

## CONSIDERAȚII ASUPRA STRATURILOR INFORMAȚIONALE ALE UNUI GIS DESTINAT CONTROLULUI CALITĂȚII APELOR DE SUPRAFAȚĂ ÎNTR-UN BAZIN HIDROGRAFIC

Nicolae Popovici\*, Gabriela Biali\*, Camelia Pascariu\*

### Résumé

*On présente des considérations générales sur les systèmes d'informations pour l'administration des eaux et on détaille les possibilités de la conception d'un system spatial / géographique de surveiller de la qualité des eaux de surface dans un bassin hydrographique.*

### 1. Introducere

Obiectivul principal al cercetărilor prezentate în lucrarea de față în constituie conceperea unui sistem Informațional Spațial / Geografic de gestiune a bazelor de date localizate, într-un bazin hidrografic.

Sistemul va permite realizarea unui monitoring integrat a resurselor de apă și factorilor ce le influențează, furnizarea în timp real de informații utile organelor de decizie în managementul apelor.

Regimul natural al resurselor de apă în marea majoritate a cazurilor nu este în concordanță cu cerințele folosințelor. Drept urmare este necesară introducerea unei conexiuni inverse (sau reglări) pentru a permite controlarea și comandarea ieșirilor sistemului.

Reglarea constituie centrul de comandă și control care în practică se realizează de organele de gospodărirea apelor prin lucrări specifice cum sunt: lacurile de acumulare, derivațiile, îndiguirile etc.

Sistemul de gospodărirea apelor este un sistem cu conexiune inversă, fiind compus din subsistemul hidrologic și subsistemul care cuprinde lucrările de gospodărirea apelor.

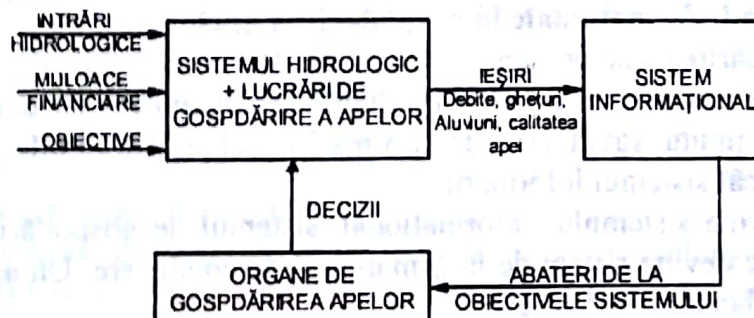


Figura 1. Sistemul de gospodărirea apelor [2]

\*Universitatea Tehnică „Gh. Asachi” Iași

Lucrările de gospodărire a apelor au ca efect redistribuirea în timp și în spațiu a scurgerilor hidrologice și ca scop: satisfacerea folosințelor cu apă (gospodărire a apelor medii și mici); apărarea împotriva inundațiilor (gospodărire a apelor mari) și protecția calității apelor.

Primele două aspecte reprezintă gospodărire cantitativă a apelor, iar ultimul gospodărire calitativă a apelor. Trebuie remarcat faptul că problemele calitative nu pot fi separate de cele cantitative. În același timp se poate constata că resursele de apă de pe un anumit teritoriu sunt unice, iar împărțirea lor în resurse de suprafață și subterane este arbitrară.

În practică un sistem de gospodărire a apelor este abordat pe subsisteme, deoarece este imposibil de modelat întregul sistem în ansamblu datorită complexității lui și datorită faptului că specialiștii implicați în folosirea resurselor de apă au o pregătire profesională diversă (hidrologi, hidrotehnicieni, hidro-energeticieni, agronomi, chimiști, biologi etc).

Soluția utilizată în practică constă în abordarea în paralel sau în serie a diferitelor subsisteme, restul subsistemelor intervenind ca anumite restricții suplimentare. Aplicarea acestei soluții este posibilă deoarece legăturile dintre unele subsisteme sunt slabe permițându-le astfel să fie tratate separat (exemplu: problemele legate de gospodărire calitativă a apelor sau gospodărire a apelor subterane se pot analiza independent de cele de gospodărire a apelor mari pentru apărarea împotriva inundațiilor a unor obiective). În alte situații acest lucru nu este posibil (exemplu: problema debitelor minime și problema calității apei) și drept urmare o examinare independentă a unor astfel de subsisteme ar conduce la soluții neoptimale ale întregului sistem.

