

CONTRIBUȚII LA STUDIUL INUNDAȚIILOR PRODUSE DE AVARIEREA LUCRĂRILOR DE APĂRARE

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

Ing. Ionela Codruța Bădăluță-Minda

Conducător științific:	prof.dr.ing. Gheorghe Crețu
Referenți științifici:	prof.dr.ing. Ion Giurma
	prof.dr.ing. Radu Drobot
	prof.dr.ing. Petru Boeriu

Ziua susținerii tezei: 20.09.2008

Seriile Teze de doctorat ale UPT sunt:

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

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

Copyright © Editura Politehnica – Timișoara, 2007

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

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

Cuvânt înainte

Moto: "Să înoți cuminte în acvariul tău
Să nu te împotrivești apei" (D. Banu)

Dacă lipsa apei este pustiitoare, excesul de apă este catastrofal.

Lucrarea de doctorat se dorește a fi sintetizarea și concretizarea preocupărilor mele din acest domeniu sub îndrumarea atentă și permanentă a conducătorului de doctorat prof. dr. ing. Gheorghe Crețu.

Doresc a-mi îndrepta gândurile de mulțumire și recunoștința mentorului meu, prof. dr. ing. Gheorghe Crețu pentru răbdare și susținere pe tot parcursul realizării și finalizării acestei lucrări.

Nu în cele din urmă mulțumesc pentru susținere morală familiei mele și celor dragi.

Bădăluță-Minda, Ionela Codruța

Contribuții la studiul inundațiilor produse de avarierea lucrărilor de apărare

Teze de doctorat ale UPT, Seria , Nr. , Editura Politehnica, 200, 155 pagini, 145 figuri, 22 tabele.

ISSN:

ISBN:

Cuvinte cheie:

hazard, vulnerabilitate, sisteme liniare de apărare, durata de predicție, risc acceptat, hărți de hazard, zone inundabile

Rezumat:

Viiturile naturale și efectele lor dezastruoase sunt tot mai frecvente și de intensitate mai mare. Consecințele lor sunt amplificate de cedarea unor sisteme de apărare, cele mai puțin studiate, cele liniare sunt cele care tocmai în ultimii ani produc cele mai mari necazuri.

Întrebarea pusă în teză este aceea dacă să luptăm orbește în continuare cu viiturile (inclusiv accidentale) sau să ne apărăm de ele, ori să încercăm soluții pentru a conviețui cu acestea, aplicând conceptele actuale europene de management al riscului la inundații.

Pentru aceasta obiectivele tezei au fost cele ale identificării, înțelegerii și calculul mecanismului inundațiilor produse din cedarea sistemelor liniare de apărare (digurilor) în scopul diminuării efectelor negative printr-un management eficient al riscului la inundații.

Este analizat stadiul actual al cercetărilor în domeniu, cu unele precizări necesare privind conceptele și terminologia adecvată.

Se definește conceptul de risc și se prezintă modelul de evaluare al riscului la inundațiile accidentale, invocând zonele și hărțile de risc.

La baza stabilirii hidrografelor ruperii stau scenariile de rupere a digurilor, respectiv tipurile de breșe. Acestea fac posibil studiul sistemelor liniare de apărare în diverse ipoteze.

Componentă a modelului de calcul intră și prognoza viiturilor, în teză introducându-se noțiunea de perioadă de predicție precum și impactul produs de viitură.

În legătură cu impactul se descriu efectele produse de inundațiile accidentale, metodele de stabilire a pagubelor și metodele de evaluare globală a impactului. Promovând o cerință a Directivei pentru inundații este stabilit și un model de calcul pentru recuperarea costurilor.

Toate elementele prezentate permit în final să se stabilească schemele logice și programul de calcul IAD în limbaj Java, care utilizând o largă bază de date reale obținute și prelucrate în teză permit simularea în timp real a oricărei inundațiilor accidentale.

Sunt prezentate în final și perspectivele cercetării și implementării programului.

**Titluri recent publicate în colecția „TEZE DE DOCTORAT”
seria 5: Inginerie Civilă**

1. **Radu Bertici** – *Vertisolurile din Banat și efectul variației de volum asupra unor elemente constructive din amenajările funciare, ISBN 978-973-625-418-5, (2007);*
 2. **Claudia Flaminia Mocanu** – *Contribuții la modelarea ecohidrologică a unor sisteme acvatiche, ISBN 978-973-625-419-2, (2007);*
 3. **Ioan Silviu Doboși** – *Contribuții privind corelarea raportului optim între gradul de confort și consumul energetic al instalațiilor de încălzire și climatizare pentru clădiri cu funcționalități multiple, ISBN 978-973-625-448-2, (2007);*
 4. **Mihai Benga** – *Contribuții privind funcționarea optimizată a sistemelor de prevenire și combatere a incendiilor la clădiri multifuncționale, ISBN 978-973-625-466-6, (2007);*
 5. **Ștefania Balica** – *Contribuții la optimizarea schemelor de amenajare, utilizând soluții non-structurale, dezvoltarea și aplicarea indiciilor de vulnerabilitate la inundații pentru diverse scări spațiale, ISBN 978-973-625-474-1, (2007);*
 6. **Mihaela Elisabeta Madar** – *Cercetări privind renaturarea corpurilor de apă puternic modificate, ISBN 978-973-625-469-7, (2007);*
 7. **Dorel Mihai** – *Contribuții la studiul structurilor din lemn, ISBN 978-973-625-562-5, (2007);*
 8. **Alina Irina Gîrbaciu** – *Studiul și modelarea proceselor de difuzare a apei subterane prin metode subterestre directe (in situ), ISBN 978-973-625-558-8, (2007);*
 9. **Ion Alexandrescu** – *Contribuții la studiul acțiunii solicitărilor dinamice asupra fundațiilor și a terenului de fundare, ISBN 978-973-625-537-3, (2007);*
 10. **George Daniell Pană** – *Contribuții la studiul sistemelor de mașini cu acțiune vibrante și tehnologiilor folosite pentru lucrările de fundații, ISBN 978-973-625-536-6, (2007).*
-



EDITURA POLITEHNICA

Cuvânt înainte

Moto: ”Să înoți cuminte în acvariul tău
Să nu te împotrivești apei” (D. Banu)

Dacă lipsa apei este pustiitoare, excesul de apă este catastrofal.

Lucrarea de doctorat se dorește a fi sintetizarea și concretizarea preocupărilor mele din acest domeniu sub îndrumarea atentă și permanentă a conducătorului de doctorat prof. dr. ing. Gheorghe Crețu.

Doresc a-mi îndrepta gândurile de mulțumire și recunoștința mentorului meu, prof. dr. ing. Gheorghe Crețu pentru răbdare și susținere pe tot parcursul realizării și finalizării acestei lucrări.

Nu în cele din urmă mulțumesc pentru susținere morală familiei mele și celor dragi.

Timișoara
02.09.2008

Codruța Bădăluță Minda

Cuprins

Introducere	7
1. Stadiul actual al cercetărilor privind inundațiile	9
1.1. Definirea conceptelor	9
1.2. Descrierea viiturilor – inundațiilor naturale și accidentale	12
1.3. Stadiul actual al cercetărilor în domeniul inundațiilor	17
2. Analiza riscului produs de inundații	22
2.1. Conceptul de risc	22
2.2. Modelul propus pentru evaluarea riscului la inundații	39
2.3. Zone de risc. Hărți de hazard și hărți de risc	43
3. Scenarii de rupere. Hidrografele de viituri accidentale	48
3.1. Scenarii – tipuri de breșe	48
3.2. Hidrografe de rupere	50
3.3. Studiul sistemelor liniare de apărare	55
4. Prognoza viiturilor	66
4.1. Predicția în inundații accidentale	66
4.2. Sistemul informațional, avertizarea , alarmarea	67
4.3. Exemple	71
5. Impactul viiturilor accidentale	75
5.1. Efectele produse de inundațiile accidentale	75
5.2. Evaluarea impactului	77
5.3. Matricea de eficiență a costurilor de refacere	81
6. Analiza cost eficiență în sistemele liniare de apărare în cazul inundațiilor accidentale	88
6.1. Bazele legislative	88
6.2. Analiza economică a măsurilor structurale și non-structurale	95
6.3. Recuperarea costurilor	96
7. Scheme și programe privind calculul cedărilor	99
7.1. Scheme logice	99
7.2. Programul I.A.D și simularea cedării digului	103
7.3. Aplicații și studii de caz	109
8. Concluzii și contribuții personale. Direcții viitoare de cercetare	128
Bibliografie	130
Anexe	135

INTRODUCERE

Viiturile sunt o componentă a ciclului hidrologic al Pământului – fenomene naturale care nu pot fi prevenite. Schimbările climatice, unele activități umane (defrișări, diminuarea zonelor umede, dezechilibru ecologic) contribuie la creșterea probabilității de apariție a efectelor acestora (inundațiile) prin impactul lor negativ.

Frecvența și amploarea inundațiilor din ultimul deceniu, atât în țară cât și în străinătate, consecințele acestora au condus de la „lupta împotriva inundațiilor” prin apărarea acestora la o nouă abordare și anume aceea de *management al riscului la inundații* alături de noi concepte: *”să conviețuim cu viiturile”, ”cale liberă apei”, ”mai mult spațiu pentru râuri”* și asimilarea conceptului de dezvoltare durabilă în managementul riscului la inundații.

Prezenta lucrare se dorește o analiză și o sinteză a problematicei inundațiilor produse din cedarea lucrărilor longitudinale de apărare (inundațiile accidentale), mai puțin studiate, finalizată cu un model și program de calcul, care să permită în timp real, în toate fazele (anterioară, în timpul inundației și post inundație) să se ia măsurile care să diminueze la maxim efectele negative.

Pentru a identifica, înțelege și a simula inundațiile din cedarea lucrărilor longitudinale de apărare s-a avut ca și punct de plecare Directiva Cadru 2000/60/CE și Directiva 2007/60/CE:

Primele capitole ale acestei lucrări cuprind prezentarea și analiza acestor fenomene, implicit a impactului acestora.

Pe baza analizei conceptelor teoretice și a bazei legislative sintetizate s-a putut realiza un model de calcul pentru evaluarea gradului de risc la inundații, din cedarea digurilor.

În evaluarea și gestionarea riscului la inundații inclusiv cele accidentale se impune recuperarea cheltuielilor de refacere a situației anterioare cedării și a unui nou echilibru ecologic. Așadar, având ca și fundament de plecare bazele legislative și noi concepte teoretice s-a realizat o analiză cost – eficiență în sistemele liniare de apărare în cazul inundațiilor accidentale.

Pentru a se putea oferi soluții practice și a se valida modelul teoretic s-a elaborat programul de calcul IAD, care permite luarea unor decizii eficiente.

În finalul acestei lucrări s-a făcut o analiză de detaliu în cazul a cca. 65 de cedări de diguri din ultimii anii din țara noastră.

Pentru ca lucrarea să fie concludentă s-au efectuat două studii de caz cu ajutorul programului IAD, iar rezultatele obținute în urma rulării acestui program au fost în concordanță cu datele din situația reală.

Capitolul I

STADIUL ACTUAL AL CERCETĂRILOR PRIVIND INUNDAȚIILE

1.1 Definirea conceptelor

Inundațiile constituie fenomene naturale și sunt o componentă a ciclului hidrologic natural al Pământului.

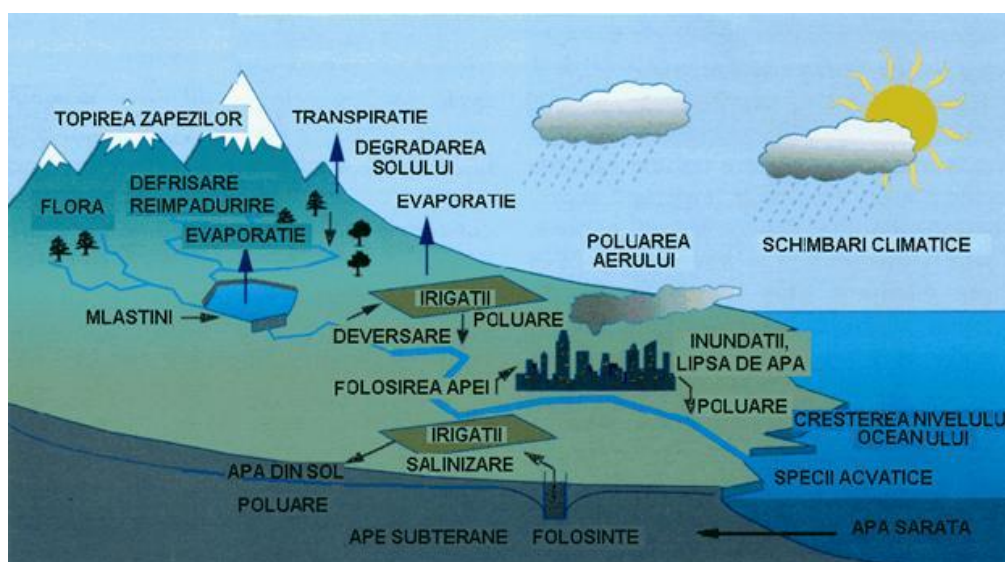


Fig.1.1 - Ciclul apei în natură [sursă <http://www.icpa.ro>]

Inundațiile au marcat și marchează profund dezvoltarea societății umane, ele fiind din punct de vedere geografic cele mai răspândite dezastre de pe glob și totodată cele mai mari producătoare de pagube și victime omenești. În același timp, marile inundații au constituit factorul declanșator și catalizatorul unor mari schimbări în modul de abordare a acestui fenomen, de la acceptarea inundațiilor ca un capriciu al naturii, la încercarea omului de a se opune naturii prin abordări de genul „lupta împotriva inundațiilor”, la cele de apărare împotriva inundațiilor și în cele din urmă la prevenirea inundațiilor.

Inundațiile produse în numeroase țări în ultimii ani și consecințele acestora au condus la o nouă abordare și anume, aceea de management al riscului la inundații, abordare în care conștientizarea și implicarea comunităților umane au un rol esențial în evitarea pierderilor de vieți omenești și reducerea pagubelor. Această abordare este astăzi cvasi generală și a deschis calea spre a face față provocărilor viitoare prin introducerea unor noi concepte cum sunt: "mai mult spațiu pentru

râuri,” *să conviețuim cu viiturile*”, *„cale liberă apei”* și mai ales prin asimilarea conceptului dezvoltării durabile în managementul riscului la inundații.

Practica mondială a demonstrat că apariția inundațiilor nu poate fi evitată, însă ele pot fi gestionate, iar efectele lor pot fi reduse printr-un proces sistematic care conduce la un șir de măsuri și acțiuni menite să contribuie la diminuarea riscului asociat acestor fenomene.

Recentele fenomene ale viiturilor, care au fost asociate cu fenomenele El Nino și El Nina au condus la efecte devastatoare afectând dezvoltarea țărilor. Pierderi au suferit Asia, Europa și Africa afectând serios economia, situația socială și dezvoltarea.

▼ *Ce este hazardul ?*

Hazardul este o întâmplare neprevăzută, care influențează advers viața, proprietățile și activitățile umane conducând la dezastre.

Hazardurile naturale constituie niște manifestări extreme ale unor fenomene naturale, cum ar fi *cutremurele*, *furtunile*, *viiturile*, *alunecările de teren*, *secetele*, care au o influență directă asupra vieții fiecărei persoane, asupra societății și a mediului înconjurător în ansamblu.



Fig.1.2 Hazarduri naturale

Intensitatea hazardurilor naturale, ca de exemplu viitura (fig.1.2) este exacerbată de despăduriri, managementul defectuos al resurselor de apă, etc.

În România se manifestă trei categorii de hazarduri: cele climatice și hidrologice (furtuni, grindină, inundații, secetă etc.), geomorfologice (alunecări de teren, prăbușiri, tasarea terenului etc.) și seismice (cutremure de pământ). [http://www.siguranta.ro/full/glosare_105_2.html]

Una dintre cele mai periculoase tendințe ale epocii contemporane este creșterea frecvenței, intensității și a consecințelor hazardurilor naturale. Conform aprecierilor, pierderile directe și indirecte în urma acestor hazarduri constituie 250 000 de victime anual, iar prejudiciul economic de 50 până la 100 milioane de dolari SUA. Peste 80% din aceste pierderi se datorează hazardurilor determinate de vreme, climă și apă, adică de furtuni, inundații, secete etc.

Conform cercetărilor efectuate numărul hazardurilor hidrometeorologice în ultimii 30 de ani s-a mărit de trei ori.

Reducerea efectelor acestor dezastre implică studiarea interdisciplinară a hazardurilor, vulnerabilității, riscului și în mod deosebit desfășurarea unor ample acțiuni de informare și educare a populației.

Hazardurile naturale pot fi clasificate, în funcție de diferite criterii, cum ar fi modul de formare (geneza), durata de manifestare, arealul afectat etc. În funcție de geneză, hazardurile naturale se diferențiază în:

- *hazarduri endogene*, a căror acțiune este generată de energia provenită din interiorul planetei, din această categorie făcând parte cutremurele și erupțiile vulcanice;

- *hazarduri exogene*, generate de factorii climatici, hidrologici, biologici etc.

În urma celor spuse, hazardul este o întâmplare neprevăzută, neașteptată, care influențează advers viața, proprietatea și activitățile umane conducând la dezastre. Multe acțiuni de diminuare a dezastrelor sunt orientate spre reducerea vulnerabilității.

▼ *Ce este vulnerabilitatea ?*

Vulnerabilitatea reprezintă susceptibilitatea obiectivelor de a fi afectate de către hazard. Ca urmare a efectelor destructive ale hazardului, viețile și sănătatea oamenilor sunt supuse unui risc direct.



Fig. 1.3 – Obiective vulnerabile

Vulnerabilitatea este diferită, în funcție de modul de echipare și de gradul de pregătire al populației. Cele mai vulnerabile la acțiunea fenomenelor naturale sunt țările sărace și grupurile sociale, care nu dispun de mijloace materiale suficiente pentru a se apăra în cazul diferitelor situații extreme. Statistica constată că 95% din toate victimele umane provocate de dezastre revin țărilor în curs de dezvoltare. În țările bogate numărul acestor victime este mult mai redus.

Vulnerabilitatea poate fi caracterizată din două aspecte: tangibile și intangibile. În cazul inundațiilor, aspectele tangibile cuprind orice este situat în zona inundabilă (oameni, clădiri, infrastructuri, terenuri agricole, etc.), iar ca și aspecte intangibile sunt considerate coeziunea socială, structura comunității, coeziunea cultural – artistică.

Vulnerabilitatea reprezintă suma condițiilor determinate de către factorii sau procesele fizice, sociale, economice și de mediu, care cresc susceptibilitatea unei comunități la impactul dezastrelor. [International Strategy for Disaster Reduction – ISDR, 2004] Conceptul de vulnerabilitate la inundații se analizează din punct de

vedere economic, astfel vulnerabilitatea este caracterizată ca fiind o funcție de dependență, redundanță și susceptibilitate. [Veen & Logtmeijer, 2005]

Dependența este măsura în care o activitate este legată de alte activități economice din restul țării. Redundanța este capacitatea unei activități economice de a reacționa la un dezastru prin reprogramare, folosirea de substituenți sau relocare. Redundanța se măsoară ca gradul de centralizare al unei activități economice într-o rețea. Cu cât o activitate este mai centrală cu atât sunt mai reduse probabilitățile de transfer ale producției și cu atât este mai vulnerabilă la inundații. Susceptibilitatea este probabilitatea și amploarea inundației.

Gradul de vulnerabilitate la inundații în România 1992 - 2005 (fig. 1.4).

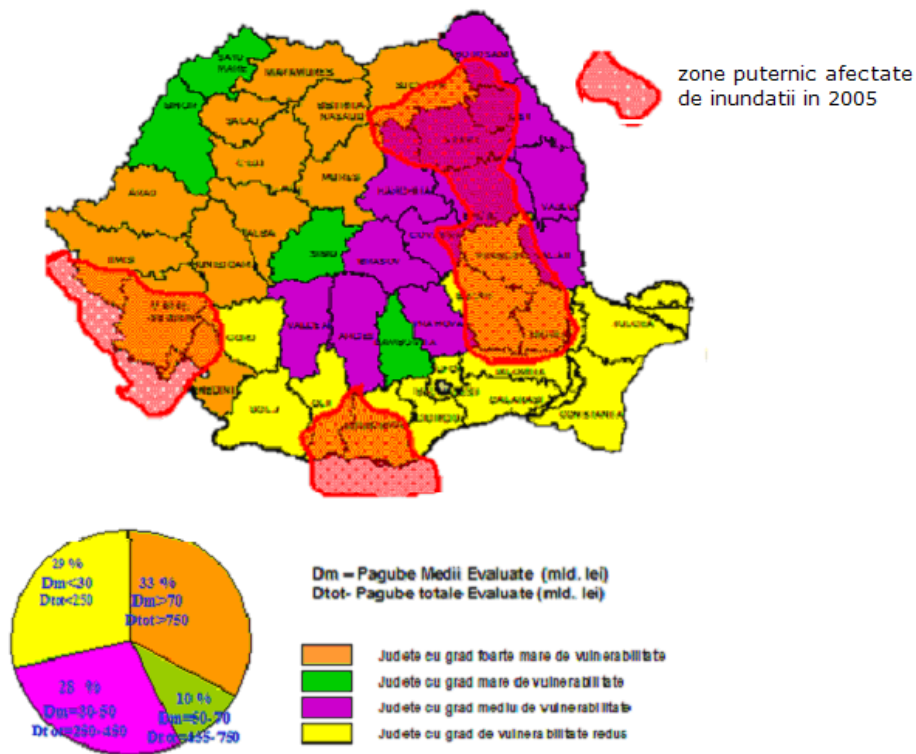


Fig. 1.4 - Grade de vulnerabilitate

1.2 Descrierea viiturilor - inundațiilor naturale și accidentale

Viitura, respectiv consecințele – efectele acestora ocupă primul loc în ceea ce privește răspândirea geografică, număr de evenimente și număr de persoane afectate. Consecințele inundațiilor asupra omului și societății umane variază în funcție de caracteristicile fizice ale inundațiilor, de populația expusă și de solicitarea structurilor. Printre cele mai semnificative consecințe ale inundațiilor se numără pierderile de vieți omenești, pe lângă care se mai adaugă și daune materiale, de infrastructură, perturbarea activităților sociale și economice, etc.

Importanța inundației depinde de trei parametri : adâncimea apei, viteza de scurgere și durata viiturii. Acești parametri sunt condiționați de precipitații, de forma / starea *bazinul hidrografic* (fig. 1.5) și de caracteristicile râului (adâncime, lățimea văii, etc.). Aceste caracteristici naturale pot fi înrăutățite de prezența activităților umane. [<http://www.prim.net/citoyen>]

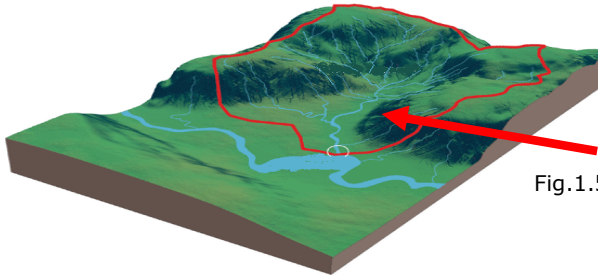
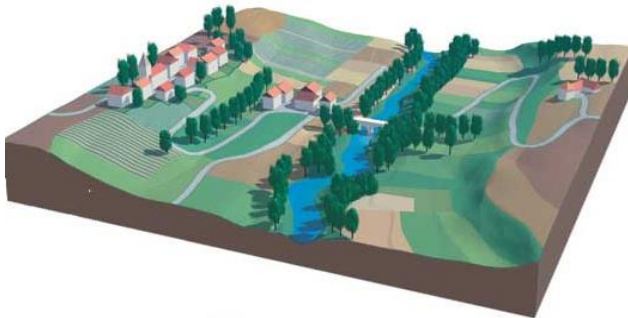


Fig.1.5 - Bazin hidrografic

Viitura este un fenomen natural ce corespunde creșterii nivelului de apă. O viitură este susceptibilă să prezinte riscuri, atunci când volumul de apă deversează peste albia minoră și astfel putem vorbi despre o inundație. Apa se răspândește în zona de expansiune a viiturii, care corespunde albiei majore a cursului de apă, adesea în mare măsură urbanizată.



a)



b)

Fig. 1.6 – Albie minoră
a) vedere în plan și b) profil transversal



a)



b)

Fig. 1.7 – Albie majoră
a) vedere în plan și b) profil transversal

? Ce tipuri de inundații se cunosc

- Inundație de câmpie

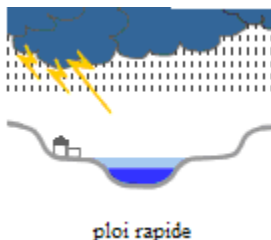


Originea: ele sunt provocate de viituri lente și progresive

Caracteristice: ele se produc adesea după o perioadă lungă de ploi, atunci solul este saturat, mai ales în perioada de iarnă.

