

**UNIVERSITATEA TEHNICĂ DE CONSTRUCȚII BUCUREȘTI
CATEDRA DE CONSTRUCȚII HIDROTEHNICE**

CONTRACT Nr. 437 / 22.12.2009

**GID PRIVIND ECHIPAREA CONSTRUCȚIILOR
HIDROTEHNICE DE RETENȚIE CU APARATURĂ
DE MĂSURĂ ȘI CONTROL**

FAZA 1



BUCUREȘTI, IULIE 2010

**UNIVERSITATEA TEHNICĂ DE CONSTRUCȚII BUCUREȘTI
CATEDRA DE CONSTRUCȚII HIDROTEHNICE**

CONTRACT Nr. 437 / 22.12.2009

**GID PRIVIND ECHIPAREA CONSTRUCȚIILOR
HIDROTEHNICE DE RETENȚIE CU APARATURĂ
DE MĂSURĂ ȘI CONTROL**

FAZA 1

RECTOR

Prof.univ.dr.ing. Iohan NEUNER

ȘEF CATEDRĂ

Prof.univ.dr.ing. Dan STEMATIU

RESPONSABIL CONTRACT Prof.univ.dr.ing. Adrian POPOVICI

BUCUREȘTI, IULIE 2010

GHID PRIVIND ECHIPAREA CONSTRUCȚIILOR HIDROTEHNICE CU APARATURĂ DE MĂSURĂ ȘI CONTROL

CUPRINS

1. Principii de echipare cu AMC

- 1.1 Importanța supravegherii comportării construcțiilor hidrotehnice de retenție
- 1.2 Parametri monitorizați și aparatură specifică pentru barajele de beton și din umpluturi

2. Condiții obligatorii pentru sistemul de monitorizare

- 2.1 Elemente generale
- 2.2 Exemplificare cu echiparea unui baraj de beton
- 2.3 Exemplificare cu echiparea unui baraj din umpluturi
- 2.4 Prelucrarea primară operativă a măsurătorilor. Modele de comportament pentru diagnosticarea stării de siguranță a construcției.

3. Proiectul de urmărire specială

- 3.1 Frecvența măsurătorilor
- 3.2 Conținutul rapoartelor anuale și de sinteză privind comportarea lucrării

4. Modele de comportament

- 4.1 Elemente generale
- 4.2 Modele deterministe
- 4.3 Modele statistice
- 4.4 Modele bazate pe rețele neuronale
- 4.5 Alte modele

5. Fluxul informațional

6. Terminologie

Bibliografie

1. PRINCIPII DE ECHIPARE CU AMC

1.1 Importanța supravegherii construcțiilor hidrotehnice de retenție

Barajele sunt construcții cu durată de viață foarte lungă, pe lângă faptul că realizarea lor necesită investiții importante. Supravegherea comportării lor în timpul construcției, la prima punere sub sarcină și pe toată durata exploatarei reprezintă garanția siguranței lor și a prevenirii unor accidente care pot deveni catastrofe [1]

Datele obținute din supravegherea barajelor permit luarea deciziilor de declanșare a lucrărilor de întreținere curentă la cele mai bune momente de timp. Ele permit de asemenea de a cunoaște din faze de debut eventuale fenomene atipice de comportare și de a lua măsuri în consecință înainte ca asemenea fenomene să devină periculoase pentru siguranța construcției.

Supravegherea comportării barajelor se realizează prin inspecții vizuale efectuate de personal calificat și interpretarea datelor obținute din monitorizarea comportării cu aparatură de măsură a unor parametri relevanți. În stadiul actual există în general opinia că un sistem de monitorizare oricât de complet și sofisticat ar fi, el nu poate înlocui o inspecție vizuală directă. Unele dintre cele mai periculoase evenimente cum sunt deformații locale, fisuri, infiltrații concentrate, pete umede nu pot fi detectate cu instrumentele de măsură. Dar odată ce o anomalie a fost detectată prin inspecțiile vizuale prin sistemul de monitorizare, evoluția ei va putea fi urmărită și interpretată pe baza datelor furnizate de sistemul de monitorizare.

Siguranța barajelor a fost în permanență în atenția comisiilor specializate din cadrul ICOLD. De-a lungul timpului au fost realizate mai multe statistici asupra incidentelor sau cedărilor de baraje, investigându-se în mod special cauzele care le-au provocat și rata cedărilor în funcție de tipul, vârsta, înălțimea sau numărul total de baraje.

Aceste cercetări având ca obiectiv final reducerea numărului de incidente și cedări de baraje sunt pe deplin justificate dacă se are în vedere că cedarea unui baraj poate provoca pagube materiale depășind de zeci de ori costul lucrării și ceea ce este și mai grav, multe victime omenești. Progresele realizate în concepțiile de proiectare și tehnologiile de execuție, în supravegherea comportării în exploatare au condus în mod constant în timp la scăderea ratei incidentelor și cedărilor de baraje. În paralel s-au dezvoltat sisteme de alarmare în caz de pericol pentru populația din aval de baraje, care și-au dovedit în mai multe ocazii din trecut utilitatea și sunt în curs de implementare sisteme de asigurare a barajelor pentru situații neprevăzute [2],[3],[4],[5],[6],[7],[8],[9].

Comisia ICOLD pentru interpretarea statistică a cedărilor de baraje a redefinit și terminologia din domeniu în vederea aplicării ei unitare în toate țările membre ale ICOLD .

Astfel, prin cedare se înțelege ruperea sau deplasarea unei părți a barajului sau a fundației lui, astfel încât barajul nu mai poate reține apă. În general, o rupere provoacă descărcarea unor cantități mari necontrolate de apă, antrenând riscuri pentru persoanele și proprietățile (bunurile) din aval.

Producerea unui eveniment care a provocat distrugerea parțială sau completă a unui baraj în timpul construcției este încadrată ca "cedare" dacă un mare volum de apă a fost descărcat involuntar, după ce barajul a atins o înălțime care a permis realizarea unei acumulări în amonte având minimum 15 m adâncime.

În categoria incident se includ toate celelalte situații păgubitoare incluzând accidente care au provocat deteriorări, avarii sau defectiuni de funcționare a barajului, fără a conduce însă la ruperea lui .

În funcție de vârsta barajului, prelucrările statistice au arătat că 70% dintre cedări s-au produs la baraje cu vârstă mai mică de 10 ani. Dintre aceste cedări, peste 50% s-au produs în timpul construcției, la prima umplere sau imediat după prima umplere.

Analiza cedărilor în funcție de înălțimea barajelor a scos în evidență că 60% din toate cedările catastrofice cu mai mult de 100 de victime umane au fost ale unor baraje cu înălțimi $H < 30$ m. Supravegherea și întreținerea acestor mari baraje de înălțimi relativ mici par să nu fie efectuate cu aceeași severitate și grijă ca în cazul barajelor mai înalte.

Rata cedărilor de baraje (baraj/număr de ani de exploatare) înainte de anul 1900 depășea 4%. Rata cedărilor a scăzut permanent în timp, mai ales după anii 1950 situându-se în prezent la mai puțin de 0,5%. Progresele tehnologice înregistrate în această perioadă, perfecționarea metodelor de proiectare, execuție, supraveghere și întreținere, precum și experiența obținută din analiza insucceselor (cedări sau incidente) au contribuit substanțial la reducerea continuă a ratei cedărilor.

În figura 1.1 se prezintă statistica cedărilor în funcție de tipul și înălțimea barajelor. Concluzia care se desprinde din figură este că rata cedărilor la barajele din umpluturi și în mod special la barajele de pământ este mai ridicată decât la barajele de beton. În raport cu numărul total de baraje de un anumit tip existente, cea mai scăzută rată a cedărilor s-a realizat la barajele arcuite.

Cele mai frecvente cauze ale cedărilor barajelor din umpluturi sunt în ordine: deversarea lor, având drept cauză principală subestimarea viiturilor de calcul, eroziunea internă și instabilitatea structurală cauzată în special de acțiunea seismică .

În domeniul barajelor de beton cauzele principale ale cedărilor au fost eforturile excesive sau instabilitatea fundației sau umerilor barajelor

Cele mai multe incidente și cedări care s-au produs în timpul construcției au fost o consecință a uneia sau mai multora din următoarele cauze:

- erori de proiectare;

- defecțiuni de construcție;
- deviere provizorie subdimensionată sau viitură mai mare decât cea considerată; întâzieri neprevăzute în realizarea construcției.

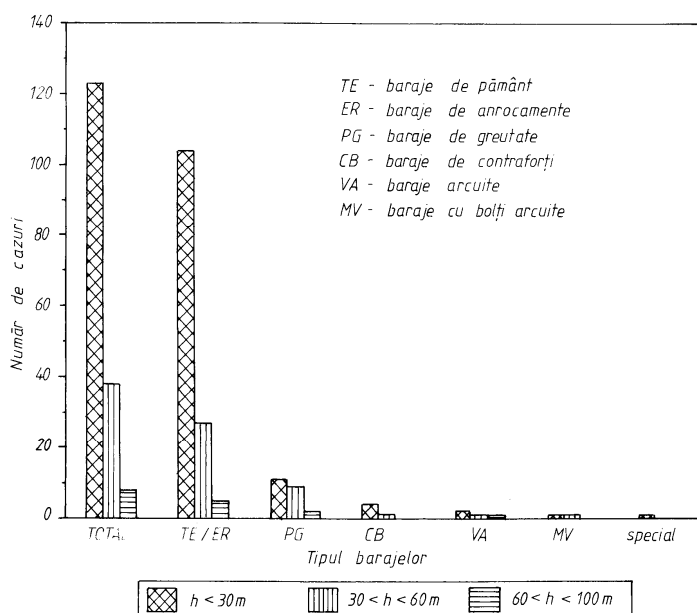


Fig. 1.1. Numărul de cedări pe tipuri și înălțimi ale barajelor (TE/ ER - pământ anrocamente, PG - greutate, CB - contraforți, VA - arcuite, MV - bolți multiple).

Erorile de proiectare provin cel mai des din folosirea inadecvată a unor programe de calcul de către ingineri lipsiți de experiență sau care nu au cunoștințe suficiente asupra metodelor de calcul utilizate.

Erori serioase pot de asemenea să apară din cauza unor insuficiente investigații pe teren sau teste de laborator, sau din cauza interpretării eronate a rezultatelor lor. Ipoteze de proiectare bazate pe estimări incorecte ale proprietăților materialelor din ansamblul unitar baraj-fundație pot conduce ușor la consecințe grave.

O legătură permanentă între organizația de construcție și echipa de proiectare este de importanță esențială pentru adaptarea proiectului cu condițiile noi apărute pe durata execuției și evitarea unor consecințe potențial grave.

Cele mai dese defecțiuni de construcție se produc din cauza unor lucrări de calitate nesatisfăcătoare, insuficient supravegheate. Lucrările de execuție specifice barajelor impun o anumită experiență a constructorului în asemenea lucrări, care poate lipsi în țările unde construcția de baraje se află la început.

Viiturile apărute în timpul execuției barajelor au fost cauza directă sau indirectă la numeroase incidente sau cedări. Problema viiturii de dimensionare pentru lucrările de deviere provizorie trebuie rezolvată pe baze tehnico-economice, punând în balanță costurile suplimentare necesitate de o asigurare mai ridicată împotriva inundării incintei lucrărilor, în raport cu pagubele produse de asemenea inundații. Respectarea cu strictețe de către constructor a graficului calendaristic de execuție care ține cont de variațiile sezonale ale fenomenelor naturale - perioade de secetă, perioade bogate în precipitații etc. - este de importanță maximă pentru reducerea riscului de producere de incidente sau cedări din cauza viiturilor.

Prima umplere a lacului este o operație de importanță esențială. Creșterea nivelului în lac trebuie făcută gradual, într-un ritm controlabil cât mai scăzut, cu paliere la anumite nivele și cu o monitorizare atentă a comportării structurale. După atingerea fiecărui stadiu de umplere trebuie efectuate inspecții detaliate la baraj, fundație, umeri, lucrări de descărcare-disipare. De asemenea, malurile lacului trebuie controlate pentru posibile instabilități.

Incidente serioase și cedări pot să se producă în timpul primei umpleri sau în perioada imediat următoare umplerii. Ele au drept cauze cele mai probabile deficiențe în investigațiile pentru furnizarea datelor necesare proiectării, proiectarea sau execuția. Totuși, în trecut ele au fost generate uneori și de fenomene imprevizibile, cum au fost de exemplu alunecări majore de teren sau seismicitate indusă de lacul de acumulare.

În vederea descoperirii din timp a unor fenomene potențial periculoase pentru combaterea lor, cele mai mici semnale de deficiențe sau de comportare neprevăzută trebuie atent supravegheate și interpretate. Monitorizarea riguroasă ca și inspecțiile vizuale la intervale scurte trebuie continuate cel puțin un an - adică pe durata unui ciclu hidrologic anual complet - după ce lacul a atins cota lui maximă pentru prima dată.

Sistemele de drenaj și comportarea fundației și umerilor barajului vor fi supravegheate în mod special. Apariția unor infiltrații excesive sau necontrolate (în particular concentrate) este întotdeauna un semn de pericol serios care poate fi provocat de deficiențe situate sub nivelul retenției sau al corpului barajului. Toate tipurile de baraje din umpluturi sunt vulnerabile la acest pericol, dar și stabilitatea structurilor de greutate poate fi serios afectată de dezvoltarea unor subpresiuni excesive.

Instabilitatea pantelor barajelor de pământ poate fi consecința unei compactări insuficiente, dar când instabilitatea se manifestă pe durata primei umpleri sau primei goliri, ea poate fi mai probabil consecința unor ipoteze de proiectare incorecte. Tasările diferențiate sau deformațiile diferențiate ale fundației sunt consecința unor interpretări necorespunzătoare ale testelor de compresibilitate pe materialele de umplutură, respectiv a unor investigații insuficiente asupra fundației. Deformațiile diferențiate majore pe durata sau în perioada imediat următoare primei umpleri a lacului sunt un semn de slăbiciune structurală și conduc practic inevitabil la producerea de fisuri. Conductele traversând corpul barajelor precum și sistemele de drenaj alcătuite din tuburi, trebuie să fie proiectate și instalate acordând o atenție specială riscului de producere a unor tasări

diferențiate. Exfiltrațiile din asemenea conducte sau sisteme de drenaj pot afecta serios stabilitatea umpluturii.

În timpul exploatării barajelor cele mai multe incidente și cedări sunt direct sau indirect cauzate de erori umane, incluzând absența sau insuficiența unor măsuri uzuale de precauție, unei supravegheri și întrețineri corespunzătoare. În aceeași categorie se încadrează și modificările intenționate sau neintenționate de detalii constructive pe șantier fără acordul proiectantului.

Devierea de la instrucțiunile de exploatare, chiar dacă este neintenționată, poate conduce la consecințe extrem de grave. Spre exemplu, nerespectarea instrucțiunilor de exploatare a descărcătorilor de ape mari poate ușor compromite siguranța barajului și a lucrărilor lui anexe.

Monitorizarea sistematică și inspecțiile vizuale constituie cea mai bună protecție împotriva incidentelor sau cedărilor. Informațiile primare furnizate de aparatura de măsură și control trebuie transmise imediat persoanelor responsabile pentru siguranța barajului în vederea procesării și interpretării lor.

Aproximativ 65% din cedările de baraje produse în timpul exploatării au fost cauzate de capacitatea insuficientă a descărcătorilor. Ei au fost dimensionați la viituri evaluate după criterii sau metode inadecvate sau capacitatea insuficientă a descărcătorilor s-a datorat schimbării condițiilor de curgere în bazinul râului în amonte de baraj. Deversarea barajelor poate fi cauzată de asemenea din cauza inoperabilității stavelor de închidere a câmpurilor deversoare (blocare stavele în poziția închis, întreruperi în alimentarea cu energie, îngheț, blocări câmpuri deversoare cu plutitori etc.). Colmatarea lacurilor poate de asemenea reduce capacitatea de stocare și respectiv de atenuare în lac a viiturilor.

Colmatarea graduală a drenurilor poate deveni în particular periculoasă pentru stabilitatea barajului prin creșterea excesivă a subpresiunilor sau a presiunii apei din pori. Creșterea infiltrațiilor poate afecta în particular siguranța barajelor de pământ prin dezvoltarea unor fenomene de eroziune internă. Infiltrațiile continue traversând sau ocolind barajul de pământ riscă să degradeze fundația și umerii lui prin reducerea rezistenței lor la alunecare sau forfecare, chiar după mulți ani de exploatare aparent în condiții normale.

În sfârșit, utilizarea capacităților maxime instalate în descărcători, poate produce viituri catastrofale în aval de baraj, mai mari chiar decât cele în regim natural. În cazul apariției unei viituri afluențe de mari proporții, personalul de exploatare trebuie adeseori să răspundă unei teribile dileme: să producă inundații în aval de baraj cu toate consecințele asociate (pagube materiale, eventual pierderi de vieți omenești) sau să limiteze debitele descărcate punând în pericol siguranța barajului.