Sistemele de gospodărire a apelor sunt sisteme cu scopuri multiple (satisfacerea cerințelor folosințelor, combaterea efectelor dăunătoare ale undelor de viitură, protecția calității apelor etc) și în același timp sisteme cu folosință complexă care asigură apa la mai multe categorii de folosințe (industrie, populație, agricultură, piscicultură, hidroenergetică, transport de apă, agrement etc).

## 2. Sisteme Informaționale în gospodărire a apelor

În gospodărire a apelor pentru a fundamenta corect deciziile un rol foarte important îl joacă sistemul informatic (prelucrarea structurilor de date) și sistemul informațional (conținutul structurilor de informații). Deci sistemul informațional are o sferă mai largă decât sistemul informatic.

Prin prezența sistemului informațional, sistemul de gospodărire a apelor, ca orice sistem tehnic devine sistem de informatică și de conducere. Un astfel de sistem este reprezentat schematic în figura 2.

În gospodărire a apelor, sistemul informatic furnizează elemente privind datele hidro-meteorologice (temperaturi, precipitații, debite în regim natural etc) cât și despre

unele caracteristici ale lucrărilor de gospodărire a apelor (niveluri, volume din lacuri de acumulare etc). Organele de gospodărire a apelor iau decizii în acest domeniu. Partea de sistem informațional referitoare la informațiile strict hidro-meteorologice, respectiv la lucrările de gospodărire a apelor este concentrată în Institutele centrale de specialitate.

Un aspect specific al activității de gospodărire a apelor îl constituie numărul foarte mare de date de bază, care trebuie prelevate, prelucrate și stocate în vederea altor prelucrări ulterioare. Pentru a se extrage informațiile din date trebuie efectuat un ansamblu de operații care se grupează în activitatea complexă denumită *prelucrarea datelor*. Trebuie avut în vedere faptul că informația este conținută în datele de bază, rolul prelucrării datelor fiind numai cel de a pune în evidență această informație. *Nici un sistem de prelucrare a datelor, oricât de perfecționat ar fi, nu poate duce la generarea unei cantități de informație care nu este conținută în datele de bază.*

Pe de altă parte însă, o prelucrare inadecvată a datelor poate să nu pună în evidență întreaga cantitate de informație cuprinsă în aceste date și astfel duce la luarea unor decizii în condițiile de necunoaștere a tuturor elementelor utile fundamentării deciziilor respective.

Prelucrarea datelor în cadrul unor sisteme integrate implică trecerea la echipamente și utilaje perfecționate de prelucrare a datelor, și în același timp, organizarea în vederea acestei prelucrări a *fluxului informațional*. Prin flux informațional se înțeleg legăturile de transmitere a informațiilor dintre diferitele compartimente, etapele de prelucrare a informațiilor, nivelurile de decizie, legăturile de transmitere a dispozițiilor de executare a deciziilor și legăturile de comunicări a efectuării operațiilor decise.

Fluxuri informaționale există și în cadrul unei activități organizate cu sisteme individuale de prelucrare a informațiilor; sisteme integrate permit însă luarea foarte rapidă și corectă a deciziilor tocmai datorită faptului că transmit foarte repede organelor de decizie *totalitatea* informațiilor care trebuie să fundamenteze deciziile și că elimină fluxurile precare de informații care caracterizează sistemele individuale. Astfel de exemplu un sistem integrat de prelucrare a datelor poate preleva informații cu privire la situația apelor mari pe într-un bazin, prelucra aceste informații și transmite în mod automat dispozițiile optime de manevrarea vanelor și stavilelor diferitelor baraje, astfel încât, pagubele cauzate de inundații să fie diminuate în măsura cea mai mare posibilă. În asemenea situații, operativitatea conducerii realizată de un sistem integrat poate fi esențială.

Un avantaj al sistemelor integrate îl constituie faptul că evidențele ținute într-un scop pot servi mai multor scopuri. De exemplu, în activitatea de gospodărire a apelor s-ar putea ține o singură evidență a folosințelor care să fie utilizată pentru situațiile cadastrale, pentru acțiunile de reglementare a folosințelor pentru acțiunile de protecție a calității apelor și pentru facturarea prelevărilor și restituțiilor.