Consecințe: ele nu creează pericol pentru viețile omenești, excepție imprudența, dar se pot acumula după mai multe săptămâni și pot cauza importanțe pagube.

- Inundații cauzate de ploi torențiale

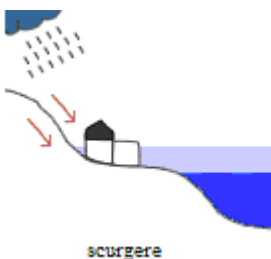


Origine: creșterea bruscă a nivelului de apă datorită ploilor abundente.

Caracteristici: ele nu pot fi prevăzute cu mai multe zile înainte.

Consecințe: ele sunt adesea devastatoare și chiar ucigătoare.

- Inundații prin scurgere



Origine: ele sunt cauzate de ploi puternice sau de infiltrații.

Caracteristici: în zonele urbanizate, solul impermeabil nu permite ca apa să penetreze. Apa de ploaie se scurge, se acumulează în punctele joase, saturând sistemul de drenaj, astfel ducând la o creștere a apei în canal.

Consecințe: imersia sistemului de infrastructură și construcții a întregii regiuni.

[<http://www.environnement.cci.fr/eau>]

În 1998 pe fluviul Yangtze din China s-a produs o viitură catastrofală care a inundat o suprafață de 212.000 km², a distrus 4.970 mil. de case, a afectat 223 mil. locuitori, iar pierderile economice au fost imense. În Europa numai în perioada 1971 - 1995 s-au produs 154 de viituri importante care au provocat pagube de aproximativ 100 miliarde euro. De asemenea viitura produsă în iulie - august 2002 în țările din centrul și estul Europei pe fluviile Dunăre, Elba și afluenții acestora au produs pagube de 18 miliarde euro. [sursă D.A. Banat]

Ward (1978) arată că U.S. Army Corps of Engineers propune împărțirea sectorului inundabil al unui râu în trei zone:

- calea viiturii: cuprinde albia minoră și o parte din albia majoră, strict necesară scurgerii debitului maxim corespunzător viiturii cu probabilitatea de depășire 1%.

- zona inundabilă: cuprinde terenurile din afara căii viiturii, cu cota inferioară nivelului maxim al viiturii de calcul, stabilit pentru regim amenajat.
- zona potențial inundabilă: cuprind terenurile care au o altitudine inferioară nivelului maxim al viiturii de verificare, de regulă cea cu o probabilitate de 1 ‰ .

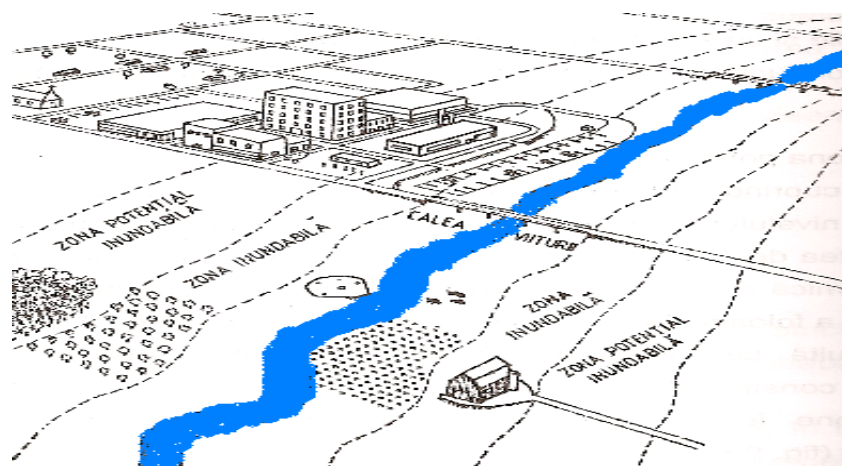


Fig. 1.8 - Zonarea folosirii terenurilor inundabile

Viiturile care se produc pe râurile din țara noastră sunt generate de ploi, de topirea zăpezilor sau/și de suprapunerea celor două fenomene în perioada existenței stratului de zăpadă.

În istoria marilor viituri din bazinul Timiș – Bega se pot aminti viiturile din mai 1912, iulie 1966 și aprilie 2000. Viitura din mai 1912 a fost cea mai mare din punct de vedere al debitului de vârf (estimat la circa 1600 mc/s). Viitura a fost provocată de ploi pe o perioadă de trei zile, care au acoperit întreg bazinul depășind 200 mm în munții Semenic și Poiana Ruscă. Viitura din aprilie 2000 a fost produsă de efectul combinat al ploilor căzute precum și de topirea zăpezii. Probabilitatea de producere a vârfului viiturii din aprilie 2000 a fost apropiată de 2%, producând ruperea digurilor de pe malul stâng în apropiere cu frontiera Serbia.

Volumul viiturii din 2005 a fost de trei ori mai mare decât volumele viiturilor din anii 1966 și 2000. Ruperea digurilor de pe malul drept al râului Timiș în aprilie 2005 a condus la inundarea unei suprafețe importante de teren, datorită volumului mare al viiturii la Șag.

În România, în ultimii ani au avut loc fenomene meteorologice atipice și periculoase, de o intensitate deosebită. Astfel, în luna aprilie 2005, la Timișoara, s-a înregistrat cea mai mare cantitate de precipitații din tot șirul de observații (1874-2005) – 154,4 l/mp în 24 h, iar în luna iulie s-au înregistrat 243 l/mp la Herăstrău, în județul Vrancea, 206 l/mp la Halos, în județul Bacău, 193 l/mp la Sendreni, în județul Galați, 168 l/mp la Văleni, în județul Teleorman, dar și 73 l/mp în 3 ore la Casimcea, județul Constanța.

Precipitații cu o intensitate deosebită au afectat, în luna septembrie, județul Constanța și bazinul hidrografic Ialomița. Acestea au totalizat până la 222 l/mp (din care 155 l/mp în 3 ore) la Biruința, în județul Constanța, până la 169 l/mp în județele Dâmbovița și Călărași și până la 127 l/mp (din care 102 l/mp în 12 ore) la Mălureni în județul Argeș.

În luna aprilie 2005, pe râurile din Spațiul hidrografic Banat s-au înregistrat cele mai mari cote din întregul șir de observații, ce au avut ca efect deversarea digurilor de pe râurile Timiș și Bârzava.



Fig. 1.9 – Viitura din 2005 pe râul Bârzava

Râul Timiș unit cu râul Bega prin Nodul Hidrotehnic Topolovăț, a tranzitat viitura cu cel mai mare volum înregistrat în perioada de observații. Volumul viiturii scurs pe râul Trotuș în luna iulie, a înregistrat valori istorice în secțiunea Vrânceni.



Fig. 1.10 – Viitura din 2005 pe râul Trotuș

Viitura produsă în luna septembrie pe râul Ialomița a fost a doua din șirul cronologic al debitelor maxime anuale, după cea produsă în anul 1975. Debite

istorice s-au înregistrat în luna aprilie și pe râurile Caraș, Nera, în luna iunie pe râurile Putna și Râmnicu Sărat, iar în luna septembrie pe râul Cricovul Sărat.

Deși în ultimii 50 de ani s-au mai produs viituri importante în majoritatea bazinelor hidrografice, niciodată în ultimii 100 de ani viiturile nu s-au întins pe un interval atât de mare de timp ca în anul 2005. De asemenea viiturile anterioare dintre care se evidențiază cele produse în anii 1970 și 1975, s-au desfășurat pe areale mult mai restrânse decât cele produse în anul 2005. Efectele fenomenelor hidrometeorologice periculoase au fost mult amplificate de despăduririle efectuate în ultimii ani, ceea ce a condus la concentrări rapide ale scurgerilor pe versanți, cu antrenarea masivă a aluviunilor în cursurile de apă, precum și în zonele locuite și pe terenurile agricole.

Pe Dunăre cele mai mari viituri au fost în mai 1932, aprilie 1940, iulie 1942, mai 1955, iunie 1970, iunie 1988 și mai 2006. În ultimele luni (aprilie – mai 2008) au apărut viituri cu debite ce depășesc probabilitatea de 1‰ în Moldova și Maramureș.

În ultimii ani, în special în sistemele de apărare prin îndiguiri s-au produs numeroase breșe, care au amplificat prin așa numitele inundații accidentale dezastrele produse de hazardurile naturale.

1.3 Stadiul actual al cercetărilor

Se estimează (declarație a prof. G.O.P. Obasi, Secretarul General al Organizației Meteorologice Mondiale (WMO) cu prilejul Zilei Mondiale a Meteorologiei în 2002) că dezastrele naturale determină anual aproximativ 250 000 de pierderi de vieți omenești și pagube materiale între 50 și 100 miliarde de dolari, marea majoritate a victimelor (90% în 1991) fiind datorate evenimentelor hidrometeorologice (fig. 1.11). Statisticile indică o creștere în ultimii ani a acestor riscuri, incluzând inundațiile, furtunile și secetele. [V. Stănescu, R. Drobot, 2005]



Fig. 1.11 - Dezastre naturale

Frecvența evenimentelor extreme legate de climă și apă, produse la toate scările dovedesc vulnerabilitatea crescândă a omenirii din acest punct de vedere. În

timp ce diversele comunități încearcă să-și consolideze propria lor infrastructură, prosperând în cadrul unui anumit climat local la care s-au adaptat, fenomenele extreme, hidro-meteo, de intensități depășind acest cadru pe toate continentele au provocat pagube catastrofale, în domeniul mediului și pe plan economic și social.

În România ultimului deceniu, practic în fiecare an s-au înregistrat viituri în timpul cărora s-au produs pagube materiale deosebite și chiar pierderi de vieți omenești. Sunt expuse inundațiilor în regim natural provocate de revărsările cursurilor de apă aproximativ 1.3 mil. ha, terenurile inundabile ocupând 3.5 mil ha. Viiturile sunt hazarduri naturale cu un accentuat impact asupra comunităților, a căilor de comunicație și a terenurilor inundabile. Arealele cele mai extinse sunt situate de-a lungul Dunării, ale râurilor principale din câmpia Română, de Vest și chiar cele de Nord și de Est.

Bunurile expuse riscului de inundare (locuințe, infrastructură, industrie, terenuri agricole, etc.) pot avea o valoare considerabilă.

Inundațiile pot avea grave consecințe asupra mediului, de exemplu când ele ajung la stațiile de epurare sau la uzinele unde se tratează mari cantități de produse chimice toxice. Inundațiile pot distruge zonele umede și să reducă biodiversitatea.

Doi factori indică o creștere a riscului la inundații și importante pagube economice cauzate de inundații în Europa. În primul rând, amploarea și frecvența inundațiilor care probabil vor crește în viitor datorită schimbărilor climatice, managementului nepotrivit al cursurilor de apă și construcțiilor din zonele inundabile. În al doilea rând, vulnerabilitatea este clar amplificată datorită numărului de persoane și de bunuri economice situate în zonele potențial inundate.

Propagarea undelor de viitură este puternic determinată de activitățile umane, despăduririle generând amplificarea efectelor acestora îndeosebi prin alunecările și prăbușirile de teren. Influența activităților umane poate duce la hazarduri antropice cu consecințe mult mai grave decât cele naturale, inclusiv prin inundații accidentale (produse prin avarierea/ruptura amenajărilor hidrotehnice).

Analizele făcute au dovedit că perioadele ploioase și cele secetoase urmează una alteia, ciclic. În timp ce inundațiile au o durată cuprinsă de la ore la zile, seceta durează sezoane întregi și chiar mai mult. În funcție de durată, extindere și intensitate, gama efectelor generate de secetă poate fi foarte largă: diminuarea până la compromiterea totală a producției agricole, diminuarea până la oprire a producției de energie hidroelectrică, alimentarea cu apă potabilă, incendii de păduri, perturbarea navigației fluviale.

Sistemul de răspuns la aceste dezastre hidrologice este dominat de precizia prognozelor, de dimensiunile sociale – factorul uman în perceperea riscului și factorii de decizie. O prevenire printr-un sistem de avertizare în timp real poate constitui una dintre măsuri. Există, totodată o nevoie permanentă de stabilire a unor planuri de importanță națională pentru reducerea efectelor și care presupun îmbunătățirea tuturor sistemelor cu elemente bazate pe noi descoperiri în știință și tehnologie.

Orice plan de ameliorare a dezastrelor trebuie să țină cont de larga gamă a fenomenelor care pot afecta o regiune. Se întrevide că schimbarea climei va conduce la o intensificare a ciclului hidrologic, cauzând secete mai intense în unele regiuni și inundații în altele.

Programele și activitățile Organizației Meteorologice Mondiale oferă accesibilitate, bazată pe observații în altitudine și la suprafața și pe schimbul liber și nerestricționat de date cruciale pentru predicția și pentru furnizarea avertizărilor în timp util în condiții extreme de vreme, pentru prognoza inundațiilor și monitorizarea sistemului climatic.

Colectarea și schimbul de date observaționale, precum și informațiile prelucrate, incluzând prognozele meteorologice și avertizările între Serviciile Meteorologice și Hidrologice Naționale sunt asigurate de Sistemul Global de Telecomunicații al OMM, o rețea rapidă, specializată de telecomunicații. O îmbunătățire în prognozarea unor astfel de fenomene este vizată prin diverse programe incluzând Programul de Cercetare a Vremii pe Glob.

Pentru întocmirea măsurilor de răspuns și de prevenire pe termen lung a dezastrelor s-au dezvoltat și rulat modele bazate pe seturi de date globale, în vederea unei mai bune înțelegeri și predicții a variabilității și schimbării climei. Deși aflate în diverse stadii de dezvoltare aceste modele au menirea de a furniza avertizări legate de evenimentele climatice semnificative, în timp util, importante pentru analiza vulnerabilității pe termen lung, de a evalua măsurile pentru diminuarea și prevenirea riscurilor în folosul comunității.

Pe lângă utilitatea lor în prognoza climatică, seturile de date climatice sunt esențiale în aplicații socio-economice și de mediu, avertizări în timp real și în evaluarea riscului.

Există un efort conjugat la nivel global, regional și național în implementarea Strategiei pentru Reducerea Dezastrelor. Prin abordări multidisciplinare diverse organizații din sistemul Națiunilor Unite și nu numai, cooperează în scopul integrării cunoașterii științifice în domeniul proceselor fizice, chimice și biologice ale sistemului planetar în evaluarea impactului și în vederea îmbunătățirii pregătirii și a strategiilor de diminuare a efectelor în cazul unui șir de evenimente extreme legate de vreme, climă și apă.

În iulie 2006, UNESCO a stabilit schița planului strategic a celei de a șaptea fază a IAHP (2008 - 2013), în care hazardurile hidrologice, extremele hidrologice și dezastrele vizând apele fac parte din tema 1 (paragraful 1.3) - Adaptarea impactului schimbărilor globale la bazinele râurilor și sistemelor acvifere. Acestui program strategic îi corespund programele asociate: International Flood Initiative (IFI), International Sediment Initiative (ISI), Water for Peace from: potential conflicts to cooperation potential (PCCP)



Fig. 1.12 – Efectele inundațiilor

La noi inundațiile și efectele distructive ale acestora (fig. 1.12) au fost și sunt amplificate de:

- despăduriri masive și exploatarea necorespunzătoare a numeroaselor suprafețe agricole
- eroziunea solului mai ales în zonele superioare ale bazinelor hidrografice

- ocuparea albiilor majore și minore de scurgere cu construcții, amenajări și deponii

În România, pentru cunoașterea și prognozarea mai precisă a fenomenelor meteorologice periculoase a intrat în funcțiune (noiembrie 2003) Sistemul Meteorologic Integrat Național - SIMIN care cuprinde 6 radare (unul este la Timișoara), stații meteorologice automate și stații pentru detecția fulgerului.

De asemenea pentru cunoașterea și luarea unor decizii corespunzătoare în vederea prevenirii și diminuării efectelor negative ale apelor se află în curs de implementare:

- Sistemul informațional - decizional integrat în cazul dezastrelor provocate de apă DESWAT, incluzând stații automate hidrologice (600) și de urmărire a calității apei (50), precum și modele de prognoză a viiturilor și a propagărilor undelor poluante.
- Sistemul integrat de management al apei în caz de dezastre WATMAN, ce prevede construirea a 11 centre bazinale (câte unul în fiecare bazin hidrografic), dotate cu echipament specializat de intervenție pentru cazuri de inundații și poluări accidentale.
- Supravegherea inundațiilor periculoase în România și Ungaria, folosind date satelitare - proiect NATO S.F.P. „TIGRU”.
- Sistemul European de Prognoză a Inundațiilor - EFFF, având ca obiectiv principal realizarea unui prototip de sistem european de prognoză a inundațiilor cu anticipare de 4-10 zile.
- Protecția vieții râului prin diminuarea pagubelor în timpul viiturilor – RIVERLIFE, având ca obiectiv major realizarea unui sistem automat de supraveghere a apelor mari în bazinul Timiș - Bega, pentru protecția municipiului Timișoara și urmărirea parametrilor hidrologici și de calitate a apelor la frontieră.

Pentru reducerea riscului producerii inundațiilor Strategia Națională în Domeniul Gospodăririi Apelor Mari prevede, printre altele, măsuri structurale (realizarea unor lacuri de acumulare, poldere și lucrări de îndiguire a cursurilor de apă corelată cu conservarea zonelor umede; amenajarea torenților, împăduriri, perdele de protecție și lucrări de combatere a eroziunii solului; strămutarea unor locuințe din zone de risc ridicat) și măsuri non-structurale (reactualizarea schemelor de amenajare a bazinelor hidrografice, ținând cont de schimbările în activitatea economico-socială și de noile exigente ale legislației protecției mediului, reactualizarea amenajărilor cursurilor de ape care nu corespund claselor de importanță; determinarea zonelor inundabile și de risc în vederea interzicerii construirii locuințelor; promovarea unui sistem eficient de asigurare a bunurilor pentru situații de dezastre; dezvoltarea sistemelor informaționale pentru alarmă și avertizare în cazul fenomenelor hidro-meteorologice periculoase; educația populației pentru situațiile de criză).

Este esențial, ca și știința și tehnologia să se subordoneze scopului reducerii dezastrelor împreună cu utilizatorii, planificatorii și decidenții la toate nivelurile și în toate sectoarele. Trecerea la o nouă etapă de dezvoltare în domeniul apei, etapa gospodăririi durabile este asigurată legislativ de Directiva Cadru a Apei 2000/60/EC, Directiva privind inundațiile (2007/60/EC), respectiv Legea Apelor și Protecției Mediului din România.

Conceptul politic privind dezvoltarea durabilă este astăzi unanim acceptat. Transformarea lui într-un concept practic rămâne deschisă, metode mai noi trebuind a fi testate pentru a putea atinge obiectivele durabilității și care presupun un nou mod (holistic) de înțelegere a interacțiunilor dintre natură și societate. Din aceasta apar noi probleme a căror soluționare trebuie găsită și care necesită investiții în cercetare și dezvoltare economică.

O primă consecință a utilizării durabile a resurselor de apă este renunțarea la abordarea sectorială (diferite categorii de probleme precum alimentarea cu apă, hidroenergetică, irigațiile, calitatea apei, viiturile, etc. erau analizate și soluționate sectorial). Se impune abordarea integrată, prin care problemele resurselor de apă se întrepătrund cu problemele sociale la diverse niveluri. Apa nu mai este privită ca resursă pentru folosințe complexe, ci ca un sistem cu valoare ecologică intrinsecă (principiul abordării ecologice și biologice).

Sănătatea și bunăstarea umană (lipsa apei dulci ca și excesul de apă), securitatea alimentară, dezvoltarea industrială, ecosistemele sunt în pericol dacă gestionarea resurselor de apă nu este mai eficientă azi decât ieri, sau altfel spus dacă resursele de apă nu au o utilizare (dezvoltare) durabilă.

Capitolul II

ANALIZA RISCULUI PRODUS DE INUNDAȚII

2.1 Conceptul de risc

Riscul este caracterizat prin trei elemente: hazard, vulnerabilitate și expunere [Crichton, 1999]. Dacă unul dintre cei trei factori crește sau scade, atunci implicit și riscul crește, respectiv scade.

Salvano Briceno, director al secretariatului UN/ISDR:

„Investigarea în reducerea riscului dezastrelor micșorează vulnerabilitatea omului la hazarduri și ajută la ruperea cercului vicios al sărăciei.”

Hazardul este o întâmplare neprevăzută, care influențează advers viața, proprietățile și activitățile umane conducând la dezastre.

Vulnerabilitatea reprezintă susceptibilitatea obiectivelor de a fi afectate de către hazard.

Expunerea se referă la oameni, activități sau potențiale pericole ale hazardului.

Pentru a se face mai bine o distincție între cele două cuvinte „hazard” și „risc” se redă schema de mai jos:

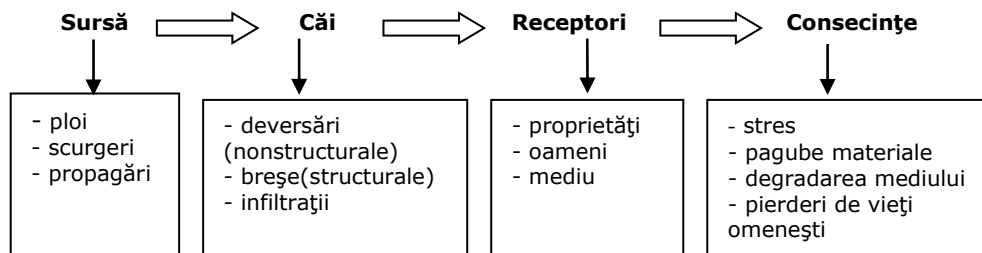


Fig. 2.1 - Schema "hazard - risc"

Receptorii sunt entități care pot fi afectați de un fenomen și pot suferi pagube (populație, bunuri materiale, etc.).

Pentru să apară un risc, trebuie să existe un hazard format datorită unui eveniment sau a unei surse (ploi de lungă durată); un receptor (proprietățile zonei inundate) și o cale între sursă și receptor (drumul viiturii, incluzând apărările, curgerea pe versanți sau alunecările de teren).

Evaluarea riscului este procesul de măsurare a potențialului pierderilor de vieți omenești, distrugerea totală sau parțială a locuințelor, obiectivelor economice, a infrastructurii, etc.

Astfel, pentru a evalua riscul avem nevoie de mai mulți parametri, cum sunt:

- natura și probabilitatea hazardului (p)
- gradul de expunere al receptorilor la hazard (e); (număr de oameni și proprietăți)
- susceptibilitatea receptorilor la hazard (s)
- valoarea receptorilor (v)

$$\text{Risc} = f(p, e, s, v)$$

Analizând riscul viiturii, acesta este definit ca o probabilitate a viiturii multiplicat / mărit de pagube, care crește o dată cu o economie dezvoltată, deoarece potențialul pagubelor crește.

A evalua riscul la inundații, adică a determina care sunt pagubele este important atât planificarea măsurilor de reducere a efectelor, cât și pentru a putea ști cum trebuie să acționăm într-o situație de urgență. Evaluarea riscului acoperă percepția riscului și decizia privind toleranța unui risc sigur. În locul reducerii hazardului viiturii, minimizând consecințele viiturii sau învățând „să conviețuim cu viiturile” este o altă modalitate de micșorare a riscului. Principalul risc semnifică gradul de pierderi datorită hazardului natural.

Exemple:

◇ *Cazul I*

Conform schemei din figura 2.1 se ia ca și aplicație viitura produsă în spațiul Banat, 2005. Se urmăresc pașii redați în schemă, plecând de la identificarea hazardului până la determinarea receptorilor.

Luna aprilie a anului 2005 s-a caracterizat printr-o umiditate foarte ridicată generată de cantitățile de precipitații ce s-au înregistrat.