1.2 Parametri monitorizați și aparatură specifică pentru barajele de beton și din umpluturi

Parametrii monitorizați se pot grupa în două categorii: acțiuni ale mediului înconjurător și mărimi fizice care descriu răspunsul sistemului baraj-fundație la acțiunile mediului înconjurător. Parametrii principali din prima categorie sunt următorii: nivelul apei în lac, temperatura aerului, temperatura apei în lac la diverse adâncimi, radiația solară, mișcările seismice. Parametrii fizici monitorizați care descriu răspunsul sistemului baraj-fundație se diferențiază în funcție de tipul de baraj. În cazul barajelor de beton se pot menționa: deplasări absolute ale barajului și fundației, deplasări relative între ploturi, evoluția temperaturilor în corpul barajului, starea de deformație și de eforturi în baraj și fundație, starea de fisurare, presiuni interstițiale și subpresiuni, debite de infiltrații. În cazul barajelor de umpluturi parametrii principali de răspuns monitorizați sunt următorii: deplasările și în special tasările sistemului baraj-fundație în timpul construcției și exploatarei, infiltrațiile și poziția curbei de infiltrație, presiunea apei din pori în elementele pământoase de etanșare, starea de eforturi efective și totale, infiltrații prin versanți, poziția curbei de infiltrație în versanți, deplasări ale versanților, starea de deformație și de eforturi în lucrările de beton asociate barajului din umplutură (descărcători de suprafață, goliri de fund etc.).

În tabelul 1.1 se prezintă sintetic parametrii principali grupați pe baraje de beton, baraje din umpluturi, masive de fundare a barajelor, care trebuie monitorizați. Aparatura de monitorizare trebuie să fie suficient de numeroasă și extinsă astfel încât în cazul unei comportări anormale pe baza datelor înregistrate și a inspecțiilor în teren să poată fi stabilite cauzele fenomenului. Instalarea unor instrumente suplimentare de monitorizare ar putea deveni necesară în asemenea situații.

Tabelul 1.1

Baraje de beton	Baraje din umpluturi	Fundații
Deformații structurale Deplasări speciale (fisuri, rosturi) Temperatură corp baraj Subpresiuni (pe contactul baraj fundație și în rocă) Debitele de infiltrații și drenaj Analiza chimică a apei infiltrate Turbiditatea (posibil)	Deformațiile corpului barajului Deplasări speciale (legăturile cu o structură de beton) Detectarea infiltrațiilor prin măsurarea temperaturii corpului barajului (posibil) Presiunea în pori în corpul barajului din umpluturi și nivelul piezometric. Debitele de infiltrație și drenaj. Analiza chimică a apei infiltrate Turbiditatea	Deformații Deplasările versanților la nașterile barajelor Deplasări speciale (fisuri, falii) Detectarea infiltrațiilor prin măsurarea temperaturii corpului barajului (posibil) Presiunea în pori (în roci stâncoase presiunea interstițială) Nivelul piezometric Nivelul apei freatice Debitele de infiltrații și drenaj și sursele lor Analiza chimică a apei infiltrate Turbiditatea.

Instrumentele și sistemele de măsurare a parametrilor menționați mai înainte au evoluat foarte mult în timp. Dacă în perioada interbelică și în primele decenii după cel de al doilea război mondial erau preferate instrumentele cu funcționare mecanică sau electrică cu măsurare *in situ*, în prezent se aplică tot mai frecvent sistemele de monitorizare automată cu transmiterea datelor la distanță în centre de colectare, procesare și interpretare. Electronica-informatica s-a impus în special în domeniul transmiterii și prelucrării datelor. Pentru transmiterea datelor între unitățile din teritoriu și unitatea centrală, în locul tradiționalelor linii telefonice, în prezent se folosesc transmisii prin radio, cabluri de fibre optice, rețele de telefonie mobilă, rețeaua Internet

Senzorii cu fibră optică posedă numeroase proprietăți optice date de lumina care traversează fibra optică, acestea putând fi modificate de unele acțiuni cum ar fi: presiunea, efortul sau temperatura care acționează asupra fibrei.

Principalele avantaje ale senzorilor cu fibră optică sunt următoarele:

- sunt imuni la interferențele electromagnetice: fiind ideali în medii cu microunde;
- prezintă rezistență la temperaturi înalte și medii chimice reactive: fiind ideali pentru medii ostile și severe;
- sunt de mărime redusă chiar miniaturală: ideali pentru încapsulare sau montare pe o suprafață;
- pot măsura un domeniu larg de parametri fizici și chimici;
- prezintă potențial pentru măsurători cu caracteristici foarte bune: precizie, sensibilitate și domeniu;
- au izolație electrică completă împotriva potențialului electrostatic înalt (descărcări electrice);
- pot fi operați de la distanțe foarte mari, de ordinul km, fără pierderi importante ale semnalului măsurat: avantajoși pentru măsurători pe lungimi foarte mari (diguri, versanți) sau medii riscante;
- senzorii multiplexați și senzorii distribuiți sunt unici deoarece ei furnizează măsurători într-un număr mare de puncte în lungul aceluiași cablu de fibră optică: ideal pentru minimizarea lungimii sau greutateii cablului de fibră optică, pentru supravegherea barajelor sau digurilor foarte lungi sau a conductelor îngropate pentru alimentări cu apă.

Fibrele optice sunt niște fire lungi de sticlă foarte pură de diametrul unui fir de păr. Ele sunt adunate în pachete numite cabluri optice și sunt folosite pentru transmiterea de semnale luminoase pe distanțe mari.

Părțile componente ale unui cablu de fire optice sunt următoarele (fig. 1.2):

- miez - centrul fibrei prin care circulă lumina, realizat din sticlă;
- înveliș - material optic care învelește miezul și care reflectă total lumina;
- îmbrăcăminte protectoare - înveliș de plastic din material acrilic care protejează fibra de zgârieturi și umezeală;
- îmbrăcăminte din material poliamidic (opțional) utilizat pentru a ridica protecția fibrei la temperaturi de până la 300°C;
- un strat tampon realizat dintr-un material plastic ușor;
- fibre de întărire tip Kevlar sunt adăugate pentru a da o rezistență mecanică sporită cablului de până la circa 200 kgf;
- ultimul strat este un manșon din poliuretan pentru protecție contra mediului exterior.

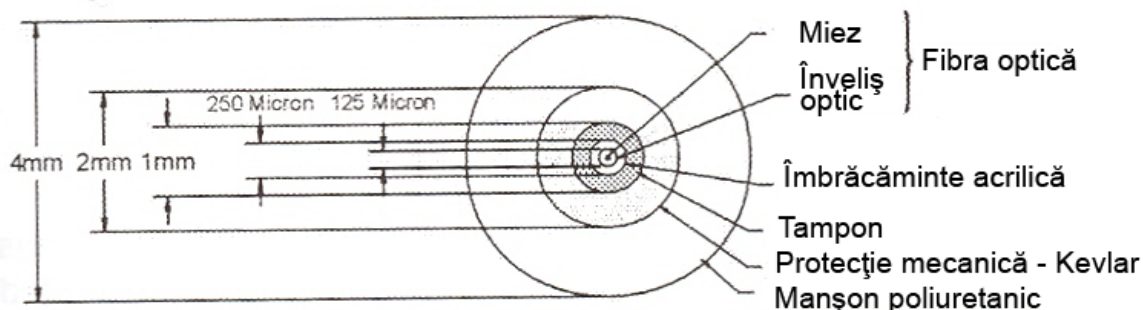
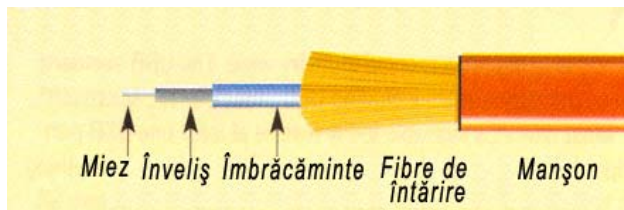


Fig. 1.2. Alcătuirea unei fibre optice

În figura 1.3 se prezintă o schemă tipică a unui sistem automat de monitorizare, sub forma unui lanț. Parametrii sunt mășurați cu senzorii (traductorii). Calitatea principală a senzorilor este fiabilitatea, ținând cont că în multe cazuri înlocuirea lor este imposibilă, ei fiind înglobați în corpul sau fundația barajelor. Instrumentele pentru măsurarea deformațiilor (eforturilor) bazate pe principiul corzii vibrante spre exemplu și-au demonstrat fiabilitatea, existând lucrări la care ele funcționează de peste 50 de ani. Senzorii cu transmitere electrică sunt utilizați tot mai frecvent fiindcă se adaptează ușor unui sistem automat de monitorizare.

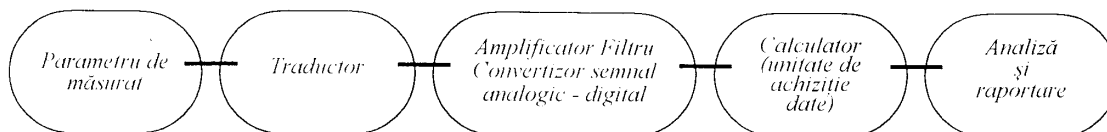


Fig. 1.3. Schemă tipică a unui sistem automat de monitorizare sub forma unui lanț.

I

În Tabelul 1.2 se dau date despre echipamentele și instrumentele de măsurare, metodele de măsurare pentru diverși parametri de monitorizare a comportării construcțiilor de retenție inclusiv a mediului înconjurător adiacent lor.

Coloana 1 din tabel conține parametrii de măsurare determinanți pentru comportarea barajelor de beton și din umpluturi grupați după natura încărcărilor și reacțiunilor.

Coloana 2 cuprinde cele mai potrivite și utilizate echipamente și instrumente de monitorizare precum și metodele de măsurare pentru parametrii menționați în coloana 1.

Coloana 3 “Cerințe” se referă la condițiile pe care trebuie să le îndeplinească instrumentele/metodele de măsurare folosite după cum urmează:

F – Fiabilitate foarte ridicată este cerută pentru instrumentele care furnizează date indispensabile pentru caracterizarea comportării barajului și care trebuie să fie disponibile la orice moment în timp.

L – Longevitatea instrumentelor este importantă pentru acelea care măsoară date importante și trebuie asociată cu suficiente redundanțe. Înlocuirea unor părți din echipamente sau corelarea cu măsurători anterioare nu trebuie să conducă la întârzieri mari în timp sau situații de impas.

M – Domeniul de măsurare trebuie să fie suficient de larg pentru a acoperi încărcările excepționale sau comportări neașteptate.

P – Precizia cerută trebuie să înglobeze toate erorile instrumentului și a procedurii de măsurare (imprecizia instrumentului și a calibrării lui, influența temperaturii, materialului de acoperire, frecării, uzurii, devierilor de la punctual 0, nelinearităților etc.).

R – Redundanța înseamnă atât dublarea (independent) a unui instrument de măsură cât și posibilitatea de a verifica sau reconstitui o măsurătoare cu alt echipament (instrument) de măsurare.

Coloana 5 “Remarci” include indicații și detalii importante sau caracteristicile parametrului măsurat ori ale instrumentului utilizat.

Tabelul 1.2

Parametru măsurat	Echipament Instalație de măsură Metodă de măsură	Cerințe F - durabilitate (fiabilitate) L – longevitate M –domeniu de măsurare P – precizie R - redundanță	Remarci
1	2	3	4
1. ÎNCĂRCĂRI ȘI EFECTE DE LA MEDIUL ÎNCONJURĂTOR			
Încărcări hidraulice și din sedimente			
Nivelul apei	Vase comunicante	F: foarte ridicată L: scăzută M: până mai sus de coronament (nivelul Pprapetului) P: ± 10 cm R: indispensabilă	Măsurare importantă. Domeniul de măsură trebuie să cuprindă nivelurile în caz de viituri Posibilități de măsurare automată si de înregistrare a datelor pentru cea mai mare parte de instrumente
	Flotanți		
	Miră limnometrică		
	Manometre		
	Sonde pneumatice		
	Sonde acustice (sonore)		
	Sonde de presiune		
Cablu cu martori sonori și luminoși			
Nivelul depozitelor de sedimente (Depozitele în acumulare și în fața prizelor; Încărcări din sedimente)	Măsurători ale adâncimii apei	F: moderată L: nu M: pe toată adâncimea P: ± 0.2...0.5 m R: nu este necesară	De asemenea se măsoară adâncimea afuiurilor
Temperaturi			
Temperatura aerului și apei Încărcări termice externe Influență asupra topirii zăpezii	Termografe Înregistrare continuă a variațiilor de temperatură în aer	F: moderată L: moderată M: -30 ⁰ C la +40 ⁰ C P: ± 1 [°] C R: necesară	Aceste instrumente pot fi înlocuite cu ușurință. Cu posibilități de a se realiza măsurători și înregistrări de date, automate
	Termometre normale Valori minime, maxime și instantanee	F: moderată L: moderată M: -30 ⁰ C la +40 ⁰ C P: ± 1 [°] C R: recomandată	Aceste instrumente pot fi ușor înlocuite
	Termometre electrice	F: moderată L: moderată M: -30 ⁰ C la +40 ⁰ C P: ± 1 [°] C R: recomandată	Aceste instrumente pot fi ușor înlocuite Cu posibilități de a se realiza măsurători și înregistrări de date, automate.

1	2	3	4
Temperatura în beton	Termometre normale În găuri practicate în beton	F: foarte ridicată L: foarte ridicată M: -10 ⁰ C la + 60 ⁰ C P: ± 0,5 ⁰ C R: necesară, să se prevadă suficiente instrumente	Domeniul de măsurare până la +60 ⁰ C este necesar numai pe perioada construcției. Pentru măsurători în exploatare domeniul de măsurare până la +30 ⁰ C este suficient
	Termometre electrice	F: foarte ridicată L: foarte ridicată M: -10 ⁰ C la + 60 ⁰ C P: ± 0,5 ⁰ C R: necesară, să se prevadă suficiente instrumente	Domeniul de măsurare până la +60 ⁰ C este necesar numai pe perioada construcției. Pentru măsurători în exploatare domeniul de măsurare până la +30 ⁰ C este suficient. Cu posibilități de a se realiza măsurători și înregistrări de date, automate.
Temperatura betonului Circulația apei în umpluturi. Modificări de temperatură din cauza infiltrațiilor	Senzori de temperatură din fibră optică	F: foarte ridicată L: foarte ridicată M: -10 ⁰ C la + 60 ⁰ C P: ± 0,5 ⁰ C R: necesară	Domeniul de măsurare până la +60 ⁰ C este necesar numai pe perioada construcției barajului de beton. Pentru măsurători în exploatare domeniul de măsurare până la +30 ⁰ C este suficient. Umpluturi: domeniul de măsurare până la +30 ⁰ C este suficient; la suprafața pistelor până +60 ⁰ C Instalare relativ ușoară. Cu posibilități de a se realiza măsurători și înregistrări de date, automate.
Precipitații			
Ploi în aria barajului Influența apelor de scurgere	Senzori de ploaie Acumulatori Pluviometre	F: moderată L: scăzută M: precipitații totale în intervalul de măsură P: ± 10% R: nu este necesară	Aceste măsurători nu sunt absolut necesare în imediata vecinătate a barajului. Cu posibilități de a se realiza măsurători și înregistrări de date, automate

1	2	3	4
Presiuni			
Contractii în umpluturi și în beton	Celule de presiune în pământ	F: moderată L: înaltă M: acoperire totală (0...300 kN/m ²) P: ± 5% din M R: nu este necesară	Folosite rar. Modulul de deformare trebuie să fie adaptat, pentru materialele din umplutură. Probleme de interpretare a rezultatelor. Cu posibilități de a se realiza măsurători și înregistrări de date, automate.
	Celule de tele-presiune	F: moderată L: înaltă M: acoperire totală (0...10000 kN/m ²) P: ± 5% din M R: nu este necesară	Foarte rar folosite Interpretarea și rezultatele pot fi problematice. Cu posibilități de a se realiza măsurători și înregistrări de date, automate
2. DEFORMAȚII ȘI DEPLASĂRI (BARAJE ȘI ZONE ADIACENTE)			
Măsurători geodezice			
Măsurători spațiale Deplasări punctuale incluzând influența zonelor adiacente	Triangulație. De la caz la caz combinate cu: Nivelment Măsurători de distanțe electro-optic Penduli optici, penduli Aliniamente Extensometre	F: foarte ridicată L: foarte ridicată P: necesită a fi stabilită de la caz la caz R: absolut necesară prin măsuri ca: - puncte de măsurare numeroase - combinații cu alte metode de măsurare	Rețeaua geodezică de supraveghere trebuie să acopere o arie largă și să permită observații pe termen lung ale deformațiilor barajului și ale zonelor adiacente ca și controlul deplasărilor posibile ale punctelor de referință cu alte instrumente de măsurare (redundanță). Măsurători de precizie care nu pot fi realizate decât la intervale mari. Necesită prevederea de măsurători limitate pentru evaluarea rapidă a deformațiilor. Toate datele și indicațiile asupra măsurătorilor și metodelor de evaluare trebuie să fie îndosariate (incluse într-o bancă de date)

