

UNIVERSITATEA „POLITEHNICA” DIN TIMIȘOARA

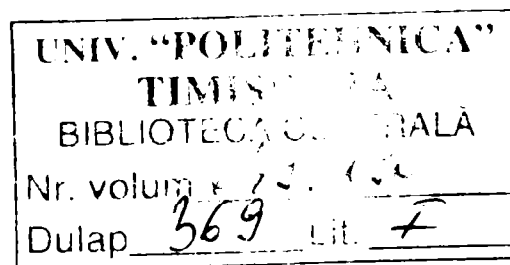
FACULTATEA DE HIDROTEHNICĂ

ING. ȚÎȚAN LENUȚA GEORGETA

- TEZĂ DE DOCTORAT -

---

**ELABORAREA UNOR MODELE INFORMATICE ȘI DE  
SIMULARE ÎN VEDEREA REABILITĂRII ECOLOGICE  
A LACURILOR ARTIFICIALE**



**Conducător științific  
Prof.dr.ing. IOAN DAVID**

2006

# Prefață

*Aș dori și pe această cale să aduc cele mai calde mulțumiri conducătorului științific, Prof. univ. Dr. Ing. DAVID Ioan, pentru sprijinul substanțial, de un înalt profesionalism, pentru încurajări și interesul constant manifestat în tot timpul pregătirii mele. Mi-a îndrumat cu competență continuarea cercetărilor până la realizarea tezei de față.*

*Mulțumesc în mod sincer, domnului Prof. univ. Dr. ing. MIREL Ion, pentru aportul deosebit pe care la avut în pregătirea mea ca inginer încă de pe băncile școlii. În perioada de cercetare, mi-a oferit un amplu material bibliografic asupra zonei Suduc, fără de care teza ar fi fost incompletă.*

*Țin să mulțumesc și distinsului profesor Prof. univ. Dr. ing. MICHAEL Ion, în calitate de decan al Facultății de Hidrotehnică, și decan de an în primul an de facultate.*

*De asemenea, mulțumesc în mod sincer, domnului Prof. univ. Dr. ing. POPA Gheorghe, pentru sprijinul deosebit pe care l-am primit în formarea mea ca inginer.*

*Doresc să mulțumesc și distinsului profesor Prof. univ. Dr. ing. CREȚU Gheorghe, în calitate de membru în comisiile de evaluare a etapelor de pregătire prin doctorat – examene și referate.*

*Mulțumesc în mod sincer, conducerii Companiei BeeSpeed S.R.L și în special domnului ing. MUNTEANU Ovidiu, conducerii ANAR Timișoara fără de care teza de față nu ar fi existat.*

*Mulțumesc de asemenea și colegilor mei din cadrul Facultății de Hidrotehnică și a colegilor de la Catedra de Inginerie Sanitară și Protecția Mediului, pentru fructuoasele schimburi de idei purtate asupra temei, precum și tuturor acelor care au crezut în mine, care au avut bunăvoința de a analiza lucrarea și de a-mi comunica observațiile și sugestiile lor.*

*Pentru studierea atentă și pentru observațiile interesante, pertinente și constructive asupra tezei, sunt recunoscător și aduc mulțumiri referenților științifici oficiali.*

*Nu în ultimul rând, țin să mulțumesc părinților mei, și în mod special soțului meu, pentru încrederea și sprijinul moral acordat, pentru orele și zilele oferite ducerii la bun sfârșit a acestei lucrări.*

*Celor dragi le dedic această lucrare.*

**Țițan Lenuța Georgeta**

**Timișoara, 2006**

## CUPRINS

<b>I. INTRODUCERE</b> .....	<b>1</b>
<b>1.1 Scopul tezei. Actualitatea și importanța temei tratate</b> .....	<b>2</b>
<b>1.2 Obiectivele tezei</b> .....	<b>3</b>
<b>1.3 Organizarea tezei</b> .....	<b>4</b>
<b>II. NOȚIUNI DE BAZĂ PRIVIND REABILITAREA ȘI MODERNIZAREA SISTEMELOR INFORMAȚIONALE ÎN DOMENIUL APELOR</b> .....	<b>6</b>
<b>2.1 Reabilitarea și modernizarea Sistemului Informațional în domeniul apelor</b> .....	<b>6</b>
2.1.1 Structura sistemului de comunicații inter-sedii .....	6
2.1.2 Sistemul de achiziție date și diseminare la nivel național .....	7
2.1.3 Sistemul de gestiune economică .....	8
2.1.4 Proiectarea și funcțiile aplicației .....	8
2.1.5 Sistemul de management al documentelor .....	8
<b>2.2 Concepte și structuri ale sistemelor informaționale de monitorizare a lacurilor artificiale</b> .....	<b>9</b>
2.2.1 Organizarea și dezvoltarea sistemelor informaționale de monitorizare în domeniul apelor .....	9
2.2.1.1 Analiza asupra sistemului informațional .....	10
2.2.1.2 Componentele caracteristice ale unui sistem de monitoring .....	11
2.2.1.3 Structura sistemului informațional .....	17
2.2.2 Sistemul de Monitoring Integrat al Apelor din Romania în conformitate cu cerințele Directivei Cadru UE în domeniul apei .....	19
2.2.3 Sistem automat de monitorizare a unui bazinului hidrografic .....	20
2.2.3.1 Obiectivele sistemului informatic .....	20
2.2.3.2 Arhitectura sistemului informatic de monitorizare .....	21
2.2.3.3 Descrierea sistemului .....	21
2.2.3.4 Programele de achiziție și comunicație .....	23
2.2.4 Exploatare lacurilor de acumulare .....	24
2.2.4.1 Noțiuni de bază privind exploatare lacurilor de acumulare.....	24
2.2.4.2 Automatizarea construcțiilor hidrotehnice .....	26
2.2.4.3 Sistemul informațional-decizional în exploatarea lacurilor de acumulare .....	27
2.2.4.4 Sistemul informațional în exploatarea lacurilor de acumulare .....	30
2.2.4.5 Supravegherea lucrărilor hidrotehnice .....	32
2.2.5 Sistem automat de monitorizare hidrologică a unui lac de acumulare.....	33

2.2.5.1	Obiectivele sistemului .....	33
2.2.5.2	Arhitectura sistemului .....	33
2.2.5.3	Funcțiile sistemului .....	34
2.2.6	Stații automate de monitoring și alarme pentru lacurile de acumulare .....	36
2.2.6.1	Avantaje și limitări a stațiilor automate .....	36
2.2.6.2	Structuri ale stațiilor automate .....	37
2.2.6.3	Exemple de stații automate .....	38
2.3	Monitorizarea calității apei din lacuri .....	43
2.3.1	Monitorizarea calității apelor de suprafață .....	43
2.3.1.1.	Funcțiile și rolul activității de monitoring privind calitatea apelor .....	43
2.3.1.2.	Acțiunile și scopul monitoringului privind calitatea apelor .....	46
2.3.1.3.	Cadrul general al unui program de monitoring al calității apelor .....	46
2.3.2	Monitorizarea calității apei din lacuri în conformitate cu Directiva Cadru a Apei 2000/60/CE .....	49
2.3.2.1	Scopul monitoringului .....	49
2.3.2.2	Secțiuni de monitoring .....	50
2.3.2.3	Parametrii de Calitate (EC) pentru lacuri .....	50
2.3.2.4	Aspecte caracteristice hidromorfologice .....	52
2.3.2.5	Aspecte specifice parametrilor fizico-chimici .....	52
2.3.2.6	Frecvența monitoringului de calitate a apei din lacuri .....	52
2.3.2.7	Elemente specifice lacurilor de acumulare .....	54
 <b>III. BAZELE MODELĂRII PROCESELOR HIDRODINAMICE ȘI ECOLOGICE</b>		
	<b>ÎN LACURILE DE ACUMULARE .....</b>	<b>57</b>
3.1	Modelarea interacțiunii curentului lichid cu patul mobil al albiei .....	57
3.1.1	Ipoteze și ecuații de bază .....	57
3.1.2	Clasificarea modelelor matematice pentru curgeri pe albie .....	60
3.1.3	Condiții la limită folosite în aplicații practice .....	60
3.1.3.1	Tipuri de condiții la limită .....	60
3.1.3.2	Condiții pentru frontierele interioare .....	61
3.1.3.3	Date de intrare folosite pentru modelele de transport de sedimente .....	61
3.2	Modelarea eroziunii solului folosind tehnologia Sistemelor Informaționale Geografice GIS .....	65
3.2.1	Scopul modelării eroziunii solului utilizând tehnici geoinformaționale GIS .....	65
3.2.2	Localizarea geografică a spațiului .....	65
3.2.3	Modelul matematic .....	66
3.2.4	Modelul digital .....	66
3.2.5	Tehnologia de realizare a Modelului Digital al Terenului .....	67
3.2.6	Procesarea straturilor informaționale în vederea determinării pierderilor de sol cu software GEO – GRAPH .....	70

3.2.7	Prezentarea straturilor informaționale .....	71
3.2.8	Analiza și interpretarea rezultatelor .....	71
3.2.9	Validarea rezultatelor obținute din modelarea erozională .....	72
3.3	Modelarea numerică a stratificării termice a apei în lacuri .....	73
3.3.1	Descrierea modelului .....	73
3.3.2	Ecuțiile modelului termic .....	74
3.3.3	Parametrizarea fenomenelor considerate .....	75
3.3.4	Ecuțiile de turbulență în modelul termic .....	77
3.3.5	Funcționarea și calibrarea modelului termic .....	78
3.4	Modelarea biochimică a calității apei din lacuri .....	80
3.4.1	Descrierea modelului .....	80
3.4.2	Structura modelului biochimic .....	81
3.4.3	Ecuțiile modelului .....	82
3.4.3.1	Producția primară .....	83
3.4.4	Viteza de sedimentare .....	85
3.4.5	Pierderile prin mortalitate și excreție .....	85
3.4.6	Consumul de către zooplancton .....	85
3.4.7	Parametrizarea fenomenelor considerate pentru ciclul fosforului .....	86
3.5	Modelarea evoluției substanțelor toxice de natură organică în lacuri .....	86
3.5.1	Elemente privind evoluția substanțelor toxice de natură organică în lacuri .....	87
3.5.2	Procese de descompunere .....	90
3.5.2.1	Fotoliza .....	90
3.5.2.2	Hidroliza .....	91
3.5.2.3	Biotransformarea .....	91
3.6	Modelarea eutofizării lacurilor de acumulare .....	92
3.6.1	Modelul global pentru fosforul total .....	92
3.6.2	Modelul bistrat pentru fosfor, pe fracțiile solubil-insolubil .....	95
3.6.2.1	Observații .....	95
3.6.2.2	Condiții inițiale .....	95
3.6.2.3	Descrierea proceselor din corpul de apă .....	97
3.6.2.4	Ecuțiile matematice ale modelului .....	97
3.6.3	Modelul bistrat cu interacțiunile nutrienți-lanț trofic .....	98
3.6.3.1	Descrierea proceselor din corpul de apă .....	98
3.6.3.2	Ecuțiile matematice ale modelului .....	98
3.6.3.3	Constituenți participanți la procese .....	99
3.6.3.4	Interacțiunile între constituenți .....	99
3.6.3.5	Relații de calcul a vitezelor de reacție .....	100

3.7 Model de calcul automat a graficelor dispecer .....	102
3.7.1 Calculul liniei de funcționare în regim asigurat .....	103
3.7.2 Calculul liniei de limitare a deversărilor .....	105
3.7.3 Calculul liniei de introducere a restricțiilor.....	106
3.7.4 Linii auxiliare.....	107
<b>IV. BAZELE PROIECTĂRII SISTEMELOR INFORMAȚIONALE UTILIZÂND SCADA</b> (Supervisory Control And Data Acquisition).....	111
4.1 Managementul unui proiect SCADA.....	111
4.1.1 Principiile managementului proiectelor .....	112
4.1.2 Caracteristicile sistemului .....	113
4.1.3 Obiectivele proiectului .....	113
4.1.4 Ciclul de viață al unui sistem .....	114
4.1.4.1 Identificarea problemei.....	114
4.1.4.2 Analiza sistemului .....	114
4.1.4.3 Proiectarea .....	116
4.1.4.4 Dezvoltarea .....	116
4.1.4.5 Implementarea .....	117
4.1.4.6 Exploatarea și întreținere sistemului .....	118
4.2 Descrierea sistemului SCADA .....	118
4.2.1 Componentele sistemelor SCADA .....	119
4.2.2 Servicii sistem .....	119
4.2.3 Cerințe de bază .....	120
4.2.4 Probleme de implementare .....	121
<b>V. STUDIU DE CAZ . SISTEM INFORMATIC DE MONITORIZARE ȘI SUPRAVEGHERE A</b> <b>ACUMULĂRII SURDUC .....</b>	122
5.1 Scopul proiectului. Domeniu de aplicabilitate .....	122
5.2 Date generale asupra zonei amenajate Surduc .....	122
5.2.1 Amplasarea în mediu .....	122
5.2.2 Elemente geografice .....	123
5.2.3 Folosițele acumulării .....	123
5.2.4 Divizarea în subzone a zonei lacului Surduc .....	124
5.2.5 Aria protejată .....	126
5.2.6 Elemente geologice .....	126
5.2.7 Resurse de apă .....	127

5.2.8	Calitatea apei din lac .....	128
5.2.9	Clima și calitatea aerului .....	128
5.2.10	Zone și obiective de interes tradițional .....	129
5.2.11	Utilități hidroedilitare apă-canal.....	129
5.2.12	Necesitatea reabilitării ecologice a zonei amenajate Surduc.....	130
<b>5.3</b>	<b>Date generale de exploatare a zonei amenajate Surduc .....</b>	<b>130</b>
5.3.1	Caracteristici tehnice și constructive .....	130
5.3.1.1	Clasa de importanță .....	131
5.3.1.2	Gradul de seismicitate .....	131
5.3.1.3	Niveluri și scheme caracteristice ale lacului de acumulare .....	131
5.3.2	Dotări pentru exploatarea amenajării .....	131
5.3.3	Mijloace de obținere și transmitere a datelor .....	131
<b>5.4</b>	<b>Sistemul EXISTENT - Sistemul informațional de monitorizare și supraveghere a acumulării Surduc. ....</b>	<b>132</b>
5.4.1	Date primare de exploatare a acumulării .....	132
5.4.1.1	Mijloace de obținere a datelor hidrometeorologice .....	132
5.4.1.2	Centralizarea datelor primare .....	132
5.4.1.3	Conexiuni cu exteriorul .....	132
5.4.1.4	Aparatura de măsurare automatizată .....	133
5.4.1.5	Date de bază statistice și dinamice .....	133
5.4.1.6	Frecvența măsurări parametrilor .....	133
5.4.1.7	Praguri specifice .....	134
5.4.1.8	Pregătire personalului .....	134
5.4.2	Regimul de exploatarea în situații de viituri .....	134
5.4.2.1	Elemente caracteristice .....	135
5.4.2.2	Măsuri înaintea perioadei de viitură .....	136
5.4.2.3	Regimul de exploatare la viituri .....	136
5.4.2.4	Modul de acționare în timpul viituri .....	136
5.4.2.5	Atribuțiile personalului operativ în perioada de viituri .....	138
5.4.2.6	Modul de acționare după trecerea viiturii .....	138
<b>5.5</b>	<b>Sistemul PROPUS - Sistemul informatic de monitorizare și supraveghere al acumulării Surduc .....</b>	<b>139</b>
5.5.1	Arhitectura sistemului al acumulării Surduc .....	140
5.5.2	Nivelul central - Dispecer Central .....	141
5.5.2.1	Aplicația SCADA “Dispecer central” .....	141
5.5.2.2	Arhitectura sistemului de transmisie și comunicații date la nivel central ....	142
5.5.2.3	Modelarea evenimentelor aplicației “Dispecer central”.....	142
5.5.3	Nivelul comunicații/transmisie date .....	144

5.5.3.1	Stațiile de achiziție date .....	144
5.5.3.2	Funcțiile stației hidrometeorologice.....	145
5.5.3.3	Funcțiile posturilor hidrometrice .....	146
<b>5.5.4</b>	<b>Nivelul local - Dispecer LAC .....</b>	<b>147</b>
5.5.4.1	Aplicația SCADA “Dispecer LAC” .....	148
5.5.4.2	Arhitectura sistemului de transmisie și comunicații date la nivelul acumulării Surduc .....	148
5.5.4.3	Modelarea evenimentelor ale aplicației “Dispecer LAC” .....	149
5.5.4.4	Obiectivele aplicației “Dispecer LAC” .....	150
5.5.4.5	Structura aplicației “Dispecer LAC” .....	150
5.5.4.6	Funcțiile aplicației “Dispecer LAC” .....	150
<b>5.5.5</b>	<b>Managementul aplicației .....</b>	<b>151</b>
5.5.5.1	Ecranul “Dispecer Central” .....	151
5.5.5.2	Ecranul “Dispecer LAC” .....	152
5.5.5.3	Ecranul sinoptic LAC .....	153
5.5.5.4	Ecranul post hidrometric .....	154
5.5.5.5	Ecranul parametrilor hidrologici .....	155
5.5.5.6	Ecranul parametrilor fizico-chimici .....	156
5.5.5.7	Ecranul parametrilor biologici .....	157
5.5.5.8	Ecranul parametrilor meteorologici .....	158
5.5.5.9	Ecranul parametrilor morfologici .....	158
<b>5.5.6</b>	<b>Monitorizarea automatizată a unei situații de viitură .....</b>	<b>160</b>
5.5.6.1	Avantajele aplicației “Viitură” .....	160
5.5.6.2	Ecranul viitură .....	160
5.5.6.3	Gestionarea bazei de date a aplicației SCADA .....	162
<b>VI. CONCLUZII ȘI RECOMANDĂRI .....</b>		<b>166</b>
6.1	Contribuții personale .....	166
6.2	Perspective. Recomandări .....	167
<b>VII. BIBLIOGRAFIE .....</b>		<b>169</b>
<b>VIII. ANEXE .....</b>		<b>174</b>



## **I. INTRODUCERE**

Lacurile de acumulare artificiale sunt amenajări hidrotehnice realizate pentru satisfacerea necesarului de apă pentru producerea energiei electrice, pentru lucrări de hidroameliorații ale terenurilor agricole, pentru alimentarea cu apă a centrelor populate și a zonelor industriale, pentru folosințe piscicole, agrement, etc. De asemenea, lacurile de acumulare au un rol important în atenuarea undelor de viitură.

Ca urmare a creșterii cerințelor de apă, a apărut necesitatea realizării de amenajări hidrotehnice tot mai complexe, în special lacuri de acumulare, pentru reținerea unor volume de apă din perioadele de viituri și redistribuirea lor în perioadele secetoase, ca și transferuri de debit între bazine hidrografice, transportul apei la distanță prin canale, galerii și conducte.

Din punctul de vedere al balanței cantitative ale apei, România este una din țările relativ sărace în resurse de apă, chiar și în raport cu alte țări europene, Europa fiind de altfel una din zonele globului cu cele mai bogate resurse de apă.

Principala sursă de apă pentru România o reprezintă râurile interioare. Volumul total de apă tranzitat pe acestea este de circa 37 mld. m<sup>3</sup>.

Cerințele de apă pentru țara noastră oscilează în jurul valorii de 20 mld. m<sup>3</sup>. Din acest volum total, cel de apă prelevat din râurile interioare reprezintă 11,5 mld. m<sup>3</sup>, adică de peste două ori potențialul natural al acestei surse. Acest lucru este posibil prin utilizarea repetată a apei pe cursul unui râu și a lucrărilor hidrotehnice executate, în special lacuri de acumulare, care însumează peste 6 mlrd. m<sup>3</sup>.

Lucrările hidrotehnice destinate asigurării necesarului de apă sunt lucrări interdependente cu alte lucrări și fenomene din bazinele hidrografice. Un management bun al acestor lucrări conduce la un echilibru necesar pentru diferiți factori de mediu, a căror ignorare poate avea multiple efecte negative. Astfel, deficiențele de management în corelarea lucrărilor de îndiguire, față de cele de atenuare a viiturilor, poate amplifica inundațiile și efectele lor în zonele din aval.

Un aspect foarte important este nerealizarea lucrărilor de combatere a eroziunii solului, ceea ce contribuie la amplificarea debitelor solide și deci a colmatării albiilor și mai ales a lacurilor artificiale.

Un fenomen foarte grav, este și procesul de poluare a cursurilor de apă, fenomen ce afectează și balanțele cantitative, prin compromiterea calității surselor de apă, pentru că pe cursurile de apă au loc prelevări consecutive, din amonte spre aval.

În aceste condiții, pentru acumulările existente este impetuos necesar implementarea unui sistem de supraveghere și monitorizare modern, astfel încât satisfacerea cerințelor consumatorilor pe tot parcursul anului cât și o protecție corespunzătoare a zonelor din aval împotriva efectelor inundațiilor să nu mai provoace dezastre ecologice sau umanitare.

## **1.1 Scopul tezei. Actualitatea și importanța temei tratate.**

### *Scopul tezei*

Scopul tezei constă în modelarea și proiectarea unui "Sistem Informatic de Monitorizare și Supraveghere a acumulării Surduc" în vederea reabilitării și monitorizării sistemului informațional existent. Acest proiect vine în întâmpinarea unui segment de piață în plină expansiune.

Scopul dezvoltării sistemului costă în :

- reabilitarea și modernizarea sistemului informațional în conformitate cu cerințele Directivei Cadru UE a Apei 2000/60/CE;
- obținerea de date și informații necesare în exploatarea eficientă a acumulării Surduc;
- posibilitatea de a preîntâmpina inundații, fenomene naturale periculoase sau poluări accidentale prin luarea măsurilor adecvate și concrete privind protecția populației.
- supravegherea și monitorizarea printr-un sistem de comunicații și transmitere a datelor și informațiilor cât mai rapid și în siguranță.

### *Actualitatea și importanța temei tratate*

Dezvoltarea rapidă a rețelelor informatice de arie largă, deschiderea Internet spre comercializare și implementarea unor tehnologii informatice avansate au accelerat procesele de dezvoltare a sistemelor informaționale de monitorizare a bazinelor hidrografice și implicit a lacurilor de acumulare.

Necesitatea transmiterii informațiilor și datelor a impus dezvoltarea unor sisteme informaționale complexe și eficiente care să asigure o bună comunicare între sediile agențiilor Apelor Române. Aceste sisteme reprezintă o modalitate de determinare și evaluare cât mai corectă, prin date și informații de natura tehnică, meteorologică și ecologică, a stărilor momentane și a dinamicii relației surselor la nivelul tuturor bazinelor hidrografice din țară.

Realizarea sistemului informațional decizional integrat la nivelul întregii țări reprezintă o investiție strategică determinată atât de poziția geografică a României, traversată de cursuri de apă transfrontalieră, cât și de angajamentele internaționale ale țării noastre.

Investițiile necesare pentru reducerea pagubelor produse de fenomene hidrologice constituie o prioritate a politicii de acțiune a Ministerului Mediului și Gospodării Apelor și a Administrației Naționale "Apele Române", în conformitate cu recomandările Directivei Parlamentului și Consiliului Europei privind stabilirea cadrului pentru acțiunea comunității în domeniul politicii apei.

Începând cu anul 2005, prin implementarea proiectului DESWAT (Destructive Water Abatement and Control of Water Disasters), activitatea de hidrologie și gospodărire a apelor intră într-o nouă etapă de dezvoltare și modernizare .

## **1.2 Obiectivele tezei**

Teza de față este departe de a rezolva toate problemele care apar în fața proiectanților unui sistem informatic de reabilitarea a lacurilor artificiale, dar prin modalitatea de abordare, poate reprezenta o direcție de dezvoltare ulterioară.

Una din cerințele de bază a modelării și proiectării unui sistem informațional este ca acesta să fie capabil să colecteze, să monitorizeze și să asigure transmiterea datelor în timp real. Deasemenea, sistemul informațional trebuie să ofere o interfață de vizualizarea a datelor cât mai ușor accesibilă utilizatorilor, în plus trebuie să ofere un suport de prelucrare și comunicare a datelor în siguranță.

Plecând de la aspectele menționate mai sus, mi-am propus atingerea următoarelor obiective pe parcursul tezei :

1. Reabilitarea și modernizarea sistemului informațional de monitorizare a amenajării Surduc;
2. Abordarea sistematică a temei tratate, plecând de la regulamentul de exploatare a acumulării Surduc;
3. Utilizarea programul de proiectare SCADA, specific sistemelor de monitorizare și supraveghere la distanță;
4. Monitorizarea calității apei din acumularea Surduc, prin măsurarea parametrilor fizico-chimici și a parametrilor biologici;
5. Determinarea gradului de trofie în funcție de raportul dintre CCMn și OD.
6. Monitorizarea parametrilor hidrometeorologici;
7. Reprezentarea dinamică a modificării nivelului apei în lac, în timp real;
8. Atenționarea prin mesaje și alarme vizuale a depășirii valorilor admise ale parametrilor mășurați;
9. Realizarea unui sistem pentru schimbul de date între dispeceratul central, Direcția Apele Banat Timișoara și dispeceratul local al acumulării Surduc;
10. Analiza prin simulare a a unei situații de urgență;
11. Manevrarea automată a vanelor golirilor de fund;
12. Proiectarea și implementarea unui sistem modern de achiziție, transmisie și prelucrare a bazelor de datelor.

Fiecare din obiectivele menționate mai sus, au fost atinse pe parcursul tezei, dar tema tratată mai permite și dezvoltări ulterioare. Datorită importanței deosebite care trebuie acordată siguranței populației și acumulării în timpul exploatării precum și a performanțelor care trebuie atinse de un

astfel de sistem de monitorizare și supraveghere, am acordat o atenție deosebită atingerii obiectivelor propuse.

### **1.3 Organizarea tezei**

Noutatea și caracterul complex al problemei abordate au necesitat și impus tratarea a numeroase aspecte, începând cu studierea fundamentelor teoretice ale problemei, a dezvoltării unui model informatic bazat pe tehnica de automatizare și transmitere a datelor și încheind cu gestionarea bazelor de date.

Organizarea lucrării de doctorat a fost astfel concepută încât să permită distingerea cu claritate a noțiunilor fundamentale de sistem informatic de monitorizare, a utilizării unui program specific de colectare și transmitere a datelor on-line, necesar pentru reabilitarea lacurilor artificiale, precum și a aspectelor de avertizare în caz de urgență.

Lucrare cuprinde 6 capitole de studiu, 5 anexe și bibliografie 121 titluri din care 38 reprezintă bibliografie web, în total 188 pagini, cu 22 fotografii, 60 figuri, 39 tabele, 1 schemă.

**Capitolul I** - Realizează introducerea în problematica temei tratate. Pe parcursul acestui capitol este justificată importanța și mai ales actualitatea acestei teme, privind din punctul de vedere al siguranței în exploatare și al cerințelor operaționale. Totodată sunt stabilite și obiectivele urmărite de autor de-a lungul tezei și viitoarele dezvoltări în domeniu.

**Capitolul II** - Abordează modul realizare și de implementarea a sistemelor informaționale de reabilitare și modernizare în domeniul apelor, la modul general, iar în detaliu concepte și structuri ale sistemelor informaționale de monitorizare a lacurilor de acumulare. Se trec în revistă cerințele Directivei Cadru UE a Apei 2000/60/CE de monitorizare a calității apei din lacuri, care constituie suportul dezvoltării unui sistem informațional, precum și componentele caracteristice ale unui sistem de monitoring.

Este sistematizat modul de exploatare a lacurilor de acumulare în conformitate cu normele metodologice pentru elaborarea regulamentelor de exploatare bazinală și a regulamentului cadru pentru exploatarea barajelor, lacurilor de acumulare și a prizelor de alimentare cu apă. Mai sunt prezentate sisteme automate de monitorizare a calității apei din lacuri folosite în Germania pe lacul Constance, precum și un sistem de monitorizare a calității apei pentru bazinul hidrografic Someș-Tisa, care este aflat în fază de testare a aparaturii și a softului aferent aplicației.

Toate aceste elemente, reprezintă punctul de plecare în dezvoltarea unui sistem nou de monitorizare sau modernizarea unuia deja existent.

**Capitolul III** - Abordează bazele modelării și simulării proceselor hidrodinamice și ecologice în lacurile de acumulare.

În cadrul acestui capitol este prezentată o abordare modernă de modelare a eroziunii solului folosind tehnologia GIS, evidențiindu-se reducerea la minim a transportului de aluviuni și chimicale de pe versanți în vederea protecției lacurilor de acumulare împotriva colmatării accelerate și a poluării. Deasemenea, sunt evidențiate modele care tratează caracteristici specifice corpului de apă, cum ar fi stratificarea apei în lacuri, evoluția parametrilor biochimici în funcție de factorii hidrologici.

Descrierea acestor modele are drept scop cunoașterea în detaliu a proceselor care au loc în lacurile de acumulare.

**Capitolul IV** – Prezintă la modul general principiile managementului unui proiect și punerea acestuia în practică. În particular, este prezentat sistemul SCADA, care reprezintă suportul modelării și proiectării sistemului informatic de monitorizare, supraveghere și transmitere a datelor pentru acumularea Surduc. Menirea acestui sistem este de a oferi posibilitatea conlucrării cu alte sisteme, cum ar fi sisteme de comandă distribuite, sisteme de modelare a proceselor, sisteme de optimizare, sisteme de gestionarea și prelucrare a bazelor de date.

**Capitolul V** - Este dedicat modului de abordare a proiectării și modelării sistemului automat de monitorizare în concordanță cu regulamentul specific de exploatare a acumulării Surduc și a Directivei Cadru UE a Apei 2000/60/CE de monitorizare a calității apei din lacuri.

Este trecută în revistă arhitectura sistemului SCADA, care facilitează transmisia și comunicația de date de la nivelul dispeceratului central la nivelul dispeceratului local, modul de gestionare a sistemului, precum și aparatura de colectare și transmitere a datelor folosită. Totodată sunt analizate frecvențele de măsurare a parametrilor caracteristici, modul de avertizare și alarmare în cazul depășirii limitelor admise ale parametrilor măsurați. Capitolul se încheie cu prezentarea în detaliu a ecranelor necesare monitorizării și supravegherii în timp real a acumulării Surduc.

**Capitolul VI** - Se face o evaluare globală asupra subiectului dezvoltat pe parcursul tezei, subliniindu-se utilitatea și noutatea abordării, indicându-se posibilitățile de dezvoltare ulterioară. Autorul se oprește asupra contribuțiilor proprii în ceea ce privește abordarea subiectului și implementării unor noi aspecte, direcțiile de dezvoltare ulterioară rămânând deschise.

## **Capitolul VII – Bibliografia**

**Capitolul VIII** - Anexa prezentă în finalul tezei, cuprinde o serie de tabele și fotografii.

## **II. NOȚIUNI DE BAZĂ PRIVIND REABILITAREA ȘI MODERNIZAREA SISTEMELOR INFORMAȚIONALE ÎN DOMENIUL APELOR.**

### **2.1 Reabilitarea și modernizarea Sistemului Informațional în domeniul apelor**

Necesitatea transmiterii informațiilor și datelor cât mai rapid și în siguranță a impus dezvoltarea unor sisteme informaționale complexe și eficiente care să asigure o bună comunicare între sediile agențiilor Apelor Române. Aceste sisteme reprezintă o modalitate de determinare și evaluare cât mai corectă, prin date și informații de natura tehnică, meteorologică și ecologică, a stărilor momentane și a dinamicii relației surselor la nivelul tuturor bazinelor hidrografice din țară.

De maximă importanță este posibilitatea de a preîntâmpina inundații, fenomene naturale periculoase, accidente la construcțiile hidrotehnice, sau poluări accidentale prin luarea măsurilor adecvate și concrete privind protecția populației. În aceste condiții reabilitarea și modernizarea Sistemului Informațional în domeniul apelor la nivel național este impusă de standardele europene în conformitate cu cerințele Directivei Cadru UE a Apei 2000/60/CE,[5], [38], [70], [80].

#### **2.1.1 Structura sistemului de comunicații inter-sedii**

În prezent Administrația Națională Apele Române a adoptat un sistem de comunicații cu o structură a rețelei virtuale care este prezentată mai jos :

##### **Sistemul național de comunicații (inter-sedii)**

- Cadastrul Apelor Romane;
- Sistemul de achiziție date și diseminare la nivel național;
- Sistemul de gestiune economica;
- Proiectarea și funcțiile aplicației;
- Sistemul de management al documentelor.

##### **Rețeaua virtuală prezintă următoare structură:**

- Sediul ANAR cu cele 11 Direcții de Ape, INHGA și MMGA;
- Sistemul de Gospodărire a Apelor (nivel județean, subbazinal).

**Aplicația Cadastrul Apelor Romane** gestionează obiectivele care constituie obiectul de lucru al ANAR. Acestea sunt cuprinse în peste 60 de categorii cadastrale diferite, printre care amintim:

- apele de suprafață din domeniul public, așa cum sunt definite în **Legea Apelor nr. 107/1996**, cu albiile lor minore, malurile și cuvetele lacurilor, cu bogățiile lor naturale și potențialul energetic valorificabil, apele subterane, faleza și plaja marii;
- barajele;
- lacurile de acumulare permanente și nepermanente ;
- prizele de apa, stațiile de tratare;
- digurile de apărare împotriva inundațiilor ;

- lucrările de regularizare a albiilor ;
- cantoanele hidrotehnice și alte construcții asimilate ;
- stații și instalații ale rețelei de supraveghere a calității resurselor de apă ;
- canalele stațiilor de pompare și conductele pentru derivare de debite ;
- stații și instalații ale rețelei naționale de observații și măsurători hidrologice și hidrogeologice, precum și ale rețelei de observații și măsurători meteorologice specifice gospodăririi apelor;
- alte construcții și lucrări hidrotehnice, bunuri aflate în proprietatea publică a statului. [101], [106].

### **2.1.2 Sistemul de achiziție date și diseminare la nivel național**

Rețeaua Națională de Transmisii de Date în Domeniul Gospodăririi Apelor este structurată pe 4 nivele:

- **Nivel local (4)** reprezentat prin unități producătoare de date (stații hidrometrice și de calitate, exploatare infrastructură națională de gospodărire a apelor, informații folosiște, etc. arondate la una din stațiile de colectare județene;
- **Nivel decizional teritorial subbazinal (3)** reprezentat prin unități de colectare de date hidrologice (SGA și Stații Hidrologice), situate aproape în totalitate în reședințe de județ, arondate la unul din centrele bazinale ( Direcții Ape);
- **Nivel decizional bazinal (2)** reprezentat prin centrele bazinale (Direcții Ape);
- **Nivel decizional național (1)** - reprezentat prin sediul central al Administrației.

În cadrul acestui sistem de tip arborescent circulă atât informații cu caracter operativ (flux rapid: date hidrologice, date privind fenomene periculoase), cât și informații ocazionale (flux lent: prognoze și diagnoze privind diferite fenomene, sinteze, date cu caracter informativ, date cu caracter comercial, economic, etc.)

Concentrarea maximă a informației se află la nivelul (1), nivelul de coordonare și control, pentru funcționarea ca sistem integrat, capabil să construiască și să aplice strategii la nivel național.

La nivelele (2) și (3) concentrarea este mai mică, dar calitatea informației este necesară pentru luarea unor decizii rapide și corecte în cazul apariției unor fenomene de tip eveniment, avarie, etc.

De regulă la nivelele 1,2,3, centrele de concentrare a informațiilor sunt reprezentate, de dispeceratele de gospodărire a apelor, care pe lângă rolul de cunoaștere permanentă a evenimentelor din propriul teritoriu, au și rolul de coordonare a acțiunilor de intervenție, în concordanță cu hotărârile și deciziile conducerilor administrative respective.

Sistemul în ansamblul său este gândit și ca sistem de tip eveniment, deoarece vehiculează și procesează informații referitoare la fenomene naturale periculoase, accidente la construcțiile hidrotehnice, sau poluări accidentale. Informația furnizată de sistem stă la baza unor decizii necesare pentru diminuarea efectelor unor astfel de fenomene.

Principiul este ca organul de decizie să aibă întreaga informație asupra fenomenului supravegheat, cu maxim de anticipare posibil și cu eroare minimă. Din acest motiv, nivelul (4) este la fel de important în cadrul sistemului, deoarece măsurarea precisă a parametrilor permite prelucrarea corectă la nivelele superioare.

Datele/informațiile vehiculate în cadrul sistemului nu au un volum mare, dar au o mare concentrare de informație uneori crucială. Lipsa lor ar putea conduce la pagube materiale enorme și chiar la victime omenești. [78], [101].

### **2.1.3 Sistemul de gestiune economică**

Sistemul de gestiune economică a fost conceput, proiectat și dezvoltat specific, datorită singularității tipului de organizare și al specificului activităților ANAR, în ideea unei aplicații integrate ce funcționează în rețea, folosind baze de date locale și integrări cu alte aplicații și baze de date din alte aplicații (Cadastrul Apelor Romane, Dispecer Ape, Document management, Personal și salarizare.), precum și mecanisme complexe de reaplicare pe mai multe nivele a datelor.

### **2.1.4 Proiectarea și funcțiile aplicației.**

#### **1. Flux de date și mesaje/rapoarte operative, supraveghere și control**

-**Flux de date:** observații hidrologice, lacuri de acumulare și secțiuni de monitoring calitate și de asemenea, valori prognozate de INHGA pentru nivele și debite

-**Mesaje și rapoarte operative:** rapoarte "stare sistem" (meteo, hidro, construcții hidrotehnice, alimentari cu apa, calitatea apei, sistemul informațional, masuri și intervenții), avertizări/alarme explicite, evenimente, rapoarte asupra efectului inundațiilor sau poluărilor accidentale, pagube, etc.

### **2.1.5 Sistemul de management al documentelor**

Sistemul de management al documentelor și a fluxurilor de lucru este compus din două aplicații Hummingbird DM și Hummingbird DM Workflow, [77], [101].

**DM** este o aplicație client - server care permite gestionarea informației nestructurate dintr-o companie. Bibliotecile virtuale, tehnologia avansată de căutare și regăsire a informației fac posibilă regăsirea rapidă a documentelor și utilizarea lor în mod facil. Integritatea documentelor este asigurată de mecanisme de securitate.

**Integrarea dintre DM Workflow și DM** asigură transmisia electronică a documentelor în interfața web DM Webtop. Diferitele tipuri de rute disponibile definesc logica proceselor (când, cum, către cine sunt direcționate documentele). Mecanismele de urmărire existente permit utilizatorilor care au inițiat astfel de rute să vizualizeze aceste procese și să le gestioneze.



## **2.2 Concepte și structuri ale sistemelor informaționale de monitorizare a lacurilor artificiale**

### **2.2.1 Organizarea și dezvoltarea sistemelor informaționale de monitorizare în domeniul apelor**

Dezvoltarea rapidă a rețelelor informatice de arie largă, deschiderea Internet spre comercializare și implementarea unor tehnologii informatice avansate au accelerat procesele de dezvoltare a sistemelor informaționale de monitorizare a bazinelor hidrografice și implicit a lacurilor de acumulare.

Atributele sistemelor informatice de monitorizare (bazine hidrografice, lacuri de acumulare) trebuie să conțină o serie de opțiuni, sistemul computerizat trebuie să fie capabil să furnizeze informații reale și în timp util pentru prevenirea situațiilor de urgență.

Toate etapele situațiilor de urgență depind de administrarea corectă a datelor provenind din diferite surse. Aceste date trebuie adunate, organizate și prezentate în forme logice care să servească dimensiunilor și scopului programului al situației de urgență. Pregătirea sau răspunsul la o astfel de situație poate să implice de multe ori mai multe departamente ale unei administrații sau ale altor instituții publice și este foarte important ca în momentele de criză, oamenii să aibă la dispoziție exact datele de care au nevoie, organizate în logica de care este nevoie pentru a putea fi formulat cursul de acțiune necesar. Astfel, în cazul unei inundații, de exemplu, forțele de intervenție au nevoie de un tablou complet al dispersiei populației și a formelor de relief în zonele afectate, locațiile spitalelor și ale punctelor sanitare, cele ale spațiilor cu potențial de depozitare, dispunerea unităților de intervenție de urgență și resursele pe care acestea le au la dispoziție, rețelele electrice, clădirile construite din pământ, etc.

Utilizarea unei soluții geospațiale interoperabile face posibilă comunicarea dintre toate instituțiile care au în gestiune aceste resurse, permițând echipelor de intervenție accesul la date provenind din surse diferite în aceleași rapoarte. De cele mai multe ori, un incident de urgență are loc cu atâta rapiditate încât nu este timp pentru obținerea acestor informații pe moment, în lipsa unor baze de date și a unor sisteme geospațiale capabile să le stocheze și să le prelucreze. În aceste situații, factorii de decizie nu pot face altceva decât să ghicească sau să estimeze și în consecință, să ia decizii de rezolvare a situației fără a avea la dispoziție informațiile necesare. Aceasta costă bani, timp și, nu de puține ori, chiar vieți. Dar un proces eficient de management al unei situații de urgență nu constă doar în cea mai bună reacție la un eveniment care deja a avut loc, ci trebuie să înceapă cu mult înainte.

Conceptul de sistem geoinformațional apare pentru prima dată în Canada și Statele Unite, în urmă aproximativ 40 de ani. Primul sistem geoinformatic este cel dezvoltat de canadieni, în cadrul unei operațiuni de inventariere a resurselor naturale. Realizat la o scară foarte mică și cunoscând o continuă perfecționare de-a lungul anilor.

Dezvoltarea sa a adus numeroase contribuții conceptuale și tehnice la evoluția generală a sistemelor informaționale geografice. Principala problemă pe care încearcă să o rezolve un sistem geoinformatic constă în realizarea automată a analizelor geografice, utilizând în acest scop calculatorul electronic.

### **2.2.1.1 Analiza asupra sistemului informațional**

Orice sistem informațional proiectat și executat prezintă riscul ca performanțele sale să nu coincidă cu cele prevăzute. Riscul tehnic al sistemului depinde de structura sistemului și de incorectitudinea asupra datelor și elementelor sale componente. Astfel un sistem automat trebuie să fie robust, adică să prezinte un risc minim în realizarea performanțelor și stabilității asupra procesului pe care îl conduce.

Sistemele moderne sunt conduse de unul sau mai multe calculatoare specializate numite calculatoare de proces. Folosirea calculatoarelor pentru conducerea automată a sistemelor este avantajoasă nu atât pentru calculul algoritmilor, cât pentru funcțiile pe care le poate îndeplini:

- achiziția, prelucrarea și memorarea unui volum imens de date;
- accesul rapid la datele memorate;
- realizarea unei interfețe grafice interactive și prietenoase cu utilizatorul;
- instruirea operatorului și ajutorarea sa printr-un sistem expert la apariția unor defecțiuni;
- combinarea mai multor sisteme conduse de calculator într-o structură ierarhică;
- comunicarea la distanță cu alte calculatoare;
- transformarea traductoarelor și elementelor de măsură în aparate inteligente;

Una din caracteristicile cele mai importante ale unui sistem informatic o constituie interfața cu operatorul. Posibilitățile grafice și capacitatea de funcționare în mod interactiv a calculatoarelor permit realizarea unor interfețe care să faciliteze la maximum activitatea utilizatorului. Punctul central îl constituie schema sinoptică.

Obiectele din schema sinoptică permit, atunci când sunt selectate, afișarea unor noi scheme sinoptice sau a unor grafice și tabele care prezintă în mod interactiv starea sistemului pe baza informațiilor acumulate prin achiziția și memorarea datelor furnizate de traductori. Chiar dacă operatorul nu întreprinde nici o acțiune, atunci când aceste informații ies dintr-un anumit domeniu se produc semnalizări și alarme. În funcție de informațiile obținute operatorul poate realiza manual diferite operații de conducere. De exemplu poate pomi sau opri anumite pompe cu ajutorul unor întrerupătoare prevăzute în schema sinoptică.

Sistemul de monitoring a cantității și calității apelor furnizează informațiile necesare pentru luarea deciziilor operative în domeniul gospodăririi apelor și pentru prevenirea și combaterea poluărilor accidentale, precum și pentru elaborarea Planului de management și amenajare a bazinelor hidrografice.

În proiectarea tehnică a unui sistem informațional trebuie să se facă un raport de analiză asupra etapelor de dezvoltare a sistemului. Acest raport trebuie să cuprindă :

- un sumar se activități;
- obiectivele sistemului;
- descrierea situației curente;
- descrierea situației viitoare;
- identificarea parametrilor de interes;
- condiții de realizare;
- condiții de utilizare (cu acces liber sau prin identificare cu parolă ).

### **2.2.1.2 Componentele caracteristice ale unui sistem de monitoring**

Componentele caracteristice ale unui sistem informațional în domeniul apelor sunt redate în tabelul 2.1, [65],[66]:

**Tabelul 2.1**

<b>Componente caracteristice</b>	<b>Sistemul informațional</b>
Organizarea și procesarea datelor	- analiza datelor și informațiilor; - rapoarte și comunicare;
Elemente componente și de flux informațional	-date; - informații;
Scopul dezvoltării sistemului	- dezvoltarea unui model de monitoring; - proceduri și protocoale;
Etape de management a datelor	- validarea datelor ; - analiza, interpretarea și transformarea datelor în informații ; - elaborarea de rapoarte pentru utilizatori; - stocarea datelor pentru utilizări ulterioare ; - elemente specifice de întreținere și protocol ;
Arii sectoriale investigate	- meteorologie/climă; - aer; - apă; - mediu; - resurse naturale, zone umede, biodiversitate;
Subsisteme subordonate	- subsistemul de monitoring; - subsistemul de laborator; - sistemul de management al informațiilor;
Controlul și asigurarea calității datelor	- controlul calității datelor; - controlul calității analitice;
Beneficiari	- Regionale de Ape; Regionale de mediu;

### ➤ Organizarea și procesarea datelor de monitoring

Un model de monitoring al mediului constă în 14 elemente legate între ele pentru obținerea de date, respectiv informații:

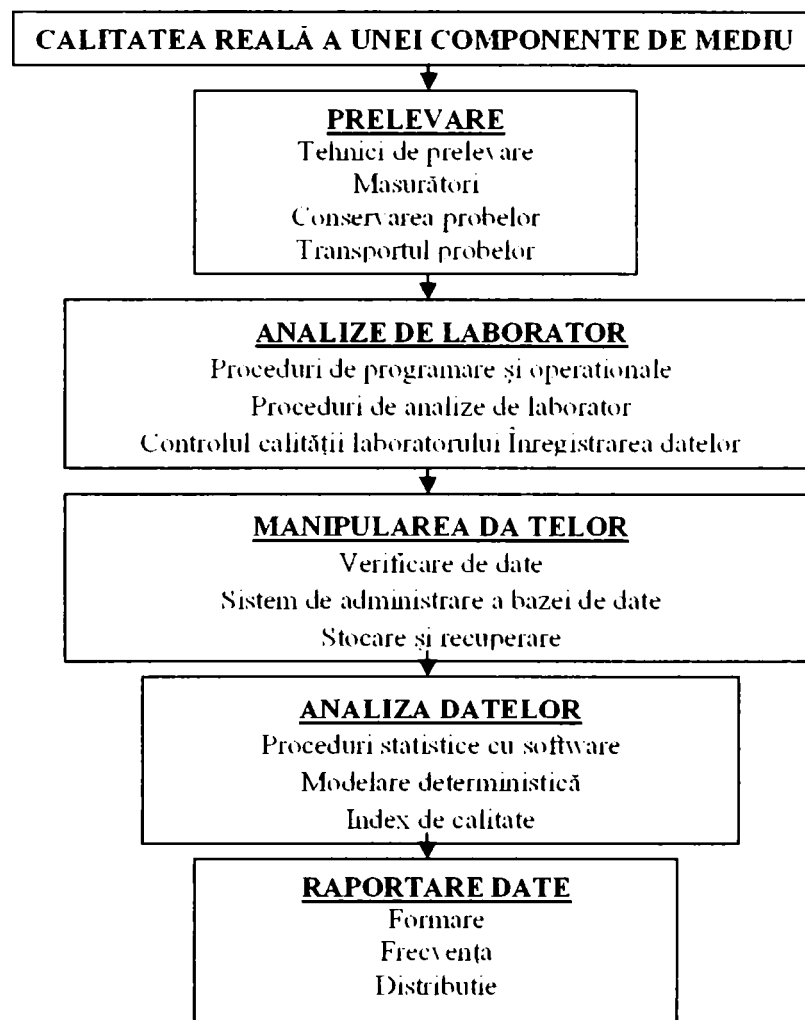
- |                                |  |
|--------------------------------|--|
| 1 - proiectare (reproiectare); | 6 - analize de laborator;                    |
| 2 - plan de lucru;             | 7 - transmitere de date;                     |
| 3 - protocoale;                | 8 - stocare date și arhivare;                |
| 4 - preparare lucrări;         | 9 - analize statistice, obținere informații; |
| 5 - recunoașteri pe teren;     | 10 - raportări.                              |

Fiecare din aceste etape se înscrie într-o procedură proprie de asigurare a calității (QA/Qc) conform unor protocoale stabilite inițial, [5], [78].

### ➤ Elemente componente și de flux informațional

Restrângând problema la o componentă de mediu, modul de obținere a informației privind calitatea apei este redat în schema 2.1.

De menționat că în etapa actuală există elemente standardizate sau reglementate, elemente în curs de standardizare și reglementare în toate componentele fluxului, dar toate acestea trebuie analizate critic, completate și interconectate.



Schema 2. Calitatea apei ca parte integrată a componentei de mediu, [65].

➤ **Scopul dezvoltării sistemului**

Scopul dezvoltării sistemului costă în obținerea de date și informații necesare în luarea deciziilor în domeniul gospodăririi apelor.

➤ **Etape de management a datelor**

- ✓ Validarea datelor ;
- ✓ Analiza, interpretarea și transformarea datelor în informații ;
- ✓ Elaborarea de rapoarte pentru utilizatori (factori de decizie, evaluări asupra activității manageriale) ;
- ✓ Stocarea datelor pentru utilizări ulterioare ;
- ✓ Schimb de date/informații la nivel local / național / internațional.

✓ **Validarea datelor**

Validarea datelor constituie o parte a manipulării datelor, ea având la bază:

- (1) detectarea valorilor ce nu se înscriu în ecarturile anticipate, a valorilor pierdute și în general a greșelilor,
- (2) verificarea închiderilor de balanțe (balanța ionică);
- (3) analiza de incompatibilități în mediul acvatic;
- (4) analiza de intercorelații .

✓ **Analiza și interpretarea datelor**

Procedeele de analiză și interpretare a datelor au la bază următoarele obiectivele de monitorizare, respectiv:

- (1) caracterizarea evoluției în timp și spațiu a calității apei;
- (2) evaluarea debitelor masice tranzitate;
- (3) stabilirea modului de încadrare în criterii și obiective de calitate.

✓ **Prezentarea datelor și informațiilor**

Aceasta constituie partea finală de procesare, ea incluzând comparații , prelucrări statistice, detectori de tendințe, calcule de încărcări etc., apelându-se în acest sens la următoarele forme de prezentare:

- tabele cu datele măsurate;
- valori statistice primare (maxime, medii, minime, percentile) și distribuția lor spațio-temporală;
- grafice: serii de timp, variații sezoniere, corelații interparametrice, comparații spațio-temporale.

✓ **Stocarea datelor**

În vederea folosirii ulterioare a datelor acestea trebuie stocate într-o manieră care să asigure

accesul și complectarea periodică. În general se stochează următoarele elemente de bază.

**a) locul de prelevare**

- coordonate geografice;
- numele cursului de apă;
- bazin hidrografic (sub-bazin);
- județ, municipalitate etc.;
- tipul apei (râu, lac, efluent etc.).

**b) informații asupra probei**

- locul de prelevare;
- data și ora recoltării;
- mediul prelevat (apă, materii în suspensie, sedimente etc.);
- tipul probei: instantanee, compusă ;
- metoda/tipul aparatului de prelevare;
- adâncimea de la care s-a recoltat proba;
- metoda de fixare/conservare;
- titrări prealabile (filtrare, centrifugare, extracție etc.);
- numele persoanei ce a recoltat proba;
- proiect;
- la sedimente: origine (vechime).

**c) rezultatele măsurătorilor**

- variabile măsurate;
- unde s-au pomit determinările (*in situ*, pe teren, în laborator);
- metoda analitică utilizată, echipament folosit;
- rezultate obținute, inclusiv unități de exprimare.

✓ **Elemente specifice de întreținere și protocol**

În această categorie trebuiesc considerate:

(a) măsurile de protecție a bazei de date (virusări) și de întreținere periodică a acesteia ;

(b) condiții de distribuire selectivă a informațiilor în conformitate cu protocoalele stabilite inițial cu utilizatorii.

➤ **Arii sectoriale investigate.**

În conformitate cu procedura practică pe plan mondial măsurătorile sistematice se efectuează la circa 7 arii de investigație, respectiv:

- meteorologie/climă;
- aer (emisii/ emisii/fond/ precipitații);
- apă (râuri, lacuri, ape subterane, ape uzate, ape maritime);
- activități antropice (industrie, transport, agricultură, populație);
- fauna/flora acvatică (ecologie acvatică);

- sănătate publică;
- resurse naturale, zone umede, biodiversitate.

### ➤ **Subsisteme subordonate**

Indiferent de aria de investigație, la nivel integrat cât și sectorial, pe plan mondial se diferențiază trei subsisteme subordonate:

- a) subsistem de monitoring;
- b) subsistem de laborator;
- c) subsistem de management de informații.

Această structură este aplicată cu caracter experimental în România din anul 1993, atât la Programul de Monitoring Integrat, cât și prin Programul de Mediu al bazinului hidrografic al Dunării.

**a) Subsistemul de monitoring.** În esență acesta are în vedere proiectarea și ținerea la zi a rețelelor de supraveghere, specifice din punct de vedere tehnic fiecărei arii de investigație :

- densitate;
- frecvența de supraveghere;
- medii de investigație;
- parametri urmăriți;
- structură stații;
- procedee de recoltare probe și analize de teren.

**b) Subsistemul de laborator.** Aceasta asigură circuitul și activitățile necesare obținerii de informații respectiv:

- prelucrarea prealabilă a probelor,
- analize (fizico-chimice, biochimice, radiochimice etc.),
- validare date și prelucrare statistică primară.

Asigurarea condițiilor de calitate a datelor analitice subsistemul de laborator are o structură piramidală fiind format din:

- Laboratoare Naționale de Referință pentru fiecare componenți de mediu cuprinse de regulă în rețelele transnaționale de monitoring și care au în esență rolul de elaborare de standarde de analiză (armonizate cu cele practicate pe plan mondial) și asigurarea implementării la nivel național al urmării sistemului de calitate al datelor (QA/AQA/QC/GLP) ;
- Laboratoare de specialitate regionale (rol de sinteza);
- Laboratoare de bază locale (rol operativ).

**c) Sistemul de management al informațiilor.** Aceasta are ca principale activități:

- Agregarea și integrarea datelor;
- Intercorelarea cauza/efecte intersectoriale;

- Realizarea și dezvoltarea bazelor de date proprii sectorului;
- Schimb internațional de informații.

➤ **Controlul și asigurarea calității datelor analitice**

Sistemul de calitate al datelor analitice, respectiv Asigurarea Calității și Controlul Calității se reflectă în toate etapele unui program de monitoring începând cu recoltarea probelor și terminând cu prelucrarea/diseminarea datelor, respectiv informațiilor, [5], [78], [82].

În cele ce urmează se vor puncta succint elemente de bază legate de QA/AQC.

✓ **Controlul calității datelor**

Trei elemente sunt considerate în cadrul acestui proces:

- (1) manipularea datelor;
- (2) detectarea datelor intrate incorect ;
- (3) limite de detecție și valori pierdute.

▶ **Manipularea datelor.** Prima fază în asigurarea calității datelor colectate o reprezintă asigurarea unui format de stocare potrivit care să permită accesul la detalii relevante privitoare la probe (data și timpul de recoltare, locul etc.) pe această cale făcându-se și o primă analiză a posibilelor erori de intrare.

A doua cerință, alături de formatul de date o constituie notarea tuturor informațiilor privitoare la proba prelevată de la început, ulterior fiind practic imposibil de a adăugat retrospectiv informații pierdute, element important la validarea datelor.

În vederea prevenirii erorilor cauzate de transferul de date de la un utilizator la altul este necesar a se adopta un format universal de transfer (de exemplu ASCII).

▶ **Detectarea datelor intrate incorect.** Modul cel mai simplu de verificare al datelor de intrare o constituie identificarea valorilor ce nu se înscriu în domeniul anticipat.

Pentru date determinate, valorile care depășesc de trei ori deviația standard față de valoarea medie pot fi considerate drept posibile identificări de *probe greșite*.

O modalitate similară o constituie înlăturarea valorilor maxime și minime într-o anumită proporție (p w 1 % de exemplu).

De multe ori datele *greșite* sunt înregistrate la pornirea sau încheierea unui program de monitoring.

Controlul statistic este cel mai indicat pentru verificarea calității analitice.

▶ **Limite de detecție analitică și valori pierdute.** De la început trebuie specificată modalitatea de marcare a datelor ce nu se înscriu în limita de detecție .

▶ **Controlul calității analitice (AQC)**

Termenul de AQC este utilizat pentru a descrie procedurile adoptate în vederea asigurării de măsurători analitice adecvate atingerii scopurilor propuse, fiind principala componentă a sistemului de asigurare a calității.



► Etape aferente.

Următoarele etape secvențiale trebuie considerate la analizele de rutină:

- a) adoptarea de standarde de analiză cu performanțe analitice clare pentru determinarea compusului urmărit (erori, domenii de concentrație, detalii procedurale);
- b) estimarea deviației standard totale la nivelul laboratorului pentru componentul urmărit la nivele de concentrații și matrici reprezentative probelor ce urmează a fi analizate;
- c) aprecierea regăsirii prin tehnica adaosului cunoscut la probe cu matrici corespunzătoare celei de analizat;
- d) elaborarea unei documentații pentru AQC de rutină (grafice de control) în care să se specifice măsurile de remediere luate;
- e) participarea în paralel la programe externe de intercomparare a datelor cu alte laboratoare.

2.2.1.3 Structura sistemului informațional

Structura sistemului este de tip iterativ care presupune patru faze de proiectare, figura 2.1 :

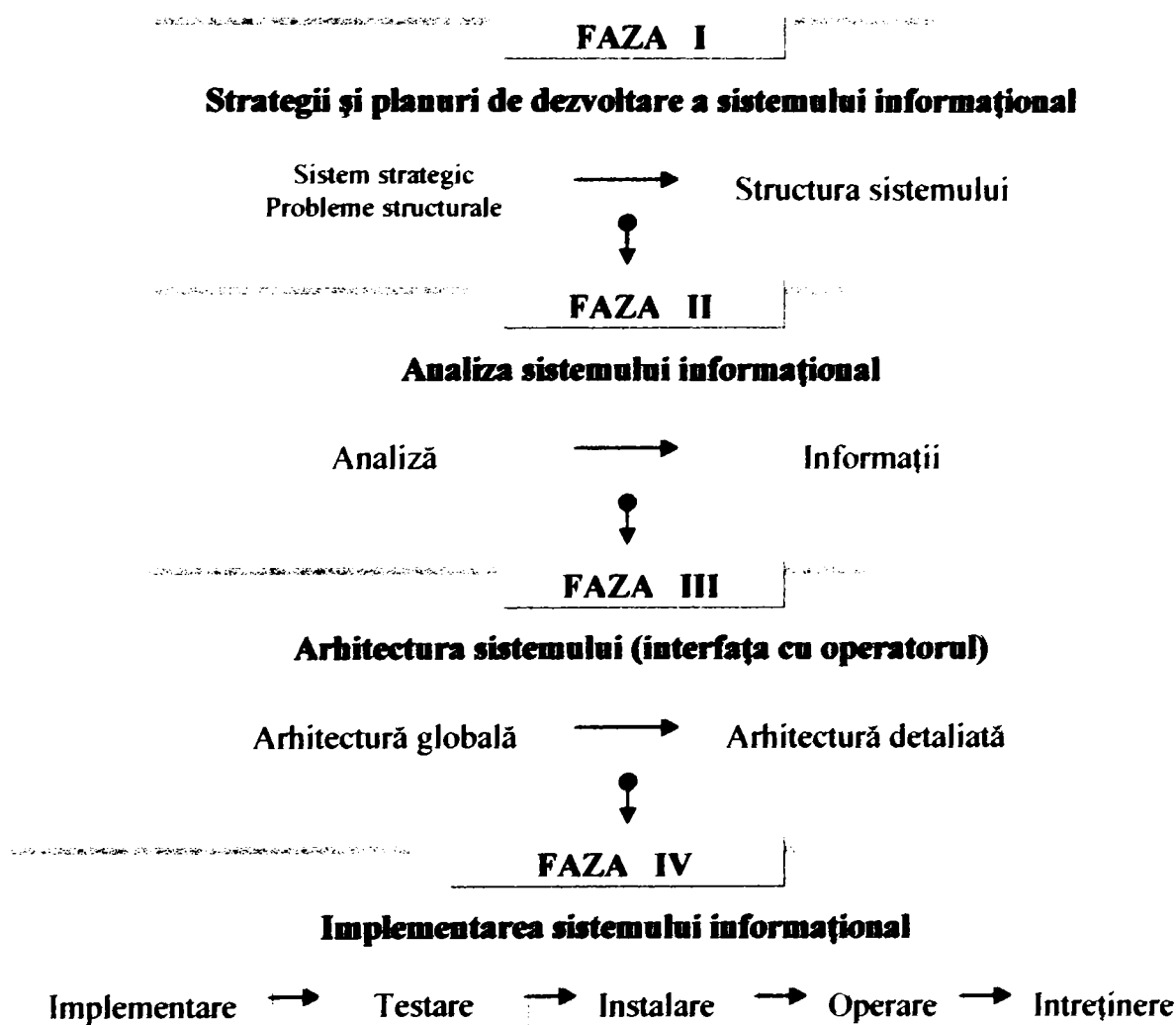


Figura 2.1 Structura sistemului informațional

### **FAZA I Strategii și planuri de dezvoltare a sistemului informațional**

Dezvoltarea de strategii și planuri în vederea realizării unui sistem informațional presupune un efort deosebit în ceea ce privește cercetarea și strângerea de informații de ordin tehnic, geografic, ecologic și social.

#### **Obiective operaționale :**

- stabilirea metodologiilor pentru probleme structurale;
- discuții cu beneficiarii;
- stabilirea costurilor proiectului ;
- conceperea unui algoritm de programare (alegerea unui soft specializat);
- definirea țințelor propuse pentru sistem și structură.

### **FAZA II Analiza sistemului informațional**

#### **Obiective operaționale :**

- studierea detaliată a cerințelor utilizatorului;
- studierea cadrului legislativ;
- descrierea tipurilor de informații de care au nevoie utilizatorii în perspectivă;
- descrierea funcționării sistemului;
- structurarea datelor sub formă de tabele, grafice, imagini, rapoarte, bază de date;
- urmărirea calității datelor și înlăturarea erorilor de măsurare și citire.

### **FAZA III Arhitectura sistemului (interfața cu operatorul)**

#### **Obiective operaționale :**

- modelarea matematică a proceselor care urmează a fi monitorizate;
- dezvoltarea de algoritmi și scheme logice;
- stabilirea unor relații de legătură între tabelele bazei de date;
- realizarea unei interfețe grafice interactive și ușor accesibilă a operatorului;
- dezvoltarea unui sistem expert pentru prevenirea situațiilor de avarie;

### **FAZA IV Implementarea sistemului informațional**

#### **Obiective operaționale :**

- discuții teoretice pe fondul unui model în care sistemul este tratat la nivel de analiză;
- amplasarea sistemului pilot în faza de testare având în vedere înlăturarea propagării erorilor ;
- instalarea sistemului în fază de exploatare;

- se identifică orice problemă de monitoring asociată cu colectarea și analiza probelor, stocarea, diseminarea și interpretarea datelor, raportarea informațiilor ;
- prezentarea rezultatelor obținute în vederea implementării sistemului informațional;
- specificarea resurselor software și hardware utilizate;
- se evaluează toate costurile și se compară cu cel anticipat;
- se utilizează rezultatele evaluării programului de monitoring pentru identificarea necesităților curente și de viitor.