### 3. Conceperea sistemelor informaționale în domeniul enunțat

Se consideră uneori că asemenea sisteme informaționale pot fi concepute în mod abstract, cu o valabilitate relativ universală. În realitate, sistemele informaționale

sunt adaptate unei structuri organizatorice și nu pot fi transpuse, decât cu transformări, unei structuri organizatorice diferite. Punctul de plecare în conceperea unui sistem informațional îl constituie schema structurii respective în care s-au evidențiat, atât relațiile de subordonare (reprezentate de obicei prin linii pline), cât și relațiile de consultare (reprezentate de obicei prin linii întrerupte).

Pe baza analizei structurii organizatorice se poate stabili care sunt unitățile care trebuie să furnizeze anumite informații și cui trebuie să la furnizeze. Această etapă se numește *studiul fluxului informațional*.

În figură este indicat un exemplu de flux informațional pentru un sistem de exploatare de gospodărire a apelor.

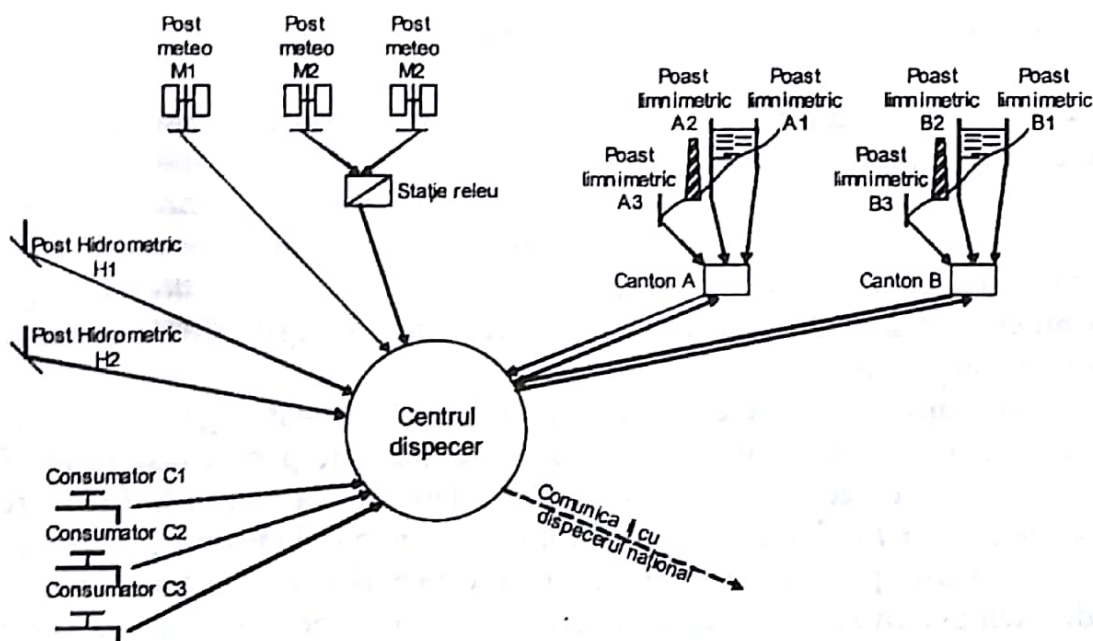


Figura 2. Exemplu de schemă de flux informațional în cadrul unui sistem de gospodărire a apelor [4]

Pe baza schemei de flux informațional se trece la o analiză profundă a volumului de prelucrări de date care trebuie efectuate de diferite subunități, precum și a operativității necesare a acestor prelucrări. Această analiză permite trecerea la alegerea tipului de echipament necesar.

### 4. Elaborarea arhitecturii Sistemului Informațional Spațial / Geografic de monitoring al calității apelor

#### 4.1. Descrierea detaliată a straturilor informaționale oferite de sistem

Pentru a facilita stabilirea diferitelor locuri de prelevare a probelor de apă din rețeaua hidrografică, sistemul va furniza utilizatorilor diferite straturi informaționale combinate sau independente, după obiectivele și scopul prelevărilor. Aceste straturi informaționale sunt următoarele:

- *Limitele administrative ale bazinului hidrografic.*

Motivul includerii informației: limitele administrative ale bazinului hidrografic indică suprafața care intră în responsabilitatea laboratorului de analize.

Sursa informației: plan de ansamblu al bazinului hidrografic.

- *Limitele administrative ale comunelor din cadrul bazinului hidrografic.*

Motivul includerii informației: limitele comunale precizează „tronsonarea” rețelei hidrografice prin raportare la diferitele comune.