1	2	3	4
	<p>Măsurători asistate prin satelit (GPS) În relație cu măsurătorile terestre (consolidarea rețelei de triangulație) și deplasări în teren.</p>	<p>F, L, P : necesită a fi stabilite de la caz la caz; R : necesare; cu măsurători repetate sau cu alte metode de măsurare.</p>	<p>Precizia depinde de lungimea măsurătorilor (distanțele între punctele de măsură) și înălțimea satelitului (distanța între satelit și pământ). Posibilități de măsurători și înregistrări automate</p>
	<p>Fotogrametrie Pentru deplasări ale terenului și ghețarilor</p>	<p>F, L : necesită a fi stabilite de la caz la caz P : ± 0.20 m R : nu este importantă</p>	<p>În general fotografiile aeriene; fotografiile terestre de asemenea posibile. Calitatea pe termen lung a fotografiilor este necesară. Fotogrametria poate de asemenea fi folosită pentru monitorizarea sedimentărilor în lacul de acumulare.</p>
	<p>Scanare laser Scanare completă a suprafeței unui obiect</p>	<p>F : foarte ridicată L : foarte ridicată P : necesită a fi stabilită de la caz la caz R : nu este importantă</p>	<p>Metode de măsurare moderne care pot ușor înlocui fotogrametria</p>
<p>Deformații față de linii orizontale sau verticale Extindere la nașteri și versanții văii</p>	<p>Nivelment</p>	<p>F : foarte ridicată L : foarte ridicată P : necesită a fi stabilită de la caz la caz R : în funcție de circumstanțe; necesar în combinație cu triangulația</p>	<p>Metodă larg utilizată și simplă când instrumente moderne sunt folosite Grupuri de puncte de referință trebuie să fie ridicate pe ambele maluri</p>
	<p>Măsurători unghiulare simple și măsurători electro-optice de distanțe</p>	<p>F : foarte ridicată L : foarte ridicată P : necesită a fi stabilită de la caz la caz R : posibil prin măsurători repetate sau triangulația</p>	<p>Metodă de măsurare bine probată dar delicată. Se recomandă a fi utilizată numai acolo unde instalarea de penduli nu este posibilă. Măsurătorile necesită condiții de vreme favorabile. Precizia depinde de distanță și refracție.</p>
	<p>Aliniament optic</p>	<p>F, L, M, P : necesită a fi stabilite de la caz la caz R : absolut necesar în combinație cu triangulația și pendulii</p>	<p>Metodă de măsurare bine probată și simplă. Măsurătorile necesită condiții de vreme favorabile Precizia depinde de distanță și refracție.</p>

1	2	3	4
	Poligoane	F, L, M, P : necesită a fi stabilite de la caz la caz R : absolut necesar în combinație cu triangulația și pendulii	Măsurători foarte precise. Alăturarea la triangulație și penduli este absolut necesară.
Instrumente			
Deformații față de linii orizontale și verticale. Extindere la nașteri și versanții văii	Pendul, Pendul invers Aparat de măsurare în două direcții, cu vedere optică a firului pendulului. Firul servește ca axă de referință verticală	F : foarte ridicată L : foarte ridicată M : deformata maximă calculată + 50% P : ± 0.2 mm R : absolut necesară prin mijloace ca: - echipamente de măsurare adiționale; - combinații cu triangulația, poligoanele, aliniamente extensometre	Măsurătoare larg utilizată și aparat de precizie. Timp de măsurare scurt. Stație de control instrument Posibilă tele-transmisia; aparatul de măsurare trebuie să nu influențeze poziția pendulului.
	Aliniament din fir Aparat de măsurare pe o direcție cu vedere optică, care marchează un plan de referință vertical.	F : foarte ridicată L : foarte ridicată M : deformata maximă calculată + 50% P : ± 0.2 mm R : absolut necesară prin mijloace ca: - echipamente de măsurare adiționale; - combinații cu triangulația, poligoanele, extensometre	Echivalent la penduli. Precizia depinde de lungimea firului. Aplicabilă numai la structuri rectilinii. Lungimea maximă limitată prin calitatea și greutatea firului. Stație de control instrument Posibilă tele-transmisia
	Senzor de tasări (deplasări verticale)	F : foarte ridicată L : foarte ridicată M : 50 la 100 m P : ±5 cm (în faza de construcție ±1 cm (în exploatare, după reinstalare) R : necesară cu nivelment	Elemente de conductă <6 m. Verticalitatea pe durata instalării să fie verificată cu mare atenție. Dificultăți cu sistemele înclinate. Posibilă combinație cu înclinometru-conductă

1	2	3	4
	Instalație de nivelment hidraulică	F: ridicată L: ridicată M: câțiva metri P: ±1 cm R: necesară cu un senzor de tasări și nivelment	Tuburi comunicante cu citire directă pe un tub de sticlă (trei tuburi pentru un punct de măsurare) Foarte precisă; uneori delicată; sensibilă la îngheț. Evacuarea gazelor din fluidul de măsură necesară.
Variații în lungime	Distometru/Distinvar	F: ridicată L: ridicată M: 10 cm pentru distometru 5 cm pentru distinvar P: ±0.2 mm R: necesară, prin măsurători geodezice sau cu panglică metrică	Măsurătoare precisă a distanței în galerii sau în teren. Distometrul are capacitatea de a măsura pe o direcție dată; distinvarul poate măsura numai orizontal. În caz de citiri în afara scării de măsură, firul însăși se poate extinde sau restrânge.
Variații în lungime și deformații în lungul forajelor. Măsurători globale pe intervale lungi sau măsurători diferențiale în lungul unui lanț de intervale scurte.	Extensometre cu tije sau fire Cu una sau mai multe tije (fire)	F: ridicată L: ridicată M: 10 la 50 mm P: ± 0,2 mm R: nu sunt necesare Întotdeauna; pot fi realizate prin: - instalare de extensometru în mai multe locații comparabile; - împărțirea lungimii totale în mai multe părți; - combinație cu pendul invers sau nivelment	Plasarea ancorelor și injectarea tecii protective sunt operații critice. Posibilitate de măsurare și înregistrare automată.
	Extensometre cu tije pentru baraje de umpluturi. Cu una sau mai multe tije.	F: ridicată L: ridicată M: 10 la 30 cm P: ± 1 mm R: nu este necesară întotdeauna; poate fi realizată prin: - instalare de extensometre în mai multe locații comparabile; - împărțirea lungimii totale în mai multe părți - ;	Plasarea ancorelor și injectarea tecii protective sunt operații critice. Posibilitate de măsurare și înregistrare automată.

1	2	3	4
<p>Variații în lungimi și deformații în lungul forajelor. Măsurători globale pe intervale lungi sau măsurători diferențiale în lungul unui lanț la intervale scurte.</p>	<p>Extensometre din fibre optice Cu una sau mai multe tije</p> <p>Micrometre de foraj Variații de lungimi diferențiale</p> <p>Micrometre de foraj cu înclinometre. Deformații diferențiale combinate cu micrometre de foraj.</p> <p>Înclinometre Deformații diferențiale în foraj</p>	<p>F : foarte ridicată L : foarte ridicată M : 1 la 2 % din partea măsurată P : ± 0,2 mm R : - nu este necesară întotdeauna: - poate fi realizată instalând extensometre în mai multe locații comparabile.</p> <p>F : ridicată L : ridicată M : deformația așteptată + 100% P : ± 0,2 mm pentru variații de lungime; ±0,02 mm/m pentru deformații în rocă; ± 0.2 mm/m pentru deformații în terenuri slabe R : În concordanță cu scopul</p>	<p>Instalare relativ ușoară Posibilitate de măsurare și înregistrare automată.</p> <p>Precizie ridicată dependentă de sistemul de ghidare a instrumentului Unele instrumente furnizează rezultate foarte precise și fiabile. Plasarea și injectarea tecilor de ghidare este o operație critică. Recomandate pentru localizarea discontinuităților (fisuri și/sau rosturi) și suprafețelor de alunecare și de a observa mișcările lor. Măsurătorile și interpretările necesită mult timp.</p>
<p>Variații ale rotirilor locale În plan vertical</p>	<p>Clinometru cu reper de tasare hidraulic și micrometru cu afișare electronică</p> <p>Tiltmetru cu afișare electronică</p>	<p>F : ridicată L : ridicată M : 20 mm/m P : 0.02 mm/m R : această măsurătoare este recomandată numai în combinație cu alte instalații de măsură precum pendulii sau nivelmentul</p>	<p>Lângă caverne rezultatele sunt de obicei influențate de concentrările de eforturi și efectele de transfer. Rezultatele pot fi îmbunătățite prin lanțuri scurte ale intervalelor de măsurare. Posibilitatea de măsurare și înregistrare automată pentru tiltmetru.</p>
<p>Mișcări în fisuri și rosturi Pe suprafață, extinderi și mișcări tangențiale</p>	<p>Micrometru Deformetru Dilatometru Deflectometru</p>	<p>F : moderată L : ridicată M : 10 mm P : ±0.05 mm R : În concordanță cu scopul</p>	<p>Măsurătorile în pereții unei galerii sau într-o nișă de obicei nu sunt reprezentative pentru comportarea întregului ansamblu. Posibilitate de măsurare și înregistrare automată</p>

1	2	3	4
Deformații specifice Pentru verificarea eforturilor în beton	Deformetru electric înglobat în beton Combinat cu măsurători de temperatură	F : ridicată L : ridicată M : deformații specifice 2 mm/m temperatură -10 ⁰ C la +50 ⁰ C P : alungiri 0.02 mm/m temperatură ±0,2 ⁰ C R : necesară prin mijloace ca: - instrumente foarte numeroase - alte tipuri de instrumente pentru comparații	Cedarea (defectarea) frecventă a instrumentelor. Comportarea este de obicei influențată prin condițiile materiale locale în amplasamentul instrumentului. Analiza înregistrărilor problematică. Posibilitatea de măsurare și înregistrare automată
3. INFILTRAȚII			
Debite de infiltrații (cantitate de apă)			
Cantitatea de apă infiltrată și drenată Pe zone sau în total	Măsurători volumetrice cu recipiente calibrate și cronometre sau prin devieri de volume (de exemplu cu ajutorul unei tije calibrate în foraje înclinate spre aval.	F : moderată L : moderată M :debitul maxim așteptat + 100% P : ±5% din M R măsurători repetate	Metoda limitată la debite moderate de până la 10 l/s Timpul de umplere al recipientului trebuie să fie de cel puțin 20 secunde.
	Deversor Canal de măsură Cu scară, captor ultrasonic, scară pneumatică, sonde de presiune.	F : ridicată L : ridicată M :debitul maxim așteptat + 100% P : ±5% din M R prin măsurători volumetrice	Sedimentele trebuie să fie periodic îndepărtate Nu este recomandat pentru debite <0.05 l/s La toate punctele de colectare ale infiltrațiilor totale din baraj un înregistrator și un avertizor (semnal de alarmă) trebuie să fie prevăzute. Posibilitate de măsurare și înregistrare automată.
	Măsurători de curgeri în conducte , de exemplu în conductele pompelor de drenaj a apei - Venturimetru (măsurare a diferențelor de presiune) Captări ultrasonice sau măsurători magneto-inductive (măsurători ale vitezei de curgere)	F : ridicată L : ridicată M :debitul maxim așteptat + 100% P : ±5% din M R prin măsurători volumetrice în locații diferite	Mijloace simple de verificări periodice a indicațiilor furnizate de manometru, deversoare, canale de măsură curgeri cu nivel liber. Posibilitate de măsurare și înregistrare automată.

1	2	3	4
	Măsurători de curgeri în conducte umplute parțial Captări ultrasonici sau măsurători magneto-inductive (măsurători ale vitezei de curgere)	F : ridicată L : ridicată M :debitul maxim așteptat + 100% P : ±5% din M R prin măsurători volumetrice în locații diferite	Mijloace simple de verificări periodice ale indicațiilor furnizate de manometre, deversoare și canale de măsură cu curgere cu nivel liber. Posibilitate de măsurare și înregistrare automată.
Măsurători ale presiunii hidraulice în roci și terenuri slabe			
Presiunea apei în roci Presiunea apei care circulă în fundație (subpresiunea, presiunea interstițială a apei în fisurile din rocă)	Piezometre: sisteme deschise Măsurători ale nivelului apei cu un cablu cu semnale luminoase sau acustice	F : moderată L : ridicată M :lungimea totală a forajului P : ±0,05 m R necesară: instalarea de grupuri de piezometre	Forajul (tubația forajului) trebuie să fie etanș până în zona de măsurare a presiunii; protecția capului forajului împotriva penetrării cu ape de suprafață, noroi, pietre, etc. Să se asigure aerarea permanentă
	Piezometre: sisteme închise Indicații de presiune prin manometru sau captori electrici	F : ridicată L : ridicată M :diferența totală de cote în elevație între manometru și coronamentul barajului P : ±0.5 m respectiv 1 % din M R necesară; instalarea de grupuri de piezometre	Metodă larg folosită. Conductele și legăturile la manometre trebuie să fie etanșe. Să nu se provoace descărcări artificiale de presiune, pentru a putea măsura presiunea maximă, chiar dacă ea se realizează foarte lent în timp. Aerarea periodică a conductelor este necesară. Verificarea periodică a manometrelor este absolut necesară. Posibilitate de măsurare și înregistrare automată.
	Piezometre: celule de presiune (pneumatice sau electrice) Instalate în foraje: una sau mai multe celule pe nivel	F : ridicată L : ridicată M :diferența totală de cote în elevație între manometru și coronamentul barajului P : ±0.5 m respectiv 1 % din M R necesară; instalarea unui număr mare de celule sau instalarea în grupuri	Citire centralizată a presiunilor în celule răspândite în adâncime. Selectarea atentă a tipului de filtru pentru a evita înfundarea lui timpurie. Plasare a celulelor cu precizie (cota în elevație) chiar dacă mai multe dintre ele trebuie să fie instalate în același foraj. Posibilitate de măsurare și înregistrare automată

1	2	3	4
<p>Presiunea apei în terenuri slabe</p>	<p>Piezometre-sisteme deschise Măsurători ale nivelului apei cu un cablu cu semnale luminoase sau acustice</p>	<p>F : moderată L : ridicată M :lungime totală P : ±0,05% m R necesară; instalarea de baterii de piezometre</p>	<p>Forajul (tubația forajului) trebuie să fie etanș până în zona de măsurare a presiunii, protecția capului forajului împotriva penetrării cu ape de suprafață, noroi, pietre etc. Să se asigure aerare permanentă. Verificarea bunei funcționări a echipamentului prin clătire (spălare repetată).</p>
	<p>Piezometre – sisteme închise Indicații de presiune prin manometru sau captori electrici.</p>	<p>F : ridicată L : ridicată M :diferența totală de cote în elevație între manometru și coronamentul barajului P : ±0.5 m sau 1 % din M R necesară: instalarea de baterii de piezometre</p>	<p>Metodă larg folosită. Conductele și legăturile la manometre trebuie să fie etanșe. Să nu se provoace descărcări artificiale de presiune, pentru a putea măsura presiunea maximă, chiar dacă ea se realizează foarte lent în timp. Aerarea periodică a conductelor este necesară Verificarea periodică a manometrelor este absolut necesară. Posibilitate de măsurare și înregistrare automată.</p>
	<p>Piezometre: celule de presiune (pneumatice, electrice sau hidraulice) Instalate în rambleu, în foraje, una sau mai multe celule pe nivel</p>	<p>F : ridicată L : ridicată M :diferența totală de cote în elevație între manometru și coronamentul barajului P : ±0.5 m respectiv 1 % din M R necesară: instalarea unui număr mare de celule sau instalarea în baterii</p>	<p>Citire centralizată a presiunilor în celule răspândite în adâncime. Măsurătorile hidraulice sunt posibile numai dacă stația de măsură este poziționată mai jos de nivelul presiunilor minime. Selectarea atentă a tipului de filtru pentru a evita înfundarea lui timpurie Plasarea celulelor cu precizie (cota în elevație) chiar dacă mai multe dintre ele trebuie să fie instalate în același foraj. Posibilitate de măsurare și înregistrare automată</p>

1	2	3	4
Proprietăți fizice și chimice ale apei			
Înregistrări ale modificărilor fizice și chimice	Turbidmetru	F : ridicată L : ridicată M : 0 la 500 ppm P : ± 1 ppm R necesară: prin analiza de probe de apă în laborator	Determinarea materialelor în suspensie sau dizolvate O cabină (adăpost) locală este importantă. Calibrare după analiza în laborator a apei de infiltrație. Posibilitate de măsurare și înregistrare automată.
	Analiză chimică	F : ridicată L : nu M : depinde de valorile așteptate P : depinde de valorile așteptate R nu este necesară:	Să fie efectuată la intervale lungi de timp Caracteristicile principale să fie determinate de specialiști.
4. INVESTIGAȚII ȘI MĂSURĂTORI GLOBALE			
Metode geofizice Determinări geofizice ale caracteristicilor barajelor și a terenului de fundare	Reflexii seismice Refracții seismice Geo-electrice Electromagnetice Geo-radar Geomagnetice Gravimetre Tomografie seismică Ultrasunete Releveie în infraroșu Diagrafie	F, L, M, P – necesar să fie fixate de la caz la caz R : necesară; depinde de caz prin foraje, probe, teste, alte metode geofizice	Aplicația și interpretarea rezultatelor trebuie făcută de specialiști.
Inspecții video În cazul unor puncte cu dificultăți de acces sau inaccesibile	Robot subacvatic cu cameră video	F, L, M, P – necesar să fie fixate de la caz la caz R : nu este necesară	Vizibilitate bună în apă Asigurarea localizării robotului este necesară.
	Video în foraje	F, L, M, P – necesar să fie fixate de la caz la caz R : nu este necesară	Curentul/curgerea apei poate înrăutăți condițiile de vizibilitate.
Caracteristicile betonului	Sclerometru (Ciocan Schmidt) Test fără avariarea suprafeței de beton	R : moderat L : nu M : rezistența probabilă la compresiune +100% P : ± 20% din M R : necesară; teste de laborator	Măsurători pe epruvete în situ. Rezultatele sunt valabile numai pentru zona de suprafață.
	Teste în laborator cu epruvete	F, L, M, P – necesar să fie fixate de la caz la caz R : necesară; număr mare de teste	Epruvetele sunt mici în comparație cu dimensiunea barajului

1	2	3	4
<p>Detectarea circulației apei</p> <p>Localizarea punctelor de infiltrații concentrate</p>	<p>Măsurători ale variațiilor de temperatură din cauza infiltrațiilor</p> <p>Măsurători ale modificărilor de temperatură urmare a circulației apei.</p>	<p>F : foarte ridicată L : foarte ridicată M : de la -10°C la $+30^{\circ}\text{C}$ P : $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ R : necesară; să se prevadă instrumente suficiente</p>	<p>Metodă nouă</p> <p>Fibra optică are capacitatea să identifice schimbările de temperatură dealungul unei linii provocate de circulația apei.</p>
5. DIVERSE			
<p>Verificarea ancorelor</p> <p>Pentru ancore în pământ</p>	<p>Măsurători ale forței de ancorare</p> <p>În capul ancorei (electric sau hidraulic)</p>	<p>F : ridicată L : ridicată M : forța de ancorare $+25\%$ P : $\pm 1\%$ din M R : necesară</p>	<p>Celula de măsurare a încărcării trebuie să fie controlabilă și înlocuibilă. Posibilitatea de măsurare și înregistrare automată.</p>
<p>Înregistrări ale activităților seismice</p>	<p>Seismometru (înregistrează în timp mișcările suportului (viteză și accelerație))</p> <p>Seismograf (înregistrează accelerațiile în timp)</p>	<p>F : ridicată L : moderată M : $\pm 1\text{ g}$ (a_{\max}) P : $\Delta a \leq 0.03\text{ mg}$ ($\geq 16\text{ Bits}$) $\Delta t \leq 0.005\text{ sec.}$ R : necesară</p>	<p>A se prevedea aparate cu 3 componente de măsurat.</p> <p>A se instala cel puțin 3 aparate (la cota coronamentului, nivelul fundației și în câmp liber).</p> <p>Aplicația și interpretarea rezultatelor să fie făcută de specialiști.</p>

2. CONDIȚII OBLIGATORII PENTRU SISTEMUL DE MONITORIZARE

2.1. Elemente generale

Nu există nici o reglementare care să stabilească numărul de instrumente de monitorizare care trebuie instalate. Acest număr variază funcție de tipul barajului și dimensiunile lui, modul de construcție, vârsta și condițiile specifice ale amplasamentului, în particular cele privind terenul de fundare. Concepția sistemului de monitorizare trebuie să ia în considerație că structura și fundația constituie un sistem unitar dar aparatura trebuie să înregistreze distinct comportarea fiecărui subsistem.