### **2.2.2 Sistemul de Monitoring Integrat al Apelor din România în conformitate cu cerințele Directivei Cadru UE în domeniul apei.**

În domeniul calității apei, în ceea ce privește implementarea Directivei Cadru a Apei 2000/60/CE, a fost finalizată proiectarea noului sistem național de monitoring integrat al apelor în conformitate cu prevederile Directivelor Europene, la nivelul tuturor bazinelor hidrografice din România. Noul sistem de monitoring este inclus în Manualul pentru modernizarea și dezvoltarea Sistemului de Monitoring Integrat al Apelor din România (SMIAR) aprobat prin OM MMGA 31/13.01.2006. În comparație cu sistemul anterior de monitoring, noul sistem abordează și integrează noi medii de investigare, cuprinzând 7.231 secțiuni fata de cele 5.999 existente în prezent. Monitorizarea stării apelor se va realiza prin cele 41 de laboratoare specializate (regionale, bazinale și locale) în executarea analizelor fizico-chimice și biologice din rețeaua Administrației Naționale “Apele Romane”.

Administrația Națională “Apele Romane” are sarcina de colectare, actualizare a informațiilor în cadrul sistemului informatic pentru management în domeniul apei la nivel național și întreținerea bazei de date. Acest proiect are ca scop îmbunătățirea sistemului informatic existent, în conformitate cu cerințele Directivei Cadru UE, [50], [65], [78], [79], [82].

Proiectul are 4 obiective principale :

**Obiectiv 1:** Dezvoltarea și îmbunătățirea bazei de date actuale;

**Obiectiv 2:** Stabilirea unui program pentru informarea și participarea publicului în procesul luării de decizii ;

**Obiectiv 3:** Furnizarea unei structuri organizaționale în vederea coordonării informației globale produse la nivel național, internațional, local și bazinal;

**Obiectiv 4:** Realizarea unui sistem pentru schimbul de date între unități specializate și utilizatori

Pentru realizarea acestor obiective se vor urmări 3 direcții principale :

- Dezvoltarea sistemului informatic de management al apei (WIMS)
- Întărirea structurii organizatorice
- Participarea publicului și diseminarea informațiilor

WIMS va fi o baza de date geo-referențiată care va integra datele din sistemul actual într-o baza de date unica și coerentă, în conformitate cu cerințele Directivei Cadru UE. În plus, se va dezvolta o baza de date cu meta informații. [105]

WIMS va constitui baza pentru portalul WEB care va deservi diverse grupuri țintă pentru diseminarea informațiilor publice. Un sistem informatic poate lucra corect numai dacă este bine integrat în structura organizatorică existentă pentru utilizatorii finali. De aceea, proiectul va începe cu un inventar al situației actuale. Bazat pe această analiză, proiectul va face recomandări pentru îmbunătățirea structurii organizatorice.

A treia direcție o reprezintă participarea publicului și diseminarea informațiilor. În mod evident, există o puternică legătură între structura WIMS și tipul de informații necesare diferitelor tipuri de utilizatori finali. De aceea identificarea principalelor părți interesate și grupuri țintă este foarte importantă.

În prezent, în domeniul gospodăririi apelor din România există 3 fluxuri principale de date :

- Orizontal – schimburi de date între departamentele ANAR sau schimburi între departamente unei direcții teritoriale;
- Vertical - schimburi de date între diverse niveluri, inclusiv schimburi de date între ANAR și minister;
- Extern – schimburi de date cu alte instituții;

Există 4 nivele pentru colectarea, stocarea și transmiterea datelor. Utilizatorii finali ai WIMS trebuie identificați la aceste nivele.

Alături de această structură internă există multe proiecte paralele realizate cu alți proiectanți.

## **2.2.3 Sistem automat de monitorizare a unui bazinului hidrografic**

Sistemul automat de monitoring a calității apei care va fi descris în cele ce urmează se află în Administrația Apelor Române – Direcția Someș Tisa și este în faza de testare a aparaturii și a programelor aferente sistemului, [50], [68], [71], [103], [105].

### **2.2.3.1 Obiectivele sistemului informatic**

1. Urmărirea calității apelor de suprafață și a apelor subterane, reprezintă un obiectiv de primă prioritate. Acesta este realizat în prezent prin intermediul sistemelor automate moderne de achiziție de date din punctele de interes amplasate în arealul bazinului hidrografic, de la stații hidrometrice și din puțuri de foraj în pânza freatică, utilizându-se modele matematice și statistice specifice, echipamente tehnologice moderne – radare meteorologice– prelucrarea informațiilor achiziționate și stocarea rezultatelor în baze de date create și implementate la sediul dispeceratului bazinului hidrografic.

2. Elaborarea prognozelor hidrologice corecte, prin urmărirea în timp real a evoluției parametrilor bazinelor hidrologice având drept scop mărirea timpului de intervenție eficientă pentru reducerea și înlăturarea efectelor dezastruoase în situații limită cum ar fi : inundații, căderi masive și în timp scurt de precipitații lichide sau ninsori abundente, formarea undelor de viituri precum și în situații de contaminare a apelor de suprafață sau din straturile freatice cu substanțe nocive, deversate în râuri și pe terenuri agricole și forestiere.

3. Mărimi măsurate:

- Nivelul apei în albia râului sau în puțurile de foraj
- Precipitații lichide
- Temperatura aerului
- Indicatori de calitatea apelor

### 2.2.3.2 Arhitectura sistemului informatic de monitorizare

Sistem automat de monitorizare al bazinului hidrografic Smeșul Mic, este un sistem distribuit pe mai multe nivele, comunicarea între nivele este prezentată schematic în Figura .2.2.

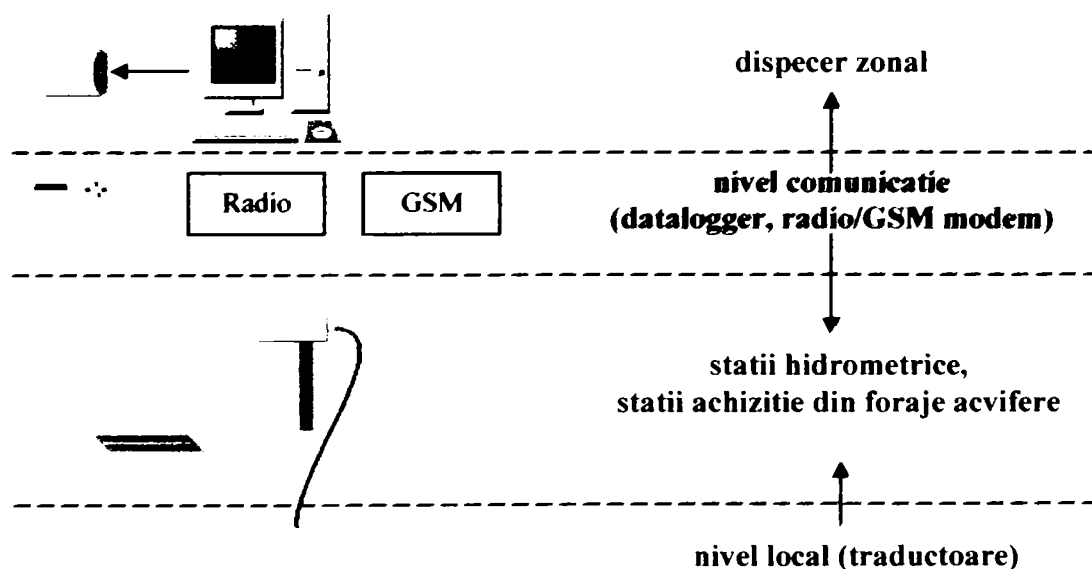


Figura2.2: arhitectura sistemului

### 2.2.3.3 Descrierea sistemului

Din punct de vedere structural, au fost stabilite următoarele nivele ierarhice:

- **nivelul local** – compus din totalitatea senzorilor și traductoarelor amplasate în punctele de măsură;

- **nivelul stațiilor hidrometrice, a posturilor pluviometrice și a puțurilor de foraj** – pentru urmărirea parametrilor bazinului (nivele, temperatura, precipitații și calitatea apelor);
- **nivelul comunicație** – realizat din elementele care participă la transferul datelor, între stațiile locale și dispecerul central (modemuri, stații radio, GSM), precum și din stații mobile de colectare și înmagazinare a datelor (dataloggere);
- **nivelul central** – amplasat la dispecerul zonal din bazinul hidrografic.

▶ **nivel local**

- Traductor pentru nivelul apei
- Traductorul de pH
- Traductor de conductivitate
- Traductor de oxigen dizolvat
- Traductorul de presiune barometrică
- Traductorul de umiditate
- Traductorul de temperatură
- Traductor pentru cantitatea de precipitații

▶ **nivel stații**

Stațiile de achiziție a datelor din componenta sistemului sunt reprezentate din totalitatea echipamentelor cu care sunt dotate punctele de măsură a parametrilor hidrologici ai bazinului. După complexitatea și numărul de parametri achiziționați din fiecare punct de măsură, în cadrul sistemului avem următoarele tipuri de stații.

- Stația de achiziție hidrometrica - S1
- Stație pluviometrică - S2
- Stație achiziție date din puțuri - S3
- Stație de configurare / descărcare date - S4

⇒ Stație de achiziție hidrometrica -S1

- Automat programabil Simatic
- Sursa alimentare
- Interfața operator
- Modem comunicație

⇒ Stație pluviometrica - S2

- Senzori de nivel
- Senzori de temperatură
- Senzori pentru precipitații

⇒ Stație achiziție date din puțuri - S3

Bloc stație

Acumulatori

Conectori pentru traductori și comunicație

⇒ Stație de configurare / descărcare date - S4

Blocul unitate centrala

Blocul de afișare

Blocul de configurare

▶ **nivel comunicație**

- modemuri și stații radio sau transmisie GSM;
- stații mobile de colectare, înmagazinare și transfer a datelor din punctele de achiziție la dispecerul central.

### **2.2.3.4 Programele de achiziție și comunicație**

▶ **nivel central (dispecer)**

- pachetul de programe este realizat sub mediul LabWindows/CVI 5.5

- funcțiile pachetului de programe

configurare

selectare

vizualizare

- generare baza de date

- structura de date (Microsoft SQL Server 2000)

bazine

subbazine

dispecerate bazinale

dispecerate județene

puncte achiziție date

râuri

- grupuri foraje

foraje

stații

analize chimism

nivel foraje

▶ **nivel local**

- *Programul aferent stațiilor de achiziție S1* (posturile pluviometrice din subbazin) și *S2* (stațiile hidrometrice din subbazin) ;
  - *Programul aferent stației de achiziție S3* (puțurile freatice pentru măsurarea nivelelor pânzei freatice și calitatea apei în acestea).
- ▶ **nivel comunicație**
- *Programul aferent datalogger-ului portabil de descărcare manuala date (S4);*
  - *Modulele de comunicație de la dispecer și stații.*

## **2.2.4 Exploatare lacurilor de acumulare**

Pentru controlul exploatării acumulărilor vor fi prezentate un grup de aparate de măsurare și control folosite în exploatarea lacurilor de acumulare complexe care vizează măsurarea înălțimii unei coloane de lichid, teletransmisia variației nivelului apei, determinarea gradului de colmatare, indicarea caracteristicilor curenților de aer, măsurarea nivelului apei, [10],[72].

### **2.2.4.1 Noțiuni de bază privind exploatare lacurilor de acumulare**

Lacurile de acumulare sunt construite pentru satisfacerea cerințelor de apă pentru producerea energiei electrice, transport, pentru lucrări de hidroameliorații ale terenurilor agricole, pentru alimentarea cu apă a centrelor populate și a zonelor industriale. De asemenea au și rol de atenuare a viiturilor, pentru folosințe piscicole, activități sportive, sanitare etc.

Cerințele de apă ale utilizatorilor se pot satisface în principal în patru moduri:

*A. pe baza de declarații inițiale*, în acest caz beneficiarii indică de la început cerința de apă pentru acoperirea cerințelor declarate.

În varianta de *regim de exploatare independent* se stabilește debitul defluent din secțiunea lucrărilor de gospodărire a apelor independent de starea sistemului sau de starea hidrologică a bazinului. Se poate utiliza acest regim fără a exista un sistem informațional și se poate aplica în situațiile următoare:

- dacă sistemul de exploatare nu este dotat cu echipament de transmitere a informațiilor;
- dacă sistemul nu are funcția de a deservi anumite cerințe de apă pe sectorul de râu situat imediat aval de baraj.

*Regimul de exploatare determinat exclusiv de starea lucrării de gospodărire a apelor* constă în stabilirea defluxului din secțiunea lucrărilor de acumulare, exclusiv pe baza volumului acumulat în lac. Se poate aplica în situațiile următoare:

- dacă sistemul de exploatare nu este dotat cu echipament de transmitere a informațiilor necesar adoptării unui regim de exploatare mai complex;



- dacă sistemul are funcția de a deservi pe baza declarațiilor inițiale anumite cerințe de apă pe sectorul de râu situat aval de baraj.

**Regimul de exploatare determinat exclusiv de starea hidrologică a bazinului constă în** stabilirea debitului defluent din secțiunea lucrărilor de acumulare și derivare exclusiv pe baza debitului afluent în diferite secțiuni determinate din bazin. Prin acest regim este permisă exploatarea lucrărilor

în situația în care:

-sistemul de exploatare este dotat numai cu echipament de transmitere a informațiilor cu privire la starea hidrologică a bazinului fără a dispune de sistem informațional cu privire la folosințele de apă;

- lucrarea de acumulare sau de derivație, funcționând în regim de compensare, are rolul de a deservi pe bază de declarații inițiale anumite cerințe de apă pe un curs de apă principal situat în aval de confluența cu râul pe care se află lucrarea de gospodărire a apelor, în situația în care folosințele nu impun introducerea unui sistem de exploatare diferențiat pe trepte de satisfacere.

**Regimul de exploatare determinat simultan de starea lucrării de gospodărire a apelor și de starea hidrologică a bazinului** constă în stabilirea defluxului din secțiunea lucrărilor de acumulare atât pe baza volumelor acumulate cât și pe baza afluxurilor în diferite secțiuni determinate din bazin. Este cel mai riguros mod de exploatare a lucrărilor de gospodărire a apelor deserving un întreg bazin hidrografic.

#### **B. pe baza exploatării la cerere**

Regimurile de exploatare la cerere sunt similare celor pe baza de declarații inițiale, apărând în fiecare din legile respective ca parametru suplimentar cerința de apă instantanee a folosințelor.

La cerere se disting următoarele regimuri de exploatare:

- regimul de exploatare de terminat exclusiv de cerința;

- regimul de exploatare determinat de starea lucrărilor de gospodărire a apelor și de cerință;

- regimul de exploatare determinat de cerința și de starea hidrologică a bazinului în secțiunea caracteristică;

- regimul de exploatare determinat de cerință, de starea hidrologică a bazinului și de starea lucrărilor de gospodărire a apelor.

**C. pe baza regimurile mixte.** Se pot utiliza și regimuri mixte în care unele folosințe sunt satisfăcute la cerere, iar altele pe baza declarațiilor inițiale. Se pot aplica când există un număr redus de folosințe determinate în cadrul sistemului la care se prevede realizarea sistemului informațional cu privire la cerințe și un număr mare de folosințe mici.

**D. pe baza regimului de exploatare a acumulărilor cu folosințe complexe**

Acest regim poate pune următoarele probleme, elementele analizate jucând rolul de obiective

sau de restricții:

- optimizarea volumului util al acumulării pentru o regulă de exploatare dată și un anumit nivel al dezvoltării folosințelor;

- optimizarea nivelului de dezvoltare a folosințelor pentru un anumit volum util dat, cu o regulă de exploatare cunoscută;

- optimizarea regulii de exploatare la un volum util și o dezvoltare a folosințelor cunoscute.

În cadrul acțiunilor de asigurare a folosințelor și de apărare împotriva inundațiilor, lacurile de acumulare sunt foarte importante, regulamentul de exploatare al lacului devenind un instrument care poate oferi soluții privind viteza de umplere și de golire admisibile, limitele admisibile ale parametrilor măsurați la aparate de măsurare și control pentru controlul comportării construcțiilor, alte restricții specifice tipului de baraj și naturii geologice ale fundațiilor și versanților cât și dispozitivelor hidromecanice.

**2.2.4.2 Automatizarea construcțiilor hidrotehnice**

Factorii de risc de natură hidrologică, geologică, de proiectare și de execuție cât și cei de exploatare sunt o realitate dovedită de distrugerea a 2% din barajele existente în lume și avarierea gravă a circa 6% conform statisticilor I.C.O.L.D. (Internațional Commission of the Large Damms).

Pentru diminuarea riscurilor și evitarea distrugerilor barajelor și a construcțiilor anexă este necesară supravegherea permanentă a comportării în timp a acestor construcții. Supravegherea se face atât vizual cât și prin aparatura de măsurare și control.

Aceste aparate urmăresc comportarea corpului barajului dar se extind și asupra fundației și versanților care conlucrează cu barajul. Frecvența observațiilor este stabilită inițial de proiectant și apoi de personalul de exploatare specializat.

**Examinarea vizuală** se extinde asupra întregii lucrări și asupra tuturor fenomenelor legate de stabilitatea acesteia. Se efectuează observații asupra paramentelor, a drenurilor, prizelor de apă, pereților galeriilor de vizitare, a fundației, pe versanți și pe conturul acumulării. Se evidențiază fisurile, deschiderea rosturilor, infiltrațiile, deplasările de materiale, eroziunile, desprinderile, tasările etc.

**Măsurătorile microtopografice** au ca scop evidențierea deplasărilor ce apar ca urmare a vibrațiilor sezoniere de temperatură și a variațiilor de nivel din lac. Se realizează astfel un sistem de referință cu reperi fixați în afara zonei de influență a construcției, care se urmăresc în raport cu reperi fixați pe construcție. Măsurătorile de microtriangulație se efectuează cu frecvență mai mare în prima perioadă după punerea în funcțiune, apoi se fac observații periodice.

**Aparatura de măsurare și control în baraj, fundație și versanți**

Aparatura de măsurare și control se amplasează simultan cu construcția barajului, pentru unele dintre ele pozarea ulterioară fiind imposibilă. Principalele categorii utilizate sunt:

- aparatura piezometrică pentru urmărirea infiltrațiilor din corpul barajului din materiale locale și a subpresiunii apei pe fundația barajelor din beton; inclinometrele fixe sau portabile, destinate măsurării deplasărilor pe orizontală;

- pendulele simple directe și inverse destinate determinării deformațiilor pe verticală a barajelor din beton;

- deformetrul simplu și cu teletransmisie destinat măsurării deformațiilor în punctele critice;

- rocmetrele destinate urmării deformării apărute în roca de bază, pe versanți și la interfața cu construcția hidrotehnică respectivă;

- seismografele, destinate urmării mișcărilor seismice din zona construcției de natura tectonică sau ca urmare a seismicității induse de marile acumulări.

Aceste aparate pot fi dotate cu senzori pentru urmărirea continuă a parametrilor și transmiterea lor la distanță, [10], [83], [72],[120].

#### **2.2.4.3 Sistemul informațional-decizional în exploatarea lacurilor de acumulare**

„Sistemul Informațional al Apelor” reprezintă totalitatea mijloacelor de culegere, vehiculare, prelucrare și verificare decizională a informațiilor din domeniul apelor, precum și a programelor aferente.

Aspectele legate de procesul informațional folosit în dispeceratele apelor cu referiri concrete la exploatarea lacurilor de acumulare vor fi tratate pe mai multe secțiuni :

##### ***A. Analiza sistemului informațional al apelor***

Ca urmare a creșterii cerințelor de apă, a apărut necesitatea realizării de amenajări hidrotehnice tot mai complexe, în special lacuri de acumulare, pentru reținerea unor volume de apă din perioadele de viituri și redistribuirea lor în perioadele secetoase, ca și transferuri de debit între bazine hidrografice, transportul apei la distanță prin canale, galerii și conducte, etc., lucrări dificile și foarte costisitoare. Din punctul de vedere al balanței cantitative ale apei, România este una din țările relativ sărace în resurse de apă, chiar și în raport cu alte țări europene, Europa fiind de altfel una din zonele globului cu cele mai bogate resurse de apă.

Țara noastră dispune de trei resurse de baza de apă: Dunărea, apele subterane și rețeaua de râuri interioare.

O altă resursă de apă o reprezintă depozitele de apă subterană ce sunt evaluate la circa 8 mld. m<sup>3</sup>/an. Utilizabile din punct de vedere tehnic și economic sunt circa 4,5 mld m<sup>3</sup>/an. În momentul de față se prelevă din subteran circa 2,5 mld m<sup>3</sup>.

Principala sursă de apă o reprezintă însă pentru țara noastră râurile interioare. Volumul total de apă tranzitată pe acestea este de circa 37 mld. m<sup>3</sup>.

Dificultatea principală în utilizarea acestora o reprezintă distribuția neuniformă a cursurilor de apă în spațiu și a debitelor lor în timp, iar cea mai mare dificultate o prezintă regimul debitelor (viituri puternice primăvara însoțite de inundații - suprafață inundabilă fiind de circa 3 mil ha - în timp ce perioade îndelungate de timp din an se înregistrează debite foarte mici). Raportul debite minime /debite maxime este de 1/200, 1/1000 și chiar 1/2000. De aceea, în regim natural resursa asigură doar circa 5 mld. m<sup>3</sup>.

Cerințele de apă pentru țara noastră oscilează în jurul valorii de 20 mld. m<sup>3</sup>. Din acest volum total, cel de apă prelevat din râurile interioare reprezintă 11,5 mld. m<sup>3</sup>, adică de peste două ori potențialul natural al acestei surse. Acest lucru este posibil pe de o parte ca urmare a utilizării repetate a apei pe cursul unui râu și pe de altă parte lucrărilor hidrotehnice executate, în special lacuri de acumulare, care însumează peste 6 mld. m<sup>3</sup>.

Lucrările hidrotehnice destinate asigurării necesarului de apă sunt lucrări interdependente cu alte lucrări și fenomene din bazinele hidrografice. Coordonarea lor unitară este o latură a echilibrului necesar al diferiților factori de mediu, a căror ignorare poate avea multiple efecte negative. Astfel lipsa corelărilor necesare, devansarea lucrărilor de îndiguire, față de cele de atenuare a viiturilor, poate amplifica inundațiile și efectele lor în zonele din aval.

Un alt aspect foarte serios este nerealizarea lucrărilor de combatere a eroziunii solului, de atenuare a torenților, de împăduriri și protecție sau din contră defrișări, nerespectarea regulilor agrotehnice pe pante, ceea ce contribuie la amplificarea debitelor solide și deci a colmatării albiilor și mai ales a lacurilor de acumulare.

Un fenomen foarte grav, care pune probleme dificile în domeniul gospodăririi apelor este procesul de poluare a cursurilor de apă, prin evacuarea unor cantități tot mai mari de ape uzate industriale, comunale sau de la complexe zootehnice, fenomen ce afectează și balanțele cantitative, prin compromiterea calității surselor de apă, pentru că pe cursurile de apă au loc prelevări consecutive, din amonte spre aval.

În contextul complex al satisfacerii cerințelor de apă un rol deosebit îl are activitatea de exploatare a sistemelor existente de gospodărire a apelor. O exploatare judicioasă, pe principii moderne a acumulărilor existente putând asigura atât satisfacerea cerințelor consumatorilor pe tot parcursul anului cât și o protecție corespunzătoare a zonelor din aval împotriva efectelor distructive ale inundațiilor.

### ***B. Sistemul informațional-decizional al dispeceratelor de gospodărire a apelor***

#### **Obiective generale:**

- urmărirea și supravegherea parametrilor hidro-meteorologici ce pot influența direct exploatarea lucrărilor hidrotehnice sau siguranța zonelor riverane;

- urmărirea și supravegherea regimului de exploatare a sistemelor hidrotehnice și a acumulărilor în concordanță cu situația hidro-meteorologică, cu starea folosințelor de apă, cu activitățile complexe de apărare împotriva inundațiilor și în conformitate cu modalitățile de exploatare prestabilite sau coordonate la nivel ierarhic superior;

- informarea, avertizarea și alarmarea factorilor de decizie, asupra fenomenelor hidro-meteorologice periculoase, asupra incidentelor și accidentelor la lucrările hidrotehnice, etc.;

- urmărirea modului de funcționare a captărilor și evacuărilor de apă ale folosințelor cu rol determinat în gospodărirea apelor;

- urmărirea și prevenirea folosințelor în cazul de insuficiență a debitelor;

- dirijarea și sincronizarea acțiunilor complexe de apărare împotriva efectelor distructive ale apelor mari;

- verificarea regimului de prelevare a debitelor în cazurile de secetă, în conformitate cu planurile prestabilite de restricționare și limitare a alimentărilor de apă a folosințelor;

#### **Funcțiile tehnice ale dispeceratelor de gospodărire a apelor:**

- colectarea informațiilor;

- validarea informațiilor;

- interpretarea informațiilor și luarea deciziilor;

- urmărirea execuției deciziilor și controlul efectelor acestora.

#### **Organizarea teritorială a dispeceratelor**

Necesitatea supravegherii permanente și a exploatării lucrărilor hidrotehnice cât și necesitatea urmării fenomenelor meteorologice au determinat crearea unui sistem informațional.

Serviciile, parte componentă a C.N. Apele Române, care se ocupa cu activitățile menționate anterior se numesc Dispecerate de gospodărire a apelor.

Organizarea teritorială a dispeceratelor, se realizează pe următoarele trepte ierarhice de jos în sus: sisteme de gospodărire a apelor; Filiale ale Companiei Naționale „Apele Române”; Regia Apelor. Toate dispeceratele au o dublă subordonare și anume una pe linie tehnico-administrativă și alta pe linie operativă prin care dispeceratul este subordonat treptei ierarhice superioare de dispeceri.

#### **Fluxul informațional operativ al dispeceratelor**

Fluxul informațional operativ al dispeceratelor de gospodărire a apelor cuprinde în general următoarele informații:

- parametrii hidrometeorologici;

- nivelurile apei în acumulări;

- debitele afluate și defluate din acumulări;

- debitele tranzitate pe conducte sau canale;

- nivelurile apei în dreptul principalelor prize de apă;

- mărimile debitelor și a parametrilor de calitate a apei, captate și restituite de principalele folosințe;

- mărimi instantanee și punctiforme ce pot caracteriza comportamentul în timp al construcțiilor hidrotehnice;

- alte mărimi referitoare la activitatea curentă de gospodărire a apelor.

#### **Ieșirile fluxului informațional**

Ieșirile fluxului informațional depind în general, de nivelul organizatoric reprezentat de:

- fluxul normal, către dispeceratul filialei respective și cuprinde raportările majorității elementelor ce caracterizează situația din teritoriul tutelat;

- fluxul extraordinar, declanșat de depășiri ale pragurilor prestabilite și care este dirijat suplimentar către prefectura județului, organele de poliție și apărare civilă, conducerii primăriilor, Comisia Județeană de Apărare Împotriva Inundațiilor, Agenția de Protecție a Mediului.

#### **2.2.4.4 Sistemul informațional în exploatarea lacurilor de acumulare**

În cadrul acțiunilor de asigurare cu apă a folosințelor și de apărare împotriva inundațiilor, lacurile de acumulare joacă un rol deosebit. Un instrument tehnic de asigurare a unei exploatare a acumulărilor de apă în conformitate cu starea celorlalte amenajări hidrotehnice este regulamentul de exploatare al acumulărilor, [10],[23],[80], [72].

În elaborarea regulamentelor de exploatare există mai multe etape distincte:

- în prima perioadă, imediat după punerea în funcțiune a acumulării, în care se fac o serie de restricții impuse de proiectant;

- regulamentul "de regim", după perioada de punere în funcțiune.

Regulamentul de exploatare aferent fazei de punere în funcțiune se elaborează de proiectantul barajului, în concordanță cu specificul constructiv al fiecărei amenajări. Acesta are un caracter temporar și în el se reglementează în principal următoarele:

- viteza de umplere și de golire admisibile (cm/zi), astfel încât să nu se producă suprasolicitări ale construcției, a fundației și ale versanților până la echilibrarea presiunilor hidrostactice în aceste medii heterogene;

- limitele admisibile ale parametrilor mășurați la aparatura de măsură și control a comportării construcțiilor, în special cei de permeabilitate și deformabilitate;

- alte condiții, restricții specifice tipului de baraj și naturii geologice a versanților fundațiilor și dispozitivelor hidromecanice.

Aceste măsuri speciale sunt de mare importanță, deoarece ele se referă la cea mai critică perioadă de conlucrare a construcției cu mediul. Se știe că majoritatea covârșitoare a accidentelor la baraje s-au produs în prima perioadă după punerea în funcțiune.

Sistemul informațional, la orice baraj al unei acumulări, cuprinde următoarele părți componente:

- stații hidrometeorologice din bazinul hidrografic colector cu punctele de colectare, modul de transmitere a informațiilor și conținutul informațiilor și prognozelor primite de la unitățile de profil;

- stații hidrometrice de exploatare pentru cunoașterea afluxului de apă în lac și din lac (debite evacuate și captate);

- senzori de urmărire a comportării și stabilității barajului, dotările cu automatizări, pragurile critice, frecvența măsurărilor în acest caz;

- sistemul de alarmare a obiectivelor socio-economice situate în aval de baraje în cazul descărcării unor debite mari, sau în cazul unor accidente cu descărcări de debite periculoase, sistemul de alarmare sonoră a obiectivelor situate în prima zonă (60 min.) și modul de anunțare a celor situate mai departe de baraj, dar în zona de influență a undei de rupere.

- structura, sarcini, atribuții și răspunderi ale personalului de exploatare funcție de dispecerat.
- prevederi referitoare la unele obligații în condiții speciale de exploatare.

Regulamentele de exploatare sunt însoțite de o serie de anexe tehnice, care se referă la construcții, la modul de manevrare a sistemelor de evacuare a apelor mari, chei ale descărcătorilor, date referitoare la aparatele de măsură și control, precum și graficele dispecer pentru cei trei ani caracteristici (ploios, mediu, secetos). Aceste anexe sunt prezentate sub formă de tabele și grafice sau sunt memorate în format electronic.

Pentru lacurile de acumulare cu volum brut mai mare de 20 mil. m<sup>3</sup> și coeficient de regularizare a stocului de apă mai mare de 0,1 (ca raport între debitul asigurat și debitul mediu în secțiunea barată), se întocmesc grafice dispecer mai amănunțite, pe o perioadă de mai mulți ani și cu prognoza anului următor. Prin acestea se stabilesc pe perioade caracteristice ale anului mărimea debitelor ce se pot livra beneficiarilor (folosințelor de apă consumatoare și neconsumatoare), în funcție de volumul existent în lac la începutul perioadei caracteristice (decada, luna, sezon, etc.), precum și tranșa din volumul lacului care trebuie pregolită (tranșa de atenuare) pentru tranzitarea și atenuarea undei de viitură.

Se disting următoarele zone caracteristice de funcționare a lacurilor de acumulare:

- **zona de golire pentru atenuare**, care să permită tranzitarea undei de viitură de calcul, fără periclitarea construcției și fără periclitarea obiectivelor situate în aval, prin descărcări bruște a unor debite periculoase (de inundare), bazată pe prognoza hidrologică;

- **zona de funcționare în regim liber**, corespunzător debitelor medii care să asigure debitele autorizate la folosințe, cu sau fără restricții;

- **zona de funcționare în regim de restricții**, în care se aplică progresiv restricții la prelevarea debitelor către folosințe, în funcție de importanța lor exprimată prin asigurările statistice, care derivă din standarde, ultimele fiind alimentările cu apă a căror asigurare este de cel puțin 98%.

Pentru facilitarea luării deciziilor de către personalul de exploatare și de la dispeceratele de acest tip, se folosesc o serie de materiale ajutătoare, cum sunt scheme sinoptice a folosințelor, manevre ce se fac în diferite situații, conținutul informațiilor ce se dau, și altele asemenea.

Schema de analiză pentru luarea deciziei de exploatare optimă, în caz de viituri, cuprinde informațiile de intrare în flux lent, cum sunt nivelul, respectiv volumul în acumulare determinat pe curba de capacitate a lacului, debitul impus de folosințe, starea de manevră a echipamentelor hidromecanice, cotele și debitele zonale și locale de apărare (atenție, inundație și evacuare) dependentă, debite maxime - paguba potențială. La acestea se adaugă informațiile operative cum sunt debitele afluențe și volumele aferente în lac, idem cele prognozate cu diferite anticipări,

restricții la descărcări impuse de diferite situații temporare, ca de exemplu, existența în vale a unui șantier cu asigurare diminuată, etc.

#### **2.2.4.5 Supravegherea lucrărilor hidrotehnice**

Pentru diminuarea factorilor de risc și evitarea efectelor distructive, catastrofale, în cazul distrugerii barajelor și a altor construcții anexă (conducte forțate, canale în rambleu etc.) este necesară supravegherea permanentă a comportării în timp a acestor construcții. Supravegherea se face atât vizual cât și prin aparatura de măsură și control.

Există acte normative și recomandări de proiectare cu aparatură care trebuie instalată la diferite tipuri de baraje, în funcție de natura lor și de obiectivele pe care le poate periclita în caz de accident, frecvența observațiilor și pragurilor critice aferente. Proiectele construcțiilor prevăd în mod expres aceste elemente. Economia la aceste dotări este total contraindicată prin efectele negative posibile.

Supravegherea și dotările cu aparatură se extind și asupra fundației și versanților care conlucrează cu construcția barajului,[101],[115].

Supravegherea comportării respectă principiul caracterului evolutiv al parametrilor urmăriți care pomesc de la o anumită valoare incipientă la punerea în funcțiune, apoi se stabilizează la valorile admise sau pot avea o evoluție periculoasă. De aici derivă necesitatea continuității observațiilor și permanentă comparare cu pragurile admise. Frecvența observațiilor este stabilită inițial de proiectant, apoi de personalul de exploatare specializat. Ea crește când se observă anomalii la unele aparate, astfel încât să se cunoască evoluția exactă.

Examinarea vizuală se extinde asupra întregii lucrări și asupra tuturor fenomenelor legate de stabilitatea acesteia. De regulă se stabilesc trasee, în funcție de natura construcției. Se efectuează observații vizuale asupra paramentelor, a drenurilor, prizelor de apă, pereților galeriilor de vizitare, a fundației versanților la baraj și pe conturul acumulării. Se evidențiază fisurile, deschiderea rosturilor, infiltrațiile, deplasările de materiale, eroziunile, desprinderile, tasările, etc. În situațiile în care există deformații se montează martori, iar în cazul infiltrațiilor se precizează dacă apa este limpede sau cu suspensii. Pentru zonele submerse ale barajelor și construcțiilor se recurge la scafandri echipați cu videocamere. Se recomandă fotografierea zonelor cu anomalii constatate la examinarea vizuală, care se repetă la anumite intervale de timp, în funcție de evoluție.

Măsurătorile microtopografice au ca scop evidențierea oscilațiilor și deplasărilor ce apar ca urmare a variațiilor sezoniere de temperatură și a variațiilor de nivel din lac. Pentru urmărirea acestora se realizează un sistem de referință microtopografic, cu reperi fixați în afara zonei de influență a construcției, care se urmăresc în raport cu reperi fixați pe construcție.

Orice abatere de la limita valorilor normale stabilite de proiectant sunt imediat analizate și interpretate. La construcțiile mai mari apar adesea mișcări tectonice induse de acumulare sau baraj.



## 2.2.5 Sistem automat de monitorizare hidrologică a unui lac de acumulare

Sistemul automat de monitorizare hidrologică este destinat monitorizării debitelor de curgere, a nivelelor de apă din lacurile de acumulare și a cantităților de precipitații căzute în arealul unei amenajării hidroenergetice. Sistemul este proiectat să urmărească deasemenea exploatarea rațională a resurselor de apă în scopul deservirii consumatorilor casnici și industriali, [106].

### 2.2.5.1 Obiectivele sistemului :

- prognozarea hidrologică de scurtă durată în perioadele cu precipitații abundente pentru corelarea de ansamblu a sistemului de monitorizare;
- managementul riscului inundațiilor din aval în perioadele cu ploi abundente.

### 2.2.5.2 Arhitectura sistemului

Din punct de vedere hardware sistemul de monitorizare este structurat pe următoarele nivele ierarhice (Figura 2.3):

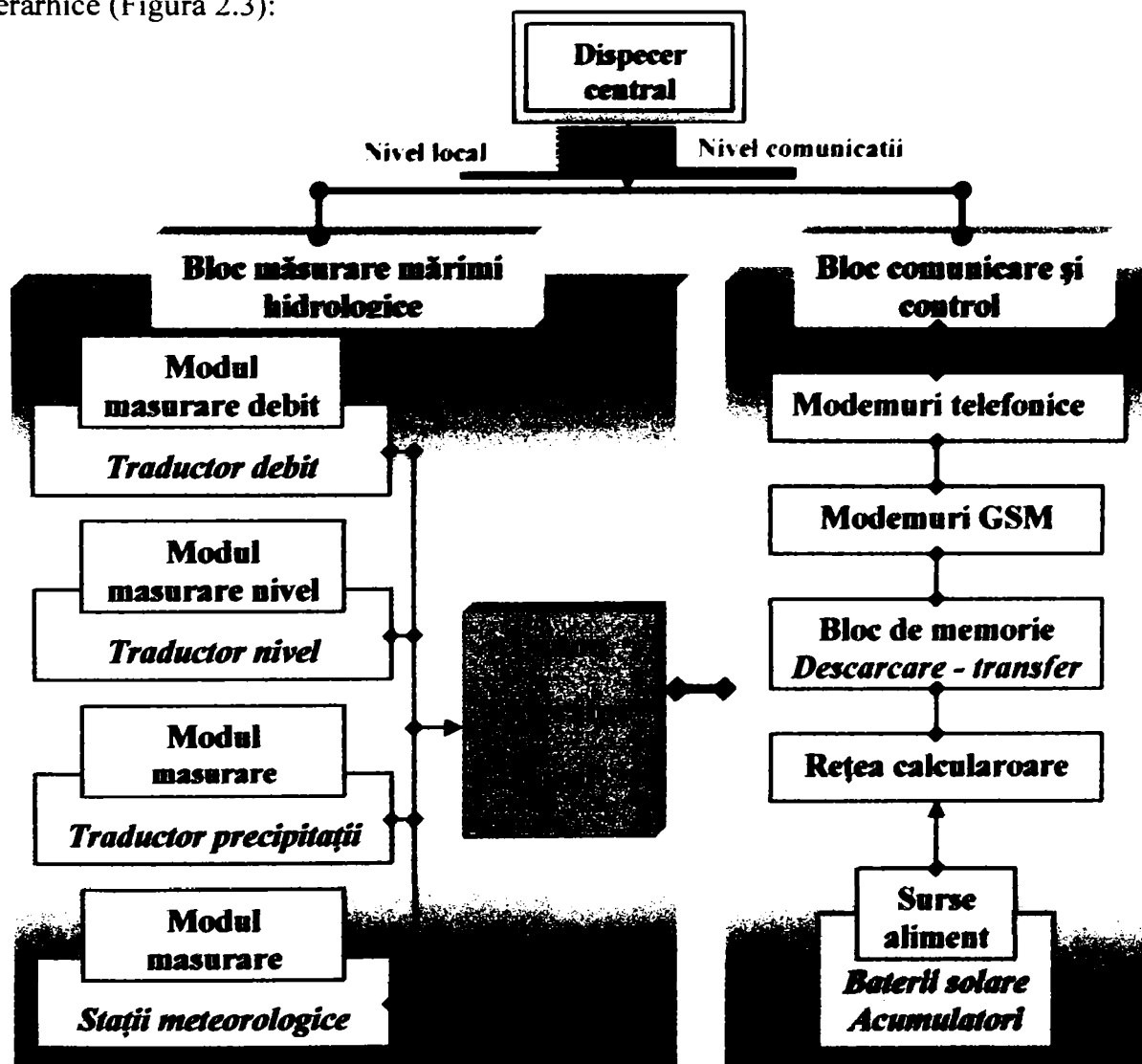


Figura 2.3 – Schema bloc a sistemului de monitorizare

- nivel dispecer - format dintr-un calculator ultraperformant, situat la sediul central (dispecerat);
- nivelul local – compus din totalitatea senzorilor și traductoarelor cu care sunt dotate modulele de măsurare a mărimilor hidrologice, adică posturi de măsurare a nivelului din lac și un post de măsurare debit pe o captare secundară;
- nivelul comunicație – realizat din totalitatea elementelor care realizează transferul corect al datelor, în ambele sensuri, între posturile locale și dispecer – modemuri telefonice, modemuri GSM și module de memorie pentru descărcare și transfer de date.

### 2.2.5.3 Funcțiile sistemului :

*Blocul de măsurare mărimi hidrologice asigură funcțiile:*

- măsurarea mărimilor analogice
- stocarea valorii mărimii măsurate a datei și minutului măsurătorilor efectuate
- memorarea datelor stocate și în lipsa tensiunii de alimentare
- alimentare de la baterii solare (solar-eoliene) în cazul dispariției tensiunii de alimentare de la rețea (Figura 2.4 a,2.4 b),[118].
- alimentare prin sursă cu acumulatori tampon
- posibilități de afișare și comandă locală de la tastatură
- transfer date la distanță prin modem telefonic sau GSM
- transfer manual de date cu modul de memorie pentru descărcare și transfer date.



*a*



*b*

**Figura 2.4 –a. Alimentarea cu panou solar, b. Alimentare cu energie solara și eoliană**

*Funcțiile programului de aplicație:*

- comunicarea pe linie telefonică între dispecer și punctele locale de măsurare;
- stabilirea și modificarea programului de achiziție a posturilor de măsurare prin generarea fișierului de configurare a achiziției și transmiterea acestuia către punctele de măsurare;
- transferul periodic al datelor de la nivelul local la dispecer și stocarea datelor achiziționate în baza de date pe perioadă nedefinită;
- citirea și interpretarea datelor recepționate;
- verificarea corectitudinii datelor citite pe baza unor proceduri de validare;
- înlăturarea erorilor prin marcarea valorilor considerate eronate ;
- stocarea datelor pe unitatea centrală, în fișiere de stocare create pe zile ;
- afișarea interactivă a datelor citite, pentru ca operatorului să poată urmări desfășurarea evenimentelor;
- generarea unei bazei de date a mărimilor hidrologice achiziționate de la punctele de măsurare și a datelor introduse manual;
- vizualizarea, la cererea operatorului, a informațiilor stocate în baza de date, selectate după anumite criterii de selecție (punct de lucru, interval de timp, tip mărime, etc.);
- vizualizarea tabelară și grafică a variației în timp a mărimilor hidrologice urmărite, la cererea operatorului:
  - ⇒ nivel apă;
  - ⇒ debit instantaneu;
  - ⇒ debit mediu zilnic;
  - ⇒ debit mediu lunar;
- volum de apă afluent, captat sau deversat, pe interval de 1 zi, 1 lună sau un an ;
- cantitate de precipitații instantanee orală, zilnică, lunară și anuală;
- urmărirea interactivă a variația parametrilor meteorologici;
- generarea de rapoarte cu evenimentele procesate de sistemului, vizualizarea și listarea acestora;
- generarea de alarme vizuale și acustice pentru prevenirea situațiilor de avarie;
- selectarea unui punct local de lucru al unui bazin hidrografic monitorizat prin intermediul hărții bazinului hidrografic și vizualizarea informațiilor referitoare la acel punct local de lucru: componență (parametrii achiziționați), ultima achiziție, etc.

## 2.2.6 Stații automate de monitoring și alarme pentru lacurile de acumulare

### 2.2.6.1 Avantaje și limitări a stațiilor automate

Prima stație automată de monitorizare a fost o stație automată meteorologică care a fost pusă în funcțiune în anul 1980 în Statele Unite ale Americii la o altitudine de 1750 m, care a funcționat neîntrerupt o perioadă de doi ani.

După 1980 apar stațiile de tip submersibil, cu stocare și teletransmisie de date, lucruri deosebit de utile pentru monitorizarea calității lacurilor pe diferite adâncimi și a apelor subterane, desigur că Stațiile Automate de Monitoring și Alarmare (SAMA) conțin o serie de avantaje substanțiale, cum ar fi:

- asigură posibilitatea măsurătorilor *in situ*, respectiv elimină erorile legate de contaminarea probelor, stabilitate, transport;
- integrează continuu datele, fiind deci ideale pentru o evaluare a tendințelor de modificare a calității apei în timp;
- măsurând în paralel și debitul SAMA, permit evaluarea precisă a debitelor masice asociate, la condițiile hidrologice greu accesibile monitoringului normal;
- alarmează automat depășirea unor limite prestabilite;
- elimină erorile introduse prin activitatea umană.

În prezent stațiile automate deservesc mai multor necesități printre care și monitorizarea hidrologică a lacurilor de acumulare. Toate stațiile de monitorizare sunt prevăzute cu senzori care fac măsurători la 30 s și transmit valorile înmagazinate din 20 în 20 de minute, funcționând fără întrerupere pe o perioadă nedeterminată.

Cu toate acestea, SAMA sunt confruntate și în prezent cu o serie de limitări, cele mai importante fiind redate în tabelul 2.2.

### Avantaje și limitări a stațiilor automate de alarmare

Tabelul 2.2

Nr. crt.	Avantaje	Dezavantaje
1.	Măsurători <i>in situ</i>	Domeniu limitat de indicatori urmăriți
2.	Date în timp real	Inaplicabil la analizoare în flux discret
3.	Informații globale ( <i>fish test</i> )	Necesar a se efectua analize ulterior
4.	Supraveghere de la distanță	Costuri ridicate de teletransmisie.
5.	Preselectare valori de alarmă	Limite de detecție, selectivitate.
6.	Teletransmisie	Necesită dispecerat computerizat.
7.	Cost scăzut/analiză	Cost foarte ridicat al investigației.
8.	nu necesită fixarea și transportul probei	Implică sisteme speciale de pompare foarte dificil de realizat la Dunăre

9.	Elimină erorile subiective	Stabilitatea semnalului și acuratețea limitate în timp.
10.	On line 24 din 24 ore	Necesare recalibrării periodice, iar viața electrozilor este scăzută.
11.	Rețea locală/regională	Nu se utilizează metode analitice standard.
12.	Cel mai ieftin mod de control al poluărilor accidentale	Doar la un număr foarte limitat de indicatori.
13.	Nu necesită măsuri de protecție pentru lucrători	Implică operații frecvente de întreținere
14.	Pot fi de tip fix, mobil, submersibil, amplasabile pe o nava etc.	Atenție specială.
15.	Cea mai bună soluție pentru supraveghere la lacuri.	Vandalismul. Depuneri de alge, suspensii pe senzori. Greu de utilizat la faze neomogene.

În general se evidențiază următoarele puncte de vedere comune între experții diferitelor țări :

a) obiectivele stațiilor de alarmare și gama de parametri sunt diferențiate față de cele de monitoring;

b) structura de hard este, de asemenea, deosebită, în general mergându-se pe sisteme de detecție și/sau estimarea semicantitativă, deci de avertizare, urmată de analiza ulterioară (măsurători selective cantitative) de laborator;

c) structura de soft este și ea diferențiată, în prelucrarea datelor intervenind elemente specifice comparativ cu procesarea utilizată pentru scopurile de monitoring; se urmărește, în principal, depășirea unor limite prestabilite (amplitudine), frecvența de depășire a unor praguri de concentrație, propagarea undelor de poluare în spațiu și timp și pe secțiuni transversală, anticiparea profilelor de concentrații în poluanți la situațiile cele mai nefavorabile ș.a.

#### **2.2.6.2 Structuri ale stațiilor automate**

În general, se disting patru nivele aferente SAMA, după cum urmează:

**Nivelul 1** de avertizare, fără a se cunoaște natura (cauza) și magnitudinea poluării; de regulă, pentru nivelul I structura SAA include un sistem de biotestare (*fish test* de cele mai multe ori), care în caz de startare asigură în paralel și recoltarea unei probe de apa ce servește ca amprentă prememorie pentru analize ulterioare de laborator.

Probele prelevate pot fi: (1) instantanee; (2) de compoziție medie și (3) orare. De subliniat că în aceasta structură cea mai simplă de altfel, adoptată de România pentru prima SACIRCA-Zeama Rece- Argeș etapa întâi și folosită în prezent în Ungaria, sunt necesare analize ulterioare de laborator.

**Nivelul 2** de analiză în flux continuu și/sau discret și alarmare în cazul depășirii unor limite atât la indicatorii fizico-chimici, cât și la cei biochimici. Exemplele de acest gen sunt în Germania,

Olanda, Franța, Elveția ș.a.

Și la nivelul 2 se prevăd prelevatoare automate pentru analize ulterioare de laborator. La nivelul 2, de regulă, se determină *on line* următorii indicatori și parametri (1) temperatură aer; (2) umiditate; (3) viteza vântului; (4) direcția vântului; (5) nivelul apei; (6) temperatura apei; (7) oxigen dizolvat; (8) *Ph*; (9) conductivitate; (10) turbiditate; (II) cloruri; (12) azotați; (13) pierdere capacitate de înot contra curent a peștilor (*fish test*); (14) frecvență de oscilații la *Daphnia test*.

Funcție de complexitatea stației, se mai pot adăuga canale pentru următoarele măsurători: (15) cianuri; (16) amoniac; (17) carbon organic total ; (18) CCO /estimare CBO (analize în UV); (19) produse petroliere; (20) Hg, Pb, Cd, Cu, prin utilizarea voltametriei; (21) compuși fenolici (determinări în UV).

**Nivelul 3** de analize complexe și avertizare, la care alături de indicatorii arătați mai sus se efectuează și determinări selective de compuși organici, inclusiv de tip volatil prin utilizarea tehnicilor GCR *on line*. De subliniat că AMC nu asigură decât vizualizarea/avertizarea prezenței unor compuși chimici dintr-o anumită clasă, peste un anumit prag, fără a se furniza la momentul respectiv date privind natura componentului și concentrația aferentă. În paralel, pentru SAA de la acest nivel se prevăd biosenzori (*fish test Daphnia*) și sisteme de recoltare simultan de probe pentru analize de laborator.

**Nivelul 4** de analize uni- sau multi- parametrice în flux, specifice calității emisiilor (efluenți uzati), îndeosebi de la procesele industriale.

### **2.2.6.3 Exemple de stații automate**

#### **➤ Stații automate utilizate în Germania**

Indicatorii urmăriți în flux continuu se referă la: temperatură, *pH*, conductivitate, turbiditate, CBO<sub>5</sub>, carbon organic total, temperatura și umiditatea aerului, viteza și direcția vântului și nivelul apei. În paralel, pentru alarmarea prezenței unor compuși chimici toxici, stația mai este prevăzută cu trei bioteste: (a) *fish test*; (b) *Daphnia test* și (c) viteza de măsurare a creșterii algelor. Dacă una din limitele prestabilite la parametrii fizico-chimici redați mai sus este depășită sau în situația unui semnal pozitiv furnizat de bioteste se prelevează automat o probă de apă pentru analizele de laborator detaliate (probe prememorie).

Stația este instalată într-un container standard, 9m<sup>2</sup> suprafață activă, cu aer condiționat.

#### **➤ Stații automate utilizate în Olanda**

În figurile 2.5 – 2.7, [65] sunt prezentate schemele unor tipuri de stații automate proiectate în mod special pentru avertizarea poluărilor accidentale. Principalii parametri urmăriți în sistemul AQUALARM (Riza-Olanda) sunt prezentați tabelul 2.3., [65].

Sistemul AQUALAR, face parte dintr-un program pe termen lung elaborat de institutul de

specialitate Riza pentru stațiile de monitoring de la Labith, Eysden și Keizersveer.

Datele obținute prin măsurători automate, și de laborator, sunt transmise la calculatorul central al sistemul AQUALARM de la Lelystad. Alături de o serie de parametri clasici, precum oxigen dizolvat, temperatura, conductivitate, pH, cloruri, turbiditate, amoniac, fluoruri, cianuri și tritiu, se determină și micropoluantii anorganici (Cu, Pb, Zn, Cd) și substanțele organice (nevolatile, volatile, de tip polar), datele instrumentale fiind completate cu cele de biomonitoring.

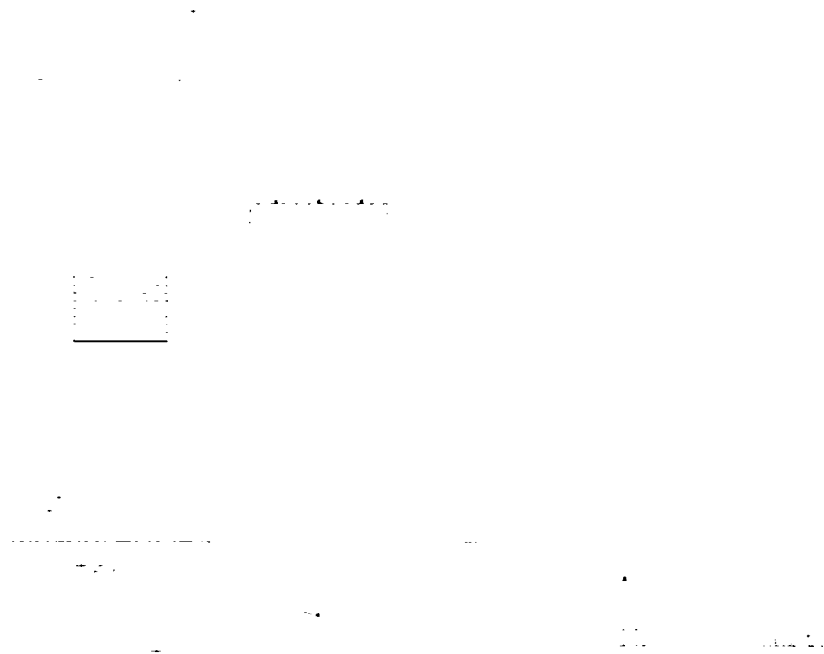
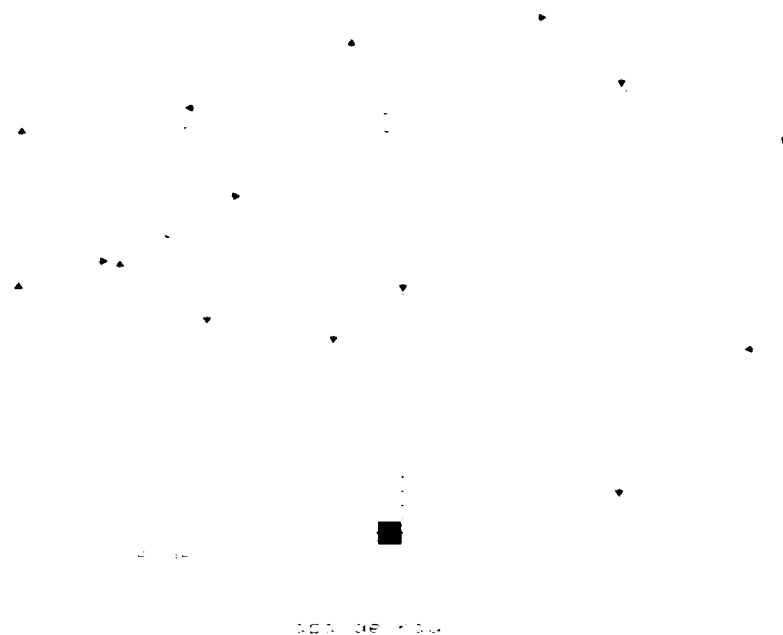


Fig. 2.5. Sistemul SIVEGOM pentru supravegherea automată a substanțelor nevolatile.

Principalii parametri urmăriți prin stația AQUALARM (Olanda)

Tabelul 2.3

Parametri	Tip	Metodă/(senzori)
Clasici	O.D., t°C, turb., pH	Electrometre, optic
Săruri, nutrienți	Cl <sup>-</sup> , F <sup>-</sup> , CN <sup>-</sup> , NH <sub>3</sub>	EIS (potențiomtric)
Metale	Cd, Cu, Pb, Zn	Polarografie
Micropoluantii organici	- apolari	SIVEGOM (XAD + GC)
	- volatili	purjare și GC-trapă
	- polari	SAMOS
Tritiu	-	radiochimic
Biomonitoring	-	fish test, Daphnia test
	-	urmărirea creșterea alge
Prelevator	-	apă/suspensii



**Figura. 2.6. Sistemul SIVEVOC pentru monitorizarea automată a substanțelor organice volatile.**



**Figura.2.7. Sistemul SAMOS pentru monitorizarea substanțelor organice polare**

Pentru fiecare stație din rețea se includ și indicatorii relevanți zonelor investigate, funcție de sursele de poluare și folosințe (în speță alimentări cu apă potabilă).

Într-un program special, *starea de alarmă* este transmisă la celălalte instituții implicate, cum ar fi companiile de alimentări cu apă sau autoritățile regionale de gospodărire a apelor. Situația de alarmă rămâne în operare până ce se confirmă că factorii implicați au luat cunoștință de aceasta. În



consecință, alarmarea poluării cu astfel de compuși este deosebit de importantă, captările de apă putând fi oprite temporar. În acest context, din punct de vedere al monitorizării și alarmării, substanțele organice se pot divide în trei categorii: (1) substanțe nevolatile, (2) substanțe volatile și (3) substanțe polare. Fiecare din aceste categorii impune condiții specifice de prelevare și tehnici analitice aferente. Astfel se disting sisteme proprii de măsură pentru fiecare din aceste categorii.

➤ **Stație automată “CLIME” utilizată pe Lacul Constance, Germania**

Proiectul “CLIME” este un studiu efectuat în vederea urmării schimbărilor climatice și pentru monitorizarea lacurilor de acumulare, [67], [119].

Obiectivele studiului sunt :

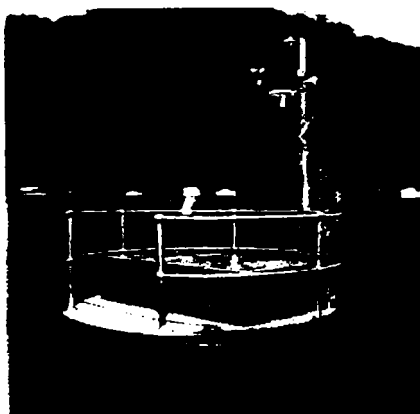
1. dezvoltarea mai multor modele care pot fi utilizate în vederea simulării schimbărilor climatice;
2. monitorizarea pe termen lung a schimbărilor climatice;
3. monitorizarea dinamicii lacurilor.

Parametrii urmăriți sunt: temperatura, *pH*, conductivitate, turbiditate,  $CBO_5$ , nitrații, nitriții, temperatura și umiditatea aerului, viteza și direcția vântului și nivelul apei.

Stația „CLIME” este echipată cu o mulțime de senzori meteorologici și limnologici, fiind prevăzută cu o legătură telemetrică care transmite datele la nivelul central. Două tipuri de stații de monitorizare conține stația „CLIME”, acestea sunt folosite actualmente pentru evaluarea operativă a parametrilor lacului, cât și pentru mărirea siguranței de exploatare și asigurarea preluării datelor în vederea stocării acestora într-o bază de date. Acestea sunt :

1. *Automated Water Quality Monitoring Stations (AWQMS)*- stație de monitoring a calității apei din lac(figura 2.8), [119];
2. *Lake Dynamics Monitoring Stations (LDMS)*- stație de monitoring a dinamicii lacului(figura 2.9), [119].

1. *Stație automată de monitorizare a calității apei (AWQMS)*



**Figura 2.8 AWQMS**

Stația automată de monitorizare a calității apei (AWQMS) asigură măsurarea continuă a unui set de parametri ca : temperatura apei, *pH*-ul, oxigenul dizolvat, turbiditatea și conductanța.

Stația poate fi amplasată oriunde deoarece are o infrastructură minimală care poate fi instalată într-o singură zi. Senzorii stației pot fi manevrați, ridicați sau coborâți prin intermediul unor cabluri. Pentru încărcarea bateriei portabile se pot

folosi panouri solare sau se pot folosi alte tipuri de energii neconvenționale, cum ar fi energia eoliană.

Calitatea datelor colectate respectă toate standardele de calitate în vigoare. Calitatea datelor obținute prin intermediul stației este semnificativ ridicată față de colectarea și analizarea prin procedee obișnuite. Sistemul dispune de instrumente care fac posibil ca datele măsurate să transmise la calculatorul centrului dispecer prin radio sau satelit.

**(a) Avantaje:**

- instalare flexibilă și ușoară;
- utilizatorul definește parametrii și frecvența citirilor;
- posibilitatea instalării în orice locație;
- comanda de la distanță prin data logger ;
- flexibilitate în alegerea sursei de energie;
- infrastructură minimală;
- nivel ridicat al calității datelor;
- posibilitatea de către un grup de utilizatori;
- web based electronic data base of water quality test results;
- mărește semnificativ calitatea datelor hidrologice, hidrometrice și climaterice.

*2. Lake Dynamics Monitoring Stations (LDMS)*

Stația de monitorizare a dinamicii lacului este prevăzută cu senzori pentru măsurarea nivelului apei din lac, care sunt fixați la o anumită adâncime .În figura 2.10, [119], este ilustrat modul de poziționare a stației de monitorizare a dinamicii lacului.



**Figura 2.9 AWQMS**



**Figura 2.10 Poziționarea stației LDMS**

## **2.3 Monitorizarea calității apei din lacuri**

### **2.3.1 Monitorizarea calității apelor de suprafață**

- **Monitoring:**

- măsurarea unor parametri prin repetiție, în vederea evaluării situației curente și a modificărilor în timp.
- măsurători standardizate, de lungă durată, observații, evaluări și raportări asupra mediului, în vederea definirii situației curente și a tendințelor de evoluție (U.E).
- activitate sistematică, de lungă durată, bazată pe rețele și măsurători spațio-temporale, reprezentative pentru caracterizarea calității apei la un moment dat, evaluarea tendințelor de evoluție și controlul poluării (evaluare de risc și management, România).

- **Urmărire :**

- pe o durată de timp finită, în baza unor programe intensive de măsurători, în vederea evaluării calității apei pentru un scop specific (U.E).

- **Supraveghere :**

- măsurători continue, specifice, observații și raportări pentru scopuri de management al calității mediului și activități operaționale (U.E.).

- **Monitoring de conformare:**

- un tip de monitoring efectuat pentru asigurarea:
  - (1) controlul pe termen lung al calității apelor;
  - (2) standardelor apelor receptoare, prin testarea efluenților;
  - (3) menținerea standardelor în timpul și după construcția unui proiect (SUA).

- **Monitoring biologic:**

- utilizarea entității biologice ca un detector și răspunsul acesteia ca o măsură pentru determinarea condițiilor de mediu. Testele de toxicitate și urmărirea biologică sunt comune metodelor de biomonitoring.
- constă în colectarea, procesarea și analizarea unor porțiuni reprezentative ale unor comunități acvatice rezidente pentru determinarea structurii comunității.
- măsurători ale parametrilor biologici în repetiție, pentru evaluarea situației curente și modificările în timp ale parametrilor măsurați.

- **Monitoringul apelor:**

- activitate integrată de evaluare a caracteristicilor fizice, chimice și biologice ale apei în relație cu condițiile de sănătate umană și cele ecologice, raportate la o utilizare destinată apei (U.E.).