Sursa informației: plan de ansamblu al bazinului hidrografic; delimitarea comunelor și numărul de locuitori;

- *Rețeaua hidrografică (pârâie și râuri).*

Motivul includerii informației: reprezentarea și localizarea rețelei hidrografice pe teritoriul bazinului hidrografic.

Sursa informației: plan de ansamblu al bazinului hidrografic.

- *Localizarea industriilor cu specificarea dacă au sau nu stații de epurare a apelor uzate sau stații de preepurare.*

Motivul includerii informației: sursa potențială de poluare.

Notă: ne referim la punctul de evacuare în rețeaua hidrografică.

Fiecare stație de epurare este caracterizată prin numărul său, numele său, echipamentul de care dispune, localizarea sa, punctul de deversare și debitul de scurgere, precum și de analizele fizico – chimice efectuate înainte de deversarea în emisar.

Fiecare industrie este caracterizată printr-un număr, un nume, tipul activității, punctul de evacuare, debitul scurgerii, produsul fabricat.

Sursa informației: Direcția Apelor și Agenția pentru Protecția Mediului.

Motivul includerii informației: localizarea surselor potențiale de poluare.

Sursa informației: harta folosințelor.

Notă: posibilitatea de a prezenta informații separate: de exemplu, doar pădurile.

- *Rețelele rutieră, feroviară, pietonală.*

Motivul includerii informației: localizarea rețelelor de transport determină accesibilitatea la locurile riverane – fluviale și facilitează instalarea aparaturii necesare prelevării probelor.

Sursa informației: harta de ansamblu a bazinului hidrografic cu distribuția căilor de comunicație.

- *Punctele de prelevare*

Fiecare punct de prelevare este caracterizat printr-un număr, un nume și o adresă a utilizatorului, tipul de folosință și debitul prelevat.

Motivul includerii informației: localizarea utilizatorilor rețelei.

Sursa informației: Direcția Apelor și Agenția pentru Protecția Mediului.