Aprecierea comportării unui baraj se bazează în mare măsură pe interpretarea datelor furnizate de sistemul de monitorizare. Operatorul UCC are obligația să se asigure că citirile la aparatura de monitorizare sunt corecte, plauzibile și să le valideze. Inginerul responsabil UCC este primul care are obligația să interpreteze citirile dacă este posibil “on line” și să verifice dacă comportarea barajului se înscrie în limitele normale. În caz contrar, în funcție de gravitatea situației trebuie activate procedurile specifice pentru depistarea cauzelor eventual cu implicarea unor experți.

În România în conformitate cu Legea siguranței barajelor (nr. 466/2001) activitatea de UCC se organizează pe trei niveluri:

- nivelul I se desfășoară la baraj și constă din observații vizuale, măsurători la aparatele de măsură, prelucrarea și interpretarea primară a rezultatelor cu verificarea depășirii unor criterii de avertizare, realizate de personalul de exploatare cu sarcini specifice;
- nivelul II cuprinde sinteza periodică a observațiilor vizuale și a măsurătorilor efectuate la nivelul I, cât și a inspecțiilor anuale, cu interpretarea acestora din punct de vedere al siguranței barajului; această sinteză este realizată prin grija deținătorului, de către specialiști care întocmesc rapoarte sintetice anuale;
- nivelul III este reprezentat de analiza și avizarea rapoartelor de sinteză anuale, realizată de către o comisie de urmărire a comportării în timp a barajelor.

Eficiența supravegherii în cadrul managementului siguranței barajului este dată în primul rând de activitatea de la nivelul I de organizare. Analiza efectuată la acest nivel trebuie să fie sigură, rapidă și ușor de aplicat de către personal cu o pregătire medie. De aceea soluția adoptată în mod obișnuit este comparația directă a rezultatelor măsurătorilor efectuate cu valori critice. Riscul prezentat de lucrările de acumulare este multiplu (hidrologic, seismic, structural etc.) iar valorile parametrilor urmăriți prin măsurători în cadrul supravegherii depind în general de mai mulți factori exteriori (nivel în lac, temperaturi etc.). Ca urmare, domeniul normal pentru un parametru de răspuns definitiv pentru siguranță nu poate fi

caracterizat decât cel mult prin valori care depind la rândul lor de factorii exteriori. Din această cauză s-a introdus noțiunea de criteriu de avertizare care corespunde mai bine cu caracterul complex al fenomenelor ce contribuie la sporirea riscului.

Barajele aflate în exploatare pot să funcționeze în situație normală sau în situație excepțională. Situația normală se caracterizează prin valori normale ale solicitărilor exterioare (niveluri în lac, debite afluate sau defluate, temperaturi etc.), prin corecta funcționare a elementelor componente ale amenajării și printr-un răspuns al construcției la solicitări corespunzător celui prognozat. Nesatisfacerea oricăreia dintre aceste condiții conduce la intrarea în situație excepțională (NP 087/03).

În cadrul situației excepționale se disting mai multe trepte, funcție de gravitatea abaterii de la situația normală și de gradul de risc rezultat din aceasta:

- starea de atenție reprezintă simpla abaterea de la parametrii normali de funcționare, fără existența unui pericol pentru siguranța lucrării;
- starea de alertă este declanșată la sesizarea unor fenomene a căror evoluție ar putea să conducă la un pericol pentru zona aval a acumulării;
- starea de alarmă este declanșată de necesitatea de evacuare a unor debite ce provoacă inundarea unor zone din aval și/sau de un pericol iminent de avariere sau chiar de rupere a barajului.

Criteriile de avertizare, care delimitează situațiile și stările de funcționare a barajului, afectând direct și modul de desfășurare a activității de supraveghere, sunt stabilite în ideea aplicării lor imediate, fără a mai aștepta rezultatele unor analize suplimentare. Ele sunt precizate în proiectul de urmărire a comportării construcției (UCC) care face parte din regulamentul de exploatare.

Criteriile de avertizare se stabilesc la proiectarea lucrării, în cadrul proiectului de supraveghere. Ele se actualizează în cadrul fiecărei documentații de analiză a comportării construcției (documentații periodice sau analize speciale, determinate de evenimente deosebite), de asemenea ori de câte ori apar modificări de regim de exploatare.

2.2. Exemplificare cu echiparea unui baraj de beton

Parametrii care se monitorizează în mod uzual în cazul barajelor de beton au fost prezentați în Capitolul 1, punctul 1.2.

Numărul de instrumente de monitorizare montate în corpul, fundația și versanții barajelor este foarte diferit de la o lucrare la alta, putând varia de la câteva sute la 2000...2500. El diferă funcție de importanța lucrării, cantitatea de informații apreciată de proiectant ca fiind necesară pentru asigurarea siguranței barajului.

În figura 2.1 sunt prezentate scheme tipice de echipare cu aparatură UCC a unui baraj arcuit și respectiv a unui baraj de greutate.

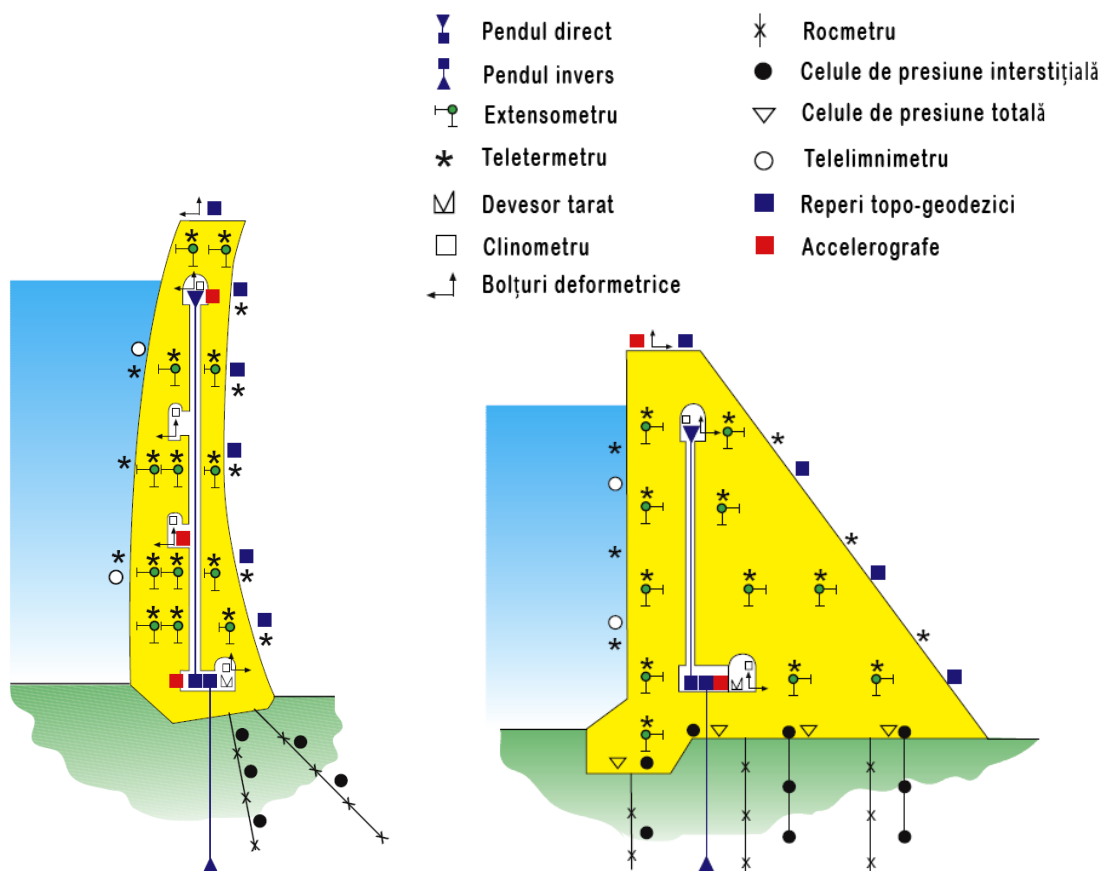


Fig. 2.1 Scheme tipice de echipare cu aparatură UCC a unui baraj arcuit și respectiv a unui baraj de greutate

O descriere efectivă a echipării cu aparatură UCC a unui baraj de beton se face în continuare pentru barajul Gura Râului (baraj cu contraforți, H=72 m). În tabelul 2.1 se prezintă parametrii monitorizați din corpul barajului și tipurile de instrumente. Parametrii monitorizați din fundație și versanți sunt prezentați în tabelul 2.2.

Numărul de instrumente montate la barajul cu contraforți Gura Râului în perioada construcției (1970-1978) și cele care se mai află în funcțiune în anul 2006 se pot urmări în tabelul 2.3. Se poate remarca fiabilitatea foarte bună a aparaturii AMC montate în corpul și terenul de fundare al barajului cu excepția forajelor de drenaj în versanți și a telepresmetrelor

Tabelul 2.1

Parametrii monitorizați din corpul barajului	Tipuri de instrumente
Depasări orizontale	Penduli direcți și inverși
Tasări	Rețea de supraveghere cu puncte fixe
Deformații și eforturi în beton	Traductori de deformații înglobați în beton
Temperatura betonului după turnare	Termometre înglobate în beton
Depasări relative ale ploturilor pe rosturi	Bolțuri pe ploturile adiacente
Temperatura mediului (aer, apă)	Termometre
Infiltrații	Deversoare de control. Debitmetre.
Nivelul apei în lac	Mire de nivel. Limnigrafe.
Vibrații. Evenimente seismice	Telelimnigrafe
Subpresiune	Accelerometre. Seismometre
	Traductori de presiune

Tabelul 2.2

Parametrii monitorizați din fundație și versanți	Tip de instrumente
Presiunea interstițială (roci)	Traductori de presiune
Presiunea în pori (pământuri)	Piezometre
Depasări (orizontale, verticale)	Rockmetre. Clinometre
Infiltrații	Penduli inverși (deplasări orizontale)
	Deversoare de control. Debitmetre

Tabelul 2.3

Nr crt.	Tip de instrument	Montat (1970-1978)	În funcțiune în anul 2006
1	Penduli direcți	4	4
2	Penduli inverși	2	2
3	Rockmetre cu trei tije	7	7
4	Bolțuri deformetrice (poziții)	28	27
5	Hidrometre	22	22
6	Foraje de drenaj între ploturi	75	75
7	Foraje de drenaj în versanți	6	3
8	Telepresmetre	26	11
9	Teletermetre beton	87	85
10	Teletermetre aer	4	4
11	Teletermetre apă	4	4
12	Bolțuri clinometrice (poziții)	14	14

În figurile 2.2 și 2.3 se ilustrează amplasarea rețelei geodezice de supraveghere și a aparaturii principale de măsură amplasate la barajul Gura Râului.

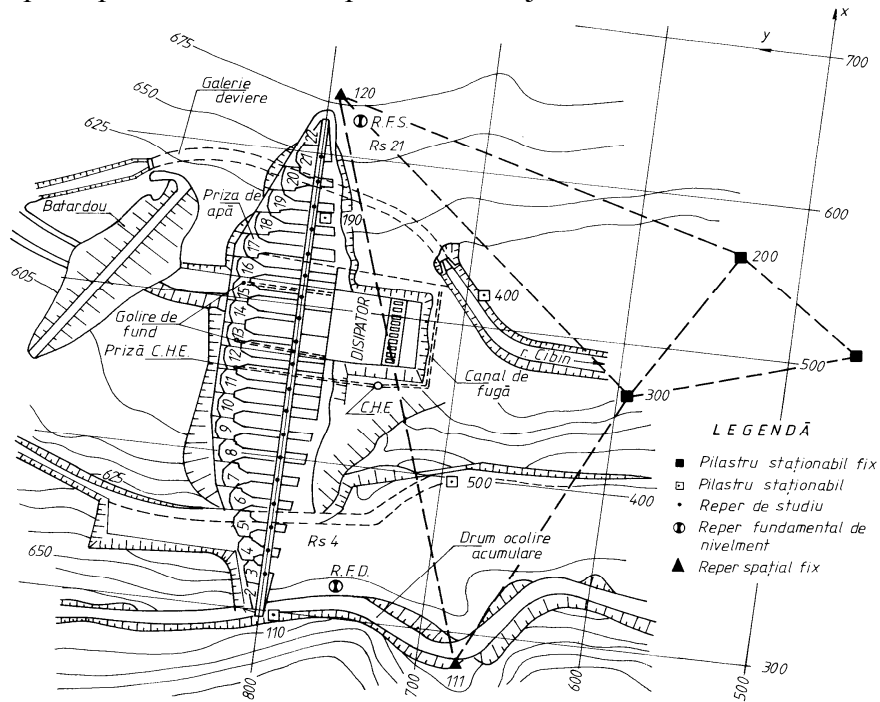


Fig. 2.2. Barajul Gura Râului - Plan de situație cu rețeaua geodezică.

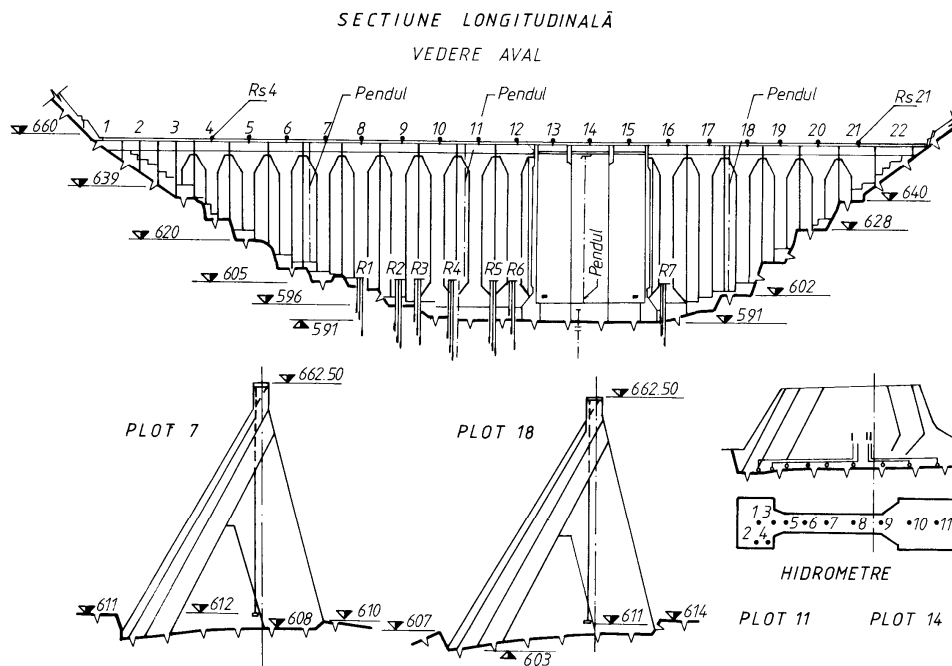


Fig. 2.3. Barajul Gura Râului - Amplasarea aparaturii de măsură.

Datele obținute din activitatea de supraveghere a barajelor de beton (monitorizare+inspecții vizuale) servesc în principal următoarelor scopuri: verificarea generală a stabilității lucrării și a stării de eforturi, evaluarea funcționalității sistemului de etanșare și drenaj, detectarea fisurilor (crăpăturilor) și determinarea cauzelor care le-au generat. În cazul fundației și versanților barajului, datele servesc următoarelor scopuri: evaluarea stabilității fundației și a versanților în zona barajului și a lacului de acumulare, identificarea punctelor eventuale de izvorâre din zona barajului și acumulării, evaluarea eficienței sistemelor de etanșare (voaluri de injecții, ecrane de etanșare) și drenaj.