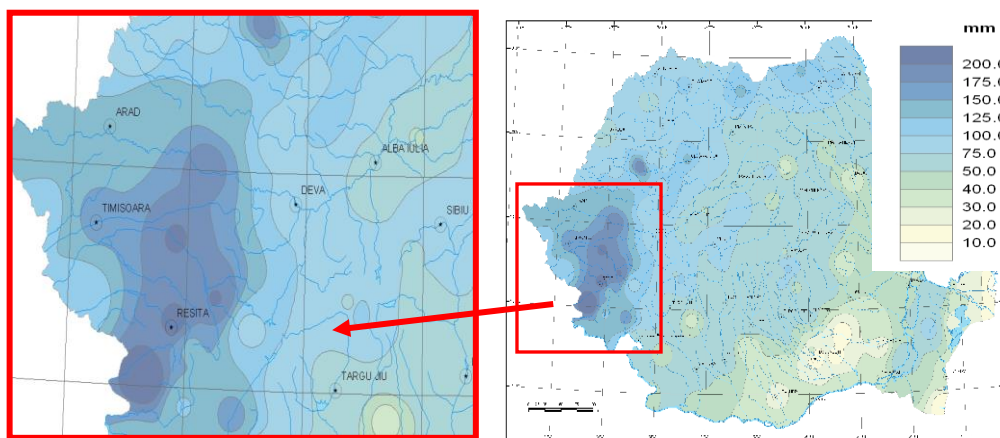


Fig.2.2 - Cantitatea lunară de precipitații , aprilie 2005

Regimul pluviometric a fost excedentar în Banat, așadar a fost depășită cea mai mare cantitate de precipitații a lunii aprilie, precipitațiile căzute depășind 200 mm la stațiile meteorologice: Oravița (226.4 mm), Reșița(205.3mm), Lugoj(201.2 mm) și Caransebeș (200.6 mm).

A fost depășită cantitatea maximă de precipitații cumulată în 24 de ore, pentru luna aprilie la stațiile meteorologice: Reșița(79.2 mm), Caransebeș (67.6 mm), Bozovici (66.4 mm), Timișoara(63.0 mm), etc. Pe râurile din Banat s-au înregistrat cele mai mari cote din întregul șir de observații existente la majoritatea stațiilor hidrometrice, având ca efect deversarea digurilor pe râurile Timiș, aval de municipiul Lugoj și Bârzava, în zona Gătaia. Râul Timiș unit cu râul Bega, prin Nodul hidrotehnic Topolovăț a avut de tranzitat viitura cu cel mai mare volum înregistrat în perioada de observații.

La începutul perioadei 14-26 aprilie 2005, într-un interval de timp de 24 - 36 ore, pe întreg spațiul Banat au căzut precipitații sub formă de ploaie, însumând 60-95 l/mp, efectul suprapunându-se peste apa rezultată din topirea zăpezilor în zona montană (munții Jarcului - bazinul Timișului) echivalentă unor precipitații de 169-473 l/mp, scurgerile spre albiile cursurilor de apă fiind favorizată de starea de suprasaturare a solurilor datorită ploilor anterioare.

Precipitațiile abundente din perioada 19-22 aprilie au condus la generarea unor noi viituri, suprapuse peste primele, provocând astfel atingerea cotelor maxime pe râul Timiș. În data de 17 aprilie 2005 se primesc avertizări de precipitații de până la 40 l/mp, iar în 19 aprilie s-a emis o nouă prognoză hidrologică însoțită de o primă atenționare asupra posibilității deversării și ruperii digurilor pe râul Timiș în zona de frontieră.

Având de a face cu o viitură extraordinară (cu o probabilitate de apariție de mai puțin de o dată la 100 de ani ca volum) capacitatea de transport a albiilor majore ale râului Timiș a fost depășită datorită faptului că digurile de apărare au fost dimensionate la o viitură cu probabilitatea de apariție de o dată la 20 de ani. Impactul a fost inevitabil, astfel că în ziua de 20 aprilie 2005 în jurul orei 12.00 s-a produs ruperea digurilor și formarea a două breșe (unificate ulterior) (fig.2.3).



Fig.2.3 - Râul Timiș – două breșe

Apa a deversat pe parcursul a mai multor ore peste dig în mai multe locuri, dig situat pe malul drept al râului Timiș. Astfel, în perioadele 20 - 22 aprilie unda de viitură a traversat zona dintre Timiș și Bega.

S-a estimat că volumul de apă pătruns în incinta apărată de digul drept al râului Timiș a fost de cca. 250 mil. mc, iar suprafața inundată este de cca. 25.000 ha, fapt care în condiții de șes și teren plat ar fi corespuns unei adâncimi medii de 1 m.

Breșa produsă în ziua de 20 aprilie, în zona Cruceni (km 6+000), realizată pe o lungime de cca. 160 m prin unirea celor două breșe marginale, nu a prezentat o erodare puternică a terenului de fundație a digului, adâncimea apei în axă stabilindu-se la cca. 1.5-1.6 m. La această breșă s-a realizat un dig provizoriu din pământ, având la bază saci cu pământ și nisip, iar în data de 03 mai 2005 breșa a fost închisă.

În amonte, (fig. 2.4) breșa situată la km 8+250 (în zona Crai Nou) în lungime de 120 m s-a produs în data de 21 aprilie. Această breșă avea o configurație diferită față de breșa din aval (zona Cruceni), având o deschidere dreptunghiulară, digul fiind tăiat de curentul de apă după direcția unor plane verticale, iar adâncimea apei în axa digului era de 6-7m. Breșa a fost închisă cu un dig de tip potcoavă din anrocamente și balast în data de 09 mai 2005.

În zona Crai Nou - Grăniceri s-a refăcut 750 m de dig de pe râul Timiș.



Fig.2.4 - Câmpia inundată în urma producerii breșelor

Din profilele longitudinale de pe cursul râului Timiș, mal drept în secțiunile Brod, Șag și Grăniceri (fig. 2.5 - 2.7) se observă o creștere vertiginosă a nivelului de apă începând cu data de 19 aprilie ora 19.00, până în data de 20 aprilie ora 06.00, când nivelul apei a depășit cota digului.

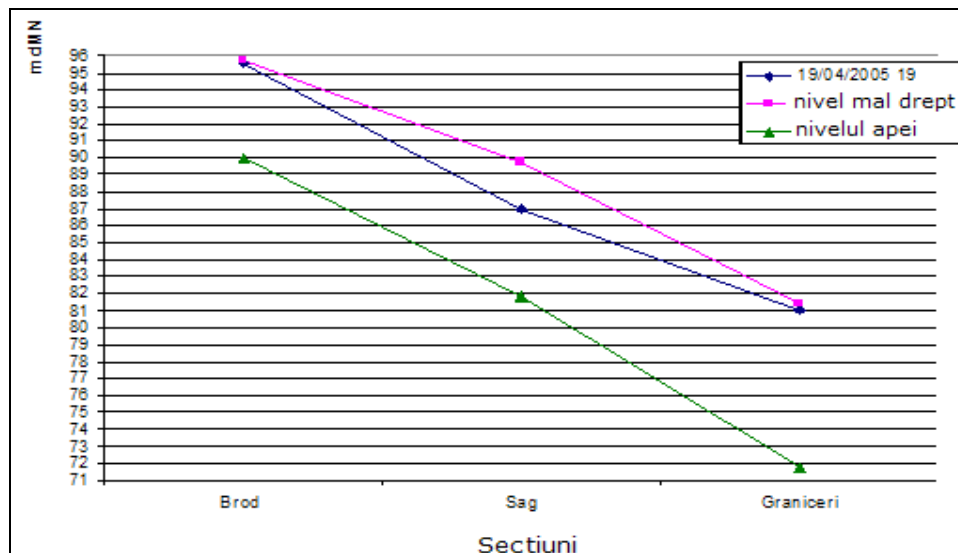


Fig.2.5 - Profilul longitudinal pe râul Timiș - mal drept 19.04.2005 ora 19

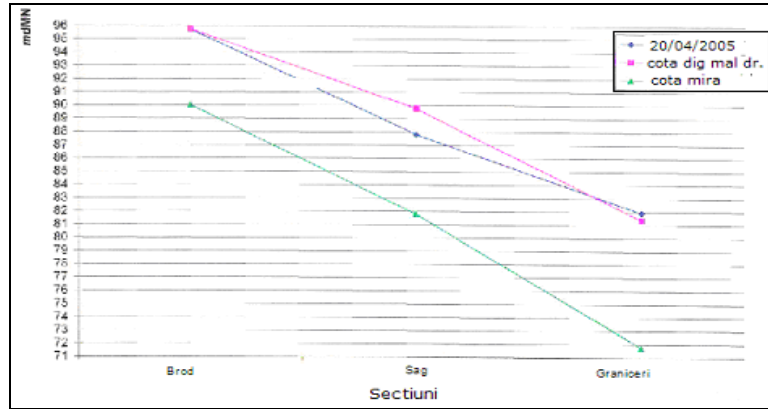


Fig.2.6 - Profil longitudinal pe râul Timiș - mal drept 20.04.2005

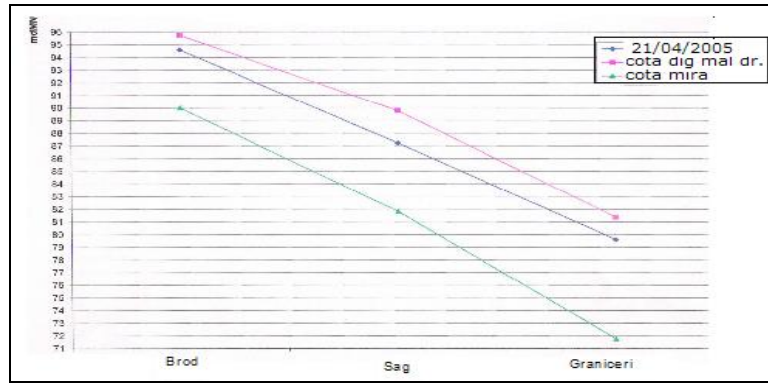


Fig.2.7 - Profil longitudinal pe râul Timiș - mal drept 21.04.2005 ora 06

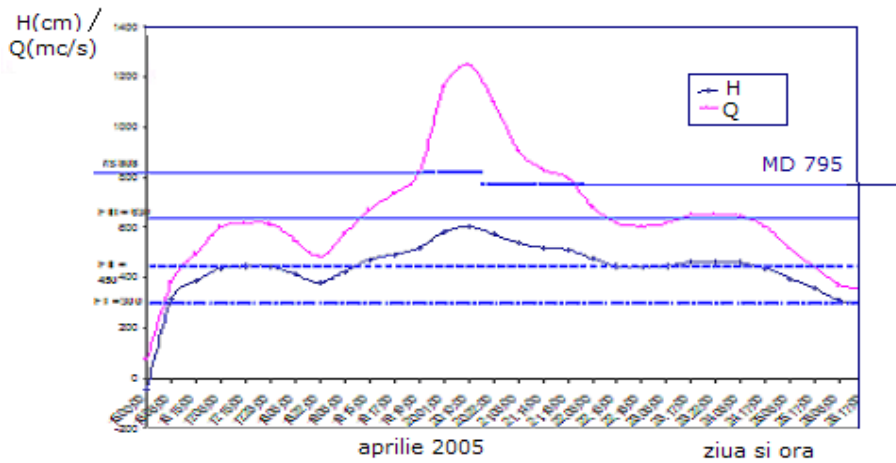


Fig.2.8 - Hidrograful nivelurilor și al debitelor pe râul Timiș la Șag pentru 15 - 26.04.2005

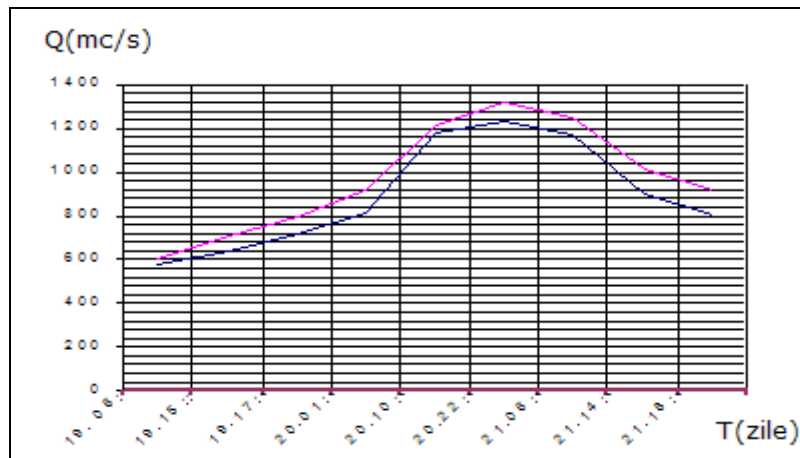
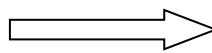


Fig.2.9 - Hidrograful debitelor la Șag - Grăniceri

Din integrarea debitelor din zilele de 19 - 21 aprilie 2005 (fig. 2.9), vor rezulta următoarele volume de apă deversate V_{19} , V_{20} , V_{21}

$$\begin{aligned} V_{19} &= 27.540 \text{ mil. mc} \\ V_{20} &= 127.159 \text{ mil. mc} \\ V_{21} &= 77.616 \text{ mil. mc} \end{aligned}$$



$$V_t = 232.86 \text{ mil. mc. în comparație cu volumul real } V_t = 250 \text{ mil. mc.}$$

Similar cu viitura produsă în 2000, digurile de apărare de pe sectorul Lugoj - Coștei au fost deversate, dimensiunile constructive ale acestora fiind corespunzătoare clasei a patra de importanță. Deversările au creat cele două breșe în digul de pe malul drept al râului Timiș, fiind inundată toată aria dintre canalul Bega și râul Timiș. În acest fel au fost afectate localitățile: Foieni, Cruceni, Giulvăz, Ivanda, Rudna, Crai Nou, Peciu Nou, Dinaș, Sânmartinu Sârbesc, Uivar, Otelec, Ionel și Gad.

O analiză a riscului produs în acest caz se face în schema de mai jos:

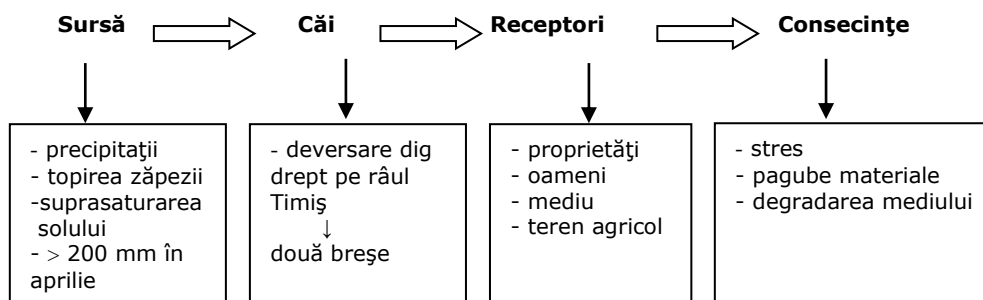


Fig.2.10 - Schema „hazard - risc”, râul Timiș

În urma trecerii viiturilor s-a constatat că s-au produs eroziuni puternice ale albiei minore a râului Timiș, precum și apropieri ale acesteia față de digurile de apărare, fapt ce a pus în pericol stabilitatea respectivelor diguri.

◇ *Cazul II*

Al doilea caz se prezintă pe râul Bârzava, conform aceluiași principiu urmat și în primul caz, pe râul Timiș. Pe râul Bârzava sunt amplasate trei lacuri de acumulare (Gozna, Văliug, Secu) situate în cascadă, având ca scop atenuarea undei de viitură, alimentarea cu apă potabilă a orașului Reșița și alimentarea cu energie electrică.

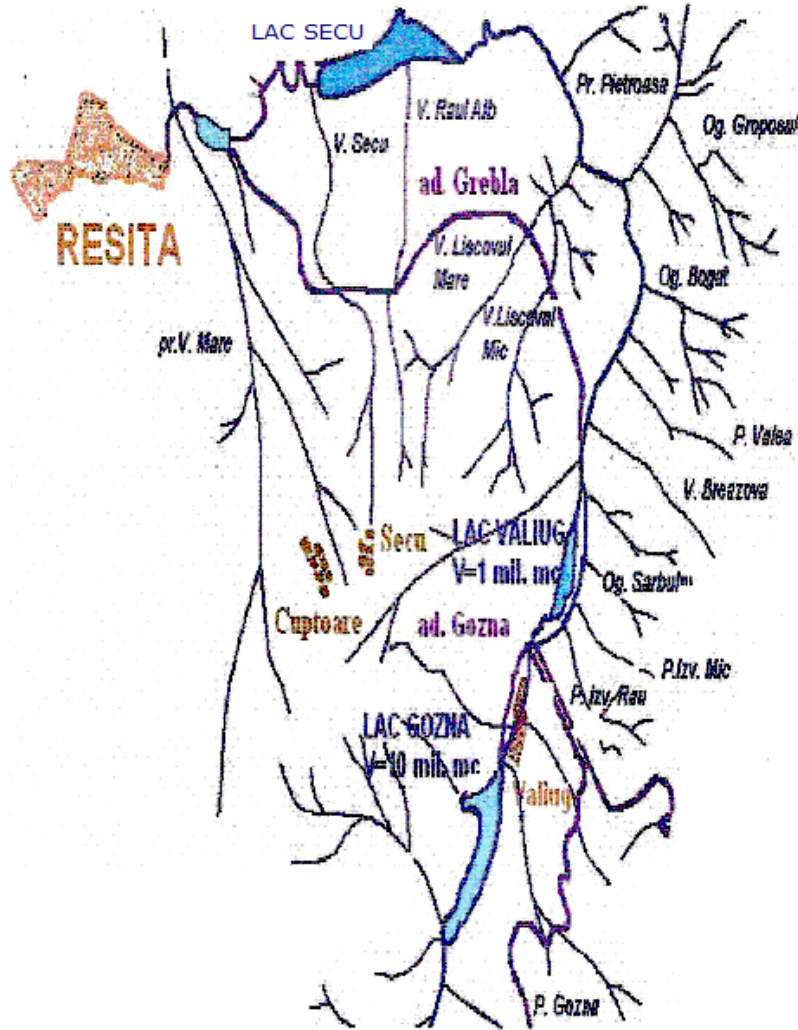


Fig. 2.11 – Sistemul de amenajate Bârzava Superioară

Un rol important în atenuarea undei de viitură îl are sistemul hidrotehnic Bârzava Superioară (fig. 2.11). Început în anul 1904 în vederea asigurării apei necesare Combinatului Siderurgic și populației orașului, sistemul hidrotehnic a fost completat în perioada 1950 -1963, cuprinzând astăzi:

- acumulările Gozna ($V_t = 12,4$ mil. mc)
- Văliug ($V_t = 9$ mil. mc)
- Secu ($V_t = 11,1$ mil. mc)

- canale interioare
- derivații

Viiturile formate în condiții naturale pe cursul superior al Bârzavei sunt puternic modificate de acumulările Gozna, Văliug (practic sedimentată) și Secu (fig. 2.11), astfel că în aval de acumulare Secu, viiturile înregistrate sunt rezultatul suprapunerii peste viitura restului de bazin al debitelor defluente din acumulare.

Lacul Secu a fost dat în folosință în 1963 pentru a asigura un debit de 2.2 mc/s, (0.4 mc/s pentru alimentarea cu apă potabilă a orașului Reșița, iar 1.8 mc/s apă industrială necesară CSR – ului) și pentru delimitarea debitelor de viitură pe valea Bârzavei. Lacul de acumulare este amplasat la o altitudine de 300m în munții Semenicului, iar afluenții sunt Râul Alb și Bârzava. Bazinul hidrografic are o suprafață de 157 kmp, din care 78.5 kmp aval de acumulare Văliug. Cursul râului Bârzava are afluenți: Bogatu, Cireșana, Gropașu, Pietrosu pe malul stâng și Stâlnicul, Râul Alb, Crainicul, Liscovul Mare pe malul drept.

Lacul Văliug a fost dat în folosință în 1909 fiind situat doar la 3 km aval de lacul Gozna. Bazinul hidrografic al acumulării are o suprafață de 78.5 kmp, din care 26.2 kmp aval de acumulare Gozna, care a intrat în funcțiune în luna mai 1953. Priza barajului Gozna este alcătuită din două conducte, care după ce traversează corpul barajului se unesc într-o conductă ce transportă un debit maxim de 4.00 mc/s.

- *Caracterizarea viiturii și prognoza hidrologică*

În perioada aprilie 2005, regimul precipitațiilor căzute în bazinul hidrografic Bârzava poate fi caracterizat prin precipitații abundente înregistrându-se următoarele valori (Tabelul 2.1):

Tabelul 2.1

Nr. crt	Stația hidrometrică	Râul	Data	Precipitații în 24 ore (l/mp)
1	Reșița	Bârzava	18.04.2005	48.2
2	Moniom	Bârzava	18.04.2005	18.5
3	Gătaia	Bârzava	18.04.2005	44.4
4	Reșița	Bârzava	17.04.2005	37.2
5	Moniom	Bârzava	17.04.2005	48
6	Gătaia	Bârzava	17.04.2005	48.6

Urmare a precipitațiilor căzute în bazinul hidrografic Bârzava Superioară în perioada 14.04 - 16.04.2005, precipitațiile care au înregistrat cantități cuprinse între 35.4 l/mp la Stația Meteorologică Semenic și 53.5 l/mp la postul pluviometric Văliug, s-a format o viitură pe râul Bârzava care a produs umplerea acumulării Gozna și a acumulării Secu.

Acumularea Gozna a ajuns astfel în data de 16.04.2005 la ora 17.00 la un coeficient de umplere (K) de 1.02 ceea ce a condus la o deversare de 5.8 mc/s. Pentru pregolirea acumulării s-a luat măsura creșterii debitului prelevat din acumulare până la capacitatea maximă de 4 mc/s.

La acumulare Secu pentru a evita deversările în data de 16.04.2005 s-au deschis ambele goliri de fund ale barajului la capacitatea maximă de 8 mc/s, astfel că până la începerea viiturii din 17.04.2005 au fost evacuați pe goliri 921.600 mc.

În perioada 15.04 - 18.04.2005 s-au primit avertizări meteorologice care prognoza "averse de ploaie slabe și moderate". Iar în perioada 17.04 - 18.04.2005 au căzut precipitații cuprinse între 26.8 l/mp la Semenic, 37.2 l/mp la Reșița (fig.

2.12) și 48 l/mp la Moniom.

Aceste precipitații au condus la creșterea bruscă a debitelor pe râul Bârzava (fig. 2.13) datorită intensității mari a ploii, saturației solului și lipsei vegetației.

Iar în perioada 18.04 - 19.04.2005 s-au înregistrat la stațiile și posturile pluvio o cădere a precipitațiilor în municipiul Reșița mult mai mare față de ziua precedentă de 48.2 l/mp , iar la Moniom de 18.5 l/mp.

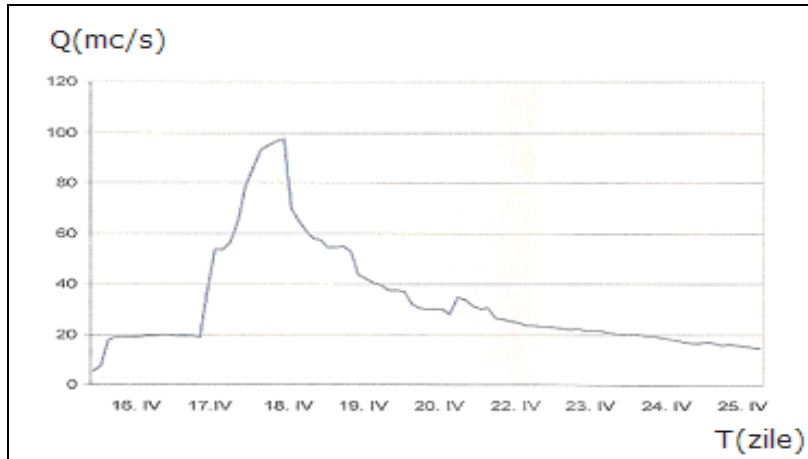


Fig. 2.12 - Viitura la Reșița - râul Bârzava

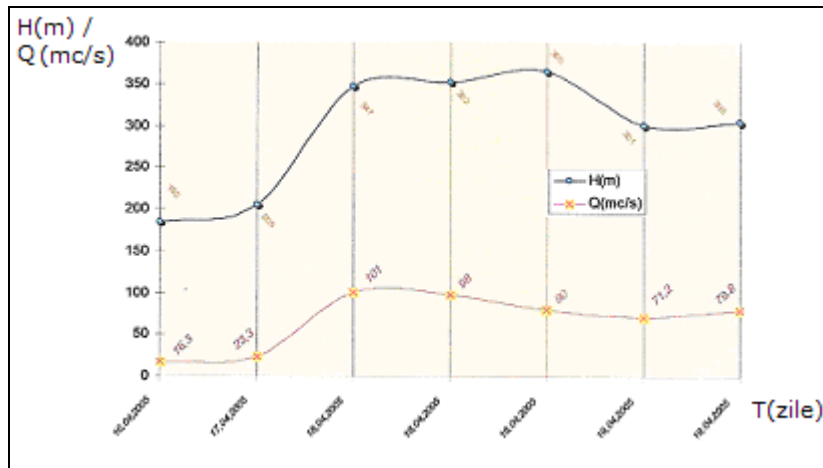


Fig. 2.13 - Viitura la Moniom - râul Bârzava

Din figura 2.14 se observă o inadverență pentru debitul maxim produs pe cursul râului Bârzava din localitatea Moniom, față de vârful debitului atins pe același râu din localitatea Reșița situată amonte de Moniom. Probabil această neconcordanță a apărut datorită folosirii debitelor greșit măsurate pe acest sector de râu.