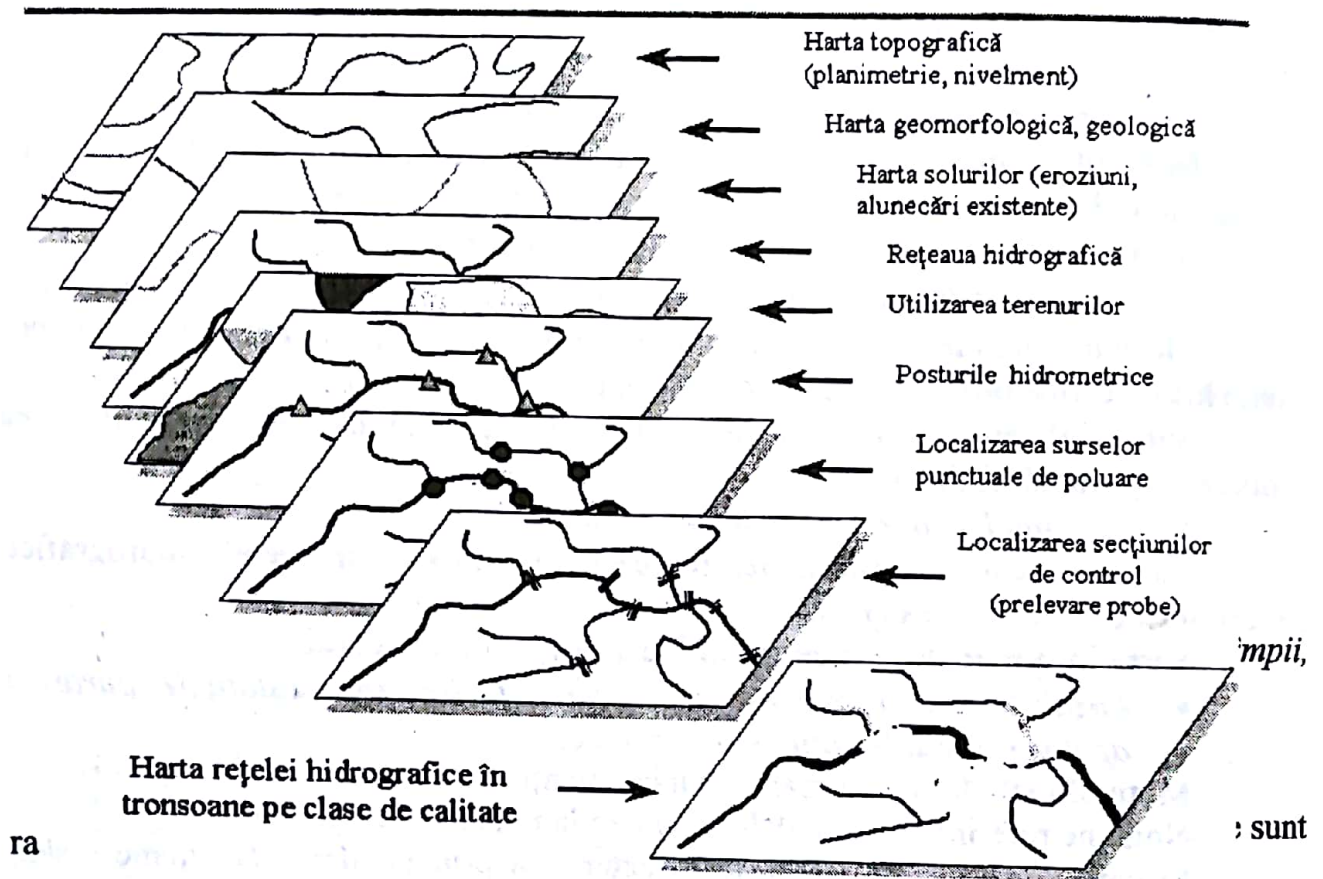


Fig.3 – Stratificarea unor date georeferențiate într-un proiect GIS pentru obținerea tronșoanelor de calitate pe cursurile de apă

- **Locuri ecologice, arii protejate, rezervații naturale.**

Fiecare loc este caracterizat prin numele său, tipul, limitele și suprafața.

Motivul includerii informației: loc. zonelor care necesită o protecție deosebită.

Sursa informației: Direcția Apelor și Agenția pentru Protecția Mediului.

(Legea ariilor protejate, Legea nr. 5 a M.A.P.M.)

- **Locuri de pescuit**

Fiecare loc este caracterizat printr-un număr, și speciile de pești reprezentate.

Motivul includerii informației: loc. zonelor care necesită o protecție deosebită.

Sursa informației: Direcția Apelor și Agenția pentru Protecția Mediului,

Direcția Silvică (Serviciul pădurilor și al faunei).

- **Construcții hidrotehnice, canalizări, regularizări de albie, poduri.**

Fiecare construcție hidrotehnică este caracterizată de tipul său, un număr și trăsăturile tehnice.

Motivul includerii informației: eventuala schimbare a calității apelor.

Sursa informației: Direcția Apelor și Agenția pentru Protecția Mediului.

- *Curbe de nivel și pante*

Specificăm că, plecând de la aceste straturi de informații, putem determina limita bazinului hidrografic și rețeaua hidrografică.

Motivul includerii informației: cuantificarea influenței surselor difuze din rețea.

Sursa informației: harta de ansamblu a bazinului hidrografic.

- *Stații hidrometrice (măsurarea debitului).*

Este evident că, înregistrarea stațiilor hidrometrice, necesită în prealabil prezența rețelei hidrografice. Fiecare stație hidrometrică este caracterizată printr-un număr, echipamentul său și parametri măsurați.

Motivul includerii informației: înregistrarea debitelor.

Sursa informației: harta de ansamblu a bazinului hidrografic.

Utilizatorul poate combina straturile informaționale după nevoile sale. Dacă de exemplu, vrea să verifice accesibilitatea unui loc ales, atunci el face să apară doar rețeaua hidrografică și rețelele rutiere (șosele europene, naționale, comunale etc.) și feroviare. Dacă de exemplu, în cadrul unui program de cercetare a poluării, utilizatorul vrea să verifice toate locurile de evacuare el alege straturile „rețea hidrografică” și „puncte de evacuare”. O descriere mai detaliată a funcționării sistemului va fi prezentată mai departe.

Sistemul Informațional Geografic constituie o bază de cunoștințe care poate fi exploatată prin intermediul unui număr nelimitat de combinații. Capacitățile sale justifică titlul de „instrument care să ajute la luarea unei decizii”.

#### **4.2. Modelarea datelor**

În cadrul Sistemelor Informaționale Geografice (SIG) este necesară o formalizare largă, care să ne permită reprezentarea tuturor entităților, ca și modalitățile în care sunt localizate, definite geometric și inter – relaționate spațial. Pentru a realiza aceasta, am utilizat două tehnici suplimentare de reprezentare a conținerii modelelor de date care au fost utilizate în momentul formalizării individuale. Acestea sunt: tehnica substituiri sub – modelelor și tehnica generalizării.