#### **2.3.1.1 Funcțiile și rolul activității de monitoring privind calitatea apelor**

Tabelul 2.4, [65], prezintă sinoptic funcțiile și rolul activității de monitoring în cadrul funcțiilor

de bază ale gospodăririi apelor, următoarele observații se desprinzând în acest sens:

- monitoringul calității apelor intervine practic la toate funcțiile de gospodărire a apelor, începând cu politica de planificare a calității apei și terminând cu faza de audit;

- elementele de monitoring, diferențiate din punct de vedere al organizării sistemelor aferente, corelat cu funcțiile de gospodărire, se înscriu într-un perimetru integrat: cantitate/calitate, imisii/emisii, surse punctiforme/surse difuze, monitoring chimic/ biomonitoring, atât pentru evaluările de calitate, încadrări în norme naționale și internaționale, cât și la cele de flux masic de poluanți tranzitați :

- atât funcțiile de avertizare inundațiilor, poluări accidentale, cât și alte situații de urgență sunt coroborate cu prognoze ale evoluției situației și prevenirea pagubelor cauzate folosințelor;

**Tabelul 2.4**

<b>Nr. Crt.</b>	<b>Gospodărirea apelor Funcții de bază</b>	<b>Monitoring</b>
<b>1.</b>	<b>POLITICI ȘI PLANIFICARE</b> Planificare calitate ape ( p.c.a) Planificare și armonizare alocării de apă Stabilire priorități -strategii Proiectare acte normative/standarde,	-monitoringul de imisii la nivel de b.h. și național; - monitoring de flux; -monitoring patrimonial și transfrontalieră; -monitorizare încadrare în criterii și obiective de calitate;
<b>2.</b>	<b>AUTORIZARE</b> Acorduri, autorizații Inspecția apelor	-monitoring emisii/imisii/captări; -supraveghere/urmărire;
<b>3.</b>	<b>AVERTIZARE SITUAȚII DE URGENȚĂ</b> Ape mari-inundații Ape mici-secetă Poluări accidentale locale și transfrontalieră	-strângere date, evaluare, prognoză, difuzare; -rețeaua meteo-hidrografică; -rețeaua meteo-hidrografică; -SAPAD-CIPA/ROM-AEWS-PIAC; -rețele de monitoring ambiental; -rețele de ape uzate;
<b>4.</b>	<b>EXPLOATARE – INTREȚINERE</b> Structuri hidraulice pe albiile de râu Alimentari cu apă brută Apărare contra inundațiilor	-monitoring imisii și sedimente în flux; -monitoring apă la captare; -rețea meteo-hidrografică;
<b>5.</b>	<b>TARIFAREA APEI BRUTE</b> Stabilire/aprobare Facturare	-debitmetre;
<b>6.</b>	<b>AUDIT</b> Program financiar	-sinteze pentru calitate ape; -scheme de amenajare;

Reprezentarea sinoptică a funcțiilor și scopurilor de monitoring în contextul necesarului de date privitor la calitatea apelor este redată în tabelul 2.5, [65],

**Reprezentarea sinoptică a funcțiilor și scopurilor de monitoring privitor la calitatea apelor**

**Tabelul 2.5**

Elemente de caracterizare	Conținut	
<b>RESURSE ACVATICE</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ape de suprafață (râuri, lacuri), ape subterane, estuare și ape costiere.</li> <li>- comunități acvatice asociate și habitate fizice incluzând ținuturi umede</li> <li>- sedimente</li> </ul>	
<b>DATE PRIVIND RESURSELE ACVATICE</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- fizice (inclusiv debit)</li> <li>- chimice/toxicologice</li> <li>- biologice/ecologice</li> <li>-date asociate pentru interpretare incluzând habitatul, utilizarea terenului, date demografice și altele (depozite atmosferice etc.)</li> </ul>	
<b>FUNȚIUNI DE MONITORING- ACTIVITATI</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- identificarea și documentarea scopurilor de program</li> <li>- proiectarea și planificarea programelor de monitoring</li> <li>- selectarea indicatorilor de monitoring</li> <li>- stabilirea amplasărilor de puncte ale rețelei de monitoring</li> <li>- selectarea metodelor de colectare a datelor</li> <li>- observații de teren - prelevare probe</li> <li>- analize de laborator</li> <li>- dezvoltarea și operarea programelor de asigurare a calității datelor analitice</li> <li>- stocarea, manipularea și difuzarea datelor</li> <li>- interpretarea și evaluarea datelor pentru producerea de informații</li> <li>- raportarea și distribuirea rezultatelor de monitoring</li> <li>- evaluarea eficienței programelor de monitoring</li> </ul>	
<b>SCOPURI DE MONITORING</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- evaluarea stării de calitate (spatio-temporal) și a tendințelor de evoluție</li> <li>- caracterizarea și prioritizarea problemelor existente și de urgență</li> <li>-proiectarea și implementarea programelor/proiectelor (management, reglementări etc.)</li> </ul>	
<b>OBIECTIVE DE MONITORING</b>	Obiective	Subsisteme
	1.Characterizare condiții de calitate, tendințe (spatio-temporale)	- <i>ambiental</i>
	2.Transfer flux	
	3.Încadrarea în criterii și obiective de calitate	- <i>ambiental</i>
	Ape de suprafață	
Ape uzate	- <i>ambiental</i>	
		- <i>conformare</i>
4.Avertizare situații de urgența		- automonitoring
Poluări accidentale		- <i>ambiental</i>
Inundații		- rețea meteo-hidro

### **2.3.1.2 Acțiunile și scopul monitoringului privind calitatea apelor**

Monitoringul calității apelor furnizează o sursă obiectivă de informații pentru a răspunde la problemele de management a resurselor de apă, axa monitoring ambiental-monitoring de conformare constituind bază informatică a proceselor de decizie, [20], [65], [73], [75].

Identificarea și corectarea problemelor de calitate a apei sunt corelate cu transmiterea periodică a informațiilor la utilizatori, la nivel de guvern, legislație, reglementări, sector de producție-public, după cum urmează :

- **populație** – pentru înțelegerea riscurilor de mediu
- **legislatori** – pentru dezvoltarea politicilor, legate de calitatea apei și a programelor de evaluare a progresului;
- **planuri de reglementări, operare și programe de evaluare** – pentru protecția sănătății, habitatelor acvatice și a populațiilor pe cale de dispariție;
- **municipalități și industrii** – pentru planificarea și gospodărirea alimentărilor cu apă și evacuărilor;
- protecția mediului, analize de ansamblu, politici guvernamentale și programe de identificare a problemelor;
- **activitate de cercetare** – pentru extinderea cunoștințelor privitoare la corelarea proceselor și condițiilor ecologice, chimice, fizice, biologice și hidrologice.

### **2.3.1.3. Cadrul general al unui program de monitoring al calității apelor**

Monitoringul calității apelor constituie un suport vital pentru oricare program de management al apelor. În acest context monitoringul apelor este definit ca o ***activitate integrată de evaluare a caracteristicilor fizice chimice și biologice ale apei în relație cu condițiile de sănătate umană și cele ecologice raportate la o utilizare destinată apei.***

Un cuprins al cadrului general al programului de monitoring se referă în esență la:

#### **I. SCOPURI:**

**A. Scopuri și rezultate anticipate:** identificarea scopurilor generale și rezultatelor anticipate pentru fiecare program de monitoring;

**B. Scopuri specifice ale programului:** cuantificarea și identificarea scopurilor specifice aferente programului de monitoring;

**C. Scopuri de schimb de informații:** determinarea situațiilor în care alți colectori de date și utilizatori au scopuri similare ce pot influența alte programe de monitoring;

**D. Utilizatori:** cine are nevoie de date sau informații și pentru ce problemă. Evidențierea utilizatorilor interesați în aceleași scopuri și care pot contribui la program;

**E. Limite spațiale și perioada de timp:** identificarea granițelor ariei geografice ce urmează a fi monitorizată și a perioadei de timp aferente programului;

**F. Indicatori de mediu:** selecționarea indicatorilor de mediu reprezentativi pentru programul avizat.

## II.COORDONARE / COLABORARE:

**A. Coordonare/colaborare:** stabilirea cadrului organizatoric național, regional, local, instituții publice, sector particular implicat în achiziția de informații. Dacă agenția are programe multiple se integrează programele individuale de monitoring în master planuri.

**B. Alți factori interesați.**

## III. PROIECTARE:

**A. Stabilirea condițiilor de mediu existente:** identificarea și descrierea condițiilor de mediu existente incluzându-se caracteristicile hidrologice (ape de suprafață și subterane), biotice și cele de utilizare a resursei.

**B. Problema existentă privitoare la calitatea apei:** evaluarea informațiilor existente pentru evidențierea condițiilor cunoscute sau suspectate asupra calității apelor de suprafață și subterane, inventarierea problemelor sau a lipsurilor de informații; identificarea alternativelor de management.

**C. Indicatori de mediu și parametri:** determinarea indicatorilor de mediu și habitat și parametrii fizici, chimici, biologici și adiacenți (precipitații atmosferice) ce trebuie monitorizați.

**D. Condiții de referință:** stabilirea condițiilor de referințială indicatorii de mediu ce pot fi monitorizați pentru asigurarea condițiilor de evaluare a calității mediului.

**E. Obiective privitoare la calitatea datelor:** definirea nivelelor de confidență.

**F. Caracteristicile setului de date:** determinarea bazelor pentru proiectul de monitoring care asigură succesul în interpretarea datelor: confidență statistică și variabilitate geografică, geohidrologică, geochimică, biologică, utilizare teren.

**G. Plan de asigurare a calității:** elaborarea unui Plan de Asigurare a Calității -acuratețe, precizie, reprezentativitate date, comparabilitate cu cele achiziționate de prin alte surse.

**H. Proiectare monitoring:** elaborarea programului de prelevări care poate să includă stații fixe, sinoptice, recoltări la incidente, supravegheri intensive, localizări puncte-indicatori de monitorizare (fizici, chimici, biologici și adiacenți).

**I. Metode de colectare a datelor:** planuri de prelevare și identificare a standardelor și metodelor aferente pentru asigurarea comparabilității cu alte programe de monitoring, personal și echipament necesar.

**J. Durată - perioade:** descrierea duratei programului de recoltare, frecvență și repartiție sezonieră.

**K. Suportul analitic de teren și laborator:** protocoale de teren și laborator cu precizarea limitei de detecție, acuratețe, precizie, timp de luare în lucru, fixare probe.

**L. Managementul datelor:** descrierea protocolului de management al datelor incluzând

arhivarea, schimbul de date și securitatea acestora. Verificarea includerii tuturor datelor, inclusiv meteo-date, cum ar fi localizarea (latitudine, longitudine), data, ora, metodele de colectare și analiză probe, asigurarea calității datelor analitice. .

**M. Pregătire personal:** la necesitate, pentru prelevare, interpretare sau prezentarea datelor și informațiilor de calitate a apelor.

**N. Interpretare:** identificarea metodelor de interpretare compatibile cu datele achiziționate și scopurile programului.

**O. Comunicații:** determinarea modului de comunicare a datelor și: presa, întâlniri cu publicul, conferințe, publicații, rapoarte etc.

**P. Costuri:** determinarea costurilor programului și a surselor de finanțare.

**Q. Iterații:** dezvoltarea mecanismelor de *feed-back*.

#### IV. IMPLEMENTARE:

**A. Confidența datelor:** se definesc acuratețea și precizia datelor de mediu, utilizându-se date de control al calității.

**B. Interpretarea datelor față de scopurile statuate:** se interpretează datele, incluzându-se o descriere a sistemului de resurse de apă, folosind datele de mediu existente și cele adiacente, în vederea furnizării de informații utile luării deciziilor pentru managementul calității apelor.

**C. Metode statistice și modele:** se folosesc programe statistice și modele deterministe.

**D. Alternative de management:** se testează alternativele de management, dacă acestea se cunosc.

**E. Interpretări:** se coordonează interpretarea datelor, pentru a se asigura cerințele colaboratorilor și a clienților.

#### V. EVALUAREA PROGRAMULUI DE MONITORING:

**A. Îndeplinirea scopurilor și obiectivelor:** se verifică acest lucru.

**B. Probleme identificate:** se identifică orice problemă de monitoring asociată cu colectarea și analiza probelor, stocarea, diseminarea și interpretarea datelor, raportarea informațiilor.

**C. Evaluare costuri:** se evaluează toate costurile și se compară cu cel anticipat.

**D. Feed back:** se utilizează rezultatele evaluării programului de monitoring pentru identificarea necesităților curente și de viitor.

#### VI. COMUNICARE:

**A. . Coordonare:** se coordonează activitatea de distribuție a informațiilor la nivelele planificate.

**B. Elaborarea și distribuția rapoartelor tehnice:** se descriu condițiile de calitate a apei, distribuția spațială, variabilitatea temporală, surse, cauze, transport masiv, circulația poluanților, efectele poluării asupra sănătății umane, acviferelor și ecosistemelor aferente.

**C. Comunicare cu medii multiple:** rezumatul raportului se publică sau se pune la dispoziția



publicului, într-un limbaj accesibil.

### **2.3.2 Monitorizarea calității din lacuri în conformitate cu Directiva Cadru UE a Apei 2000/60/CE**

Obiectivele specifice care stau la baza activității de monitoring al calității lacurilor sunt strâns dependente de cele pentru apele de suprafață, cu mențiunea că, spre deosebire de râuri, intervin și o serie de indicatori proprii, [73], [78], [82].

În timp ce un râu curge continuu și condițiile din râu se pot schimba rapid, condițiile din lacurile naturale și de acumulare sunt de obicei mult mai stabile și se schimbă gradual în funcție de timpul de rezidență a apei în lac. Astfel, lacurile pot fi monitorizate cu o frecvență mai redusă decât râurile. Lacurile sunt mai sensibile la eutrofizare datorită faptului că mișcarea apei este foarte lentă sau aproape că nu există.

Astfel, cerințele de monitoring pentru lacuri naturale și de acumulare sunt diferite față de cele pentru monitoringul pentru râuri.

#### **2.3.2.1 Scopul monitoringului**

Pot fi întreprinse trei tipuri de monitoring.

##### **1 Monitoringul de supraveghere**

După cerințele Directivei Cadru, monitoringul de supraveghere este întreprins pentru a furniza informații despre:

- suplimentarea și validarea procedurii de evaluare a impactului ;
- proiectarea eficientă a viitoarelor programe de monitoring;
- evaluarea pe termen lung a schimbărilor condițiilor de mediu;
- evaluarea pe termen lung a schimbărilor rezultate din extinderea activității antropice.

Monitoringul de supraveghere este un program temporar (1 an) esențial pentru colectarea informațiilor. Acesta poate fi variat și repetat, dacă este necesar.

##### **2 Monitoringul operațional**

Monitoringul operațional este întreprins în vederea:

- stabilirea stării acelor corpuri de apă identificate ca fiind la risc – adică nu vor atinge obiectivele de mediu;
- evaluarea schimbărilor în starea apei a acestor corpuri care rezultă din programul de măsuri.

Monitoringul operațional este programul de monitoring obișnuit care poate fi îmbunătățit în privința informației obținute, în special pentru a permite reducerea frecvenței de prelevare în secțiuni în care impactul nu este semnificativ sau presiunea principală este înlăturată.

##### **3 Monitoringul de investigație**

Monitoringul de investigație este realizat:

- pentru secțiuni unde nu se cunoaște motivul unor accidente;
- pentru corpuri de apă unde monitoringul de supraveghere indică faptul că nu vor fi atinse obiectivele stabilite prin Articolul 4 și monitoringul operațional nu a fost încă stabilit în vederea constatării cauzelor neatingerii obiectivelor de mediu;

- pentru a constata amploarea și impactul poluărilor accidentale;

Monitoringul de investigație este folosit pentru furnizarea informațiilor care vor sta la baza conceperii programului de măsuri pentru atingerea obiectivelor de mediu și măsurilor specifice necesare pentru remedierea efectelor poluărilor accidentale.

### **2.3.2.2 Secțiuni de monitoring**

Un lac natural sau de acumulare poate fi un corp de apă omogen. În acest sens, o singură secțiune de monitoring poate fi suficientă. Totuși, există cazuri în care este format din ape cu diferite caracteristici. De exemplu, poate exista o zonă mai adâncă și una sau mai multe zone de suprafață cu caracteristici diferite. În acest caz, fiecare zonă trebuie monitorizată.

Dacă există afluenți în lac, acestea pot fi monitorizate înainte de a se vărsa în lac, iar lacul ar trebui monitorizat la o distanță suficientă față de afluent pentru a permite un amestec complet și echilibrat.

### **2.3.2.3 Parametrii de Calitate (EC) pentru lacuri**

Acestea sunt preluate din Ghidul CIS nr. 7, "Monitoringul cerut de Directiva Cadru a Apei"

#### **⇒ Parametrii Fizico-chimici**

- Condiții termale - Temperatura
- Condiții de oxigenare - *Oxigenul dizolvat*
- Salinitate - *Conductivitatea electrică*
- Starea de acidifiere
  - *PH-ul*
  - *Alcalinitate ANC*
- Condițiile nutrienților
  - *Fosfor total*
  - *Fosforul solubil reactiv*
  - *Azot total*
  - *Azotați - Azotiți*
  - *Amoniu*
- Transparență
  - *Adâncime Secchi*
  - *Turbiditate*

Culoare

⇒ **Parametrii Hidromorfologici**

- Regimul hidrologic
- ◇ Cantitatea și dinamica curgerii apei
  - *Debite de apă istorice*
  - *Debite de apă din modelare*
  - *Debite instantanee*
  - *Modele de amestecare și circulare*
- ◇ Legătura cu apele subterane
  - *Înălțimea pânzei freatice*
  - *Descărcarea apelor de suprafață*
- ◇ Timp de rezidență
  - *Volum adâncime*
  - *Debite de intrare    Debite de ieșire*
- Condiții morfologice
- ◇ Variația adâncimii lacului
  - *Suprafața lacului*
  - *Volumul adâncimea lacului*
- ◇ Structura cantitativă & substratul patului lacului
  - *Dimensiunea granulelor*
  - *Volumul apei    densitate*
  - *Compoziția părților componente*
  - *Vârsta și rata sedimentelor*
- ◇ Structura malului lacului
  - *Lungime*
  - *Compoziția speciilor ripariene*
  - *Vegetația acoperitoare*
  - *Caracteristicile ahviunilor*

⇒ **Parametrii Biologici**

- Faună de nevertebrate
  - *Abundență*
  - *Diversitate*
  - *Prezența taxonilor sensibili*
  - *Compoziție*
- Pești
  - *Abundență*
  - *Diversitate*
  - *Prezența taxonilor sensibili*

*Ciclul de viață structura pe vârste*

- Fitobentos

  - Abundență*

  - Compoziție*

  - Prezența taxonilor sensibili*

- Macrofite

  - Abundență*

  - Compoziție*

  - Prezența taxonilor sensibili*

- Fitoplancton

  - Abundență*

  - Compoziție*

  - Biomasă*

  - Frecvența / intensitatea înfloririi*

⇒ **Parametrii de poluare**

- **Poluanți sintetici specifici**

  - Lista substanțelor prioritare stabilite de DCA*

  - Alte substanțe în funcție de presiunile din bazin*

- **Poluanți ne-sintetici specifici**

  - Lista substanțelor prioritare stabilite de DCA*

  - Alte substanțe în funcție de presiunile din bazin*

### **2.3.2.4 Aspecte caracteristice hidromorfologice**

Caracteristicile cheie pentru elementele hidromorfologice sunt redate în Anexa 1

### **2.3.2.5 Trăsături specifice parametrilor fizico-chimici**

Caracteristicile cheie pentru elementele de calitate sunt redate în Anexa 2

### **2.3.2.6 Frecvența monitoringului pentru calitatea apei din lacuri**

Nu sunt prevăzute frecvențe de monitoring obligatorii în Directiva Cadru a Apei.

Frecvența trebuie aleasă astfel încât să se obțină un nivel acceptabil de încredere și precizie. Estimările privind încrederea și precizia obținute prin sistemul de monitoring folosit ar trebui să fie prezentate în cadrul Planului de Management al Bazinului Hidrografic.

Frecvența de monitoring va fi selectată ținându-se cont de variabilitatea parametrilor rezultați atât din condițiile naturale cât și cele antropice. Perioada în care se întreprinde monitoringul trebuie aleasă astfel încât să se minimizeze impactul variațiilor sezoniere asupra rezultatelor și să se asigure că rezultatele reflectă schimbările în corpul de apă ca rezultat al schimbărilor datorate presiunilor

antropice. Monitoring suplimentar pe perioada diferitelor sezoane ale aceluiași an poate fi realizat, acolo unde este necesar, în vederea atingerii obiectivelor.

**Frecvența monitoringul de supraveghere**

Pentru perioada de monitoring de supraveghere, frecvența parametrilor indicatori pentru elementele de calitate fizico-chimice redate mai jos ar trebui aplicată doar dacă ar fi justificate intervale mai largi pe baza cunoștințelor tehnice și judecății experților. Pentru elementele de calitate biologică și hidromorfologică, monitoringul trebuie realizat cel puțin o dată pe perioada monitoringului de supraveghere.

**Frecvența monitoringul operațional**

Pentru monitoringul operațional, frecvența de monitorizare a parametrilor trebuie aleasă de către statele membre în vederea obținerii de date suficiente pentru o evaluare solidă a stării elementelor de calitate relevantă. O recomandare este ca monitoringul să se desfășoare în intervale de timp care să nu depășească cele prezentate în tabelul 2.8, [73], de mai jos, doar dacă intervale mai ample sunt justificate pe baza cunoștințelor tehnice și judecății experților.

**Frecvența de monitorizare a parametrilor de calitate**

**tabelul 2.8**

<b>Element de Calitate (EC)</b>	<b>Râuri</b>	<b>Lacuri</b>	<b>Transfrontaliere</b>	<b>Costiere</b>
<b>Biologice</b>				
Fitoplancton	6 luni	6 luni	6 luni	6 luni
Altă floră acvatică	3 ani	3 ani	3 ani	3 ani
Macronevertebrate	3 ani	3 ani	3 ani	3 ani
Pești	3 ani	3 ani	3 ani	
<b>Hidromorfologice</b>				
Continuitate	6 ani			
Hidrologie	continuu	1 lună		
Morfologie	6 ani	6 ani	6 ani	6 ani
<b>Fizico-chimice</b>				
Condiții termale	3 luni	3 luni	3 luni	3 luni
Regim de Oxigen	3 luni	3 luni	3 luni	3 luni
Salinitate	3 luni	3 luni	3 luni	3 luni
Starea nutrienților	3 luni	3 luni	3 luni	3 luni
Starea acidificării	3 luni	3 luni		
Alți poluanți	3 luni	3 luni	3 luni	3 luni
Substanțe prioritare	1 lună	1 lună	1 lună	1 lună

### **2.3.2.7 Elemente specifice lacurilor de acumulare**

► **Pentru lacurile de acumulare, mai sunt necesare următoarele informații :**

- anul punerii în funcțiune;
- modul de curățire al cuvetei la punerea în funcțiune;
- modul de folosință al terenurilor din bazin;
- caracteristici climatice;
- caracteristici morfometrice ale lacurilor: cote talveg, nivel normal de retenție, nivel minim de exploatare, volumul și suprafață lacului la nivel normal de retenție și la nivel minim de exploatare, lungimea maximă, lungimea malurilor;
- caracteristici hidrologice: debitul mediu multianual, variația debitelor și a cantităților totale de apă afluentă și efluentă;
- modul de exploatare a lacurilor: debitul de servitute, debitele maxime, zone cu apă stagnantă, timpul de retenție al apei în lac (minim, maxim, mediu), [73].

► **Puncte de prelevare :**

Prelevarea de probe se efectuează, pentru un lac, de la următoarele amplasamente.

- intrarea principalilor influenți în lac;
- în zone de adâncime maximă;
- la ieșirea din lac, care la acumulări corespunde cu zone de adâncime maximă;
- în cazul în care lacul are o suprafață mare, în afară de zona cu adâncime maximă, se mai aleg și unul sau mai multe puncte în mijlocul lacului ;
- până la o lățime de 400-500 m este suficient un singur punct de prelevare pentru fiecare profil, stabilit, în general pe firul văii ;
- în profunzime, nivelele de prelevare sunt legate de:
  - suprafața apei, la 20-30 cm sub oglinda de apă;
  - limita zonei fotice - zona care permite cel puțin 1% din lumina incidentă și care, în general, corespunde unei adâncimi de până la 3,5 ori transparență măsurată cu discul Secchi;
  - fundul lacului.

Pe întreaga adâncime a lacurilor, probele vor putea fi prelevate la nivele fixe (de obicei 10 m).

În cazul când numărul de probe depășește capacitatea laboratorului, se mărește intervalul între nivelele de prelevare în hipolimnion.

Recoltarea de probe se face sezonier, atât în timpul circulațiilor de primăvară și toamna, cât și în timpul sezonului rece al anului; în lunile de vară, prelevarea probelor este indicat a se face lunar sau/și ori de câte ori se semnalează modificări sesizabile ale calității apei (înfloriri), [73].

► **Indicatori de monitorizare a calității lacurilor de acumulare :**

În ceea ce privește indicatorii de monitorizare a lacurilor de acumulare aceștia sunt redați în tabelul 2.9, [65].

**Indicatori de monitorizare a calității lacurilor**

**Tabelul 2.9**

Tipul indicatorilor	Articole II.	Determinant
<b>Section 2.01 I. INDICATORI FIZICO-CHIMICI</b>		
1.1. Generali		- temperatura, turbiditate, culoare.
1.2. Regim de oxigen		- OD (mg/l/saturație), CCO-Mn, CCO-Cr, CBO <sub>5</sub> , COT.
1.3. Capacitate tampon		- pH, alcalinitate , CO <sub>2</sub> liber, duritate (DT, pH), HCO; - CO <sub>2</sub> , Ca <sub>2+</sub> , Mg <sub>2+</sub> , SO <sub>4</sub> <sup>-</sup> , e <sup>-</sup> liber.
1.4. Salinitate		- conductivitate, Na <sup>+</sup> , K <sup>+</sup> , Cl <sup>-</sup> , reziduu fix.
1.5. Nutrienți		- NH <sub>3</sub> , NO <sub>2</sub> ; organic, total, O- PO <sub>4</sub> <sup>-</sup> , PI, SiO <sub>2</sub> , II
1.6. Metale grele		- Fe, Mn, Cd, Pb, Cu (sedimente).
1.7. Pesticide		
<b>2. INDICATORI BIOLOGICI</b>		
Caracterizare grad trofie		- numărul organismelor fitoplanctonice; - biomasa fitoplanctonică; - analiza calitativă a fitoplanctonului; - producție primară brută; - producție primară netă; - concentrație clorofilă <i>a</i> , număr de organisme zooplanctonice; - biomasa zooplanctonică; - analiza calitativă a zooplantonului; - respirație; - numărul organismelor bentonice; - biomasa organismelor bentonice; - analiza calitativa a bentonului.

Pentru caracterizarea gradului de trofie mai sunt considerați și următorii indici :

- a) Capacitatea de mineralizare aerobă a materiei organice din apa lacului, exprimat prin raportul CCMn (mg O<sub>2</sub>/l): OD (mg/l), la care pentru lacurile naturale sau de mare adâncime, cu un timp de retenție de peste un an semnificația este trecută în tabelul 2.10:

Tabelul 2.10

Tipul lacului	Raport (%)
oligotrof	0 - 30
mezotrof	30 - 100
eutrof	peste 100

b) factori limitativi ai eutrofizării (P, N, Si, C), tabelul 2.11 :

Tabelul 2.11

Tipul lacului	PT (mg/l)	Mineral total (mg/l)
oligotrof	0,03	0,3
mezotrof	0,15	1,5
eutrof	0,15	1,5

c) Indici de productivitate, tabelul 2.12 :

Tabelul 2.12

Tipul lacului	Biomasa fitoplanctonică (mg/l)
oligotrof	10
mezotrof	10-20
eutrof	20

d) Specii de organisme (Euglena sp.).

Pentru lacurile de acumulare se va da prioritate criteriului de saturație minime în oxigen și biomasa plantonică. La cele cu un timp de retenție de 2-5 zile caracterul trofic poate fi precizat numai din biomasa fitoplanctonică și productivitatea piscicolă.



### III. MODELAREA PROCESELOR HIDRODINAMICE ȘI ECOLOGICE ÎN LACURI DE ACUMULARE.

#### 3.1 Modelarea interacțiunii curentului lichid cu patul mobil al albiei

Transportul de sedimente și curgerea apei pe albie sunt procese independente care nu pot fi dissociate și analizate separat nici în cele mai severe ipoteze acceptabile din punct de vedere fizic. Având în vedere că, de regulă, regimul fazei lichide este neuniform și nepermanent, se impune - construirea unor modele matematice pentru simularea interacțiunii fazei lichide cu faza solidă în situații nestaționare, evolutive în timp.

Elementele de bază ale unor astfel de modele, realizate în cea mai simplă descriere matematică și anume prin schematizare unidimensională, [49].

##### 3.1.1 Ipoteze și ecuații de bază

Pentru evoluția fazei lichide se consideră ecuațiile Saint Venant, sub forma :

- ecuația de continuitate:

$$\frac{\partial h}{\partial t} + V \frac{\partial V}{\partial x} + V \frac{\partial h}{\partial x} = 0 \quad (3.1)$$

- ecuația de mișcare:

$$\frac{\partial V}{\partial t} + V \frac{\partial V}{\partial x} + g \frac{\partial h}{\partial x} + g \frac{\partial \xi}{\partial x} + g \cdot S_r = 0 \quad (3.2)$$

Pentru transportul de aluviuni se poate deduce o ecuație de continuitate a debitului solid sub forma (Cunge J. A, ș.a., 1980):

$$(1 - p) \cdot \tilde{B} \frac{\partial \xi}{\partial t} + \frac{\partial Q_s}{\partial x} = 0 \quad (3.3)$$

la care trebuie să se adauge o relație de calcul pentru debitul total de aluviuni exprimată prin formula generală:

$$Q_s = Q_s ( V , h ). \quad (3.4)$$

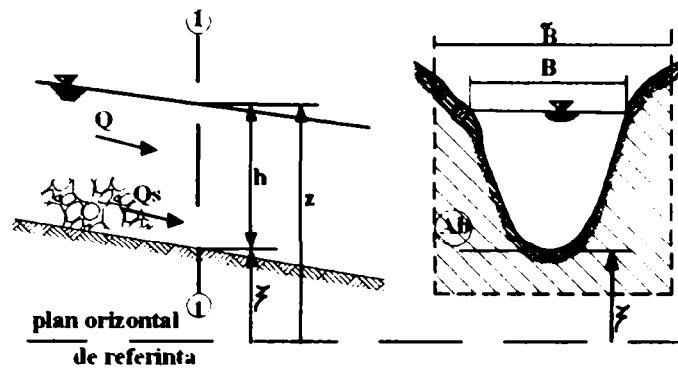


Figura. 3.1. Schema și notații pentru curgerea pe albie cu pat mobil.

În ecuațiile de mai sus apar trei variabile dependente principale și anume:

- Adâncimea curentului,  $h$ ,
- viteza medie a curgerii,  $V$ ,
- cota patului albiei față de un plan orizontal de referință,  $\xi$ .

Variabilele independente sunt poziția spațială în lungul curentului,  $x$ , și timpul  $t$ .

Prin  $S_f$  s-a notat panta liniei energetice (panta de frecare) în regim staționar,  $p$  este porozitatea materialului din patul albiei,  $\tilde{B}$  reprezintă lățimea secțiunii transversale afectată de transportul de aluviuni, iar  $Q_s$  este debitul volumic solid transportat (Figura. 3.1).

Dacă într-o secțiune dată 1-1, se admite o arie de referință a patului albiei,  $A_b$ , atunci ecuația (3.3) se poate pune și sub forma:

$$(1-p) \cdot \tilde{B} \frac{\partial A_b}{\partial t} + \frac{\partial Q_s}{\partial x} = 0 \quad (3.5)$$

Coefficientul  $(1-p)$  se înlocuiește uneori cu raportul greutatei specifice a materialului din pat în stare uscată.

Ecuațiile (3.1) la (3.4) leagă cele trei funcții necunoscute  $h(x, t)$ ,  $q(x, t)$ , de variabilele independente  $x$  și  $t$ . Referitor la faza solidă, deși procesele de eroziune și sedimentare au în realitate un caracter tridimensional (datorat curenilor secundari și repartitiei neuniforme a vitezei, caracteristici geomorfologice etc. din secțiune), se acceptă schematizarea unidimensională prin ecuația (3.3) sau (3.5), în scopul construirii unui model lucrativ.

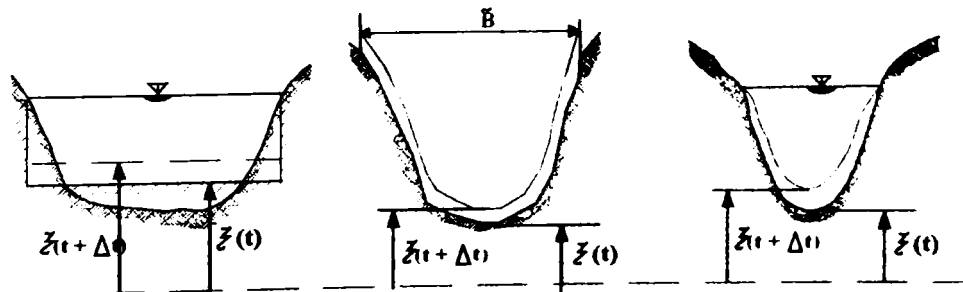


Figura. 3.2. Variante de ajustare a profilului transversal, [49].

Ecuția (3.4) este necesară pentru completarea setului de ecuații derivate parțiale care formează modelul și ea reprezintă formulare simbolică a unei relații de calcul a debitului solid total de sediment, pentru care se poate utiliza:

- fie o relație de tip Einstein ca  $\Phi_i = A_i \cdot \Psi_i^{B_i}$ , adică  $\Phi = f(\Psi)$ ;
- fie o relație de tip Velikanov ca  $C_m = f(\alpha, \beta)$ , adică  $C_m = f(\alpha, \beta)$ ;
- fie o relație ca  $\frac{C_m \cdot V \cdot h}{\sqrt{g \cdot \bar{\rho}_s \cdot d}} = 10,39 \left( \frac{\bar{\rho}_s \cdot d}{h \cdot S_f} \right)^{-2,52}$ , cu  $C_m = f(V, h, d, \rho_s)$ .

Oricărui model conceptual bazat pe ecuațiile (3.1) ÷ (3.4) trebuie să i se atașeze relații sau reguli care să lege modificarea secțiunilor transversale de eroziune sau depunere de sedimente, funcție de modificarea cotei patului  $\xi$

Cele mai simple schematizări înlocuiesc secțiunea transversală reală cu o secțiune dreptunghiulară echivalentă, pe care o încarcă (depunere) sau adâncesc (eroziune) în mod uniform pe lățime. În alte modele se modifică uniform secțiunea reală, pe tot perimetrul cuprins sub lățimea  $\tilde{B}$ , sau se admite o modificare diferențiată pe lățime, doar sub nivelul suprafeței libere ( Figura .3.2 ).

Modelele simplificate consideră panta liniei energiei, Sf dată printr-o relație de tip explicit, folosind forma Manning-Strickler pentru coeficientul Chezy, astfel că:

$$S_f = \frac{V^2}{K_s^2 \cdot R^{4/3}} \quad (3.6)$$

Totuși, în cazul albiilor aluvionare, s-au dezvoltat modele pentru regimul permanent în care se ține seama de formațiunile de fund, iar coeficientul global de rezistență depinde de tipul acestor formațiuni (dune, ripluri, fund plat, etc.). În această situație, panta de frecare nu se mai poate exprima direct, ci rezultă dintr-o relație implicită de forma generală:

$$\varphi(S_f, V, h, d, \dots) = 0 \quad (3.7)$$

cu d,... termeni corespunzând caracteristicilor patului, coeficienți experimentali etc.

În oricare variantă de modelare, ecuațiile cu derivate parțiale, neliniare, nu permit găsirea unei soluții analitice, dar metodele orientate pe calculator pot furniza soluții numerice.

Experiența arată că în general, scara de timp a fenomenelor de propagare a undei fazei lichide este cu mult mai redusă decât scara de timp a modificărilor profilului longitudinal al patului. Se știe că timpul de propagare al unei unde de viitura pe un sector de râu de lungime dată este de

ordinul orelor/zilelor, în timp ce o perturbare a patului poate să aibe durate de ordinul anilor pentru aceeași distanță. Această constatare permite simplificarea algoritmilor de rezolvare.

### 3.1.2 Clasificarea modelelor matematice pentru curgeri pe alpii

O clasificare a modelelor matematice pentru curgeri pe alpii cu pat mobil se poate face după :

- forma ecuațiilor folosite în model
  - modele conținând ecuațiile complete de regim nepermanent , adecvate pentru simularea proceselor rapid variabile
  - respectiv modele cu ecuații simplificate pentru faza lichidă, care se regăsesc în cazul proceselor lent variabile.
  
- modul de exprimare a pantei de frecare  $S_f$ 
  - modele în care  $S_f$  se exprimă printr-o relație explicită ca (3.6)
  - modele cu  $S_f$  dat implicit prin una sau mai multe relații de forma (3.7)

### 3.1.3 Condiții la limită folosite în aplicații practice

#### 3.1.3.1 Tipuri de condiții la limită

Indiferent de tipul modelului adoptat pentru curgerea pe alpii cu pat mobil, pentru integrarea ecuațiilor și găsirea soluției este necesar să se specifice diverse *condiții la limită*. Nu orice tip de model are însă nevoie de același număr de astfel de condiții. În plus, funcție de problema analizată, pot să fie necesare condiții la frontierele interne ale sistemului (acolo unde ecuațiile de baza își pierd local valabilitatea: baraje, confluențe, deversoare etc.).

Tipurile de condiții la limite frecvent folosite în aplicațiile practice sunt următoarele:

- debitul lichid și debitul solid specificate ca funcții de timp, la frontiera amonte, de forma:

$$Q(x=0, t) = f_1(t); \quad Q_s(x=0, t) = f_2(t); \quad (3.8,a)$$

- cota suprafeței libere specificată în funcție de timp sau o relație cunoscută (cheia limnometrică a secțiunii) între adâncime și debitul lichid, la frontiera aval, de forma:

$$z(x=L, t) = f_3(t) \quad \text{sau} \quad h(x=L) = f_4[Q(x=L)], \quad (3.8,b)$$

- cota patului albiei ca funcție de timp, impusă la una dintre frontiere, sub forma:

$$\xi(x=L, t) = f_5(t) \quad \text{sau} \quad \xi(x=0, t) = f_6(t), \quad (3.8,c)$$

prin care se, poate modela o condiție de pat neerodabil ( $f_5 = \xi^* = \text{const.}$ ) ,dragarea după o regulă precizată ș.a.

### 3.1.3.2 Condiții pentru frontierele interioare

Pentru frontierele interioare pot apărea situații ca:

- variația bruscă a secțiunii transversale a albiei, reprezentată prin condițiile :

$$Q_{j+1} = Q_j ; \quad Q_{j+1} = Q_j ;$$

$$z_{j+1} + \frac{V_{j+1}^2}{2g} + \zeta \frac{(V_j - V_{j+1})^2}{2g} = z_j + \frac{V_j^2}{2g} \quad (3.9,a)$$

- confluența a doua albie cu secțiunile a și b în amonte de joncțiune, respectiv secțiunea c pe cursul principal, în aval de joncțiune, reprezentată prin relațiile:

$$Q_c = Q_a + Q_b ; \quad Q_c = Q_{s_a} + Q_{s_b} ; \quad z_c + \frac{V_c^2}{2g} = z_a + \frac{V_a^2}{2g} = z_b + \frac{V_b^2}{2g} \quad (3.9,b)$$

- baraj în albie, pentru care se vor specifica două condiții asupra debitelor:

$$Q_{j+1} = Q_j ; \quad Q_{s_{j+1}} = f(Q_s) \quad (3.9,c)$$

și o condiție privind cota suprafeței libere: fie  $Z_j = f(t)$ , și fie relația  $Q_j(z_j)$  a stavilei, deversorului etc., cu barajul în secțiunea j ;

- afluent lateral încărcat cu sedimente, pentru care se specifică debitele laterale  $Q_{af}(t)$  și  $Q_{saf}(t)$ , iar condițiile de compatibilitate vor fi:

$$Q_{i+1} = Q_i + Q_{af}(t) ; \quad Q_{s_{i+1}} = Q_{s_i} + Q_{saf}(t)$$

$$Q_{i+1} = Q_i + Q_{af}(t) ; \quad Q_{s_{i+1}} = Q_{s_i} + Q_{saf}(t) \quad z_{i+1} + \frac{V_{i+1}^2}{2g} + \zeta \frac{(V_i - V_{i+1})^2}{2g} = z_i + \frac{V_i^2}{2g} \quad (3.9,d)$$

cu afluentul indus între secțiunile de calcul j și j+1. Spre exemplu, dragarea locală între cele două secțiuni se poate modela precizând  $Q_{saf}(t) < 0$  și  $Q_{af}(t) = 0$ .

### 3.1.3.3 Date de intrare folosite pentru modelele de transport de sedimente

Datele de intrare necesare în aceste modele de transport de sediment includ pe lângă cele specificate în legătura cu ecuațiile Saint Venant și o serie de date referitoare la faza solidă, cum ar fi:

- distribuția dimensiunii particulei medii în lungul patului și eventual pe fracții granulometrice;

- măsurători în secțiunea transversală asupra debitelor solide în suspensie și târâte, eventual cu specificarea dimensiunilor particulelor (în vederea calibrării ecuațiilor folosite sau pentru impunerea condiției la limită amonte);

- înregistrări pe termen lung ale evoluției globale a profilului longitudinal pe sectorul de interes, în scopul verificării modelului de simulare numerică.

În unele modele se utilizează graficul  $C_m = f(\alpha, \beta)$  precizat sub forma din figura 3.3, [49], în care parametrul  $b$  este definit prin:  $b = \frac{I \cdot \alpha^{1/6}}{(v \cdot h)^{1/6}}$  și care, pentru un sediment cu  $\rho_s$  dat, se constata că este:

$$b = \frac{const}{(\beta')^3} \quad (3.10)$$

Limitele superioară și inferioară se deduc prin măsurători pe sectorul de albie de interes, domeniul dintre ele corespunzând condițiilor de echilibru morfologic (fără antrenarea/depunerea de aluviuni, ci doar cu transportarea celor provenite din amonte).

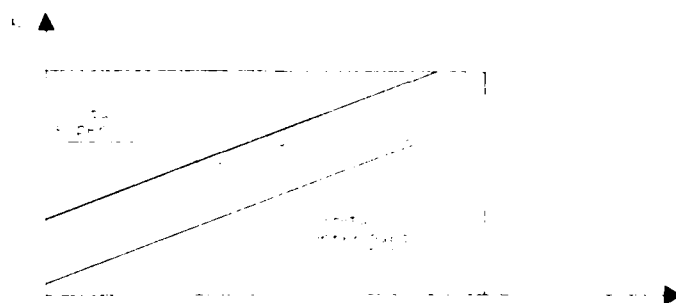


Figura. 3.3. Domeniul de variație pentru  $C_m=f(b)$ .

În alte modele se utilizează formule de tip *Einstein*, pentru care trebuie cunoscuți coeficienții adecvați cazului analizat.

În problemele de transport aluvionar este acceptată o precizie mai redusă privind calculul fazei lichide acesta simplificând schematizarea geometrică a secțiunilor transversale de calcul deoarece, oricum, este dificil de evaluat modificarea lor corectă datorită curenților laterali, neuniformității structurii geomorfologice etc.

În multe aplicații ingineresti care urmăresc evoluția globală pe termen lung, a profilului longitudinal al albiei, se admite că aceasta este schematizată printr-o secțiune dreptunghiulară echivalentă.

Din punct de vedere matematic, impunând diverse ipoteze se poate arăta că ținând seama de sistemul de ecuații cu derivate parțiale care guvernează procesul de curgere pe albii cu pat mobil, are trei direcții caracteristice în planul  $(x, t)$ , vitezele caracteristice  $c = \frac{dx}{dt}$  fiind soluțiile ecuației :

$$-c^3 + 2Vc^2 + \left(gh - V^2 + g \frac{\partial Q_s}{\partial V}\right) \cdot c + g \left( h \frac{\partial Q_s}{\partial h} - V \frac{\partial Q_s}{\partial V} \right) = 0 \quad (3.11)$$

În fiecare punct P din domeniul soluției în planul  $(x,t)$ , inclusiv frontierele, se intersectează trei curbe caracteristice ale căror direcții corespund rădăcinilor ecuației (3.11)

Pentru curgeri subcritice (cu  $V^2 < gh$ ), pe frontiera amonte pătrund în domeniu caracteristicile C1, C3 și iese din domeniu C2 (ca în Figura. 3.3). iar pe frontiera aval pătrunde o singură caracteristică. C2 și iese doua (C1 și C3).

Pe frontiera  $t=0, x_0 \leq x \leq x_L$  (condiții inițiale), este evident că pătrund în domeniu trei caracteristici.

În concluzie, pentru ca problema curgerii pe albii cu pat mobil, în regim subcritic, să fie corect formulată, este necesar să se specifice:

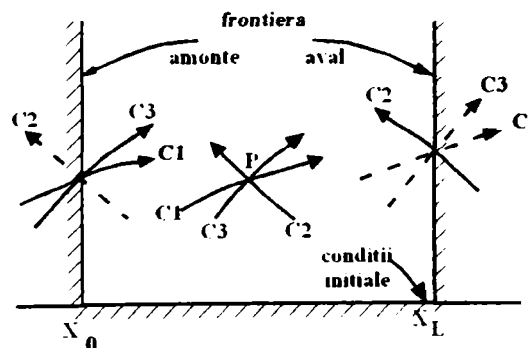
- trei condiții inițiale: valorile  $V(x,0)$ ,  $h(x,0)$  și  $\xi(x,0)$  la  $t=0$ , pentru  $x_0 \leq x \leq x_L$ ;
- două condiții, funcții de timp, la limita amonte  $x=0$ , de forma :

$$Q(x=0, t) = f_1(t); \quad Q_s(x=0, t) = f_2(t); \quad (3.12)$$

-o condiție, funcție de timp, la limita aval  $x=L$ , de forma :

$$z(x=L, t) = f_3(t) \quad \text{sau} \quad h(x=L) = f_4[Q(x=L)] \quad (3.13)$$

Două rădăcini ale ecuației (3.11) corespund celerității undelor suprafeței libere și au valori mult mai mari decât cea de-a treia rădăcină, reprezentând celeritatea perturbațiilor patului albiei. Din această cauză este adesea acceptabil să se studieze evoluția perturbațiilor patului neglijând derivatele în raport cu timpul din ecuațiile Saint Venant (admițând regim cvasistaționar pentru faza lichidă).



**Figura. 3.4. Structura caracteristicilor la curgerea subcritică pe pat mobil**

Dacă în ecuațiile Saint Venant se neglijează  $\partial h/\partial t$  și  $\partial V/\partial t$ , se admite  $p=0$  și

$$B = \tilde{B} = I, cu Q(t) = const., F_r = \frac{V}{\sqrt{gh}} si h = z - \xi \text{ în locul acestor ecuații rezultă sistemul:}$$

$$\begin{cases} (1 - F_r^2) \frac{\partial z}{\partial x} + F_r^2 \frac{\partial \xi}{\partial x} + S_f(V, h) = 0 \\ \left( \frac{\partial Q_s}{\partial h} - \frac{V}{h} \cdot \frac{\partial Q_s}{\partial V} \right) \frac{\partial z}{\partial x} + \frac{\partial \xi}{\partial t} - \left( \frac{\partial Q_s}{\partial h} - \frac{V}{h} \cdot \frac{\partial Q_s}{\partial V} \right) \frac{\partial \xi}{\partial x} = 0 \end{cases} \quad (3.14)$$

cu necunoscutele  $z(x,t)$  și  $\xi(x,t)$ . Pentru  $F_r \neq 1$ , ecuațiile (3.14) formează un sistem hiperbolic neliniar, având două direcții caracteristice care se găsesc sub forma:

$$c_1 = \lim_{dt \rightarrow 0} \left( \frac{\partial x}{\partial t} \right)_1 = \infty \quad (3.15)$$

$$c_2 = \lim_{dt \rightarrow 0} \left( \frac{\partial x}{\partial t} \right)_2 = \frac{V \frac{\partial Q_s}{\partial V} - h \frac{\partial Q_s}{\partial h}}{h(1 - F_r^2)} \quad (3.16)$$

Prima caracteristică  $c_1$  este paralelă cu axa  $Ox$  și celeritatea undei de suprafață tinde către infinit.

Valoarea  $c_2$  reprezintă celeritate micilor perturbații ale patului albiei, de ordinul a  $(0,1 \div 50) \cdot 10^{-4} \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ .

Pentru rezolvarea problemei sunt necesare: două condiții inițiale pentru  $z(x,0)$  și  $\xi(x,0)$ ;

O condiție la limita amonte pentru  $Q_s(0,t)$  și o condiție la limita aval pentru faza

Sub aspect matematic, sistemul complet și respectiv sistemul (3.14) se referă la probleme diferite. Condițiile inițiale (3.15), (3.16) pentru problema se vor specifica pe o caracteristică ( $c_1$  este paralela cu axa  $Ox$ ) și trebuie impuse astfel încât  $z(x,0)$ ,  $\xi(x,0)$  și  $V(x,0)$  și să satisfacă sistemul complet de ecuații (cu ipotezele menționate) pentru ca soluția să fie corectă.

Simplificarea considerat ( $\partial h/\partial t=0$  și  $\partial V/\partial t=0$ ) corespunde unei ipoteze false din punct de vedere fizic și poate conduce la erori în unele probleme practice.

De exemplu, considerând un baraj pe o albie cu regim hidraulic permanent, este evident că în amonte de baraj se vor depune aluviuni și deci adâncimea apei într-o secțiune dată va fi variabilă în

timp, adică  $\frac{\partial h}{\partial t} \neq 0$ , astfel că ecuația de continuitate  $\frac{\partial Q}{\partial x} = 0$  nu va fi respectată.

Din această cauză, algoritmul de integrare a ecuațiilor simplificate trebuie să admită regimul hidraulic permanent, pe pași de timp rezonabili, dar cu ajustarea secțiunilor transversale de la un pas la altul.



## **3.2 Modelarea eroziunii solului folosind tehnologia Sistemelor Informaționale Geografice GIS**

### **3.2.1 Scopul modelării eroziunii solului utilizând tehnici geoinformaționale GIS**

Menirea unui GIS în activitatea de combatere a eroziunii solului trebuie să fie aceea de a asigura achiziția, stocarea și prelucrarea de date în vederea obținerii de informații care să poată caracteriza sintetic, în orice moment starea și evoluția proceselor de degradare a terenurilor prin eroziune, torențialitate, scurgeri și sedimentare, în scopul luării unor decizii în timp util în legătură cu:

- ⇒ folosirea intensă a terenurilor mai puțin sau mai mult degradate și neproductive, datorită eroziunii și proceselor asociate (alunecări, compactări etc.);
- ⇒ stabilirea celor mai potrivite structuri ale folosințelor pe terenurile în pantă cu potențial erozional;
- ⇒ reducerea procesului de eroziune pe terenurile agricole în limite tolerabile;
- ⇒ asigurarea unui control permanent al scurgerilor superficiale de pe versanți și a celor concentrate în rețeaua formațiunilor torențiale;
- ⇒ diminuarea procesului de poluare cu chimicale (nutrienți și pesticide) provenite de pe terenurile agricole în pantă datorită scurgerilor erozionale;
- ⇒ ***protecția lacurilor de acumulare împotriva colmatării accelerate și a poluării prin reducerea la minim a transportului de aluviuni și chimicale de pe versanți;***
- ⇒ evitarea proceselor de inundare și colmatare a terenurilor și a altor obiective social – economice situate la baza versanților, ca efect al sedimentării cu materiale aluvionare rezultate din eroziune.

Folosirea sistemelor geoinformaționale în domeniul enunțat mai sus se impune și se justifică mai ales datorită posibilităților oferite pentru analiza multitudinii de factori care intervin în declanșarea și desfășurarea proceselor erozionale, a costurilor ridicate și a timpului mai îndelungat necesare pentru monitoringul lor prin alte metode, mai ales pe arii întinse, [3], [4], [7], [11],

### **3.2.2 Localizarea geografică a spațiului**

Pentru crearea a bazei de date grafice și de tip atribut și pentru procesarea acestor date, în vederea stabilirii riscului erozional, folosind tehnica GIS, cercetările din cadrul acestui model se rezumă la suprafața bazinului de recepție al acumulării care urmează a fi studiată, [30], [42],

Vor fi făcute precizări asupra:

- cursurilor de apă care alimentează acumularea
- reliefului
- panta versanților

- suprafața bazinului de recepție
- lungimea albiei principale de scurgere
- panta medie a talvegului de
- folosințele predominante ale terenului
- studiu pedologic

### 3.2.3 Modelul matematic

Determinarea pierderilor de sol prin eroziune în suprafață s-a realizat cu "ecuația universală a eroziunii solului" – USLE (Universal Soil Loss Equation), care în condițiile țării noastre se aplică sub forma:

$$E = K \cdot S \cdot L^m \cdot i^n \cdot C \cdot C_c \quad (3.17)$$

unde: E (t / ha-an) – este pierderea anuală de sol prin eroziunea în suprafață;

K (t / ha-an) – erozivitatea zonală; pierderi de sol pe zone de agresivitate pluvială;

$L^m$  (m) – lungimea în sensul scurgerii (pantei);

$i^n$  (%) – panta medie a terenului în lungul scurgerii;

S – erodabilitatea solului (funcție de tipul de sol);

C – factor de influență a folosințelor, culturilor și lucrărilor solului;

$C_c$  – factor de influență a măsurilor de conservare a solului existente.

### 3.2.4 Modelul digital

Pentru crearea bazei de date georeferențiate ce intră în ecuația menționată, se utilizează **procedeele raster**, constând din suprapunerea peste documentele cartografice (planuri și hărți) a unei grile rectangulare de celule pătrate. , [4].

Pentru stabilirea coeficienților de erodabilitate (S) conform distribuției tipurilor de sol (cartării pedologice) și a valorii parametrilor privind influența culturilor și a folosinței terenului (C) se pot folosi planuri de situație furnizate de către instituții abilitate.

Valoarea erozivității zonale (K) – semnificând pierderile de sol pe zone de agresivitate pluvială stabilite în funcție de indexul de agresivitate  $H-I_{15}$ , se obținute din harta erozivității .Elementele caracteristice ale topografiei terenului

- pante ale terenului –  $i$ ,
- lungimi ale versantului în sensul scurgerii -  $\lambda$  și direcții de scurgere) au fost obținute cu ajutorul modelului digital al terenului (MNT) .

În scopul determinării pierderilor medii anuale de sol, pentru fiecare celulă a rețelei rectangulare georeferențiate în spațiu (prin coordonate geodezice) se aplică succesiv ecuația universală a eroziunii solului (USLE).

Prelucrarea computerizată a datelor stocate, după program / software specific aplicației, în cadrul sistemului GEO GRAPH, prin folosirea hărților numerizate (exprimate digital) și a stratificării datelor georeferențiate (*tehnica „overlay”*) oferă posibilitatea obținerii în final a unor informații deosebit de utile asupra evoluției calității solurilor, a “producției de aluviuni”, a pierderilor de elemente nutritive etc. ce afectează fertilitatea și recolta agricolă caracteristică acestor soluri, prin ieșiri / rapoarte sub formă de tabele, grafice, imagini și hărți tematice (la scara dorită), Figura.3.5, , [4].

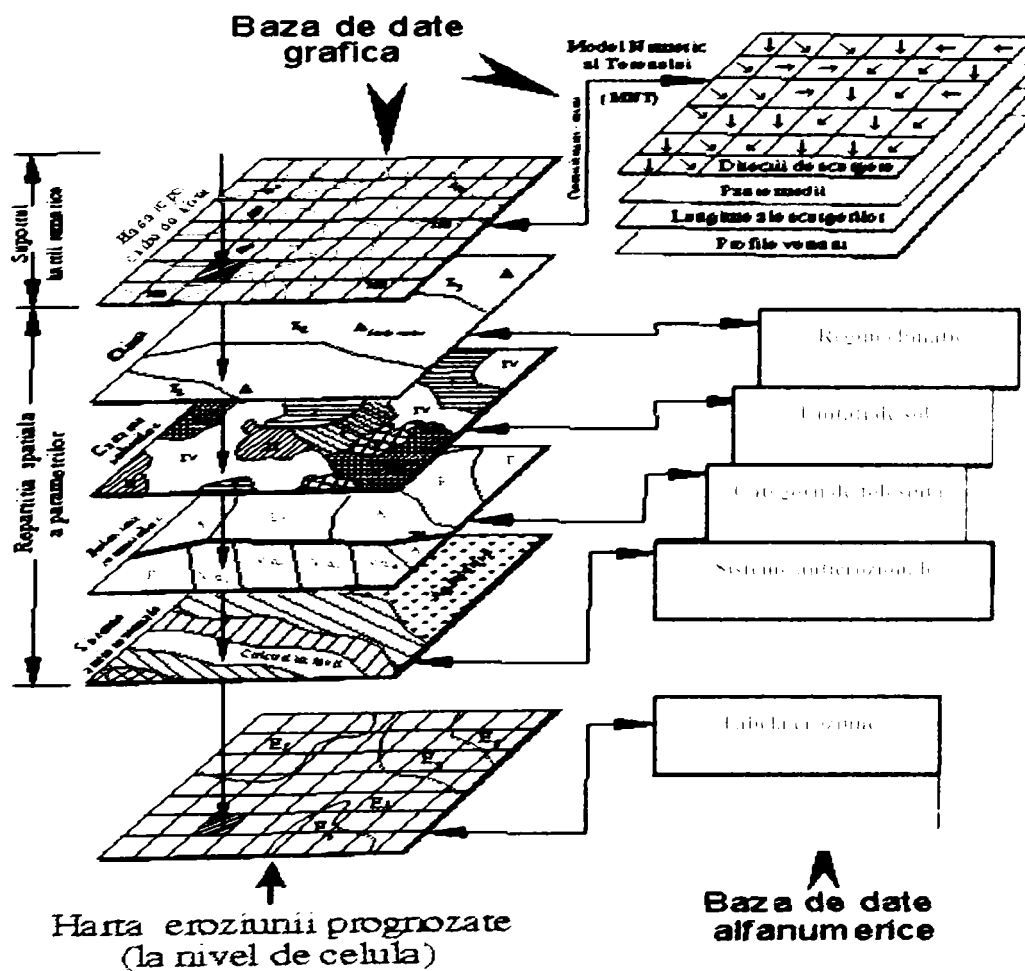


Figura. 3.5.– Stratificarea datelor georeferențiate pentru studiul eroziunii solului prin tehnica „overlay”

### 3.2.5 Tehnologia de realizare a Modelului Digital al Terenului

Modelul Numeric (Digital) al Terenului (MNT/MDT) este un instrument matematic care permite reprezentarea numerică / digitală a unei porțiuni oarecare din suprafața terestră. Din punct de vedere informatic, un model numeric de teren se prezintă ca un fișier unde datele sunt organizate sub formă

de matrice, în care fiecare valoare reprezintă altitudinea unui punct. Plecând de la această bază de date altimetrice se pot obține un număr mare de produse, îndeosebi referitoare la: pantă, expoziție, vederi în perspectivă, profiluri prin diferite secțiuni etc.

În GIS – uri, aceste modele constituie un strat fundamental pentru că parametrii topografici condiționează un număr mare de procese, precum: scurgerea pe versanți, eroziunea, sedimentarea etc.

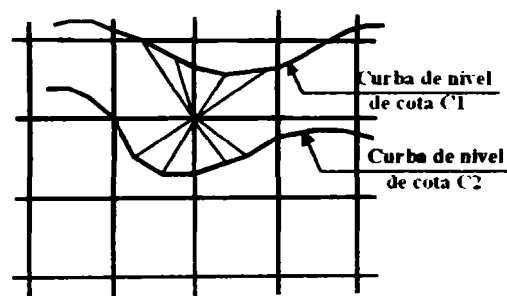
**Modelul Numeric de Teren (MNT)** se obține cu ajutorul unei interpolări (interpolarea reprezentând operația fundamentală pentru exploatarea unei informații punctuale / discrete).

Se adoptată o metodă de interpolare locală și anume **metoda mediilor ponderate**. În cadrul acestei metode, altitudinea unor puncte (a nodurilor grilei pentru cazul prezentat) se stabilește printr-o combinație liniară a altitudinilor punctelor măsurate în vecinătate și a căror pondere se determină în funcție de inversul distanței ce le separă față de poziția sau interpolarea care se stabilește.

În scopul reducerii timpului de procesare, la căutarea punctelor de pe curbele de nivel în apropierea punctului interpolat s-a impus restricția de a lua în considerare cercetarea unui număr total de 8 puncte cu cotă cunoscută și aflate în cele 4 quadrante ale grilei (Figura 3.6).

Conform principiului mediilor ponderate, altitudinea unui punct necunoscut ( $H_i$ ) se determină plecând de la altitudinile punctelor măsurate ( $H_j$ ) după relația de mai jos, unde  $x$  și  $y$  sunt coordonatele iar  $p$  ponderile.

$$H_i = \frac{\sum p_j H_j}{\sum p_j} ; p_j = \left[ \sqrt{(x_i - x_j)^2 + (y_i - y_j)^2} \right]^{-n} \quad (3.18)$$



**Figura. 3.6 – Căutarea celor mai apropiate puncte distribuite radial într-un quadrat**

În etapa imediat următoare se vor calcula cotele medii ale celulelor grilei, ca medie aritmetică a cotelor celor patru noduri ce formează colțurile celulei, obținându-se astfel primul strat informațional.

Exploatarea MNT a avut în vedere posibilitatea spațializării informației, adică a obținerii de informații în orice punct al arealului studiat, a unei suprafețe sau câmp de informații continue.

În acest sens, se urmăresc trei obiective importante:

⇒ calculul pantelor și orientărilor versanților;

- ⇒ determinarea direcțiilor de scurgere a apei pe versanți;
- ⇒ trasarea unor profiluri prin versant (transversale sau longitudinale).

Elementele de mai sus sunt necesare pentru calculul factorilor topografici din ecuația pierderilor de sol.

Din punct de vedere matematic, panta și orientarea sunt corect determinate, dacă suprafața este descrisă printr-o funcție analitică (gradient al suprafeței); în cazul de față, acești doi parametri trebuie redefiniți pentru fiecare pixel (celulă) în parte.

$$I = \frac{0,17 + 0,12i + 0,017i^2}{6,613} \quad (3.19)$$

Înclinarea terenului I se calculează pornind de la valoarea pantei i (exprimată în procente - %), după relația lui Wischmeier și Smith, 1965.