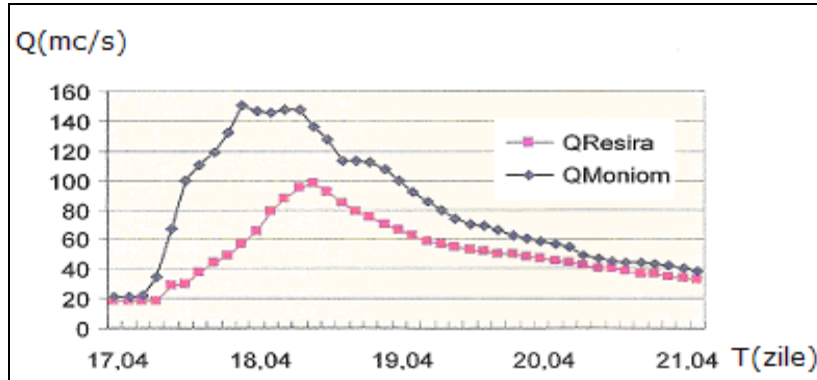


Fig. 2.14 - Viitura la Reșița și Moniom - râul Bârzava

Primele viituri înregistrate în perioada 16.04 - 17.04.2005 au avut efecte distructive pe râul Bârzava, aval de localitatea Reșița (în zona Gătaia), nivelurile maxime înregistrate depășind Faza II (+50 cm la Gătaia și +20 cm la Partoș) de apărare. Viiturile înregistrate în această perioadă pe râul Bârzava, pe tronsonul din zona Gătaia și localitatea Partoș sunt redată în figurile 2.15 și 2.16.

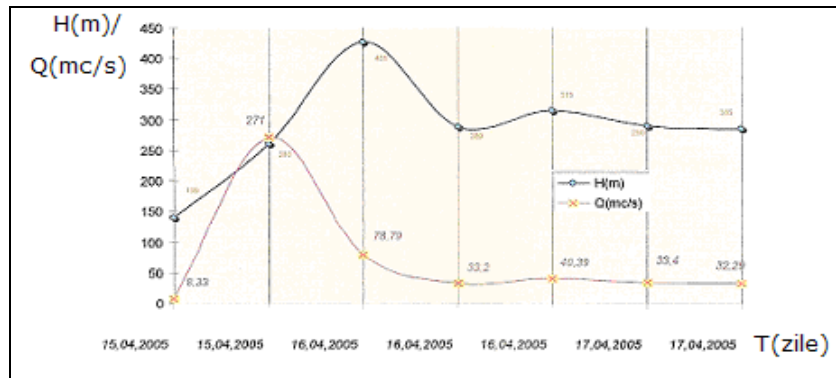


Fig. 2.15 - Viitura la Gătaia - râul Bârzava

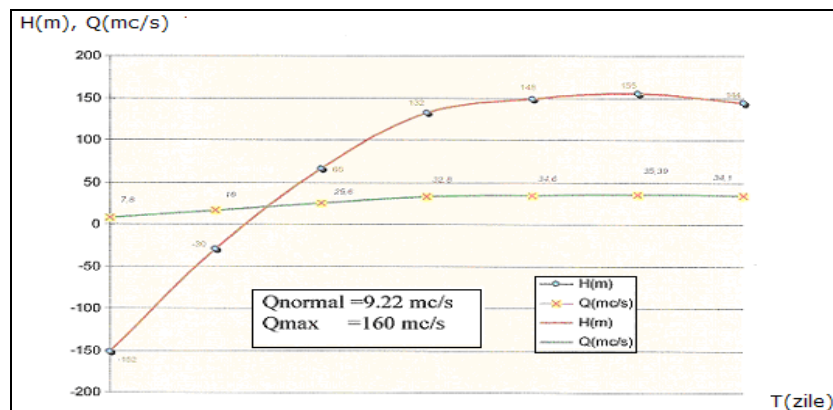


Fig. 2.16 - Viitura la Partoș - râul Bârzava

După cum se vede și din figura 2.17 cele trei lacuri de acumulare, de pe cursul râului Bârzava sunt amplasate în cascadă.

Urmare a precipitațiilor abundente căzute în bazinul hidrografic Bârzava Superioară în perioada 16.04 - 20.04.2005 s-a format o viitură care a produs umplerea acumulării Gozna, cât și a acumulării Secu. Umplerea acumulării Gozna astfel:

- în 11.04 coeficientul de umplere $K=0.94$, cu volum de protecție sub cota pragului deversor de 605.000 mc (față de 500.000 mc prevăzut în regulamentul de exploatare)
- în 12.04 coeficientul de umplere $K=0.96$, cu volum de protecție sub cota pragului deversor de 429.000 mc (față de 500.000 mc prevăzut în regulamentul de exploatare)
- în 13.04 coeficientul de umplere $K=0.98$, cu volum de protecție sub cota pragului deversor de 226.000 mc (față de 500.000 mc prevăzut în regulamentul de exploatare).

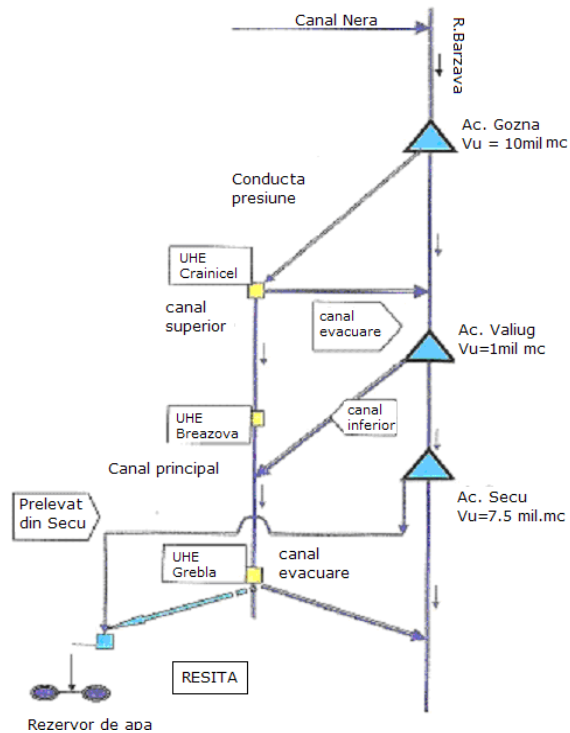


Fig. 2.17 - Schema amenajării Bârzava Superioară

Acumularea Gozna (fig. 2.18) a ajuns în data de 16.04.2005 ora 17.00 la un coeficient de umplere de $K=1.02$, ceea ce a condus la o deversare de 5.80 mc/s. Pentru pregolirea acumulării s-a luat măsura creșterii debitului prelevat din acumulare până la capacitatea maximă de 4 mc/s.

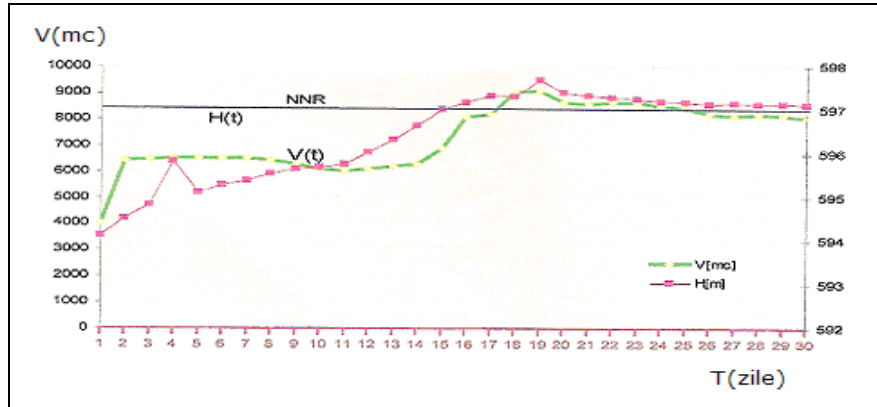


Fig. 2.18 - Gozna - aprilie

Evacuarea volumului suplimentar prin golirea de fund ar fi condus la suplimentarea viiturii care intra în lacul Secu.

Umplerea acumulării Secu (fig. 2.20) din 13 aprilie 2005 de la coeficientul de umplere $K = 0.78$, cu un volum de protecție de 1,745 milioane mc prevăzuți în regulamentul de exploatare a ajuns până în data de 15 aprilie la $K = 0,86$, volum de protecție de 1,1 milioane mc. În după amiaza zilei de 16 aprilie s-a ajuns la coeficientul de umplere de $K = 1.01$, începând deversarea.

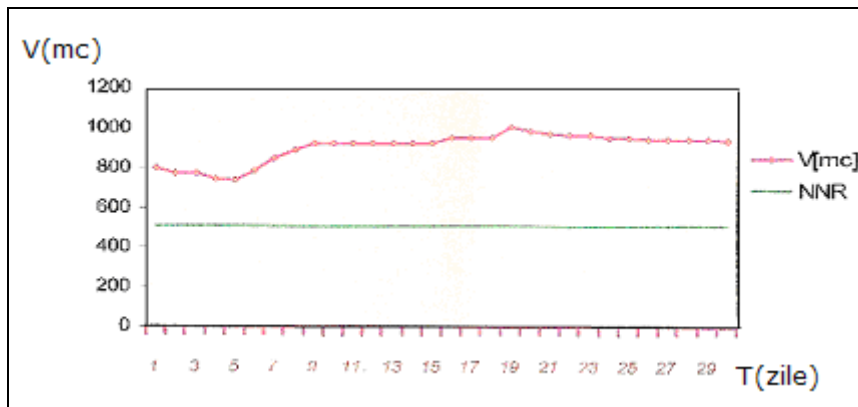


Fig. 2.19 - Văliug - aprilie

În data de 16.04.2005 s-au deschis ambele goliri de fund ale barajului Secu la capacitatea maximă de 8 mc/s, astfel că până la începerea viiturii din 17.04.2005 au fost evacuați pe goliri 921.600 mc. Dacă ar fi fost deschise ambele goliri de fund ale barajului cu aceeași capacitate de 8 mc/s, începând din 15 - 18.04.2005 s-ar fi evacuat 2.073.600 mc în 3 zile (72 ore), prin urmare la începutul viiturii din 17.04.2005 lacul ar fi avut o capacitate de reținere a viiturii mai mare, având un volum de cca. 7 mil. mc. Dar datorită intensității mari a ploii și a volumului de apă rezultat prin cele două goliri de fund ale barajului Secu, debitul pe râul Bârzava aval de acumulara Secu ar fi crescut într-un ritm destul de mare depășind astfel albia majoră, producând pagube probabil mult mai mari decât cele ce s-au produs.

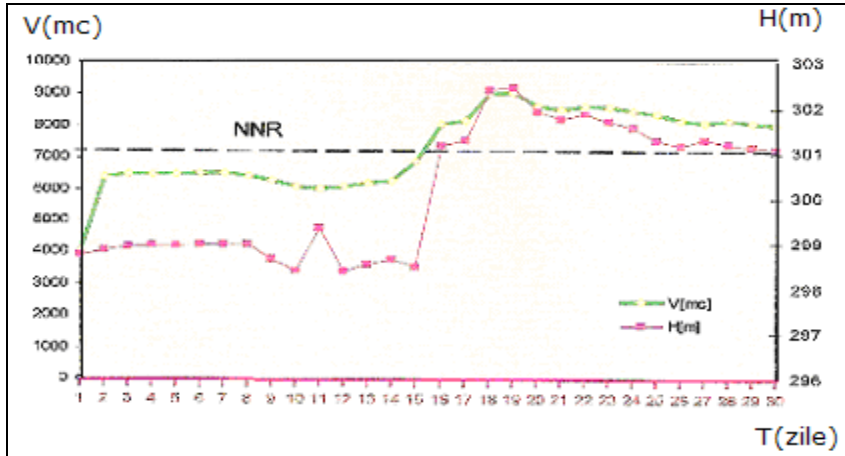


Fig. 2.20 - Secu - aprilie

Acumularea Secu este situată aval de cele două acumulări (Gozna și Văliug), are un volum de retenție la NNR de 8.12 mil. mc și un volum de atenuare de 8.8 mil. mc. La prognozarea viiturii ar fi indicat să se procedeze la o pregolire a lacului cu 1.00 m sub nivelul NNR-ului pentru evitarea suprapunerii viiturii de pe râul Bârzava datorită deversării celor două acumulări amonte.

Scopul punerii în lucru al unui sistem de alertă performant către populație, favorizează reducerea de riscuri de inundații.

Fluxul informațional este destul de greoi, deciziile de acționare și acțiunile propriu-zise desfășurându-se lent. Nu putem spune, că modul de exploatare al celor trei acumulări situate în cascadă pe cursul superior al râului Bârzava au influențat negativ propagarea viiturii în decursul anului 2005, aprilie. Este nevoie de îmbunătățirea fluxului informațional - decizional intern al CSR-ului și între CSR și SGA Caraș - Severin.

O analiză a riscului produs în acest caz se face în schema de mai jos:

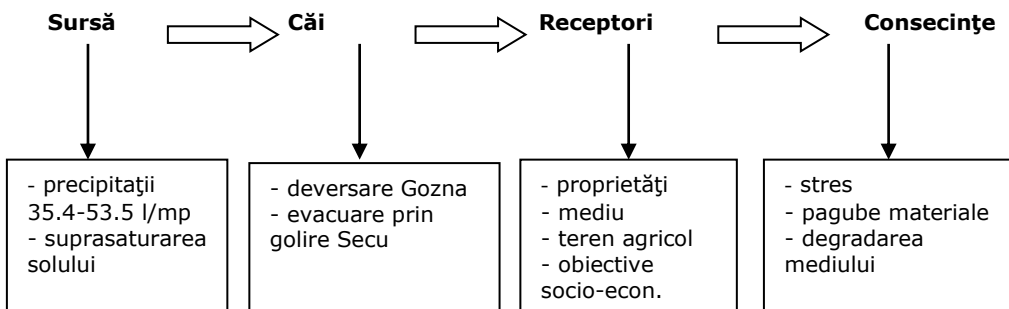


Fig. 2.21 - Schema „hazard - risc”, râul Bârzava

După o analiză a viiturii din aprilie 2005 din spațiul Banat, în urma revărsării râurilor Timiș și Bârzava au fost identificate o serie de obiective afectate: case și anexe gospodărești, obiective socio - economice, poduri și podețe, teren agricol, alimentarea cu apă, fântâni, rețele de alimentare cu gaz, rețele de canalizare, infrastructură și alte pagube .

◇ *Cazul III*

Viitura din aprilie 2006 de pe Dunăre reprezintă cea mai importantă viitură din perioada 1840 – 2006, debitul maxim în secțiunea Baziaș fiind de 15.800 mc/s față de debitul ce s-a înregistrat până în prezent, în anul 1895 de 15082 mc/s.

Datorită precipitațiilor căzute și temperaturii foarte ridicate de la începutul lunii aprilie realizate în cea mai mare parte a bazinului Dunării, care a dus la topirea stratului de zăpadă, au cauzat producerea acestei viituri excepționale. Evenimentele pluviometrice din 11 - 13 aprilie 2006 din Serbia, Bulgaria și Sud – Vestul României s-au produs în perioadele cu debite maxime pe Dunăre, sectorul Baziaș – Bechet.

Durata acestei viituri este de asemenea cea mai mare din istoria înregistrărilor, conducând astfel la o probabilitate totală de depășire mai mare de 1/100 ani.

Nivelul Mării Negre în perioada 1840 - 2006 a crescut cu cca. 30 cm, ceea ce a condus prin modificarea pantei hidraulice la creșteri de nivel suplimentare pe teritoriul românesc.

Nivelurile maxime înregistrate și reconstituite în diferite secțiuni pe Dunăre la viiturile din aprilie – mai 2006 comparativ cu cele mai mari niveluri înregistrate după îndiguirea Dunării și cu nivelurile de proiectare a digurilor sunt redată în tabelul de mai jos.

Tabelul 2.2 - Nivelurile maxime pe Dunăre

Secțiune	Cota proiectată (cm)		Nivel maxim înregistrat înainte de 2006 (cm)	Nivel în 2006 (cm)			Diferența nivelurilor 2006 – nivel maxim 1970-1981 (cm)	Diferența nivel 2006 – nivel proiectare (cm)	
	1	5 %		Inregistrat	Reconstituit	Diferența		1 %	5 %
Gruia			862 / 1981	899	899	0	+37		
Calafat	782	734	802 / 1981	861	865	+4	+59	+79	+127
Bechet			787 / 1981	845	857	+12	+58		
Corabia	773	711	756 / 1970	801	812	+11	+45	+28	+90
Giurgiu	804	750	795 / 1970	822	830	+8	+27	+18	+72
Oltenița	794	741	772 / 1970	809	815	+6	+37	+15	+68
Călărași			703 / 1970	737	765	+28	+34		
Cernavodă	690	644	708 / 1970	736	760	+24	+28	+46	+92
Hârșova	678	641	727 / 1970	764	792	+28	+37	+86	+123
Brăila	678	619	639 / 1970	699	724	+25	+60	+21	+80
Tulcea	458	411	435 / 1970	438	450	+12	+3	-20	+27

Pentru reducerea debitelor în aval, s-a procedat la inundarea incintelor: Călărași – Râul și Făcăieni – Vlădeni. Efectul inundării controlate cât și al celor necontrolate din amonte, a condus, coroborat cu măsurile de consolidare / supraînălțare diguri la protecția orașelor Oltenița, Călărași, Brăila (fig.2.22) și Galați (fig.2.23). [<http://www.mmediu.ro>]

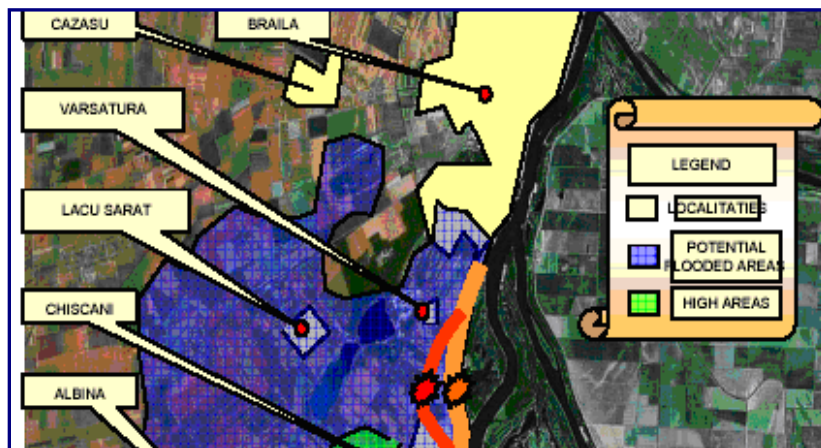


Fig.2.22 – Consolidarea digurilor



Fig. 2.23 – Zone potențial afectate

Breșele care au avut o influență importantă asupra nivelurilor și debitelor maxime pe Dunăre (fig. 2.24) au fost breșele controlate Modelu și Făcăieni, breșa necontrolată de la Rast și deversarea digului de la Rasova. Celelalte breșe necontrolate Bechet și Bistreț, Oltina și Spanțov au avut o influență importantă pe ramura de scădere a hidrografului nivelurilor și debitelor.

Prima breșă a apărut din cauze naturale, fiind înregistrată la digul din localitatea Isaccea în data de 10 aprilie 2006 la circa o lună după intrarea sub sarcina digului. Breșa a fost închisă în 24 de ore fără a fi afectate locuințe.

Breșa de la Rast produsă în lucrarea longitudinală de apărare de pe Dunăre în data de 14 aprilie 2006, ora 12.00 a influențat și nivelurile în secțiunea din amonte, Calafat, cu până la 4 cm. Digul din zona Bistreț a cedat în data de 24 aprilie 2006 la ora 7.50.

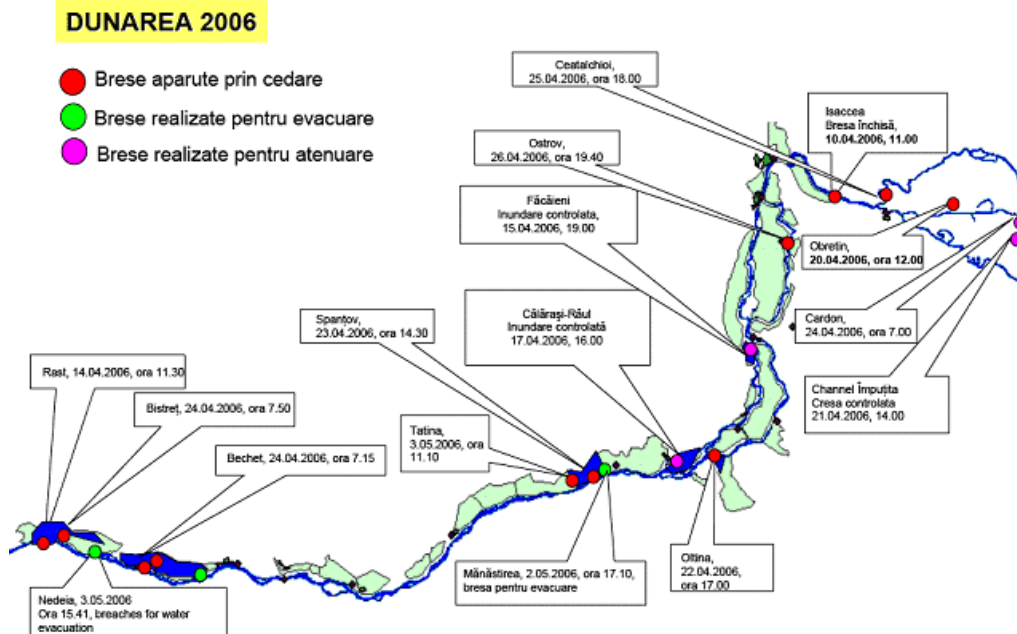


Fig. 2.24 – Breșele produse pe Dunăre

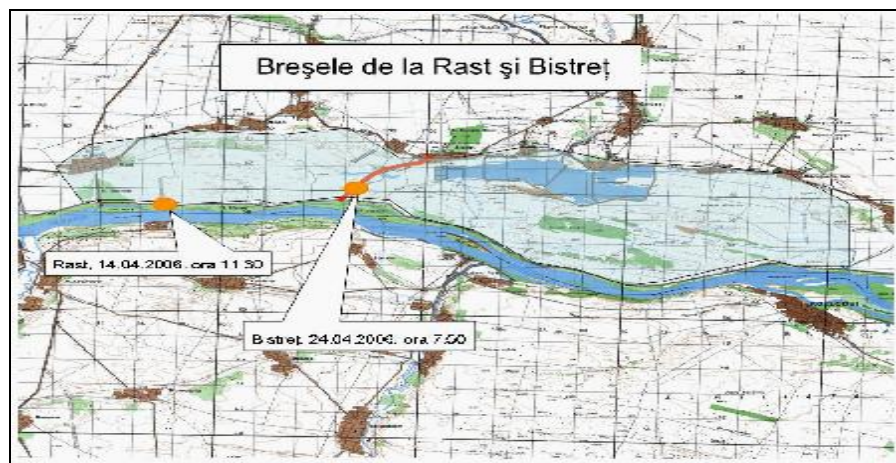


Fig. 2.25 - Breșele de la Rast și Bistreț

Digurile de pe Dunăre au cedat la viitura din 2006 realizându-se breșe necontrolate la Rast, Spanțov în data de 23 aprilie, ora 14.30 (fig. 2.26), Bechet în data de 24 aprilie, ora 7.15 (fig. 2.27), Oltina și Ostrov datorită depășirii nivelurilor de proiectare cu până la 123 cm și a duratei foarte mari, cât aceste niveluri au fost depășite.