2.3. Exemplificare cu echiparea unui baraj din umpluturi

Parametrii principali care se monitorizează în mod uzual la barajele de umpluturi au fost prezentați în Capitolul 1, punctul 1.2.

În figura 2.4 sunt prezentate scheme tipice de echipare cu aparatură UCC a unui baraj din umpluturi cu nucleu de argilă și respectiv a unui baraj de umpluturi cu mască de beton.

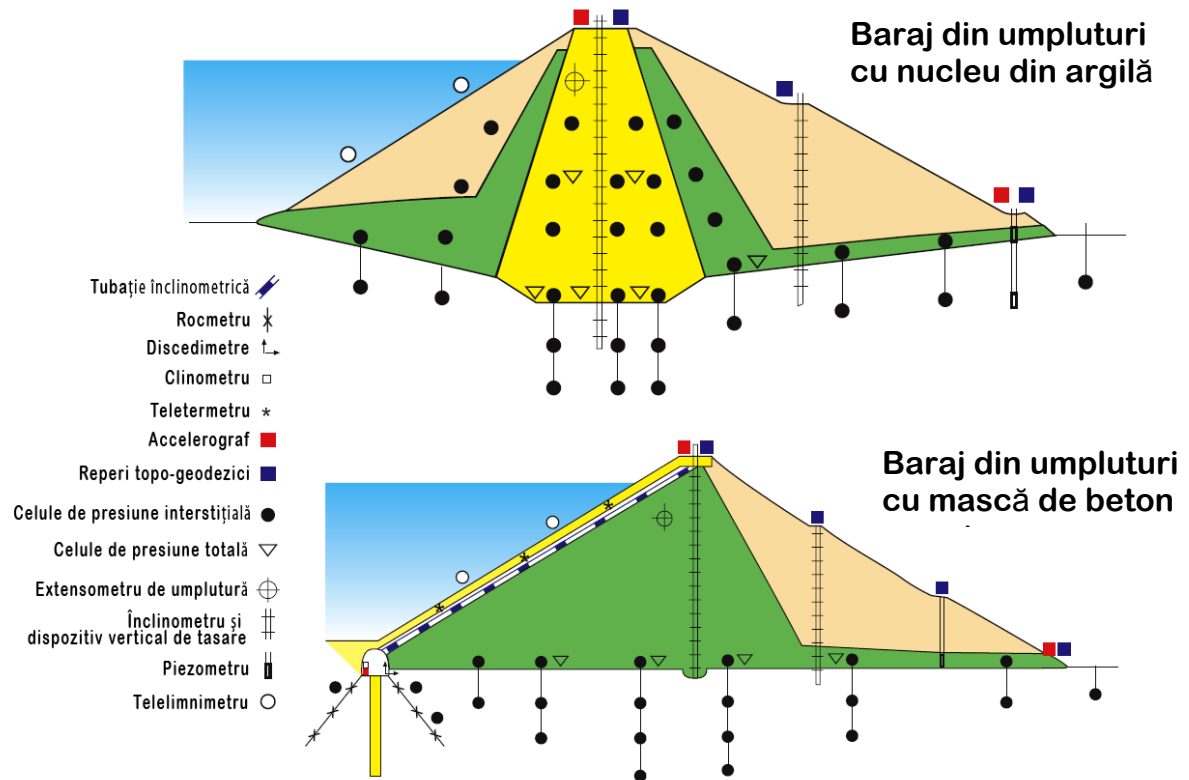


Fig.2.4 Scheme tipice de echipare cu AMC a barajelor din umpluturi

În tabelul 2.4 se prezintă tipurile de instrumente în funcție de parametrii măsurați.

Tabelul 2.4

Parametrii monitorizați la baraje de umpluturi	Tip de instrumente
Deplasări (Tasări) Presiunea apei în pori în elemente pământoase de etanșare Infiltrații (poziția curbei de infiltrații) Eforturi totale. Presiuni Deplasări ale versanților Starea de deformație (eforturi) în lucrările de beton asociate barajului de umpluturi	Instrumente și metode topogeodezice Clinometre Traductori de presiune Tuburi piezometrice Piezometre cu curgere controlată Telepresmetre Rockmetre Teleformetre. Extensometre electroacustice

Numărul de instrumente de monitorizare montat în sistemul baraj-fundație la barajele din umpluturi este diferit de la o lucrare la alta putând ajunge până la maxim 1500...2000. Comparativ cu barajele de beton, numărul de instrumente de monitorizare montat la barajele de umpluturi este în general mai redus.

În tabelul 2.5 se prezintă în cazul barajului Siriu ($H = 122$ m, baraj de pământ cu nucleu de argilă) parametrii principali care se monitorizează și tipurile de instrumente.

Tabelul 2.5

Parametrii monitorizați	Tipuri de instrumente	Număr de bucăți
<i>A Factori exteriori</i>		
Nivelul apei în lac	miră hidrometrică	1
Temperatura aerului	termometre	2
Precipitații	pluviometre	1
<i>B. Răspunsul construcției</i>		
Deplasări - Tasări	Rețea geodezică de microtriangulație și nivelmentde precizie	
Deplasări relative corp baraj	coloane inclinometrice de fabricație SINCO	
Deplasări relative la lucrăriauxiliare de beton	(SUA) cleme dilatometrice în galeria 611	15

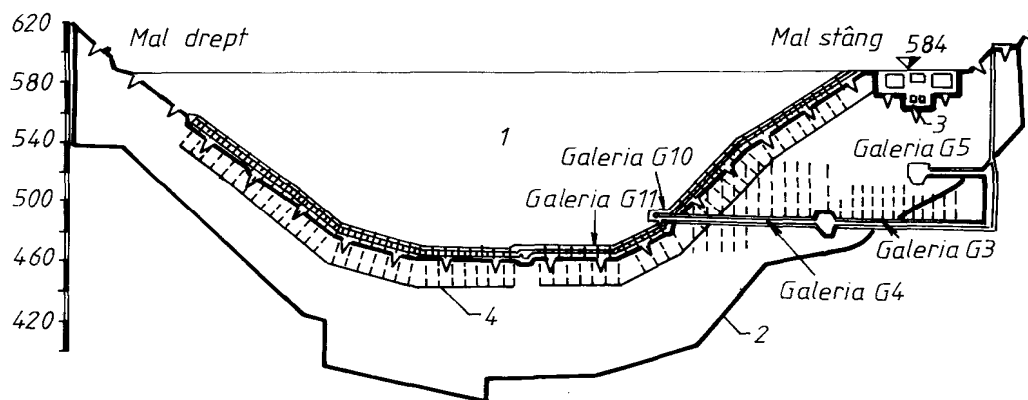


Fig. 2.6. Barajul Siriu - Profil longitudinal cu distribuția forajelor de drenaj în galeriile G_{11} , G_3 și G_4 ; 1 - corp baraj, 2 - limită voal de etanșare, 3 - descărcător de ape mari.

2.4. Prelucrarea primară operativă a măsurătorilor. Modele de comportament pentru diagnosticarea stării de siguranță a construcției.

Activitatea de urmărire a comportării barajelor se desfășoară în mai multe etape succesive sau simultane care se comentează pe scurt în continuare:

- Efectuarea observațiilor și măsurătorilor - culegerea informațiilor prin inspectarea periodică a lucrării.

- Prelucrarea primară - transformarea mărimilor măsurate în mărimi utilizate în UCC. Această operație se poate face înainte sau după introducerea datelor în calculator.

- Introducerea datelor în baza de date care servește atât pentru conservarea în decursul timpului a informațiilor, cât și pentru transmiterea lor la nivelurile următoare de prelucrare și interpretare.

- Verificarea „normalității” comportării prin compararea rezultatelor măsurătorii cu rezultatele obținute prin calcul pe un model de comportare, pentru solicitările exterioare din momentul efectuării măsurătorii. Operațiunea se poate face manual (folosind modele prelucrate sub formă grafică) sau pe calculator (folosind ca model o relație analitică). În cazul în care se intră în situație extraordinară, se trece la efectuarea măsurătorilor cu frecvență sporită și, dacă este cazul, se declanșează analize speciale pentru explicarea fenomenelor observate.

- Analiza unor fenomene atipice presupune în primul rând separarea solicitărilor exterioare de factorul timp, pentru a vedea dacă fenomenul este evolutiv sau nu și cum reacționează la eventualele măsuri de exploatare menite să-l mențină sub control.

Operațiunile de mai sus sunt în general caracteristice pentru nivelul local de analiză.

- Reanalizarea datelor obținute în etapele anterioare de analiză sub forma grafică a diagramelor de evoluție în timp a mărimilor măsurate și eventuala eliminare a unor puncte pentru care există argumente de eroare grosolană.

- Selectarea valorilor caracteristice pentru variațiile înregistrate în perioada analizată: medii, minime, maxime, variații etc. și compararea lor cu valorile caracteristice din perioadele anterioare de exploatare.

- Stabilirea parametrilor esențiali pentru definirea comportării barajului, ținând seama de tipul de construcție, de problemele amplasamentului și de comportarea anterioară.

- Stabilirea modelelor de comportament pentru parametrii esențiali care caracterizează comportarea barajului prin prelucrarea statistică a măsurătorilor efectuate.

În figura 2.7 este prezentată schema etapelor de evaluare a siguranței unui baraj pe baza datelor obținute din sistemul de supraveghere.

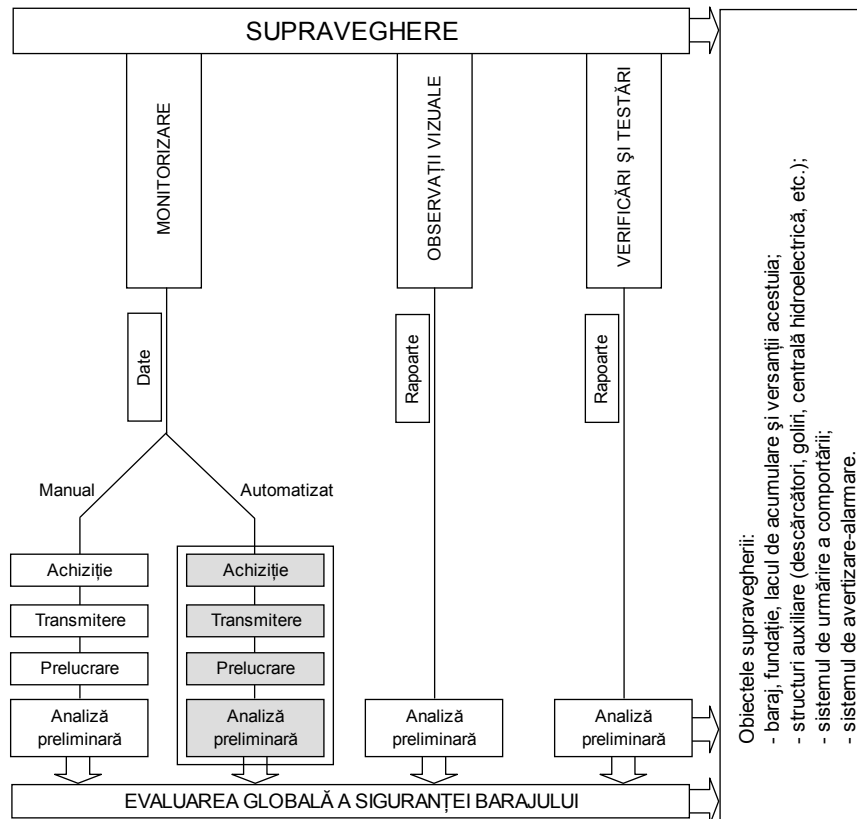


Figura 2.7. Schema etapelor de evaluare a siguranței unui baraj pe baza datelor obținute din sistemul de supraveghere.

3. PROIECTUL DE URMĂRIRE SPECIALĂ

3.1. Frecvența măsurătorilor

Frecvența observațiilor vizuale directe și a măsurătorilor la aparatura instalată în sistemul baraj – fundație face parte din proiectul de urmărire specială și este stabilită inițial de proiectantul amenajării iar ulterior poate fi adaptată funcție de comportarea lucrării și la propunerea deținătorului ei.

Frecvența observațiilor vizuale directe și a măsurătorilor la aparatura instalată în sistemul baraj – fundație se stabilesc corespunzător fiecărei faze din viața construcției: execuție, prima punere sub sarcină, exploatare curentă și eventual în anumite situații speciale care se pot produce în oricare dintre fazele menționate mai înainte.

Frecvența observațiilor vizuale directe și a măsurătorilor la AMC este stabilită în funcție de viteza de variație a parametrului sau fenomenului urmărit, de efectele lor asupra construcției precum și de starea construcției (comportare normală/atipică, grad de îmbătrânire etc.).

În tabelul 3.1 se prezintă conform proiectului de urmărire specială frecvența măsurătorilor la AMC-urile instalate la amenajarea Dridu de pe râul Ialomița, atât pentru situația normală cât și pentru situația excepțională.

Tabelul 3.1

Nr. crt.	Parametrii urmăriți	Tip aparat	UM	Frecvența	
				normală	excepțională
1	Nivel lac	Miră hidrometrică	mdM	1/zi	1/zi
2	Precipitații	Pluviometru	mm/zi	1/zi	1/zi
3	Debite infiltrate	Foraje de drenaj	l/min	1/săptămână	1/zi
4	Subpresiuni	Foraje de drenaj	mdM	1/săptămână	1/zi
5	Niveluri piezometrice	Foraje piezometrice	mdM	1/săptămână	1/zi
6	Presiuni totale	TPT	bar	1/săptămână	1/zi
7	Presiuni interstițiale	TPI	bar	1/săptămână	1/zi
8	Deplasări relative	Cleme dilatometrice	mm	1/săptămână	1/zi
9	Deplasări absolute	Retea geodezică	mm	2/an	
10	Colmatare lac	Profile batimetrice	mdM	3-5 ani	După viituri
11	Modificări albie aval	Profile batimetrice	mdM	3-5 ani	După viituri
12	Observații vizuale			zilnic	Program special

Observațiile vizuale directe se încadrează în una din următoarele situații:

- periodice după un program calendaristic bine stabilit, conform tabel 3.2 :

Tabel 3.2

	Frecvența	Cine o efectuează	Cine verifică	Unde se consemnează
A	Zilnic	Intregul personal	Șefii de formații	Registrul de tură
B	Săptămânal	Șefii de formații	Șef UCCH	Registrul de tură
C	Lunar	Șef UCCH	Șef exploatare	Registrul de evenimente
D	Anual	Comisie numită de conducere	Conducere	PV

- în timpul unor solicitări extraordinare;
- după înregistrarea unor solicitări extraordinare;
- în momentul semnalării unor fenomene atipice : apariția de umeziri, izvorări, indicii ale unor deplasări, fisurări, etc;
- atunci când se face o reevaluare a stării de siguranță, după o perioadă mai îndelungată de exploatare.

Pentru a asigura o bună desfășurare a activității de inspecții vizuale directe obligațiile personalului relativ la observațiile periodice (traseul necesar a fi parcurs, punctele și fenomenele urmărite, frecvența, etc) trebuie să fie menționate în fișele de post.

Controlul respectării programului de inspecții este deosebit de important. El se poate face în diferite moduri, mergând până la consemnarea unor evenimente în sistem și urmărirea momentului în care ele sunt semnalate de către personal.

Cu excepția celor periodice, inspecțiile se efectuează de către echipe din care se recomandă să facă parte specialiști din diferite domenii : constructori, geologi, mecanici, etc.

Conținutul inspecției vizuale efectuată pentru reevaluarea stării de siguranță este prevăzut în recomandări speciale.

Șeful compartimentului de supraveghere a comportării construcției sau înlocuitorul acestuia fac parte obligatoriu din comisiile care efectuează inspecțiile cu excepția celor periodice. Constatările se consemnează într-un proces verbal semnat de comisia de inspecție și vizat de conducerea unității.

3.2. Conținutul rapoartelor anuale și de sinteză privind comportarea lucrării.

Documentațiile de analiză a comportării construcțiilor cuprind sinteze ale datelor referitoare la starea și comportarea construcțiilor pe o perioadă de timp determinată.

Scopul acestor documentații care uzual se întocmesc anual este să stabilească dacă pe perioada de referință în exploatarea construcției au apărut fenomene care pot afecta siguranța lucrărilor, să orienteze deciziile pentru eventuale lucrări de remediere sau modificări ale regulamentului de exploatare (exploatare restricționată), și să propună măsuri pentru îmbunătățirea activității UCC. Documentațiile de sinteză se fac uzual la intervale de 5ani.