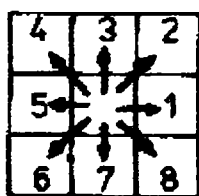
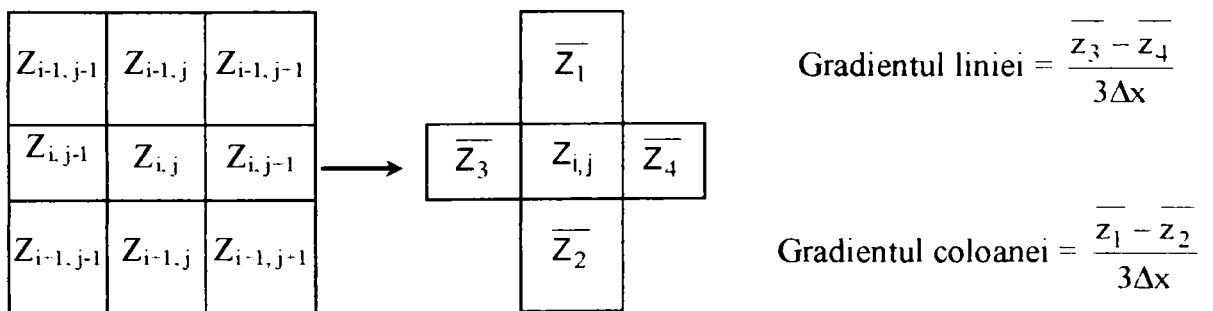
Parametrul marcând lungimea versantului pe direcția pantei s-a determinat cu relația:

$$L = \left(\frac{\lambda}{22,14}\right)^m \quad (3.20)$$

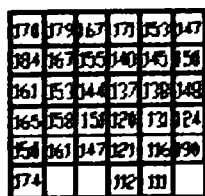
unde:  $\lambda$  - lungimea pantei în proiecție orizontală (m);

m – parametru cu valoarea variind între 0,3 și 0,6;

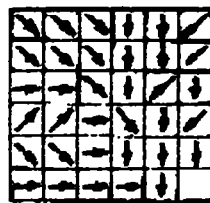
Calculul pantelor (gradientilor) și orientărilor se face după 8 direcții, plecând de la altitudinea medie a pixelilor, ambii parametri fiind estimați prin utilizarea unei ferestre. Pentru direcția liniilor și respectiv a coloanelor se utilizează relațiile:



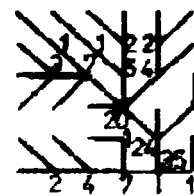
a.



b.



c.



d.

Figura. 3.7 – Analiza scurgerii pe versanți utilizând metoda raster GIS:

- a.) determinarea direcției de scurgere după una din cele 8 posibile;
- b.) reprezentarea suprafeței terenului în model raster (cote medii).
- c.) direcțiile de scurgere corespunzătoare gridului din (b);
- d.) rețea de concentrare a scurgerilor echivalentă cu (c) și (d).

Acest algoritm stă la baza primei prelucrări în cadrul sistemului informațional proiectat „MNT”.

- ◆ Fișiere de intrare pentru rularea programului MNT.
  - ✓ fișierul „curbe”;
  - ✓ fișierul „grila”;
  - ✓ fișierele „layere”.
- ◆ Rularea programului MNT pe bazin hidrografic a generat operații ca :
  - ✓ cota medie a fiecărei celule;
  - ✓ direcția de scurgere în fiecare celulă;
  - ✓ panta medie în fiecare celulă.
- ◆ Fișiere de ieșire din MNT.
  - ✓ Fișierele de tip coordonate;
  - ✓ Fișierele coduri de culoare;
  - ✓ Fișierele de ale sistemului de referință la care se raportează desenul ;
  - ✓ Fișierele unde sunt memorate culorile pe fiecare layer în vederea reprezentării grafice;
  - ✓ Fișierele de unde sunt salvate valorile numerice rezultate în urma prelucrării;
  - ✓ Fișierele de salvare a straturilor informaționale rezultate în urma prelucrării .

Straturile informaționale obținute din MNT sunt :

- ⇒ Harta hipsometrică;
- ⇒ Harta expoziției versanților, stratul informațional al direcțiilor de scurgere, grupate pe coduri de culoare asociate punctelor cardinale ;
- ⇒ Harta declivității reliefului, stratul informațional al pantelor medii a pixelilor ;

Un avantaj al Modelului Numeric de Teren este acela de a putea executa profiluri rapid și automat prin versanții bazinului hidrografic.

### **3.2.6 Procesarea straturilor informaționale în vederea determinării pierderilor de sol cu software GEO – GRAPH**

Procesarea folosește ca date de intrare toate straturile procesate în fazele anterioare. Procesarea straturilor informaționale, [4]:

- a. fișiere de intrare
- b. rulare program
- c. fișiere rezultate

Denumirea straturilor:

- stratul stratului ce conține informația topografică ;
- stratul cu informația asupra distribuției categoriilor de folosință ;
- stratul cu informația asupra cartării unităților de sol ;
- stratul cu informația asupra distribuției perimetrelor cu sisteme antierozionale ;
- stratul ce conține cu informații asupra pierderilor de sol prin eroziune ;

### **3.2.7 Prezentarea straturilor informaționale.**

Scopul final, este de a prognoza pierderilor de sol prin eroziunea hidrică în funcție de factorii ce intervin în acest proces.

Prin facilitățile oferite de tehnica GIS, se poate determina eroziunea în două cazuri:

- eroziune potențială
- eroziune efectivă.

Vor fi generate hațuri statice care vor evidenția straturile informaționale pentru eroziunea potențială și eroziunea efectivă.

### **3.2.8 Analiza și interpretarea rezultatelor**

Una din principalele funcții ale unui GIS o reprezintă interogarea bazei de date, această funcție diferențiind sistemele CAD de sistemele GIS. Pentru realizarea interogării este necesară setarea tipului de Sistem de Gestiune a Bazei de Date ce se utilizează în cadrul interogării cât și a tipului de interogare.

Meniul principal al sistemului GEO – GRAPH conține un buton prin apelarea căruia se deschid anumite câmpuri. Acest meniul permite selectarea următoarelor comenzi:

- setarea S.G.B.D. –ului utilizat la interogarea informațiilor alfanumerice;
- setarea opțiunii de interogare criterială tematică a informațiilor grafice și alfanumerice;
- setarea opțiunii de încadrare a obiectului ce urmează a fi selectat, în fereastra activă.

În cadrul sistemului se pot utiliza două tipuri de interogări:

- pe „chei” Fox.
- prin comenzi SQL.

**Avantajele** folosirii comenzilor SQL sunt multiple:

- interogarea poate fi făcută de pe orice strat informațional încărcat; baza de date fiind relațională, vor fi obținute informațiile dorite;
- existența tabelor virtuale fac posibile analize criteriale prin interogare de tabele diferite din baza de date alfanumerice;

► posibilitatea de a executa statistici asupra informațiilor obținute în urma prelucrărilor, dacă pentru valorile coeficienților  $C$ ,  $S$ ,  $C_s$  s-ar fi putut aprecia cu o oarecare aproximație, suprafețele aferente, direct de pe planurile de situație, în cazul parametrilor de relief (pantă, direcții de scurgere) și a eroziunii, în cadrul bazinului studiat, acest demers nu ar fost posibil decât prin tehnica GIS.

### 3.2.9 Validarea rezultatelor obținute din modelarea erozională

Pentru validarea modalității de estimare a pierderilor de sol prin eroziune folosind tehnica Sistemelor Informaționale Geografice / Teritoriale, datele obținute pot fi comparate cu cele rezultate din studiul asupra gradului de colmatare al acumulărilor.

Pentru stabilirea gradului de colmatare (a efluenței aluvionare și a ritmului mediu anual de colmatare) vor fi efectuate:

- ⇒ măsurători batimetrice și nivelitice pentru determinarea volumului de apă din acumulări;
- ⇒ determinări ale grosimii stratului de aluviuni depuse și a naturii lor litologice;
- ⇒ prelevări și analize ale unor probe de apă în vederea stabilirii turbidității la intrarea și ieșirea din acumulări cât și în diferite zone ale acestora.

Se urmărește evidențiere ratei de colmatare, ca medie a colmatării de-a lungul unei perioade de 10 ani calculându-se totodată și efluență aluvionară.

Efluența aluvionară se determină parcurgând etapele:

**a.) Calculul eroziunii medii ponderate ( $E_{mp}$ ) cu relația:**

$$E_{mp} = \frac{\sum E_i \cdot S_i}{\sum S_i} \quad (\text{t/ha}\cdot\text{an}) \quad (3.21)$$

în care:

$E_i$  – eroziunea efectivă (pierderea de sol specifică) medie anuală cvasiconstantă pe diferite suprafețe ( $S_i$ ) din bazinul hidrografic aferent unei acumulări (t/ha·an);

**b.) Estimarea efluenței aluvionare medii multianuale ( $E_{ad}$ ) la ieșire din bazinele hidrografice:**

$$E_{ad} = E_{total} \cdot C_{ef} \quad (3.22)$$

unde:

$$E_{total} = E_s + E_{ad} + E_d + E_h \quad (3.23)$$

în care:

$E_{total}$  este eroziunea totală (t/ha·an)

$E_s$  – eroziunea în suprafață (t/ha·an);  $E_s = E_{mp}$

$E_{ad}$  – eroziunea în adâncime (t/ha·an);

$E_d$  – eroziunea de pe rețeaua de drumuri din b.h. ( $m^3$ /ha·an);



$E_h$  – sedimente provenite din eroziunea malurilor neconsolidate sau localități rurale sau adâncirea albiilor rețelei hidrografice (t/ha·an);

$C_{ef}$  - coeficient de efluență (reducție) aluvionară.

Valorile acestui coeficient se determină cunoscând suprafața bazinului de recepție luat în studiu, pe baza graficului: "Curba coeficientului de reducție – după G.F. RENFRO".

Valorile efluenței aluvionare estimate prin tehnica GIS, în cazul unui bazin hidrografic, trebuie să se apropie semnificativ de cele obținute prin măsurători efectuate în teren .

În comparație cu alte procese de evaluare a potențialului productiv al unor terenuri agricole de procese permanente de degradare, tehnicile GIS oferă factorilor decizionali în managementul teritorial, informații în timp real și la un cost mult mai scăzut.

Cercetările asupra degradării în timp a terenurilor prin eroziune, va putea fi realizată prin diversificarea metodelor de achiziție a datelor, dezvoltarea și actualizarea permanentă a bazelor de date, dar și prin utilizarea unor modele matematice de simulare precum WEPP , GRASS, AGPNS. Toate acestea vor facilita extinderea gamei de informații obținute în urma procesării din cadrul sistemului informațional și perfecționarea modalităților de prezentare (expunere) a informațiilor, prin sinteze lunare, anuale sau pentru evenimente pluviale singulare, inclusiv sub formă de grafice și hărți tematice de estimare a eroziunii solului, a efluenței aluvionare și de nutrienți etc., la scara dorită.

### **3.3 Modelarea numerică a stratificării termice a apei în lacuri**

#### **3.3.1 Descrierea modelului**

Ciclul termic sezonier într-un lac se impune prin aporturile de energie termică și mecanică în planul apei și transportul acestora în coloana de apă. Stratificarea termică este un proces deosebit de important cu consecințe majore asupra funcționării globale a lacului. Această structură este verticală și poate fi perturbată de curenții longitudinali.

Amestecurile din epilimnion sunt în principal asigurate prin convecție penetrantă și prin turbulență, în timp ce în hipolimnion, procesele de amestec sunt de tip difuziv, turbulența fiind generată prin forfecarea locală la nivelul termoclin. Undele interne sunt principalele surse de amestec și de schimb între hipolimnion și straturile limită de la fund sau de la nivelul hipolimnionului.

Modelarea hidrodinamică și termică vizează reproducerea comportamentului fizic al unui lac ca răspuns la aporturile de energie termică și mecanică și se impune ca o funcție de obiectivele de studiu și de datele disponibile. Modelul dezvoltat este unul global, bazat pe climatologia regiunii și

pe morfologia lacului (fetch) și prezintă avantajul că nu trebuie calibrat. Totuși, această aproximare nu ne permite să luăm în considerație în mod corect specificitatea lacului studiat.

Potrivit cercetătorilor Imberger și Patterson (1981), variațiile longitudinale ale temperaturii într-un lac sunt neglijabile în comparație cu cele verticale, atunci când lacul este stratificat. În acest context, evoluția temperaturii este convenabil de calculat cu un model unidimensional vertical, ce va considera numai variațiile de temperatură în funcție de adâncimea apei.

### 3.3.2 Ecuțiile modelului termic

Studiul evoluției unui lac cu ajutorul modelării numerice, constă într-un model care să rezolve ecuațiile nepermanente ale evoluției fluidului, cunoscându-se condițiile inițiale și la limită. La ecuațiile punctuale ce descriu mișcările fluidului (ecuațiile Navier-Stokes, ecuația de continuitate și ecuație de stare) se adaugă și ecuația de transfer termic, deoarece temperatura determină densitatea apei și rezolvarea ecuațiilor trebuie să fie cuplată.

Fluctuațiile mărimilor fizice și mecanice în curgerile turbulente conduc la descompunerea vitezei turbulente într-o componentă medie și una variabilă. Pentru modelele unidimensionale se face o medie spațială după axele  $x$  și  $y$ . În cazul modelelor unidimensionale verticale nu se ia în considerație modelul de circulație. Aplicând aproximările hidrostactice modelul global se reduce la un submodel vertical și un submodel orizontal, în care variabilele sunt medii pe suprafața  $A(z)$ .

*Tabel 3.1. Ecuțiile modelului termic unidimensional vertical*

Submodelul vertical	$\frac{1}{A} \frac{\partial AT}{\partial t} = -\frac{1}{A} \frac{\partial}{\partial z} (\overline{AT'W'}) - \frac{1}{\rho_0 C_p} \frac{\partial Q}{\partial z}$
Submodelul orizontal	$\begin{cases} \frac{\partial AW}{\partial z} = B(U_e - U_s) \\ \frac{1}{A} \frac{\partial AT}{\partial t} + W \frac{\partial T}{\partial z} = B(U_e T_e - U_s T) \end{cases}$
Ecuția de stare	$\rho = \rho_0 [1 - \alpha(T - T_0)^2]$

Datorită faptului că în modelul dezvoltat nu s-au simulat intrările râului, în continuare insistăm asupra descrierii submodelului vertical care este fundamental în simularea stratificării termice din planul apei. Construirea unui model termic unidimensional vertical de stratificare constă în rezolvarea următoarei ecuații de bilanț termic :

$$\underbrace{\frac{\partial T}{\partial t}}_{\text{Variația}} = - \underbrace{\frac{\partial}{\partial z} \overline{T'W'}}_{\text{transportul}} - \underbrace{\frac{1}{\rho_0 C_p} \frac{\partial Q}{\partial z}}_{\text{sursele locale}} \quad (3.24)$$

Variația                      transportul                      sursele locale

O dificultate majoră în studiul hidrodinamic al lacurilor constă în încorporarea fenomenelor de transport turbulent, responsabile de stratificarea termică în repartizarea verticală a energiei de amestec.

Modelul se bazează pe rezolvarea ecuației energiei cinetice turbulente, care permite descrierea amestecului vertical pentru toate adâncimile.

### 3.3.3 Parametrizarea fenomenelor considerate

Schimburile la interfața apă-atmosferă (Figura.3.8.),[17], iau în considerație la fiecare moment de timp două mecanisme distincte:

- Transferul de energie prin:
  - radiația de origine solară ce penetrează în masa de apă ( $RS$ );
  - radiația de origine atmosferică ( $RA$ );
  - radiația emisă de masa de apă ( $RE$ );
- Transferul de energie prin transportul turbulent de căldură datorat evaporației ( $CE$ ) și transportul turbulent de căldură datorat convecției termice ( $CV$ ).

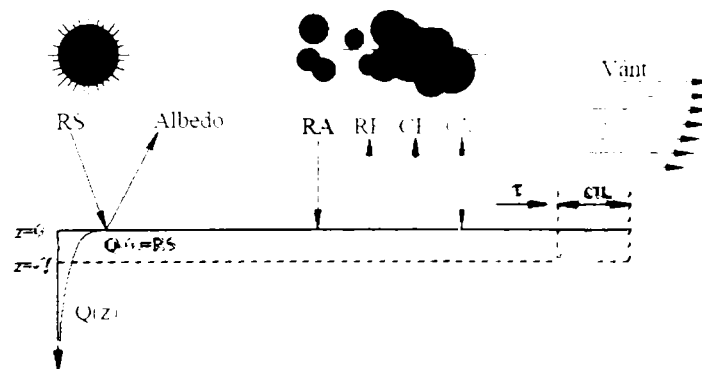


Figura 3.8. Schimburile de energie la interfața apă-atmosferă

Radiația solară ( $RS$ ) ce penetrează în apă suferă fenomene de absorție și difuzie care sunt datorate moleculelor de apă și materiilor dizolvate sau în soluție existente. Singura radiație ce poate penetra în coloana de apă la o adâncime mai mare de 1 m este radiația undelor scurte, aparținând domeniului vizibil, ce poate fi exprimată cu următoarea lege exponențială :

$$R_z = R_{SO} (1 - albedo) (1 - \beta) \exp^{-\eta(z_{surf} - z)}, \quad \text{unde } \eta = \frac{1.70}{z_{SD}} \quad (3.25)$$

Radiația atmosferică (RA) este acea parte a energiei solare directe absorbită de diferiții constituenți ai atmosferei (O<sub>3</sub>, CO<sub>2</sub> și H<sub>2</sub>O) și este cea dată de :

$$RA = \varepsilon_a \sigma_a T_a^4 (1 + kC^2) = 0.937 \cdot 10^{-5} \cdot 5.67 \cdot 10^{-8} \cdot (T + 273)^6 \cdot (1 + 0.17C^2) \quad (3.26)$$

Suprafața apei emite o radiație (RE), al cărei spectru este cuprins între (6.8 și 100) μm și care se calculează pornind de la legea *Stephan-Boltzmann*

$$RE = \varepsilon_e \sigma T_e^4 = \varepsilon_e \sigma (T_e + 273)^4 (1 + kC^2) \quad (3.27)$$

Radiația reflectată din planul apei se numește *albedo* și depinde de nebulozitate, de proprietățile de reflexie și absorbție ale apei, de starea de agitație de la suprafața apei și de înălțimea unghiulară a soarelui. Valoarea sa medie este de 6%.

Fluxul turbulent de căldură latentă (CE) este estimat cu următoarea formula empirică:

$$CE = L(T_e) \rho_a e (U_2) (QE - QA), \quad (3.28)$$

Unde :  $L(T_e) = (2500.9 - 2.365 T_e) 10^3$ ,

$$QA = \frac{0.622 \cdot e}{(p_{am} - 0.378 \cdot e)}$$

Fluxul turbulent de căldură sensibilă (CV) este dat de relația:

$$CV = \rho_a \cdot C_{pa} \cdot e (U_2) (T_e - T_a) \quad (3.29)$$

Deoarece vântul suflă la suprafața apei, energia acestuia este transmisă masei de apă printr-un cuplu de frecare ce creează la suprafața apei un curent de derivă și valuri. Forța de frecare exercitată de vânt este reprezentată printr-o tensiune tangențială:

$$\tau_a = \rho_a C_D U_{10}^2 \quad (3.30)$$

Prin analogie putem defini viteza de forfecare în apă  $u^*$  :

$$\tau_e = \rho u_*^2 \quad (3.31)$$

Deoarece forța de frecare este aceeași pentru cele două straturi limită (aer și apă), putem scrie :

$$\tau_e = \tau_a, \quad \rho_a C_D U_{10}^2 = \rho_e u_*^2 \quad (3.32)$$

Energia mecanică adusă de vânt este transformată la nivelul masei de apă în energie cinetică turbulentă  $\frac{dE_c}{dt} = \tau U_e$ . Această viteză este dificil de măsurat, însă ea este de același ordin de

mărime cu viteza de forfecare  $u^*$ . În general, energia cinetică turbulentă raportată la suprafața lacului de către vânt, este calculată cu formula:

$$\frac{dE_C}{dt} = \rho_e u_*^3, \text{ unde } u_* = U_{10} \sqrt{\frac{\rho_a C_L}{\rho_e}} \quad (3.33)$$

### 3.3.4 Ecuțiile de turbulență în modelul termic

Ecuțiile diferențiale ce stau la baza modelului hidrodinamic și termic sunt prezentate în tabelul 3.2. În ecuația de conservare a momentului nu se iau în considerație gradientii de presiune orizontală.

*Tabel 3.2. Ecuțiile modelului propus de Gaspar*

Ecuția de conservare a căldurii	$\frac{\partial T}{\partial t} = -\frac{\overline{\partial T'W'}}{\partial z} - \frac{1}{\rho_0 C_p} \frac{\partial Q}{\partial z}$
Ecuția de conservare a momentului	$\frac{\partial U}{\partial t} = -fk \times \overline{U} - \frac{\partial}{\partial z} (\overline{U'W'})$
Ecuția de conservare a energiei cinetice turbulente	$\frac{1}{2} \frac{\partial E}{\partial t} = -\overline{U'W'} \frac{\partial U}{\partial z} - \frac{\partial}{\partial z} \left[ \overline{W' \left( \frac{P'}{\rho_0} + \frac{E}{2} \right)} \right] - \frac{g \rho' W'}{\rho_0} - \varepsilon$

Fluxurile verticale turbulente sunt parametrizate utilizând conceptul clasic al difuzivitate turbulente. Condițiile limită la suprafață asigură continuitatea fluxului de transfer la interfața aer-apă. Condițiile la limită, datorate fluxului termic turbulent sunt schimburi termice la interfață, iar tensorul forțelor Reynolds la suprafață este proporțional cu  $u_*^2$ .

$$\overline{T' \cdot W'} \Big|_{z=0} = (RA - RE - CE - CV) \frac{1}{\rho_0 \cdot C_p} = M_0 \quad (3.34)$$

$$\overline{U' \cdot W'} \Big|_{z=0} = -u_*^2$$

Fluxul de energie cinetică turbulentă indus la suprafață prin fluctuațiile de presiune și energie cinetică turbulentă este proporțional cu  $u_*^3$ .

$$\overline{W' \left( \frac{P'}{\rho_0} + \frac{E}{2} \right)} \Big|_{z=0} = -mu_*^3 \quad (3.35)$$

Daca neglijam efectele difuziei ce traversează interfața, condițiile limită la baza stratului de amestec, induc antrenarea fluidului situat imediat deasupra acestei interfețe.

$$\overline{-T'W'} \Big|_{z=-h} = K_h \frac{\overline{\partial T}}{\partial z} \quad (3.36)$$

$$\overline{-U' \cdot W'} \Big|_{z=h} = K_m \frac{\overline{\partial U}}{\partial z}$$

Pentru un model unidimensional, termenii de advecție și de difuzie orizontală sunt neglijați, deci se poate utiliza un număr *Prandtl* egal cu unitatea. Difuzivitățile turbulente sunt legate de energia cinetică turbulentă prin următoarele relații:

$$K_m = c_k l_k \overline{e}^{\frac{1}{2}}, \quad K_h = \frac{K_m}{P_{rt}}, \quad K_\rho = \frac{K_m}{P_{rt}} \quad (3.37)$$

Considerând  $K_e = K_m$  fluxului vertical de energie cinetică turbulentă devine:

$$\overline{W' \left( \frac{P'}{\rho_0} + \frac{E}{2} \right)} \Big|_{z=0} = K_e \frac{\partial E}{\partial z} \quad (3.38)$$

Disipația este dată prin formula lui *Kolmogorov*, iar lungimile de disipație și de amestec sunt definite prin relațiile următoare:

$$\varepsilon = \frac{c_\varepsilon E^{3/2}}{l_\varepsilon}, \quad l_\varepsilon = \sqrt{(l_u l_d)}, \quad l_k = \min(l_u, l_d) \quad (3.39)$$

$$\text{unde } \frac{g}{\rho_0} \int_z^{z+l_u} [\overline{\rho(z)} - \overline{\rho(z')} ] dz' = \overline{e}(z), \quad \frac{g}{\rho_u} \int_z^{z-l_u} [\overline{\rho(z)} - \overline{\rho(z')} ] dz' = \overline{e}(z) \quad (3.40)$$

Pentru un fluid stratificat și stabil, cu un gradient de densitate constant avem:

$$l_u = l_d = 2\sqrt{l_b} \quad (3.41)$$

$$l_b = \frac{1}{\sqrt{e}N}$$

### 3.3.5 Funcționarea și calibrarea modelului termic

#### ➤ Discretizarea și schema numerică

Modelul hidrodinamic trebuie să permită reproducerea și cuantificarea mișcării apei din interiorul lacului. Alegerea discretizării spațiale și temporale decurge în urma unui compromis între obiectivele modelării, capacitatea de calcul disponibilă și datele disponibile.

Pentru ca modelul unidimensional vertical, să țină cont de variațiile termice longitudinale s-a reprezentat lacul ca fiind împărțit în straturi de adâncimi egale (1 m), presupuse omogene.

Profilurile termice sunt calculate rezolvând un sistem de ecuații ce constau în scrierea bilanțului termic pentru fiecare strat și fiecare pas de timp. Pentru rezolvare se va alege o schemă în diferențe finite, descentrată amonte, ce constă în aproximarea temperaturii printr-un ansamblu de funcții constante, fiecare fiind definită în centrul stratului.

➤ **Pasul de timp**

Alegerea discretizării temporale depinde de procesele simulate și de măsurătorile experimentale disponibile. În cazul modelului fizic, procesele de amestec sau aporturile de energie sunt în strânsă corelație cu parametrii meteorologici, iar aporturile de energie urmăresc în general un ciclu, deci o perioadă de 10 - 12 ore. Schimburile cu atmosfera, la fel ca și amestecul convectiv, au o scară de timp cuprinsă între câteva minute și câteva ore, de aceea, pentru modelul hidrodinamic, un pas de timp de trei ore este bine adaptat pentru reprezentarea variațiilor zilnice într-o perioadă relativ lungă de timp.

➤ **Calibrarea modelului hidrodinamic**

Modelul dezvoltat necesită următoarele date de intrare:

- date meteorologice (temperatura aerului uscat și umed, acoperirea cerului, viteza și unghiul vântului și radiația solară);
- morfologia lacului și curba hipsometrică.

În modelul hidrodinamic și termic intervin o serie de parametri ce necesită calibrare:

- energia cinetică turbulentă minimă;
- energia cinetică turbulentă la suprafață;
- difuzivitatea turbulentă ;
- coeficientul de schimb de căldură ;
- coeficient de transfer de umiditate.

Calibrarea constă în găsirea celui mai bun joc de parametri, cu valori fizice acceptabile, ce permit ajustarea modelului la datele observabile în practică. Pentru cuantificarea diferențelor dintre valorile calculate și cele măsurate ale temperaturii se va utiliza criteriul mediei pătrate a cărei valoare va fi secvențial minimizată:

$$S_1 = \frac{1}{N_{tot}} \sum_{i=1}^{N_{fn}} \sum_{j=1}^{N(j)} \frac{[T_i^{mas}(j) - T_i^{cal}(j)]^2}{\sigma_{don}^2} \quad (3.42)$$

Modelul trebuie asociat cu un program de cercetare experimentală a ecosistemului, care să permită atât acumularea cronologică de măsurări cât și cuprinderea unui număr diferit de mecanisme fundamentale specifice ecosistemului. Astfel, modelul permite testarea rolului acestor mecanisme ca răspuns al ecosistemului prin confruntarea calculelor și măsurărilor și aprecierea caracterului fundamental al mecanismelor și structurilor.

Modelul hidrodinamic are la bază rezolvarea ecuației cinetice turbulente, acest lucru oferind originalitate modelului hidrodinamic dezvoltat, deoarece marea majoritate a modelelor existente se

bazează fie pe parametrizarea coeficienților de difuzie, pomind de la numărul Richardson, fie pe ipoteza omogenității în epilimnion.

Utilizarea unui astfel de model prezintă următoarele avantaje:

- scările de lungime  $l_u$  și  $l_d$  au o semnificație fizică simplă, ele reprezentând distanțele de deplasare în sus sau în jos a unei particule lichide, ce convertește întreaga sa energie cinetică  $\bar{e}(z)$  în energie potențială.
- definițiile lungimilor de disipație și de amestec sunt combinații simple ale scărilor de lungime elementare  $l_u$  și  $l_d$ , neimplicând nici o altă constantă de etalonare suplimentară.

Lista simbolurilor utilizate la modelarea numerică a stratificării termice a apei în lacuri se găsesc în Anexa 3.

### **3.4 Modelarea biochimică a calității apei din lacuri**

#### **3.4.1 Descrierea modelului**

Necesitatea realizării unui model ecologic pentru un ecosistem lacustru este de a permite studiul calității apei și prevederea evoluției ecosistemului. Deoarece modelul biochimic necesită un număr mare de simulări, în modelul ecologic adoptat s-a separat modelul biochimic de cel fizic. Cuplarea modelului fizic cu cel biochimic s-a realizat prin introducerea datelor de ieșire ale modelului fizic ca date de intrare pentru modelul biochimic. Aceasta a permis un câștig de timp și o mai bună analiză a rezultatelor simulării,[16].

Modelarea are drept scop evidențierea condițiilor de mediu care controlează evoluția speciilor chimice și biologice și cuantificarea schimbărilor de concentrații din interiorul mediului lacustru. Pentru rezolvare s-a ales o schemă în diferențe finite, iar pasul de timp este de o zi.

Modelarea unui ecosistem este un instrument care permite descrierea dar și prevederea evoluției parametrilor fizico-chimici și biologic-ecologici ai ecosistemului acvatic, în funcție de factorii hidrologici, meteorologici și de modificările bazinului versant.

Fenomenele fizico-chimice și biologice care au loc în interiorul unui ecosistem acvatic sunt deosebit de complexe, de aceea o simplă analiză a datelor de pe teren nu este suficientă. Chiar dacă acestea ne oferă o apreciere a funcționării globale a ecosistemului sub influența anumitor factori, ea nu ne permite prevederea evoluției sistemului, optimizarea gospodăririi amenajării, astfel încât să se respecte și să se asigure criteriile de calitate a apei sau oferirea unor soluții pentru combaterea eutrofizării lacurilor. În vederea realizării acestor deziderate singura metodă este de a aborda problematica ecologiei ecosistemelor acvatice pe baza teoriei sistemice.

În cursul unui an condițiile climatice impun o anumită dinamică a maselor de apă dintr-un lac, astfel, în timpul perioadelor de amestec (primăvară și toamnă), ansamblul coloanei de apă este omogenizat. Transformările care au loc afectează atât coloana de apă cât și sedimentele, ele fiind de



fapt cuplaje între procesele biologice, chimice și fizice. Imediat după stabilirea stratificării termice, la nivelul unui lac se observă și apariția unei stratificări chimice, variațiile compoziției apelor lacustre reflectând activitatea ciclurilor biologice. Astfel, epilimnionul este în principal sub influența fenomenului de fotosinteză, în timp ce compoziția chimică a hipolimnionului este controlată de reacțiile de oxidare a materiilor organice. Datorită intensificării proceselor biologice, în zona fotică poate apărea o suprasaturație în oxigen, în timp ce din momentul în care apele se stratifică termic se stabilește anoxia. Stratificarea chimică se instalează cu o anumită întârziere față de stratificarea termică.

Dinamica distribuției speciilor chimice în mediul lacustru este strâns legată de activitatea biologică și de fenomenele de transfer din interiorul masei de apă a lacului. Astfel, în timp ce producătorii primari asimilează sărurile minerale, descompunătorii remineralizează materia organică produsă. Sinteza și degradarea generează modificări ale compoziției chimice a apelor implicând procese ce conduc la dispariția anumitor specii chimice și la producția de molecule organice. Repartiția speciilor chimice este legată de schimburile dintre speciile dizolvate sau în soluție și de particulele prezente în mediul lacustru.

### 3.4.2 Structura modelului biochimic

Speciile fitoplanctonice considerate sunt cele care au o biomasă importantă, grupând acele specii care au un comportament asemănător. Astfel se simulează numai specia de diatomee *Fragilaria crotonensis* și două specii de cianoficee *Anabaena macrospora* și *Anabaena flos-aquae*.

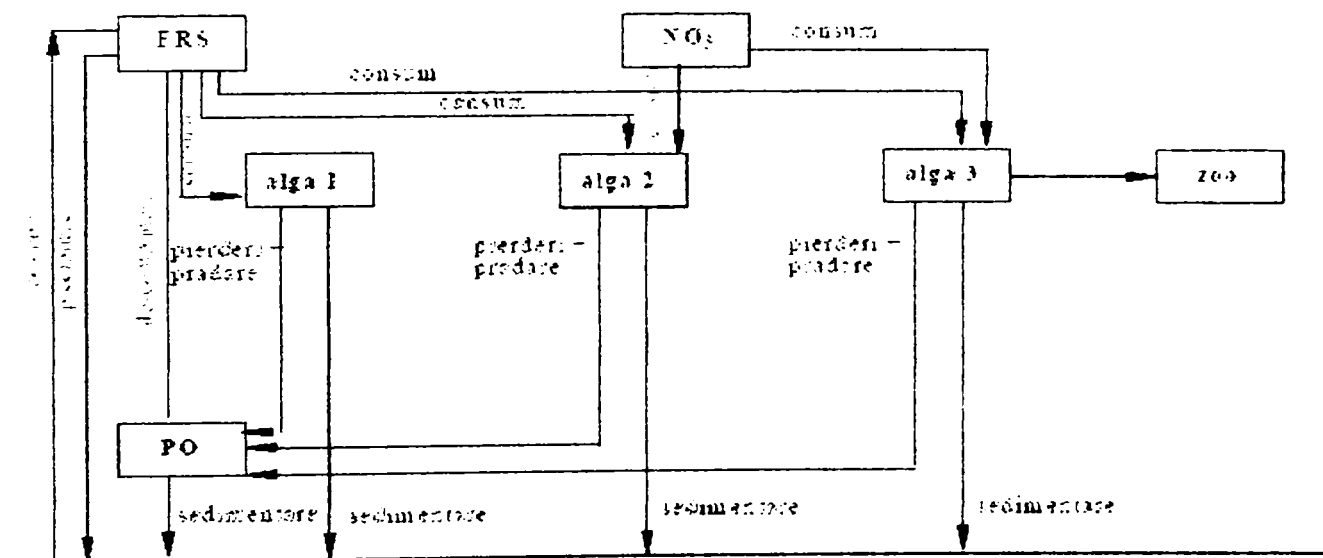


Figura 3.9 Schema conceptuală a modelului dinamicii fitoplanctonului,[16]

În ceea ce privește elementele nutritive, atenția s-a îndreptat cu precădere asupra ciclului fosforului, fosforul fiind elementul cheie al canalului trofic. Diferitele forme ale fosforului asimilabil sunt grupate sub forma fosforului reactiv solubil (FRS), compus în principal din

ortofosfați. Fosforul organic provine din excreții, resturi celulare sau alge moarte și formează cel de al doilea compartiment, care printr-o cinetica de descompunere alimentează compartimentul FRS. Algele și fosforul organic fac obiectul unei sedimentari. Atunci când mediul este anoxic, fosforul reactiv solubil este adsorbit pe hidroxizi ferici care participă la sedimentare.

Ciclurile azotului, carbonului și siliciului nu au fost simulate deoarece schimburile cu atmosfera sunt greu de luat în considerație. Astfel că măsurătorile nitraților vor fi utilizate ca date de intrare pentru producția primară a speciilor prezente în lac.

### 3.4.3 Ecuatiile modelului

Datorită faptului că există procese dificil de cuantificat nu este întotdeauna avantajos să simulăm toate nodurile canalului trofic, de aceea este necesar să construim un model care poate să explice cât mai bine posibil evoluțiile observate, având însă un minim de parametri de calibrat.

Acest model conține 5 ecuații și permite descrierea evoluției concentrațiilor celor trei tipuri de specii algale și a formelor fosforului,[16].

$$\frac{d[Fr]}{dt} = Pr od_{Fr} [Fr] - Pertes_{Fr} [Fr] + Sed_{Fr} [Fr] - Brout_{Fr} [Fr] \quad (3.43)$$

$$\frac{d[Anm]}{dt} = Pr od_{Anm} [Anm] - Pertes_{Anm} [Anm] - Brout_{Anm} [Anm] \quad (3.44)$$

$$\frac{d[Anf]}{dt} = Pr od_{Anf} [Anf] - Pertes_{Anf} [Anf] - Brout_{Anf} [Anf] \quad (3.45)$$

$$\frac{d[FRS]}{dt} = -\Psi (Pr od_{Fr} [Fr] + Pr od_{Anm} [Anm] + Pr od_{Anf} [Anf] - Decomp_{FO}) - Prec_{FRS} + Rel_{FR} \quad (3.46)$$

$$\frac{d[FO]}{dt} = -\Psi \left( \begin{array}{l} Petres_{Fr} [Fr] + Petres_{Anm} [Anm] + Petres_{Anf} [Anf] - Decomp_{FO} + \\ Sed_{FO} + Brout_{FR} [Fr] + Brout_{Anm} [Anm] + Brout_{Anf} [Anf] \end{array} \right) \quad (3.47)$$

Ecuatiile utilizează procese de transport și mecanisme specifice variabilelor chimice și biologice, cum ar fi: sedimentarea particulelor sau celulelor algale, reacțiile chimice și procesele biologice (fotosinteza, excreția, mortalitatea e.t.c.). Modelul termic realizat furnizează valorile temperaturii și luminii. Radiația utilizată pentru fotosinteză este egală cu jumătate din radiația primită la suprafața apei și este uniform repartizată pe adâncimea fiecărui strat elementar din coloana de apă.

### 3.4.3.1 Producția primară

În apele de suprafață procesele care produc schimburi la nivelul populației planctonice pot fi divizate în procese de creștere și procese de pierderi (sedimentarea, consumul de către zooplancton sau mortalitatea). Creșterea planctonică depinde de mai mulți factori dintre care cei mai importanți sunt lumina, temperatura și elementele nutritive și în acest context, cea mai mare parte a modelelor existente descompun rata de creștere în rata de creștere maximă care este limitată de trei funcții multiplicative ce depind de lumină, temperatură și nutrienți.

$$\text{Prod}_{Fr} = 2f_{Fr}(T) f_{Fr}(I) \min [f_{Fr}(\text{FRS}), f_{Fr}(\text{NO}_3)] [Fr]; \quad (3.48)$$

$$\text{Prod}_{Anm} = 2f_{Anm}(T) f_{Anm}(I) f_{Fr}(\text{FRS}) [Anm]; \quad (3.49)$$

$$\text{Prod}_{Anf} = 2f_{Anf}(T) f_{Anf}(I) f_{Anf}(\text{FRS}) [Anf]. \quad (3.50)$$

#### A. Rata de creștere maximă și influența temperaturii

Valorile ratei de creștere maxime sunt cuprinse într-o plajă largă și ele pot fi obținute pe cale experimentală sau prin calcule. Pentru speciile *Fragilaria crotonensis* și *Anabaena macrospora* vor fi utilizate rezultate de laborator, iar în ceea ce privește *Anabaena flos-aquae* se alege o valoare de 1,2. Formulele utilizate sunt:

$$f_{Fr}(T) = 0.146632 + 0.003178 \cdot T + 0.000166 \cdot T^2, \quad \text{dacă } T < 10^{\circ}\text{C}; \quad (3.51)$$

$$f_{Fr}(T) = 0.1664 + 0.0995 \cdot T + 0.00199 \cdot T^2, \quad \text{dacă } T \geq 10^{\circ}\text{C}; \quad (3.52)$$

$$f_{Anm}(T) = 0.095505 + 0.017741935 \cdot T + 0.00016129 \cdot T^2 \quad \text{dacă } T < 10^{\circ}\text{C}; \quad (3.53)$$

$$f_{Anm}(T) = 0.301 + 0.06275 \cdot T(w,k) - 0.00016129 \cdot T^2 \quad \text{dacă } T < 10^{\circ}\text{C}; \quad (3.54)$$

$$f_{Anf}(T) = 1,2 \exp(-2,3 r^2) \text{ și } r_{Anf} = \left| \frac{11 - T}{5} \right| \quad (3.55)$$

#### B. Influența luminii

Rata de creștere variază în cursul unei zile datorită influenței luminii. Lumina descrește exponențial cu adâncimea, iar adâncimea pentru care lumina este optimă depinde de valoarea luminii incidente, de specia considerată și de coeficientul de extincție. Pentru speciile *Anabaena macrospora* și *Fragilaria crotonensis* se utilizează rezultatele obținute de Dauta (1983) și Boumnick ș.a. (1990), care dau intensitatea luminoasă optimă funcție de temperatură:

$$I_{opt}^{Fr} = 72, \quad \text{dacă } T < 12^{\circ}\text{C}; \quad (3.56)$$

$$I_{opt}^{Fr} = -90 + 16.5 \cdot T - 0.3 \cdot T^2, \quad \text{dacă } T \geq 12^{\circ}\text{C};$$

$$I_{opt}^{Anm} = 85, \quad \text{dacă } T < 12^{\circ}\text{C}, \quad (3.57)$$

$$I_{opt}^{Anm} = 91 - 0.5 \cdot T - 0.14 \cdot T^2, \quad \text{dacă } T \geq 12^{\circ}\text{C}.$$

În cazul *Anabaenei flos-aquae*, Reynolds și Walsby (1975) consideră că fotosinteza suferă o inhibiție pornind de la o intensitate de 115  $\mu\text{E}/\text{m}^2\text{s}$ , astfel :

$$I_{opt}^{Anf} = 2.5 \cdot T \quad (3.58)$$

Calculul influenței exercitată de lumină asupra ratei de creștere ( $f(I)$ ) pentru speciile *Anabaena macrospora* și *Fragilaria crotonensis* s-a realizat utilizând formulele date de Peters și Eilers (1978):

$$f(I) = \frac{2 \frac{I}{I_{opt}}}{\left(\frac{I}{I_{opt}}\right)^2 + 2\beta \frac{I}{I_{opt}} + 1} \quad (3.59)$$

unde  $\beta=10^{-3}$  pentru *Fragilaria crotonensis* și  $\beta=10^{-2}$  pentru *Anabaena macrospora*.

Pentru *Anabaenei flos-aquae* s-a optat pentru expresia dată de Dauta (1983) și confirmată de Vicon Leite și Tassin (1990):

$$f_{Anf}(I) = \frac{I}{I_{opt}^{Anf}} \exp\left(1 - \frac{I}{I_{opt}^{Anf}}\right) \quad (3.60)$$

### C. Influența nutrienților

Pentru descrierea limitării ratei de creștere datorate nutrienților se utilizează ecuația dată de Monod:

- pentru *Anabaena flos-aquae* și *Anabaena macrospora*

$$f(P) = \frac{[FRS]}{[FRS] + K_p} \quad (3.61)$$

- pentru *Fragilaria crotonensis*

$$f(S) = \min ( f(P); f(N) )$$

$$\text{unde } f(P) = \frac{[FRS]}{[FRS] + K_p} \text{ și } f(N) = \frac{[NO_3]}{[NO_3] + K_N} \quad (3.62)$$

### 3.4.4 Viteza de sedimentare

Sedimentarea este principala cauză a pierderilor pentru speciile de talie mare precum *Fragilaria crotonensis*, mai ales atunci când acestea formează colonii care sunt greu consumate de către zooplancton. Speciile de *Anabaena* posedă un mecanism de reglare a flotabilității, prin prezența unor vacuole cu gaz, care le permite evitarea pierderilor ocazionale datorate sedimentării. Viteza de sedimentare este exprimată în funcție de raportul între pierderi și producție:

$$V_s = V_{s0} \frac{\sum \text{pierderi}}{\text{productie}} \quad (3.63)$$

$$Sed_{Fr} = \left[ V_{sed}^{Fr}(i+1)Fr(i+1) - V_{sed}^{Fr}(i)Fr(i) \right] \cdot \frac{A}{Vol} \quad (3.64)$$

unde  $V_{s0} = 0.10$  m/zi

### 3.4.5 Pierderile prin mortalitate și excreție

Deoarece nu se simulează ciclul carbonului, nu se consideră decât mortalitatea și excreția. În modelul dezvoltat pentru calculul pierderilor se utilizează următoarele expresii:

$$Pertes_{Fr} = \min\{0.2; (C_1T + C_2T([Anf] + [Anm]) + C_{11})\} [Fr] \quad (3.65)$$

$$Pertes_{Anm} = \left( C_3T + \frac{C_4T[Anf]}{[FRS]} \right) [Anm] \quad (3.66)$$

$$Pertes_{Anf} = \left( C_5T + \frac{C_6T[Anf]}{[FRS]} \right) [Anf] \quad (3.67)$$

### 3.4.6 Consumul de către zooplancton

Zooplanctonul exercită o acțiune importantă asupra fitoplanctonului, care din punct de vedere cantitativ favorizează speciile greu digerabile precum *Anabaena*, sau pe cele organizate în colonii precum *Fragilaria crotonensis*. În lucrarea de față pentru prădarea zooplanctonică se consideră expresia dată de Scavia (1980)

$$brou = \frac{\alpha \cdot pred \cdot selec \cdot \max(0, Biom - seuil)}{hzk + \sum selec \cdot \max(0, Biom - seuil)} \left( \frac{T_M - T}{T_M - T_{opt}} \right)^{1.6} Biom \quad (3.68)$$

### 3.4.7 Parametrizarea fenomenelor considerate pentru ciclul fosforului

Mineralizarea fosforului organic este calculată cu relația

$$\text{Decomp}_{\text{PO}} = 0.03 T [\text{PO}] \quad (3.69)$$

Termenii de precipitare și reciclare a fosforului sunt calculați funcție de concentrația oxigenului dizolvat în masa de apă. Astfel atunci când concentrația acestuia este diferită de zero, cei doi termeni se calculează cu formulele:

$$\text{Prec}_{\text{FRS}} = 0.005 [\text{FRS}] \quad \text{și} \quad \text{Rel}_{\text{FRS}} = 0 \quad (3.70)$$

Atunci când apele lacului sunt anoxice cei doi termeni au expresiile :

$$\text{Prec}_{\text{FRS}} = 0, \quad \text{Rel}_{\text{FRS}} = 1.5 \cdot 10^{-7} \cdot \frac{0.5 + nja}{70} \cdot A \quad \text{dacă } nja > 20 \quad (3.71)$$

Termenul de sedimentare se calculează cu următoarea formulă:

$$\text{Sed}_{\text{FO}} = V_{\text{sed}}^{\text{FO}} (Fr(i+1) - Fr(i)) \cdot \frac{A}{Vol} \quad (3.72)$$

unde viteza de sedimentarea a fosforului organic se consideră constantă  $V_{\text{sed}}^{\text{FO}} = 0.10 \text{ m / zi}$ .

Modelul urmărește realizarea următoarelor obiective :

- Încărcarea în elemente nutritive a unui lacului pentru a menține starea de trofie a acestuia, iar în acest context fosforul este elementul nutritiv căruia i s-a acordat cea mai mare atenție deoarece este indispensabil tuturor speciilor fitoplanctonice.
- acumularea fosforului în hipolimnion.
- Diferența dintre concentrațiile de nutrienți din epilimnion și hipolimnion.

Valorile variabilelor modelului biochimic, Anexa 4.

Valorile parametrilor modelului biologic, Anexa 5.

### 3.5 Modelarea evoluției substanțelor toxice de natură organică în lacuri

Problemele de poluare cu substanțe toxice a ecosistemelor acvatice, diferă de cele catalogate ca *poluare convențională* sub cel puțin patru aspecte majore și anume:

1. Poluarea convențională implică deversarea de materie organică și nutrienți anorganici care intră

într-un ciclu de procese cu participarea biocenozelor corpului de apă, eventual stimulând excesiv aceste procese naturale.

2. Dacă poluarea obișnuită se referă la un număr limitat de constituenți (materie organică, azot, fosfor etc.), poluarea toxică poate să provină din mii de produși chimici de natură organică sau anorganică, dificil de urmărit și controlat în cadrul activității de management a calității apei.

3. Modul de acțiune al toxinelor, spre deosebire de nutrienți (care au ca efect eutrofizarea, ce poate fi urmărită și cu ochiul liber), este invizibil, iar efectele lor sunt legate în primul rând de sănătatea omului și a mediului înconjurător.

4. În cazul substanțelor toxice devine foarte importantă forma sub care ele apar în corpul de apă, în legătură cu volatilizarea sau respectiv sorbția și sedimentarea pe materiale în suspensie, procese care influențează evoluția lor în ecosistem.

Din punct de vedere matematic și în scopul modelării mai detaliate a evoluției concentrației de contaminant în apă, se admite expresia :

$$C = C_d + C_p \quad (3.73)$$

în care:

- $C_d$  reprezintă componenta dizolvată
- $C_p$  reprezintă componenta particulară

### 3.5.1 Elemente privind evoluția substanțelor toxice de natură organică în lacuri

Un model relativ simplu pentru evoluția unui contaminant organic într-o incintă acvatică de tip *lac* (care poate fi asimilată cu un bazin de reacție cu amestec continuu BRAC) ,[48].

Orice astfel de model trebuie să includă materia solidă în suspensie, contaminantul cu cele două forme și eventual interacțiunea cu sedimente din pat.

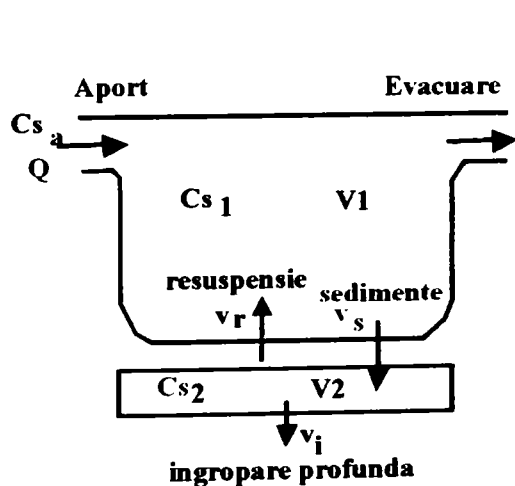


Figura 3.10,a

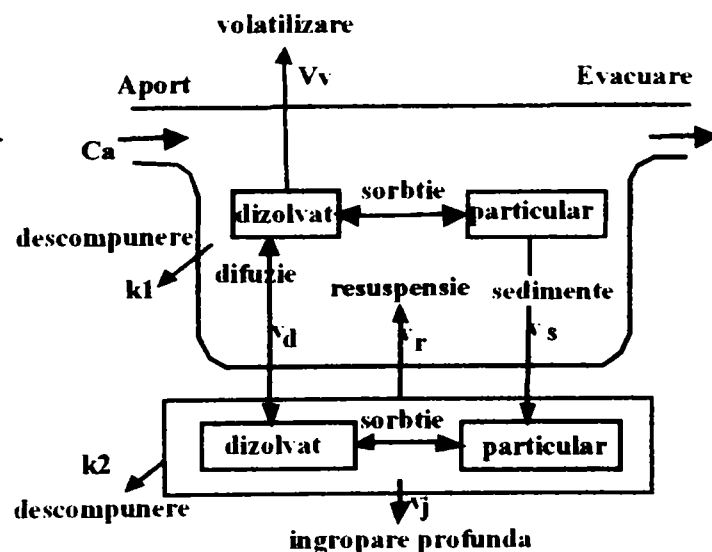


Figura 3.10,b

Figura. 3.10. Schematizare bistrat apă-sedimente pentru evoluția contaminantului într-un BRAC.

Se notează cu indicii 1 mărimile corespunzătoare coloanei de apă și 2 mărimile corespunzătoare coloanei de sedimente. Pentru materiile solide în suspensie se acceptă schematizarea proceselor ca în Figura 3.10,a,[48], iar pentru contaminant cele din Figura 3.10,b,[48].

Ecuțiile de bilanț pentru materiile solide în suspensie, în coloana de apă și respectiv stratul superficial de sedimente se scriu:

$$\begin{aligned}
 V_1 \frac{dC_{s_1}}{dt} &= Q \cdot C_{s_2} - Q \cdot C_{s_1} - v_s \cdot A \cdot C_{s_1} + v_r \cdot A \cdot C_{s_2} \\
 V_2 \frac{dC_{s_2}}{dt} &= v_s \cdot A \cdot C_{s_1} - v_r \cdot A \cdot C_{s_2} - v_i \cdot A \cdot C_{s_2}
 \end{aligned}
 \tag{3.74}$$

unde:

- $v_s$ , este viteza de sedimentare;
- $v_r$  este viteza de repunere în suspensie;
- $v_i$  este viteza de îngropare profundă;
- $C_s$  este concentrația din coloana de apă.

Exprimăm concentrația din stratul de sedimente superficiale cu ajutorul porozității și densității:

$$C_{s_2} = (1 - \phi) \cdot \rho_s$$

Se poate renunța la indicii 1 și 2, iar ecuațiile (3.72) devin:

$$\begin{aligned}
 V_1 \frac{dC_s}{dt} &= Q \cdot C_{s_2} - Q \cdot C_s - v_s \cdot A \cdot C_s + v_r \cdot A \cdot (1 - \phi) \cdot \rho_s \\
 V_2 \cdot \rho_s \frac{d(1 - \phi)}{dt} &= v_s \cdot A \cdot C_s - v_r \cdot A \cdot (1 - \phi) \cdot \rho_s - v_i \cdot A \cdot (1 - \phi) \cdot \rho_s
 \end{aligned}
 \tag{3.75}$$

În regim staționar, a doua ecuație (3.75) revine la egalitatea:

$$(1 - \phi) \cdot \rho_s = \frac{v_s}{v_r + v_i} \cdot C_s$$

(3.76)

Folosind fracțiile formei dizolvate și particulare a contaminantului ( $F_d$ ,  $F_p$ ) și a celei dizolvate din sedimente  $F_{ds}$ , ecuațiile de bilanț pentru concentrațiile totale în coloana de apă și respectiv stratul de sedimente se scriu:



$$V_1 \frac{dC_1}{dt} = Q \cdot C_a - Q \cdot C_1 - k_1 \cdot V \cdot C_1 - v_v \cdot A \cdot F_d \cdot C_1 - v_s \cdot A \cdot F_p \cdot C_1 + v_r \cdot A \cdot C_2 + v_d \cdot A \cdot (F_d \cdot C_2 - F_d \cdot C_1)$$

$$V_2 \frac{dC_2}{dt} = -k_2 \cdot V_2 \cdot C_2 + v_s \cdot A \cdot F_p \cdot C_1 - v_r \cdot A \cdot C_2 - v_i \cdot A \cdot (F_d \cdot C_1 - F_d \cdot C_2)$$

(3.77)

unde:

- $k_1$  și  $k_2$  sunt vitezele de descompunere în cele două compartimente ;
- $v_d$  viteza de difuzie a formei dizolvate, între coloana de apă și stratul de sedimente;
- fracțiile  $F_d$  și  $F_p$  depind de  $C_s$  iar  $F_d$  - de porozitatea  $\Phi$  ale materiei solide în suspensie și

pat.

Viteza de difuzie  $v_d$  se estimează empiric cu relația:

$$v_d = 0,19 \cdot \Phi \cdot M^{-2,3} \quad (3.78)$$

unde  $M$  este greutatea molară a compusului;

În regim staționar ecuațiile (3.77) devin două ecuații algebrice cu necunoscutele  $C_1$  și  $C_2$ . Din a doua ecuație se explicitează  $C_2$  sub forma:

$$C_2 = \frac{v_s \cdot F_p + v_d \cdot F_d}{v_r + v_i + k_2 \cdot H_2 + v_d \cdot F_d} \cdot C_1 \quad (3.79)$$

iar dacă se utilizează acest rezultat în prima ecuație, rezultă:

$$C_1 = \frac{Q \cdot C_a}{Q + k_1 \cdot V_1 + v_v \cdot A \cdot F_d + (1 - F_r) \cdot (v_s \cdot F_p + v_d \cdot F_d) \cdot A} \quad (3.80)$$

în care s-a notat:

$$F_r' = \frac{v_r + v_d \cdot F_d}{v_r + v_i + k_2 \cdot H_2 + v_d \cdot F_d} \quad (3.81)$$

și în acest caz se observă că intrarea ( $C_a$ ) și ieșirea ( $C_1$ ) din sistem sunt legate printr-un coeficient de transfer:

$$\beta = \frac{Q}{Q + k_1 \cdot V_1 + v_v \cdot A \cdot F_d + (1 - F_r') \cdot (v_s \cdot F_p + v_d \cdot F_d) \cdot A} \quad (3.82)$$

Prin simularea unui episod de poluare accidentală intensă cu PB a unei incinte lacustre, urmată de stoparea deversării de contaminant și spălarea lacului s-au obținut răspunsuri diferite ale coloanei de apă și respectiv stratului superficial de sedimente la impactul cu contaminantul.

### 3.5.2 Procese de descompunere

În cazul contaminanților de natură organică și spre deosebire de poluanții convenționali, procesele de descompunere incluse în model prin vitezele de reacție  $k_1$  și  $k_2$  se referă la fotoliză, hidroliză și biodegradare.

#### 3.5.2.1 Fotoliza

**Fotoliza** este procesul de diminuare a substanței chimice sub acțiunea energiei radiante luminoase, fie prin fotoliză directă (contaminantul transformându-se prin absorbția luminii), fie indirect (printr-un șir de procese inițiate de energia luminoasă și generând compuși intermediari).

**Fotoliza directă** este bine tratată teoretic și se modelează relativ simplu.

Fotoliza directă depinde de :

- radiația solară;
- atenuarea luminii în apă;
- spectrul de absorbție al compusului chimic;
- fracția din energia absorbită care este utilizată pentru transformări chimice.

Viteza de descompunere prin fotoliză directă se exprimă prin relația:

$$k_f = 1.33 \cdot k_{f_0} \frac{I}{I_0} \frac{1 - e^{-\alpha(\lambda^*)H}}{H \cdot \alpha(\lambda^*)} \quad (3.83)$$

în care:

- $k_{f_0}$  este viteza fotolizei măsurată în apropiere de suprafața apei ( $z=0$ ), unde radiația solară totală are valoarea  $I_0$  ( $Wm^{-2}$ );
- $I$  este radiația totală la suprafața apei;
- $H$  este adâncimea coloanei de apă;
- $\alpha(\lambda^*)$  coeficient de extincție ( $m^{-1}$ ), evaluat la lungimea de undă  $\lambda^*$  a adsorbției maxime cu relația:

$$\alpha(\lambda) = 1.4[\alpha_w(\lambda)C + A \cdot \alpha_a(\lambda) + COD \cdot \alpha_c(\lambda) + C_s \cdot \alpha_s(\lambda)] \quad (3.84)$$

unde:

- $\alpha_a$  coeficienți de atenuare specifici pentru clorofila  $a$  ( $l \cdot mg^{-1} \cdot m^{-1}$ );
- $\alpha_c$  coeficienți de atenuare specifici pentru carbon organic dizolvat ( $l \cdot mg^{-1} \cdot m^{-1}$ );
- $\alpha_s$  coeficienți de atenuare specifici pentru suspensii anorganice ( $l \cdot mg^{-1} \cdot m^{-1}$ );
- $A$ ,  $COD$  și  $C_s$  sunt concentrațiile acestora ( $mg \cdot l^{-1}$ );
- $\alpha_w$  coeficientul de atenuare pentru apă ( $m^{-1}$ );
- Coeficienții  $\alpha_w$ ,  $\alpha_a$ ,  $\alpha_c$  și  $\alpha_s$  depind de lungimea de undă  $\lambda$ ;
- valorile  $k_{fo}$ ,  $I_0$  și  $\lambda^*$  din formula (3.83) depind de compusul chimic.

De exemplu, pentru naftalina:  $k_{fo} = 0,23 \text{ zi}^{-1}$ ,  $I_0 = 1014,3 \text{ W} \cdot m^{-2}$ ,  $\lambda^* = 310 \text{ nm}$ , iar la  $\lambda = 310 \text{ nm}$ , coeficienții  $\alpha$  sunt:

În ceea ce privește **hidroliza** și **biotransformarea**, substanțele contaminante suferă procese care se modelează de obicei prin reacții de ordinul doi de forma:

$$\text{reacție} = k_2 \cdot V \cdot B \cdot C \quad (3.85)$$

unde:

- $B$  este o concentrație suplimentară față de  $C$ , dar care influențează reacția ce se desfășoară în volumul  $V$  cu viteza  $k_2$ .

### 3.5.2.2 Hidoliza

**Hidroliza** se manifestă prin ruperea uneia din legăturile moleculei și formarea unei noi legături cu ionii de hidrogen și hidroxil ai apei.

Viteza de reacție a hidrolizei este influențată de temperatură și *pH-ul* soluției, și poate fi de forma:

$$k_h = k_b \frac{K_a}{10^{-pH}} + k_n + k_a \cdot 10^{-pH} \quad (3.86)$$

unde:

- $k_a$  este producția ionică a apei;
- $k_b$  coeficient care parametrizează dependența bazică a hidrolizei într-o soluție de pH;
- $k_n$  coeficient care parametrizează dependența neutră a hidrolizei într-o soluție de pH;
- $k_a$  coeficient care parametrizează dependența acidă a hidrolizei într-o soluție de pH;

### 3.5.2.3 Biotransformarea

**Biotransformarea** contaminanților se referă la transformările suferite de compușii organici, sub acțiunea microorganismelor (bacterii, fungi, protozoare) prin mineralizare, detoxifiere, cometabolism, activizare, etc. Vitezele acestor reacții se poate exprima printr-un formalism de tip

Monod:

$$k_h = k_{max} \frac{X}{Y(k_s + C)} \quad (3.87)$$

cu:

- $k_{max}$  - viteza maximă de creștere a microorganismelor ( $zi^{-1}$ ) având concentrația  $X$  (celule· $m^{-3}$ ), într-un mediu cu concentrația contaminantului  $C$  ( $\mu g \cdot m^{-3}$ );
- $Y$  - este raportul de transformare (celule produse pe unitatea de masă de contaminant consumată);
- $k_s$  - constanta de semisaturație.

Față de procesele menționate, soarta contaminanților în ecosistemele acvatice mai este afectată de: reacții de oxidare/reducere, capacitatea de acumulare de către biomasă a unui anumit contaminant, pH-ul apei etc.

### **3.6 Modelarea eutrofizării lacurilor de acumulare**

Fenomenul de suprafertilizare și creștere excesivă a plantelor este cunoscut sub denumirea de eutrofizare .

În cele ce urmează voi prezenta trei tipuri de modele matematice care descriu fenomenul de eutrofizare a lacurilor.

#### **3.6.1 Modelul global pentru fosforul total**

Studiul eutrofizării se face pornind de la considerentul că incintele de ape lacustre au timpi de retenție foarte mari, având la bază conceptul de încărcătură/debit de fosfor total (Chapra, S.C., 1996). Se pomește de la premiza că fosforul este factorul limitativ esențial pentru eutrofizare și relativ comod de măsurat. Prin prelucrarea datelor experimentale culese de la foarte multe lacuri precum:

- debitul masic anual affluent de fosfor total, pe unitatea de suprafața a patului,  $L$  ( $gp \cdot m^{-2} \cdot an^{-1}$ );
- adâncimea medie a lacului  $H$  (m);
- timpul de retenție  $\tau = V/Q$  (an) cu  $V$  - volumul incintei și  $Q$  - debitul anual tranzitat ;
- starea trofică a lacului (oligotrof, mezotrof, eutrof).

s-a construit graficul la scări logaritmice, figura 3.11,[48], care delimitează domeniile de stare eutrofică periculoasă și respectiv oligotrofică acceptabilă.

Raportul  $q_s = \frac{H}{\tau}$  este independent de adâncime dacă se admite  $V = A_s \cdot H$ , unde  $A_s$  este suprafața patului. Prin  $q_s$  s-a notat debitul tranzitat anual pe unitatea de suprafața de pat ( $q_s = \frac{Q}{A_s}$ ).

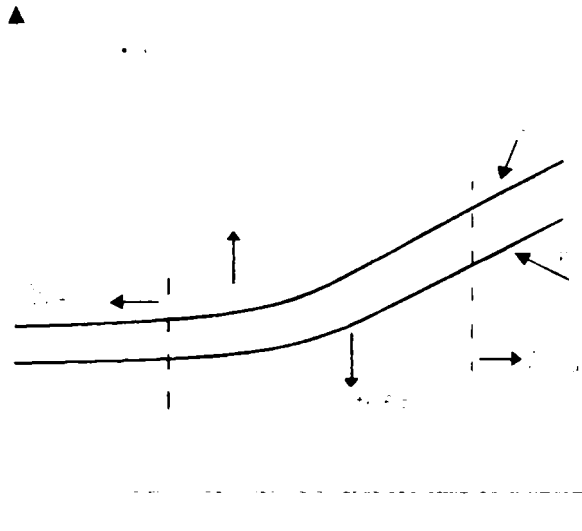


Figura. 3.11. Graficul stărilor trofice obținut din măsurători pentru lacuri, funcție de debitul masic anual de fosfor și debitul anual tranzitat.