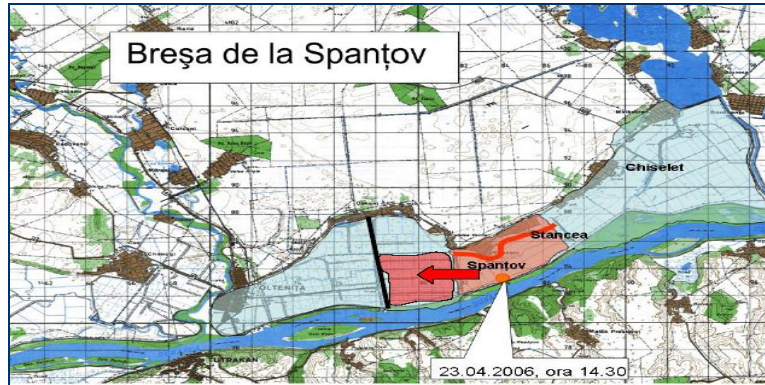


Fig. 2.26 - Breșa de la Spanțov

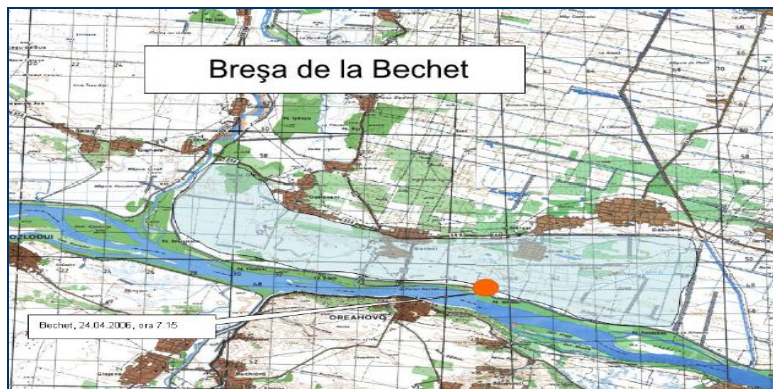


Fig. 2.27 - Breșa de la Bechet

Digul de la Rasova a fost deversat în data de 16 aprilie 2006 la ora 3.00 și au fost inundate: incinta agricolă Baci, localitatea Baci, localitatea Vederosa. La Isaccea s-a înregistrat cea mai mare viitură în 2006 și a avut debitul maxim reconstituit de 17.700 mc/s.

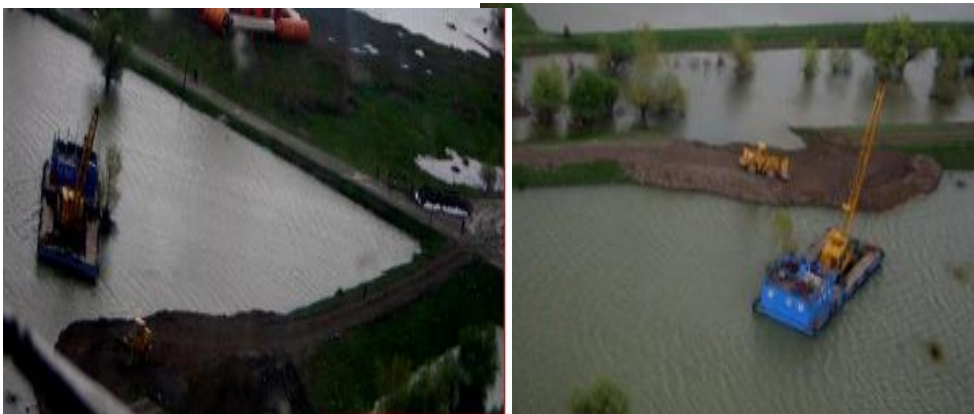


Fig. 2.28 - Zona Isaccea, închiderea breșei în 13.04.2006

Digurile au cedat datorită presiunii apei Dunării în special în zonele unde există brațe moarte ale Dunării.

O analiza a riscului produs în acest caz se face în schema de mai jos:

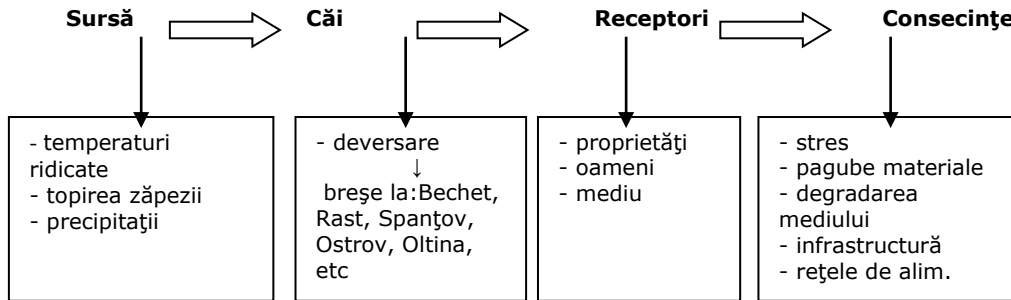


Fig. 2.29 - Schema „hazard - risc”, Dunăre

După o analiza a viiturii pe Dunăre din aprilie – mai 2006 au fost identificate o serie de obiective afectate: case și anexe gospodărești, obiective socio - economice, poduri și podețe, teren agricol, alimentare cu apă, fântâni, rețele de alimentare cu gaz, rețele de canalizare, infrastructură și alte pagube.

2.2 Modelul de calcul propus pentru evaluarea riscului la inundații

Efectul de combatere a inundațiilor se realizează cu o anumită probabilitate.

Gradul de protecție sau gradul de apărare împotriva inundațiilor este dat de probabilitatea de nedepășire a debitelor maxime admise sau de probabilitatea de neinundare, dată de relația: [C. Roșu, 1999]

$$F = \text{prob}(Q_{\text{viitura}} \leq Q_{\text{max admis}}) \quad (2.1)$$

Riscul de inundare se poate exprima prin probabilitatea de depășire a debitelor maxime admise sau de probabilitatea de inundare, prin relația:

$$P = \text{prob}(Q_{\text{viitura}} > Q_{\text{max admis}}) \quad (2.2)$$

Probabilitatea ca debitul maxim cu asigurarea (anuală) p să apară cel puțin o dată în cei n ani de existență a lucrării (riscul de inundare), este:

$$P_n = 1 - (1 - P)^n = 1 - (1 - 1/T)^n \quad (2.3)$$

unde: T - perioada de repetare fără a implica o anumită regularitate succesivă în producerea fenomenului.

Probabilitatea ca inundarea să nu aibă loc în cei n ani de existență (gradul de apărare, protecție, siguranță) este:

$$F_n = (1 - P)^n = e^{-nP} \quad (2.4)$$

Stabilirea probabilităților de satisfacere a cerințelor de apărare împotriva inundațiilor naturale poate fi făcută prin două tipuri de metode, principial distincte:

- metoda gradului de apărare normal, funcție de clasa de importanță a obiectivului apărat (tabelul 2.3).

Tabelul 2.3

Clasa de importanță	I	II	III	IV	V
Probabilitatea de dimensionare	0, 1	1, 0	2, 0	5, 0	10, 0
Probabilitatea de verificare	0, 01	0, 1	0, 5	1, 0	3, 0

- metoda analizei comparative tehnico - economice, în care probabilitatea de inundare este justificată prin sporirea veniturilor medii sau prin eliminarea pagubelor concentrate.

În gospodărirea apelor mari se ridică, în mod special, problema siguranței construcțiilor hidrotehnice incluse în schema de amenajare. Spre deosebire de celelalte ramuri ale gospodăririi apelor în care depășirea probabilităților de calcul afectează exclusiv folosințele, în gospodărirea apelor mari depășirea unei anumite probabilități afectează însăși siguranța construcției.

Problema riscului este esențială în domeniul construcțiilor și amenajărilor hidrotehnice datorită valorilor materiale mari și consecințelor pe care acestea le au asupra mediului, asupra structurilor socio - economice, asupra vieții oamenilor. Riscul rezultă din insuficiența de cunoaștere a datelor de bază, din imperfecțiunea modelelor teoretice și experimentale, a tehnologiei, din evaluările aproximative ale condițiilor viitoare de exploatare, din prognozele condițiilor de mediu care nu pot include fenomene cum sunt precipitațiile extraordinare, cutremurele, alunecările de teren, etc.

În cazul amenajărilor hidrotehnice, gradul global de siguranță al sistemului de apărare, reprezentând așa numita fiabilitate, depinde de modul de dispunere a elementelor în sistem.

Modelul de calcul propus

Riscul inundațiilor poate fi definit ca probabilitatea ca debitul natural al viiturii în cauză, să depășească debitul maxim admis (cel corespunzător limitei minime de inundație în regim natural sau antropic).

$$R = P(Q_{\max}^{p\%} \geq Q_{\max \text{ admis}}) \quad (2.5)$$

În regim amenajat trebuie luat în considerare și debitul modificat prin derivații ($\pm Q_{\text{deriv}}$), acumulări din amonte ($\pm \Delta Q_{\text{lac}}$), încât riscul de inundare într-o anumită secțiune este:

$$R = P(Q_{\max}^{p\%} \geq Q_{\max \text{ admis}}) \quad (2.6)$$

în care:

$$Q_{\max}^{p\%} = Q_{\max}^{p\%} \pm Q_{\text{deriv}} \pm \Delta Q \quad (2.7)$$

Astfel spus, în calculul riscului de inundare este necesar a se lua în considerare în afară de debitului natural de scurgere din precipitații (ploi, zăpezi), debitele provenite (\pm) din derivațiile de ape mari și volumele (\pm) din golirea sau umplerea acumulărilor.

Simplu și direct în cazul lucrărilor de apărare longitudinale s-ar putea defini riscul producerii unor inundații de-a lungul unui râu, în regim natural sau modificat cu lucrări longitudinale (îndiguiri), prin probabilitatea ca nivelul într-o secțiune curentă să-l depășească pe cel admis (peste cel care se produce inundații).

Teoretic :

$$R = P(H_{\max}^{p\%} > H_{\text{dig}}) \quad (2.8)$$

Sigur în cazul îndiguirilor trebuie avut în vedere că în mod practic există denivelări locale ale coronamentului digului de-a lungul râului independente de linia nivelului apei în râu.

În relația :

$$H_{\max}^{p\%} = f(Q_{\max}^{p\%}, S') \quad (2.9)$$

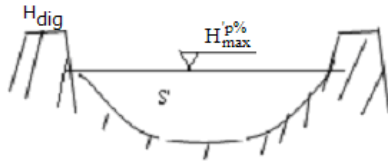


Fig. 2.30 – Profil transversal într-o secțiune îndiguită a râului

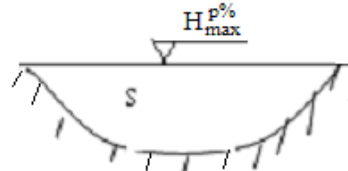


Fig. 2.31 – Profil transversal într-o secțiune naturală a râului

Managementul riscului în sistemul amenajat presupune intervenția asupra nivelului maxim al apei din albie (H'_{\max}), corespunzător unei anumite probabilități de depășire ($p\%$) prin modificări ale debitelor derivate și/sau ale volumelor golite sau retrase în acumulări. În ansamblu pentru diminuarea riscului este necesar ca:

$$\sum (Q_{\max} \pm Q_{\text{deriv}} \pm \Delta Q)_{\min} \quad (2.10)$$

În promovarea noului concept "să conviețuim cu viiturile" pentru reducerea riscului inundațiilor se poate interveni odată cu scăderea debitului și asupra mării în același timp a suprafeței de scurgere, S' .

Mărirea suprafeței de scurgere se poate realiza prin amplasarea digurilor de apărare locală, recrearea unor zone umede, micșorând cu predilecție presiunea asupra îndiguirii continue existente în schemele actuale de amenajare.

În cazul cedării lucrărilor longitudinale de apărare (prin deversare și infiltrație), în definirea riscului trebuie să intervină și durata deversării / infiltrației până la începutul cedării, Δt , astfel încât:

$$R = P(H_{\max}^{p\%} > H_{\text{dig}} / \Delta t \geq \Delta t_{\min}) \quad (2.11)$$

$\Delta t_{\min} = f(H_s) = (1 \dots 6) h$ (fig. 2.32), apreciat ca dependent cu deosebire de materialul digului, consistență, dintr-o cercetare personal făcută pe toate cazurile de cedări (aproximativ 100) din ultimii doi ani în România.

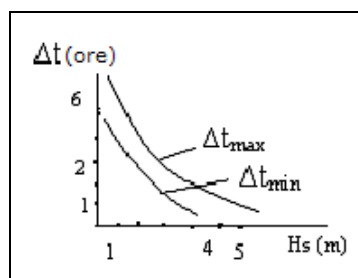


Fig. 2.32

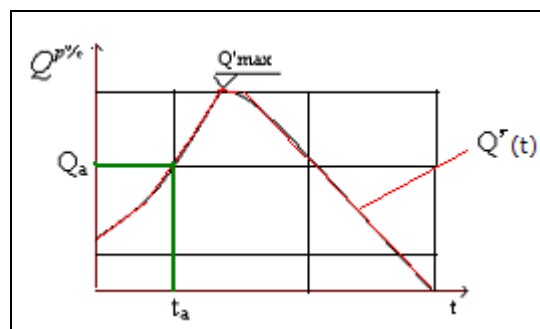


Fig. 2.33 – Hidrograful debitelor efective

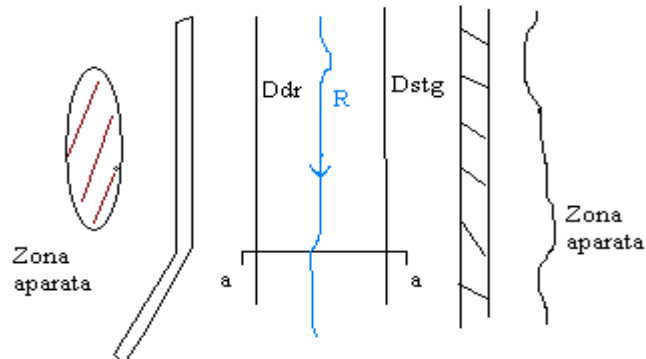


Fig. 2.34 - Vedere în plan

Față de cele de mai sus, algoritmul de calcul al riscului la inundații din cedarea digurilor este:

- se împarte zona îndiguită în tronsoane cu aceleași caracteristici ale structurii digului (materiale, consistență, comportament în timp, etc.) .
- se stabilesc secțiunile de calcul cu risc în "puncte slabe" stabilite prin monitoringul asupra digului (grad redus de îndesare - afânare, goluri făcute de jderi, bursuci, vulpi, etc.)
- denivelări în lungimea digurilor care pot determina timpi mai mari de deversare
- se trasează hidrograful debitelor efective $Q'(t)$ (fig. 2.33) din secțiunea de calcul pentru o viitură oarecare prognozată (cu t_a) sau pentru viitura cu probabilitatea de calcul (p %) - 1%, 5%, etc.

În cazurile breșelor analizate din toate bazinele hidrografice din România, timpul de anticipare al prognozei, excluzând pe cel de predicție, variază de la 2-3 ore la 4 zile. La o analiză mai atentă, el poate fi luat în considerare în managementul riscului pentru diminuarea acestuia.

- corespunzător cheii limnimetrice $H' = f(Q')$ se trasează hidrograful nivelurilor $H' = f(t)$ (fig. 2.35)

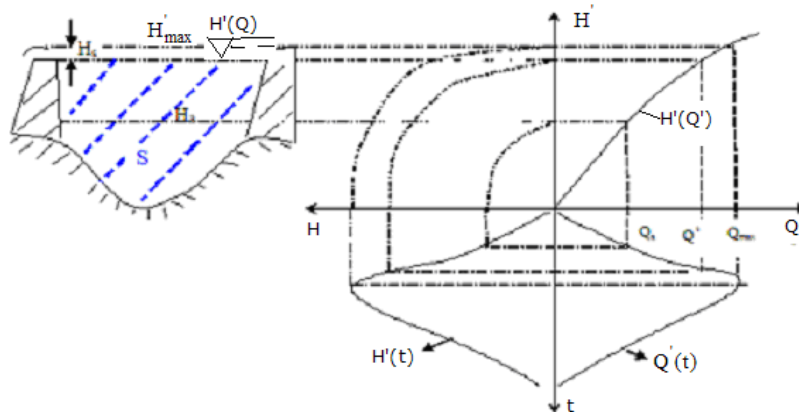


Fig. 2.35 - Hidrograful nivelurilor

- se calculează $H_s = H'_{max} - H_{dig}$ (sarcina inițială a breșei) și corespunzător se determină durata deversării până la începutul cedării Δt .

- dacă $\Delta t \geq \Delta t_{\min}$ cuprins în ecartul ($\Delta t_{\min} - \Delta t_{\max}$) se determină riscul cedării

$$R = p(H_{\max}^{p\%}) .$$

- apreciind riscul acceptat R_a într-o scară 0.1 – 1 pentru $p=0.1\%$ - 1% ca risc: maxim (0.1-0.3), mediu (0.4-0.6) și minim (0.7-1.0)

Observație !

Printr-un management corespunzător (2.10), riscul acceptat poate fi diminuat de la cel maxim la cel mediu și chiar minim. În același timp, ținând cont de faptul că gradul de siguranță poate fi definit ca :

$$S = 1 - R \quad (2.12)$$

poate fi de la cel minim 0.1(1‰) la maxim 1%.

2.3 Zone de risc. Hărți de hazard și hărți de risc

La identificarea și delimitarea zonelor ce pot fi inundate trebuie să ținem seama de toate aspectele: protecția împotriva viiturii, conservarea și protecția naturii, a habitatelor și a surselor de apă .

Albiile majore vor fi identificate și desemnate ca locații prioritare pentru retenția viiturilor. Scopul îl reprezintă descurajarea lucrărilor de apărare de mal, îndiguirile, excavațiile, în general orice lucrare care formează un obstacol în calea scurgerii naturale pe cursurile de apă și care nu protejează zonele dens populate. Riscul de inundare în albiile majore protejate este strâns legat de caracteristicile de performanță ale structurilor de apărare, de depășirea și probabilitatea de accident la acestea.

Pentru viitor se prognozează creșterea riscului la inundații datorită dezvoltării economico – sociale a zonelor supuse riscului la inundații, creșterii frecvenței și amplitudinii viiturilor având în vedere schimbările climatice.

Conform normelor metodologice din 10 aprilie 2003 , harta de risc natural la inundații constituie documentația ce cuprinde zonele inundabile la diverse probabilități de producere a viiturii, incluzând pagubele materiale și umane potențiale.

Cele mai importante reprezentări ale hărților care prezintă zonarea inundațiilor:[P. Șerban, A. Gălie, 2006]

- *Harta indicativă a inundațiilor* – reprezentarea inundațiilor produse de viituri cu diverse probabilități de apariție
- *Harta pericolului de inundație* – include evenimente istorice, cât și evenimente viitoare cu diverse probabilități, ilustrând intensitatea estimată, durata și efectele dinamice ale inundației. Combinând aceste elemente rezultă intensitatea și frecvența dezastrelor, fiind posibilă specificarea zonelor supuse dezastrelor (harta zonării dezastrelor).
- *Harta riscului de inundație* – combină informațiile de mai sus cu caracteristicile economice și de rezistență la inundație ale folosințelor terenurilor din zonele afectate, densitatea populației și alte informații relevante în vederea definirii nivelurilor de risc în albia majoră.

Simularea cedării lucrării liniare de apărare și modelul de calcul al hidrografului viiturii accidentale evidențiate permit a se stabili și analiza: zona inundabilă, hărțile de risc pentru inundațiile produse de avarierea acestor lucrări, respectiv a se stabili impactul în mediu corespunzător precum și soluții structurale și non – structurale, implementând noile concepte ale Directivei Cadru și Directivei pentru inundații.

Riscurile de inundații se pot considera ne semnificative în zonele slab populate sau chiar nepopulate și în zone cu bunuri economice sau valoare ecologică limitată. Cu cât zonele supuse riscului la inundații sunt dezvoltate din punct de vedere economic, al numărului de locuitori, industrie, etc. gradul de risc crește. Astfel, în vederea evitării și a reducerii impactului negativ al inundațiilor în aceste zone este necesar să se elaboreze planuri de gestionare a riscului de inundații.

Cauzele și consecințele inundațiilor sunt variabile de la o zonă la alta; așadar, planurile de gestionare a riscului la inundații trebuie să ia în considerare caracteristicile proprii fiecărei zone sau regiune pe care le acoperă și să prevadă soluții optime în conformitate cu nevoile acestor zone.

Conform Directivei 2007/60/CE din 23 octombrie 2007, pentru luarea de măsuri eficiente de gestionare a riscului la inundații trebuie create hărți de hazard și hărți cu risc de inundații.

Hărțile de hazard acoperă zonele geografice care ar putea fi inundate, conform următoarelor scenarii:

- viituri cu probabilitate mare (la fiecare 10 ani)
- viituri cu probabilitate medie (la fiecare 100 ani)
- viituri cu probabilitate mică (evenimente extreme)

Unii dintre parametrii acestor hărți sunt: extinderea zonei inundate, adâncimea și nivelul apei, viteza apei unde este necesar.

Hărțile de risc de inundații indică potențialele efecte negative ale inundației produse (ex. număr de locuitori afectați, infrastructură, mediu, locuințe, etc.).

Pentru întocmirea acestor hărți de risc la inundații se urmăresc etapele:

- determinarea obiectivelor potențial a fi afectate
- evaluarea vulnerabilității obiectivelor expuse riscului
- estimarea pagubelor și a pierderilor de vieți omenești.

◇ **Aplicație** [după HKV Consultans]

Hărțile privind viiturile trebuie să fie elaborate în conformitate cu Directiva EU privind inundațiile. Pentru o detaliere cât mai reală privind aceste hărți trebuie făcută o exemplificare pe caz concret – râul Timiș. Pentru a se putea elabora hărțile privind inundațiile au fost colectate și pregătite în cadrul proiectului – HKV - o serie de date (date hidrologice, calibrarea modelului Sobek, etc.).

Nivelurile de apă rezultate la diferite perioade de repetare au fost folosite pentru a crea hărțile de inundații. În figura 2.36 avem rezultatul scenariului de viiturii 5% pentru râul Timiș.

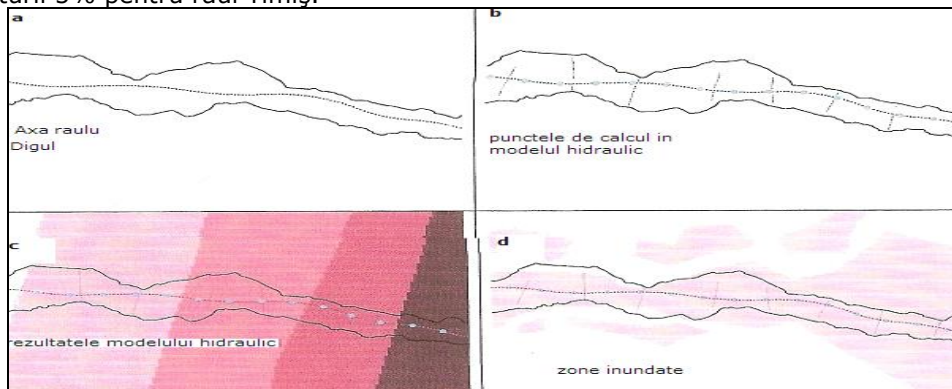


Fig. 2.36 – Viitura extinsă folosind 1D, rezultatele nivelului de apă

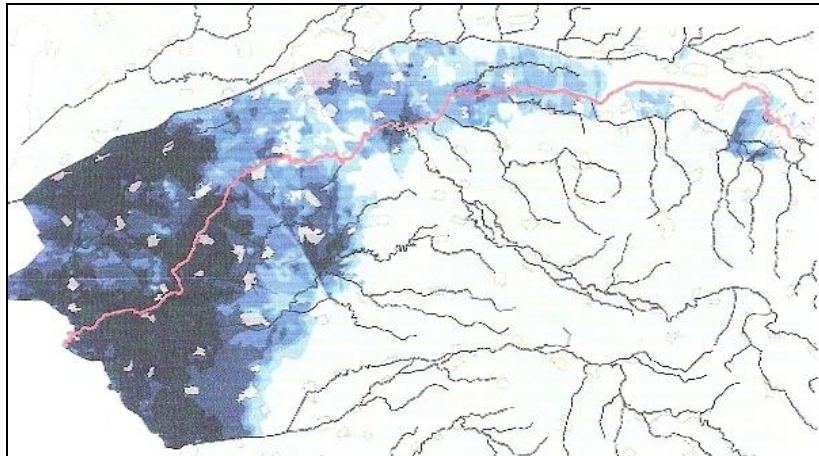


Fig. 2.37 – Viitura extinsă folosind 1D, nivelul apei de a lungul r. Timiș

Figura 2.38 arată un exemplu simplificat de o hartă de risc pentru o parte îndiguită a râului Timiș.