##### **4.2.1. Tehnica substituiri de sub – modele**

Această tehnică utilizează un ansamblu de pictograme, cu rol de a înlocui relațiile pentru entitățile spațiale ale bazei de date și entitățile geometrice ce descriu forma lor cartografică (puncte, linii, poligoane).

„Tehnica substituiri de sub – modele este concepută pentru a facilita constituirea, verificarea, modificarea și analiza schemei conceptuale” (Pantazis D.).

Regula principală a acestei tehnici se enunță astfel: „dacă o entitate are o descriere geometrică, descrierea geometrică originală este reprezentată printr-o pictogramă plasată în stânga numelui entității.”( Pantazis D.).

#### 4.2.2. Tehnica generalizării

Generalizarea ne permite să creăm grupe semnificative de entități care au caracteristici comune. Cele patru reguli ale generalizării (după F. Paquette) sunt:

- *prima regulă a generalizării*

Un grup logic de entități având unul sau mai multe atribute comune, cu același domeniu de valori posibile, poate constitui o super - entitate. Indirect putem spune că: două atribute al căror domeniu de valori posibile este distinct, sunt considerate ca diferite și trebuie să aibă nume diferite, toate sub - entitățile prezintă, în plus față de atributele lor proprii, super - atribute, adică atributele super - entității de care aparțin.

- *a II a regulă a generalizării*

O super - entitate poate avea doar relații care sunt comune tuturor sub - entităților, când o astfel de relație există, toate entitățile sunt legate logic (nu grafic) de această relație. Când o relație nu este comună ea rămâne la nivelul sub - entităților. Această regulă arată indirect că o sub - entitate are toate relațiile super - entităților sale.

- *a III a regulă a generalizării*

Descrierea geometrică a super - entității este dedusă din geometria sub - entităților. Dacă toate sub - entitățile care constituie super - entitatea sunt cartografice (adică cu referință spațială) și de același tip (punct, linie, poligon) atunci super - entitatea moștenește această descriere geometrică și devine singura entitate care afișează pictograma substituirii sub - modelelor. Sub - entitățile împart această pictogramă cu super - entitatea. În cazul în care sub - entitățile sunt de tip diferit, fiecare păstrează propria pictogramă și super - entitatea o afișează pe a sa.

- *a IV a regulă a generalizării*

O super - entitate poate fi de asemenea generalizată.

#### 4.2.3. Păstrarea integrității modelului conceptual de date

Păstrarea integrității se realizează prin reguli cunoscute, care definesc, etapele posibile ale bazei de date și care nu pot fi descrise și exprimate prin conceptele modelului (adică prin diagrama modelului conceptual de date sau prin diagrama modelului de tratare a acestor date). Dacă valorile ocurențelor din baza de date nu respectă aceste reguli, baza de date este incorectă. Păstrarea integrității, de cele mai multe ori, limitează valorile posibile ale unui atribut la anumite valori ale domeniului subiacent.

Păstrarea integrității se face prin următoarele reguli:

- termenul „rețea hidrografică” pe care noi l-am utilizat acoperă toate brațele unui râu;



- un „tronson” este secțiunea între două noduri ale rețelei, iar un nod este punctul comun a două sau mai multe tronsoane;
- pentru a compara rezultatul măsurătorilor cu STAS – urile, trebuie ca parametrul măsurat să fie inclus în norme;
- pentru a putea detecta agentul poluant, trebuie ca el să fie descris după STAS – urile date de cadrul legislativ de funcționare a sistemului;

#### **4.4. Construirea modelului conceptual de date**

Anumite obiecte ale lumii reale, nu pot fi reprezentate de un singur nivel de model de date, de unde importanța folosirii mai multor etape intermediare înainte de a trece la programarea (structurarea fizică) a bazei de date.

Modelul nostru descrie datele necesare la alegerea locurilor de prelevare a probelor. El cuprinde toate entitățile care trebuie incluse în baza de date, atributele lor și relațiile dintre ele. Acest lucru este independent de Sistemul de Gestiune a Bazei de Date (SGBD) și de Sistemul Informațional Geografic (GIS) utilizate. Este ușor de înțeles de către angajații laboratoarelor, fără a fi necesar să se apeleze la specialiști în informatică și prin urmare constituie pentru realizator un instrument de dialog și colaborare cu viitorii utilizatori ai sistemului.