O reprezentare asemănătoare se obține dacă se schematizează incinta de apă printr-un BRAC (bazin de reacție cu amestec continuu) și se scrie ecuația de bilanț masic pentru fosfor, admițând că acesta dispare din coloana de apă prin sedimentare cu viteza  $v_s$  ( $m \cdot an^{-1}$ ):

$$V \frac{dP}{dt} = W - Q \cdot P - v_s \cdot A_s \cdot P \quad 3.88$$

în care,

- $W$  este debitul masic anual de fosfor total
- $P$  - concentrația de fosfor total.

În condiții staționare ( $dP/dt = 0$ ), din (3.88) rezulta:

$$P = \frac{W}{Q + v_s \cdot A_s}$$

iar prin împărțirea la  $A_s$  a numărătorului și numitorului din membrul drept se obține:

$$P = \frac{L}{q_s + v_s} \quad 3.89$$

Logaritmând relația (3.89) rezultă:

$$\log L = \log P + \log(q_s + v_s). \quad 3.90$$

Starea trofica a ecosistemelor acvatice care au fosforul ca factor limitativ de creșterea algală, este corelata cu concentrația de fosfor și se consideră că starea mezotrofică se instalează pentru

concentrații cuprinse între 10 și 20  $\mu\text{gP}\cdot\text{l}^{-1}$  (căreia îi corespunde o concentrație de clorofilă între 4 și 10  $\mu\text{gChla}\cdot\text{l}^{-1}$ ). Admițând aceste două valori ca valabile, ecuația (3.90) poate fi folosită pentru a reprezenta două curbe limită ale lui  $\log L$  ca funcție de  $\log q_s$ , la o viteză de sedimentare  $v_s$  dată. Domeniul obișnuit de valori pentru  $v_s$  este cuprins între 5 și 20  $\text{m}\cdot\text{an}^{-1}$ .

Cu  $v_s = 12,4 \text{ m}\cdot\text{an}^{-1}$  se obțin curbele din figura 3.88 care seamănă evident cu cele găsite prin prelucrarea datelor experimentale și care sunt redată în figura 7.1.

Se constată că pentru lacuri cu debit specific tranzitat redus (spălare lentă,  $q_s$  mic), ecuația (3.90) devine:

$$\log L = \log P + \log v_s = \text{const.}$$

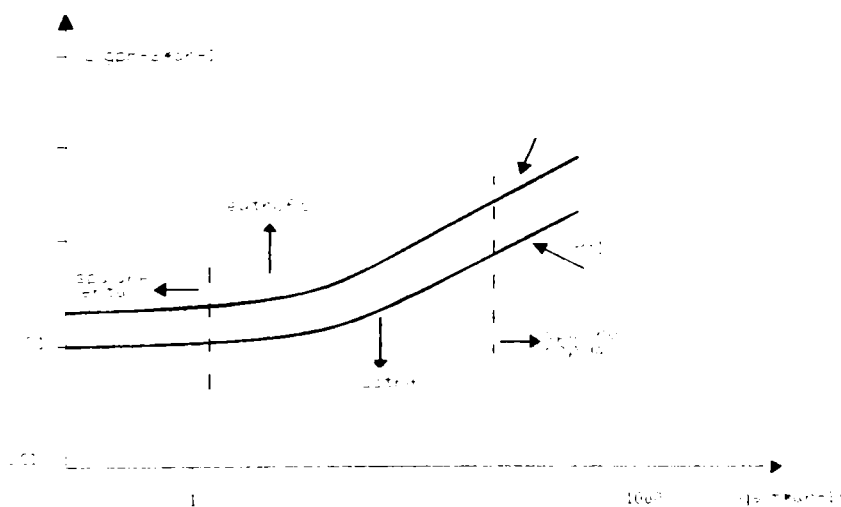
iar graficul din figura 3.12,[48], ia forma unei drepte orizontale, în timp ce pentru  $v_s$  neglijabil față de  $q_s$  (spălare rapidă), graficul tinde spre o dreaptă de pantă egală cu unitatea.

Rezultatele modelului de bilanț (3.88) pot fi folosite pentru a găsi valorile altor parametri de stare considerați mai reprezentativi pentru caracterizarea stării trofice a ecosistemului.

Se utilizează corelații obținute prin prelucrarea datelor experimentale.

O astfel de corelație între concentrațiile de clorofilă  $a$  și respectiv fosfor total este:

$$\log(\text{Chla}) = 0,807 \cdot \log P - 0,194 \quad (3.90.a)$$



**Figura. 3.12. Graficul stărilor trofice obținut din ecuația de bilanț.**

Dacă se ține seama și de influența limitativă a azotului (prin raportul  $r = N_{\text{total}}/P_{\text{total}}$ ), se poate folosi corelația:

$$\log(\text{Chla}) = \log P - 1,55 \log \left( \frac{6,404}{0,0204 \cdot r + 0,334} \right) \quad (3.90.b)$$

Elementele prezentate mai sus pot fi utilizate doar pentru a da o imagine asupra ordinului probabil de mărime al proceselor, ele bazându-se în principal pe prelucrări de date experimentale diverse.

### 3.6.2 Modelul bistrat pentru fosfor, pe fracțiile solubil-insolubil

Modelarea mai detaliată a proceselor de transformare suferită de nutrienți într-un lac, se consideră fosforul ca element reprezentativ, cu două fracții distincte: fosfor solubil-notat  $P_s$  și respectiv fosfor insolubil-notat  $P_i$ .

#### 3.6.2.1 Observații :

⇒ Lacurile prezintă vara o stratificare termică destul de bine definită (Figura 3.13),[48].

- *epilimnion* - stratul de la suprafață, care conține apă caldă este bine iluminat și aici fotosinteza algală transformă nutrienții dizolvați în materie organică particulară;
- *hipolimnionul* - stratul de adâncime conține ape reci, slab iluminate și nefavorabile activității algale;
- *metalimnion* – este o zonă de grosime limitată dar cu un gradient de temperatură puternic, numită și *termoclina*, care reduce sensibil amestecul pe verticală

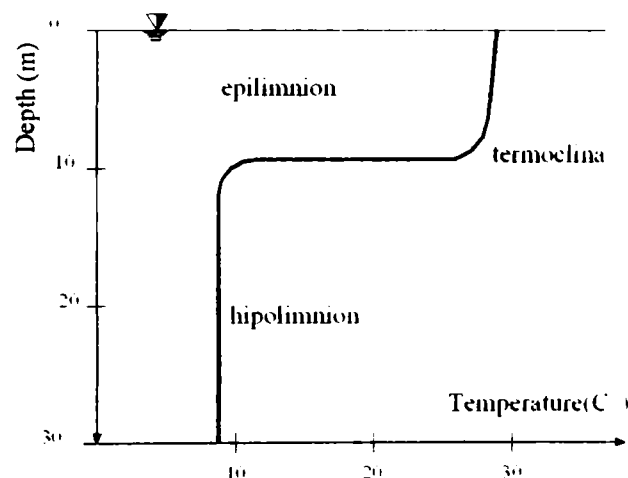


Figura 3.13. Stratificarea termică pe adâncime a incintei lacustre.

⇒ În sezonul de toamnă temperatura apei se reduce, termoclina dispăre, iar în masa de apă se formează o circulație care aduce spre suprafață substanțe nutritive, sedimente, gaze etc. de la fundul lacului;

⇒ Iarna lacul prezintă o stratificare termică inversă, cu ape mai reci la suprafață, neadecvate pentru activitatea biomasei;

⇒ În perioada de primăvară, temperatura apei este relativ omogenă și are loc o circulație internă care contribuie la oxigenarea lacului. Pe măsura ce radiația solară se intensifică, începe activitatea algală a speciilor mai rezistente la temperaturi scăzute (diatomee).

#### 3.6.2.2 Condiții inițiale

Ținând seama de aceste observații, corpul de apă se schematizează prin :

⇒ două straturi suprapuse (fiecare cu proprietăți omogene și corespunzând epilimnionului și hipolimnionului), separate printr-o interfață care permite anumite transferuri de constituenți

⇒ anul se discretizează în două sezoane (de iarnă și de vară) pentru care vitezele de evoluție ale proceselor au valori diferite.

⇒ corpul de apă mărginit de stratul superficial de sedimente și procesele/ transferurile esențiale din el sunt redată în Figura 3.14.a.[48].

⇒ în figura 3.14.b sunt schițate procesele păstrate pentru a fi incluse în model și în care sunt implicate cele două fracții de fosfor considerate.

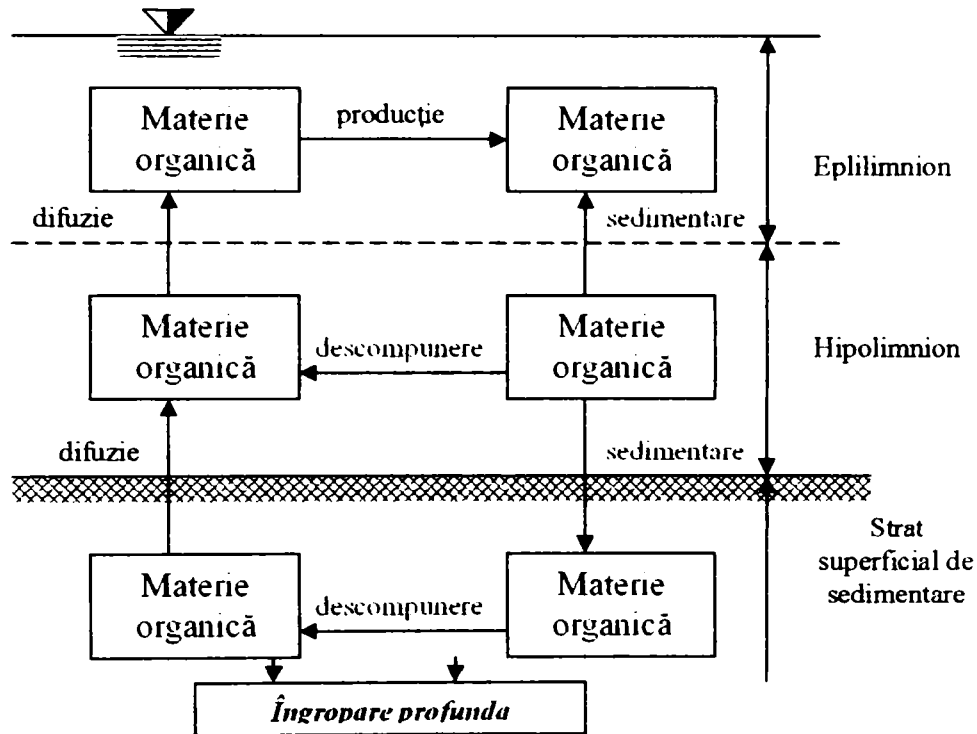


Figura. 3.14.a. Schematizarea proceselor în modelul bistrat pentru fosfor,

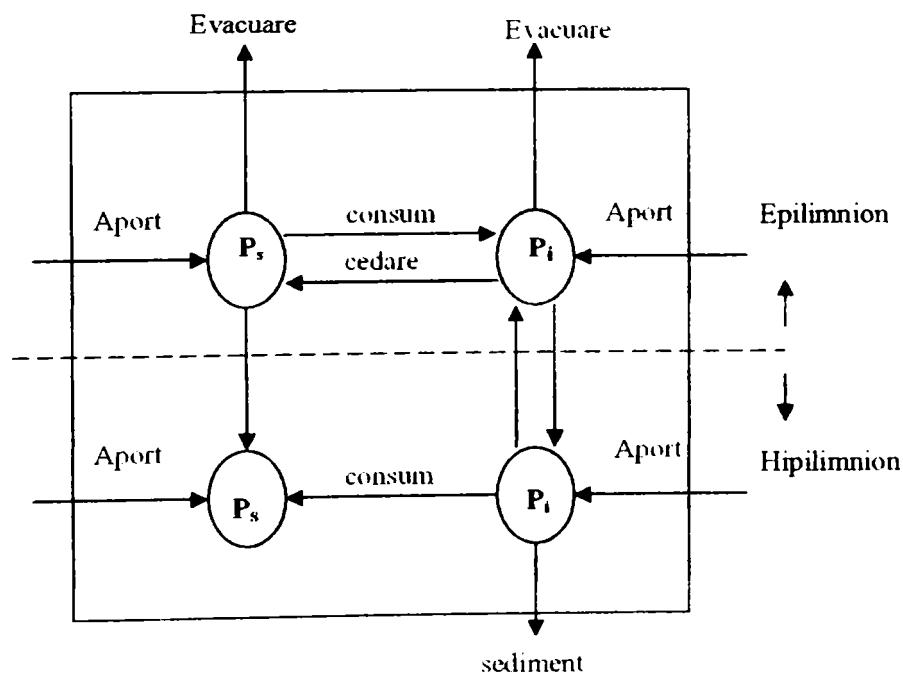


Figura. 3.14.b. Schematizarea proceselor în modelul bistrat pentru fosfor.



### 3.6.2.3 Descrierea proceselor din corpul de apă

- **Aportul de poluanți** - schematizat prin debite masice pentru cele două fracții de fosfor, defalcate într-un mod oarecare pe cele două straturi ale coloanei de apă.
- **Transportul** - presupus că apare doar în epilimnion pentru ambele forme de nutrient (solubil și insolubil) în ceea ce privește *evacuarea* (spălarea) din incintă. Ca *transfer între* cele două *straturi* se admite un schimb limitat în perioada de vară (prin turbulență/difuzie după verticală) și respectiv o difuzie intensă în perioada rece (corespunzând condițiilor de amestec complet).
- **Sedimentarea** - atribuită doar formei insolubile și a admisă pentru ambele straturi, cu valori diferite în cele două sezoane ale anului.
- **Consumul de nutrient solubil** care, prin asimilarea în flora acvatică, devine fosfor particular : se acceptă ca acest proces are loc doar în stratul superior unde condițiile de temperatură, lumină etc. favorizează activitatea fotosintetică în special în sezonul de vară.
- **Transformarea (prin descompunere, respirație etc.)** fosforului insolubil în forma asimilabilă.

### 3.6.2.4 Ecuațiile matematice ale modelului

Atribuind indicii inferiori e și h pentru mărimile din cele două straturi, se pot scrie ecuațiile de bilanț:

$$\begin{cases} V_e \frac{dP_{se}}{dt} = W_{se} - QP_{se} + v_t A_t (P_{sh} - P_{se}) - k_{ce} V_e P_{se} + k_{ie} V_e P_{ie} \\ V_e \frac{dP_{ie}}{dt} = W_{ie} - QP_{ie} + v_t A_t (P_{ih} - P_{ie}) + k_{ce} V_e P_{se} - k_{ie} P_{ie} - v_e A_t P_{ie} \\ V_h \frac{dP_{sh}}{dt} = W_{sh} + v_t A_t (P_{se} - P_{sh}) + k_{th} V_h P_{ih} \\ V_h \frac{dP_{ih}}{dt} = W_{ih} + v_t A_t (P_{ie} - P_{ih}) - k_{th} V_h P_{ih} + v_e A_t P_{ie} - v_h A_t P_{ih} \end{cases} \quad (3.91)$$

unde:

- $k_c$  și  $k_t$  sunt coeficienți ai vitezelor de reacție la consumul formei solubile de către plante și respectiv la transformarea  $P_i \rightarrow P_s$  ;
- $v_e$  și  $v_h$  sunt vitezele de sedimentare ale formei insolubile;
- $A_t$  este suprafața termoclinei;
- $v_t$  este coeficientul de transfer prin termoclină.

Pe lângă fosfor, modelul poate să fie extins pentru alți constituenți (masă algală, oxigen dizolvat, substanțe toxice etc.) .Dacă se cunosc debitele poluante și condițiile inițiale, ecuațiile (3.91) pot fi integrate numeric pentru a găsi variația sezoniera a concentrațiilor de fosfor din ecosistem. Ordinele de mărime ale coeficienților de reacție din aceste ecuații sunt indicate în tabelul 3.6,[48] .

Tabelul 3.6

		Vara	Iarna
Epilimnion	Consum $k_c$ ( $zi^{-1}$ )	0,1 – 5	0,01 – 0,5
	Transformare $k_t$ ( $zi^{-1}$ )	0,01 – 0,1	0,003 – 0,07
Hipolimnion transformare $k_t$ ( $zi^{-1}$ )		0,003 – 0,07	
viteză sedimentare $v_e, v_h$ ( $m \cdot zi^{-1}$ )		0,05 – 0,6	

Această abordare reproduce multe dintre aspectele majore ale ciclului sezonier al nutrietului în incinta acvatică, ea ignoră factori care influențează procesele (temperatura, intensitatea luminii, nivelul biomasei etc.) și schematizează prea simplist coloana de apă. În locul celor două straturi pe verticala, adâncimea lacului se poate discretiza în mai multe straturi suprapuse, iar variația temperaturii în profunzime se poate găsi integrând ecuația de bilanț de căldură.

### 3.6.3 Modelul bistrat cu interacțiunile nutrienți-lanț trofic

#### 3.6.3.1 Descrierea proceselor din corpul de apă

Pomind de la aceeași schematizare a corpului de apă prin două straturi suprapuse epilimnion și hipolimnion, este posibil să se schițeze un model care să includă pe lângă analiza nutrienților și interacțiunea acestora cu produsul intermediar, algele și respectiv consumatorul final (zooplanctonul).

#### 3.6.3.2 Ecuațiile matematice ale modelului

Pentru orice constituent C al corpului de apă se vor considera ecuații de bilanț de forma (3.91) pentru a reda concentrațiile constituentului în cele două straturi, adică ecuații de forma :

$$\begin{cases} V_1 \frac{dC_1}{dt} = W(t) - QC_1 + v_t A_t (C_2 - C_1) + S_1 \\ V_2 \frac{dC_2}{dt} = v_t A_t (C_1 - C_2) + S_2 \end{cases} \quad (3.92)$$

unde :

- $V_1$  și  $V_2$  - volumele celor două straturi ;
- $W(t)$  - debitul masic de C în stratul superior ;
- $Q$  -debitul tranzitat ;
- $A_t$  - suprafața termoclinei ;
- $v_t$  - coeficientul de transfer prin termoclină ;
- $S_1$  și  $S_2$  sunt surse/puțuri de constituent.

### 3.6.3.3 Constituenți participanți la procese

- a) **Nutrienții** - sub formă de azot amoniacal ( $N_a$ ), nitrați ( $N_n$ ), fosfor solubil ( $P_s$ ) și carbon organic necuprins în biomasa activă (vie), cu fracțiile dizolvată ( $C_d$ ) și particular ( $C_p$ ).
- b) **Lanțul trofic** - reprezentat de alge ( $A$ ), zooplanktonul erbivor ( $Z_i$ ) și camivor ( $Z_c$ ).

### 3.6.3.4 Interacțiunile între constituenți

Interacțiunile între acești opt constituenți (variabile de stare ecologică) sunt reprezentate în figura 3.15. [48]

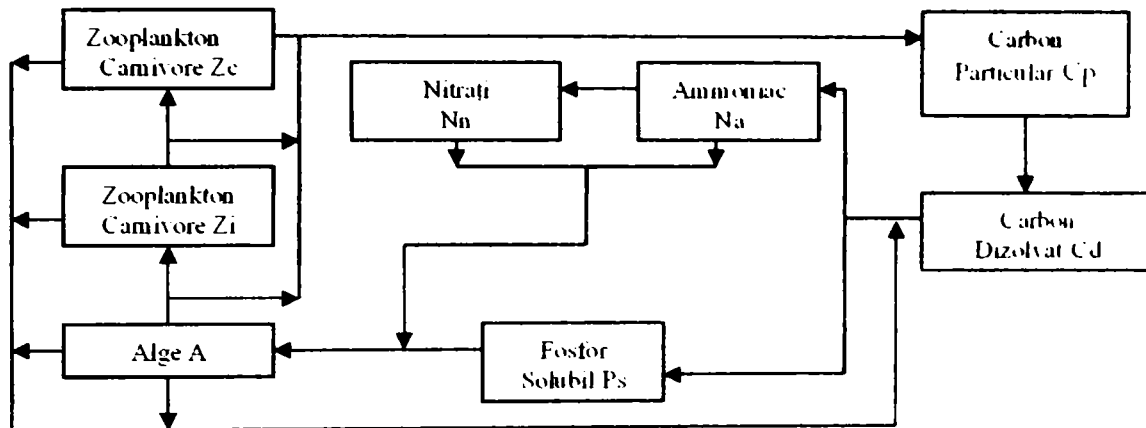


Figura. 3.15. Schematizarea interacțiunilor nutriționale - lanț trofic dintr-o incintă acvatică.

Ecuțiile de bilanț (3.92) se vor scrie pentru fiecare constituent și respectiv pentru fiecare strat al lacului, rezultând un sistem 16 ecuații diferențiale ordinare. Formele acestor ecuații sunt redate mai jos:

#### a) Pentru nutrienți:

- azotul amoniacal:

$$\frac{dN_a}{dt} = a_{nc} \cdot k_h(T) \cdot C_d + a_{na} \cdot k_{ra}(T) \cdot A + a_{nc} \cdot k_n(T) \cdot Z_i + a_{nc} \cdot k_{rc}(T) \cdot Z_c - F_{am} \cdot a_{na} \cdot Z_c - F_{am} \cdot a_{na} \cdot k_c(T, N_t, P_s, I) \cdot A - k_n(T) \cdot N_a \quad (3.93)$$

- nitrații:

$$\frac{dN_n}{dt} = k_n(T) \cdot N_a - (1 - F_{am}) \cdot a_{na} \cdot k_c(T, N_t, P_s, I) \cdot A \quad (3.94)$$

- fosforul solubil:

$$\frac{dP_s}{dt} = a_{pc} \cdot k_h(T) \cdot C_d + a_{pa} \cdot k_{ra}(T) \cdot A + a_{pc} \cdot k_n(T) \cdot Z_i + a_{pc} \cdot k_{rc}(T) \cdot Z_c - a_{pa} \cdot k_c(T, N_t, P_s, I) \cdot A \quad (3.95)$$

- carbonul organic dizolvat:

$$\frac{dC_d}{dt} = k_p(T) \cdot C_p - k_h(T) \cdot C_d \quad (3.96)$$

- carbonul organic particular:

$$\begin{aligned} \frac{dC_p}{dt} = & a_{ca} \cdot (1 - \varepsilon_i) \cdot c_{zi}(T, A, Z_i) \cdot A + (1 - \varepsilon_c) \cdot c_{zc}(T, Z_c) \cdot Z_i + k_{dc}(T) \cdot Z_c - \\ & k_p(T) \cdot C_p - \frac{v_p \cdot A_t}{V} \cdot C_p \left( + \frac{v_p \cdot A_t}{V_2} \cdot C_{pl} \right) \end{aligned} \quad (3.97)$$

**b) Pentru lanțul trofic:**

- masa algală:

$$\frac{dA}{dt} = k_c(T, N_t, P_s, I) \cdot A - k_{ra}(T) \cdot A - c_{zi}(T, A, Z_i) \cdot A - \frac{v_a \cdot A_t}{V} \cdot A \left( + \frac{v_a \cdot A_t}{V_2} \cdot A_i \right) \quad (3.98)$$

- zooplanctonul erbivor:

$$\frac{dZ_i}{dt} = a_{ca} \cdot \varepsilon_i \cdot c_{zi}(T, A, Z_i) \cdot A - c_{zc}(T, Z_c) \cdot Z_i - k_n(T) \cdot Z_i \quad (3.99)$$

- zooplanctonul carnivor:

$$\frac{dZ_c}{dt} = \varepsilon_c \cdot c_{zc}(T, Z_c) \cdot Z_i - k_{rc}(T) \cdot Z_c - k_{dc}(T) \cdot Z_c \quad (3.100)$$

Termenii incluși în paranteze în membrii drepti ai ecuațiilor (3.97) și (3.98) corespund aportului de carbon particular și masă algală ajunse în hipolimnion prin sedimentare din stratul de la suprafață. Ei nu vor apare în ecuațiile corespunzătoare scrise pentru primul strat.

### 3.6.3.5 Relații de calcul a vitezelor de reacție

Semnificația notațiilor folosite și relații de calcul pentru coeficienții vitezelor de reacție sunt explicitate mai jos.

⇒ **Viteza de creștere algală,  $k_c$  ( $z_i^{-1}$ ) :**

$k_c$  este funcție de temperatura apei  $T$ , azotul total  $N_t$ , fosforul solubil  $P_s$  și intensitatea luminii  $I$ . Relația de calcul care ține seama de acești parametri și de efectul limitativ al nutrienților este:

$$k_c(T, N_t, P_s, I) = k_{c_{20}} \cdot 1,066^{(T-20)} \left[ \frac{2,718 \cdot f}{k_c \cdot H} (e^{-\alpha_1} - e^{-\alpha_0}) \right] \cdot \min \left\{ \frac{N_t}{K_{sn} + N_t}, \frac{P_s}{K_{sp} + P_s} \right\} \quad (3.101)$$

în care:

- $k_{c_{20}}$  - viteza de creștere la 20°C;
- $f$  - fracția fotoperioadei zilnice;
- $k_c$  - coeficientul de extincție a luminii în profunzimea coloanei de apă de adâncime H;
- $\alpha_0, \alpha_1$  - refera la suprafața și respectiv baza stratului de apă ;

$$\alpha_0 = \frac{I_s}{I_s} \cdot e^{-k_c \cdot z_1} ; \quad \alpha_1 = \frac{I_a}{I_s} \cdot e^{-k_c \cdot z_2} ; \quad I_a \approx 0,64 \cdot I_m$$

- $I_m$  - intensitatea luminoasă maximă a zilei ;
- $I_s$  - nivelul luminos optim pentru creștere algală ;
- $z_1$  - cota pe adâncime a suprafeței stratului de apă ;
- $z_2$  - cota pe adâncime bazei stratului de apă;
- ultimul termen din relația (3.101) introduce efectul limitativ al nutrienților printr-un formalism de tip minimal ;
- $K_{sn}$  - constanta de semisaturație pentru azot ;
- $K_{sp}$  - constanta de semisaturație pentru fosfor.

⇒ **Viteza de consum algal de către zooplanctonul erbivor :**

$$c_{zi}(T, A, Z_i) = \frac{A}{K_{sa} + A} \cdot c_{zi} \cdot \theta_{zi}^{(T-20)} \cdot Z_i \quad (3.102)$$

în care :

- $c_{zi}$  - viteza de consum la  $T = 20^\circ\text{C}$  ;
- $K_{sa}$  - constanta de semisaturație pentru algele disponibile a fi consumate.

Relația (3.102) redă deci o viteză de consum limitată de disponibilul de hrană.

⇒ **Viteza de consum a zooplanctonului erbivor de către cel carnivor :**

$$c_{zc}(T, Z_c) = c_{zc} \cdot \theta_{zc}^{(T-20)} \cdot Z_c \quad (3.103)$$

în care: -  $c_{zc}$  - viteza la 20°C.

- $k_{ra}(T) = k_{ra_{20}} \cdot \theta_{zc}^{(T-20)} \cdot Z_c$  - pierderile prin respirație și excreție, când plantele cedează dioxid de carbon și carbon organic ,
- $v_a$  - viteza de sedimentare (m. zi<sup>-1</sup>) pentru alge;
- $v_a$  - viteza de sedimentare (m. zi<sup>-1</sup>) pentru carbonul particular
- $A_t$  - suprafața termoclinei.

- $I_{am} = \frac{N_a}{K_{am} + N_a}$  - fracția de azot organic preluată de plante din forma amoniacală;
- $K_{am}$  - constanta de semisaturație pentru preferința amoniacală;
- $a_{nc}$ ,  $a_{na}$  - raportul azotului la carbon și respectiv clorofila;
- $k_h(T)$ ,  $k_n(T)$  - vitezele de reacție la hidroliza carbonului dizolvat (generatoare de amoniac) și respectiv transformarea amoniacului în nitrați;
- $k_{ri}(T)$  - vitezele de aport de amoniac prin respirația zooplanctonului erbivor;
- $k_{rc}(T)$  - vitezele de aport de amoniac prin respirația zooplanctonului carnivor;
- $a_{pc}$ ,  $a_{pa}$  - rapoartele fosforului la carbon și respectiv clorofth\;
- $k_p(T)$  - viteza de soluție a carbonului particular în carbon dizolvat;
- $k_m(T)$  - rata de deces a zooplanctonului carnivor;
- $\varepsilon_i$ ,  $\varepsilon_c$  - factorii de eficiență a consumului algal de către erbivore și respectiv a acestora de către carnivore ;
- $(1 - \varepsilon)$  - digestia = ineficiența consumului alimentar.

Acest model implică în plus cunoașterea :

- variației temperaturii în cele două straturi, pe tot parcursul anului;
- cunoașterea variațiilor fotoperioadei și a intensității luminoase maxime tot parcursul anului;

Aceste pot fi furnizate fie ca date de intrare separate, fie se pot calcula în cadrul modelului, prin relații mai mult sau mai puțin aproximative.

Specificând datele necesare și condițiile inițiale, cele 16 ecuații diferențiale pot fi integrate prin metoda tip Runge-Kutta pentru a găsi variațiile sezoniere a celor opt variabile de stare, în cele două straturi ale lacului.

Analiza unui studiu de caz se poate realiza relativ simplu, prin utilizarea unui program de calcul cu ajutorul căruia să se simuleze variația sezonieră a fosforului total și a fracțiilor solubil/insolubil în zonele epilimnetică și hipolimnetică ale unui lac.

### **3.7 Model de calcul automat a graficelor dispecer**

Algoritmul de calcul folosit în conceperea programului are la bază metoda uzuală de trasare a graficelor dispecer: graficul dispecer are pe ordonată volumele și nivelele corespunzătoare în cote absolute și pe abscisă durata unui an. ,[10].

Se disting următoarele zone caracteristice de funcționare a lacului artificial:

- zona de golire pentru atenuare, care să permită tranzitarea undei de viitură de calcul, fără periclitarea construcției și fără periclitarea obiectivelor situate în aval, prin descărcări bruște a unor debite periculoase (de inundare), bazată pe prognoza hidrologică,

- zona de funcționare în regim liber, corespunzător debitelor medii care să asigure debitele autorizate la folosințe, cu sau fără restricții,

- zona de funcționare în regim de restricție care se aplică progresiv restricții la prelevarea debitelor către folosințe, în funcție de importanța lor exprimată prin asigurările statistice care derivă din standarde, ultimele fiind alimentările cu apă a căror asigurare este de cel puțin 98%.

Diferitele zone sunt delimitate de liniile caracteristice ale graficului dispecer: linia de funcționare în regim asigurat, linia de limitare a deversărilor și linia de introducere a restricțiilor.

În afară de acestea se mai pot trasa linii auxiliare precizând modul de exploatare al acumulării în cadrul unui anumit regim.

### **3.7.1 Calculul liniei de funcționare în regim asigurat**

Pentru construirea majorității liniilor componente ale graficului dispecer, calculele se efectuează în sens invers scurgerii timpului. În calcule pentru linia de funcționare în regim asigurat se iau în considerare numai datele referitoare la anii asigurați din șirul de ani de calcul. Pentru calculele graficelor dispecer se utilizează rezultatele calculelor de bilanț al apelor, datele de bază fiind constituite din șirul de excedente și deficite de calcul determinate pentru diferite perioade de calcul (luni, decade, etc.).

Din șirul de excedente și deficite dintr-un an se alege ultima lună în care apare un deficit. Dacă la sfârșitul acelei luni volumul acumulat este nul, este posibilă la limită acoperirea tuturor consumatorilor până la sfârșitul anului.

Cu  $\Delta_n$  se notează deficitul exprimat în  $m^3/s$  din ultima lună deficitară dintr-un an oarecare. Pentru ca acest deficit să fie acoperit din acumulare, este necesar ca la începutul lunii  $n$  să existe în lac un volum:

$$W_n = -\Delta_n \cdot t$$

în care  $t$  este durata intervalului de o lună (exprimat de obicei în secunde). Semnul minus apare datorită faptului că deficitele sunt negative.

Dacă relația anterioară este satisfăcută rezultă că în luna  $n$  lacul se golește, iar în lunile următoare ale anului, neapărând deficite, necesarul de apă al folosințelor poate fi acoperit de debitele afluate în regim natural.

Dacă luna anterioară  $n-1$  este și ea o lună deficitară caracterizată prin deficitul  $\Delta_{n-1}$ , pentru ca acest deficit să fi acoperit, este necesară prelevarea din lac a unui volum egal cu  $\Delta_{n-1} \cdot t$ . Deoarece la sfârșitul lunii volumul în lac trebuie să fie egal cu  $W_n$ , rezultă că la începutul lunii  $n-1$  volumul acumulat este:

$$W_{n-1} = -\Delta_{n-1} \cdot t + W_n = -(\Delta_{n-1} + \Delta_n) \cdot t$$

Respectând această condiție rezultă că în prima lună deficitară se poate preleva din lac volumul necesar acoperirii deficitului respectiv. La sfârșitul lunii rămâne în lac un volum de apă acumulat, care în luna a doua se va putea preleva din lac, pentru acoperirea acestei luni, lacul rămânând gol numai la sfârșitul acesteia, adică la începutul perioadei excedentare. În mod similar se poate ajunge la concluzia că, la începutul primei luni din perioada deficitară, volumul acumulat necesar pentru acoperirea întregului șir de deficite din anul respectiv este:

$$W_1 = -\Delta_1 \cdot t - \Delta_2 \cdot t - \dots - \Delta_n \cdot t = -\sum_{i=1}^n \Delta_i \cdot t$$

Astfel determinându-se pentru anul analizat un șir de valori  $W_1, W_2, \dots, W_n$ , se constată că existența în lac a unor volume egale cel puțin cu aceste valori la începutul lunilor respective condiționează acoperirea întregului șir de deficite următoare.

La fel se pot stabili șiruri de valori ale volumelor necesare în lac pentru acoperirea tuturor deficitelor următoare, în fiecare din anii asigurați ai șirului de calcul.

Din calcule rezultă pentru fiecare lună un număr de valori ale volumului care trebuie acumulat în lac pentru acoperirea deficitelor următoare. Aceste volume sunt în general mai mici în anii ploioși și mai mari în anii secetoși. Pentru ca să existe siguranța că se acoperă deficitetele următoare în cazul cel mai defavorabil din anii asigurați, volumul acumulat la începutul lunii analizate trebuie să fie egal cu volumul maxim din șirul de valori determinate pentru luna respectivă în diferiți ani asigurați ai șirului de calcul.

Pentru lunile anului se pot determina un șir nou de valori  $W_I, W_{II}, \dots, W_{XII}$  care indică volumele ce trebuie acumulate la începutul lunilor ianuarie, februarie, etc. pentru a avea siguranța că se va putea satisface necesarul de apă al folosinței în cel mai defavorabil din anii asigurați. Aceste valori corespund ramurii de golire a liniei de funcționare în regim asigurat. Dacă perioadele deficitare se continuă de la un an la altul, calculele încep de la sfârșitul perioadei deficitare, volumul a cărui acumulate este necesară la sfârșitul lunii decembrie fiind egal cu volumul ce trebuie acumulat la începutul lunii ianuarie a anului următor.

Construcția ramurii de umplere a liniei de funcționare în regim asigurat se efectuează după aceeași metodă, continuându-se construcția pentru fiecare an al șirului de calcul în perioada excedentară până în momentul când volumul de acumulat necesar devine nul. Ca și pentru ramura de golire, pentru ramura de umplere se iau în considerare valorile maxime ale șirului de volume lunare astfel determinat. Construcția este posibilă pentru acumulării cu regularizare anuală sau mai mică.



### 3.7.2 Calculul liniei de limitare a deversărilor

Construirea liniei de limitare a deversărilor este utilă numai în cazul în care cel puțin o parte din folosințe pot consuma debite mai mari decât cele care au determinat construirea liniei de funcționare în regim asigurat sau în cazul în care lacul se utilizează parțial și pentru combaterea inundațiilor. Pentru construirea liniei de limitare a deversărilor se analizează perioada de umplere a acumulării, perioadă scoasă în evidență de ramura de umplere a liniei de funcționare în regim asigurat. Dacă acumularea s-a umplut înainte de a fi necesar, conform acestei linii orice perioadă de ape mari ulterioară găsește lacul plin și debitele afluențe respective nu mai pot fi utilizate fiind deversate. Din acest motiv este necesar să se stabilească volumul care trebuie rețezat gol, pentru a permite reținerea în lac a volumelor afluențe din perioadele de ape mari, eliminând astfel necesitatea deversării lor.

Calculul liniei de limitare a deversărilor utilizează ca date de bază deficitele și excedentele de calcul în secțiunea acumulării, admițându-se că debitul folosinței este egal cu debitul maxim utilizabil:

$$\Delta' = Q_a - Q_{n,\max}$$

Linia de limitare a deversărilor se construiește în sens invers scurgerii timpului, începând de la luna de la sfârșitul căreia se impune condiția ca lacul să fie plin după linia de funcționare în regim asigurat. Se admite că în conformitate cu valorile acestei linii, la sfârșitul lunii  $n$  lacul trebuie să fie plin ( $W_n = W_{\max}$ ) și se consideră unul din anii șirului de calcul.

Dacă luna  $n$  apare un excedent față de debitul maxim utilizabil de folosință, rezultă că acest excedent trebuie acumulat în lac, pentru a fi utilizat într-o lună ulterioară în care nu mai apare excedent. Pentru ca lacul să permită acumularea acestui volum, în luna  $n$  este necesar ca volumul în lac la sfârșitul lunii anterioare  $n-1$  să fie.

$$W'_{n-1} = W' - \Delta'_n \cdot t$$

unde  $W'_{n-1}$ ,  $W'_n$  sunt volumele acumulare în lunile respective.

Dacă în luna  $n$  apare un deficit față de debitul maxim utilizabil de folosință, rezultă că întregul debit afluent în luna respectivă poate fi utilizat de folosințe, și chiar dacă lacul este plin, neexistând pericolul de deversare. Valoarea rezultată pentru  $W'_{n-1}$  este mai mare decât volumul maxim din lac,  $W_n$ , de aceea este necesar să se introducă restricția  $W_{\max} = W'_n$ .

De asemenea se ține seama și de condiția de nedeversabilitate subordonată condiției de satisfacere a necesarului de apă a folosințelor, adică nu se va periclita acest necesar în lunile deficiente ulterioare, numai pentru a reduce deversările în cazul unor eventuale luni ploioase. Astfel, pentru a reduce deversările, lacul nu poate fi golit la sfârșitul lunii  $n-1$  sub nivelul  $W'_{n-1}$  indicat de linia de funcționare în regim asigurat a graficului dispecer.

Construcția se repetă pentru întregul șir de ani, rezultând pentru fiecare lună un șir de  $N$  valori, unde  $N$  este numărul anilor din șirul de calcul.

Pentru ca nici în anul cel mai ploios să nu apară deversări, rezultă că golirea lacului trebuie astfel făcută, încât să permită înmagazinarea volumului excedentar din anul cel mai ploios al șirului.

### **3.7.3 Calculul liniei de introducere a restricțiilor**

În situația exploatării unui sistem hidrotehnic pentru regularizarea debitelor fără restricții se poate întâmpla că în anii în care volumul de apă nu este suficient pentru satisfacerea nevoilor de apă ale folosințelor să se producă golirea totală a lacului înainte de terminarea perioadei deficitare, urmând ca apoi să se utilizeze numai debitele naturale. Dacă se admite această ipoteză de funcționare, durata de introducere a restricțiilor se reduce în cea mai mare măsură posibilă, însă debitele prelevate de folosințe în perioada de restricții sunt și ele foarte reduse. De cele mai multe ori este de preferat o perioadă mai mare de introducere a restricțiilor dacă prin aceasta se poate realiza o sporire a debitelor furnizate în perioadele deficitare. Pentru că o asemenea exploatare să fie posibilă, este necesar să se introducă restricții înainte de golirea totală a lacului artificial, astfel încât volumul rămas în lac să poată fi utilizat pentru suplimentarea debitelor naturale pe întreaga perioadă deficitară următoare.

Linia de introducere a restricțiilor arată volumele minime, acumulate în diferite momente, sub care volumele nu trebuie să scadă în anii asigurați. În momentul coborârii volumului acumulat în lac sub această valoare este necesară introducerea restricțiilor.

Linia de introducere a restricțiilor se construiește utilizând ca date de bază șirul de excedente și deficite calculate pe baza debitului minim necesar folosinței pe întreaga perioadă de calcul și valorile liniei de funcționare în regim asigurat.

Calculul se efectuează în fiecare din cei  $N$  ani asigurați, începând de la punctul inițial al ramurii de umplere al liniei de funcționare în regim asigurat și continuând în sensul scurgerii timpului.

Se admit următoarele ipoteze de exploatare:

- în cazul în care debitele afluențe ar permite umplerea lacului peste valoarea indicată la un moment dat de linia de funcționare în regim asigurat, volumul în lac se menține la această valoare;

- în cazul în care debitele afluențe nu permit umplerea lacului peste valoarea indicată la un moment dat de linia de funcționare în regim asigurat, volumul în lac se menține la valoarea necesară pentru acoperirea necesarului minim al folosințelor.

Efectuând succesiv calculul pentru toți anii asigurați, se obține variația volumului în lac în ipoteza cea mai defavorabilă de gospodărire. Dacă în șirul de calcul există  $N$  ani asigurați, pentru fiecare lună se obțin astfel  $n$  valori, reprezentând volumul existent în lac la începutul lunii în diferiți ani. Din aceste valori se alege pentru fiecare lună valoarea minimă reprezentând volumul minim care se atinge în luna respectivă în anii asigurați.

Linia de funcționare în regim de restricție se află situată sub linia de funcționare în regim asigurat, suprapunându-se uneori peste aceasta.

#### **3.7.4 Linii auxiliare**

În situația în care este necesară introducerea restricțiilor se poate adopta introducerea restricțiilor pe o perioadă mai îndelungată însă într-o măsură mai mică putându-se construi curbe care să indice modul în care trebuie gospodărită apa în perioadele de restricții, adică valoarea debitului care mai poate fi asigurat folosințelor pentru diferite niveluri în lac. Ca date de bază se folosește șirul de deficite 90%, 80%, etc. calculate admitându-se o reducere a debitelor necesare folosinței la valori de 90%, 80%, etc. din debitul minim necesar satisfacerii integrale a folosinței, construcția făcându-se în mod analog liniei de introducere a restricțiilor rezultând liniile auxiliare de funcționare în regim asigurat.

În cazul în care volumul în lac este mai mare decât cel indicat de linia de funcționare în regim asigurat, debitul livrat folosințelor poate fi sporit peste cel minim necesar evitându-se golirea bruscă a lacului, astfel încât lacul să fie gol la sfârșitul perioadei deficitare. Se poate construi astfel linia auxiliară de funcționare în regim liber folosind același procedeu ca și pentru construirea liniei de funcționare în regim asigurat sporind debitul minim necesar folosințelor cu un procent reprezentând 110%, 120%, etc. din acesta.

Pe baza graficului dispecer astfel întocmit se poate determina regimul debitelor defluente din lac la diferite date calendaristice astfel încât să se satisfacă cu asigurarea cerută debitul minim necesar folosințelor, să se mărească în cea mai mare măsură posibilă debitul livrat folosințelor peste valoarea debitului minim necesar, să se atenueze proporția în care se micșorează debitul livrat folosințelor în perioadele neasigurate și să se evite umplerea excesivă a lacului de acumulare, în scopul micșorării deversărilor de debite.

În scopul modernizării și facilitării activității de exploatare a unei acumulări au fost proiectate următoarele programe de calcul folosind limbajul QBASIC: CLASARE, DEB-DEF, DEFINT, GDISP, GDT.

Programele, împreună constituie un minisistem soft-ware la dispoziția utilizatorului și care, în totalitatea părților componente, prin intermediul programului GDT.BAS poate trasa graficul dispecer al unei acumulări plecând de la debitele medii lunare pentru un anumit număr de ani, sau pot efectua anumite operații specifice (ca de exemplu, clasarea debitelor) în funcție de dorința utilizatorului. Cerințele hard-ware necesare sunt minime, programul putând rula pe orice calculator compatibil IBM PC.

Programul permite introducerea consumurilor în fișierul conținând șirul de debite medii lunare și obținerea în final a fișierelor cu deficitele și excedentele corespunzătoare ipotezelor luate în calcul pentru obținerea graficului dispecer.

Programul permite, în urma unui dialog cu utilizatorul, introducerea opțională a consumurilor ca valori constante, variabile de la un an la altul sau de la o lună la alta.

Prin intermediul programului coordonator, programul DEB-DEF este apelat succesiv în conformitate cu ipotezele de lucru. O subrutină din acest program se prezintă în continuare:

```
rem deb-deficite
    dim a(40)
    print "consum constant d/n"
1  a$=inkey$:if a$="" then goto 1
    if a$="d" or a$="D" then gosub 20 else gosub 30
    close
    gosub 60
end
20 'sub consum constant
    input "introduceti debitul consum constant=",q
    open "i",#1,"debite"
    open "o",#2,"deficite"      while not eof(1)
        input #1,a
        a=a-q
        print #2,a
    wend
    return
30 'sub consum variabil
    print "consum variabil de la un an la altul d/n"
31 a$=inkey$:if a$="" then goto 31
    if a$="d" or a$="D" then goto 40
    for i = 1 to 12
        print "introduceti debitul consum mediu/luna ";i;"=" ";input "",a(i)
    next i
    open "i",#1,"debite"
    open "o",#2,"deficite"
    i=1
    while not eof(1)
```

```
input #1,a
    a=a-a(i)
    print #2,a
    i=i+1
    if i=12 then i=1
    wend
goto 50
40 'secv. actualizare anuala
    for i = 1 to 12
    print "introduceti debitul consum mediu/luna ";i;"="";input "",a(i)
    next i
    open "i",#1,"debite"
    open "o",#2,"deficite"
    i=1:u=0
    while not eof(1)
    input #1,a
    if i=1 then goto 42
41    goto 48
42    print "sunt modificari în anul n-";u;" ? d/n"
43    a$=inkey$:if a$="" then goto 43
        if a$="d" or a$="D" then goto 45
44        goto 48
45    for j = 1 to 12
        print "introduceti debitul consum mediu/luna ";j;"="";input "",a(j)
    next j
48    a=a-a(i)
        print #2,a
        i=i+1
        if i=12 then i=1:u=u+1
    wend
50 return
60 'sub creare fișier date intrare ulterioare - deficit
    'se marchează cu a sfârșitul fiecarui an în fișierul deficit
    open "i",#1,"deficite"
```

```
open "o",#2,"deficit"  
i=1;u=0  
while not eof(1)  
input #1,a$  
print #2,a$  
if i=12 then print #2,"a":i=0  
i=i+1  
wend  
close  
return
```

## **IV. BAZELE PROIECTĂRII SISTEMELOR INFORMAȚIONALE UTILIZÂND SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition)**

### **4.1 Managementul unui proiect SCADA**

Soluțiile informatice și de automatizare a sistemelor de monitorizare și supraveghere devin tot mai importante prin prisma aderării României la Uniunea Europeană.

Dezvoltarea unui proiect poate fi conceput pe diferite nivele, înglobând probleme de diferite dimensiuni. De aceea, este important să detaliem conceptele legate de managementul de proiect.

În ciuda varietății extrem de mari a programelor și proiectelor există, totuși, unele caracteristici generale le vom regăsi la toate sistemele informaționale, indiferent de dimensiunile geografice sau temporale și fără ca dimensiunile bugetelor sau ale echipelor să aibă vreo importanță.

Pe de altă parte, chiar și simpla enumerare a unor definiții ale acestor caracteristici generale, ne poate ajuta în a ne contura mai clar demersul intern al unui proiect,[121].

**Sistemul** – este un ansamblu de elemente interconectate care conlucrează în vederea atingerii unui obiectiv.

**Sistemul informatic** - este un sistem care prelucrează date cu scopul obținerii de informații. Într-un sistem informatic pot intra : calculatoare, sisteme de transmisie a datelor, alte componente hardware, softwer-ul, datele prelucrate, personalul ce exploateaza tehnica de calcul , teoriile ce stau la baza algoritmilor de prelucrare, etc.

**Informația** – este un mesaj care înlătură necunoașterea unui eveniment și are caracter de noutate. Informațiile pot fi analizate, prelucrate și distribuite în diverse scopuri.

**Data** – este un model de reprezentare a informației, accesibil unui procesor, model cu care se poate opera pentru a obține noi informații. Datele pot fi de tip : text, numere, șiruri de caractere, logice

**Sistemul informațional** – Sistemul informational este ansamblul de elemente implicate în procesul de colectare, transmisie, prelucrare, etc. de informații.

Rolul sistemului informational este de a transmite informația între diferite elemente .Se poate spune deci, ca sistemul informational este inclus în sistemul informatic, acesta din urma fiind o componenta esentiala a primului.

**Sistemul informațional de monitorizare și supraveghere al lacurilor de acumulare** – este de fapt un sistem care are mai multe componente de tip informațional raportate la vizualizarea parametrilor caracteristici unui lac de acululare în timp real. Colectarea, vizualizarea, datelor se face cu ajutorul calculatorului; rezultatul constă în primul rând în vizualizarea în timp real a unor informații complexe de mediu și hidrologice, în al doilea rând timpul necesar comunicării și transmiterii datelor este mult mai eficient, iar în al treilea rând oferă un sitem de alarmă în cazul unor situații de urgență, cum ar fii ape mari sau viituri.

**Date monitorizate** – pot fi hidrometeorologice, fizico-chimice, sau de mediu.

**Componente ale datei monitorizate:**

- ✧ *Localizarea - unde este? Se precizează prin poziție;*
- ✧ *Parametrii - ce este? Conține caracteristicile parametrilor;*
- ✧ *Alarmer - Reprezintă sistemul de alarmă al sistemului în caz de situații de urgență;*
- ✧ *Comunicare și transmiterea - se realizează în timp real;*

Managementul proiectelor este un domeniu destul de recent apărut, iar importanța sa a cunoscut o creștere majoră datorită faptului că, la scară europeană și internațională, tot mai multe acțiuni se desfășoară în cadrul unor proiecte. Resursele utilizate de aceste proiecte (mai ales cele financiare) au un rol din ce în ce mai mare (vezi sumele derulate prin programele PHARE sau SAPARD) în dezvoltarea economică iar aria lor de aplicabilitate este în creștere.

Proiectul reprezintă o sumă de activități care conduc la realizarea unui scop comun și necesită un consum important de resurse (umane, materiale, financiare, echipamente, informații documentare și timp). Punerea în practică a unui proiect presupune un moment inițial și un moment final al proiectului, deci o durată de realizare. Momentul inițial este considerat cel în care se ia decizia de a se trece la conceperea unui proiect, iar cel final este cel în care se încheie ultima activitate prevăzută de proiect.

Managementul de proiect constă în planificarea, organizarea și gestionarea (controlul) sarcinilor și resurselor - ce urmărește atingerea unui anumit obiectiv , în condițiile existenței unor constrângeri referitoare la timp, resurse și costuri.

#### **4.1.1 Principiile managementului proiectelor**

Indiferent de tipul de proiect, independent de personalitatea și stilul managerului său și de metoda specifică adoptată, managementul de proiect va respecta următoarele principii, [121].

1. Unicitatea obiectivului: un proiect are un singur obiectiv principal (general). Acesta este motivul pentru care proiectul există și este finanțat. Atingerea obiectivului înseamnă rezolvarea problemei care a fost identificată la începutul ciclului de viață al proiectului.

2. Descompunerea structurală a proiectului: în funcție de complexitatea proiectului, acesta se împarte în subunități structurale (subproiecte, sarcini, grupuri de activități, activități) pentru a utiliza competența fiecărui membru al echipei. Nici un manager de proiect nu ar putea conduce singur proiecte cu sute, mii sau chiar sute de mii de activități care se desfășoară de cele mai multe ori simultan și în locații diferite.

3. Abordarea pornind de la obiectiv către resurse: alocarea resurselor necesare realizării obiectivelor proiectului se face numai după ce sunt identificate toate activitățile necesare; resursele se calculează și se alocă numai pentru punerea în practică a acestor activități. Niciodată nu se vor elabora proiecte al căror obiectiv este numai consumarea unor fonduri.



4. Evaluarea/Reevaluarea: este recomandabil ca, încă din faza de concepție, după fiecare etapă sau stadiu al proiectului să fie prevăzută o etapă de reevaluare care să permită luarea deciziilor impuse de practică. Aceasta deoarece probabilitatea săvârșirii unor erori este mai mare în faza de concepție a proiectului, iar consecințele acestora se pot identifica relativ târziu, abia în faza de implementare. Costul remedierii lor este cu atât mai mare cu cât sunt identificate mai târziu. Prin reevaluări și analize succesive se pot identifica eventualele erori încă din faza de „proiectare”, când costurile sunt minime.

5. Monitorizarea și evaluarea: proiectele sunt obligatoriu permanent monitorizate intern (de managementul proiectului) și pot fi monitorizate extern (de evaluatori din afara proiectului, de finanțator etc)

#### **4.1.2 Caracteristicile sistemului**

**Ansamblul** - reprezintă totalitatea elementelor componente ale unui sistem, trebuie să existe cel puțin două elemente;

**Conexiunea** – reprezintă legăturile dintre elementele sistemului, fiecare element este legat de altul;

**Intrări / ieșiri** – fiecare element este bine definit, poate reprezenta o intrare și/sau o ieșire din sistem;

**Prelucrarea** – reprezintă capacitatea sistemului de a transforma entitățile în urma unor operații specifice în informație utilă;

**Limite** – orice sistem dispune de o anumită întindere în spațiu și timp;

#### **4.1.3 Obiectivele proiectului**

Obiectivele unui proiect constituie scopurile proiectului și activitățile cerute de punerea lui în practică. Din această perspectivă, definirea obiectivelor proiectului capătă o importanță majoră, pentru că în funcție de acestea ne stabilim strategia și metodele folosite. Obiectivele trebuie să fie :

**Specifice** – pentru a defini foarte clar ceea ce va fi realizat.

**Măsurabile** – rezultatul obținut trebuie să poată fi măsurat.

**Acceptate** – de toți membrii echipei.

**Realiste** – pentru a putea fi îndeplinite.

**Timp precizat** – stabilirea unui interval de timp realist pentru a le realiza.

Pentru atingerea obiectivelor vom avea întotdeauna nevoie de „puncte fixe” în care să evaluăm fiecare pas al proiectului, pentru a putea introduce corecțiile necesare. Aceste „puncte fixe” trebuie

integrate unui plan de monitorizare internă, care să permită evaluări intermediare, făcute înainte de momentul de sfârșit al proiectului când va fi prea târziu pentru a mai putea corecta ceva.

Proiectul va fi împărțit în sarcini și etape bine precizate, programate în ordinea succesiunii lor și ordonate în timp. Se obține astfel o diagramă care poate fi reprezentată grafic, pentru a permite o mai ușoară urmărire a progresului proiectului (o diagramă Gantt).

În concluzie, numai asigurând echilibrul permanent al proiectului, stabilind obiective precise, implementând un program de monitorizare și evaluare internă permanentă, obținem premisele succesului proiectului propus.

#### **4.1.4 Ciclu de viață al unui sistem**

Modul general de concepere al programelor europene a impus un ciclu al proiectelor format din șase etape :

- 1 - Programarea
- 2 - Identificarea
- 3 - Evaluarea ex-ante
- 4 - Aprobarea finanțării
- 5 - Implementarea
- 6 - Evaluarea ex-post (a rezultatelor)

În caz particular pentru conceperea unui sistem informațional de monitorizare și supraveghere al lacurilor de acumulare vom parcurge următoarele etape :

- 1 – Identificarea problemei
- 2 - Analiz sistemului
- 3 - Proiectul sistemului
- 4 - Dezvoltarea sistemului
- 5 - Implementarea sistemului
- 6 - Exploatarea sistemului

##### **4.1.4.1 Identificarea problemei**

Identificarea problemei presupune recunoașterea cerințelor și necesităților organizatorice, stabilirea obiectivelor, [28].

##### **4.1.4.2 Analiza sistemului**

Analiza sistemului redă studiul modului de organizare a problemei. Analiza de sistem include mai multe etape:

A. *Studiu de fezabilitate* – urmărește formularea argumentelor prin care se susține decizia de a dezvolta sau nu sistemul.

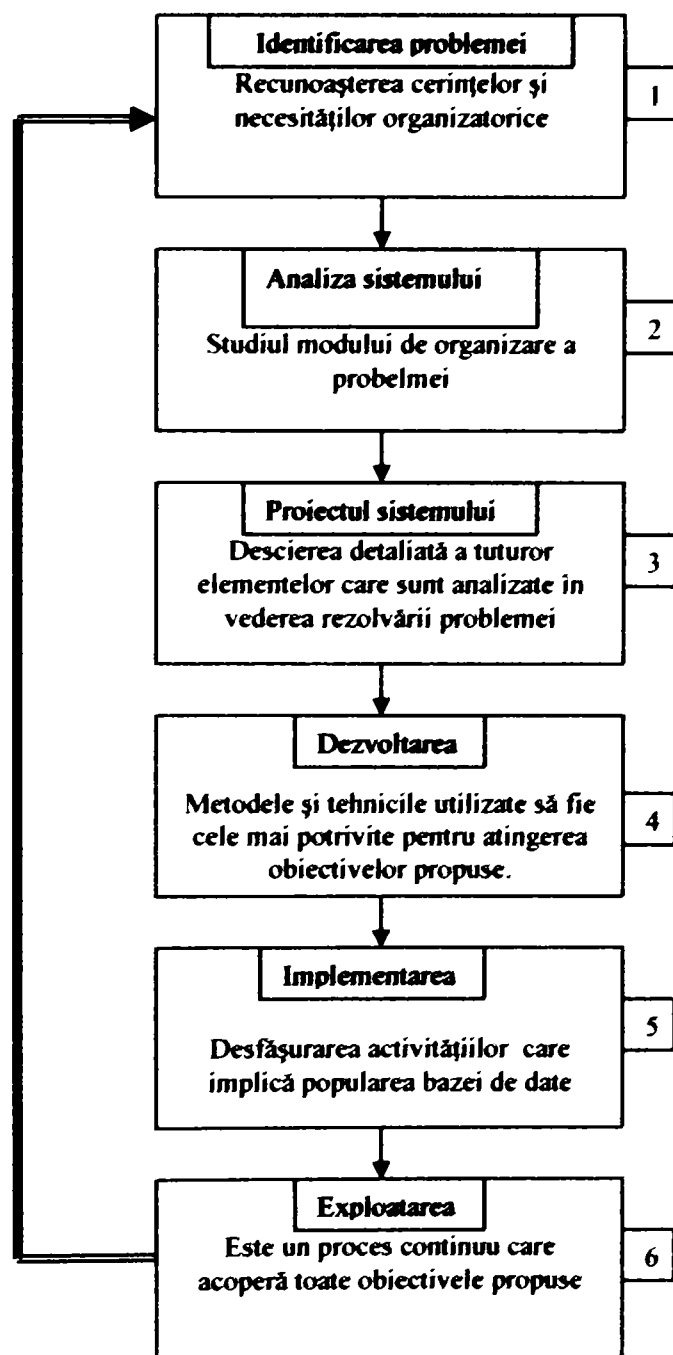


Figura 4.14. Reprezentarea schematică a unui sistem informațional

Aspecte care trebuie atinse:

- ⇒ tehnologia disponibilă – trebuie stabilit dacă există posibilități tehnice care pot satisface cerințele legate de rezolvarea problemei.
- ⇒ receptivitatea utilizatorilor – face referire la persoanele implicate în sistem

⇒ raportul cost beneficii – orice dezvoltare de sistem implică costuri, de la orice dezvoltare de sistem așteptăm beneficii. Beneficiile se pot materializa în bani sau imagine. În urma studiului de fezabilitate rezultă un raport care prezintă concluzii, acestea pot fi de acceptare sau de respingere.

**B. Definierea intrărilor / ieșirilor** – presupune stabilirea în prealabil a unei liste de atribute (caracteristici).

- **ieșirile** – conținutul pe care să-l obținem sub formă de date, rapoarte, statistici, etc;
- **intrările** – date citite de senzori.

**C. Stabilirea fluxului de date** – datele care circulă într-un sistem pot fi de tipul diagramă de flux, tabele de decizie

#### **4.1.4.3 Proiectarea**

Proiectarea unui sistem include următoarele faze :

- ⇒ Proiectarea bazei de date – trebuie să includă specificații legate de funcțiile de actualizare și întreținere a bazei de date, precum și funcțiile de protecție a bazei de date. Pentru fiecare dată trebuie specificată sursa de proveniență;
- ⇒ Funcțiile sistemului – sunt legate de soft;

În principiu avem patru categorii de funcții :

- introducerea datelor
- funcții de gestiune a bazei de date
- funcții de prelucrare și analiză
- funcții de vizualizare a datelor și informațiilor

- ⇒ Evaluarea volumului de date – precizarea exactă a numărului de date din baza de date;
- ⇒ Stabilirea procedurilor de testare;
- ⇒ Stabilirea echipamentelor și a softului;
- ⇒ Necesarul de personal;
- ⇒ Stabilirea spațiilor necesare;
- ⇒ Evaluare costuri – deviz estimativ ;

#### **4.1.4.4 Dezvoltarea**

După aprobarea fazelor anterioare se trece la dezvoltarea sistemului, metodele și tehnicile utilizate trebuie să fie cele mai potrivite pentru atingerea obiectivelor propuse.

#### 4.1.4.5 Implementarea

Implementarea sistemului implică punerea lui în practică. Este momentul cel mai dificil și va trebui făcut pas cu pas, astfel încât să nu pierdem controlul asupra desfășurării activităților componente susținute de membrii echipei și responsabili de succesul ei. Fiecare dintre aceste subfaze va trebui să aibă propriile obiective bine definite, care să permită în final constatarea succesului sau eșecului.

Implementarea reprezintă trecerea de la un sistem de lucru la un sistem de lucru nou al unei organizații. Această trecere se poate face în patru moduri :

- Conexiune directă – trecere bruscă de la sistemul vechi la cel nou (Figura 4.14.):

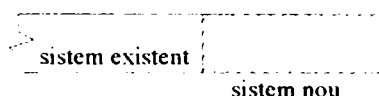


Figura 4.14. Reprezentarea schematică

- Conversie paralelă – se lucrează în ambele sisteme (Figura 4.15.):

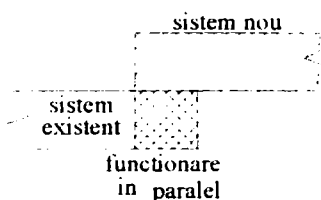


Figura 4.15. Reprezentarea schematică

- Conversie în faze – se renunță pe rand la funcțiile sistemului vechi (Figura 4.16.):

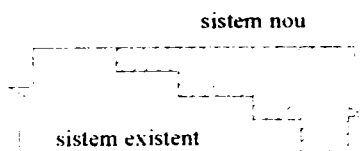


Figura 4.16. Reprezentarea schematică

- Conversie pilot – se lucrează doar în fază de testare (Figura 4.17.):

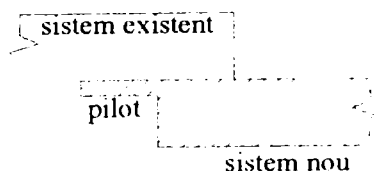


Figura 4.17. Reprezentarea schematică

#### **4.1.4.6 Exploatarea și întreținere sistemului**

Este un proces continuu care trebuie să acopere mai multe aspecte :

- D.** Actualizarea datelor
- E.** Identificarea punctelor slabe
- F.** Asigurarea condițiilor de funcționare

## **4.2 Descrierea sistemului SCADA**

În condițiile unei economii competitive, a concurenței dintre firmele ce lucrează în același domeniu, creșterea productivității, rezolvarea rapidă a defecțiunilor, calitatea serviciilor este un factor foarte important. Pentru a face față acestor provocări, firmele apelează la tehnologiile de vârf, care, deși scumpe, pot duce la creșterea spectaculoasă a eficienței muncii depuse, în același timp îmbunătățind calitatea serviciilor,[110] ,[114] ,[116].