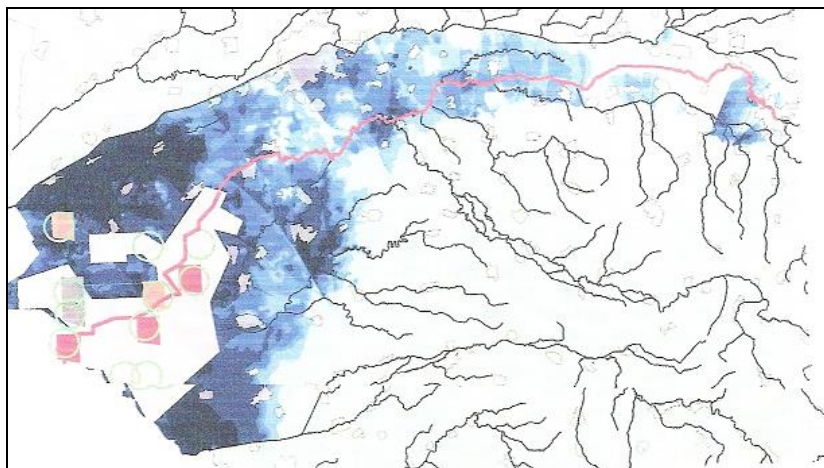


Fig. 2.38 – Harta riscului de inundații pentru zona Timiș

◆◆ Aplicație [după RASP, 2002]

Figura 2.39 arată că unda de viitură a traversat întreaga zonă dintre râul Timiș și râul Bega, cu producerea celor două breșe din zona Cruceni, unificate ulterior și breșa amonte, din zona Crai Nou.

Modelul de calcul presupune următoarele etape:

- încadrarea în forma corespunzătoare a suprafeței inundată
- determinarea lățimii breșei
- calculul volumului de apă pătruns în zona inundată
- estimarea probabilității de cedare
- calculul pagubelor

Pentru stabilirea volumului de apă din zona inundabilă se va face identificarea tipului zonei inundabile și forma geometrică ce va fi adoptată în calcul.

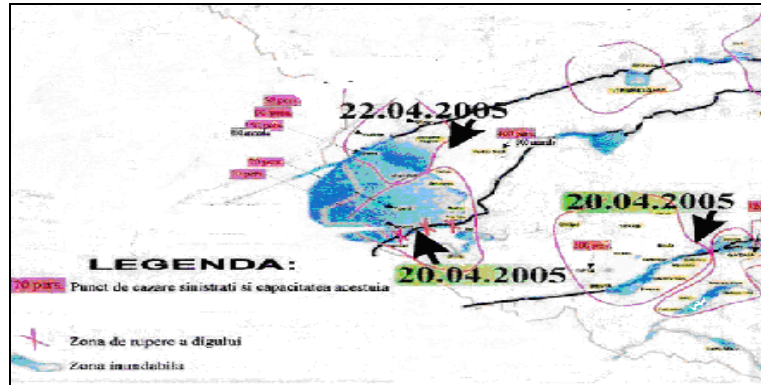


Fig. 2.39 – Zona inundată dintre râul Timiș și râul Bega

Zonele inundabile pot fi împărțite în trei categorii, ținând cont de forma de relief și de pantă, astfel:

Tabelul 2.4

Forma zonei inundabile	Caracteristicile zonei inundabile
U	Profil plat
V	Profil abrupt
W	Profil compus

Porțiunea inundată din figura 2.39 este situată într-o zonă de șes, cu un relief plat ce corespunde unei forme geometrice U, conform tabelului 2.4.

$$b_B = P \cdot c_b \cdot L_{def} \quad (2.13)$$

unde: b_B = lățimea breșei

P = probabilitatea de propagare a viiturii

$c_b = 0.05$

L_{def} = lungimea lucrării de apărare, pe sectorul cu aceleași caracteristici

► Pentru breșa din aval – km 6+000, din zona Cruceni se determină coeficientul c_b

$$b_B = 160 \text{ m}$$

$$P = 1\%$$

$$L_{def} = 6.6 \text{ km}$$

$$c_b = ?$$

$$b_B = P \cdot c_b \cdot L_{def} \Rightarrow c_B = 0.024$$

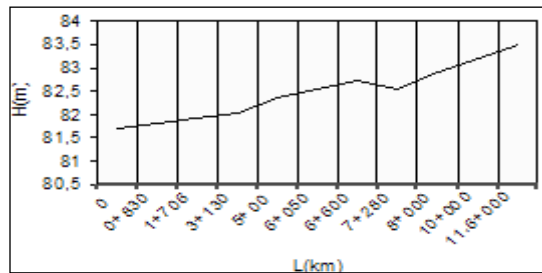


Fig. 2.40 – Profil longitudinal

Se face verificarea valorii coeficientului mai sus calculat, pentru țara noastră, introducând în formulă valoarea coeficientului, aplicată de data aceasta, în cazul breșei din zona Crai Nou, urmărind ca valoarea lățimii breșei ce rezultă din calcul, să corespundă cu valoarea reală.

► Pentru breșa din amonte - km 8+250 din zona Crai Nou se face verificarea coeficientului .

$$b_B = 120 \text{ m}$$

$$P = 1\%$$

$$L_{\text{def}} = 5 \text{ km}$$

$$C_b = ?$$

$$b_B = P \cdot c_b \cdot L_{\text{def}} \Rightarrow b_B = 120 \text{ m similar cu valoarea reală}$$

În funcție de forma geometrică stabilită și de tipul de rupere a apărării se pot calcula gradele de viitura:

Tabelul 2.5

Panta	Scenarii de rupere	Forma geometrică
mică	deversare și breșă	semicircular/dreptunghiular
medie / înaltă	deversare	semicircular/dreptunghiular
mare	Breșă	triunghiular

Gradele de viitură de-a lungul și prin valeda inundabilă sunt calculate ca volume de apă pătrunse în valeda inundată. Pentru zona inundată cuprinsă între cele două cursuri de apă Timiș - Bega, situate în paralel, vom adopta următoarea formă geometrică:

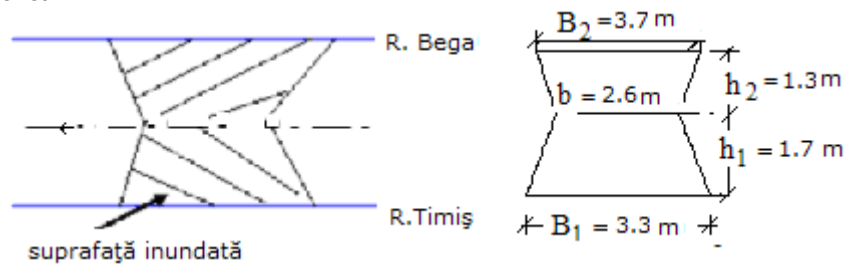


Fig. 2.41 - Forma zonei inundate

Folosind datele necesare pentru forma geometrică adoptată a zonei inundate s-au determinat următoarele volume de apă V_1 și V_2 , rezultând un volum total de apă de cca. 249.25 mil. mc.

$$V_1 = 123.25 \text{ mil. mc}$$

$$V_2 = 126.00 \text{ mil. mc}$$

$$V_t = 249.25 \text{ mil. mc față de volumul total real de 250 mil. mc.}$$

Forme geometrice adoptate pentru diferite tipuri de văi din țara noastră:

Tabelul 2.6

Secțiunea transversală	Forma zonei inundabile	Caracteristicile zonei inundabile
		vale singulară
		vale largă

Capitolul III

SCENARII DE RUPERE. HIDROGRAFELE DE VIITURI ACCIDENTALE

3.1 Scenarii – tipuri de breșe

În ultimii ani, au apărut în sistemele liniare de apărare împotriva inundațiilor numeroase cedări, determinate în principal de frecvențele viiturii catastrofale

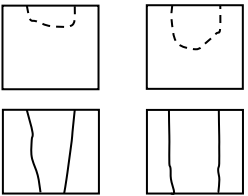
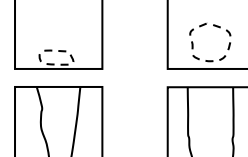
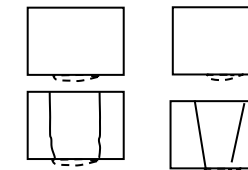
Pentru astfel de sisteme sunt posibile mai multe scenarii de cedare (rupere) rezultate din combinațiile cedărilor lucrărilor componente, care conduc la inundații.

Cauzele de cedare pot fi:

- deversările peste coronament care produc eroziuni, creând breșe ce se dezvoltă rapid pe întreaga secțiune a digului și care pot fi asimilate cu forme dreptunghiulare, triunghiulare, trapezoidale.
- infiltrații prin corpul digului sau terenului de fundație prin care se creează orificii, care se dezvoltă și produc prăbușirea digului.

Scenarii de rupere a digului de pământ sunt redată în tabelul 3.1.

Tabelul 3.1 – Scenarii de rupere a digului

Cauzele cedării	Breșe - formele inițiale și finale	Timp de rupere	Observații
deversare peste coronament		Depinde de mărimea undei de rupere	Momentul inițial al cedării este determinat de probabilitatea P (N viiturii accidentale $\geq N_{\min}$ de inundație) și t (durata deversării) $\geq t_{cr}$ $t_{cr} = f(\text{caracteristicile materiale ale digului})$
Infiltrații prin corpul digului		Inițial poate fi lent, urmat de o cedare rapidă funcție de debitul de infiltrație	Momentul cedării corespunde unei viteze (debit) de infiltrație, care depășește pe cea de coeziune a materialului digului
Infiltrații prin terenul de fundație		Inițial poate fi lent, urmat de o cedare rapidă funcție de debitul de infiltrație	Idem

Aceste cauze impun adaptarea scenariilor de rupere pentru fiecare componentă a sistemului de apărare și prin considerarea tuturor scenariilor posibile de cedare a

lucrărilor, determinarea probabilității totale de cedare. Evident, că ținând seama de timpul de predicție, caracteristicile digului, de durata și debitul deversării sau al infiltrațiilor se poate stabili cu aproximație momentul inițial al cedării.



a.

b.



c.



d.

Fig. 3.1 - Tipuri de breșe pe râul Timiș

În acest capitol sunt analizate corespunzător scenariilor de rupere, toate cele trei situații cauzale, fără a le combina în cadrul unui sistem de apărare.

Arborele incidentului (accidentului) în cazul ruperii unui dig poate fi transpus prin următoarea schemă (fig. 3.2):

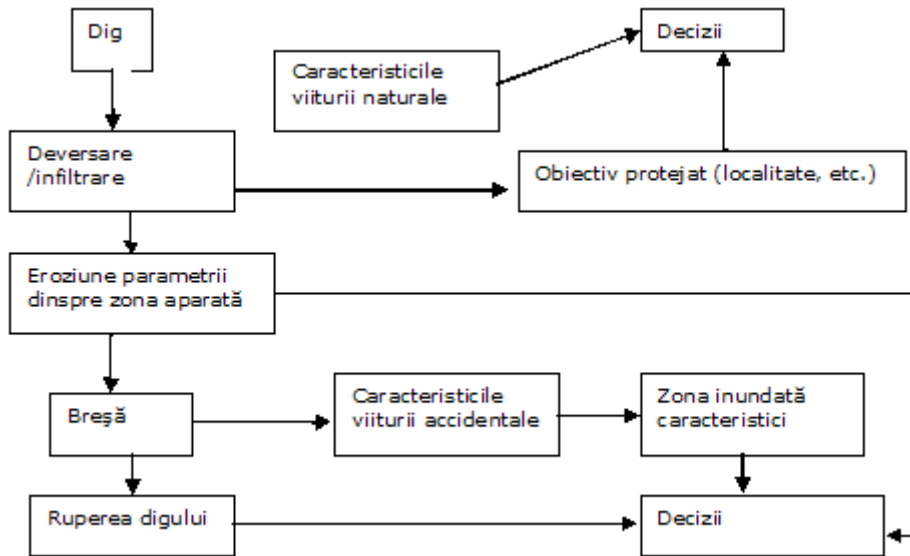


Fig. 3.2 – Arborele incidentului în cazul ruperii unui dig

3.2 Hidrografe de rupere

► Cazul deversării peste creasta digului

Schema de calcul în bilanțul apei în secțiunea cedării poate fi (fig. 3.3):

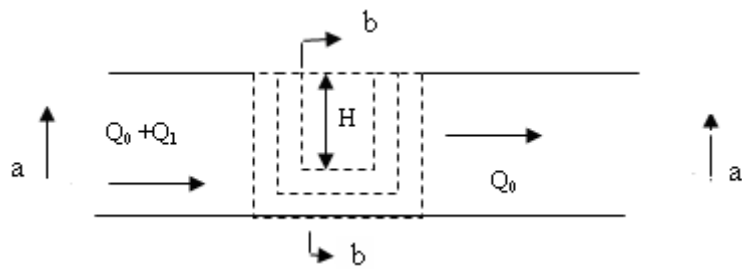
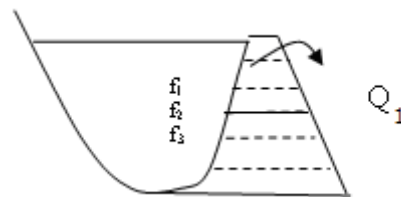
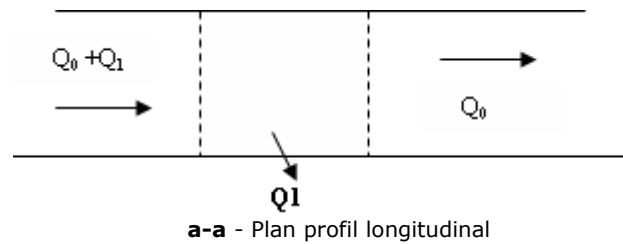


Fig. 3.3 – Schema de calcul – bilanț în secțiunea cedării



Momentul inițial de deversare (t_0) luat în considerare este cel de vârf al hidrografului de viitură Q , după ce nivelul apei în râu, z depășește cota coronamentului digului z_0 ($z > z_0$) (fig. 3.4).

Urmând cronologic desfășurarea viiturii, respectiv evoluția nivelurilor pe râu (z) corespunzător hidrografului Q și pe breșa (z_b) se remarcă, că în intervalul $t_0 - t_i$ are loc deversarea peste coronamentul digului.

Nivelurile (debitele) pe râu continuă să crească și ca urmare cresc și debitele deversate. În momentul t_i începe formarea breșei. Debitul deversat crește cu o pantă mai mare, crescând în continuare afluența Q până în momentul t_i , dar și sarcina de deversare (mărindu-se treptat breșa).

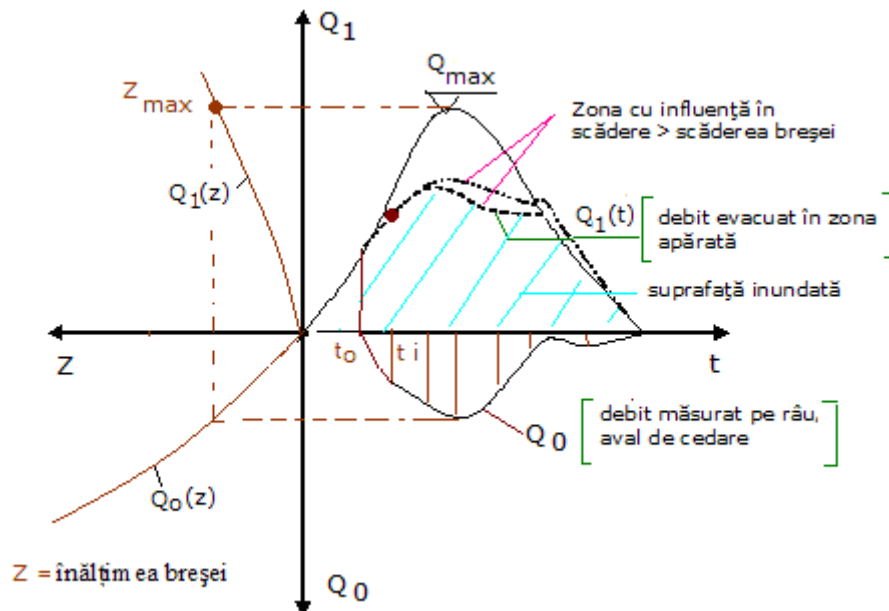


Fig.3.4 – Hidrograful viiturii la rupere prin deversare

Dezvoltarea în timp a breșei (fig. 3.5) de o formă care poate fi acceptată în funcție de caracteristicile lucrării longitudinale de apărare .

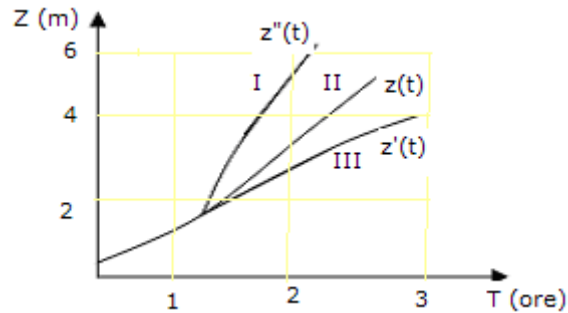


Fig. 3.5 - Dezvoltarea breșei în timp

Calculul hidrografului de viitură la rupere în cazul deversării se poate face admitând:

- ruperea progresivă prin erodare cu viteze de creștere a adâncimii breșei de x m/min (variabila H).
- eroziunea ambelor maluri cu $2x$ m/min (variabila L)

Se menționează că sunt cunoscute până în prezent modele de calcul:

- a deversoarelor laterale, făcând parte din structura polderelor cu o acumulare bine delimitată
- deversoarele laterale de evacuare a apelor mari dintr-un lac.

Spre deosebire de acestea, breșele din lucrările longitudinale permit evacuarea apei pe suprafețe cvasi necunoscute și de cele mai multe ori nedorite (inundarea unor infrastructuri, localități, etc.)

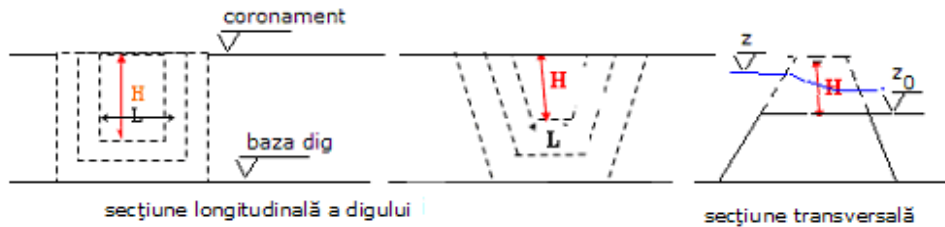


Fig. 3.6 - Rupere dig în adâncime și pe maluri

Forma breșei poate fi aproximativ dreptunghiulară sau/și trapezoidală (fig. 3.6) așa cum rezultă din analiza unor cedări produse în ultimii ani în țara noastră.

Scurgerea poate fi considerată ca o scurgere peste un deversor lateral cu prag lat $c > (2 - 3)z$, pasul de timp luat în calcul Δt . Practic lungimea pragului este $c = (3 - 10) z$, iar pentru valori $c \gg z$ care se ating pe măsura adâncimii breșei, curgerea trebuie considerată ca o curgere într-un canal lateral.

Deversorul lucrează în general ca un deversor neînecat ($z_{av} < z_{cr}$), adâncimea la prag, z se ia de obicei egală cu adâncimea critică:

$$z = z_{cr} = 0,6 z \tag{3.1}$$

Debitul este :

$$Q = \sigma_1 \cdot m \cdot l \cdot \sqrt{2g} \cdot Z^{\frac{3}{2}} \quad (3.2)$$

unde: l = lungimea breșei

m = coeficientul de debit ($m = 0,3 - 0,36$)

σ_1 = coeficientul de corecție pentru deversorul lateral

$$\sigma_1 = \left(\frac{z}{l}\right)^{\frac{1}{6}} \quad (3.3)$$

z = sarcina deversorului pe creasta deversorului la capătul aval

Eroziunea se dezvoltă repede și masivul este spălat într-un timp foarte scurt, încât nu poate fi considerat semnificativ calculul hidrografului ruperii. Practic se egalează nivelurile din zona îndiguită a râului și cea inundată. În timp, la o scădere a nivelului de apă în râu, prin micșorarea debitelor apare fenomenul invers al scurgerii, dinspre incinta inundată.

Analiza situațiilor reale arată că durata scurgerii volumelor de apă din incinta inundată în râu este mare (de ordinul lunilor).

► Cazul infiltrațiilor prin dig

În cazul breșei produse în interiorul digului, de formă circulară (fig.3.7), aceasta se dezvoltă până la prăbușire și se transformă într-un canal deschis.

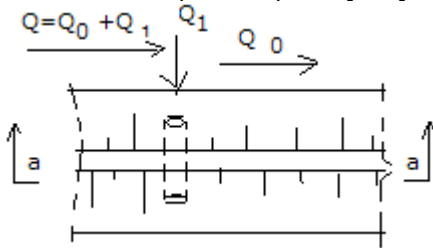


Fig. 3.7 - Schema breșei interioare a digului

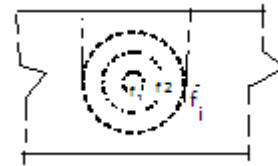
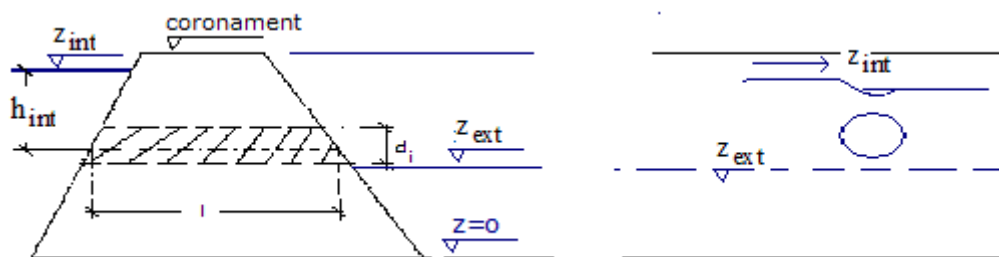


Fig. 3.8 - Dezvoltarea breșei în timp



a - a - Secțiunea transversală a breșei

b - b - Secțiunea longitudinală a breșei

Fig. 3.9 - Secțiunile breșei

Evoluția fenomenului (infiltrație prin dig) poate fi redată prin hidrograful viiturii (fig. 3.10).

t_0 = momentul inițial al infiltrației prin dig

$t_0 - t_1$ = perioada de infiltrație fără mărirea esențială a breșei (f_1, f_2) (fig. 3.8)

$t_1 - t_2$ = creșterea debitului afluent continuă concomitent cu mărirea breșei (fig.3.11)

$t_2 - t_3$ = scăderea debitului afluent, dar și a cotei breșei

Momentul t_3 corespunde cotei minime a breșei. Din momentul t_3 și până în t_4 scade doar nivelul apei, iar din acest moment până la Q_0 scurgerea are loc doar prin albie. Din acest moment scurgerea se face dinspre incinta inundată spre albie.

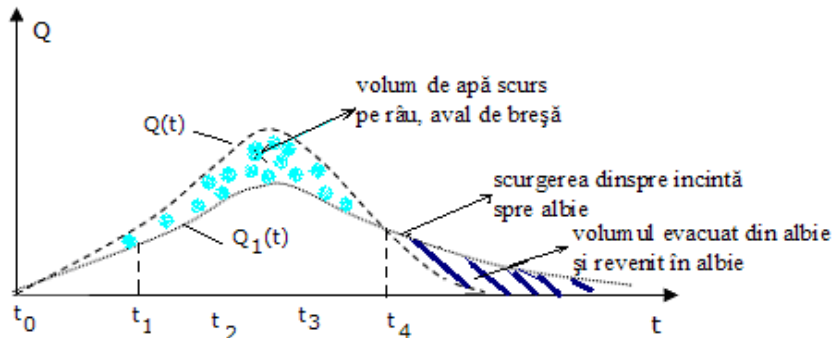


Fig. 3.10 - Hidrograful viiturii de rupere prin infiltrații

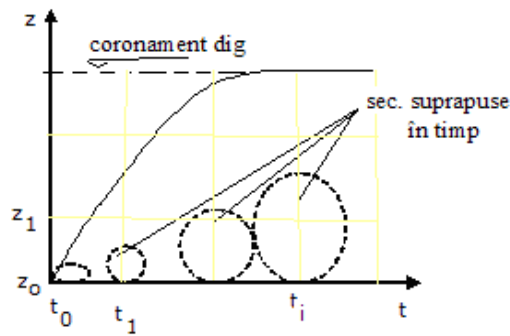


Fig. 3.11 - Evoluția breșelor în timp

Relația de calcul a debitului evacuat prin breșă este :

$$Q = \mu \frac{\pi d^2}{4} \sqrt{2gh_{am}} \quad \text{pentru curgerea liberă} \quad (3.4)$$

$$Q = \mu \frac{\pi d^2}{4} \sqrt{2g(h_{am} - h_{av})} \quad \text{în cazul curgerii înecate.} \quad (3.5)$$

Coeficientul de debit:

$$\mu = \frac{1}{\sqrt{1 + \sum \xi + \lambda l/d}} \quad (3.6)$$

unde: $\sum \xi$ = suma coeficienților de rezistență locală

λ = coeficientul de rezistență liniară

Respectiv prin canal deschis:

$$Q = S \cdot C \sqrt{R \cdot I} \quad (3.7)$$

unde: S = suprafața de scurgere

C = coeficientul lui Chezy

R, I = raza, respectiv panta hidrolică

3.3 Studiul sistemelor liniare de apărare

Sistemul liniar de apărare reprezintă un sistem ce conține mai multe lucrări de apărare dispuse în paralel, în serie sau mixt. Pentru un astfel de sistem sunt posibile mai multe scenarii de cedare / rupere rezultate din combinațiile cedărilor lucrărilor componente, care conduc la inundații.

