amplasarea restituiriilor;

- c) amplasarea lucrărilor de gospodărire a apelor;
- d) amplasarea prelevărilor, a restituirilor și a lucrărilor de gospodărire a apelor.

Capitolul 3 Dimensionarea lucrărilor de gospodărire a apelor pentru folosințe

- 3.1. Pentru o amenajare în trepte formată din două lacuri de acumulare demonstrați prin calcul că lacul din aval, deși satisface aceeași folosință, este mai mic dacă o parte din necesarul folosinței este satisfăcut de lacul din amonte.
- 3.2. Se consideră schema de amenajare formată din patru lacuri de acumulare și cinci folosințe. Întocmiți schema de calcul.
- 3.3. Se consideră schema de amenajare formată din trei lacuri de acumulare și șapte folosințe. Întocmiți schema de calcul.
- 3.4. Se consideră schema de amenajare formată din trei lacuri de acumulare dispuse în serie și cinci folosințe. Întocmiți schema de calcul.
- 3.5. Pentru șase folosințe întocmiți schema de amenajare și de calcul în două variante.
- 3.6. Să se verifice dacă volumul cunoscut al unei acumulări satisface folosințele dintr-o schemă dată.
- 3.7. În cazul în care volumul acumulării, verificat în exemplul de mai sus, nu satisface folosințele să se determine volumul suplimentar necesar a fi acumulat sau transferat prin derivație.
- 3.8. Volumul V_i al lacului determinat prin metoda bilanțurilor cumulative este:
 - a) volumul necesar satisfacerii folosințelor din secțiunea i;
 - b) volumul necesar satisfacerii folosințelor din amonte de secțiunea i;
 - c) volumul necesar satisfacerii folosințelor din secțiunea i și amonte;
 - d) volumul necesar satisfacerii folosințelor din secțiunile amonte și aval de secțiunea i;

Capitolul 4 Gospodărirea apelor mari

- 4.1. Cunoscând hidrograful viitorii în regim natural, în secțiunea amonte și limitând debitul într-o secțiune aval la o valoare admisă, să se determine debitele de dimensionare pentru o acumulare nepermanentă, o derivație și îndiguire, dispuse în această ordine între cele două secțiuni.
- 4.2. Cunoscând hidrograful viitorii în regim natural, în secțiunea amonte și limitând debitul într-o secțiune aval la o valoare admisă, să se determine debitele de dimensionare pentru o acumulare mixtă și o

acumulare laterală, urmată de un tronson regularizat al albiei minore, dispuse în această ordine între cele două secțiuni.

- 4.3. Să se determine volumul a patru lacuri de acumulare dispuse în cascadă, având tronsoane îndiguite între ele.
- 4.4. Cunoscând volumul viitorii de calcul să se determine timpul de anticipație al programei acesteia, pentru ca atenuarea în acumulare să fie completă.
- 4.5. Pornind de la hidrograful viitorii de calcul să se determine cu cât poate fi micșorat debitul maxim evacuat în aval, dacă folosim și tranșă utilă a acumulării.
- 4.6. Date fiind hidrograful viitorii naturale și cel atenuat, în trei secțiuni dispuse în sistem mixt să se întocmească schema de amenajare.

Capitolul 5 Gospodărirea calitativă a apelor

- 5.1. Pornind de la schema de gospodărire cantitativă cunoscută, formată din o acumulare și patru folosințe, să se completeze aceasta cu schema de gospodărire calitativă bazată pe epurarea apelor uzate.
- 5.2. Pornind de la schema de gospodărire cantitativă cunoscută, formată din o acumulare și patru folosințe, să se completeze aceasta cu schema de gospodărire calitativă bazată pe asigurarea unor debite de diluție și derivații.
- 5.3. Pornind de la schema de gospodărire cantitativă cunoscută, formată din o acumulare și patru folosințe, să se completeze aceasta cu schema de gospodărire calitativă în două variante.
- 5.4. Întocmiți schema de calcul bazată pe debitul de diluție și dimensiunile lacul pentru amenajarea de gospodărire calitativă, formată dintr-un lac, două prelevări și trei surse de impurificare.
- 5.5. Indicatorii de calitate admisi și pentru evacuarea unei surse de impurificare în râu depind de:
 - a) calitatea apei râului;
 - b) categoria de calitate a râului;
 - c) categoria de calitate a râului și calitatea sursei de impurificare;
 - d) categoria de calitate a râului, categoria de calitate a râului și evacuările din amonte.