La convergența tehnologiilor de măsurare, de comunicații și de informație a fost dezvoltată o tehnologie complexă, care este specializată pe sarcini ce sunt legate de administrarea rețelelor de transport și de distribuție. În cazul rețelelor, reflectarea stărilor se face cu multe variabile, iar interacțiunile pe ramurile ce intră în componența acestora pot fi deosebit de complexe.

Rețelele de transport și distribuție sunt, extrem de dificil de administrat. Într-o abordare clasică, acest lucru s-a realizat (înaintea apariției sistemelor SCADA) prin amplasarea în punctele cheie ale rețelei a unor instrumente de măsură și formarea unor echipe de teren. Echipele de teren erau menite să citească valorile instrumentelor amplasate în rețea sau să facă măsurători cu aparate de măsură portabile, să comunice valorile citite persoanelor responsabile de administrarea rețelelor și să execute operațiile cerute de aceștia. Comunicarea valorilor citite către administratorii de rețele, precum și în sens invers se făcea ori prin telefon, ori prin stații de emisie-recepție. Procedul este foarte încet și a necesită personal suplimentar (chiar și mijloc de transport pentru deplasările mai lungi), dată fiind necesitatea deplasării între diferitele puncte de măsură, respectiv elemente de execuție.

Pentru eficientizarea citirii valorilor și a efectuării unor operații la distanță s-au introdus metodologiile de telemăsurători, respectiv comandă la distanță.

Odată ce s-a implementat un sistem SCADA, operațiile pot fi monitorizate și controlate, iar sistemul produce informații de maximizare a profitului. Deoarece SCADA este centrul declanșării, transmiterii și a distribuției de operații, toți cei care folosesc informațiile sistemului pot beneficia de o vedere de ansamblu a amplasamentului, instalarea și funcționarea sistemului.

#### **4.2.1 Componentele sistemelor SCADA**

Sistemele SCADA sunt alcătuite din componente de natură diferită, acestea fiind conectate între ele. Principalele componente ale sistemului SCADA sunt:

⇒ **componente de măsurare** - în cazul rețelelor de transport și distribuție fluide se măsoară presiunea, temperatura și debitul;

⇒ **componente de acționare și automatizare** - exemple pentru rețele de transport și/sau distribuție de fluide: vane și robinete comandate, pompe prevăzute cu comandă, etc.;

⇒ **componente hardware** - calculatoare, imprimante, plottere, monitoare, afișaje sinoptice, module de conducere a proceselor inteligente, module de comandă cu logică programată, unități de stocare etc.

⇒ **componente software** - sisteme de operare, sisteme de culegere a datelor, sisteme de gestionare a bazelor de date, programe de simulare, programe de comunicații, programe de arhivare/restaurare a datelor;

⇒ **componente de comunicații** - comunicațiile se pot efectua pe diferite căi:

- ✓ **rețele LAN** - cablurile rețelelor, plăci de rețea;
- ✓ **linii telefonice** (închiriate sau proprie tare) - linii telefonice, modemuri;
- ✓ **mijloace de comunicații radio terestre** - stații de emisie-recepție, relee de transmisie;
- ✓ **mijloace de comunicații prin sateliți** - stații de emisie-recepție sateliți.

#### **4.2.2 Servicii sistem**

Pentru a oferi suport decizional, sistemele SCADA trebuie să ofere o mare varietate de servicii. De aceea se va insista numai asupra serviciilor mai importante și a celor mai reprezentative.

Datele culese de modulele de măsurare trebuie să ajungă la elementele locale și centrale de prelucrare, iar pe de altă parte și comenzile date de operatori sau procedurile inițiate de sistemul central de prelucrare sau de cele locale de decizie trebuie să ajungă la elementele de execuție, din aceasta rezultă necesitatea serviciului de comunicare. Strâns legat de serviciul de comunicare este serviciul de achiziție de date și serviciul de comandă la distanță.

Operatorii trebuie să poată urmări pe un panou sinoptic mare dispunerea rețelei, cu **afișarea** celor mai importante stări. Acest panou trebuie să poată oferi o vedere de ansamblu a întregii rețele, cu informațiile esențiale de stare, fără a fi supraîncărcat. Valorile de stare de detaliu ale unor puncte sau porțiuni se vor afișa pe ecrane mai mici, care pot fi ale unor monitoare de calculator obișnuite. Pe aceleași afișaje de detalii trebuie să fie disponibile operatorului anumite comenzi, ce pot iniția operații ale elementelor de execuție de la distanță. Afișarea datelor și a posibilelor elemente de comandă, împreună cu programele ce deservește aceste funcții, asigură **interfața de operare**.

În funcționarea unor rețele este importantă urmărirea tendințelor de variații ale variabilelor de stare, cu menționarea faptului că **jurnalizarea datelor** pe anumite perioade de timp poate fi folosit și în scop predictiv, pe lângă faptul că pe baza unor analize ulterioare se pot depista unele probleme de administrare. Din această cauză se va înregistra într-o bază de date o istorie a evenimentelor, care pe lângă valorile de stare, va conține și eventualele alarme și comenzi date de operatori.

**A. Urmărirea și analiza tendințelor** este esențială pentru a putea lua deciziile corecte. Acest serviciu presupune înregistrarea datelor pe de o parte, iar pe de altă parte **analize predictive**. Acestea amândouă sunt legate și de serviciile de afișare. Drept urmare, operatorii vor iniția anumite acțiuni, acestea vor apela la serviciile de **lansare a comenzilor** la distanță. De asemenea este necesară **urmărirea efectuării**, sau cel puțin a **finalizării** comenzilor date.

**B. Verificarea datelor** se face de regulă local, înainte de a trimite datele sistemului central de prelucrare. Verificarea presupune ca datele să fie valide, teletransmisia să funcționeze, dacă există mod de test pentru RTU, dacă valorile au fost extrase din baza de date locală, dacă a apărut o eroare de calcul. Dacă a apărut una din condițiile excepționale, se declanșează **serviciul de alarmare**.

**C. Serviciul de securitate**, care permite accesul pe bază de parole. La fiecare calculator sau terminal accesul este protejat și are un anumit nivel de acces. De asemenea operatorii sistemului posedă câte o parolă, care dă un anumit nivel de acces .

**D. Serviciul de simulare**. Aceasta permite simularea și analiza unor scenarii de tip "ce se întâmplă, dacă ?", acestea se pot referi la monitorizarea propagării unde de viitură, manevre ce trebuiesc efectuate în caz de ape mari, inundații, modificarea unor parametri de calitate ai apei care pot conduce la îmbolnăvirea populației .

#### **4.2.3 Cerințe de bază**

**A. Deschiderea** unui sistem este asigurată de respectarea unor standarde. Menirea deschiderii este posibilitatea conlucrării cu alte sisteme , cum ar fi sisteme de comandă distribuite, sisteme de modelare a proceselor, sisteme de optimizare, etc. Deschiderea trebuie să fie prezentă atât din punct de vedere hardware (platforme hardware diferite), software (sisteme de operare diferite și cod portabil), comunicații (standarde internaționale), cât și din punct de vedere al administrării datelor și al aplicațiilor (posibilități de interfațare și suport oferit pentru alte programe).



**B. Adaptabilitatea** reprezintă posibilitatea de a configura componentele conform cerințelor concrete, chiar în cazul în care aceste cerințe se modifică pe parcursul duratei de viață a sistemului; posibilitatea de a conecta noi echipamente sau programe la sistemul existent.

**C. Disponibilitatea datelor** necesare în timp util este foarte importantă, astfel pot fi luate măsuri utile (și de asemenea în timp util), care ar provoca eventual accidente sau pur și simplu reclamații din partea unor clienți.

**D. Securitatea și siguranța datelor** este foarte importantă, pătrunderea unor persoane în sistem pot duce la dezvăluirea unor informații confidențiale, ce pot provoca disfuncționalități grave în sistem.

**E. Sisteme de arhivare a datelor**, datele odată înregistrate să poată fi consultate și ulterior în vederea unor analize.

**F. Sisteme de alarmă**, sistemul trebuie să ofere posibilitatea depistării rapide a defecțiunilor din rețea, precum și a localizării cât mai exacte ale acestora. De asemenea, trebuie să poată oferi toate datele referitoare la posibilele elemente implicate în remediarea defecțiunii.

**G. Interfață prietenoasă cu utilizatorii**, elementele cu funcții similare sau ce se referă la lucruri similare să fie grupate.

#### **4.2.4 Probleme de implementare**

**A. Beneficii** - deoarece implementarea unui sistem SCADA pe scară largă presupune investiții foarte mari, problema implementării unui astfel de sistem trebuie conceput treptat, implementarea fiecărei faze să conducă la un beneficiu traductibil în bani.

**B. Extindere** - încă din faza de proiectare trebuie ținut cont de posibilitatea extinderii sistemului, atât în ceea ce privește creșterea numărului de puncte de măsurare, cât și extinderea funcționalității sistemului.

**C. Concepție** - în cursul fazei de concepție se va apela la consultanți externi sau se va coopera strâns cu viitorul furnizor, astfel evitându-se eventualele "scăpări" ale proiectării.

**D. Instruirea utilizatorilor** - utilizatorii vor arăta reticență față de un sistem complet nou, cu care nu s-au obișnuit să lucreze, din această cauză ei trebuie educați în avans cu introducerea în exploatare a sistemului. De asemenea, cu introducerea de elemente noi, utilizatorii trebuie să știe dinainte ce sunt acestea și care este rolul lor.

**E. Exploatarea și întreținerea sistemului**, în acest sens trebuie definite clar scopurile urmărite, trebuie stabilite sarcinile de efectuat și persoanele care se vor ocupa aceste probleme. Drepturile de acces ale acestor persoane trebuie delimitate foarte strict și clar.

## **V. STUDIU DE CAZ. SISTEM INFORMATIC DE MONITORIZARE ȘI SUPRAVEGHERE A ACUMULĂRII SURDUC**

### **5.1 Scopul proiectului. Domeniu de aplicabilitate**

Scopul proiectului constă în modelarea și proiectarea unui "Sistem Informațional de Monitorizare și Supraveghere a acumulării Surduc" în vederea reabilitării și monitorizării sistemului informațional existent. Acest proiect vine în întâmpinarea unui segment de piață în plină expansiune.

Scopul dezvoltării sistemului constă în :

- reabilitarea și modernizarea sistemului informațional în conformitate cu cerințele Directivei Cadru UE a Apei 2000/60/CE;
- obținerea de date și informații necesare în exploatarea eficientă a acumulării Surduc;
- posibilitatea de a preîntâmpina inundații, fenomene naturale periculoase sau poluări accidentale prin luarea măsurilor adecvate și concrete privind protecția populației.
- supravegherea și monitorizarea printr-un sistem de comunicații și transmitere a datelor și informațiilor cât mai rapid și în siguranță.

**Domeniul de aplicabilitate** al sistemului interactiv de modelare a monitorizării și supravegherii acumulării se regăsește în gospodărirea apelor, atenuarea undelor de viitură și vizează :

- exploatarea eficientă a resurselor de apă;
- diminuarea riscului producerii unor dezastre și mărirea timpului de avertizare prin urmărirea în timp real a modificărilor parametrilor aferenți acumulării;
- monitorizarea calității apei, protecția mediului;
- facilitarea măsurilor corective de întreținere a barajului prin monitorizarea continuă a procesului;

Se poate considera că aplicația constituie un punct de plecare, oferind baza de dezvoltare pentru o aplicație complexă în cadrul Companiei Naționale "Apele Romane".

Pentru dezvoltarea aplicației s-au utilizat: Sistemul de operare Windows XP, Serverul de baze de date SQL, limbajele de programare: SCADA "Supervisory Control And Data Acquisition" (control de supervizare și achiziție de date). ,[85] ,[110] ,[106] .

### **5.2 Date generale asupra zonei amenajate Surduc**

#### **5.2.1 Amplasarea în mediu**

Județul Timiș, comuna FÂRDEA. Zona de agrement din jurul Acumulării Surduc,[39] - este situată în partea de nord-vest a teritoriului comunei Fârdea, în afara intravilanului. De comuna Fârdea aparțin și următoarele șase localități: Drăgsinești, Gladna Montană, Gladna Română, Hăuzești, Mânicu Mic și Zolt (Figura 5.1.), ,[99].



**Figura 5.1. Amplasarea în mediu a Acumulării Surduc**

### **5.2.2 Elemente geografice**

Lacul de acumulare Surduc este situat la o distanță de cca 90 km est de Timișoara și la cca 30 km est de Lugoj, pe teritoriul administrativ al comunei Fârdea, între Fârdea (centru de comună, la sud) și Mâtnicu Mic .

Lacul Surduc și zona limitrofă întrunește calități naturale dintre cele mai bune pentru a deveni un important obiectiv și un punct de atracție pentru turiștii din județul Timiș, prin poziția geografică, prin calitatea peisajului și prin amenajările ce se preconizează a se extinde.

Coordonatele geografice aproximative sunt: paralela 45°42' - latitudine nordică și meridianul 22°9' - longitudine estică.

Din punct de vedere geografic lacul este așezat în partea de nord-vest a Masivului Poiana Ruscăi, pe cheile râului Gladna, afluent de stânga a râului Bega, la cca. 4 km în amonte de localitatea Surducu Mic.

În prezent, amenajarea hidrotehnică Surduc, deține cea mai mare suprafață a unei acumulări din județul Timiș , de aproximativ 357 ha,[63] .

### **5.2.3 Folosițele acumulării**

**A.** Lacul de acumulare Surduc a fost realizat cu scopul asigurării cu apă potabilă și industrială a zonei Timișoara și a zonei situate în amonte de Timișoara, prin reglarea și suplimentarea debitului pe canalul Bega (în regim de urgență).

**B.** O a doua folosință este asigurarea cu apă pentru irigații și dezvoltarea unei zone de agrement. Construcția barajului a început în anul 1972, iar acumularea a intrat în exploatare în 1976, atingând în 1977 un volum de 25 milioane de metri cubi (etapa I, cota 192 m).

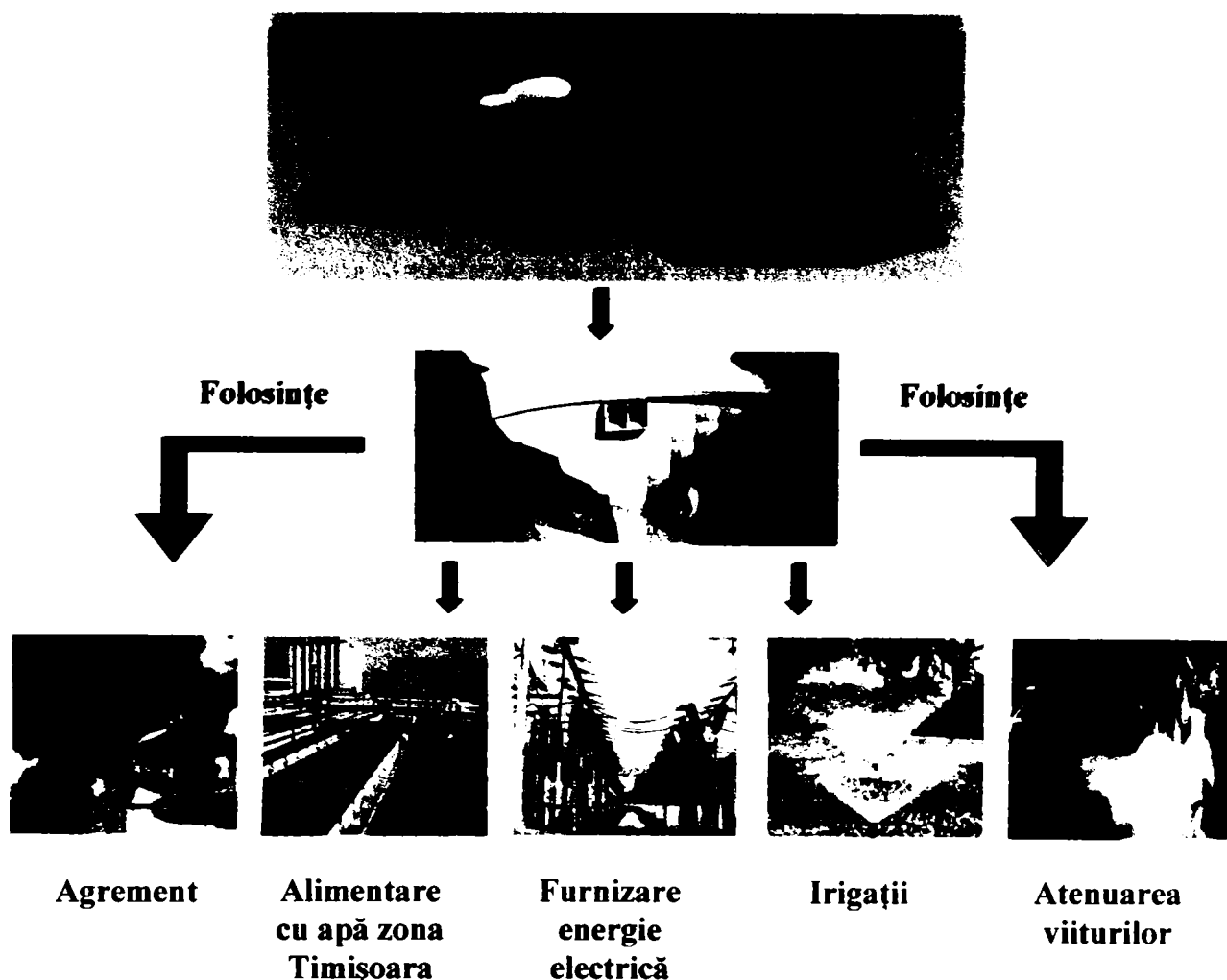


Figura 5.2. Reprezentarea schematică a utilizării resurselor de apă

#### 5.2.4 Divizarea în subzone a zonei lacului Surduc

În anul 1996 s-a efectuat o acțiune de inventariere a construcțiilor din zona de agrement a lacului Surduc. Rezultatul acțiunii a fost acela al delimitării celor 9 zone dens ocupate de construcții, numerotate de la A la I.

Zonele A, B au ca și caracteristici comune:

- situarea pe amplasamente dens împădurite, orientate spre nord și nord-est;
- acces carosabil și pietonal de pe drumuri de exploatare existente, scurte;
- situate aproape în totalitate sub limita zonei de protecție a lacului (204+5 m);

Zona C se caracterizează prin:

- situarea pe amplasamente dens împădurite, orientate spre nord și nord-est;
- acces carosabil și pietonal de pe drumuri de exploatare existente, lungi;
- situate aproape în totalitate sub limita zonei de protecție a lacului (204+5 m);

Zona **D** se caracterizează prin:

- situare pe locul cel mai favorabil, fostă pășune, orientat spre nord, sud și vest, cu vedere spre toate elementele peisajului, devenit cel mai defavorabil din cauza densității extreme a construcțiilor;
- acces carosabil și pietonal de pe un drum de exploatare existent;
- situată aproape în totalitate sub limita zonei de protecție (204+5 m);

Zona **E** se caracterizează prin:

- situare pe un platou ușor înclinat, de pășune și arabil, orientat spre lac, spre nord, favorabil, cu vizibilitate spre elementele de peisaj;
- acces carosabil și pietonal de pe trei drumuri de exploatare existente;
- puține construcții sunt situate sub limita zonei de protecție (204+5 m);

Zona **F** se caracterizează prin:

- situare pe platou plan, înclinat spre lac, orientat spre nord-est, pe fost teren arabil;
- acces carosabil și pietonal de pe drumuri de exploatare existente, care pornesc din partea nordică a vetrei comunei Fârdea;
- toate construcțiile sunt situate sub limita zonei de protecție (204+5 m);

Zona **G** se caracterizează prin:

- situare într-o zonă de pășune abruptă și plană, orientată spre vest, cu vizibilitate favorabilă către elementele peisajului;
- acces carosabil și pietonal mai dificil, pe drumuri agricole de pământ;
- construcțiile se află parțial sub limita zonei de protecție (204+5 m);

Zona **H** se caracterizează prin:

- situare într-o zonă împădurită, cu orientare spre sud și vizibilitate spre elementele peisajului;
- acces carosabil și pietonal foarte dificil, pe un drum forestier de pământ.
- construcțiile se află sub limita zonei de protecție (204+5 m);

Zona **I** se caracterizează prin:

- situare într-o zonă dens împădurită, cu vizibilitate foarte bună, orientată spre est;
- acces carosabil și pietonal foarte dificil, pe un drum forestier de pământ care duce spre zona H, cu o lungime de 1,5 km de la DJ 681 A;
- toate construcțiile se află sub limita zonei de protecție (204+5 m);

Principala funcțiune a celor 9 zone identificate este cea de locuire temporară, destinată agrementului de week-end și relaxării de vacanță.

### **5.2.5 Aria protejată**

Conform Planului de Amenajare a Teritoriului Național PATN, zona lacului Surduc se înscrie în gruparea geografică a 2-a a zonelor naturale protejate, care cuprinde un areal întins pe teritoriile județelor Hunedoara, Caraș-Severin, Mehedinți, Gorj, Vâlcea, Argeș, Sibiu, Alba și Timiș.

Având în vedere statutul de „arie protejată a lacului Surduc”, definită ca zonă cu caracter mixt (zonă de agrement de week-end și vacanță, vânătoare, pescuit, motocros, drumeții, etc.), trebuie evidențiate, luate în considerare și respectate o serie de limite importante:

⇒ **cota 192,0** – limită de retenție a etapei I, care în ultimii ani, datorită secetei, se situează la o cotă inferioară:

⇒ **cota 198,0** – limita zonei inundabile care va fi atinsă o dată cu punerea în funcțiune a etapei a II-a acumulării (definitivarea lucrărilor la tunelul de aducțiune dinspre Tomești);

⇒ **cota 204 + 5 m** – limita zonei de protecție impusă de Compania Națională „Apele Române” – Direcția Apelor Banat. Această cotă este reglementată prin ordinul MAPPM nr. 298/1991 și este constituită de suprafața cuprinsă între cota NNR și cota coronamentului barajului (204 mdMB) + o bandă de 5 m lățime.

Analiza datelor statistice privind amenajarea hidrotehnică Surduc relevă faptul că este posibil să se atingă cote maxime extraordinare astfel:

⇒ **cota 200,5 NMB** – o dată la 100 ani;

⇒ **cota 201,0 NMB** – o dată la 1000 ani.

Zona de protecție specificată anterior este constituită în vederea:

- ✓ menținerii integrității luciului de apă;
- ✓ efectuării lucrărilor de întreținere;
- ✓ accesului cu ocazia intervențiilor operative în situații excepționale;
- ✓ asigurării volumului de atenuare a viiturilor peste NNR.

În aceste condiții, terenurile din zona de protecție trebuie să fie libere, ele putând avea doar folosința de pășune sau fâneată.

### **5.2.6 Elemente geologice**

Din punct de vedere seismic, în conformitate cu Normativ P100/92 zona este caracterizată cu o perioada de colt  $T_c = 0,7$  secunde și un coeficient seismic  $K_s = 0,08$ .

În jurul amenajării se diferențiază două zone:

- zona de terasă cu relief accidentat având versanți cu pante de cca. 50 - 60° (terenurile situate în vecinătatea barajului);

- zona de luncă a râului Gladna și a afluenților săi, cu pante line ce nu depășesc 5 - 7° (terenurile situate spre mijlocul și coada lacului).

Din punct de vedere geologic zona se înscrie în aria de răspândire a șisturilor cristaline și a depozitelor panoniene,[39].

Adâncimea maxima de îngheț se va adopta :  $D_f \text{ min. } \text{îngheț} = 0,90 \text{ m}$  (STAS 6054 77).

## **5.2.7 Resurse de apă**

### **A. Apa subterană**

Alimentarea acviferelor se face prin infiltrarea apelor din precipitații, a apei de șiroire provenită din zona cristalină.

Apa rezultată dinspre culmea cristalină sub formă de scurgere în pânză, șiroire sau chiar torențială se infiltrează pe linia de contact cu sedimentul pontian, dispus discordant peste cristalin.

Direcția de curgere a fluxului subteran este orientată în general dinspre dealuri și zona de terasă către V. Gladnei și Săraz.

Gradienții hidraulici sunt determinați de condițiile de înmagazinare și circulare a fluxului subteran. Valoarea lor este cuprinsă între  $I = 30 \div 50 \%$ , în zona de deal,  $I = 6 \div 12 \%$ , în zona de terasă și  $I = 4 \div 8 \%$  în zona de luncă.

Adâncimea nivelului piezometric variază mult în funcție de morfologia reliefului cât și de condițiile de drenare și de alimentare a fluxului subteran. Nivelurile piezometrice sunt cuprinse între  $NP = 5 \div 10 \text{ m}$  zona de terasă,  $NP = 10 \div 20 \text{ m}$  în zona colinară.

În anumite situații, în zona joasă la stratele de adâncime apa debitează artezian.

Din analiza condițiilor hidrogeologice în zona interesată rezultă prezența unei structuri acvifere de adâncime constituite din 2-8 strate acvifere cu un potențial acvifer redus datorat prezenței liantului argilos în strate cât și o slabă realimentare, un aport redus de apă prin drenanță verticală și laterală, datorită prezenței în apropiere a șisturilor cristaline care sunt impermeabile sau slab permeabile pe liniile de fisuri.

### **B. Apa de suprafață**

Rolul determinant al existenței surselor de apă îl are factorul climatic și constituția petrografică a regiunii. În zonă este constituită o structură de tip etajat. Primul strat acvifer se găsește la adâncimi de 5-6 m. Nivelul apelor freatice crește sau scade în funcție de precipitații, iar în jurul lacului de acumulare Surduc este aproape de suprafață. Apele de suprafață provin din precipitații și izvoare.

Apele curgătoare care alimentează lacul Surduc sunt:

- pârâul Hăuzeasca, care curge de la sud la nord,
- pârâul Munișel, care curge de la nord-est la sud-vest,
- pârâul Gladna, care curge de la est la vest.

După baraj, aceste trei pâraie unite poartă numele Glavița, care este unul din afluenții Begăi. Apa Glaviței este dirijată printr-un tunel de aducțiune, pozat la suprafață, spre microhidrocentrala amenajată la intrarea în satul Surducul Mic valea râului fiind mai tot timpul uscată.

### **5.2.8 Calitatea apei din lac**

Din analiza calității apei acestui lac, în anul 2004, [101], [106], se desprind următoarele concluzii:

- pH-ul a înregistrat în perioada de prelevare a probelor valori cuprinse între 7,2 - 9,1 caracteristice *apelor slab alcaline* și au încadrat apa lacului *în clasa a V- a de calitate*;
- încărcarea organică determinată prin CCO-Cr și CBO5 a evidențiat valori caracteristice apelor *clasei a III- a și a II -a de calitate* (CCO-Cr: 7,00 – 66,0 mgO<sub>2</sub> / dm<sup>3</sup>; CBO5: 1,60 - 5,80 mgO<sub>2</sub> /dm<sup>3</sup>.);
- valorile azotului mineral total 0,099 - 0,89 mg / dm<sup>3</sup> și fosforului total 0,003 - 0,1 mg/ dm<sup>3</sup> au încadrat apa în *categoria eutrofa*;
- din punct de vedere al caracterizării biologice biomasa fitoplanctonică a înregistrat valori cuprinse între 3,8 - 12,44 mg / dm<sup>3</sup>, caracteristice categoriei hipertrofe;
- valoarea percentile V 90% a biomasei fitoplanctonice a lacului Surduc 11,92 mg / dm<sup>3</sup> a încadrat apa în categoria hipertrofă;
- numărul probabil de bacterii coliforme totale a prezentat valori cuprinse între 120 – 2.800 pe 100 ml, care au încadrat apa lacului în *clasa a III- a de calitate*;
- valorile azotului total și fosforului total au încadrat apa lacului Surduc în *categoria eutrofa*, iar valorile biomasei fitoplanctonice în *categoria hipertrofa*.

### **5.2.9 Clima și calitatea aerului**

Clima zonei este din categoria temperat continentală moderată, cu influențe mediteraneene și oceanice, mai ales vara. Primăvara și la începutul verii sunt dominante masele de aer temperat-oceanic, cu precipitații abundente. În cursul anului predomină masele de aer maritim din vest, cu umiditate suficientă.

Temperatura aerului este dată de stația meteorologică Lugoj și de la stația de la barajul Surduc. Temperatura medie anuală este de + 10,7° C. Luna cea mai caldă este luna iulie (+ 20,9° C), iar cea mai rece este luna ianuarie (-1,4° C). Temperaturile extreme absolute în zonă au fost înregistrate pentru maximă, la 20 august 1946 (+ 41,5° C) și pentru minimă la 24 ianuarie 1963 (- 33,6° C). Iarna temperatura medie este pozitivă (+ 0,4° C), iemile fiind scurte și blânde. Toamna este mai caldă decât primăvara, cu valori termice cu 1° C mai ridicate și cu temperaturi mai constante.

Mediile anuale ale presiunii atmosferice se distribuie uniform, iar variațiile anuale ale presiunii atmosferice au valori cuprinse între 775 – 736 mm.

Cantitatea medie anuală a precipitațiilor atmosferice este cuprinsă între 700 – 750 mm. Precipitațiile nu sunt repartizate în mod egal în cele patru anotimpuri și nici în toți anii. Ploile lunii

iunie reprezintă 17 % din suma anuală, iar întreaga vară, 32 %. Iarna cad 19 % din precipitații sub formă de ploaie și zăpadă.



Frecvența cea mai mare o au vânturile dinspre sud-est (21,4 %), urmate de cele dinspre nord (7,1 %) și cele dinspre nord-vest (6,3 %). Vânturile diferă de la un anotimp la altul, iarna frecvența vânturilor fiind mai mare.[39] ,[63].

### **5.2.10 Zone și obiective de interes tradițional**

Zonele și obiectivele de interes tradițional în zona lacului Surduc sunt:

- Zolt (biserica de lemn);
- Punctul turistic Valea lui Liman;
- Peștera de la Românești;
- Cabana Pitroasa-Poieni;
- Cabana Căpriorul de la Nădrag;
- vârful Padeș;
- Făget - zonă istorică urbană;
- Bătești - câmpul de narcise;
- Zonele cu monumente de arhitectură populară din satele Margina, Curtea, Tomești, Povergina, Coșava, Bulza, Coșevița;
- Lugoj, municipiu cu numeroase obiective turistice: muzee, case memoriale, monumente de artă plastică și cu valoare memorială;
- Localitatea Traian Vuia (monument comemorativ).

### **5.2.11 Utilități hidroedilitare apă-canal**

În prezent localitatea Fârdea dispune de un sistem centralizat de alimentare cu apă.

Localitatea Mânicu Mic nu dispune de un sistem centralizat de alimentare cu apă.

Localitățile limitrofe acumulării Surduc și zona de agrement nu dispun de sisteme centralizate de canalizare și epurare a apelor uzate.

Pentru preîntâmpinarea îmbolnăvirilor prin consumul apei din fântâni eventual infectate au fost făcute demersuri pentru legarea consumatorilor din zona de agrement la un sistem centralizat de alimentare cu apă.

În ceea ce privește diminuarea și eliminarea surselor de poluare, a fost proiectat un sistem de canalizare pentru colectarea apelor uzate.

Un studiu amănunțit asupra aspectelor prezentate mai sus a fost tratat pe larg în lucrarea mea de licență, „Utilități hidroedilitare apă și canal pentru zona Surduc”, din care voi enumera doar utilitățile apă-canal:

- ⇒ **Rețea de alimentare** cu apă a zonei Surduc;
- ⇒ **Rețea de canalizare pentru apele uzate și menajere în zonele de agrement;**

- ⇒ Stație de epurare;
- ⇒ Stații de pompare și de repompare în zonele de agrement
- ⇒ Deponeu amplasat aval de baraj;

### **5.2.12 Necesitatea reabilitării ecologice a zonei amenajate Surduc**

În prezent zona amenajată a lacului Surduc, este afectată de amplasarea necorespunzătoare a construcțiilor în arai de protecție sanitară, de modul de deversare al apelor uzate menajere direct în lac și de lipsa unui deponeu pentru colectarea deșeurilor menajere.

Lucrările hidroedilitare apă-canal contribuie la protecția apelor subterane și de suprafață cât și a florii și faunei acvatice având drept scop înlăturarea efectelor negative atât asupra mediului cât și sănătății populației.

Alt aspect deloc neglijabil este reprezentat de, dejecțiile provenite de la WC-uri, care se scurg direct în apa lacului, conducând astfel la degradare calității apei din lac cât și la degradarea ecosistemului acvatic.

Toate elementele fizico-chimice și biologice care prezintă un factor de poluare asupra calității apei din lac vor fi monitorizate, în cadrul sistemului informatic de supraveghere și monitorizare a amenajării Surduc. Sistemul elaborat monitorizează atât calitatea apei din lac dar și aspecte hidrometeorologice ale zonei amenajate Surduc. Deasemenea urmărește și modul de exploatare a acumulării Surduc.

## **5.3 Date generale de exploatare a zonei amenajate Surduc**

### **5.3.1 Caracteristici tehnice și constructive**

Construcția barajului a început în anul 1972, iar acumularea a intrat în exploatare în 1976, atingând în 1977 un volum de 25 milioane de metri cubi (etapa I, cota 192 m).

Construcția etapei a II-a a barajului a început în anul 1981; în prezent se continuă lucrările la tunelul de aducțiune de 4,8 km care urmează să dirijeze un izvor al Begăi dinspre Lunca (comuna Tomești) pe cursul Gladnei, asigurându-se astfel nivelul de retenție pentru etapa a II-a, la cota de 198 m,[39],[72].

O dată cu finalizarea etapei a II-a, suprafața lacului va atinge 538 ha, iar acumularea va avea un volum de 51 milioane de metri cubi. Lângă baraj adâncimea maximă este de 23 m (29 m etapa a II-a). Lacul Surduc este deținătorul unui record național: cel mai îngust baraj raportat la volumul de apă reținut. În cadrul lucrărilor pregătitoare pentru etapa a II-a a lacului de acumulare, localitățile au fost asigurate prin construirea de diguri de protecție și stații de pompare (1 la Fârdea și 2 la Mânicu Mic). Actualmente, nivelul de retenție de la cota 192,0 a creat o oglindă de apă care nu atinge limita intravilanelor.

**5.3.1.1 Clasa de importanță : II**

**5.3.1.2 Gradul de seismicitate : 6**

**5.3.1.3 Niveluri și scheme caracteristice ale lacului de acumulare:**

**A. Nivele**

- Nivel minim de exploatare - NME	187,00	mdMB
- Nivel normal de retenție - NNR	192,00	mdMB
- Nivel maxim de asigurare 1% - NMA	193,85	mdMB
- Nivel maxim de asigurare 0,1% (de calcul)	195,81	mdMB
- Nivel maxim de asigurare 0,01% (de verificare)	196,66	mdMB

**B. Volume**

- Volum mort		$0,690 \times 10^6$	mc
- Volum util - cuprins între NME și NNR		$14,220 \times 10^6$	mc
- Volum pentru atenuarea undelor de viitură - cuprin între NNR și creasta deversorului		$12,065 \times 10^6$	mc
- Volum de protecție - cuprins între creasta deversorului și nivelul de ape mari	- la asigurarea 0.1 %	$3,630 \times 10^6$	mc
	- la asigurarea 0.01 %	$9,560 \times 10^6$	mc

**C. Volumul acumulat și suprafața luciului de apă funcție de nivelul apei din lac, Anexa 6.**

**5.3.2 Dotări pentru exploatarea amenajării**

- camera de comandă și control a aparatelor;
- laboratorul de analiză a calității apei și instrumentația de măsurători;
- magazia de materiale și aparataj.

**5.3.3 Mijloace de obținere și transmitere a datelor**

⇒ Obținerea informațiilor se face prin :

- mire hidrotehnice;
- pluviometre;
- termometre;
- evaporimetru;
- măsurarea infiltrațiilor.

⇒ Transmiterea informațiilor se face la dispeceratul S.H. Lugoj și dispeceratul central Timișoara prin intermediul radiotelfonului și a poștei PTTR Făget.

⇒ Prelucrarea datelor se efectuează la dispeceratul central Timișoara.

## **5.4 Sistemul EXISTENT - Sistemul informațional de monitorizare și supraveghere a acumulării Surduc .**

### **5.4.1 Date primare de exploatare a acumulării**

Datele primare necesare exploatării acumulării Surduc sun obținute prin,[72] :

- ✓ aparate de măsură și control;
- ✓ mire hidrometrice;
- ✓ stație meteorologică.

#### **5.4.1.1 Mijloace de obținere a datelor hidrometeorologice**

Mijloacele pentru obținere a datelor hidrometeorologice sunt următoarele:

- ✓ termometru – pentru temperaturi, amplasat pe platformă în apropierea barajului;
- ✓ pluviometru – pentru precipitații, amplasat în imediata apropiere a barajului;
- ✓ post hidrometric amonte - pe cursurile Gladna, Munișel și Hăuzeasca pentru măsurarea debitelor;
- ✓ post hidrometric aval de baraj – pentru măsurarea debitelor defluente prin golirea de fund;
- ✓ post hidrometric aval de baraj – pentru măsurarea debitelor uzinate prin MHC;
- ✓ stație hidrometrică – pentru măsurarea evaporației, amplasat pe lac în apropierea barajului;
- ✓ miră hidrometrică metalică –pentru determinarea nivelelor din lac;

#### **5.4.1.2 Centralizarea datelor primare**

Datele primare necesare exploatării acumulării se recoltează după cum urmează:

- la ora 7,00 și 17,00 și se înregistrează în registrul dispeceratului barajului;
- la orele 2,00 și 17,50 se transmit cote și volume la H Lugoj prin stația meteo Semenice, telefon sau radiotelefon , conform ordinului 52 al președintelui CNA;
- la ora 6,40 se transmit cote, volume, precipitații, infiltrații, debite afluențe la SH Lugoj prin telefon sau radiotelefon;

Datele centralizate la dispeceratul barajului se trec într-un registru, comparându-se în același timp cu pragurile de atenție și alarmare. Aceste date se transmit la dispeceratul central Timișoara unde are loc stocarea și validarea acestora,[70] ,[71] ,[80].

#### **5.4.1.3 Conexiuni cu exteriorul**

Conexiunile cu exteriorul – dispeceratul apelor, comisii de apărare împotriva fenomenelor meteorologice periculoase, beneficiarii – se realizează prin *radiotelefon* și *telefon*.

Legătura cu dispeceratul Lugoj și dispeceratul central Timișoara se realizează prin **telefon și radiotelefon**.

Legătura cu unitățile din sistemul meteorologic se realizează prin intermediul dispeceratului central Timișoara, care transmite la dispeceratul barajului, următoarele:

- avertizări și prognoze hidrometeorologice referitoare la debitul maxim și la data producerii acestuia;
- volumul și durata viiturilor pe cursurile Gladna, Hăuzeasca și Munișel.

Legătura se poate realiza prin telefon **PTTR Făget, radoitelefon și stația meteorologică Semenic** care are rol de colectare și transmitere a datelor în continuare la dispeceratul central.

Legătura cu alte dispecerate, RENEL Timișoara, organe locale administrative, obiective de apărare, folosințe de apă – se realizează prin note telefonice, care vor fi înregistrate în registrul de note telefonice existent la MCH și sediul formației Surduc.

#### **5.4.1.4 Aparatura de măsurare automatizată**

Acumulare Surduc **nu dispune** de aparatură de măsurare, cu excepția unui traductor tip TRADIN, a cărui fiabilitate de funcționare se verifică în cadrul ARRA- Timișoara, nefiind nevoi de intervenția unei unități specializate.

#### **5.4.1.5 Date de bază statistice și dinamice**

Datele de bază statistice și dinamice necesare fundamentării deciziilor sunt :

- nivele;
- debite;
- precipitații;
- infiltrații;
- tasări relative;
- deplasări pe orizontală și verticală;
- fenomene specifice perioadei de îngheț (gheață, zăpoare, polei);
- necesar de apă la folosințe;
- date privind calitatea apei;
- starea lucrărilor antierozionale din bazin;
- poziția vanelor : închis / deschis;
- debite și nivele în secțiunea de control pe râul Bega.

#### **5.4.1.6 Frecvența măsurări parametrilor**

Frecvența de măsurare a parametrilor urmăriți este :

- nivele și debite :
  - ✓ de două ori pe zi, la ora 7,00 și 17,00;
  - ✓ în perioadele de ape mari în conformitate cu fazele de apărare;
- temperaturii, precipitații și infiltrații de două ori pe zi;
- date privind urmărirea comportării în timp- trimestrial;
- fenomene de iarnă – zilnic de la momentul în care apar;
- necesar apă la folosințe – zilnic și la cerere;
- calitatea apei – zilnic și la apariția poluărilor accidentale.

#### **5.4.1.7 Praguri specifice ale parametrilor urmăriți**

Pragurile specifice ale parametrilor urmăriți sunt :

##### **A. La viituri**

- a. *Faza I – de atenție* peste NNR 192,00 mdMB;
- b. *Faza III – de alarmare* peste 196,70 mdMB;

##### **B. Infiltrații**

- a. *Atenție 5* l/s;
- b. *Alarmare 10* l/s;

##### **C. Deformații la coloane inductive**

- a. *Atenție 5* cm;
- b. *Alarmare 10* cm;

##### **D. Tasări la celule hidrostatice**

- a. *Atenție 5* cm;
- b. *Alarmare 10* cm;

#### **5.4.1.8 Pregătire personalului**

Pentru asigurarea fluxului informațional lent și rapid și pentru supravegherea comportării în timp , personalul este instruit pentru :

- să culeagă și să transmită date hidrometeorologice, nivele și volume;
- să asigure buna funcționare a mijloacelor de transmisie a informațiilor;
- să urmărească, înregistreze și transmită orice fenomen legat de exploatarea acumulării.

#### **5.4.2 Regimul de exploatarea în situații de viitură**

Stabilirea deciziei privind regimul de exploatare în diferite situații (ape mari, ape deficitare, viitură, etc.) se face de către dispeceratul ANAR – Direcția Apelor Banat, Timișoara .[72] .[78].[80]

#### **5.4.2.1 Elemente caracteristice**

##### **A. Parametrii definitorii ai regimului de viitură**

Pentru atenuarea undelor de viitură se dispune următoarele volume:

- 12,00 mil.mc între N.N.R (cota 192,00 mdMb) și cotă deversor(195,0 mdMb)
- 9,60 mil.mc între cota deversorului și cota de inundare a comunelor din coada lacului (197,00 mdMB)
- 4,40 mil.mc peste cota de inundare până la nivelul maxim corespunzător etapei a II-a (198,00 mdMB).

##### **B. Regimul de exploatare la ape mari**

Regimul de exploatare la ape mari se instituie în următoarele condiții, toate obligatorii:

- o golire de fund funcționează la întreaga capacitate;
- debitul afluent depășește capacitatea golirii de fund și continuă să crească;
- cota apei în lac depășește nivelul normal de retenție și continuă să crească.

##### **C. Fazele stării de alertă la ape mari**

Pe toată durata regimului de exploatare la ape mari se instituie starea de alertă ,care poate fi în una din fazele:

- a) faza I-a când nivelul maxim în lac nu depășește cota deversorului (195,00 mdMB);
- b) faza II-a se declară în momentul în care nivelul în lac depășește cota 195,00;
- c) faza III-a când nivelul apei în lac depășește cota 196,70 ce corespunde depășirii asigurării de verificare din etapa I (0,01 %).

Faza III-a se consideră depășită dacă nivelul în lac crește peste cota 200,00 corespunzătoare asigurării de 0,01 % din etapa a II-a.

##### **D. Efectuarea manevrelor pentru evacuarea debitelor de viitură**

Efectuarea manevrelor pentru evacuarea debitelor de viitură se va face după cum urmează:

- în faza I-a se va deschide complet o golire de fund;
- în faza II-a se va deschide și a doua golire de fund;
- în faza III-a se vor menține deschise ambele goliri de fund;

##### **E. Evacuarea debitelor la viituri se va face astfel:**

- până la 6 mc se va evacua prin MHC;
- diferența peste 6 mc prin vanele conice, montate în aval.

Condiția care trebuie respectată este ca debitul defluent total să nu depășească capacitatea albiei aval.

#### **5.4.2.2 Măsurile înaintea perioadei de viitură**

Înaintea perioadei de viitură se vor lua următoarele măsuri:

- revizia tuturor uvrajelor de tranzitare a debitelor în aval ;
- asigurarea cu energie electrică pentru comanda vanelor și a iluminatului de intervenție;
- pregătirea grupului electrogen pentru asigurarea sursei de energie de rezervă;
- asigurarea comunicației telefonice;
- asigurarea comunicației prin radiotelefon;
- pregătirea personalului de supraveghere, urmărire și a echipelor de intervenție.
- revizia mirelor de pe afluenți, din lac și din aval.

#### **5.4.2.3 Regimul de exploatare la viituri**

În regimul de exploatare la viituri datele primare se vor urmări înregistra și transmite după cum urmează:

- **în faza I-a** cel puțin din 4 în 4 ore, atât la creștere cât și la descreștere până la NNR. Se vor urmări și înregistra nivelul în lac și nivelul în canalul de evacuare. Ori ce scădere a acestui nivel necorelată cu scăderea nivelului din acumulare indică o înfundare parțială sau totală a grătarului și se impune pregătirea de funcționare a celeilalte goliri de fund. Se consideră că s-a atins maximul viiturii dacă nivelul în lac nu crește timp de 5-6 ore.

- **în faza II-a** frecvența citirilor nivelelor din lac și canalul de evacuare este din 2 în 2 ore. Datele se înscriu în registrul de ape mari și se comunică dispeceratului central al A.R.B.Timișoara. În această situație se va deschide cea de a doua golire de fund. Starea de alertă din faza a II-a cere asigurarea, urmărirea, înregistrarea și transmiterea la dispeceratul A.R.B.Timișoara, a nivelurilor din lac, în canalul de evacuare și posturile hidrometrice Gladna, Hăuzeasca și Mâtnic. Deasemenea se va supraveghea albia aval pentru evitarea blocării care ar provoca ridicarea nivelului apei în canalul de evacuare, inundarea golirii și scoaterea din funcție de golirea de fund.

- **în faza a III-a** se vor urmări, înregistra și transmite datele de la faza a II-a la aceeași frecvență.

#### **5.4.2.4 Modul de acționare în timpul viituri**

##### **A. Modul de stabilire a deciziei de către dispecerat**

Decizia se stabilește având la bază parametrii dinamici (nivelul în lac ,Q afluent,Q defluent necesar la folosințe, nivel aval, prognoze hidrometeorologice, infiltrații) parametrii ce caracterizează starea uvrajelor (deschise-închise parțial sau total, capacitatea albiei în aval) și fazele de apărare.

##### **B. Elementele deciziei stabilite de către dispecerat, în caz de ape mari, sânt:**

- denumirea dispozitivului ce se manevrează
- mărimea manevrei



- timp de efectuare
- durata menținerii manevrei
- consecința manevrei
- eventualele măsuri de siguranță

**C. Informările obținute de către personalul exploatare sânt:**

- nivel/volum în lac
- gradientul nivelului
- Q afluate
- Q defluate
- starea de manevră a vanelor
- starea tehnică a echipamentelor hidromecanice
- starea generală a barajului

**D. Informațiile primite de la dispeceratul D.A.B.Timișoara**

- prognoze hidrometeorologice
- decizii de acțiune
- prognoza nivelelor în lac

Personalul de exploatare, înainte de aplicarea deciziei primite de la dispeceratul va verifica dacă dispoziția dată este aplicabilă și este în concordanță cu faza de apărare și starea uvrajelor și dispozitivelor de manevră comunicând imediat dispeceratul orice neconcordanță

**E. Frecvența măsurărilor de nivel sânt:**

- faza I-a din 4 în 4 ore
- faza II-a din 2 în 2 ore
- faza III-a din 2 în 2 ore, sau de câte ori este nevoie

Frecvența măsurărilor de infiltrații în toate fazele de apărare din 2 în 2 ore.

Pe timp de ape mari personalul de exploatare va supraveghea conturul nivelului lacului, modul de evacuare al debitelor precum și comportarea generală a barajului și uvrajelor, iar în caz că se constată anomalii, acestea se vor comunica imediat la S.H.Lugoj. Măsurile și observațiile se înscriu în registre și se transmit telefonic sau prin radiotelefon la S.H.Lugoj.

În cazul în care se întrerupe legătura cu dispeceratul se va aprecia cu ajutorul graficului dispecer și nivelul apei din lac dacă se încadrează în regimul de exploatare la ape mari, sau regimul de exploatare s-a schimbat.

Dacă se constată menținerea în regim de exploatare la ape mari, se vor menține prevederile deciziei prezente și nu se va schimba starea de manevră a echipamentelor hidromecanice.

Dacă se constată scăderea debitelor afluate, scăderea nivelului apei, deci trecerea în regim de exploatare în regim normal, se va menține starea de manevră, până la primirea unei noi decizii.

#### **5.4.2.5 Atribuțiile personalului operativ în perioada de viituri**

În perioada viiturilor ,personalul de exploatare se va organiza astfel încât fluxul informațional să fie continuu

Înainte perioadei de viitură se vor verifica golirele de fund atât din punct de vedere al funcționalității cât și din punct de vedere al capacității de descărcare. La deschiderea vanelor amonte se va efectua spălarea în prealabil a conductelor prin deschiderea vanelor amonte. În acest fel se evită blocarea vanelor amonte din cauza depunerilor din conducte. De asemenea se va verifica deversorul de ape mari, toate verificările se vor consemna obligatoriu. Se va face revizia instalațiilor de măsurare a nivelelor din lac de la posturile hidrometrice.

Pentru buna funcționare a instalațiilor hidromecanice se va revizui instalația electrică pentru iluminat și forță pentru comanda vanelor. Se va pregăti grupul electrogen pentru asigurarea sursei electrice(de rezervă).

Pentru evitarea scoaterii din funcțiune a golirilor de fund și deversorul de ape mari, înainte perioadei apariției viiturii, cât nivelul din lac este sub cota 192,00 iar în aval curge doar debitul de servitute, se vor lua măsuri de evacuare a plutitorilor din lac și din bazinul disipator de energie.

#### **5.4.2.6 Modul de acționare după trecerea viiturii.**

##### **A. Parametrii caracteristici încetării regimului de viitură**

Parametrii ce caracterizează încetarea regimului de viitură, pe cele trei faze, sunt:

- faza I-a când nivelul apei scade sub cota 192,00 mdMB
- faza II-a când nivelul apei în lac scade sub cota 195,00 mdMB
- faza III-a când nivelul apei în lac scade sub cota 196,70 mdMB

##### **B. Măsuri specifice perioadei tranzitorii**

- se vor urmări și scoate din lac plutitori;
- se va urmări stabilitatea versanților;
- se va verifica starea văilor afluate pentru combaterea eroziunii;
- se va urmări starea albiei aval de baraj.

##### **C. După trecerea viiturii se va verifica :**

- starea tehnică generală a barajului;
- starea tehnică a măști de beton de pe paramentul amonte;
- starea tehnică a deversorului de ape mari și golirii de fund;
- se vor verifica și revizui echipamentele hidromecanice.

Prelucrarea datelor înregistrate în perioada de viitură și interpretarea acestora precum și corelarea se va face în cadrul A.N.A.R.-Direcția Apelor Banat.

## **5.5 Sistemul PROPUS- Sistemul informatic de monitorizare și supraveghere al acumulării Surduc.**

Din descrierea sistemului de monitorizare și supraveghere care se folosește până cum se observă că culegerea, transmiterea și prelucrarea datelor este destul de anevoioasă și tehnologia folosită este depășită față de tehnologia utilizată la nivel european.

Se observă că principalele mijloace de transmitere a datelor este radiotelefonul, telefonul și stația meteo Semenice, aceasta având rolul de colectare și transmitere a datelor.

Astfel, datele nu pot fi transmise în timp real către dispeceratele centrale, respectiv dispeceratul din Lugoj și dispeceratul central din Timișoara, care au rol de decizie în cazul unor situații de urgență. Din acest motiv este necesară reabilitarea sistemului informațional de culegerea, transmiterea și prelucrarea datelor prin implementarea unui sistem de retehnologizare, care este dezvoltat pe baza unor tehnologii moderne de manipulare a datelor.

Reabilitarea sistemului propus, poate duce la creșterea eficienței colectării, monitorizării, transmiterii și prelucrării datelor, precum și la îmbunătățirea serviciilor de calitate.

Sistemul propus va lua în considerare aspecte legate de monitorizarea parametrilor de calitate a apei din acumularea Surduc în conformitate cu Directiva Cadru a Apei 2000/60/CE, tratând și aspecte hidromorfologice.

Sistemul este proiectat în așa fel încât să poată furniza informații de calitate în timp real, având rolul de a ușura supravegherea și monitorizarea zonei amenajate Surduc. Sistemul poate furniza prognoze hidrologice în flux automat, aceasta înseamnă că cel puțin una din componente, precum colectarea datelor, transmiterea lor, prezentarea lor sau modelarea hidrologică, este automatizată și controlată prin computer.

Datele primare care sunt monitorizate în cadrul exploatarei acumulării Surduc sunt:

- ✓ parametri hidromorfologici;
- ✓ parametri fizico – chimici;
- ✓ parametri meteorologici;
- ✓ parametri biologici;
- ✓ parametri de poluare.

Mijloacele pentru obținere a datelor sunt următoarele :

- ✓ Echipamente de control : relee și Controlere Logice Programabile PLC;
- ✓ Traductoare / senzori;
- ✓ Stație hidrometeorologică;
- ✓ Puncte pluviometrice;

Mijloacele de comunicații și transmisie a datelor sunt de tip :

- ✓ data logger;
- ✓ radio modem;
- ✓ GSM modem;

Sistemele SCADA s-au realizat să facă față cerințelor descrise anterior, denumirea este prescurtarea de la "Supervisory Control And Data Acquisition" (control de supervizare și achiziție de date). Sistemul informațional propus are la bază tehnologia sistemelor SCADA.

În cele ce urmează va fi descris sistemul SCADA , modul de lucru al acestui sistem și facilitățile pe care le oferă în cazul monitorizării acumulării Surduc.

### 5.5.1 Arhitectura sistemului informatic al acumulării Surduc

Sistemul automat de monitorizare al acumulării Surduc, este un sistem distribuit pe mai multe nivele, comunicare între nivele este prezentată schematic în (Figura 5.3) ,[27] ,[37] ,[66] ,[120].

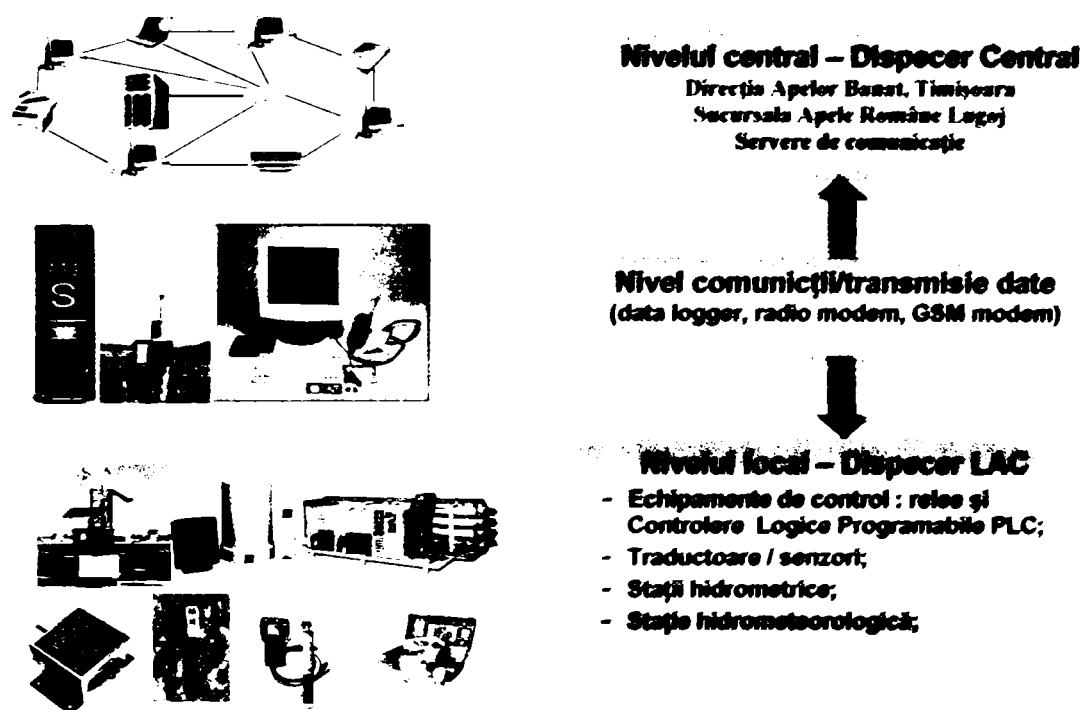


Figura 5.3 Reprezentarea nivelelor ierarhice ale sistemului de monitorizare a Acumulării Surduc

Din punct de vedere structural, au fost stabilite următoarele nivele ierarhice:

- **Nivelul central – Dispecer Central** amplasat la dispecerul zonal din bazinul hidrografic, Administrației Naționale Apele Române - Direcția Apelor Banat, Timișoara și Regionala Lugoj;
- **Nivelul comunicații / transmisie date** – realizat din elementele care participa la transferul datelor, între stațiile locale și dispecerul central (modemuri, stații radio, GSM), precum și din stații mobile de colectare și înmagazinare a datelor (dataloggere) din punctele de achiziție manuală;

- **Nivelul local – Dispecer LAC** compus din totalitatea echipamentelor de control, a senzorilor și traductoarelor amplasate în punctele de măsură.

Arhitectura acoperă două din cele trei niveluri ale ierarhiei de control ale Acumulării Surduc și anume nivelul centralizat reprezentat de camera de comandă LAC și pe cel aflat în exteriorul acesteia ( OffSite ) reprezentat de dispeceratul „Dispecer Central”. Administrarea dispeceratului acumulării revine în sarcina Administrației Naționale Apele Române - Direcția Apelor Banat, Timișoara și Dispeceratului Regionalei Lugoj.

Nivelul centralizat se cuplează cu cel de-al treilea nivel al arhitecturii, cel local, reprezentat de echipamentele de control ale grupurilor și cu cele ale serviciilor auxiliare.

Sistemul informatic are rolul de a asista operatorul în achiziția și stocarea datelor din proces, de a edita și genera rapoartele, de a executa manevra automat vanele golirilor de fund, de a stabili/modifica poziția vanelor închis/deschis, precum și de a determina modul în care dispecerul de la nivelul barajului execută manevre acestora în situații de urgență sau de întreținere a golirilor de fund.

**Sistemul are următoarele caracteristici :**

- ⇒ Subsisteme funcționale sunt distribuite pe servere diferite ;
- ⇒ Toate serverele sunt interconectate folosind o rețea locală de date ( LAN ) și protocol standard TCP/IP;
- ⇒ Configurația sistemului este bazată pe standarde de sisteme deschise;
- ⇒ Sistemul încorporează sisteme de operare de tip Windows 2000 și sistem de gestiune a bazelor de date de tip Microsoft Access 2000;
- ⇒ Toate interfețele pot fi monitorizate și controlate de orice tip de monitoare ;
- ⇒ Se asigură o autonomie de funcționare de minimul 2 ore, autonomia poate fi nelimitată prin intermediul energiilor neconvenționale (eoliană, solară).

## **5.5.2 Nivelul central - Dispecer Central**

Serverul de la acest nivel este situat la dispecerul central din Timișoara .

Dispecerul LAC este constituit de o serie de servere și console care sunt cuplate între ele prin intermediul unei rețele locale .

Elementele constitutive ale nivelului dispecer central sunt serverele de comunicație prin fir , radio, care citesc datele achiziționate cu un număr maxim de 2 canale pe server pentru comunicația pe fir. Sistemul de operare folosit este de tip Windows 2000 iar protocolul de comunicație cu serverul SCADA este TCP/IP.

La nivelul Dispecer Central, sistemul este prezentat sub forma unui pachet de programe operabile pe un calculator, cu posibilitatea de a se conecta în rețeaua de calculatoare a sistemului.

### **5.5.2.1 Aplicația SCADA “Dispecer central”**

Aplicația SCADA de monitorizare și supraveghere la nivel central, permite operatorului să urmărească parametri hidrologici, fizico – chimici, biologici, meteorologici și de poluare la nivelul

bazinului hidrografic Bega – Timiș asupra lacurilor permanente și asupra cursurilor de apă. Deasemenea permite să vizualizeze, să editeze și să tipărească rapoarte de tură, să vizualizeze și să confirme mesaje de alarmă.

### **5.5.2.2 Arhitectura sistemului de transmisie și comunicații date la nivel central**

Sistemul SCADA oferă posibilitatea comunicației și transferului de date între nivelul central, „Dispecer Central” și nivelul local “Dispecer LAC” în mai multe moduri:

- ✓ Comunicație prin Server;
- ✓ Comunicații prin Internet;
- ✓ Transmisie date prin satelit.