Această schemă va fi transformată în model logic de date, care la rândul său se va transforma în model fizic în funcție de Sistemul de Gestiune a Bazei de Date (SGBD) și de Sistemul Informațional Geografic (GIS) ales de utilizator.

Pentru construcția acestei scheme se urmează următorii pași:

- alegerea entităților geografice luate în considerare;
- aplicarea tehnicii de substituire a sub – modelelor;
- alegerea entităților alfa numerice luate în considerare;
- stabilirea tuturor relațiilor între toate entitățile alese;
- determinarea atributelor entităților;
- aplicarea regulilor de generalizare;
- stabilirea regulilor de păstrare a integrității.

#### **5. Concluzii**

5.1. În contextul celor de mai sus, considerăm că aplicarea tehnicii Sistemelor Informaționale Geografice în scopul enunțat permite realizarea inclusiv a unui monitoring ecologic integrat, prin care organele abilitate pot supraveghea permanent resursele de apă dintr-un bazin hidrografic, în general a factorilor de mediu și a impactului antropic, bazat pe parametrii și indici de acoperire spațială și temporală, care asigură în „timp real” cadrul informațional necesar strategiei și tacticii de prevenire a consecințelor negative a acestora asupra calității apelor, de elaborare a prognozelor și exercitarea controlului operativ asupra măsurilor de redresare a situației ecologice.

5.2. Cercetările presupun conceperea arhitecturii generale a unui sistem de tip G.I.S. pentru monitorizarea calității apelor de suprafață și implementarea lui concretă într-un bazin hidrografic.

5.3. Pentru aceasta se propun a se parcurge următoarele faze:

- consultarea unor surse documentare specifice, aflate în posesia unor organisme specializate: de gospodărire a apelor; cadastru și geodezie; pedologie și agro-chimie; administrație locală etc.;
- elaborarea arhitecturii sistemului informațional de tip S.I.G.;
- investigații în teren;
- analize de laborator;
- constituirea bazelor de date (de tip grafic și respectiv descriptiv); modelarea (prin tehnica „overlay”); analiza și interpretarea rezultatelor.

Vom putea observa evoluția calității cursurilor de apă din reprezentarea în format G.I.S. a tronsoanelor de calitate a cursurilor de apă considerate.

Baza de date astfel formată, permite vizualizarea acelor tronsoane ce necesită o atenție sporită, pentru reabilitarea acestora, și atingerea obiectivelor propuse de Directiva Cadru a Apei 2000/60/EC.

### Bibliografie

1. Caloz R., (1992) – Systeme d’information géographique (Notes de cours), Ecole Polytechnique de Lausanne.
2. Caprara C., Pavanelli D., (1995) – Metodologie GIS nel l’analisi del dissesto di bacine campione del l’Ampennino modenese. Genio Rurale, nr. 11.
3. Furst J., (1998) – Anwendung von Geographischen Information Systemen in Hydrologic und Wassrwirtschaft . Univ. Wien GmbH.
4. Giurma I., (2000) – Sisteme de gospodărire a apelor, partea I, Ed. Cermi, Iași.
5. Meyjerink A. M. J. și colab. (1994) – Introduction to the use of geographic Information Systems for practical hydrology. International Institute for Aerospace Sciences (I.T.C.) Neterlandes Publication UNESCO, no. 23.
6. Morariu N., Popovici N., Ungureanu R., Sainiuc I., Teodorescu T., Zamfirescu C., (1998) – Sistem Informațional Geografic (SIG) pentru monitorizarea zonelor expuse inundațiilor. Produse software pentru reprezentarea digitală și monitorizare, Rv. Hidrotehnica, nr. 10, București.
7. Popovici N., Biali G., (2000) – Sisteme geoinformaționale. Principii generale și aplicații, Ed. Gh. Asachi, Iași.
8. Șerban P., (1997) – Monitoringul integrat al apelor. Rv. Hidrotehnica, nr. 10 – 12, București.
9. Teodorescu I., Filotti A., Chiriac V., Ceașescu V., Florescu A., (1973) – Gospodărire a apelor, Ed. Ceres, București.
10. Zlate – Podani I. (1998) – Modelarea proceselor hidrologice la microscară. Teză de doctorat Univ. Tehnică de Construcții București.