Conținutul cadru al documentațiilor de analiză a comportării construcțiilor hidrotehnice în conformitate cu reglementările din România (NP 087/03) trebuie să conțină următoarele capitole și mpuncte:

1. Date generale

Denumure, tip construcție, amplasare
Apartenență administrativă
Funcțiile lucrării, clasa și categoria de importanță
Lucrări componente ale amenajării
Date caracteristice (geologie, hidrogeologie, hidrologie, niveluri, volume)
Scurt istoric si evenimente deosebite înregistrate
Piese desenate (plan de situație, secțiuni caracteristice etc)

2. Sistemul de supraveghere

Obiectivele sistemului de supraveghere
AMC pentru solicitările exterioare
AMC pentru supravegherea construcțiilor și a fundației acestora
Modificări survenite în sistemul de supraveghere

3. Organizarea activității de supraveghere

Schema de organizare
Frecvența observațiilor vizuale directe și a măsurărilor
Criterii de avertizare – alarmare
Semnalarea atingerii unor criterii de avertizare – alarmare
Aprecieri asupra funcționării AMC

4. Solicitățile construcției în perioada analizată

Nivelul apei
Precipitații
Temperatura aerului (apei)

Viituri înregistrate
Solicitări seismice
Modificări produse din colmatare, eroziune
Funcționarea descărcătorilor
Caracterizarea solicitărilor în comparație cu cele ale perioadei anterioare și cu cele de calcul
Tabele și piese desenate (grafice de evoluție pe toată perioada și detaliat pentru cea analizată)

5. Sinteza observațiilor vizuale

Integritatea structurii inclusiv fundația și versanții
Lacul de acumulare și versanții (malurile)
Evacuatorii
Situția șenalelor amonte și aval
Starea căilor de acces

6. Echipamentul hidromecanic din frontul de retenție

Componenta
Caracteristici tehnice principale
Starea structurii, instalațiilor de acționare, etanșărilor, protecției anticorozive, instalațiilor de urmărire și semnalizare a poziției
Starea accesului și iluminatului
Probe efectuate conform regulamentului de exploatare
Funcționarea echipamentelor în exploatare curentă și la manevre profilactice
Lucrări de întreținere executate
Realizarea recomandărilor propuse în documentațiile anterioare

7. Prelucrarea și interpretarea măsurătorilor

Obiectul și scopul prelucrării
Evoluția parametrilor mășurați
Corelații între acțiuni și parametri de răspuns
Reprezentarea graficelor caracteristice (graficul mărimilor mășurate, distribuții spațiale ale parametrilor mășurați, graficele domeniului normal de variație etc.)
Interpretarea rezultatelor
- modul de încadrare a rezultatelor în doimeniul prognozat
- explicarea încadrării unor valori
- menținerea dependențelor sau a corelațiilor în timp
- evaluarea efectelor ireversibile

8. Evenimente deosebite înregistrate și măsuri adoptate

9. Concluzii

In acest capitol se subliniază aspectele relevante rezultate din analiza făcută privind starea generală a construcțiilor și AMC, programele de măsurători, etc.

10. Recomandări pentru activitatea UCC

Recomandările se pot referi la modificarea proiectului de urmărire specială, suplimentarea aparaturii UCC, programele de măsurători, valorile și criteriile de atenție – avertizare incluzând și studii complementare, etc.

4. MODELE DE COMPORTAMENT

4.1. Elemente generale

Proiectarea barajelor se face pe baza unor modele construite pe baza practicii ingineresti de la data respectivă, stabilită pe cazuistica (lucrări realizate, incidente și accidente, observații și măsurători) înregistrată și asimilată până în acel moment.

Realizarea unor modele conceptuale pentru domeniul barajelor prezintă dificultăți în principal din cauză că un baraj, care are oricum dimensiuni foarte mari, lucrează cu o întindere mare din terenul de fundare care conduce la condiții de margine și proprietăți ale materialelor foarte complexe.

Urmărirea comportării în timp se face prin comparare cu modelul stabilit și are deci un rol dublu: de verificare atât a corespondenței modelului cu realitatea cât și de verificare a comportării normale, fără riscuri suplimentare a construcției.

Există o diferență mare între modelul de proiectare și modelul de comportare. Modelul de proiectare analizează situația pentru solicitările maxime. În acest caz putem admite simplificări cu condiția ca rezultatul să fie acoperitor pentru siguranța construcției. Modelul de comportare oferă o posibilitate de a obține răspunsul construcției pentru diferite asocieri și niveluri de solicitare.

Interpretarea datelor colectate prin sistemul de monitorizare și de inspecții directe este necesară pentru evaluarea stării de siguranță a lucrării respective. Modelele de bază folosite pentru interpretarea datelor obținute din supravegherea barajelor sunt în prezent de mai multe tipuri: deterministe, statistice, bazate pe rețele neuronale, hibride etc..

4.2. Modele deterministe

Modelele deterministe sunt modele matematice bazate de obicei pe procedee numerice (elemente finite, diferențe finite, elemente de graniță) capabile să simuleze răspunsul sistemului baraj-fundație la acțiunile mediului înconjurător. Aceste modele se elaborează încă din faza de proiectare a lucrării și apoi se calibrează cu ocazia punerii sub sarcină a barajului sau în primii ani de exploatare. Calibrarea modelelor matematice înseamnă corectarea parametrilor fizici care caracterizează sistemul (caracteristici mecanice, hidraulice etc.) în așa fel ca răspunsul calculat să fie cât mai apropiat de cel rezultat din măsurătorile în teren. Pe durata exploatării lucrării, în paralel cu progresele științei, în mod curent sunt elaborate noi modele matematice mai perfecționate care să simuleze mai precis răspunsul sistemului.

Pentru exemplificare în figurile 4.1 și 4.2 se prezintă schema de discretizare în elemente finite a barajului arcuit Gordon ($H = 140$ m, Australia) și unul din testele de validare a modelului de calcul. Calculele s-au efectuat cu programul MSC/NASTRAN

pentru Windows. Corpul barajului a fost discretizat cu 2425 elemente BRICK cu 8 noduri dispuse pe trei rânduri pe grosimea barajului, iar terenul de fundare cu 6325 elemente BRICK. Pe paramentele amonte și aval ale barajului au fost atașate elemente de membrană foarte subțiri. În figura 4.2 se prezintă comparativ deplasările radiale în timpul primei umpleri, în consola centrală la cota 232 mdM (circa 50 m deasupra fundației), calculate prin metoda elementelor finite și respectiv măsurate la penduli (deplasări cumulate măsurate la pendulul direct și invers din consola centrală). Corespondența între valorile prognozate cu modelul matematic și cele înregistrate a fost destul de bună astfel că modelul matematic a fost validat. Calculele au fost făcute în domeniul linear elastic cu materiale izotrope având următoarele caracteristici: beton $E_b = 24,1 \text{ GPa}$, $\nu = 0,20$, $\gamma_b = 2400 \text{ Kg/m}^3$, $\alpha = 11,7 \cdot 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}$; roca din fundație $E_r = 16 \text{ GPa}$, $\nu = 0,20$.

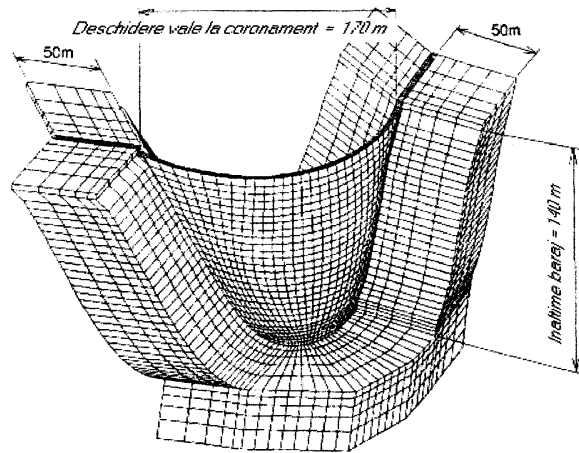


Fig. 4.1. Barajul Gordon ($H = 140 \text{ m}$, Australia) - Schema de discretizare în elemente finite.

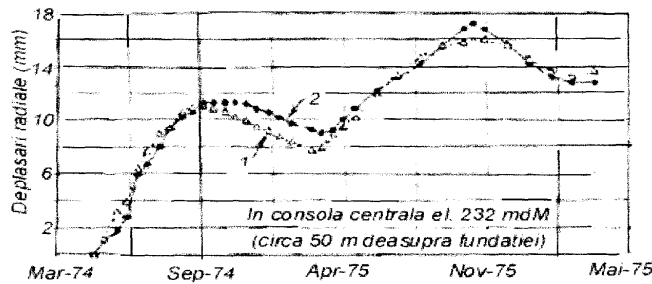


Fig. 4.2. Barajul Gordon - Validarea modelului de calcul prin compararea deplasărilor radiale în consola centrală - elevație 232 mdM, în timpul primei umpleri; 1 - calculate prin metoda elementelor finite, 2 - măsurate la penduli (direct + invers).

4.3 Modele statistice

Modelele statistice sunt modele matematice bazate pe prelucrarea măsurătorilor anterioare asupra comportării sistemului. În domeniul barajelor, pentru elaborarea unui model statistic trebuie să fie disponibile măsurătorile de la aparatura de monitorizare pentru o perioadă suficient de lungă din exploatarea lucrării. Pe baza acestor date se determină corelații statistice între anumite mărimi măsurate (deplasări, infiltrații etc.) și factorii exteriori care le determină variația (nivelul hidrostatic în lacul de acumulare, temperatura, vârsta barajului etc.). Valorile măsurate ulterior se compară cu cele rezultate din corelația bazată pe măsurătorile anterioare, fiind posibil astfel să se aprecieze dacă desfășurarea fenomenului urmărit se produce după aceeași lege sau dacă au intervenit elemente noi sau anomalii de comportare care necesită analiza lor.

Modelele statistice se pot clasifica în probabilistice și serii temporale. Modelele probabilistice consideră că între diversele elemente ale unui fenomen nu există legături cauză-efect, dar efectul este o variabilă aleatoare a cărei funcție de distribuție a probabilităților depinde de cauze. Modelele serii temporale realizează o corelație între efect și cauză împreună cu parametrii statistici ai seriilor măsurate. Modelarea seriilor temporale poate fi efectuată prin echivalarea seriilor de timp ca semnale care prin transformata Fourier sunt trecute în domeniul frecvențelor și filtrate.

În continuare, din categoria modelelor statistice se vor prezenta modelul statistic EdF (Electricité de France) și varianta lui perfecționată denumită CONDOR, modele care sunt frecvent aplicate în practica supravegherii comportării barajelor.

În modelul EdF se consideră că răspunsul barajului (X) este influențat în principal de trei factori exteriori (nivelul hidrostatic în lac, temperatura, vârsta barajului), ale căror efecte sunt aditive.

$$X = f_1(\text{nivel hidrostatic}) + f_2(\text{temperatură}) + f_3(\text{vârstă baraj}) + \varepsilon, \quad (4.1)$$

unde ε este eroarea de aproximare a modelului, din cauza factorilor puțin importanți care au fost neglijați și erorilor de măsură.

Experiența a arătat că în fiecare an la aceeași dată, starea termică a unui baraj este practic aceeași, datorită inerției termice a lucrării. Astfel, în relația (8.2) funcția de temperatură poate fi înlocuită cu o funcție sezonieră, cu perioada de un an:

$$X = f_1(\text{nivel hidrostatic}) + f_2(\text{sezon}) + f_3(\text{vârstă baraj}) + \varepsilon \quad (4.2)$$

Marea varietate a formelor necesare la legea hidrostatică pot fi obținute printr-o funcție polinomială de gradul IV a adâncimii relative Z în raport cu nivelul normal de retenție (NNR), conform relației:

$$f_1(Z) = a_1 Z + a_2 Z^2 + a_3 Z^3 + a_4 Z^4, \quad (4.3)$$

unde $Z = \frac{NNR - NH}{H_b}$, NNR fiind cota nivelului normal de retenție, NH - nivelul acumulării în ziua măsurătorii și H_b - înălțimea barajului (adâncimea lacului).

În forma de mai înainte, variabila Z are valori cuprinse între 0 și 1, independent de altitudinea și adâncimea lacului. Ea permite, în particular, o bună precizie în rezolvarea numerică a sistemului algebric de ecuații. De asemenea, ea impune situația de lac plin la NNR ca starea de referință hidrostatică:

$$f_1(Z) = 0 \quad \text{atunci când } Z = 0, \quad \text{respectiv } NNR = NH. \quad (4.4)$$

Legea sezonieră la marea majoritate a fenomenelor este corect reprezentată printr-o funcție sinusoidală S asociată unei faze necunoscute (defazaj) φ . Asimetriile utile pot fi introduse completând expresia cu o armonică de frecvență dublă și fază necunoscută Ψ , rezultând:

$$f_2(S) = \alpha \cdot \cos(S + \varphi) + \beta \cos(2S + \Psi) \quad (4.5)$$

Relația (8.6) se prelucrează în funcție de faze și se obține:

$$f_2(S) = a_5 \cos S + a_6 \sin S + a_7 \sin^2 S + a_8 \sin S \cos S, \quad (4.6)$$

unde:

$$a_5 = \alpha \cos \varphi$$

$$a_6 = -\alpha \sin \varphi$$

$$a_7 = -2\beta \cos \Psi$$

$$a_8 = -2\beta \sin \Psi$$

$$S = 2\pi \frac{D_i - D_0}{365,25} \text{ (rad) sau: } S = 360 \frac{D_i - D_0}{365,25} \text{ (grade sexg).}$$

Variabila (S) are valoarea 0 la 1 Ianuarie și 2π (sau 360^0) la 31 Decembrie.

Legea care ia în considerație vârsta lucrării (T) are un termen exponențial negativ care reprezintă evoluția amortizată și un termen exponențial pozitiv care reprezintă evoluția accelerată. Timpul curge din momentul începerii punerii sub sarcină a lucrării și consideră ca unitate de timp anul. Relația are forma:

$$f_3(T) = a_9 e^T + a_{10} e^{-T} , \quad (4.7)$$

unde $T = \frac{D_i - D_0}{365,25}$ (ani); D_0 - data de referință a modelului (începerea punerii sub sarcină a barajului); D_i - data măsurătorii.

Legea considerată nu are capacitatea de a reprezenta anumite variații atipice sau discontinuități care apar uneori. Ea reprezintă, totuși, în cazul general o bună aproximare a influenței vârstei barajului asupra răspunsului.

În final, expresia completă a modelului statistic EdF are aspectul :

$$X = a_0 + a_1 Z + a_2 Z^2 + a_3 Z^3 + a_4 Z^4 + a_5 \cos S + a_6 \sin S + \\ + a_7 \sin^2 S + a_8 \sin S \cos S + a_9 e^T + a_{10} e^{-T} + \varepsilon . \quad (4.8)$$

În relația (4.8) coeficienții (constantele) $a_0 \dots a_{10}$ sunt necunoscutele care se determină pe baza datelor din măsurători (a_0 este o constantă care ține cont de arbitrariul stării de măsură a parametrului X). În acest scop din baza de date se selectează succesiv câte 11 seturi de măsurători care formează sisteme de 11 ecuații cu 11 necunoscute. Fiecare sistem va furniza câte un set de valori pentru coeficienții $a_0 \dots a_{10}$ cu o anumită eroare ε_i . Valorile finale ale coeficienților $a_0 \dots a_{10}$ se determină prin minimizarea erorilor pe baza algoritmului celor mai mici pătrate.

Modelul statistic CONDOR dezvoltat de Biroul de consultanță Coyne & Bellier este o variantă perfecționată a modelului EdF. În modelul CONDOR funcțiile de influență a nivelului hidrostatic și sezonier rămân identice ca în modelul EdF dar se schimbă funcția de influență a vârstei lucrării. De asemenea, erorile sunt împărțite în două categorii: FN (din cauza fenomenelor neglijate) și E (eroarea de măsură a parametrului rezultat).

Legea care ia în considerație vârsta lucrării (T) are o parte polinomială care reprezintă evoluția accelerată și o parte exponențială care reprezintă evoluția amortizată. Ea are expresia:

$$f_3(T) = a_9 T + a_{10} T^2 + a_{11} e^{-T} , \quad (4.9)$$

unde termenul $a_9 T$ reprezintă componenta liniară a tendinței (evoluție accelerată), iar $a_{10} T^2$ - componenta pătratică a tendinței (evoluție accelerată).

Expresia completă a modelului statistic CONDOR are aspectul:

$$X = a_0 + a_1 Z + a_2 Z^2 + a_3 Z^3 + a_4 Z^4 + a_5 \cos S + a_6 \sin S + a_7 \sin^2 S + a_8 \sin S \cos S + a_9 T + a_{10} T^2 + FN + E . \quad (4.10)$$

Modelele statistice EdF și CONDOR s-au aplicat cu foarte bune rezultate la determinarea comportamentului din punct de vedere al deplasărilor la barajele de beton. După determinarea coeficienților este posibil să se evalueze ponderea diverșilor factori (nivel hidrostatic, temperatură, vârstă lucrare) în răspuns.

În figurile 4.3 și 4.4 sunt exemplificate două aplicații ale modelelor EdF și respectiv CONDOR în modelarea statistică a deplasărilor unui pendul și respectiv a unui rockmetru de la barajul Gura Râului. Din figura 4.3 se poate remarca diferența procentuală foarte mică (< 2%) între valorile înregistrate ale deplasărilor pendulului și cele calculate cu modelul EdF. Separarea influenței diverșilor factori exteriori asupra deplasărilor rockmetrului (fig. 4.4), relevă așa cum era de așteptat că nivelul hidrostatic are influența cea mai importantă asupra răspunsului în deplasări al rockmetrului.