Comunicațiile și transferul de date între nivelul central, „Dispecer Central” și nivelul local “

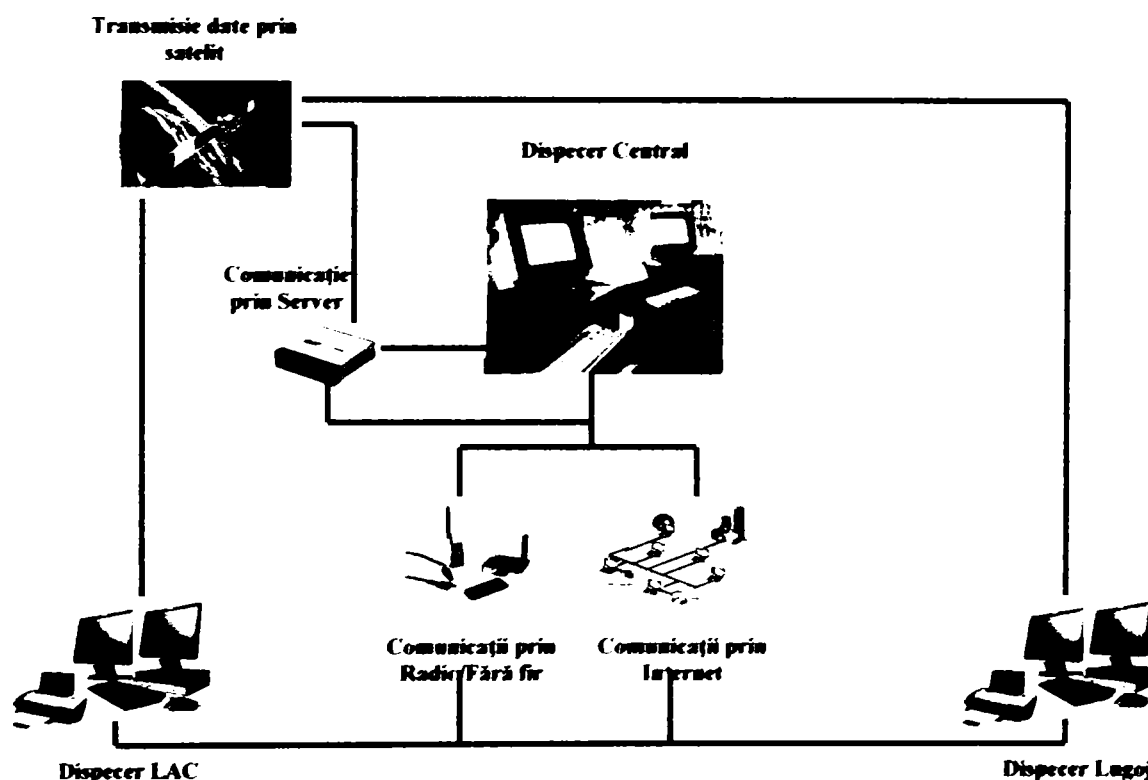


Figura 5.7 Arhitectura sistemului SCADA de transmisie și comunicații date între „Dispecer Central” și “Dispecer LAC”

Principalele elemente ale acestei aplicații vor fi descrise în paragrafele de mai jos:

### **5.5.2.3 Modelarea evenimentelor aplicației “Dispecer central”**

**Modelul** – este “Dispecer central”

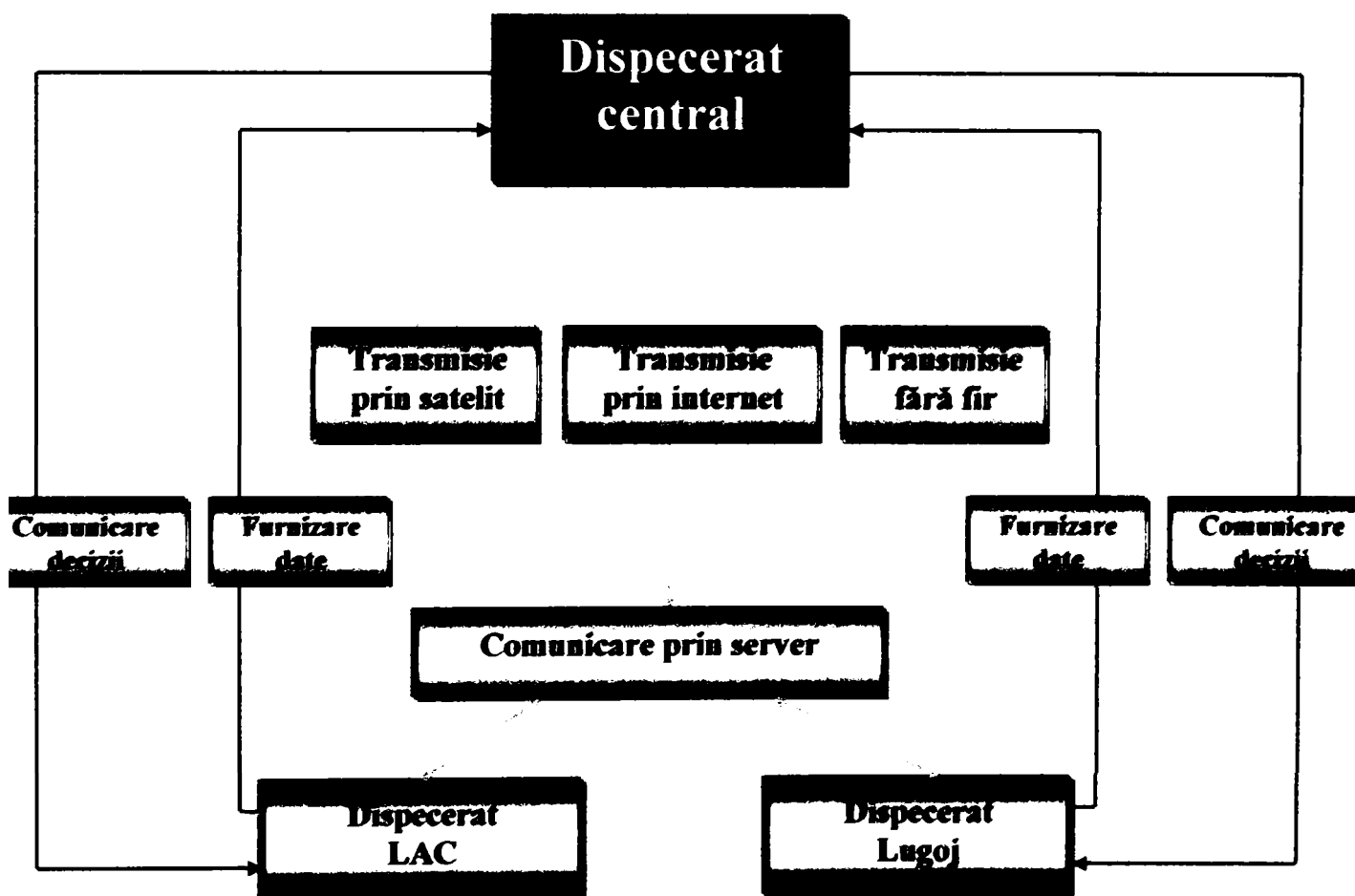
**Evenimentele :**

- Colectarea datelor de la nivelul Dispecer LAC;
- Colectarea datelor de la nivelul Dispecer Lugoj;

- Conexiunile cu nivelele inferioare;
- Comunicarea între dispecerate prin satelit;
- Comunicarea între dispecerate prin internet (rețea proprie);
- Comunicarea între dispecerate prin radiotransmisie;
- Comunicarea deciziilor în caz de situații de avarie;

**Distribuția evenimentelor :**

- Accesul pe baza de nume utilizator și parolă;
- ecran dispecerat central;
- selectare dispecerat Lugoj;
- selectarea dispecerat LAC;



**Figura 5.9. Modelarea evenimentelor de monitorizare a dispecer central**

Ansamblul de programe este realizat sub forma unei aplicații SCADA și va rula sub sistemul de operare Microsoft Windows 2000 Server, XP, etc .

### 5.5.3 Nivelul comunicării/transmisie date

Comunicația cu “Dispecer LAC” și transferul de date se realizează prin modemi, stații radio, GSM, precum și din stații mobile dataloggere.

Sistemul comunicație îndeplinește următoarele cerințe:

- ⇒ Asigură traficul de date în timp real între lacuri și dispecerat;
- ⇒ Asigură protecția datelor ;
- ⇒ Folosesc compresia de date la transmisia cantităților mari de date .

#### 5.5.3.1 Stațiile de achiziție date

Stațiile de achiziție date din componenta sistemului sunt reprezentate din totalitatea echipamentelor cu care sunt dotate punctele de măsură a parametrilor lacului. După complexitatea și numărul de parametri achiziționați din fiecare punct de măsură.

În cadrul sistemului avem următoarele tipuri de stații:

- ⇒ *Stație hidrometeorologică* - măsoară nivelul din lac, temperatura atmosferică, cantitatea de precipitații și parametri fizico-chimici (Figura 5.4., Figura 5.6.), ,[118] ,[120];
- ⇒ *Posturi hidrometrice* - achiziționează în funcție de configurația stației, următorii parametri : nivelul, debitul, temperatura și precipitațiile ale afluenții acumulării Surduc (Figura 55.) ,[120];



Figura 5.4. Stație automată hidrometeorologică



Figura 5.5. Stație hidrometrică



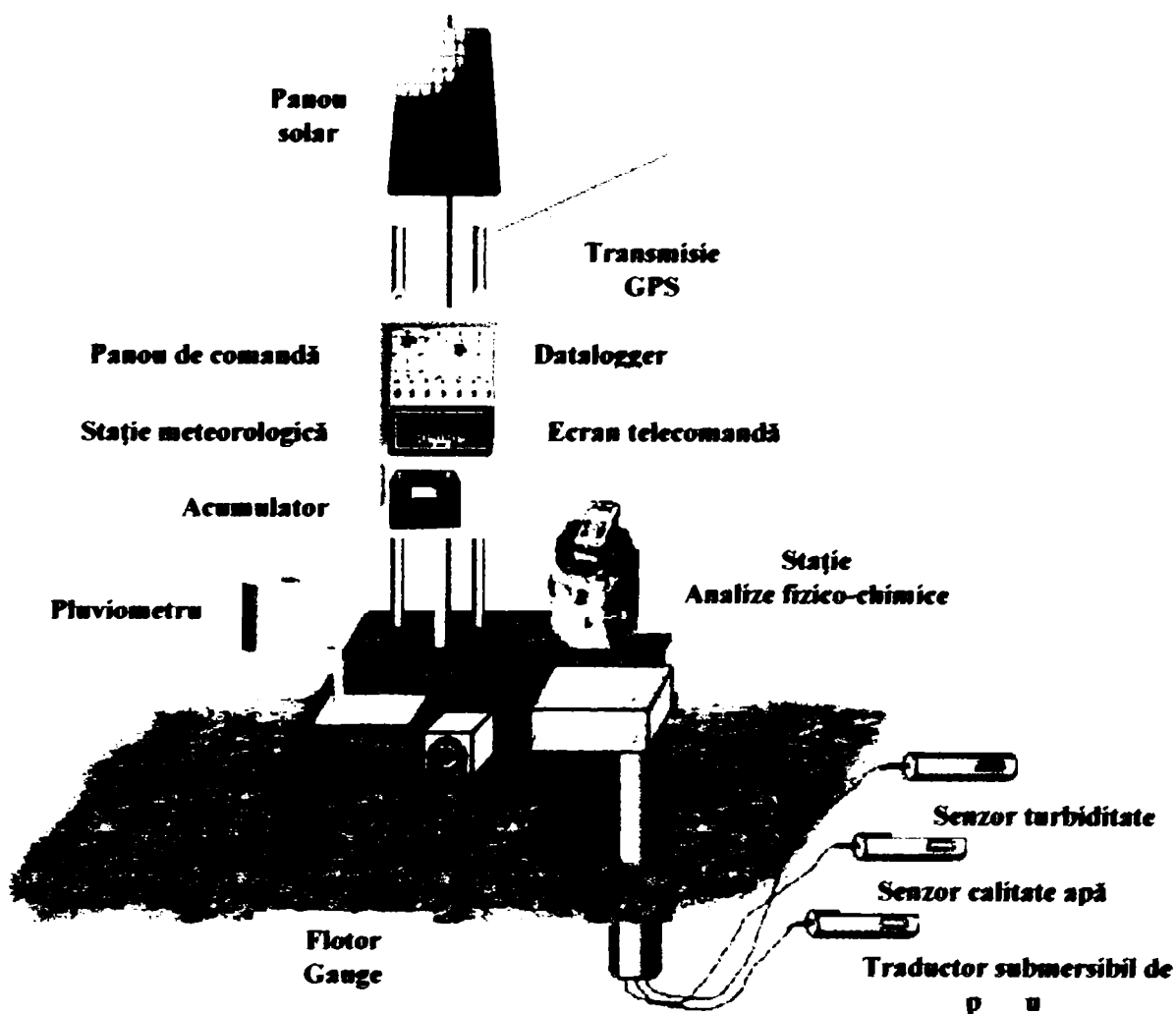


Figura 5. 6. Reprezentare schematică a stației automate de monitorizare a calitatea apei

### 5.5.3.2 Funcțiile stației hidrometeorologice :

- ⇒ Configurarea locala a stației ;
- ⇒ etalonarea traductoarelor ;
- ⇒ preluarea parametrilor de configurare transmisii de la calculatorul dispecer;
- ⇒ citirea periodica a canalelor de intrare;
- ⇒ conversia mărimilor citite și filtrarea acestora;
- ⇒ afișarea locală a mărimilor;
- ⇒ stocarea principalelor evenimente din proces;
- ⇒ transferul datelor măsurate la cererea calculatorului dispecer;
- ⇒ verificarea încadrării în limite a măsurătorilor efectuate și avertizare la depășirea acestora;
- ⇒ alarmare la nivel, debit local în cazul depășirii limitelor de alarmare;

⇒ restricționarea accesului la configurarea stației prin sistem de protecție cu parolă;

Se poate folosi o stație automată de monitorizare a calității apei din lac (Figura 5.4., Figura 5.6.), care este așezată pe o platformă plutitoare și poate fi ancorată de malul lacului sau fundul lacului.

Configurația stației hidrometeorologice este :

- ✓ Flotor Gauge;
- ✓ Stație meteorologică;
- ✓ Pluviometru;
- ✓ Stație analize fizico-chimice;
- ✓ Senzor pentru calitatea apei Multi Parameter water Quality Senzor 5600-0703 (Sutron), care măsoară următorii parametri :

- Oxigenul dizolvat (D.O.)
- Turbiditate
- Temperatura
- Ammonia
- Conductivitate
- Velocitate
- Nitrati
- Salinitate
- Clor
- Clorofila
- ORP
- Consumul biochimic de oxigen
- pH
- Adâncime 0-10m
- Adâncime 0-25m
- Adâncime 0-100m
- Adâncime 0-200m
- Rate sedimentelor
- Pești

- ✓ Transmisie GPS a datelor ;
- ✓ Datalogger pentru transferul datelor;
- ✓ Panou solar pentru încărcarea acumulatorului stației;
- ✓ Panou comandă, ecran telecomandă.

### **5.5.33 Funcțiile posturilor hidrometrice:**

- ⇒ Transmiterea în timp real a mărimilor : nivel, debit, temperatură;
- ⇒ citirea canalelor de intrare analogică și efectuarea conversiilor;
- ⇒ stocarea datelor citite în memoria calculatorului dispecer ;
- ⇒ descărcarea datelor la recepția semnalului de descărcare transmis de datalogger-ul portabil;
- ⇒ reinițializarea zonelor de date după descărcarea datelor;

- ⇒ restricționarea accesului la configurarea stației prin sistem de protecție cu parolă;
- ⇒ măsurarea valorii bateriei și alarmare în caz de sesizare prag de alarmă baterie.

Se pot folosi stații hidrometrice de tip StageDischargeRecorder SDR-0001-1 (Figura 5.5.)

Caracteristicile stației SDR-0001-1 sunt:

- ✓ Citesc valori din 15 în 15 minute, sau pot fi programate să înregistreze valori de 1, 5, 10 minute în funcție de necesități;
- ✓ Are capacitatea de a calcula volumul total;
- ✓ Descărcarea datelor se face la 6 minute sau poate fi programată la un anumit interval;
- ✓ Intervalul de temperatură este cuprins între  $-40^{\circ}$  și  $+60^{\circ}\text{C}$ ;
- ✓ Bateria ceasului electroni are un timp de viață de 5 ani;
- ✓ Timpul de viață al acumulatorului este cuprins în intervalul de 9-15 luni în funcție de configurația bateriei;

#### **5.5.4 Nivelul local - Dispecer LAC**

Arhitectura sistemului informatic de proces la nivelul "Dispecer LAC" cuprinde *modulul operator* și *sistemul SCADA* și calculatorul de automatizare.

Sistemul informatic de proces se cuplează la calculatorul de automatizare existent și la subsistemul informatic al grupurilor rețehnologizate prin intermediul rețelei și asigură un sistem SCADA la nivelul acumulării. Acestea din urmă pun la dispoziție datele prin intermediul unui server OPC la care serverul SCADA se cuplează ca și client.

*Modulul operator*. Sistemul se cuplează cu calculatorul de automatizare prin intermediul unei rețele locale. Protocolul folosit este TCP/IP. Sistemul de operare folosit este Windows 2000. Pentru dezvoltarea aplicatiei se folosește pachetul SCADA. Sistemul oferă aceleași facilități ca și cel implementat la dispecer cu care comunica și căreia îi furnizează date.

Sistemul SCADA folosit permite utilizatorului să-și dezvolte propriile ecrane de aplicație, să elaboreze rapoarte, să definească și să modifice drepturile de acces la informație.

*Calculatorul de automatizare* constă dintr-o unitate centrală și un număr de module periferice care au propria capacitate de procesare. Modulele periferice asigură procesarea locală a informației. Sistemul permite atât configurații centralizate cât și culegerea de date în mod distribuit. Calculatorul de automatizare permite administrarea programului de aplicație de la distanță cum ar fi oprirea/pomirea aplicației, efectuarea de comenzi la nivelul sistemului de operare, etc.

#### 5.5.4.1 Aplicația SCADA “Dispecer LAC”

Aplicația SCADA la nivelul LAC, permite operatorului să vizualizeze situații hidrologice, meteorologice, de mediu. Deasemenea permite vizualizarea datelor achiziționate din proces, editarea, tipărirea rapoartelor, vizualizarea și confirmarea mesajelor de alarmă.

Operatorul mai poate urmări în mod dinamic variația nivelului apei din lac și poate stabili prin interpolarea suprafața și volumul de apă din lac.

#### 5.5.4.2 Arhitectura sistemului de transmisie și comunicații date la nivelul acumulării Surduc

Arhitectura sistemului informatic nivelul “Dispecer LAC” cuprinde :

- ✓ Dispeceratul acumulării Surduc;
- ✓ Grup stație meteorologică;
- ✓ Grup stație hidrometrică;
- ✓ Calculatorul automatizat;
- ✓ Modulul ceas electronic;
- ✓ Serverul de comunicație;
- ✓ Modem radio;
- ✓ Modem fără fir;
- ✓ Traductoare, senzori.

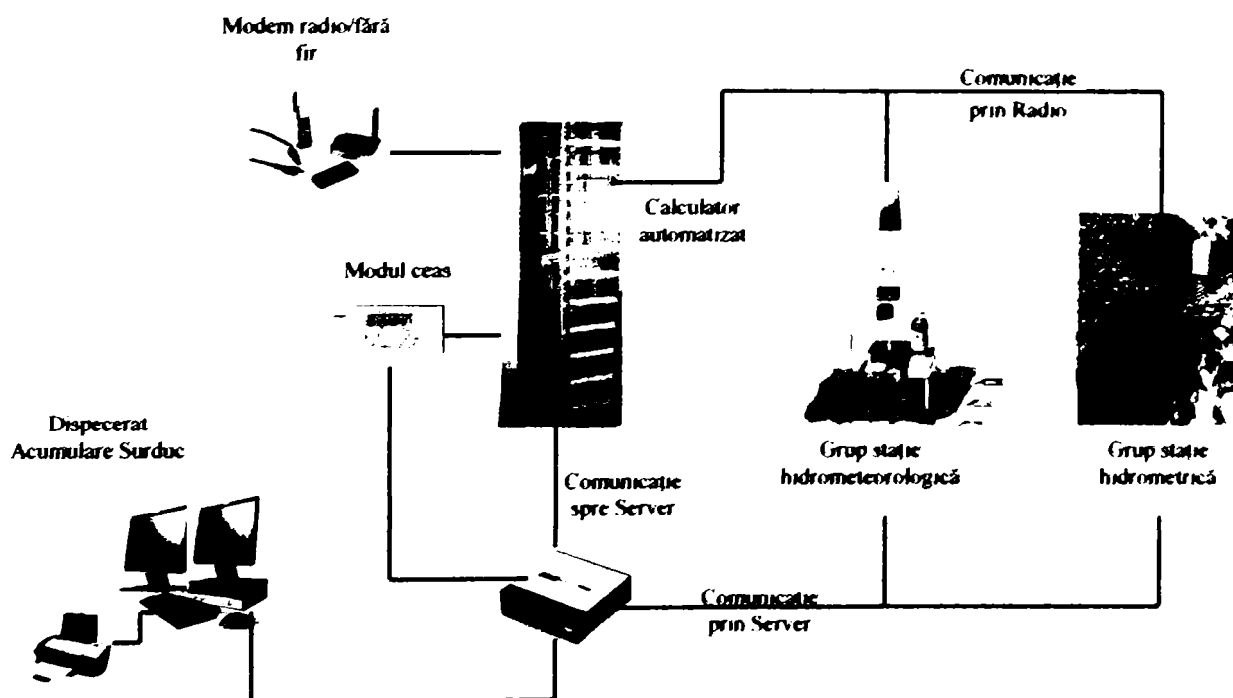


Figura 5.10. Arhitectura sistemului SCADA la nivelul Acumulării Surduc

### 5.5.4.3 Modelarea evenimentelor ale aplicației LAC

Modelul – este “Acumularea Surduc”

Evenimentele :

- identificarea parametrilor;
- manevrarea vanelor golire fund 1, golire fund 2;
- simulare în caz de ape mari;
- determinarea gradului de trofie a lacului;
- mesaje de alarmă, avertizare.

Distribuția evenimentelor :

- ecran LAC;
- ecran parametri hidrologici;
- ecran parametri fizico-chimici;
- ecran parametri biologici;
- ecran parametri morfologici;
- ecran post hidrologic;
- ecran stație hidrometeorologică;
- ecran sinoptic;
- ecran viitură.

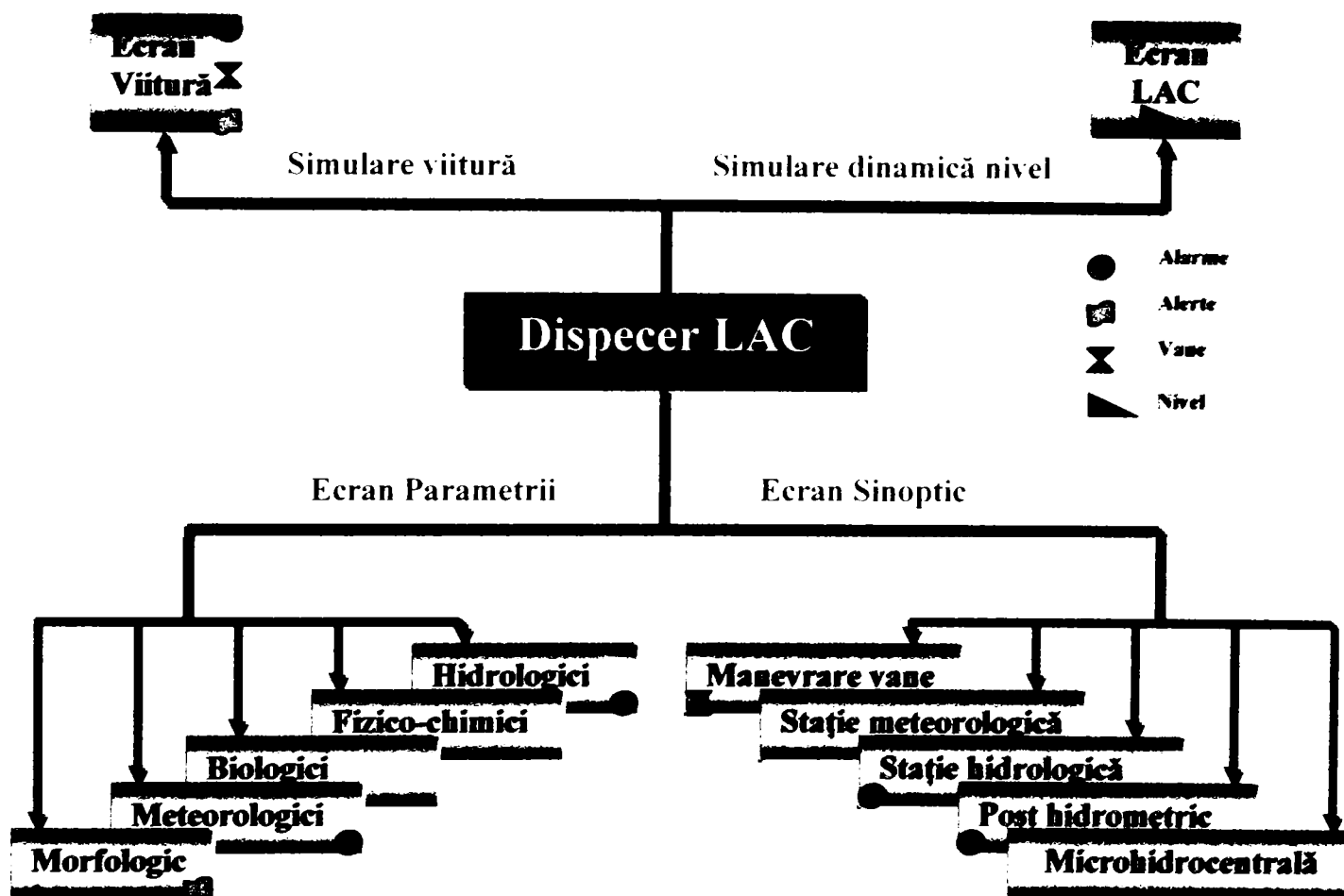


Figura 5.11. Modelarea evenimentelor de monitorizare a aplicației LAC

#### **5.5.4.4 Obiectivele aplicației “Dispecer LAC”**

Aplicația LAC, instalată este realizată în SCADA și asigură:

- ⇒ selectarea postului “LAC” de pe harta bazinului hidrografic Bega-Timiș a lacurilor permanente (Surduc, Poiana Mărului, Trei Ape);
- ⇒ selectarea postului „ Stație hidrometrică ” de pe schema sinoptică a stațiilor hidrometrice ale afluenților lacului Surduc ;
- ⇒ transferul datelor de la nivelul local la dispecerat și stocarea acestora la nivelul dispecerului;
- ⇒ vizualizarea în timp real a parametrilor lacului Surduc;
- ⇒ vizualizarea în timp real a acumulării Surduc în caz de viitură.
- ⇒ introducerea manuală a mărimilor ce nu pot fi achiziționate automat;
- ⇒ generarea bazei de date aferentă mărimilor achiziționate;
- ⇒ prelucrări asupra bazei de date;
- ⇒ generarea, vizualizarea și listarea rapoartelor predefinite.

#### **5.5.4.5 Structura aplicației “ Dispecer LAC”**

- ⇒ Constituie o colecție de interfețe grafice specifice mediului SCADA de tip fereastră;
- ⇒ Un set de aplicații care realizează funcțiile aferente controalelor din interfețele grafice,
- ⇒ Generarea unei baze de date relaționale sub aplicația Microsoft Access;

#### **5.5.4.6 Funcțiile aplicației “Dispecer LAC”**







- ⇒ Generarea unei interfețe care conține Acumulările din județul Timiș, stațiile hidrometrice de pe râurile Bega, Timiș și dispeceratul central Timișoara și Lugoj.
- ⇒ Posibilitatea accesării și vizualizării acumulărilor, stațiilor hidrometrice, dispeceratelor ;
- ⇒ Generarea unei interfețe (hartă statică) a Acumulării Surduc ;
- ⇒ Selectarea unui punct de măsură și vizualizarea informațiilor referitoare la acel punct ;
- ⇒ Generarea bazei de date a mărimilor hidrologice pe baza datelor achiziționate;
- ⇒ Asigurarea comunicației între dispecer și punctele de măsură;
- ⇒ Stabilirea și modificarea programului de achiziție a punctelor de măsurare prin generarea fișierului de configurare a achiziției și transmiterea acestuia către punctele de măsură;
- ⇒ Transferul periodic al datelor de la nivelul local la nivelul central ;
- ⇒ Preluarea datelor de la datalogger-ul portabil și stocarea acestora în baza de date;
- ⇒ Vizualizarea tabelară și grafică a variației în timp a parametrilor urmăriți, la cererea operatorului;
- ⇒ Vizualizarea informațiilor stocate în baza de date ;

Generarea , vizualizarea și tipărirea rapoartelor.

### 5.5.5 Managementul aplicației

Aplicația a fost proiectată pentru a putea fi gestionată de la toate nivele, fără a aplica anumite restricții vreunui nivel în ceea ce privește monitorizarea, supraveghere și modul de luarea a deciziilor. Modul de gestionarea al aplicației poate fii oricând modificat prin stabilire unui protocol între dispecerate, ceea ce înseamnă că se impun anumite limitări asupra modului de luare a deciziilor în situații de urgență. Astfel doar anumiți utilizatori pot intervenii în modificarea parametrilor și manevrarea vanelor în caz de situații de urgență.

Modul de conectare a utilizatorilor la aplicația “Sistem de monitorizarea și supraveghere a Acumulării Surduc” se face astfel :

	Deschiderea aplicației;
 DispecerCentral	Utilizator: Dispeceratul Central Timișoara - conectarea prin nume și parolă;
 DispecerLac	Utilizator: Dispeceratul LAC Surduc - conectarea prin nume și parolă;
 DispecerLugoj	Utilizator: Dispeceratul Zonal Lugoj - conectarea prin nume și parolă;
 geta	Administrator sistem : conectarea prin nume și parolă;
	Părăsire aplicației.

#### 5.5.5.1 Ecranul “ Dispecer Central ”

Ecranul Dispecer Central (Figura 5.8.) permite monitorizarea și vizualizare în timp real a următoarelor elemente de pe ecran :

- ✓ lacurile de acumulare permanente din județul Timiș;
- ✓ dispeceratul central Timișoara;
- ✓ dispeceratul zonal Lugoj.

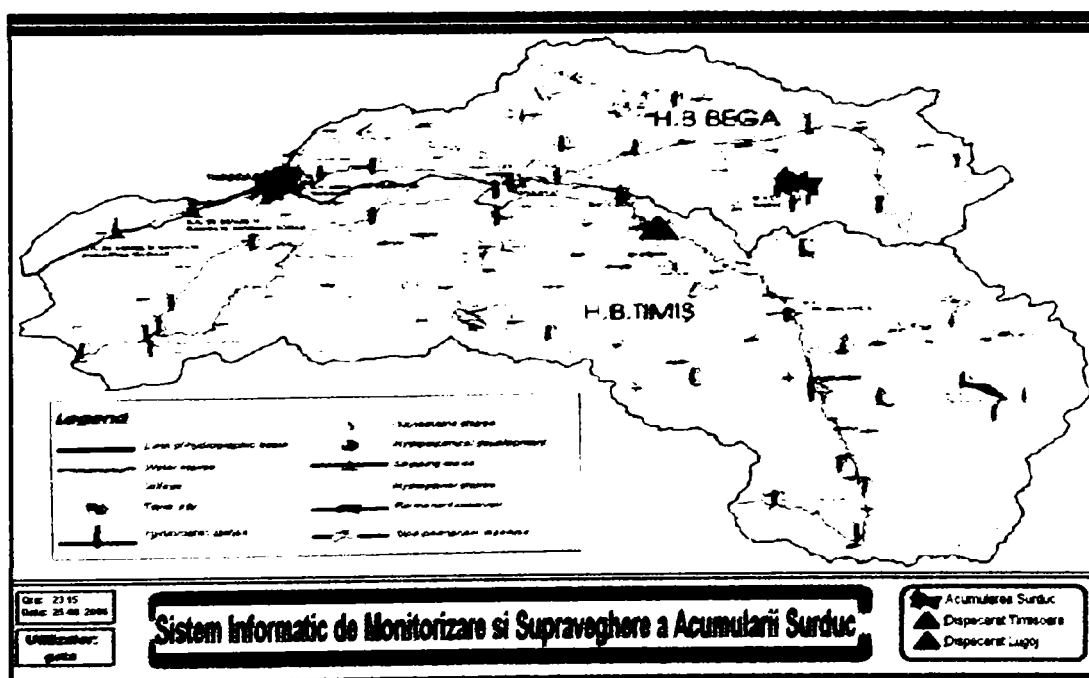


Figura 5.8. Ecranul principal de selecție.[31].

Ecranul Dispecer Central permite vizualizarea acumulării Surduc, a dispeceratelor Timișoara și Lugoj. Sistemul va înregistra în baza de date data și ora la care utilizatorul s-a conectat la sistem.

Generarea bazei de date se face în Access sub formă de fișiere MDB, care pot fi prelucrate în scopul obținerii de rapoarte.

### 5.5.5.2 Ecranul “ Dispecer LAC ”

Ecranul “Dispecer LAC” (Figura 5.12.) este ecranul de acces utilizat de operatorul de la dispeceratul Surduc pentru întregul proces de monitorizare și supraveghere a acumulării. Ecranul prezintă operatorului o simulare grafică a nivelului apei din lac (Figura 5.13. a.,b.,c.,d.). Reprezentarea dinamică face posibilă urmărirea în timp real a modificării nivelului apei în lac. Tabelul din dreapta ecranului poate fi folosit pentru estimarea volumului de apă din lac și a suprafeței luciului apei pentru nivelele caracteristice. Orice modificare a nivelului este înregistrată în baza de date a sistemului, având specificată data, ora și operatorul care supraveghează acumularea.

Butoanele parametrilor hidrologici, fizico-chimici, biologici, meteorologici, morfologici permit accesul către ecranele de monitorizare ale acestor parametri. Butonul “Ecran sinoptic” deschide o interfață în care este reprezentată acumularea într-o formă condensată. Butonul “Ecran viitură”, prezintă o simulare în caz de ape mari.

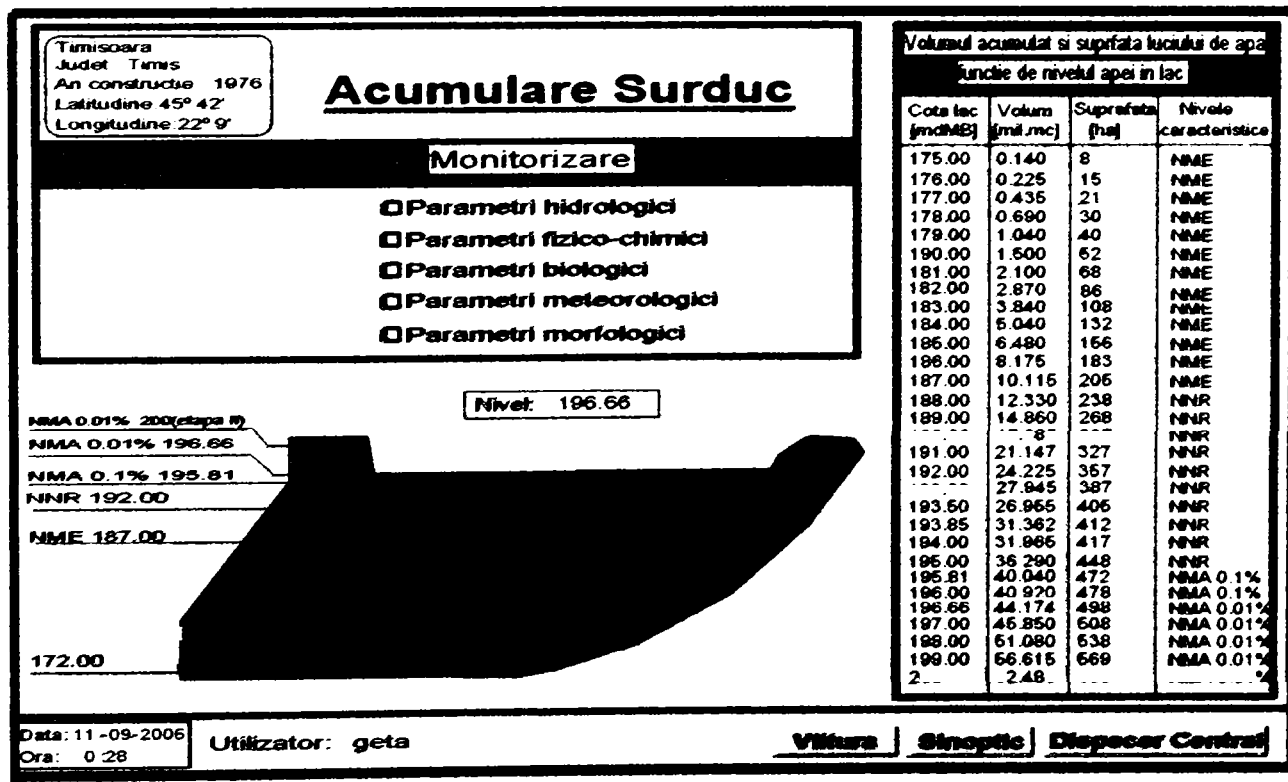


Figura 5.12. Ecranul “Dispecer LAC”



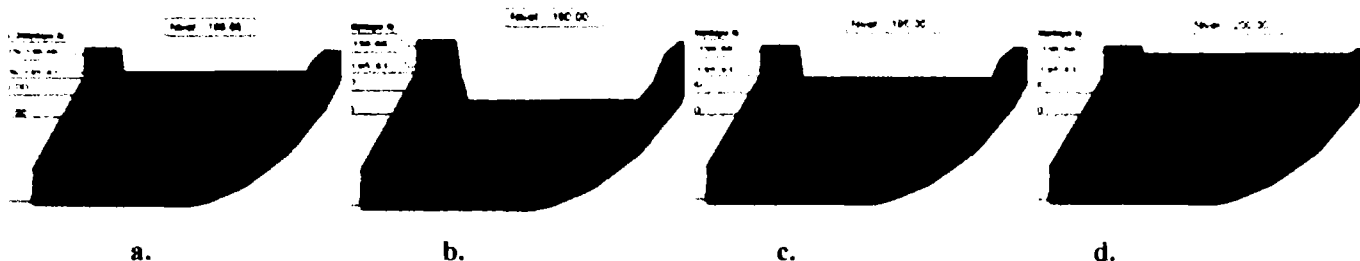


Figura 5.13. Modelarea dinamică a variației nivelului apei din lac, [83].

### 5.5.5.3 Ecranul sinoptic LAC

Ecranul sinoptic prezintă operatorului, într-o formă condensată, principalele mărimi operaționale ale acumularii. Ecranele care pot fi accesate din reprezentarea sinoptică sunt :

- ⇒ stația hidrometeorologică accesează ecranul dispecer lac;
- ⇒ post hidrometric - accesează ecranul posturi hidrometrice;
- ⇒ dispecerul lac;
- ⇒ dispecer central;
- ⇒ butonul viitură- accesează ecranul viitură;

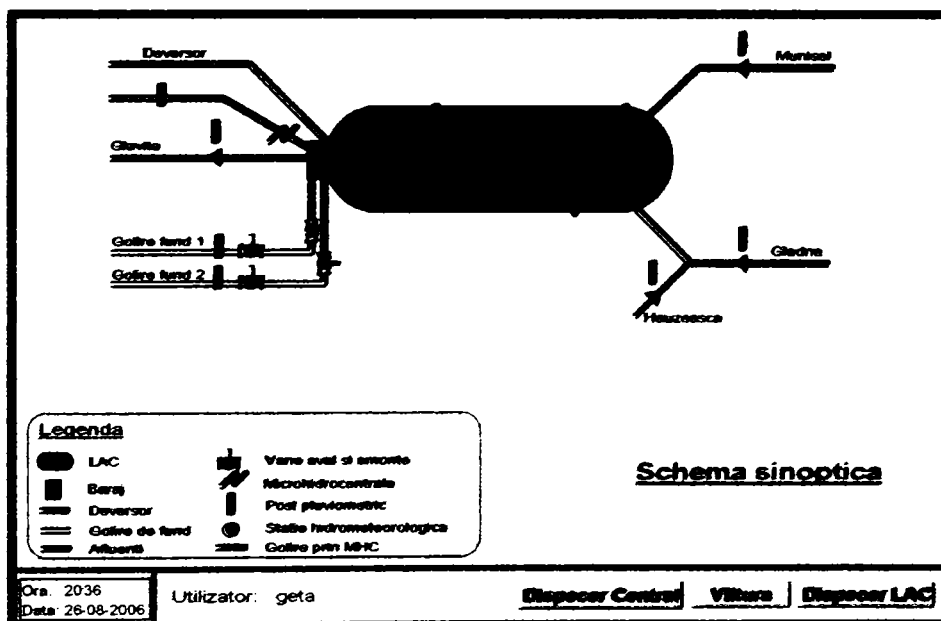


Figura 5.14. Ecranul Sinoptic LAC

Manevra vanelor se face de la pupitrul de comandă al operatorului, electronic sau manual.

Manevrarea golirilor de fund este necesară în caz de reparații și întreținere sau în caz de situații de urgență sau intervenții.

Golirile de fund facilitează tranzitarea apei din acumularia Surduc în râul Glavița. Vanele amplasate în avalul golirilor de fund funcționează ca vane de serviciu, vana din amonte a golirii de fund 1 are poziție normal deschisă (Figura 5.15.a.). Vanele amplasate în avalul golirilor de fund funcționează ca vane de serviciu. Pentru compensarea debitelor minime și pentru atenuare va fi

deschisă o sigură golire de fund (Figura 5.15.b.). Pentru atenuarea viiturilor, FAZA II și FAZA III vor fi deschise ambele goliri de fund (Figura 5.15.c.).

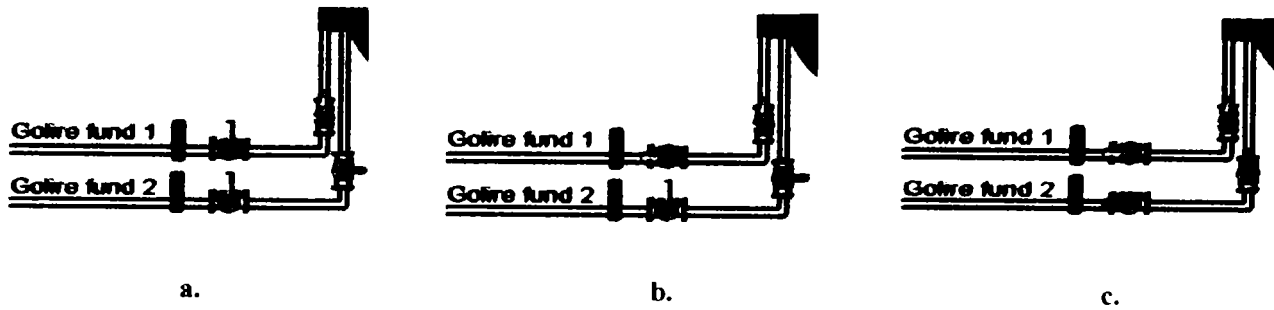


Figura 5.15. Reprezentarea modului de manevrare a vanelor

#### 5.5.5.4 Ecranul post hidrometric

Ecranul post hidrometric poate fi accesat din ecranul sinoptic, prin selectarea oricărei post hidrometric de pe harta sinoptică .

Acest ecran permite supravegherea tuturor posturilor hidrometrice și vizualizarea mărimilor măsurate în timp real.

Regulamentul de exploatare a acumulării Surduc prevede amplasarea posturilor hidrometrice după cum urmează :

- ⇒ un post hidrometric pe cursul de apă Munișel;
- ⇒ un post hidrometric pe cursul de apă Gladna;
- ⇒ un post hidrometric pe cursul de apă Hăuzeasca;
- ⇒ un post hidrometric pe cursul de apă Glavița, aval de baraj;
- ⇒ un post hidrometric pentru măsurarea debitelor uzinate prin MHC;
- ⇒ un post hidrometric aval de bazinul de liniștire al deversorului de ape mari;

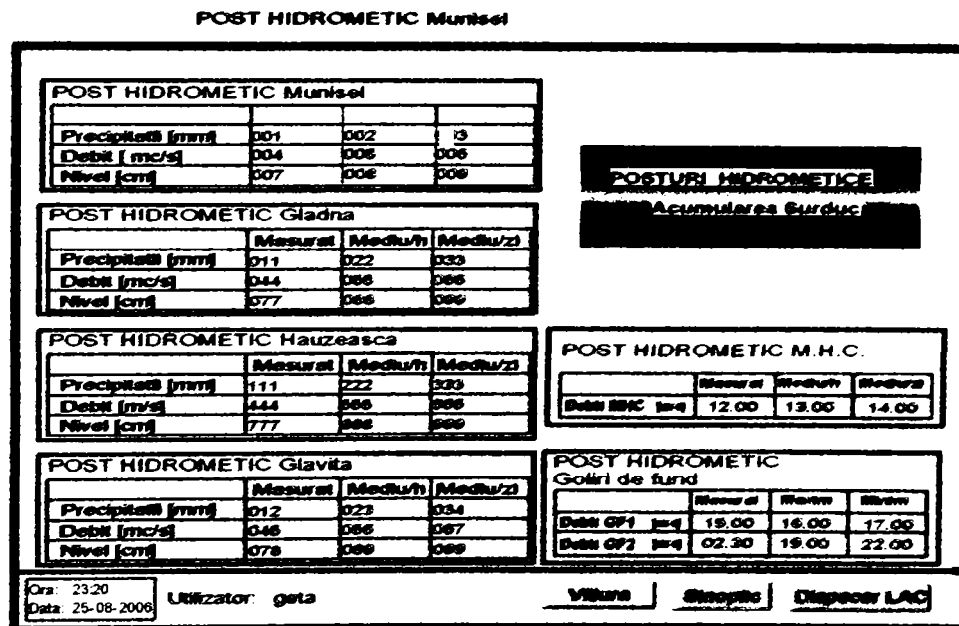


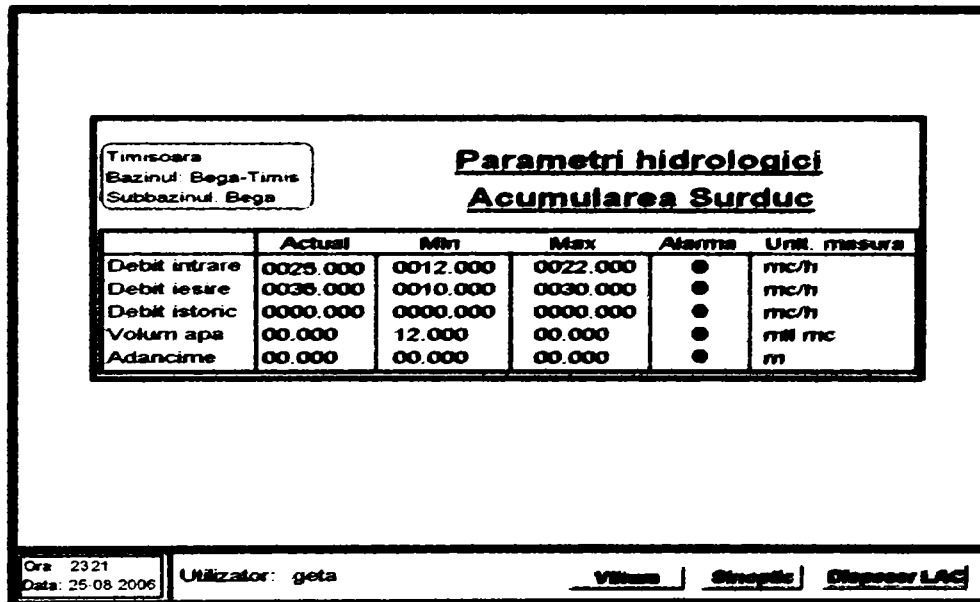
Figura 5.16. Ecranul post hidrometric

Citirea datelor se face automat prin senzorii stațiilor hidrometrice. Aplicația oferă posibilitatea introducerii datelor manual în cazul în care sistemul nu funcționează.

Transmiterea datelor de la posturile hidrometrice se face prin comunicație radio spre calculatorul automatizat de la dispeceratul acumulării, acesta transmițând mai departe datele măsurate prin intermediul serverului spre aplicația SCADA .

Orice modificare a mărimilor măsurate este înregistrată în baza de date a sistemului, având specificată data, ora și operatorul care supraveghează acumularea.

#### 5.5.5.5 Ecranul parametrilor hidrologici



	Actual	Min	Max	Alarma	Unit. masura
Debit intrare	0025.000	0012.000	0022.000	●	mc/h
Debit iesire	0036.000	0010.000	0030.000	●	mc/h
Debit istoric	0000.000	0000.000	0000.000	●	mc/h
Volum apa	00.000	12.000	00.000	●	m <sup>3</sup> mc
Adancime	00.000	00.000	00.000	●	m

Figura 5.17. Ecranul parametrilor hidrologici

Ecranul parametrilor hidrologici (Figura 5.17.) poate fi accesat din ecranul „Dispeceratul LAC”. Acest ecran permite vizualizarea următoarelor mărimi, în timp real:

⇒ debit intrare - reprezintă suma debitelor afluenților acumulării;

$$Q_{\text{afluent}} = Q_{\text{Gladna}} + Q_{\text{Munișel}} + Q_{\text{Hăuzeasca}} + Q_{\text{infiltrații}} + Q_{\text{precipitații}}$$

$Q_{\text{Gladna}}$ ,  $Q_{\text{Munișel}}$ ,  $Q_{\text{Hăuzeasca}}$ ,  $Q_{\text{infiltrații}}$ ,  $Q_{\text{precipitații}}$  – se citesc la posturile hidrometrice;

$Q_{\text{afluent min}}$ ,  $Q_{\text{afluent max}}$  – se introduc manual de către operator;

⇒ debit ieșire – reprezintă debitul defluent;

$$Q_{\text{defluent}} = Q_{\text{GF1}} + Q_{\text{GF2}} + Q_{\text{Deversor}} + Q_{\text{MHC}} + Q_{\text{Evaporare}}$$

$Q_{\text{GF1}}$ ,  $Q_{\text{GF2}}$ ,  $Q_{\text{Deversor}}$ ,  $Q_{\text{MHC}}$  – se citesc la posturile hidrometrice;

$Q_{\text{defluent min}}$ ,  $Q_{\text{defluent max}}$  - se introduc manual de către operator;

⇒ volum afluent – reprezintă volumul de apă care intră în lac;

$$V_{\text{afluent}} = V_{\text{Gladna}} + V_{\text{Munișel}} + V_{\text{Hăuzeasca}} + V_{\text{infiltrații}} + V_{\text{precipitații}}$$

$V_{Gladna}$  ,  $V_{Munișel}$  ,  $V_{Hăuzeasca}$  ,  $V_{precipitații}$  - se citesc la posturile hidrometrice;

$V_{infiltrații}$  – se introduc manual de către operator;

⇒ adâncime – reprezintă adâncimea lacului lângă baraj;

⇒ alarma – se declanșează în cazul în care unul din parametrii depășește valorile minim sau maxim;

- ● simbolizează alarma activată;

- ● simbolizează alarma dezactivată;

Orice modificare a mărimilor măsurate este înregistrată în baza de date a sistemului, având specificată data, ora și operatorul care supraveghează acumularea.

### 5.5.5.6 Ecranul parametrilor fizico-chimici

Mărimi măsurate			Mărimi măsurate		
Măsurat	u.m		Măsurat	u.m	
Temperatura apei	20	°C	Substanțe organice CBO	01.25	mg/l
Oxygen dizolvat	00.00	mg/l	Fier	00.00	mg/l
Selinitate	20.00	ppl	Mangan	00.00	mg/l
pH	07.10		Fosfor	00.00	mg/l
Alcalinitate	00.00	us/cm	Potasiu	00.00	mg/l
Conductivitate	00.00	grad g.	Turbiditate	00.00	mg/l
N-Azot	00.00	mg/l	Duritate totală	00.00	grad g.
NO3-Azotii	18.19	mg/l	CO3-Carbonat	00.00	grad g.
NO2-Azotii	00.00	°C	Zn-Zinc	00.00	mg/l
NH4-Amoniu	00.00	mg/l	Detergent	00.00	mg/l
PO-Fosfor	00.00	ppl	Suspensii	00.00	mg/l
Cl-Clor	00.00		Rezidu fr.	00.00	mg/l
SO4-Sulfat	00.00	us/cm	Fenoli	00.00	mg/l
Ca-Calcium	00.00	grad g.	Miros	00.00	mg/l
Mg-magneziu	00.00	mg/l	Transparență	00.00	grad g.
Na-Sodiu	00.00	mg/l	Culoare	00.00	grad g.

Prelevarea probelor se face trimestrial  
 - în apropierea barajului  
 - la mijlocul lacului  
 - la coada lacului

Ora: 0.04  
 Data: 26-08-2006

Utilizator: geta

Vizura | Simptis | Dispecer LAC

Figura 5.18. Ecranul parametrilor fizico-chimici

Ecranul parametrilor fizico-chimici (Figura 5.18.) poate fi accesat din ecranul „Dispecerat LAC”. Acest ecran permite vizualizarea parametrilor fizico-chimici, în timp real.

În figura (Figura 5.19.) este reprezentat schematic modul de colectare și transmitere a parametrilor fizico-chimici în timp real. În lac sunt amplasați senzori care transmit datele la unui mini-laborator montat pe o platformă, acesta prin intermediul stației de transmisie comunică datele la dispeceratul acumulării. Platforma a fost denumită stație hidrometeorologică, deoarece măsoară parametrii hidrologici și meteorologici.

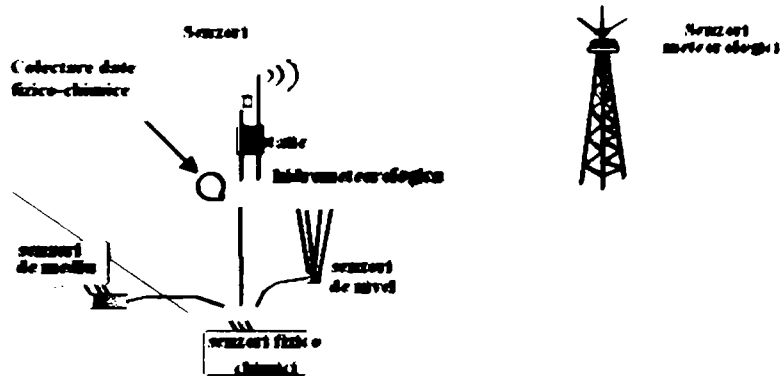


Figura 5.19. Reprezentarea schematică a colectării și transmiterii datelor fizico-chimice

### 5.5.5.7 Ecranul parametrilor biologici

Timisoara Bazinul: Bega-Timis Subbazinul: Bega		<b>Parametri biologici Acumularea Surduc</b>					
	Abundanta	Compozitie	Presen Indicativ	Cucl Vitala	Prezenta specii sensibile	Diversitate	Biomasa
Pesti	001 %			00			
Fauna nevertebrata	002 %						
Fitoplancton	003 %	Clorofila a	02				000.00 mg
Macrofite	004 %	Diatomee					
Fitobentos	005 %						000.00 mg

Ora: 0:05  
Data: 26-08-2006  
Utilizator: geta  
Vizura | Sinopsis | Dispecer LAC

Figura 5.20. Ecranul parametrilor biologici

Ecranul parametrilor biologici (Figura 5.20.) poate fi accesat din ecranul „Dispecer LAC”. Acest ecran permite vizualizarea parametrilor biologici prevăzuți de Directivei Cadru UE a Apei 2000/60/CE, în timp real.

Modul de colectare, și transmitere a parametrilor biologici este același ca și în cazul colectării, și transmiterii parametrilor fizico-chimici.

În acest ecran majoritatea datelor vor fi introduse manual de către operatorul sistemului.

### 5.5.5.8 Ecranul parametrilor meteorologici

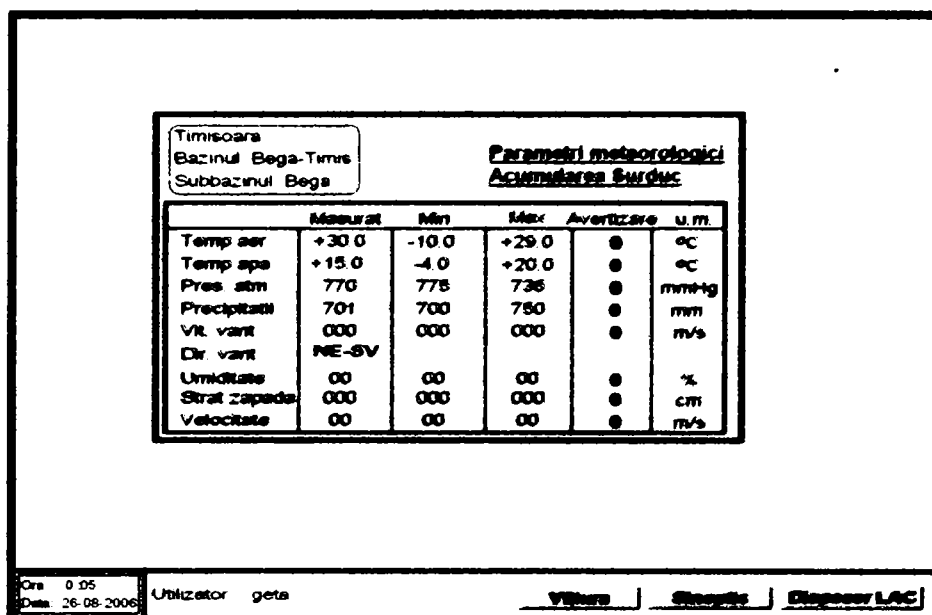


Figura 5.21. Ecranul parametrilor meteorologici

Ecranul parametrilor meteorologici (Figura 5.21.) poate fi accesat din ecranul „ Dispecer LAC ”. Se pot vizualiza toți parametri, în timp real. Valorile minime și maxime vor fi introduse manual de către operatorul sistemului. Alarma de avertizare se declanșează în cazul în care unul din parametri depășește valorile minim sau maxim. Modul de colectare, și transmitere a datelor este reprezentat în figura (Figura 5.19.)

### 5.5.5.9 Ecranul parametrilor morfologici

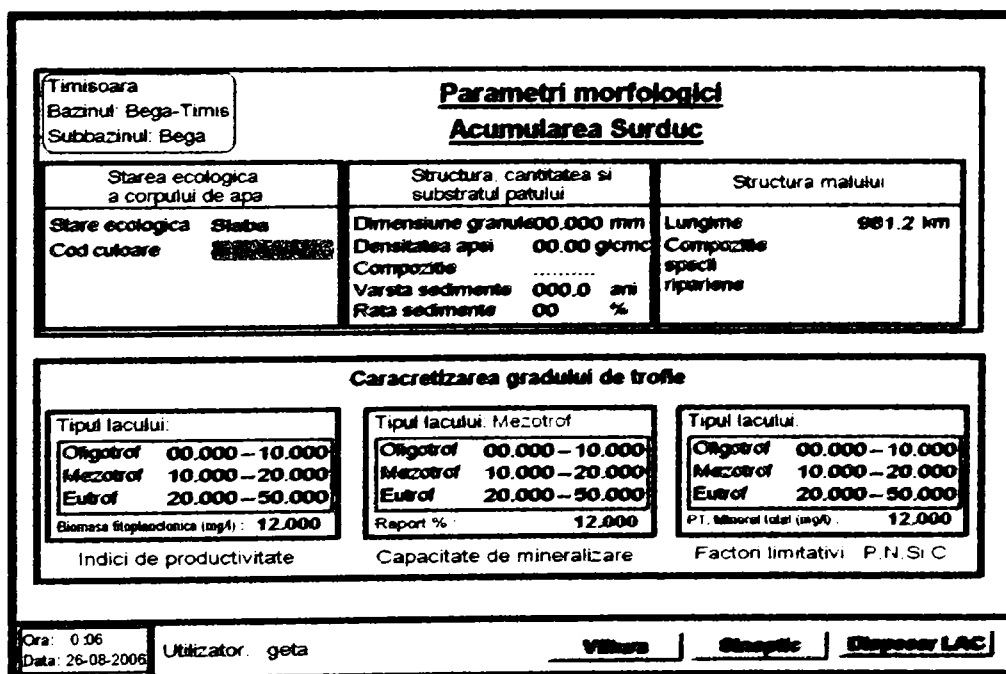


Figura 5.22. Ecranul parametrilor morfologici

Ecranul parametrilor morfologici (Figura 5.22.) poate fi accesat din ecranul „Dispecer LAC”. Acest ecran a fost proiectat în conformitate cu cerințele Directivei Cadru UE a Apei 2000/60/CE. Datele vor fi introduse manual spre a fi înregistrate în baza de date a sistemului, pentru a putea fi prelucrate și pentru a da posibilitatea realizării de rapoarte.

Starea ecologică a corpului de apă este caracterizată printr-un cod de culoare (Tabelul 5.2).

**Caracterizarea corpului de apă prin cod de culoare**

**Tabelul 5.2**

Starea ecologică a corpului de apă	Cod de culoare
Foarte bună	Albastru
Bună	Verde
Slabă	Portocaliu
Proastă	Roșu

Simularea modificării vizuale a “cod de culoare” s-a făcut astfel:

- am definit variabilele “text” și „cod\_culoare”;
- am scris următoarele secvențe:
  - 1) if text = Foarte buna then cod\_culoare = blue;
  - 2) if text = Buna then cod\_culoare = green;
  - 3) if text = Slaba then cod\_culoare = orage;
  - 4) if text = Proastă then cod\_culoare = red;

Caracterizarea gradului de trofie este redată de următorii indici :

- a) Capacitatea de mineralizare aerobă a materiei organice din apa lacului, exprimat prin raportul CCMn (mg O<sub>2</sub>/l) și OD (mg/l). (Tabel 5.3)
- b) factori limitativi ai eutrofizării (P, N,). (Tabel 5.4)
- c) Indici de productivitate. (Tabel 5.5)

(Tabel 5.3)

Tipul lacului	Raport (%)
oligotrof	0 - 30
mezotrof	30 - 100
eutrof	peste 100

(Tabel 5.4)

Tipul lacului	PT (mg/l)	Mineral total (mg/l)
oligotrof	0,03	0,3
mezotrof	0,15	1,5
eutrof	0,15	1,5

(Tabel 5.5)

Tipul lacului	Biomasa fitoplanctonică (mg/l)
oligotrof	10
mezotrof	10-20
eutrof	20

De exemplu, modificarea vizuală a gradului de trofie se face prin modificarea valorii raportului R%. Pe ecran v-a fii afișat tipul lacului oligotrof, mezotrof, eutrof în funcție de valoarea raportului.

## **5.5.6 Monitorizarea automatizată a unei situații de viitură.**

Proiectarea aplicației de monitorizare automatizată a unei situații de viitură se face conform “Regimului de exploatarea a acumulării Surduc la viituri”, oferit de Direcția Apelor Banat, Timișoara.

### **5.5.6.1 Avantajele aplicației “Viitură”**

Avantajele aplicației sunt nenumărate, câteva dintre acestea sunt descrise mai jos:

- ⇒ supravegherea și monitorizarea evenimentelor în caz de viitură se realizează on-line, în timp real;
- ⇒ oferă posibilitatea atât operatorului de la nivel local (Acumularea Surduc) cât și a operatorului de la nivel central (D.A.B Timișoara, Lugoj) să vizualizeze în timp real modificarea datelor primare urmărite la viitură;
- ⇒ vizualizarea permanentă a poziției vanelor;
- ⇒ efectuarea manevrelor pentru evacuarea debitelor de viitură se poate face direct prin manevra vanelor de către operatorul de tură;
- ⇒ depășirea oricărui parametru urmărit în caz de viitură v-a fi anunțat prin apariția pe ecranul monitorului a unui mesaj de alarmă vizual și sonor, eventual sirenă.
- ⇒ editarea și transmiterea rapoartelor în timp real;

În concluzie, monitorizarea și supraveghere automatizată a acumulării în situații de ape mari, viitură conduce la micșorarea considerabilă a timpului de efectuare a manevrelor, luării deciziilor, comunicării și transmiterii datelor între nivelul local și nivelul central.

În ceea ce privește atribuțiile personalului operativ în perioada de viituri, măsuri specifice perioadei tranzitorii și după trecerea viiturii se vor respecta regulile de exploatare prevăzute de Direcția Apelor Banat, Timișoara.

### **5.5.6.2 Ecranul viitură**

Un model de monitorizare a unei situații de viitură este prezentat în (Figura 5.23.).

Pentru proiectarea acestui ecran de monitorizare și supraveghere s-a făcut conform regulilor specifice exploatarea acumulării Surduc în caz de viitură.

Pentru accesarea ecranului viitură este prevăzut un buton în toate ecranele aplicației.

Ecranul viitură se împarte în mai multe secțiuni:

**A. Parametri ai regimului de viitură**, conține note informative referitoare la atenuarea unei de viitură;

**B. Frecvența măsurărilor** se face conform regulilor de exploatare cu mențiunea că în faza a trei frecvența citirii datelor se poate modifica de către operatorul de servicii, în funcție de stare de necesitate.