Probabilitatea totală de inundare se calculează, considerând toate scenariile posibile de cedare a lucrărilor de apărare.

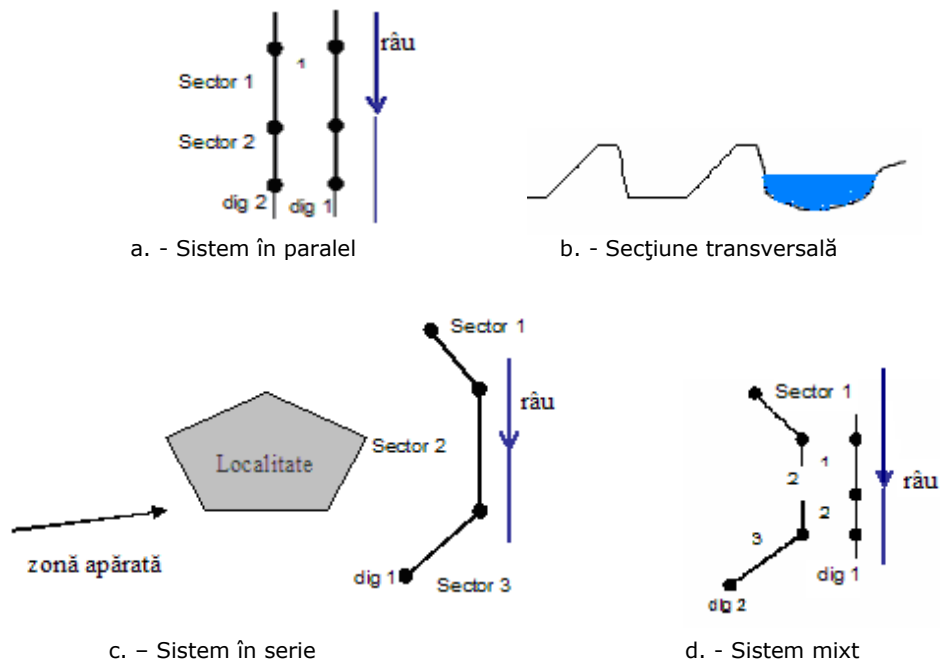


Fig. 3.12 - Sistemul de apărare

Este prezentată o metodologie pentru simularea, modelarea și calculul viiturii accidentale, luând în considerare sistemele de apărare liniare, în serie și mixte prin cele două variante de deversare și infiltrație.

În final, pentru fiecare variantă analizată s-a stabilit perioada de anticipație pentru risc maxim, perioadă în care obiectivele sunt afectate, respectiv variația în timp a zonei inundabile.

► Algoritm de calcul - Principii:

- se iau în considerare corpurile de apă, împărțind râul în sectoare de calcul, corespunzătoare aceluiași risc de cedare acceptat.
- calculul se face din amonte în aval
- se cunoaște / determină hidrograful viiturii de calcul $Q=f(t)$, care intră în sector (Q_{11}), fie acceptând în prealabil probabilitatea de depășire a debitului maxim $Q_{\max}^{p\%}$, fie deducând aceasta dintr-un calcul economic [costuri + pagube] → min. (fig.3.13)

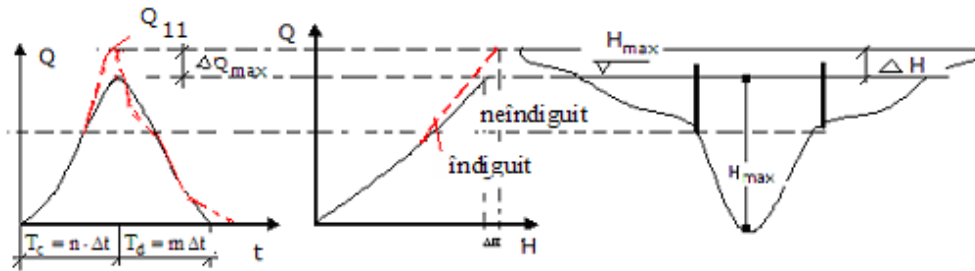


Fig. 3.13 – Depășirea debitelor maxime prin îndiguire

- debitul de vârf al viiturii cu probabilitatea de depășire $p\%$ - $Q_{\max}^{p\%}$ (mc/s)
- durata totală a viiturii (fig. 3.14)

$$T_t = f(L/\sqrt{I_b}) \quad (3.8)$$

unde: L = lungimea cursului până în sectorul de calcul [km]
 I_b = panta medie a bazinului hidrografic până în sectorul de calcul

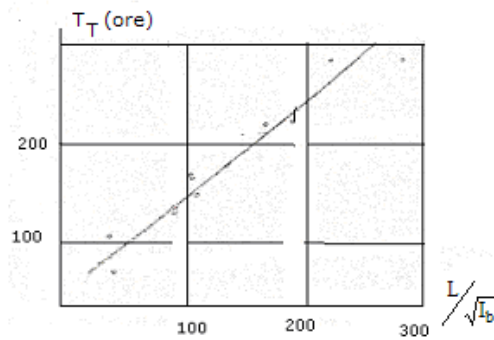


Fig. 3.14 – Relația dintre durata medie totală a viiturilor și parametrul morfometric $L/\sqrt{I_b}$ în bazinele hidrografice din Banat

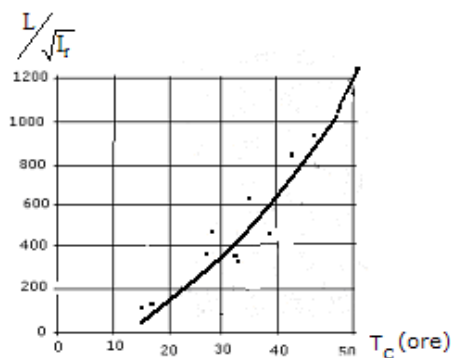


Fig. 3.15 – Legătura duratei de creștere a viiturilor cu parametrul morfometric $L/\sqrt{I_c}$ în bazinele hidrografice din Banat

- timpul de creștere

$$T_c = f(L/\sqrt{I_r}) \quad (3.9)$$

unde: I_r = panta medie a cursului de apă corespunzător tronsonului L

- debitul în perioada de creștere

$$Q_i = Q_{\max}^{p\%} \left(\frac{T_i}{T_c} \right)^p \quad (3.10)$$

unde: p = exponent

$$T_i = i \cdot \Delta t \quad \dots\dots\dots(3.11)$$

unde: $0 \leq T_i \leq n \cdot \Delta t$

$$i = 1, 2, \dots, n$$

- debitul în perioada de scădere

$$Q_j = Q_{\max}^{p\%} \left(\frac{T_d - T_j}{T_d} \right)^p \quad \dots\dots\dots(3.12)$$

unde: $T_j = j \cdot \Delta t$

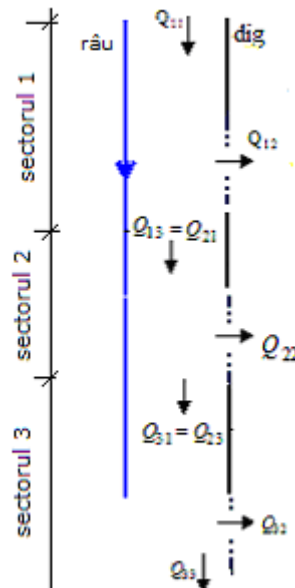
$$j = 1, 2, \dots, n$$

► Modelul de calcul – deversare

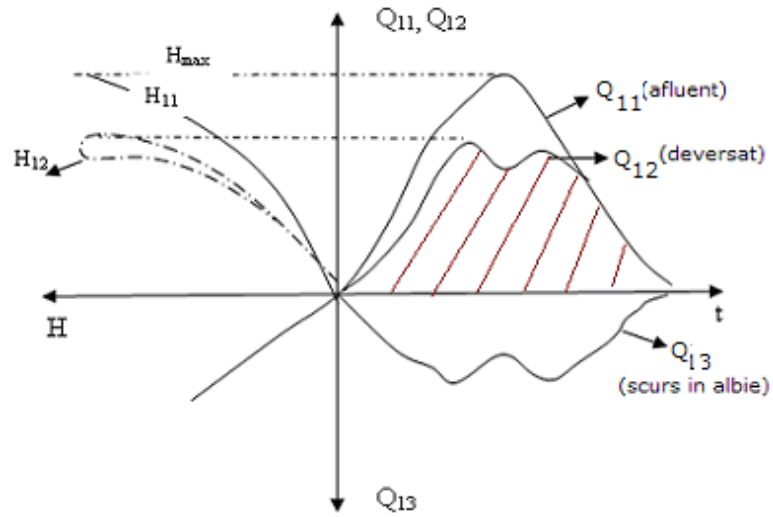
A. Sistem de apărare în serie

Etape:

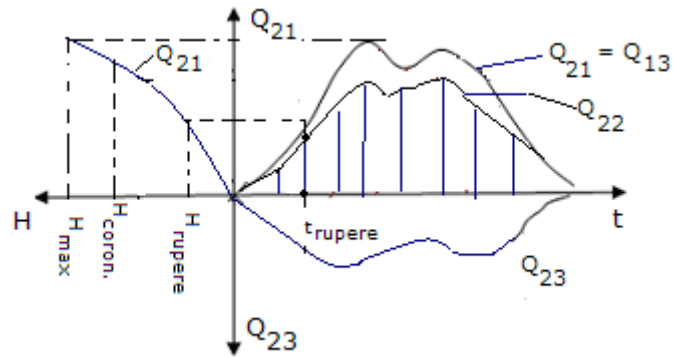
1. Se ia în considerare hidrograful viituri de calcul Q_{11} afluent în albie în dreptul secțiunii de cedare a primului sector îndiguit din amonte (fig. 3.16 - b).



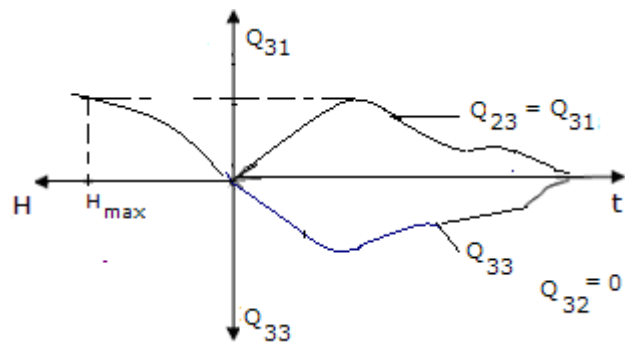
a. - Sistem de apărare în serie



b. - Hidrograful în cazul breșei 1



c. - Hidrograful în cazul breșei 2



d. - Hidrograful în cazul breșei 3

Fig. 3.16 a - d

2. Considerând, momentul inițial (t_i) momentul deversării peste dig se trasează hidrograful debitelor deversate ($Q_{12}=f(t)$) în incinta apărată inițial și inundată din momentul deversării.

Mișcarea apei este considerată ca o mișcare nepermanentă rapidă peste un deversor lateral cu prag lat (fig. 3.17), neînecat [C. Mateescu, 1961].

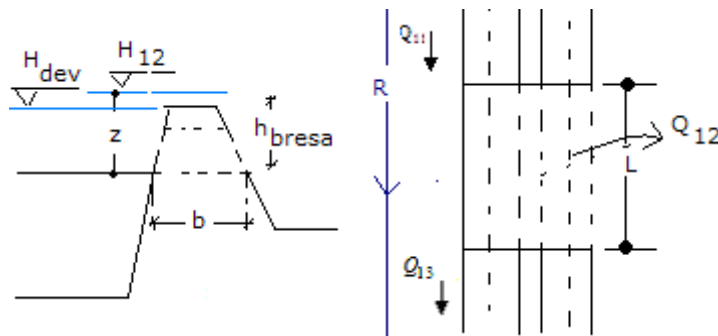


Fig. 3.17 - Deversarea peste dig

$$Q_{12} = \sigma_1 \cdot m \cdot L \cdot \sqrt{2g} \cdot Z_{aval}^{3/2} \quad (3.13)$$

Relația deversorului neînecat obișnuit, căruia i s-a aplicat un coeficient de corecție:

$$\sigma_1 = \left(\frac{Z_{aval}}{L} \right)^{1/6} \quad (3.14)$$

unde: Z - reprezintă sarcina variabilă pe creasta deversorului (breșei)

L - lungimea deversorului

H - nivelul apei (variabil) din râu în secțiunea breșei corespunzător hidrografului viituri de calcul ($Q_{12}=f(Q_{11})$).

m - coeficient de debit, $m = f(p, b, \alpha, \beta)$ (fig. 3.18)

p, b - înălțimea, respectiv lățimea pragului (variabile)

α, β - înclinările parametrilor amonte și aval

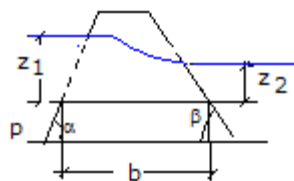


Fig. 3.18 - Caracteristicile digului

În situația în care deversorul ar deveni înecat, adică $z_2 > 0$ și $z_2 > z_{cr}$:

$$z_2 > z_{cr} = \sqrt{\frac{\alpha \cdot q^2}{g}} \quad (3.15)$$

$$Q_{elev} = Q_1 + Q_2 \quad (3.16)$$

unde: Q_1 = debit pentru deversor neînecat sub sarcina $z_1 - z_2$

Q_2 = scurgerea prin orificii de înălțime z_2 și sarcina $z_1 - z_2$

Poate fi utilizată relația :

$$Q = m \cdot \sigma \cdot L \cdot h \sqrt{2gh} \quad (3.17)$$

unde: $\sigma = f\left(\frac{z_1}{z_2}\right)$, coeficientul de înecare

Tabelul 3.2 [după C. Mateescu]

h_2 / h_1	0.7	0.75	0.8	0.83	0.85	0.87	0.90	0.92
σ	1	0.974	0.928	0.889	0.855	0.815	0.739	0.676
h_2 / h_1	0.94	0.95	0.96	0.97	0.98	0.995	0.999	-
σ	0.588	0.592	0.499	0.436	0.360	0.257	0.183	0.082

În ceea ce privește dezvoltarea breșei în timp pot fi făcute mai multe scenarii (fig. 3.19).

3. Se face diferența dintre ordonatele hidrografului viiturii de calcul, afluență pe râu (debitele Q_{11} pentru diferite momente, începând cu momentul deversării - t_i , trecând prin momentul în care începe cedarea, t_{rup} și până în momentul final t_f al egalizării nivelurilor de pe râu H_{11} și din incinta inundată H_{12}) și ordonatele hidrografului viiturii revărsate peste dig / breșă în zona inundată (debitul Q_{12} pentru aceleași momente, din momentul deversării până în momentul t_f). Se obțin ordonatele, respectiv hidrograful viiturii ce trec pe râu în aval de breșă (Q_{13}) în sectorul 2.

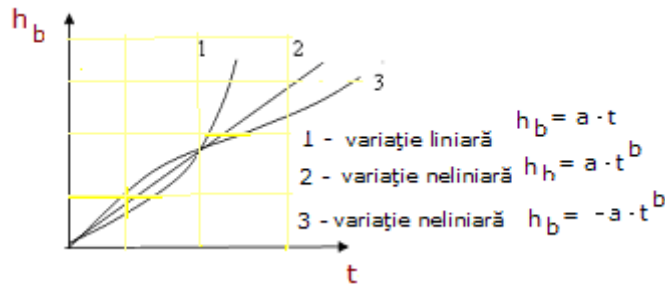


Fig. 3.19 - Dezvoltarea breșei în timp

4. Cunoscând, hidrograful viiturii deversate $Q_{12}(t)$ se poate determina volumul deversat, respectiv cel ce inundă zona inundată ($V_{dev} = \int Q_{12} \cdot dt \Rightarrow \sum Q_{12} \cdot \Delta t$) precum

și suprafața inundată (S_{inund}), trasând anterior curbele orografice $V=f(H)$ și $S=f(H)$.

5. Cunoscând hidrograful afluent în cel de al doilea sector ($Q_{21} = Q_{13}$) se trasează curba cheie $H_{21} = f(Q_{21})$ și se verifică $H_{max\ 21} </> H_{coronament\ dig}$

Dacă $H_{max\ 21} > H_{coron}$ se urmăresc aceiași pași de la 1-3 (fig. 3.16 - c), iar dacă $H_{max} < H_{coron}$ calculul se încheie în această etapă. (fig. 3.16 - d).

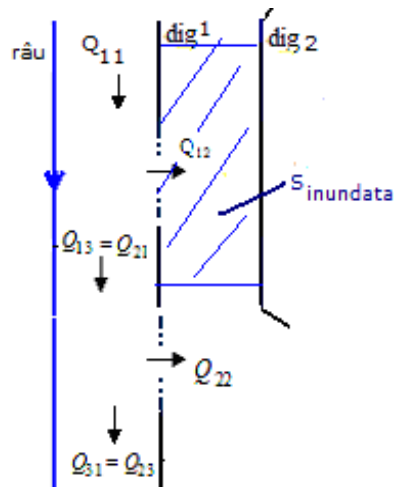
6. În situația $H_{max\ 21} > H_{coron\ dig}$ pentru hidrograful afluent în sectorul următor (cel de al treilea) Q_{31} se verifică dacă :

$H_{max\ 31} </> H_{coronament\ dig}$ și calculele continuă ($H_{max\ 31} > H_{coron\ dig}$) sau se încheie ($H_{max\ 31} < H_{coron\ dig}$) (fig.3.16 - d).

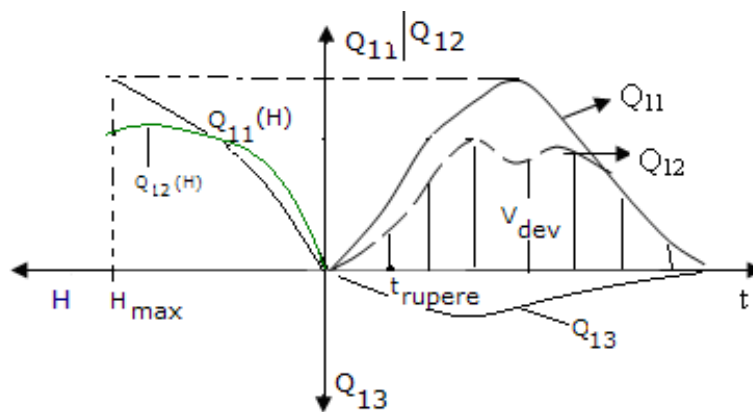
B. Sistem de apărare în paralel

Etape:

1. Se pornește de la hidrograful viiturii de calcul afluent (Q_{11}) și se trasează hidrograful viiturii deversate peste dig (la început peste coronament, iar de la un moment dat peste breșă (Q_{12})). (fig. 3.20).



a. - Sistem de apărare în paralel

b. - Hidrograful în cazul breșei 1
Fig. 3.20

2. Corespunzător hidrografului deversat Q_{12} se calculează volumul deversat ($V_{dev} = \sum Q_{12} \cdot \Delta t$) și respectiv suprafața inundată (din curba orografică $S = f(H)$) (fig.3.21).

3. Dacă nivelul apei din incinta inundată prin ruperea primului dig H_{12max} depășește cota coronamentului celui de al doilea dig este posibilă ruperea și a acestuia (în condițiile amintite în cazul primului – durata de deversare, material de construcție, vechime, etc.). În acest caz se construiește hidrograful deversat și peste digul 2, Q'_{12} , ș.a.m.d.

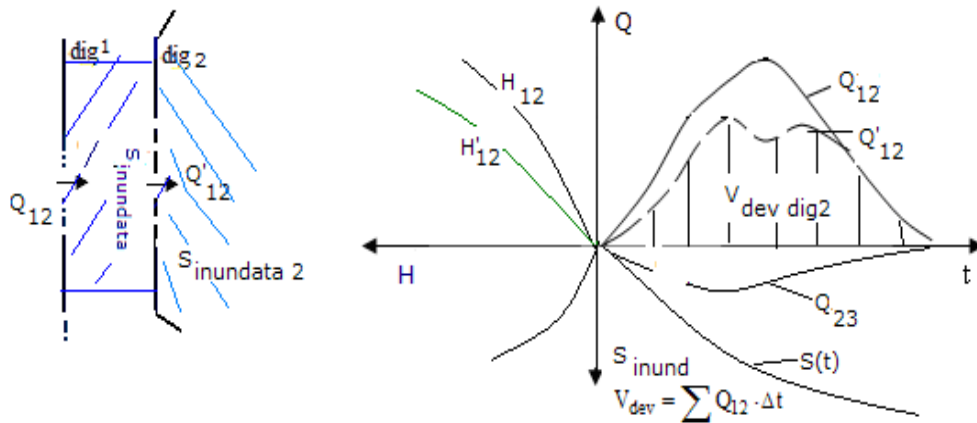


Fig. 3.21

4. Din viitura afluentă în amonte de prima breșă rezultă (prin diferența $Q_{11} - Q_{12}$) debitul ce se scurge pe râu în aval de breșă (hidrograful Q_{13}).

5. Se face analiza sectorului 2 din aval compunând înălțimea maximă corespunzătoare hidrografului Q_{13} cu cota coronamentului digului din sectorul respectiv.

Dacă are loc o deversare ($H_{\max 13} > H_{\text{coronament}}$) și sunt condiții de erodare, se creează o nouă breșă în dig și calculele se continuă (determinarea suprafeței inundate între diguri, analiza impactului viiturii asupra celui de al doilea dig în sectorul cedării) până ce fenomenul de erodare prin deversare încetează ($H_{\text{viituri}} < H_{\text{coronament}}$).

C. Sistem de apărare mixt

Sistemul mixt fiind format din subsisteme în serie și subsisteme în paralel (sau invers) sunt analizate după o dispunere a lor din amonte în aval. Efectele viiturii ce parcurg subsistemul amonte se transmit subsistemului aval.

Etapele de calcul (sistemul mixt (fig.3.22) = subsistem în serie + subsistem în paralel):

1. Din viitura afluentă de calcul (Q_{11}) se determină cea care deversează peste dig (Q_{12}), respectiv volumul deversat $V_{\text{devers.1}}$ și care produce inundarea suprafeței $S_{1\text{inundată}}$. (fig. 3.23)

2. Diferența între cele două viituri ($Q_{11} - Q_{12}$) poate produce în sectorul 2 (subsistem în paralel) ruperea digului (dacă $H_{\text{viitură } 21} > H_{\text{coronament } 2}$). Hidrograful rezultat (Q_{22}) prin deversare peste breșa cu volumul $V_{\text{devers.2}}$ inundă o suprafață $S_{2\text{inundată}}$.