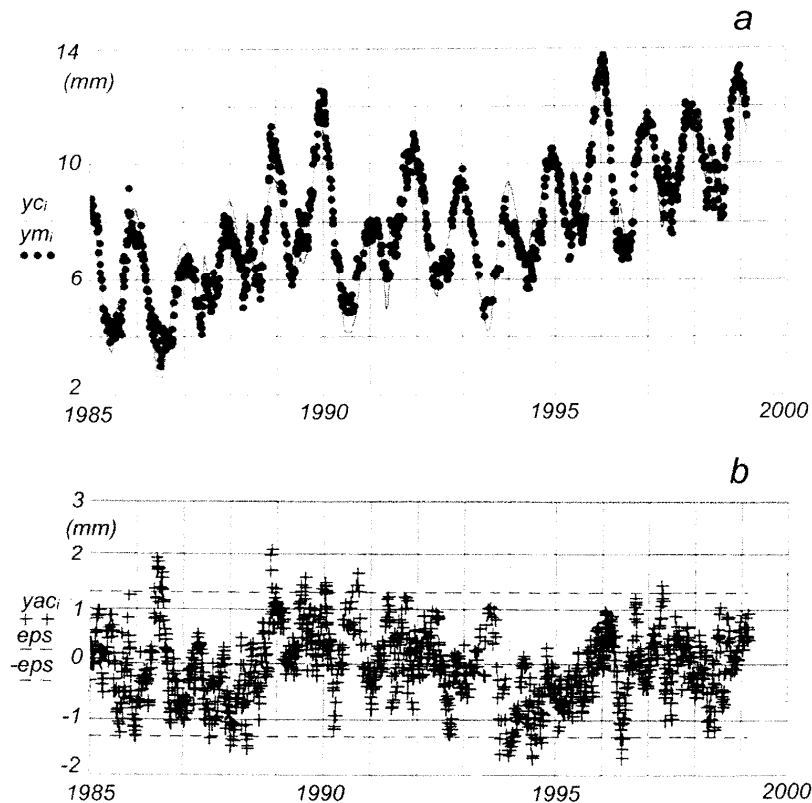


Fig. 4.3. Barajul Gura Râului - Aplicarea modelului statistic EdF în evaluarea deplasărilor amonte-aval, pendulul invers, plot 14 (a) și diferențe procentuale între evaluări și măsurători (b).

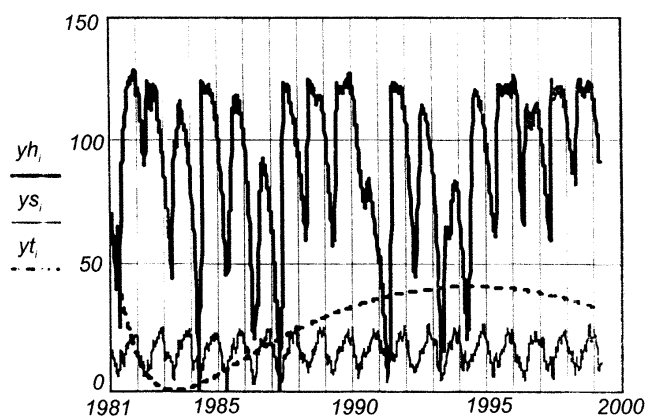


Fig. 4.4. Barajul Gura Râului - Aplicarea modelului CONDOR pentru separarea influențelor nivelului hidrostatic, temperaturii aerului și vârstei barajului asupra deplasărilor unui rocmetru.

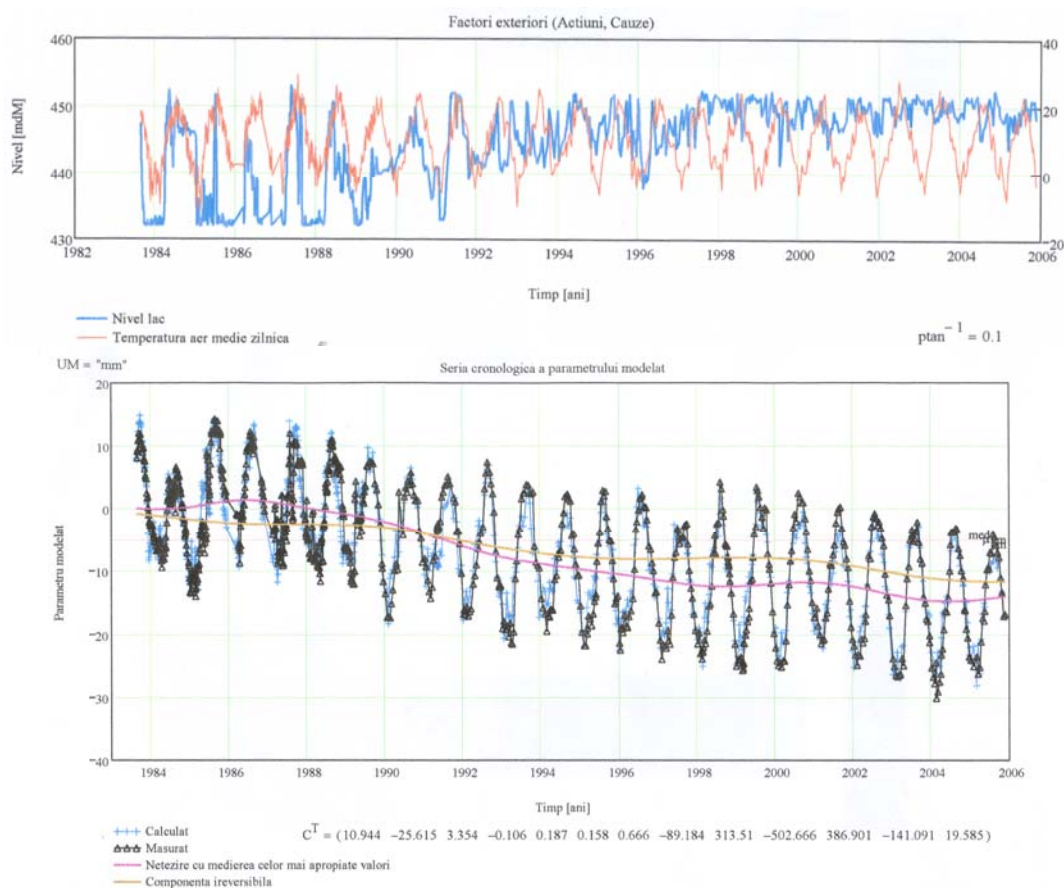


Fig. 4.5 Serii cronologice a parametrilor de mediu (nivel lac, temperatura aer) și respective a deplasărilor amonte – aval înregistrate și calculate cu modelul statistic CONDOR la pendulul direct din plotul 10 de la barajul Brădișor.

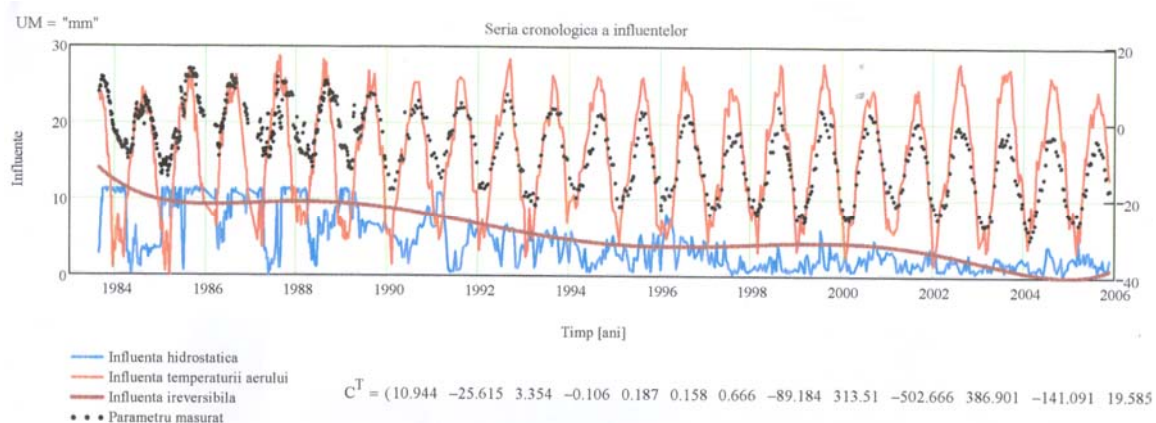


Fig. 4.6 Influența nivelului în lac, a temperaturii aerului și a îmbătrânirii (deplasări ireversibile) asupra deplasărilor amonte – aval înregistrate și calculate cu modelul statistic CONDOR la pendulul direct din plotul 10 de la barajul Brădișor.

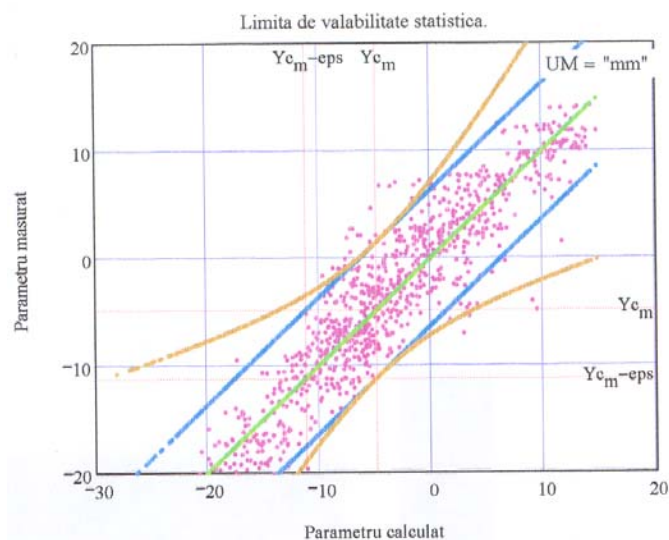


Fig. 4.7 Limitele admise statistic între valorile măsurate și calculate cu modelul CONDOR ale deplasărilor amonte – aval de la pendulul direct din plotul 10 de la barajul Brădișor.

În figurile 4.5...4.7 sunt ilustrate analize statistice efectuate cu modelul CONDOR ale deplasărilor amonte – aval înregistrate la pendulul direct din plotul 10 de la barajul Brădișor. Se poate remarca corelația foarte bună între valorile calculate și cele corespundente înregistrate (coeficient de corelație 0.90) precum și influența mare a temperaturii aerului asupra deplasărilor barajului.

Modelele statistice sunt simple de aplicat și permit detectarea rapidă a unor anomalii de comportament, semnale de alarmă care impun luarea unor măsuri rapide pentru readucerea lucrării în limitele normale de comportare.

4.4 Modele bazate pe rețele neuronale

În rețelele neuronale informația nu mai este memorată în zone bine precizate, ca în cazul algoritmilor standard, ci este memorată difuz în toată rețeaua. Memorarea se face stabilind valori corespunzătoare ale ponderilor conexiunilor sinaptice dintre neuronii rețelei

În figura 4.8 schema unui neuron artificial și rețeaua neuronală folosită pentru predicția evoluției infiltrațiilor în terasa dela versantul drept al barajului Motru.

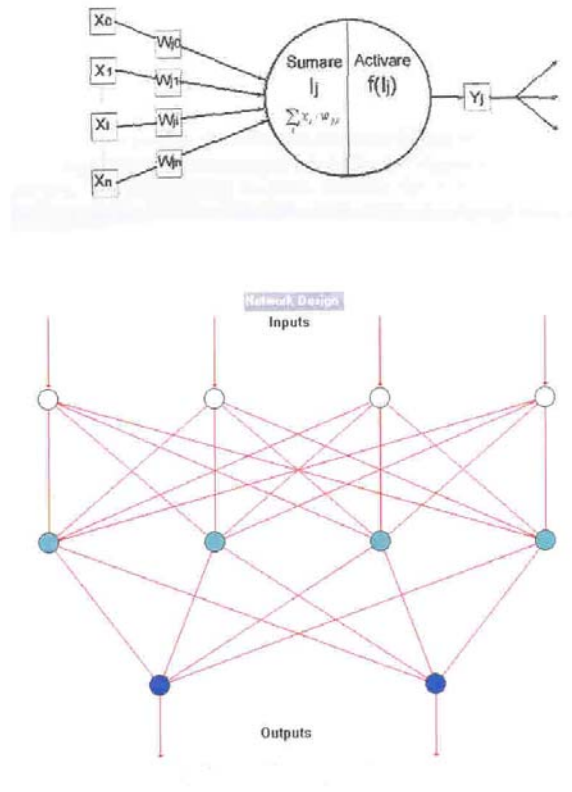


Fig. 4.8 Reprezentări schematice ale unui neuron artificial și a rețelei neuronale aplicate pentru predicția nivelurilor în forajele piezometrice și a infiltrațiilor în versantul drept al barajului Motru.

Un alt element important, care este, probabil, principalul responsabil pentru succesul acestor modele, este capacitatea rețelelor neuronale de a învăța din exemple. În mod tradițional, pentru a rezolva o problemă, trebuie elaborat un model (matematic, logic, lingvistic etc.) al acesteia. Apoi, pornind de la acest model, trebuie să se stabilească o succesiune de operații reprezentând algoritmul de rezolvare a problemei. Există, însă, probleme practice de mare complexitate pentru care stabilirea unui algoritm, fie el și unul aproximativ, este dificilă sau chiar imposibilă. În acest caz, problema nu poate fi abordată folosind un algoritm tradițional, indiferent de resursele de memorie și timpul de calcul disponibil.

Caracteristic rețelelor neuronale este faptul că, pornind de la o mulțime de exemple, ele sunt capabile să sintetizeze în mod implicit un anumit model a problemei. Practic, o rețea neuronală își construiește singură algoritmul pentru rezolvarea unei probleme, dacă i se furnizează o mulțime reprezentativă de cazuri particulare (exemple de instruire). Rețeaua neuronală extrage informația prezentă în mulțimea de instruire (învață din exemplele prezentate). În această situație se spune că rețeaua este instruită (antrenată). În faza de lucru - sau de referință - rețeaua va folosi informația achiziționată în etapa de instruire pentru a trata situații de aceeași natură cu cele conținute în mulțimea de instruire.

În cadrul modelelor cu rețele neuronale nu mai este necesar să se furnizeze un algoritm determinist de rezolvare a unei probleme. Instruirea necesită doar o mulțime consistentă de exemple împreună cu o regulă de modificare a ponderilor interneuronale. Pentru fiecare exemplu regula de instruire compară ieșirea dorită (dată de exemplu) cu ieșirea reală a rețelei și determină o modificare a ponderilor, în conformitate cu o strategie precizată. De regulă, stabilirea ponderilor este un proces iterativ.

Capacitatea rețelelor neuronale de a rezolva probleme practice complexe utilizând o mulțime (uneori restrânsă) de exemple le conferă un potențial de aplicabilitate extrem de larg. Spectrul aplicațiilor merge de la sisteme de recunoaștere a caracterelor (utilizate în trierea corespondenței), de recunoaștere a semnăturilor (folosite în sistemul bancar) și recunoaștere a vorbirii, până la pilot automat și sisteme (în timp real) pentru controlul unor procese complexe. Acest spectru este în continuă extindere și se consideră că, cel puțin pentru viitorul apropiat, paradigma conexionistă va spori tot mai mult interesul cercetătorilor din domeniul Inteligenței Artificiale.

Un exemplu de rezultate obținute din antrenarea rețelei din figura 4.8 se pot vedea în figura 4.9 în care se prezintă influența nivelurilor din lac și a timpului asupra nivelurilor apei dintr-un foraj piezometric (F11) amplasat pe malul drept al barajului Motru. Se poate observa că în timp pentru același nivel în lac, nivelul în foraj a scăzut cu circa 0.50 m.

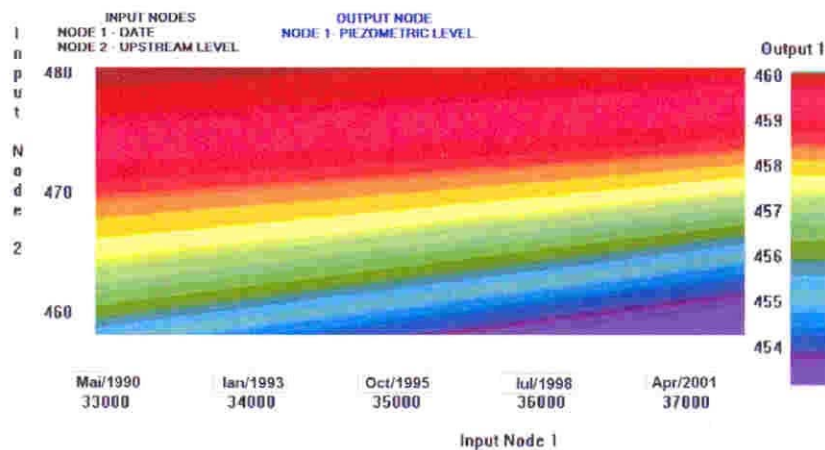


Fig. 4.9 Diagrama de influență a nivelurilor în lac și a timpului asupra nivelurilor apei dintr-un foraj piezometric (F11) amplasat pe malul drept al barajului Motru.

În supravegherea construcțiilor hidrotehnice rețelele neuronale fac parte din categoria de modele “black box”, deoarece se cunosc intrările și ieșirile, dar în general se preferă ignorarea algoritmului intrinsec rețelei neuronale. Acest algoritm s-ar poate deduce din explicitarea matematică a rețelei, dar el este ignorat datorită relevanței fizice scăzute a formulării matematice.

4.5 Alte modele

Între alte modele statistice care sunt descrise în lucrările de specialitate se pot menționa: modelul statistic cu defazaj, modelul statistic cu integrarea precipitațiilor, modelul statistic cu integrarea temperaturii aerului, modelul statistic autoregresiv Gresz-Szalavari, modele statistice de tip serii discrete de timp (AR, MA, ARMA, ARIMA).

Modelele hibride sunt combinații între două tipuri de modele dintre cele descrise mai înainte, cel mai frecvent între un model determinist și unul statistic.

5. FLUXUL INFORMAȚIONAL

Organizarea activității de supraveghere a comportării barajelor trebuie să fie conformă cu legislația în vigoare (Legea 10/1995, Legea 466/2001, HG nr. 766/1997, Norme metodologice P130/1999, NP 087-03). Analiza comportării construcțiilor hidrotehnice se realizează la mai multe niveluri de competență: baraj (nivelul local), unitate teritorială (sistem hidrotehnic, direcție bazinală, filială hidrocentrale etc.), unitate centrală și nivel național. Fiecare nivel de analiză are importanță și responsabilități specifice.