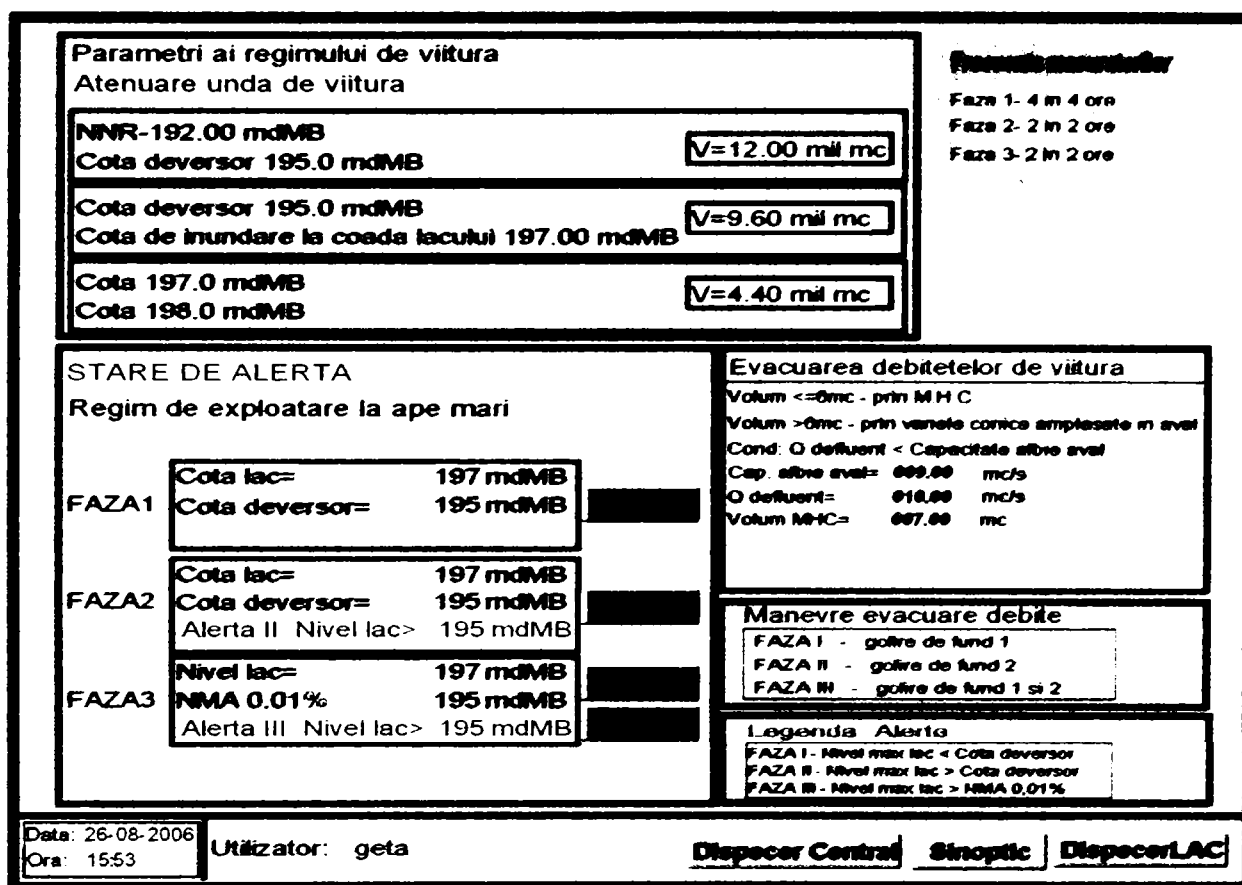


Figura 5.23. Ecranul viitură

C. *Evacuarea debitelor de viitură*, oferă operatorului informații despre volumul evacuat prin MHC și volumul de apă evacuat prin vanele golirii de fund amplasate în aval.

Capacitatea albiei aval și debitul defluent sunt mărimi care se colectează automat sau pot fi introduse de către operator.

În cazul în care nu este respectată condiția,  $Q_{\text{defluent total}} < Q_{\text{albie aval}}$  sistemul va declanșa automat o alarmă vizuală care anunță operatorul starea de alertă. Alarma rămâne activă atâta timp cât condiția  $Q_{\text{defluent total}} < Q_{\text{albie aval}}$  este falsă.

Orice alarmă declanșată de sistem este înregistrată în baza de date pe care o generează aplicația cu specificarea datei, orei și a operatorului de serviciu.

D. Informații cu caracter informativ în vederea stabilirii modului de manevră a vanelor:

⇒ Manevre evacuare debite;

FAZA I – deschidere golire de fund 1;

FAZA II – deschidere golire de fund 2;

FAZA III – menținere golire de fund 1 și fund 2 deschise;

⇒ Legendă alerte.

FAZA I – nivel maxim în lac nu depășește cota deversorului (195,00 mdMB);

FAZA II – nivel maxim în lac depășește cota (195,00 mdMB);

FAZA III – nivel maxim în lac depășește cota (196,70mdMB); ce corespunde depășirii asigurării de verificare din etapa I (0,01 % );

E. Starea de alertă, regim de exploatare la ape mari:

Regimul de exploatare la ape mari se instituie în următoarele condiții, toate obligatorii:

- ⇒ o golire de fund funcționează la întreaga capacitate;
- ⇒ debitul afluent depășește capacitatea golirii de fund și continuă să crească;
- ⇒ cota apei în lac depășește nivelul normal de retenție și continuă să crească.

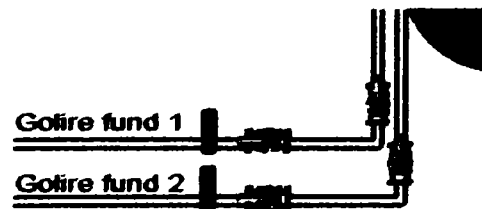
În cazul în care nivelul apei în lac este de 200 mdMB, sistemul declanșează alertă fază II și fază III ceea ce înseamnă că vor trebui deschise vanele ambelor goliri de fund.

Manevra golirilor de fund a fost programată în așa fel încât să nu se realizeze imediat după instaurarea stării de alertă ci numai prin comanda primită de la operator. Manevra vanelor se face prin apăsarea butonului Golire 1 sau Golire 2 .Culoarea verde indică poziția vanei deschisă , iar culoarea gri indica poziția vanei închisă.

Manevrele realizate în ecranul viitură asupra vanelor vor fii înregistrate și în ecranul sinoptic. Această situație este prezentată în Figura 5.24.a,b și Figura 5.25. a,b.

STARE DE ALERTA	
Regim de exploatare la ape mari	
FAZA1	Cota lac= 200 mdMB Cota deversor= 195 mdMB
FAZA2	Cota lac= 200 mdMB Cota deversor= 195 mdMB Alerta II Nivel lac> 195 mdMB
FAZA3	Nivel lac= 200 mdMB NMA 0.01% Alerta III Nivel lac> 197 mdMB

a. Ecran viitură

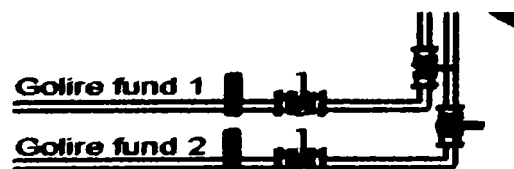


b. Ecran sinoptic

Figura 5.24. Vane golire fund 1 și 2 deschise

STARE DE ALERTA	
Regim de exploatare la ape mari	
FAZA1	Cota lac= 200 mdMB Cota deversor= 195 mdMB
FAZA2	Cota lac= 200 mdMB Cota deversor= 195 mdMB Alerta II Nivel lac> 195 mdMB
FAZA3	Nivel lac= 200 mdMB NMA 0.01% Alerta III Nivel lac> 197 mdMB

a. Ecran viitură



b. Ecran sinoptic

Figura 5.25. Vane golire fund 1 și 2 închise

### 5.5.6.3 Gestionarea bazei de date a aplicației SCADA

Aplicația SCADA,[110] stochează măsurătorile parametrilor în aplicația Access,[43] ,[45] ,[46] unde creează două baze de date,[9] acestea sunt:

- ⇒ Logging –bază de date pentru parametri mășurați (Figura 5.26.);
- ⇒ WizData-bază de date pentru gestionarea alarmelor (Figura 5.27.);

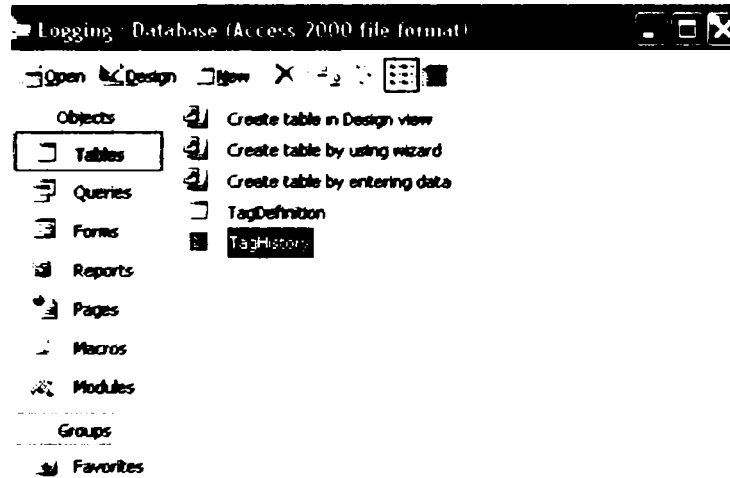


Figura 5.25. Baza de date Logging

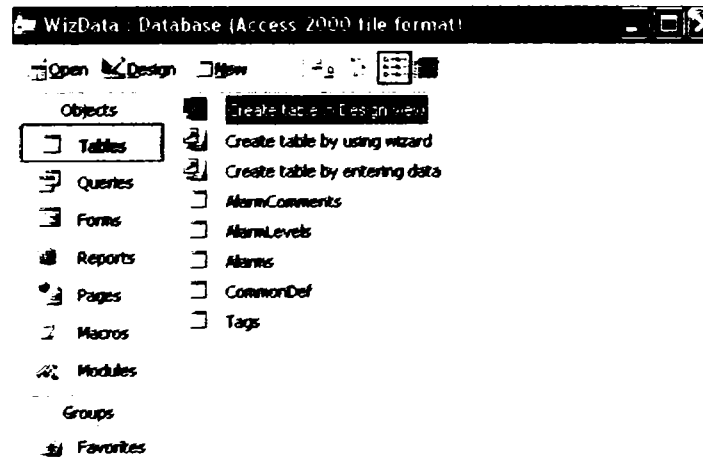


Figura 5.26. Baza de date WizData

#### A. Logging –Baza de date parametrilor mășurați

Baza de date logging memorează în tabelul TagHistory toate valorile parametrilor care au fost citite de la punerea în aplicație.

Vizualizarea parametrilor înregistrați în timp poate fi sub formă de:

- ⇒ **Formulare** (Figura 5.27.)

The screenshot shows a form titled "TagHistory1" with a table of data. The table has several columns, including "Parametru\_masurat" and "Data\_Ora\_masur". The data consists of multiple rows of records, each with a unique identifier and a timestamp.

Figura 5.27. Tip de formular creat în Access

⇒ Rapoarte (Figura 5.28.);

The screenshot shows a report titled "Listarea parametrilor masurati" with a "Tipareste" button. Below the title, there are four input fields: "Parametru\_masurat" (containing "adancime"), "Valoarea" (containing "0"), "Introdu date" (empty), and "Data\_Ora\_masur" (containing "22.08.2006 16:25:29").

Figura 5.28. Tip de raport creat în Access

### B. WizData – Bază de date alarme

Baza de date WizData memorează în tabelul Tags toate alarmele care au fost declanșate de sistem de la punerea în aplicație.

Istoricul alarmelor declanșate de sistem poate fii vizualizat sub următoarele forme:

⇒ Formulare (Figura 5.29.,5.30.);

The screenshot shows a form with two fields: "Name" (with a redacted value) and "UnlockTime" (containing "06:18:20:33"). At the bottom, there is a record navigation bar showing "Record: 14 of 261" with navigation buttons.

Figura 5.29. Formular tip ecran

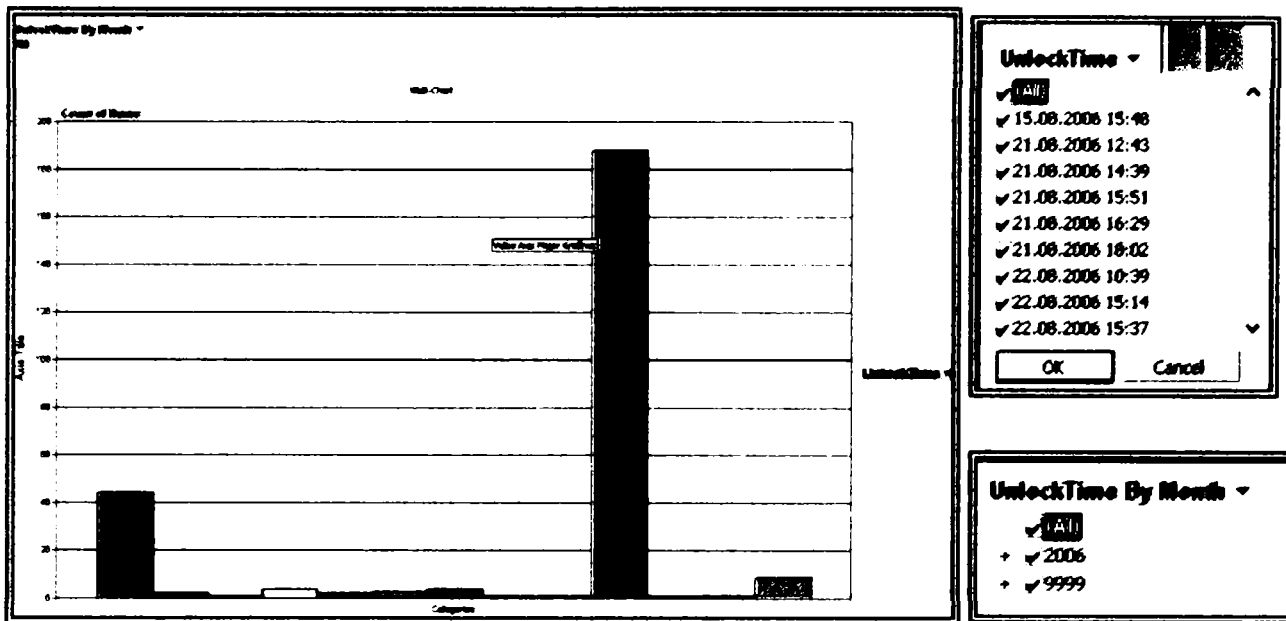


Figura 5.30. Formular tip diagramă

Acest tip de formular prezintă statistici asupra frecvenței declanșării alarmelor din sistem. Reprezentarea grafică a statisticilor poate fi făcută pe ani, sau pe zile prin selectare contoarelor din partea dreaptă a ecranului.

⇒ Rapoarte (Figura 5.31.);

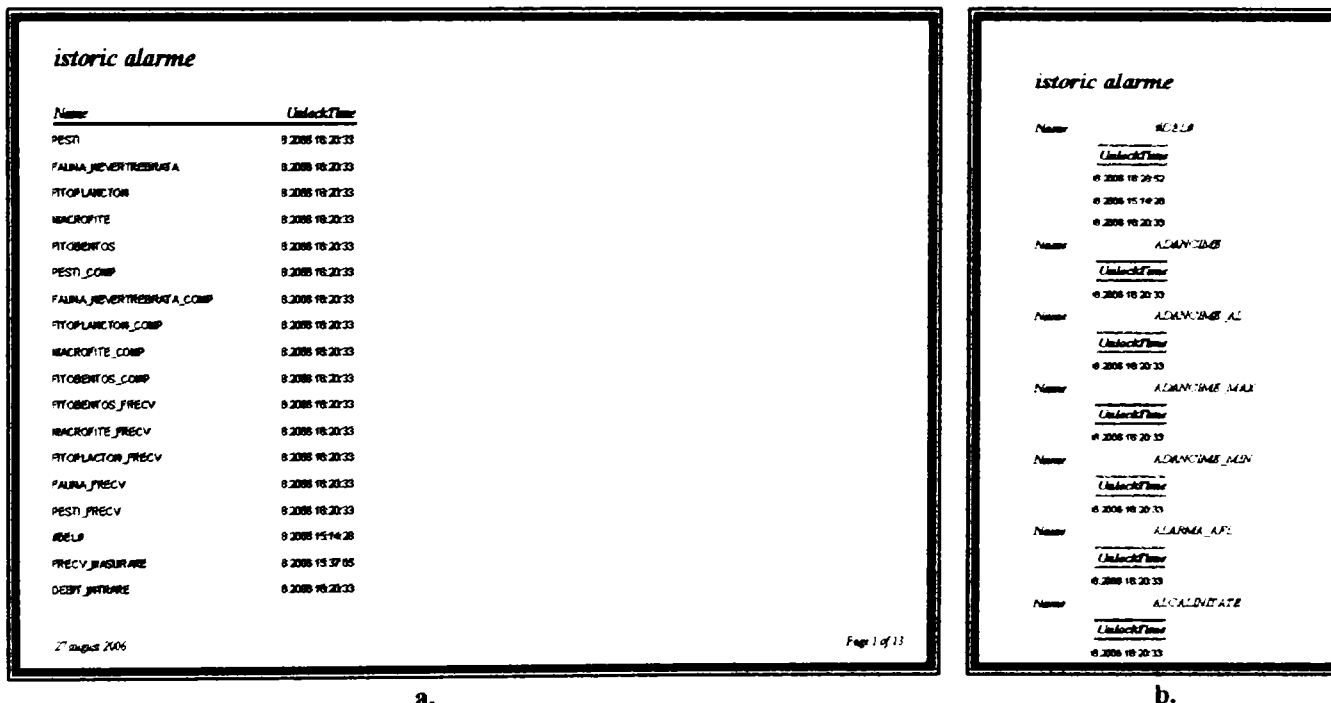


Figura 5.31. Rapoarte privind apariția alarmelor în sistem

Tipurile de rapoarte și formulare generate de aplicația Access este foarte variat, în plus acestea se pot crea în funcție de necesități.

## **VI. CONCLUZII ȘI RECOMANDĂRI**

### **6.1 Contribuții personale**

Pentru fiecare dintre obiectivele propuse, pe parcursul tezei am adus elemente de noutate din punctul de vedere al modalității de abordare și tratare a subiectului. Se pot evidenția următoarele aspecte:

1. Proiectarea într-o manieră modernă a unui sistem informațional de reabilitarea a acumulării Surduc;
2. Modelarea aplicației într-o concepție unitară a principalelor evenimente în conformitate cu regulamentul de exploatare a acumulării Surduc;
3. Selectarea unui program SCADA gestionat de un calculator central, adecvat sistemelor de monitorizare și transmitere a datelor la distanță, precum și echiparea stațiilor hidrometeorologice și a posturilor hidrologice cu senzori și traductori de înaltă performanță;
4. Proiectarea unor ecrane de vizualizare și urmărire a parametrilor calitativi ai acumulării ;
5. Proiectarea unui ecran care permite stabilirea gradului de trofie al lacului în funcție de anumiți indici (CCMn, OD, Azot, Fosfor);
6. Vizualizarea în timp real a debitelor de intrare , debitelor de ieșire și adâncimea apei din lac;
7. Simularea dinamică a nivelului apei din lac, prin modelarea grafică de care dispune sistemul SCADA;
8. Crearea unui mod de avertizare și alarmă vizual în cadrul aplicației „LAC”, în scopul informării operatorului de serviciu asupra depășirii unor valori admise ale parametrilor mășurați;
9. Posibilitatea introducerii manuale de date și modificare a valorilor mărimilor achiziționate;
10. Facilitate schimbului de date on-line sau prin satelit între dispeceratul central, Direcția Apelor Banat Timișoara și dispeceratul local al acumulării Surduc;
11. Manevrarea computerizată a vanelor golirii de fund a lacului, în situații de urgență;
12. Prelucrarea bazei de date prin vizualizare grafică și listare a evoluției mărimilor;
13. Generarea și listarea de rapoarte predefinite, prelucrări off-line de date.

## **6.2 Perspective. Recomandări**

### **Perspective**

1. Implementarea sistemului SCADA pe scară largă, atât în ceea ce privește creșterea numărului de puncte de măsurare, cât și extinderea funcționalității sistemului pentru acumularea Surduc;
2. Se are în vedere ca pe viitor sistemul să fie extins pentru monitorizarea automatizată a tuturor acumulărilor permanente din bazinul hidrografic Bega-Timiș ;
3. Monitorizarea și supravegherea automatizată a tuturor stațiilor hidrometrice de pe afluenții râurilor Bega și Timiș.

### **Recomandări**

1. Monitorizarea comportării barajelor folosind sisteme de telemăsură pentru supravegherea comportării barajelor hidrotehnice.
2. Sistem telematic interactiv pentru modelarea potențialului hidroenergetic al unei amenajări
3. Realizarea unui sistem automat de monitorizare a parametrilor de securitate și ai calității mediului;
4. Realizarea unui sistem inteligent pentru inspecția subacvatică cu camera captivă pentru asigurarea siguranței în exploatare a hidrocentralelor.
5. Modelarea calității apei din lacuri și a stratificării termice, utilizând software-ul CAEDYM-DYRESM, dezvoltat de University of Western Australia.
6. Modelarea 3D a dinamicii apei din lacuri, utilizând software-ul ELCOM, dezvoltat de University of Western Australia.
7. Realizarea unui sistem informațional folosind Sistemul Informațional Geografic GIS prin georeferențierea zonei amenajate Surduc, oferind informații cu privire la :
  - ⊕ **Infrastructură :**
    - Amplasarea în mediu

- Drumuri de acces
- Drumuri forestiere
- Folosițele solului
- Zone protejate
- Zonele de agrement
- Rețeaua electrică
- ⊕ **Geologie :**
  - Zonele de terasa și luncă
  - Tipurile de sol
  - Straturile geologice
  - Forme de relief
  - Zone aluvionare
  - Vegetația
- ⊕ **Hidrologie :**
  - Bazinul de recepție
  - Rețeaua hidrografică
  - Zonele inundabile
  - Apele de suprafață
  - Apele subterane
  - Puțuri
  - Izvoare
  - Punctele de prelevarea a probelor
- ⊕ **Mediu :**
  - Puncte de monitorizare a calității apei
  - Aree de monitorizare a apei subterane sub aspect calitativ
  - Zone împădurite
  - Zone de pescuit
  - Stații hidrometeorologice
  - Stații hidrometrice



## VII. BIBLIOGRAFIE

- [1] Alexei, A.M., Contribuții privind culegerea semiautomată a datelor cartografice digitale, Teză de doctorat, Academia Tehnică Militară, 2005;
- [2] Băduț, M., GIS Sisteme Informatice Geografice fundamente practice, Seria PC.181, 2004
- [3] Beilicci, E., Beilicci, R., Sediment yield from watersheds hillslopes, Buletinul științific al Universității „Politehnica” din Timișoara, EDITURA POLITEHNICA 2004;
- [4] Biali, G., Monitorizarea proceselor erozionale pe spații întinse folosind tehnica Sistemelor Informaționale Geografice (GIS), Grant, Universitatea Tehnică Gh.Asachi din Iasi, 2003;
- [5] Bica, I., Protecția mediului, Editura \*H\*G\* A \*, București 2002;
- [6] Bourget, P., Programs Analysis Division, Basin-Level Digital Elevation Models, Institute for Water Resources (IWR), U.S. Army Corps of Engineers (USACE).
- [7] Chen, Z., Ewing, R.E., Espadel, M., Multiphase Flow Simulation with Various Boundary Conditions , Computational Methods in Water resource X, Volume 2, Universităt Hidelberg, Germany, 1994, pag 925;
- [8] Cicortaș, A., Role Modeling for Agent System Analysis, Design and Implementation, Bulletins for Applied & Computing Mathematics, BAM-1952/2001 (XCVI-A), PAMM, 2001, pp.135-142;
- [9] Cicortaș, A., Inițiere în Access și în SQL, Ed. "Vasile Goldis" University Press, Arad, ISBN 973-8161-38-X 2002;
- [10] Cotiusca-Zauca, D., “Studii și cercetări privind exploatarea optimă a lacurilor de acumulare complexe”, Revista de Politica Stiintei si Scientometrie - Numar Special 2005 - ISSN- 1582-1218, Universitatea Tehnică Gh.Asachi din Iasi;
- [11] Davaasuren, N., Information system design for land degradation assessment, in particular for pasture areas. case study of West Mongolia, Degree Assessment Board, INTERNATIONAL INSTITUTE FOR AEROSPACE SURVEY AND EARTH SCIENCES ENSCHEDE, THE NETHERLANDS, 2001;
- [12] David, I., Hidraulică, Institutul Politehnic “Traian Vuia”, Facultatea de hidrotehnică, Timișoara, vol I, 1990;
- [13] David, I., Șumălan, I., Metode numerice cu aplicații în hidraulică, Editura Mirton Timișoara, 1998;
- [14] Dohtar, V., Realizarea unei baze de date GIS cu potențial turistic actual și de perspectivă din zona Vișeu de Sus-Borșa, Revista de Politica Stiintei și Scientometriei – Număr Special 2005 – ISSN-1582- 1218;
- [15] Drobot, R., Șerban, P., Aplicații de hidraulică și gospodărirea apelor, Editura \*H\*G\* A \*, București 1999;
- [16] Dumitran, E., Model ecologic pentru Model ecologic pentru prognoza calitatii apei din lacuri. "-revista Hidrotehnica, vol. 47, nr.10, 2002, pag. 20-27;
- [17] Dumitran, E., Bonnet, M., Isbășoiu E., Modelarea numerică a stratificării termice într-un lac, revista Hidrotehnica, vol. 47, nr.7, 2002, pag. 27 -34;
- [18] Ferda, K., Model-based Environmental Information and Decision Support Systems, 8. Symposium, Hamburg 1994, pag. 37;
- [19] Fortiș, F., Unix și Internet, Universitatea de Vest Timișoara, 2000;
- [20] Hamilton D.P. & Schladow S. G. (1997) Prediction of water quality in lakes and reservoirs. Part I - Model description. \$ Part II - Model calibration, sensitivity analysis and application. Ecological Modelling, N° 96, pag. 91 – 123;

- [21] Gaspar,C.,Józsa, J.,Sarkkula, J., Shallow Lake Modelling Using Quadtree-Based Grids, Computational Methods in Water resource X, Volume 2, Universität Hidelberg, Germany, 1994,pag 1053;
- [22] Ghinea, M., Firețeanu, V., Matatlab. Calcul numeric-Grafică-Aplicații, Editura Teora, București 2001;
- [23] Giurma I., Craciun I., Giurma C.R., Elements regarding the planning, management and quantifying of the environmental impact of storage lakes, Proceedings of the 2nd International Symposium,Timisoara, 2006, T3.26;
- [24] Giurma, I., Colmatarea lacurilor de acumulare, Editura \*H\*G\* A \*, București 1997;
- [25] Haidu, C., Haidu, I., Analiză Spațială, Editura \*H\*G\* A \*, București 1998;
- [26] Horung, R., Numerical Modelling of Density Stratification with the 1-D Hydrodynamic Model DYRESM. Master's Thesis, Universität Stuttgart, August 2002;
- [27] Hilty, L.M., Jaeschke, A., B.Page, Informatik für den Umweltschutz, Symposium, Band I,Hamburg 1994;
- [28] Ianculescu, S., Nisipeanu, S., Stepa, R., Managementul mediului , Editura Matrix Rom Bucuresti , 2002;
- [29] Ilinoiu, M., Using GIS in Design and Asset Management of Water Distribution Systems, Conference ARA, București 2005,pag 204;
- [30] Imbroane, M., Moor, D., Inițiere în GIS și teledetecție, Presa Universitară Clujeană, Cluj 1999;
- [31] Ion M., Nicoara S.V. - Aspects regarding the crisis management during the flood period in Banat province, April 14th - July 5th, 2005, Proceedings of the 2nd International Symposium,Timisoara, 2006, T1.29;
- [32] Ion M., Lazar Gh., Nicoara S.V., Gîrbaciu C. - Feasible approach of the high waters management in the Timis river low basin, Proceedings of the 2nd International Symposium, Timisoara, 2006, T1.26;
- [33] Jessen, H., Mohnberg, A.,Wendt, S., Entwicklung eines Badegewässer- Informationssystems mit einem objektorientierten datenbanksystem, . Symposium, Hamburg 1994, pag. 211;
- [34] Jucan , R., Simon, A., GIS for Water Network Management. A Case study of “Compania de Apă Someș” from Cluj-Napoca, Conference ARA, București 2005, pag 211;
- [35] Kliučininkas, L., GIS-supported Water Resourec Monitoring and Management, 8. Symposium, Hamburg 1994, pag. 145;
- [36] Lazăr, G., Gîrbaciu, C., (2004) “Procedeu de simulare numerică a mișcării apei în regim nepermanent (1D) cu generarea hidrografului de viitură pe un bazin hidrografic de mică întindere”, Simpozion Apele Române Timișoara;
- [37] Luwenhua, Fanxingming, Jingxu, An On-Line Detection and Measurement System of Water Quality, Journal of Yancheng Institute of Technology (Natural Science), 2002;
- [38] Manoliu, M., Ionescu,C., Dezvoltare durabilă și protecția mediului, Editura \*H\*G\* A \*, București 1998;
- [39] Mirel, I., Raport asupra studiului de impact „ Protejarea mediului în zona lacului surduc”, reabilitarea infrastructurii rurale și introducerea Lacului Surduc în circuitul turistic internațional, Timișoara 2002.
- [40] Mitreska, E., Mitreska,K., On-line Operational Monitoring And Estimation System Of Lakes, University “Sts Cyril and Methodius”, Faculty of Electrical Engineering, Skopje, MACEDONIA, 2004;
- [41] Neicu S. - An analysis of the damage structure, the main sources and areas under flood risks in Timis - Bega hydrographic basin.The main steps to be taken to flood mitigation, Proceedings of the 2nd International Symposium,Timisoara, 29 June - 01 July 2006, T1.27;
- [42] Newell,R.G., GIS trends in the Utilities, Smallworld technical Paper 17/6, UK 1993;
- [43] Parkenson, C., Access 2,în 433 imagini, Editura Teora 1996;

- [44] Pietrărenu, G., Cercetări asupra proceselor tehnologice de tratare a apelor afectate de fenomenul eutrofizării, Teză de doctorat, Universitatea Tehnică de construcții București, 2005;
- [45] Petrvo, G., Sisteme Informaționale, Universitatea de Vest Timișoara, Notițe de curs 2000;
- [46] Petrvo, G., Limbajul SQL, Universitatea de Vest Timișoara, Notițe de curs 2000;
- [47] Pârvu, C., Ecologie generală, Editura tehnică, București 2001;
- [48] Popa, R., Modelarea calității apei din râuri, Editura \*H\*G\* A \*, București 1998;
- [49] Popa, R., Elemente de hidrodinamica râurilor, Editura \*H\*G\* A \*, București 1997;
- [50] Saunders, A., Implementarea noii directive cadru a apei în bazine pilot (WAFDIP), 2004
- [51] Savii, G., Luchin, M., Modelare și simulare, Editura Eurostampa, Timișoara, 2000;
- [52] Scholten, H., van Waveren, R.H., Groot, S., van Geer, F.C., Wosten, J.H.M., Koeze, R.D. and Noort, J.J. "Good Modelling Practice in water management", Hydroinformatics 2000, 23-27 July 2000;
- [53] Schwab, J., Lou, J., A model of sediment resuspension and transport dynamics in southern Lake Michigan. JOURNAL OF GEOPHYSICAL RESEARCH, VOL. 105, NO. C3, PAGES 6591-6610, MARCH 15, 2000;
- [54] Scărădeanu, D., Radu, I., Modele geostatice în hidrologie, vol I, Editura Didactică și Pedagogică, București, 1996;
- [55] Serban P., Nagy C. - Banat hydrographical area management plan - 2004 Report - River basin characterization, Proceedings of the 2nd International Symposium, Timisoara, 2006, T4.5;
- [56] Stanciu P., Amaftiesei R., Corbus C. - Flood risk simulation in the Timis - Bega river basin, April 2005, Proceedings of the 2nd International Symposium, Timisoara, 2006, T1.25;
- [57] Stănculescu, F., Sisteme telematice. Aplicații. În: Revista Româna de Informatică și Automatică, vol. 9, nr. 2, 1999, pag. 7-20;
- [58] Stănescu, S., Vircol, A., Birut, E., Studii de hidrologie, Institutul de studii și cercetare hidrotehnică, București 1963;
- [59] Stugren, B., Probleme moderne de ecologie, Editura științifică și enciclopedică, București 1982;
- [60] Șumălan, I., The Importance of input data in numerical modelling of pollutants transport in complex aquifers, Buletinul științific al Universității „Politehnica” din Timișoara, EDITURA POLITEHNICA 1988, pag 23;
- [61] Tiezzi, E., Brebia, C.A., Usó, J.L., Ecosystem and sustainable development, Volume 1,2, WITpress, Southampton, Boston, 2003;
- [62] Țițan, G., Proiectarea baze de date "Biblioteca școlii", Proiect de diplomă, Universitatea de Vest, Timișoara. Postuniversitar de Informatică, 2003;
- [63] Țițan, G., Utilități hidroedilitare apă-canal pentru zona Surduc, Proiect de diplomă, Universitatea "Politehnica", Timișoara, Facultatea de Hidrotehnică, 2002;
- [64] Tong, Z., The Using of The Water Source and The Countermeasures of Protecting The Water Pollution, <http://www.h2o-china.com/paper/>;
- [65] Varduca, A., Monitoringul integrat al calității apelor, Editura \*H\*G\* A \*, București 1999;
- [66] Vasiliu, D., Vl. Nisteanu, V. Nisteanu, N. Vasiliu: Sistemul informational al mediului, Editura Printech, București, 2000;
- [67] Zhanglun, Z., Huaiyang, R., Xiaoxiao, J., Congming, C. Automatic Water Quality Monitoring System, University of Science and Technology of China;
- [68] Warren, S., Implementarea noii Directive Cadru a apei în Bazine Pilot, Ghid pentru monitorizarea lacurilor, Direcția Apelor Române – Direcția Someș Tisa ;

- [69] Wandiga, S., Capacity building to evaluate and adapt to climate change-included vulnerability to malaria and cholera in the Lake Victoria Region, Kenya National Academy of Sciences, 2000;
- [70] \*\*\* Ordinul 76/2006 privind aprobarea Metodologiei de elaborare și competențele de avizare și aprobare a regulamentelor de exploatare și a programelor de exploatare a lacurilor de acumulare, a normelor metodologice pentru elaborarea regulamentelor de exploatare bazinală și a regulamentului - cadru pentru exploatarea barajelor, lacurilor de acumulare și a prizelor de alimentare cu apă.
- [71] \*\*\* Administrația Națională APELE ROMÂNE Direcția Apelor Române – Direcția Somes Tisa;
- [72] \*\*\* Administrația Națională APELE ROMÂNE - Direcția Apelor Banat, Timișoara, Regimuri de funcționare și exploatare a Acumulării Surduc;
- [73] \*\*\* Directiva Parlamentului European și a Consiliului 2000/60/CE”, din 23 octombrie 2000 de stabilire a unui cadru de politică comunitară în domeniul apei;
- [74] \*\*\* H.G.101/2002.Norme speciale privind zonele de protecție sanitară;
- [75] \*\*\* H.G. 472 din 06/09/2000.Cu privire la unele măsuri de protecție a calitatii resurselor de apă;
- [76] \*\*\* H.G. 638 din 5 august 1999 privind aprobarea Regulamentului de apărare împotriva inundațiilor, fenomenelor meteorologice periculoase și accidentelor la construcțiile hidrotehnice și a Normativului-cadru de dotare cu materiale și mijloace de apărare operativă împotriva inundațiilor și ghețurilor;
- [77] HG nr.1479/24.11.2005, privind autorizarea MMGA de a atribui un contract de achiziție publică, finanțat din împrumuturi de stat externe pentru realizarea Sistemului informațional integrat de gospodărire a apelor – WATMAN - etapa I;
- [78] \*\*\* Manualul pentru modernizarea și dezvoltarea Sistemului de Monitoring Integrat al Apelor din România(SMIAR) aprobat prin OM MMGA 31/13.01.2006;
- [79] \*\*\* Legislația comunității europene în domeniul mediu apă, Decizia Consiliului 86/575/EEC privind stabilirea unei proceduri comune pentru schimbul de informații privind calitatea apelor dulci de suprafață în Comunitate, 1999;
- [80] \*\*\* ORDIN nr.638/420 din 2005 al ministrului administrației și internelor și al ministrului mediului și gospodăririi apelor pentru aprobarea Regulamentului privind gestionarea situațiilor de urgență generate de inundații, fenomene meteorologice periculoase, accidente la construcții hidrotehnice și poluări accidentale.
- [81] \*\*\* Legea nr.458/2002 privind calitatea apei potabile, completată cu Legea nr.311/2004.
- [82] \*\*\* Legea nr.310/2004, pentru armonizarea acesteia cu prevederile Directivei Cadru a Apei (Directiva nr.2000/60/EC a Parlamentului și Consiliului European);
- [83] [www.beespeed.pa.ro](http://www.beespeed.pa.ro)
- [84] [www.ats.com.ro](http://www.ats.com.ro)
- [85] [www.ara.ro](http://www.ara.ro)
- [86] [www.armyacademy.ro](http://www.armyacademy.ro)
- [87] [www.bossintl.com](http://www.bossintl.com)
- [88] <http://www.campbellsci.com/hydropower>
- [89] [www.cceg.ro](http://www.cceg.ro)
- [90] [www.cig.ensmp.fr](http://www.cig.ensmp.fr)
- [91] [www.cwr.uwa.edu.au](http://www.cwr.uwa.edu.au)

- [92] [www.dodson-hydro.com](http://www.dodson-hydro.com)
- [93] [www.dhisoftware.com](http://www.dhisoftware.com)
- [94] [www.dynamicearth.co.uk](http://www.dynamicearth.co.uk)
- [95] [www.edc.usgs.gov/products/elevation/dem.html](http://www.edc.usgs.gov/products/elevation/dem.html)
- [96] [www.epa.gov/waterscience/models/aquatox](http://www.epa.gov/waterscience/models/aquatox)
- [97] [www.esriro.ro](http://www.esriro.ro)
- [98] [www.europa.int](http://www.europa.int)
- [99] [www.earth.google.com](http://www.earth.google.com)
- [100] [www.hydrologyweb.pnl.gov](http://www.hydrologyweb.pnl.gov)
- [101] [www.ingh.ro](http://www.ingh.ro)
- [102] <http://igs.indiana.edu/arcims/lrim/index.html>
- [103] [www.ipa.ro/raportari/mener/fisa\\_Sombar.doc](http://www.ipa.ro/raportari/mener/fisa_Sombar.doc)
- [104] [www.enjoyromania.ro/mindreșcu/ro/predare/cursuri/](http://www.enjoyromania.ro/mindreșcu/ro/predare/cursuri/)
- [105] [www.mmediu.ro/ape/calitatea\\_lacurilor.pdf](http://www.mmediu.ro/ape/calitatea_lacurilor.pdf)
- [106] [www.mobius.ro](http://www.mobius.ro)
- [107] [www.racai.ro](http://www.racai.ro)
- [108] [www.reports.eea.eu.int](http://www.reports.eea.eu.int)
- [109] [www.largelakes.ebc.ee](http://www.largelakes.ebc.ee)
- [110] [www.scada.ro](http://www.scada.ro)
- [111] [www.science.uwaterloo.ca](http://www.science.uwaterloo.ca)
- [112] [www.usbr.gov/international/canal.html](http://www.usbr.gov/international/canal.html) -
- [113] <http://www.worldlakes.org/>
- [114] [www.termocad.ro](http://www.termocad.ro)
- [115] [www.automation.ro](http://www.automation.ro)
- [116] [www.bee.edu](http://www.bee.edu)
- [117] [www.hzdro.pub.ro](http://www.hzdro.pub.ro)
- [118] [www.environment-agency.gov.uk](http://www.environment-agency.gov.uk)
- [119] [www.clime.tkk.fi](http://www.clime.tkk.fi)
- [120] [www.sutron.com](http://www.sutron.com)
- [121] [www.cimec.ro](http://www.cimec.ro)

## Anexa 1 Caracteristicile cheie pentru elementele de calitate

Aspect/ caracteristică	Debite și dinamica scurgerii pe cursul de apă	Timp de rezidență	Legătura cu apa subterană	Variația nivelului în lac	Cantitatea, structura și substratul din chiuveta lacului	Structura malurilor lacului
Parametrii măsurători indicativi pentru EC	Debitele de intrare și iesire, nivelul apei, evacuările prin deversor și goliri de fund, modele de amestec și circulație	Debite de intrare și iesire	Suprafața și volumul lacului	Suprafața, volumul și adâncimea lacului	Granulație, conținutul apei, densitatea, compoziția pe elemente, rata de sedimentare, vârsta sedimentelor, microfosile în studii de paleolimnologie.	Lungimea, vegetația riverană, prezența speciilor, caracteristicile și compoziția malurilor.
Presiunile la care răspund EC	controlul inundațiilor, activități antropice	controlul inundațiilor, activități antropice	controlul inundațiilor, activități antropice	Variabilitate climatică, colmatare, utilizarea apei, evacuări	Colmatare	Modificări antropice, eroziune, scurgere de suprafață. Fluctuații ale nivelului apei în acumulări
Nivelul și sursele de variație a EC	Variabilitate medie	Scăzută, dar poate varia în condiții climatice extreme	Variabilitate ridicată.	În general variabilitate scăzută, variabilitate ridicată în acumulări (descărcări)	Variabilitate mare, dependența de modele de răspândire și poluarea datorită modului de dezvoltare	Variabilă
Metodologia de prelevare	Stație de măsurare a nivelului apei și limnigrafie. În teren folosind scări sau sonde submersibile cu sau fără teletransmisie	Eco-sondaje necesare pentru curbele de capacitate; curbe hipsografice	Curbe de capacitate, curbe Hipsografice. Stații de măsurare a nivelului apei.	Sonar (ecosonda), batimetru. Methodologie pentru profilul transversal cu reper de măsurare pe maluri.	Prelevatoare din mijloc și cu draga în funcție de obiectivele studiului; Se disting 3 tipuri de prelevatoare: deterministice, stocastice și sisteme după grila regulată	Profile transversale, aero-fotogrametrie, planimetrie
Frecvența de prelevare tipică	Săptămânal / lunar Orar / zilnic (acumulări)	La fiecare 5/10 ani, sau mai rar dacă nu sunt suspectate schimbări. Anual	variabil	Lacuri naturale: la fiecare 15 ani. Acumulări: variabil	Cel mult o dată pe an sau mai rar dacă nu sunt așteptate schimbări (condiții de refracție), în lacurile poluate la fiecare	La fiecare 6 ani

**Elaborarea unor modele informatice și de simulare în vederea reabilitării ecologice a lacurilor artificiale**

Perioada de relevare	Toate anotimpurile	pentru acumulări.	Toate anotimpurile, cu excepția perioadei de îngheț	Toate anotimpurile	Acumulări, primăvara începutul toamnei	3-5 ani	Variază Primăvara / Vara în perioada de creștere
Marimea "tipică" a probei sau aria de supraveghere	Apele de intrare/iesire; stații hidrometrice	Pentru întreg lacul	Pentru întreg lacul	Pentru întreg lacul	Pentru întreg lacul	Variabil, în funcție de obiectivul de studiu	Pentru întregul habitat de pe malul lacului
Baza pentru compararea rezultatelor /	Date istorice	Date istorice	Date istorice	Date istorice	Date istorice	Paleolimnologie/studii în nucleul sedimentelor	Date istorice
Există metodologie consistentă în UE	Da, după practicile din alte țări	Nu	Nu	Nu	Nu	Nu	Nu
Utilizarea curentă în programele de monitoring	Nu/da (acumulări)	Nu	Nu	Nu	Franța, Marea Britanie, Spania	Nu	Nu
Există sisteme de monitoring care înlănesc cerințele DC?	Nu	Nu	Nu	Nu	Nu	Nu	Nu
Standarde ISO/CEN	Da, referitor la ISO/TC 113, CEN/TC 318	Nu	Nu	Nu	Nu	Nu	Nu
Aplicabilitate pentru lacuri	Ridicată	Ridicată	Ridicată	Ridicată	Ridicată	Ridicată	Ridicată
Principalele avantaje	Măsurătorile hidrologice sunt esențiale pentru interpretarea datelor de calitate și pentru managementul resurselor de apă	• Hidrologia lacurilor formează baza pentru evaluarea calității apei; • Timpul de rezidență al apei în fluențază retenția nutrienților și lipsa de oxigen în corpurile de apă de adâncime, stratificate	Hidrologia lacurilor formează baza pentru evaluarea calității apei;	• Fluctuația nivelului apei are impact direct asupra vieții acvatice de pe litoral • Morfologia bazinului lacului influențează hidrodinamica și sensibilitatea la încărcările cu nutrienți	Pot fi considerate ca tahometre de mediu. Studiile paleolimnologice sunt adesea singura metoda de cunoaștere a condițiilor de referință din trecut. • Impuritățile se acumulează adesea în sedimente, conținutul este ridicat și frecvența prelevării poate fi destul de scăzută.	Indicatori pentru protecția integrității biologice	
Principalele	Consumator de timp	Consumator de timp	Consumator de timp	Consumator de timp	Hărți hidrografice	Examinările	Trebuie dezvoltată

*Elaborarea unor modele informatice și de simulare în vederea reabilitării ecologice a lacurilor artificiale*

dezavantaje	și costisitor	și costisitor	timp și costisitor	precise sunt rareori disponibile cu detalii suficiente pentru analiza ecologică chiar dacă există harti batimetrice, acestea trebuie verificate .	paleolimnologice sunt deseori relativ costisitoare și rezultatele depind de starea nemodificată a depozitelor de sedimente.	metodologie pentru a încorpora prevederile DCA
<b>Concluzii / recomandări</b>	Importanță pentru calculul bilanșului masic al apei, etc. Element de bază pentru utilizarea cu alți parametri relevanți	Importanță pentru caracterizarea și evaluarea datelor de calitate pentru lacuri.	Este relevant pentru zonele unde apele subterane constituie o parte majoră în cadrul bilanșului apei în lac. Metodologia trebuie dezvoltată în viitor.	Relevant numai unde este semnificativ dpdv ecologic. Se acordă importanță în proiectarea programelor de monitoring. Foarte important pentru acumulări. Este importantă atât măsurarea adâncimii în timp și în spațiu.	Nu se folosește în general în programele de monitoring. Procesele de schimb între sedimente și apă sunt importante în determinarea calității în multe lacuri.	Necesar pentru interpretarea parametrilor biologici (ex. macrofite, unele specii de pesti), în special pentru lacurile cu adâncime mică sau lacurile cu zona litorală de mică adâncime.



Anexa 2. Trăsături specifice parametrilor fizico-chimici, [73].

Aspect/Caracteristică	Transparență	Condiții termale	Condiții de oxigenare	Salinitate	Acidificare	Nutrienți
Măsurarea parametrilor indicativi pentru EC	Adancime, turbiditate, culoare, suspensii solide totale	Temperatură	OD, CTO, BOD, CCO COD	Conductivitate	Alcalinitate, pH, ANC	P total, SRP, N total, N-NO <sub>3</sub> , N-NO <sub>2</sub> , N-NH <sub>4</sub>
Relevanța EC	Eutrofizare, acidifiere	Cielul hidrologic, activitatea biologică	Producție, reparație, mineralizare		Capacitatea de acumulare, sensibilitate la acidifiere	Eutrofizare
Presiuni la care răspund elementele de calitate	Evacuări agricole, casnice și industriale	Evacuări termale, Managementul apei în acumulări.	Eutrofizare, poluări organice, evacuări industriale	Evacuări industriale, ape pluviale	Ploi acide, evacuări industriale	Evacuări agricole, casnice și industriale
Metodologia de prelevare	<i>In situ</i> folosind discul Secchi TSS: prelevarea probei de teren urmată de analiza în laborator Turbiditatea: <i>in situ</i> Turbidimetru, nefelometru Culoare: <i>in situ</i> comparare cu scala Forel-Uje	<i>In situ</i> folosind probe Termosor termometru cu Hg	Preluări date On-line: <i>in situ</i> probe submersibile: prelevarea probei urmată de analiza în laborator Titrare Winkler	<i>in situ</i> folosind probe submersibile	Măsurători pH <i>in situ</i> prelevarea probei urmată de analiza în laborator	Colectare probă în teren urmată de analiză în laborator
Frecvența tipică de prelevare	Lunar / trimestrial în funcție de periodicitatea de prelevare a elementului biologic. Bilunar sau lunar în timpul sezonului de creștere în tarile nordice.	Lunar / trimestrial	Depinde de caracteristicile morfologice ale lacului: Zilnic/lunar, la sfârșitul perioadei de stratificare (sfârșitul iernii sau al verii)	Lunar / trimestrial. Ar trebui măsurat în perioada topirii zăpezii sau în perioadele cu precipitații mari	Lunar / trimestrial. Ar trebui măsurat în perioada topirii zăpezii sau în perioadele cu precipitații mari	Lunar trimestrial Bilunar sau lunar în timpul sezonului de creștere în tarile nordice.

Elaborarea unor modele informatice și de simulare în vederea reabilitării ecologice a lacurilor artificiale

Perioada de prelevare din an	Toate sezonurile.	Toate sezonurile.	Toate sezonurile.	Toate sezonurile.	Toate sezonurile.	Toate sezonurile.
Marimea "tipică" a probei	Observații în-situ. Prelevări pentru analize chimice (turbiditate, TSS)	Profilul coloanei de apă	Măsurători singulare, Profilul coloanei de apă. 100mL, pentru titrare Winkler	Profilul coloanei de apă în-situ, epilimnion sau probe singulare de la conductivitate	Probe singulare de la ieșirea din lac sau profilul coloanei de apă (100-500mL)	Toate sezonurile, dar mai ales în perioadele de creștere, SRP este de asemenea măsurat la sfârșitul iernii în apele adânci
Dificultatea de prelevare / măsura	Simplu, utilizând sonde <i>in situ</i> sau probe din apele de suprafață	Simplu, utilizând sonde <i>in situ</i> sau probe din apele de suprafață	Simplu, utilizând sonde submersibile <i>in situ</i> sau colectare probe	Simplu, utilizând sonde <i>in situ</i>	Simplu	Relativ ușor, sunt necesare probe din adâncime pentru lacurile adânci
Baza de comparare a rezultatelor/calității/stațiilor	Date istorice sau date din lacuri virgine comparabile	Date istorice sau date din lacuri virgine comparabile	Date istorice sau date din lacuri virgine comparabile	Date istorice sau date din lacuri virgine comparabile	Date istorice sau date din lacuri virgine comparabile	Metode statistice: Indice MEI pentru P total. Date istorice, din lacuri virgine comparabile
Metodologie consistentă în UE?	Nu	Nu	Nu	Nu	Nu	Nu
Utilizare curentă în programele de monitoring sau pentru clasificări în cadrul UE	Da	Finlanda, Franța, Italia, Norvegia	Finlanda, Franța, Italia, Norvegia, Suedia	Finlanda, Belgia, Franța, Italia	Belgia, Finlanda, Franța, Italia, Norvegia, Suedia, UK	Germania, Spania, Finlanda, Franța, Italia, Irlanda, Olanda, Norvegia, Suedia, UK
Sisteme de monitoring existente îndeplinesc cerințele DC?	Nu	Nu	Nu	Nu	Nu	Nu
Aplicabilitate în cazul lacurilor	Largă	Largă	Largă	Moderată	Largă	Largă
Principalele avantaje	<ul style="list-style-type: none"> <li>Simplu de prelevat</li> <li>Este cel mai universal parametru utilizat în limnologie; putemic pentru</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Simplu de măsurat</li> <li>Fundamental la înțelegerea ciclului hidrologic și a ecologiei lacului</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Simplu de prelevat și măsurat</li> <li>Extrem de folositor deoarece poate funcționa ca și un</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>simplu de măsurat</li> <li>Conductivitatea este puțin influențată de către intrările antropice.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Simplu de măsurat</li> <li>Prezintă tendințe pe termen lung de acidificare</li> <li>Alcalinitatea este puțin influențată de intrările antropice .eu</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Îmurmurează în formații pe termen lung despre starea trofică</li> </ul>

**Elaborarea unor modele informatice și de simulare în vederea reabilitării ecologice a lacurilor artificiale**

<b>Principalele dezavantaje</b>	urmărirea tendințelor pe termen lung • Nu există dezavantaje	• Poate să necesite monitoring intensiv pentru descrierile corespunzătoare a condițiilor termale	integrator al sănătății lacului • Poate să necesite monitoring intensiv sau urmare a unor evenimente sau scaderea oxigenului în lacurile stratificate	• Nu fîmizează informații pe termen lung despre tendințe	excepția lacurilor acidificate sau calcarease. • Nici un dezavantaj	• E necesară standardizarea tehnicilor analitice
<b>Concluzii / recomandări</b>	Ușor de monitorizat. Discul Secchi este utilizat pe scară largă în limnologie pentru evaluarea condițiilor biologice în lacuri. În lacurile cu humus Discul Secchi nu este util pentru evaluarea eutrofizării.	Parametru de suport importanț pentru interpretarea condițiilor ecologice. Variațiile sezoniere, variabile legate de timp și variațiile locale în lacurile mari trebuie monitorizate.	Recomandat, și important pentru lacurile adânci / stratificate și lacurile acoperite cu pături de gheață.	Important pentru caracterizarea lacului. De exemplu, oferă indicații despre procesul de amestec și activitatea metabolică din lac.	Important pentru caracterizarea lacului. Aciditatea este importantă deoarece "gvermează" forma chimică de apariție a metalelor în cadrul corpurilor de apă. Alcalinitatea și variabilele sale aferente, pH-ul și conductivitatea sunt parametri de clasificare importanți	Un indicator important pentru activitatea umană / eutrofizare. N și P total, nitrați și orthophosfați ar trebui monitorizați ca un minimum. Amoniu va fi monitorizat unde concentrațiile pot fi problematice. Ex: depășiri ale valorilor limită peste o limită specifică. P este de obicei considerat nutrientul care determină producția de alge în lacuri. Nutrienții ar trebui monitorizați și în sedimente.

**Anexa 3. Lista simbolurilor utilizate la modelarea numerică a stratificării termice a apei în lacuri**

Mărime	Semnificație	Unitate de măsură
C	Nebulozitatea	%
$C_D$	Coeficient de frecare	-
$C_p$	Căldura specifică a apei	J/g <sup>0</sup> C
$C_{pa}$	Căldura specifică a aerului	J/g <sup>0</sup> C
$C_{e_s}, C_k$	Constante	
e	Presiunea parțială a vaporilor de apă	mbar
$\bar{e}$	Energia cinetică turbulentă	J
$e(U_2)$	Coeficientul de schimb de căldură	m/s
$l_b$	Scară de lungime	m
$l_e$	Lungimea caracteristică de disipație	m
$l_k$	Lungimea de amestec	m
$L(T_e)$	Căldura latentă de evaporare a apei la temperatura	J/kg
k	Coeficient ce depinde de tipul de nori	-
N	Frecvența Brunt-Väisälä.	-
$N_s(j)$	Numărul de date la pasul de timp j	-
$N_{fin}$	Numărul total al pașilor de timp	-
$N_{tot}$	Numărul total de date	-
P	Presiune	Pa
$P_{rt}$	Numărul <i>Prandl</i> turbulent	-
Q	Radiației solare	W/m <sup>2</sup>
QE	Umiditatea specifică a aerului saturat la temperatura	kg/kg
QA	Umiditatea specifică a aerului	kg/kg
Rz	Radiația primită la adâncimea z	W/m <sup>2</sup>
$R_{so}$	Radiația netă primită la suprafața apei	W/m <sup>2</sup>
T	Temperatura apei	°C
$T_a$	Temperatura absolută a aerului	°K
T	Temperatura aerului sec	°C
$T_e$	Temperatura de la suprafața apei	°C
$T_i^{mes}(j)$	Temperaturile măsurate la pasul de timp j	°C
$T_i^{cal}(j)$	Temperaturile calculate la pasul de timp j	°C
$T_0$	Temperatura de referință a apei	°C
$U_{10}$	Viteza vântului la 10m deasupra apei	m/s

$U_c$	Viteza apei în stratul limită de la suprafață	m/s
$u, v, w$	Viteze instantanee	m/s
$z_{surf}$	Cota suprafeței	m
$z_{SD}$	Adâncimea de dispariție a discurilor Secchi	m
$\beta$	% din undele scurte care se opresc pe 1 m	%
$\lambda$	Conductivitatea termică	W/m <sup>0</sup> C
$\rho$	Densitate apei	kg/m <sup>3</sup>
$\rho_a$	Densitate aerului	kg/m <sup>3</sup>
$\eta$	Coefficient de extincție al luminii	1/m
$\varepsilon_a$	Emisivitatea aerului	-
$\sigma$	Constanta lui <i>Stefan-Boltzmann</i>	W/m <sup>2</sup> °K <sup>4</sup>
$\sigma_{don}$	don Ecartul tip pentru datele disponibile	-
$\mu$	Vâscozitate dinamică	kg/ms

## Anexa 4. Valorile variabilelor modelului biochimic, [16].

Mărime	Semnificație	Unitate de măsură
[FR]	Concentrația de <i>Fragilaria crotonensis</i>	mgC/l
[Anm]	Concentrația de <i>Anabaena macrospora</i>	mgC/l
[Anf]	Concentrația de <i>Anabaena flos-aquae</i>	mgC/l
[FRS]	Concentrația de fosfor reactiv solubil	mgPO <sub>4</sub> /l
[FO]	Concentrația de fosfor organic	mgP/l
[NO <sub>3</sub> ]	Concentrația de azotați	mgNO <sub>3</sub> /l
ProdFr	Producția primară de <i>Fragilaria crotonensis</i>	mgC/l zi
ProdAnm	Producția primară de <i>Anabaena macrospora</i>	mgC/l zi
ProdAnf	Producția primară de <i>Anabaena flos-aquae</i>	mgC/l zi
PertesFr	Rata pierderilor pentru <i>Fragilaria crotonensis</i>	mgC/l zi
PertesAnm	Rata pierderilor pentru <i>Anabaena macrospora</i>	mgC/l zi
PertesAnf	Rata pierderilor pentru <i>Anabaena flos-aquae</i>	mgC/l zi
BroutFr	Rata de prădare pentru <i>Fragilaria crotonensis</i>	mgC/l zi
BroutAnm	Rata de prădare pentru <i>Anabaena macrospora</i>	mgC/l zi
BroutAnf	Rata de prădare pentru <i>Anabaena flos-aquae</i>	mgC/l zi
SedFr	Rata de sedimentare <i>Fragilaria crotonensis</i>	mgC/l zi
T	Temperatura	°C
I	Intensitatea luminoasă	W/m <sup>2</sup>
fFr(T)	Influența temperaturii asupra ratei de creștere a Fr.	1/zi
fAnm(T)	Influența temperaturii asupra ratei de creștere a Anm.	1/zi
fAnf(T)	Influența temperaturii asupra ratei de creștere a Anf.	1/zi
fFr(I)	Influența intensității luminii asupra ratei de creștere a Fr.	1/zi
fAnm(I)	Influența intensității luminii asupra ratei de creștere a Anm	1/zi
fAnf(I)	Influența intensității luminii asupra ratei de creștere a Anf	1/zi
I <sub>opt</sub> <sup>Fr</sup>	Intensitatea optimă de creștere a <i>Fragilariei crotonensis</i>	W/m <sup>2</sup>
I <sub>opt</sub> <sup>Anm</sup>	Intensitatea optimă de creștere a <i>Anabaena macrospora</i>	W/m <sup>2</sup>
I <sub>opt</sub> <sup>anf</sup>	Intensitatea optimă de creștere a <i>Anabaena flos-aquae</i>	W/m <sup>2</sup>
i	Indicele ce se referă la stratul de apă	
j	Indicele ce se referă la specia fitoplanctonică considerată	

**Anexa 5. Valorile parametrilor modelului biologic, [16].**

Constanta	Semnificație	Valoare
$K_P^{Fr}$	Constanta de demisaturație pt. consumul de FRS pt. Fr.	0.0009165 mg PO <sub>4</sub> /l
$K_P^{Anm}$	Constanta de demisaturație pt. consumul de FRS pt. Anm.	0.03 mg PO <sub>4</sub> /l
$K_P^{Anf}$	Constanta de demisaturație pt. consumul de FRS pt. Anf.	0.010 mg PO <sub>4</sub> /l
$K_N^{Fr}$	Constanta de demisaturație pt. consumul de azotați pt. Fr.	0.007 mg NO <sub>3</sub> /l
$V_{s0}$	Constanta de calibrare	0,10 m/zi.
$C_1$	Constanta de calibrare	$3 \cdot 10^{-3} \text{ l}^\circ\text{K zi}$
$C_2$	Constanta de calibrare	$7,5 \text{ m}^3/\text{K kgC zi}$
$C_3$	Constanta de calibrare	$1,5 \cdot 10^{-3} \text{ l}^\circ\text{K zi}$
$C_4$	Constanta de calibrare	kg PO <sub>4</sub> /°K kgC zi
$C_5$	Constanta de calibrare	$5 \cdot 10^{-3} \text{ l}^\circ\text{K zi}$
$C_6$	Constanta de calibrare	kg PO <sub>4</sub> /°K kgC zi
$C_{11}$	Constanta de calibrare	0,08 sau 0,0 l/ zi
$C_{12}$	Constanta de calibrare	0,08 sau 0,0 l/ zi
Selec( <i>Fr</i> )	Factorul de selecție al prăzii pentru <i>Fragilaria crotonensis</i>	1,0 pt. [Fr]<200 μg/l 0,0 pt. [Fr]>200 μg/l
Selec( <i>Anm</i> )	Factorul de selecție al prăzii pentru <i>Anabaena macrospora</i>	0,1
Selec( <i>Anf</i> )	Factorul de selecție al prăzii pentru <i>Anabaena flos-aquae</i>	0,3
Seuil	Limita concentrației algale sub care prădarea este nulă	15 μg C/l
hkz	Coeficientul de demi-saturație	15 μg C/l
$T_M$	Temperatura maximă peste care prădarea este nulă	36 °C
$T_{opt}$	Temperatura optimă pentru prădarea	26 °C
$\alpha$	Parametru de calibrare	0,3

### Anexa 6. Volumul acumulat și suprafața luciului de apă funcție de nivelul apei din lac,[72]

Cotă lac	Volum lac	Suprafața luciului apei	Nivele caracteristice
(md MB)	(mil.mc)	(ha)	
175,00	0,140	8	NME
176,00	0,225	15	NME
177,00	0,435	21	NME
178,00	0,690	30	NME
179,00	1,040	40	NME
180,00	1,500	52	N.M.E
181,00	2,100	68	N.M.E
182,00	2,870	86	N.M.E
183,00	3,840	108	N.M.E
184,00	5,040	132	N.M.E
185,00	6,480	156	N.M.E
186,00	8,175	183	N.M.E
187,00	10,115	205	N.M.E
188,00	12,330	238	N.N.R
189,00,	14,860	268	N.N.R
190,00	17,685	297	N.N.R
191,00	21,147	327	N.N.R
192,00	24,225	357	N.N.R
193,00	27,945	387	N.N.R
193,50	29,955	405	N.N.R
193,85	31,362	412	N.N.R
194,00	31,965	417	N.N.R
195,00	36,290	448	N.N.R
195,81	40,040	472	Asig. 0,1%
196,00	40,920	478	Asig. 0,1%
196,66	44,174	498	Asig. 0,01%
197,00	45,850	508	Asig. 0,01%
198,00	51,080	538	Asig. 0,01%
199,00	56,615	569	Asig. 0,01%
200,00	62,480	600	Asig. 0,01%



## **Anexa 7. Amplasarea în mediu a acumulării Surduc**



**Barajul acumulării Surduc**



**Vedere panoramică a barajului**



**Vedere spre lac**

## Divizarea în subzone a zonei turistice a acumulării Surduc



Zona A



Zona A



Zona B



Zona B



Zona C



Zona C



**Zona D**



**Zona D**



**Zona E**



**Zona E**



**Zona F**



**Zona F**



**Zona G-Mâtnicu Mic**



**Zona G- Coadă lacului**



**Zona H**

**Zona H- Coadă lacului**



**Zona I**



**Zona I**