Capitolul 6 Exploatarea amenajărilor de gospodărire a apelor

- 6.1. Cunoscând volumul unui lac să se determine pentru fiecare folosință (alimentări cu apă și irigații dispuse în serie; energetică și industrie dispuse în paralel) debitele posibile a fi satisfăcute.
- 6.2. Pentru lacul care satisface o folosință de irigații figurați graficul dispecer.

- 6.3. Pentru lacul care satisface o folosință energetică și o folosință de irigații figurați graficul dispecer.
- 6.4. Se cunoaște schema de amenajare mixtă formată din trei lacuri și patru folosințe. Să se stabilească debitele maxime ce pot fi livrate folosințelor.
- 6.5. Să se construiască graficul dispecer pentru fiecare lac din schema de mai sus.
- 6.6. Pentru un lac de acumulare din schema de mai sus să se construiască graficele dispecer pentru două regimuri diferite de exploatare.
- 6.7. Să se determine graficul dispecer al amenajării complexe cu patru folosințe, înănd seama că unei singure folosințe i se pot impune restricții și două folosințe pot lucra cu un debit mai mare decât cel strict necesar.
- 6.8. Pentru graficul dispecer format din zona A, având trei subzone, zona C și zona D să se figureze schema de amenajare corespunzătoare.

Capitolul 7 Mecanismul economic în domeniul apelor

- 7.1. Propuneți o schemă de amenajare cu trei lacuri de acumulare și patru folosințe. Exprimăți eficiența economică a amenajării în ansamblu și pentru fiecare folosință în parte.
- 7.2. Propuneți o schemă de amenajare formată din două lacuri de acumulare, o derivărie și trei folosințe. Calculați investiția totală care revine unei folosințe.
- 7.3. Scrieți condiția ca două variante de amenajare, satisfăcând aceleiasi cinci folosințe să exprime aceeași eficiență economică.
- 7.4. Prețul unic pe țară al apei brute implică echilibrări de costuri la nivelul unui sistem de gospodărire a apelor, a unui bazin hidrografic sau la nivel național.

BIBLIOGRAFIE

1. V.T. Chow, *Open – Channel Hydraulics*, McGraw – Hill International Edition, Civil Engineering Series, 1973
2. Gh. Crețu, *Economia apelor*, Editura Didactică și Pedagogică, București, 1976
3. P.G. Kiselev, *Îndreptar pentru calcule hidraulice*, Editura Tehnică, București, 1988
4. L. Mâra, Gh. Constantin, *Pârghii economice și legislative pentru reducerea poluării*, Măsuri nonstructurale în gospodărirea apelor, Editura HGA, 1997
5. M. Negulescu, R. Antoniu, G. Rusu, E. Cușa, *Protecția calității apelor*, Editura Tehnică, 1982
6. M.B. Popescu, Gh. Lascu, *Aplicarea instrumentelor economice în domeniul gospodăririi apelor în România*, Apele Române RA, 1994
7. C. Roșu, Gh. Crețu, *Inundații accidentale*, Editura HGA, 1998
8. G.A. Schultz, *Remote sensing for control of floods*, Coping with floods, Kluwer Academic Publisher, 1994
9. E.M. Shaw, *Hydrology in Practice*, Third Edition, Chapman & Hall, London, 1994
10. E. Stoicescu, M. Tănăsescu, *Considerații privind utilizarea sistemelor informaționale integrate de gospodărirea apelor*, Măsuri nonstructurale în gospodărirea apelor, Editura HGA, 1997
11. M. Șelărescu, M. Podani, *Apărarea împotriva inundațiilor*, Editura Tehnică, București, 1993
12. P. Șerban, *Monitoringul integrat al apelor*, Măsuri nonstructurale în gospodărirea apelor, Editura HGA, 1997
13., Legea apelor 107 / 1996
14., Legea Protecției Mediului 137 / 1995
15., Metodologia privind elaborarea planurilor de restricții și folosire a apei în perioadele deficitare, Ordin 276 / 11.04.1997 MAPPM
16., Regulamentul de apărare împotriva inundațiilor, fenomenelor meteorologice periculoase și accidentelor la construcțiile hidrotehnice, Monitorul Oficial al României, partea I, 385 / 13.08.1999
17., Procedura și componentele de emitere a avizelor și autorizațiilor de gospodărire a apelor, Ordin 699 / 30.07.1999 MAPPM
18., Regulamentul – cadru de exploatare a barajelor, lacurilor de acumulare și prizelor pentru alimentări cu apă, cu sau fără baraj, Ordin 834 / 1996 MAPPM