În acest flux informațional, îndeplinirea sarcinilor UCC la nivel local sunt esențiale pentru buna funcționare a întregului sistem. Responsabilii UCC la nivel local trebuie să anunțe ierarhic imediat a orice anomalie de comportare constatată pentru a permite nu numai luarea unor măsuri imediate pentru readucerea lucrării în limite de risc acceptabil dar și declanșarea unor observații și măsurători suplimentare, deosebit de importante pentru determinarea cauzelor la originea anomaliei de comportare și, în final, pentru alegerea celor mai eficiente soluții de remediere.

În mod obișnuit la nivel local (SGA – Sistem de Gospodărirea Apelor) sunt implicate următoarele persoane în luarea deciziilor și transmiterea informațiilor pe linie UCC: directorul unității, șefii de sisteme hidrotehnice, șefii de formații independente și responsabilul cu urmărirea comportării lucrărilor din administrare.

Compartimentul de urmărire a construcțiilor își desfășoară activitatea prin verificarea și controlul modului de îndeplinire a sarcinilor pe linie de UCC la fiecare nivel ierarhic precum și prin observații directe asupra fenomenelor semnalate. Compartimentul informează semestrial și ori de câte ori este necesar conducerea Direcției Apelor asupra activității de supraveghere a comportării construcțiilor din administrare. În caz de necesitate, membrii compartimentului vor lua măsurile necesare pentru evitarea sau limitarea efectelor negative ale fenomenelor constatate după care vor raporta ierarhic rezultatele acestora.

Responsabilul cu urmărirea comportării lucrărilor urmărește în mod direct prin controale pe teren comportarea tuturor obiectivelor din administrare o dată pe semestru și după orice eveniment deosebit. Responsabilul UCC întocmește “Raportul anual al activității de UCC pe SGA” care cuprinde cu propunerile făcute de șefii sistemelor hidrotehnice și ai formațiilor independente.

De asemenea, responsabilul cu UCC prelucrează și interpretează datele măsurătorilor și cele din rapoartele prezentate de șefii de sisteme hidrotehnice și ai formațiilor independente, iar anual întocmește “Raportul privind starea construcțiilor din administrare”.

Responsabilul cu UCC are obligația să instruiască personalul care participă la activitatea de urmarire a comportării lucrărilor cu privire la sarcinile ce le revin.

Șefii de sisteme și formații independente instruiesc personalul din subordine asupra modului de îndeplinire a îndatoririlor pe linie de UCC (șefii de formație, responsabilii pe obiecte: baragiști, agenți hidrotehnici, mecanici).

Compartimentul de supraveghere își desfășoară activitatea în colaborare cu alte compartimente cum ar fi: compartimentul de apărare împotriva inundațiilor, cadastrul apelor, producție, dispecerat și exploatarea lucrărilor.

Compartimentul de apărare întocmește planul de avertizare - alarmare și planul local de apărare împotriva inundațiilor; ia decizii și măsuri corespunzătoare pe timpul apelor mari.

Compartimentul de producție, la propunerea șefilor de sisteme precum și a responsabilului cu supravegherea lucrărilor, include în planul tehnic, lucrările de remediere a lucrărilor pentru buna funcționare a acestora.

Dispeceratul bazinal colectează datele zilnice, nivelul apei în lac, amonte și aval, precipitațiile înregistrate, temperatura în zona lucrării.

În conformitate cu H.G. 638/1999 privind „Regulamentul de apărare împotriva inundațiilor, fenomenelor meteorologice periculoase și accidentelor la construcțiile hidrotehnice”, precum și „Normativul cadru de dotare cu mijloace de apărare împotriva inundațiilor și ghețurilor”, la fiecare construcție de retenție trebuie să existe un plan de alarmare-evacuare și un sistem de informare a autorităților locale.

Planul de avertizare–alarmare a populației și obiectivelor social economice situate aval de o acumulare în caz de accidente la construcțiile hidrotehnice” trebuie să fie întocmit de deținătorul obiectivului și aprobat de ministerul tutelar.

Prin acest plan sunt stabilite :

- ipoteze de avariere luate în considerare la calculul zonelor inundabile;
- sistemul informațional, inclusiv a celui de avertizare sonoră;
- situațiile și decizia de declanșare a sistemului de alarmă, responsabilități privind luarea deciziei de alarmare pe cele trei trepte de pericolozitate;

-căile de transmitere a deciziilor, responsabilitățile și modul de acționare a sistemului de alarmare;
-măsurile care se iau la atingerea pragurilor critice.

„Planul de avertizare–alarmare a populației și obiectivelor social economice situate aval de o acumulare în caz de accidente la construcțiile hidrotehnice” trebuie să fie dublat de „Planul de evacuare a populației în cazuri de situații de urgență” care este în responsabilitatea Inspectoratului General pentru situații de urgență.

Tranzitarea viiturilor prin acumulare este reglementată în Regulamentul de exploatare al acumulării în care se stabilesc manevrele care se efectuează, responsabilitățile și organele de decizie.

În cazul unor fenomene atipice se disting mai multe stări în funcție de gravitatea abaterii de la situația normală și de gradul de risc rezultat din aceasta :

-starea de atenție - reprezintă simpla abatere de la parametrii normali, fără existența unui pericol pentru siguranța construcțiilor;

-starea de alertă - este declansată de apariția evacuarilor care provoacă inundarea unor zone și / sau un pericol iminent de avarie sau chiar de rupere a lucrării;

Intrarea în această situație excepțională are drept consecință declansarea acțiunii de alarmă a populației pentru evacuarea acestora în afara zonelor posibile a fi afectate .

-starea de alarmă - este declansată la sesizarea unor fenomene a căror evoluție ar putea să conducă la un pericol pentru zonele adiacente construcțiilor hidrotehnice .

În funcție de starea constatată în exploatarea barajului, personalul de exploatare are responsabilități specifice pentru fiecare stare critică.

Barajistul va anunța la dispeceratul SGA orice modificare survenită în comportarea lucrării hidrotehnice:

- ♦ deformații relative: fisuri, prăbușiri taluze etc;
- ♦ debite de infiltrații;
- ♦ niveluri în puțurile piezometrice;
- ♦ blocaje la echipamentele hidromecanice;
- ♦ creșterea rapidă a nivelului apei în acumulare.

Dispecerul de serviciu va anunța imediat asupra modificărilor constatate în comportarea lucrării hidrotehnice pe directorul SGA, șeful Sistemului Hidrotehnic, șeful formației independente, care are în exploatare acumulare, precum și responsabilul cu UCC din cadrul SGA. În continuare dispeceratul SGA va atenționa dispeceratul bazinal în legătură cu situația creată la acumulare.

Şeful de formație și responsabilul UCC (funcție de situația apărută la baraj), se vor deplasa obligatoriu la acumulare, pentru a valida informația barajistului.

În cazul când se constată atingerea pragului de “atenție” la unul din aparatele AMC, se procedează astfel:

- șeful de formație și responsabilul UCC, vor reface setul de măsurători și le vor compara cu măsurătorile anterioare. Dacă măsurătorile noi se încadrează în ecartul “atenție” (conform tabelelor cu pragurile critice stabilite), datele vor fi transmise imediat, pentru prelucrare și analiză la dispeceratul SGA, care după validarea lor de către directorul SGA, le înaintează la dispeceratul bazinal ;
- dispecerul bazinal informează conducerea Direcției Apelor despre situația creată la acumulare;
- dacă fenomenul evoluează spre atingerea pragului de “alertă”, vor fi convocați la acumulare directorul SGA și echipa de intervenție și se pregătesc materialele din stocul de apărare.

La atingerea pragului de “alertă”:

- se aplică măsurile prevăzute la pragul anterior “atenție”;
- se aplică programul de supraveghere intensivă a comportării construcției;
- conducerea tuturor operațiunilor de urmărire a comportării construcției, precum și pregătirea acțiunilor de apărare la baraj trece în sarcina directorului SGA. Dacă din motive obiective acesta nu este prezent la acumulare, toate operațiunile sunt conduse de șeful de formație;
- după analizarea datelor primite de la acumulare, dispeceratul bazinal pregătește decizia de alarmare a comisiilor de apărare împotriva inundațiilor, fenomenelor meteorologice periculoase și accidentelor la construcțiile hidrotehnice, situate în aval de acumulare.

La atingerea pragului de “alarmă”:

- se aplică măsurile prevăzute la pragul anterior “alertă”;
- directorul SGA va fi prezent la baraj și va conduce toate operațiunile de apărare a lucrării, și de alarmare a populației în aval de acumulare.

În situația în care fenomenul parcurge cele trei praguri: atenție - pericol - alarmă, într-un ritm lent, decizia de declanșare a sistemului de alarmă, va fi dată de conducerea Direcției Apelor prin dispeceratul bazinal și dispeceratul SGA în momentul în care este evident că se atinge pragul de “alarmă”.

În situația în care fenomenul are o derulare foarte rapidă, sau se atinge pragul de alarmă fără a se trece prin pragurile de atenție și pericol, iar fenomenul de cedare este evident și inevitabil, se dispune imediat declanșarea alarmei de către personalul de la baraj, cel mai mare în funcție, sau în lipsa acestuia de către barajist, fără a mai aștepta decizia Direcției Apelor, dar după consultarea cu conducerea sistemului local de gospodărirea apelor (SGA).

TERMINOLOGIE

1. **.AVARIE:** orice degradare (deteriorare) sau consecință dăunătoare (nefavorabilă) pentru starea fizică a unui produs, a unei construcții, părți sau element component al acesteia, cauzată de un eveniment.

Notă explicativă:

La construcții se deosebesc două categorii principale de avarii:

- a) avarii structurale produse în elementele sau îmbinările structurii de rezistență a unei construcții.
- b) avarii nestructurale, produse în elementele sau părțile de construcții care nu fac parte din structura de rezistență.

2. **CARTEA TEHNICĂ A CONSTRUCȚIEI:** ansamblul documentelor tehnice referitoare la proiectarea, execuția, recepția, exploatarea și urmărirea comportării în exploatare a construcției, cuprinzând toate datele, documentele și evidențele necesare pentru identificarea și determinarea stării tehnice (fizice) a construcției respective și a evoluției acesteia în timp.

3. **CATEGORIA DE IMPORTANȚĂ A CONSTRUCȚIILOR:** categorie stabilită pe baza unei grupări de factori și criterii asociate, care permite considerarea diferențiată a construcțiilor de către participanți la procesul de realizare și la întregul ciclu de existență al acestora, în funcție de caracteristicile și relațiile lor cu mediul uman, socio-economic și natural.

Note explicative

1) Stabilirea categoriei de importanță a construcțiilor este necesară pentru aplicarea diferențiată, în funcție de aceasta, a sistemului calității și a tuturor componentelor sale și în special a sistemului de conducere și asigurare a calității precum și a altor prevederi legale.

2) Categoriile de importanță a construcțiilor sunt:

- a) categorii de importanță globală, denumire curent „categorii de importanță”, care privesc construcțiile sub toate aspectele.
- b).categorii de importanță specifică, denumite „clase de importanță” care privesc construcțiile sau numai părți ale acestora, dar numai sub anumite aspecte.

4. **CLASA DE IMPORTANȚA:** categorie specifică de importanță, care privește construcția sau numai părți ale acesteia, sub anumite aspecte definite.

5. **COMPORTAREA ÎN EXPLOATARE:** manifestare a modului în care un produs (lucrare, construcție) reacționează prin calitatea sa (totalitatea proprietăților și caracteristicile sale) la cerințele stabilite, privind aptitudinea sa la utilizare, în cursul duratei sale de serviciu.
- Note explicative:**
- 1). În cazul abordării de performanță, comportarea în exploatare a unui produs, se apreciază prin măsura în care performanțele acestuia, răspund cerințelor specificate
 - 2). Comportarea în exploatare a unui produs reflectă durabilitatea acestuia, respectiv menținerea în timp a performanțelor sale.
6. **ECHIPAMENT DE MĂSURARE** aparat, dispozitiv (instrument, mijloc) destinat (utilizat), singur sau împreună cu alte mijloace, pentru efectuarea de măsurători ale unei mărimi date.
- Note explicative:**
- Un echipament (instrument, aparat) de măsurare poate fi utilizat separat sau asamblat în sisteme complexe ca:
- a) Sisteme de măsurare, constituind ansambluri complete de instrumente de măsură și alte dispozitive, pentru a executa operații de măsurare specificate;
 - b) Echipamente de măsurare și încercare, destinate să efectueze operații de încercare și măsurare, în vederea obținerii unor date privind caracteristicile unui produs.
7. **EXPERT:** persoană atestată de un organ de stat pentru a face o expertiză într-un anumit domeniu
8. **EXPERTIZA TEHNICĂ:** cercetarea făcută de un expert tehnic atestat sau un institut de specialitate, asupra unei situații sau probleme privind calitatea unui produs, serviciu, proiect sau lucrare de construcții, precum și starea tehnică a unor construcții existente.
9. **INSPECȚIE:** activitatea de verificare, control sau supraveghere, care se exercită în cadrul unei misiuni date.
10. **JURNALUL EVENIMENTELOR:** document al cărții tehnice a construcției, în care se consemnează, în ordine cronologică, toate evenimentele (fapte, acțiuni, activități, intervenții, controale, expertize, inspecții etc.), care se produc de-a lungul perioadei de existență a construcției respective, precum și rezultatele și efectele acestor evenimente asupra acelei construcții.
11. **METODĂ DE MĂSURARE:** ansamblu de operații teoretice și practice, în termeni generali, aplicate pentru executarea măsurătorilor, după un principiu dat.

12. **PROGRAM DE ÎNCERCĂRI:** document tehnic elaborat în vederea definirii obiectului și a ansamblului de condiții și activități ce trebuie îndeplinite pentru a satisface cerințele specificate ale unei încercări.

Notă explicativă:

În general un program de încercări trebuie să cuprindă indicații privind:

- a) caracteristicile ce trebuie determinate prin încercări;
 - b) numărul sau cantitatea produselor asupra cărora trebuie efectuate încercările;
 - c) metodele de încercare standardizate, care trebuie folosite sau, în lipsa acestora, o descriere succintă a încercării;
 - d) ordinea în care trebuie să se desfășoare operațiunile;
 - e) modul de prezentare a rezultatelor ținute.
 - f)
13. **RAPORT DE ÎNCERCARE:** document care prezintă rezultatele unei încercări și alte informații relevante pentru încercare.

Notă explicativă

Pentru desemnarea acestui document pot fi utilizați și alți termeni ca: dare de seamă asupra încercării sau proces verbal de încercare.

14. **SISTEM DE MĂSURARE:** ansamblu complet de instrumente de măsurare și alte dispozitive asamblate pentru a executa o lucrare (muncă) de măsurare specificată.

15. **URMĂRIREA COMPORTĂRII (ÎN EXPLOATARE) A CONSTRUCȚIILOR:** acțiune sistematică de observare, examinare, investigare a modului în care răspund (reacționează) construcțiile, în decursul utilizării lor, sub influența acțiunilor agenților de mediu, a condițiilor de exploatare și a interacțiunii construcțiilor cu mediul înconjurător și cu activitatea utilizatorilor.

BIBLIOGRAFIE

1. Popovici, A. Baraje pentru acumulări de apă. Vol. II, Editura Tehnică, București, 2002.
2. x x x NP 087-03 Normativ pentru urmărirea comportării construcțiilor hidrotehnice. MLPAT, București, 2003.
3. Swiss Committee on Large Dams. Dam Monitoring Instrumentation. Concepts, Reliability and Redundancy. 22-nd International Congress of ICOLD, Barcelona, 2006.
4. Swiss National Committee on Large Dams. Measuring Installations for Dam Monitoring. Concepts, Reliability, Redundancy. Wasser, Energie, Luft - Eau, Energie, Air. Nr. 5/6, 1991.
5. x x x Dam Monitoring – General considerations. International Commission on Large Dams. Bulletin Nr. 60, Paris, 1988.
6. x x x Monitoring of Dams and Their Foundations. State of the art. International Commission on Large Dams, Bulletin Nr. 68, Paris, 1989.
7. x x x Surveillance Basic Elements in a „Dam Safety” process. International Commission on Large Dams., Bulletin Nr. 138, Paris, 2009.
8. Stematiu, D., Ionescu, Șt., Abdulamit, A. Siguranța barajelor și Managementul riscului. Editura Conspress, UTCB, București, 2010.
9. Ionescu Șt. Siguranța funcțională a evacuatorilor de ape mari. Editura Conspress-București, 2009.
10. Bordea, D. Metode de calcul și sisteme informatice de urmărire a comportării construcțiilor hidrotehnice, Teză de doctorat UTCB, București, 1996.
11. Ilinca, C. Aplicarea rețelelor neuronale și a metodelor statistice în supravegherea construcțiilor hidrotehnice. Teză de doctorat UTCB, București, 2003.
12. Bobocu, D. Evaluarea siguranței barajelor pentru acumulări de apă pe baza prelucrării statistice ale datelor furnizate de aparatura de supraveghere. Teză de doctorat UTCB, București, 2009.

13. Hăpău-Petcu, S. Contribuții privind stabilirea criteriilor de comportare normală a barajelor. Teză de doctorat, UTCB, București, 2010.
- 14 Popovici A., Ilinca, C. Comments upon irreversible displacement from Brădișor Arch dam. Scientific Bulletin, nr.1, UTCB, București, 2007
- 15 Mateescu, O., Ilinca, C., Sanda, Ghe. Prediction on seepage and piezometry at Motru dam using neural network. Proceedings 7th Benchmark Workshop on Numerical Analysis of Dams. ICOLD, Bucharest, 2003.
16. Comitetul Român al Marilor Baraje. Dams in Romania. Casa Editorială Univers Enciclopedic, București, 2000.
17. P130-1999 Normativ privind urmărirea comportării în timp a construcțiilor. MLPAT, București, 1999.