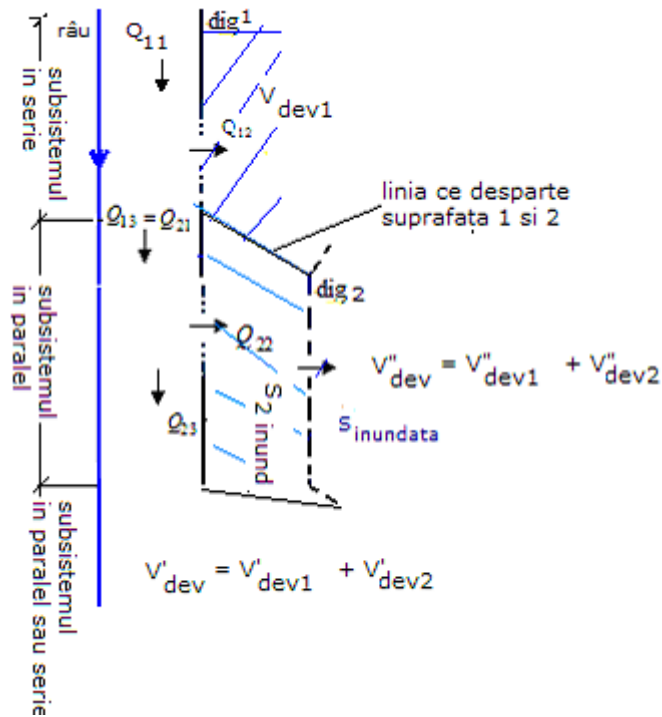


Fig. 3.22 – Sistem de apărare mixt

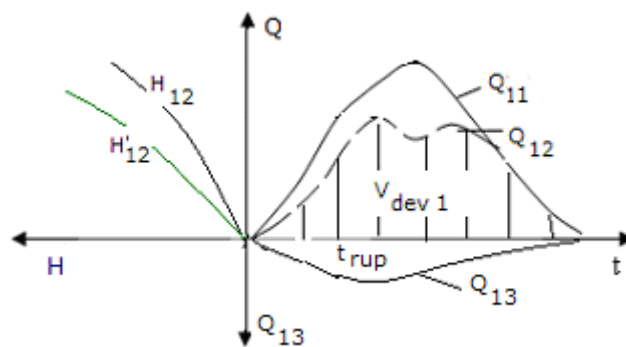


Fig. 3.23 – Hidrograful debitelor

3. În situația în care $H_{\max} > H_{\text{coronament}}$ corespunzător suprafeței $S_{\text{inundată}}$ se poate rupe digul 2 (Q'_{12} reprezintă debitul deversat), deversând volumul $V''_{\text{deversat 2}}$. Dacă $H_{\max} < H_{\text{coronament dig2}}$ nu se creează breșă.

4. În sectorul 2 (subsistem în paralel), dacă H_{\max} (corespunzător Q_{22}) $> H_{\text{coronament dig 2}}$ din sectorul respectiv se creează o nouă breșă în dig 2, iar debitul deversat este Q'_{22} cu volumul V''_{dev} .

Volumul total deversat în incinta I este $V'_{\text{dev}} = V'_{\text{dev1}} + V'_{\text{dev2}}$, iar cel deversat în incinta II (zonă apărată de cel de-al doilea dig):

$$V''_{\text{dev}} = V''_{\text{dev1}} + V''_{\text{dev2}}$$

► Modelul de calcul – infiltrație

Un alt scenariu de cedare (în afara deversării) important poate fi considerat și infiltrația prin dig. Vor fi luate în considerare aceleași sisteme liniare pentru abordarea modelului de calcul.

A. Sistem în serie

Se consideră poziția inițială a breșei la baza digului. Sigur pot fi luate în considerare și alte poziții pe verticală ale breșei, prima la coronamentul digului când intervine cazul deversării (analizat). În cel de al doilea caz, dezvoltarea breșei poate fi dinspre breșă pe verticală într-un sens sau în ambele sensuri.

Se consideră momentul de început al apariției breșei (evident nu înainte ca nivelul în albie să depășească albia minoră).

Schema de calcul a breșei la baza digului

Etapele de calcul:

1. Se pornește de la hidrograful viiturii de calcul ($Q_{11} = f(t)$) și se trasează $Q_{11} = f(H_{11})$. Luând pasul de timp $\Delta t = t_i + t_{i+1}$ se determină din $Q_{11} = f(t)$ (fig. 3.24).

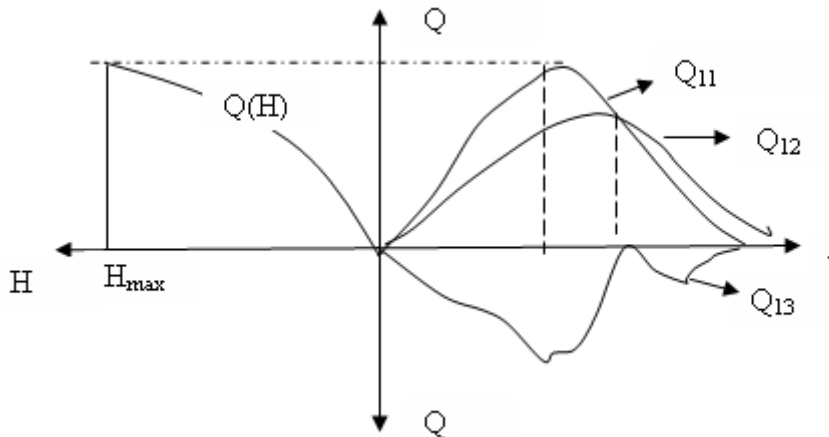


Fig.3.24 – Hidrografele de debit și cheia limnimetrică

În momentul sosirii viiturii breșa la baza digului există fiind creată anterior de mici animale (vulpi, bursuci, jderi, cârțițe, etc.) și se dezvoltă în sus pe verticală (fig.3.25).

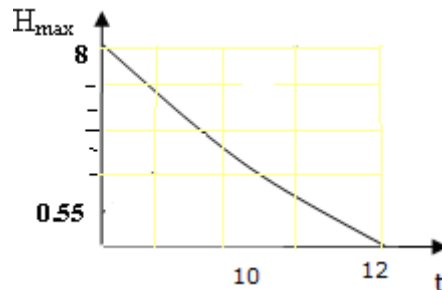


Fig. 3.25 – Dezvoltarea breșei

2. Se determină debitul ce se scurge prin breșă $Q_{12} = 9.25 \cdot D^{2/3} \cdot H_{11}^{1/2}$, considerând scurgerea sub presiune printr-o conductă scurtă până în t_1 de unde are loc o scurgere liberă prin canal, inclusiv din momentul cedării boltii.
3. Prin scăderea ordonatelor $Q_{11}(t)$ și $Q_{12}(t)$ rezultă hidrograful $Q_{13}(t)$ ce se scurge prin albie în aval de breșă, unde continuă pe râu (dacă evident nu apare o nouă breșă).
4. Plecând de la curbele orografice din zona inundată (fig. 3.26) se determină $S_{ef}(t)$, respectiv $H_{ef}(t)$.

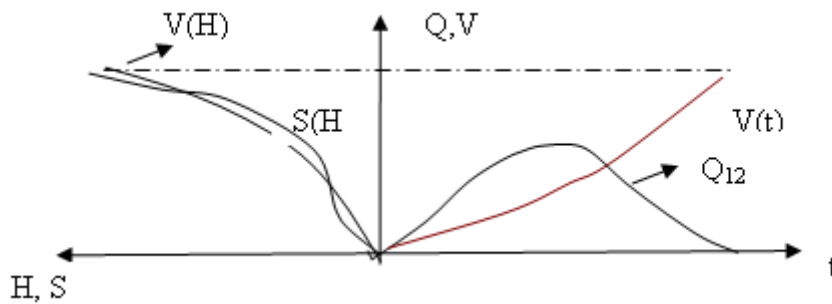


Fig. 3.26 – Curbele orografice

Pentru sistemele în paralel și mixt se pot aplica similar infiltrațiilor modelul de calcul de la deversare.

Capitolul IV

PROGNOZA VIITURILOR

4.1 Predicția în inundații accidentale

O pondere importantă în producerea inundațiilor o au viiturile rapide. Viitura este un fenomen de creștere și descreștere rapidă și semnificativă a debitelor și nivelurilor unui curs de apă, iar viitura rapidă are un timp de creștere de maxim 6 ore.

În acest capitol se abordează prognoza nivelului, a debitului, a timpului de anticipare și de durată a unei viituri dintr-o secțiune a unui râu, ca rezultat al precipitațiilor și topirii zăpezii din bazin. În cazul bazinelor hidrografice cu suprafețe mici de recepție, timpul de răspuns la ploaie este foarte scurt (de ordinul a 15 minute până la câteva ore) ceea ce face imposibilă utilizarea modelării hidrologice pentru calculul prognozei.

Sistemul de avertizare în caz de viituri are la bază prognoza hidrologică. În cadrul acțiunilor ce se pot întreprinde pentru prevenirea și combaterea inundațiilor, operațiunile de prognoză și de avertizare în timp util au o importanță deosebită.

Se pot stabili praguri ale caracteristicilor precipitațiilor (cantitate, durată, etc.) care pot declanșa viituri rapide. În momentul înregistrării acestor valori prestabilite se pot emite imediat avertizări către factorii de decizie, care pot face estimări, privind gravitatea și riscul evenimentului.

Avertizările în timp real impun o evaluare rapidă a precipitațiilor furnizate de stațiile automate, informații radar și compararea acestor valori de precipitații cu diferite praguri critice de precipitații asociate cu cotele de apărare prestabilite. Aceste cote de apărare prestabilite diferă de la o lucrare transversală la o lucrare situată de-a lungul unui curs de apă. Așadar, pentru zonele îndiguite ale cursurilor de apă avem trei faze de apărare:

- faza I de apărare – cota de atenție - când nivelul apei ajunge la piciorul taluzului interior al digului pe o treime din lungimea acestuia
- faza II de apărare – cota de inundare - când nivelul apei ajunge la jumătatea înălțimii dintre cota fazei I și cea a fazei III
- faza III de apărare – cota de pericol - când nivelul apei ajunge la 0.5 – 1.5 m sub cota nivelului maxim pentru care s-a dimensionat digul

Pentru acumulări, fazele I, II și III de apărare sunt stabilite în funcție de nivelul apei în lac și se calculează între NNR (nivelul normat de retenție) și cota crestei deversorului.

Faptul, că putem dispune de o suficientă informație pluviometrică vom putea elabora o prognoză a viiturii. Eficiența acestei prognoze crește cu cât timpul de anticipare, care implică elaborarea unui mesaj în care se specifică informații privind caracteristicile unde, este suficient de mare pentru luarea măsurilor de apărare împotriva inundațiilor. Timpul de anticipare este mai mare în sectoarele aval de secțiunea pentru care s-a stabilit prognoza unde de viitură, astfel încât se poate interveni mai eficient pentru micșorarea efectelor inundațiilor.

Prognoza viiturii are la bază calculul debitelor sau nivelurilor maxime rezultate în urma unui fenomen meteorologic susceptibil de a provoca inundațiile.

Cea dintâi informare asupra fenomenului meteorologic cauzator al unei inundații este prognoza meteorologică pe baza căreia se transmite primul mesaj de previziune hidrologică asupra producerii unei viituri.

Se ia ca și exemplu, situația debitelor și nivelurilor Dunării în perioada 08 - 09 mai 2007. Se cunoaște debitul Dunării la intrare în țară, în secțiunea Baziaș, având valoarea de 3.400 mc/s, debit aflat sub media multianuală a lunii mai de 7.350 mc/s.

Oscilația nivelurilor Dunării este redată în figura de mai jos:

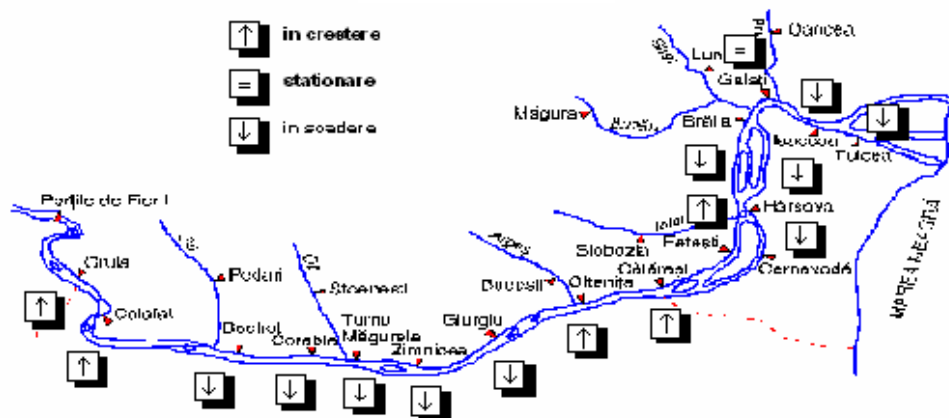


Fig. 4.1 – Situația nivelurilor

Prognoza elaborată de ANM pentru intervalul mai - iunie 2007, pe baza elementelor statistice și având în vedere situația debitelor la sfârșitul lunii aprilie, regimul hidrologic se va situa sub mediile multianuale lunare.

Prognoza viiturii este urmată de predicția inundațiilor accidentale, care se realizează din momentul în care gradul de risc al obiectivului de apărare este depășit (deversare la dig) până în momentul în care obiectivul principal aval de lucrarea de apărare (începutul cedării digului) este atins.

4.2 Sistemul informațional, avertizarea, alarmarea

Gospodărirea apelor dispune de un sistem informațional propriu (denumit SIA) definit prin totalitatea mijloacelor de culegere, vehiculare, prelucrare și verificare decizională, precum și procedurile de prelucrare a informațiilor și programelor aferente.

SIA are o parte bazată pe operatori umani și o parte automatizată. Informațiile culese și vehiculate în cadrul **SIA** se pot împărți în două mari categorii:

- informații în flux lent sau statistice
- informații în flux rapid sau operative (timp real)

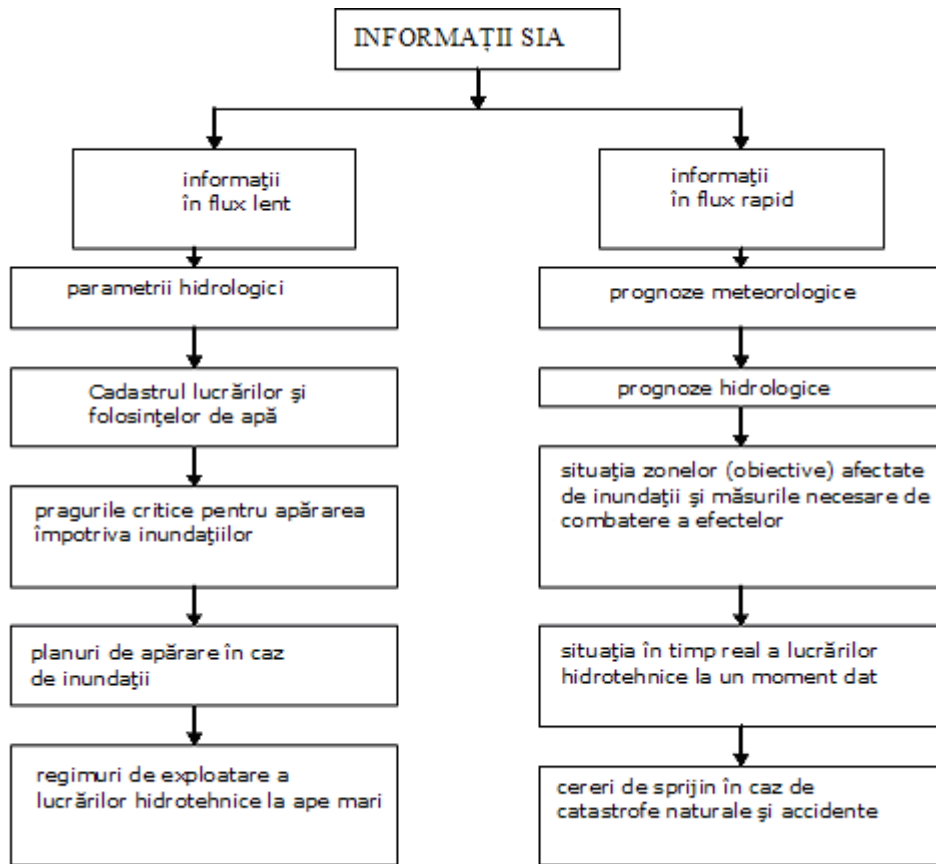


Fig. 4.2 - Sistem informațional SIA [după M. Șelărescu, M. Podani, 1993]

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

Sistemul informațional - decizional este structurat pe patru nivele:

- *nivelul local* este reprezentat prin unități producătoare de date (posturi hidrometrice și pluviometrice, folosințe de apă, etc.). La acest nivel observarea și măsurarea precisă a parametrilor permite prelucrarea corectă la nivelele superioare. Datele / informațiile vehiculate în cadrul sistemului nu au volum mare și sunt în general codificate, dar au o mare concentrare de informații.
- *nivelul decizional teritorial județean* este reprezentat prin unități de colectare de date hidrometeorologice și de gospodărirea apelor (SGA-uri, SH-uri și stații hidrologice) situate aproape în totalitate în reședințele de județ. La acest nivel concentrarea datelor este mică, dar calitatea informației este necesară pentru luarea unor decizii rapide și corecte în cazul apariției fenomenelor deosebite.
- *nivelul decizional bazinal* este reprezentat prin centrul bazinal. În cadrul acestui nivel există concentrare maximă a informației, fiind un nivel de coordonare și control

pentru funcționarea ca sistem integrat, capabil să construiască și să aplice strategii la nivel bazinal.

o *nivel decizional național*

Procesele de optimizare a raportului informație – decizie presupune folosirea următoarelor etape:

- timpul de anticipare al prognozelor
- precizia prognozelor hidrologice și meteorologice
- eficiența măsurilor luate pentru apărarea împotriva inundațiilor

Prevederea viiturilor constituie o măsură non-structurală eficientă în vederea reducerii efectelor negative ale inundațiilor. Prima etapă a prevederilor viiturilor o constituie avertizarea hidrologică, urmată de prognoza viiturilor. Pentru o eficiență cât mai ridicată, prognoza hidrologică trebuie să fie clară și cât mai rapid interpretată. Aceste atribute necesare unei prognoze de maximă eficiență presupune existența unui sistem informațional.

Un prim pas în sistemul informațional îl constituie alerta, ce se referă la posibilitatea de producere a unei viituri într-o anumită perioadă. În acest scop se poate realiza o previziune meteorologică.

O altă metodă o constituie avertizarea în apropierea momentului de formare a viituri, care are rolul de a confirma alerta. Pe baza prognozei meteorologice se elaborează primul mesaj de previziune hidrologică asupra producerii unei viituri probabile.

În cazul unui bazin mic, datorită timpului redus de reacție, previziunea hidrologică asupra unei inundații se emite doar sub formă de avertizare. Cu cât suprafața bazinului de recepție crește, prognoza hidrologică are un rol important în acțiunea de apărare împotriva inundațiilor. În bazinele cu suprafață mare, pe lângă datele meteorologice înregistrate sunt elaborate informații privind evoluția debitelor de viitură produse în secțiunile din amonte ale bazinului hidrografic, în care viitura a atins sau este pe cale să atingă punctul culminant.

Existența unui timp de propagare suficient de mare al viituri din zonele din amonte ale bazinului hidrografic către cele din aval, cât și utilizarea unei informații mai bogate atât meteorologice, cât și hidrologice permit creșterea timpului de anticipare și a preciziei prognozei.

Pe toată perioada de evoluție a viituri până în momentul în care situațiile critice au fost depășite, se elaborează periodic prognoze hidrologice.

Culegerea, centralizarea, prelucrarea și valorificarea decizională a informațiilor se fac la dispeceratul și sistemul de apărare împotriva inundațiilor care:

- coordonează regimul de exploatare a lacurilor de acumulare
- colectează și validează toate datele hidro măsurate la stațiile hidrometrice
- informează și previne folosințele în cazul poluării resurselor de apă sau a insuficienței debitelor
- coordonează acțiunile complexe de apărare împotriva efectelor distructive ale apelor
- întocmește și aplică planurile de apărare împotriva inundațiilor
- asigură fluxul informațional în situații de fenomene meteorologice periculoase și accidente la construcții hidrotehnice.

Atribuțiile și modul de luare a deciziilor de către dispecerate este un proces evolutiv, în continuă perfecționare în concordanță cu numărul și importanța obiectivelor conduse și cu perfecționarea sistemului informațional.

În anul 2001 a fost lansat programul "DESWAT", având ca scop modernizarea sistemului informațional hidrologic și integrarea infrastructurii acestuia în cea a sistemului meteorologic modernizat prin proiectul "SIMIN".

Acest proiect, deosebit de important pentru managementul inundațiilor și avertizarea în timp real, are ca principale obiective:

- utilizarea facilităților proiectului SIMIN (Sistem Național Integrat Meteorologic)
- evaluarea pagubelor potențiale și a costurilor în cazul inundațiilor și reducerea acestora
- elaborarea de prognoze hidrologice de medie și lungă durată luând în considerare diverse scenarii de evoluție a situației meteorologice

Proiectul DESWAT va integra sistemul de comunicații și radare din cadrul proiectului SIMIN (Sistemul Național Integrat de Meteorologie).



Fig.4.3 – Scopul și obiectivele proiectului

Watman este un proiect prin care se va pune în aplicare strategia națională de managementul apelor în caz de dezastre elaborată de MMGA. Acest proiect va integra datele rezultate ale proiectelor SIMIN și DESWAT, creându-se posibilitatea realizării în final a sistemului integrat informațional-decizional în caz de dezastre. Cele două proiecte, prin sistemele informaționale meteorologice și hidrologice modernizate vor furniza date și prognoze în timp real, care vor reprezenta datele de intrare pentru infrastructura proiectului WATMAN în vederea optimizării sistemului de management al apelor.

Prin intermediul proiectului WATMAN se vor putea realiza următoarele:

- utilizarea optimă a resurselor de apă la nivel bazinal și național.
- asigurarea/alocarea optimă a resurselor de apă la nivel bazinal și național din punct de vedere cantitativ și calitativ.
- gestionarea optimă a infrastructurii de gospodărire apelor în caz de dezastre
- optimizarea exploatării lucrărilor hidrotehnice

- armonizarea exploatării lucrărilor hidrotehnice și a resurselor de apă în conformitate cu Directiva Cadru a Uniunii Europene
- realizarea unui sistem de alarmare rapidă a populației în caz de dezastre
- reducerea pagubelor materiale și de vieți umane în caz de dezastre
- evaluarea rapidă a pagubelor produse de dezastre
- îmbunătățirea relațiilor bilaterale ale României prin respectarea acordurilor bilaterale în domeniul apelor.

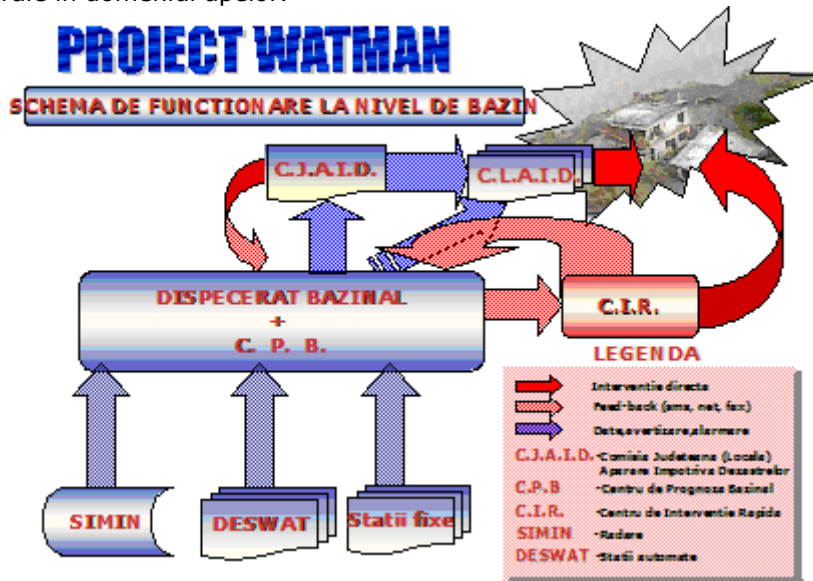


Fig. 4.4– Proiectul WATMAN

4.3 Exemple

Adaptând, prevederile legislative descrise anterior, privind gestionarea situațiilor de urgență generate de inundații la sistemele complexe, transversale și sisteme situate de-a lungul unui curs de apă se constată că :

- se mențin cele trei faze de apărare (CA, CI, CP) determinate de prognoza viiturii (timp de anticipare și durata de prognoză), dar se vor continua cu durata de predicție într-o fază de pericol accidental (cedarea lucrării de apărare) pe care o denumim faza 4 de apărare.

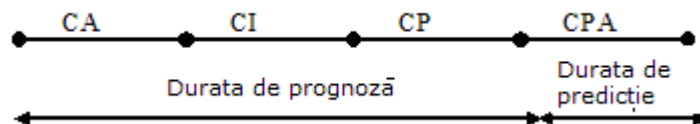


Fig.4.5 – Fazele de apărare

- CA = cota de atenție
- CI = cota de inundare
- CP = cota de pericol
- CPA = cota de pericol accidental

Având în vedere aceste faze de apărare (fig.4.5), pentru aplicarea măsurilor de apărare împotriva inundațiilor avem nevoie de un timp minim de anticipare (t_{min}). Pornind de la informația de bază și de la prognozele hidrologice și meteorologice, timpul de anticipare (fig.4.6) trebuie să îndeplinească condiția:

$$t_a' = t_{max} - t_0 > t_{min} \quad (4.1)$$

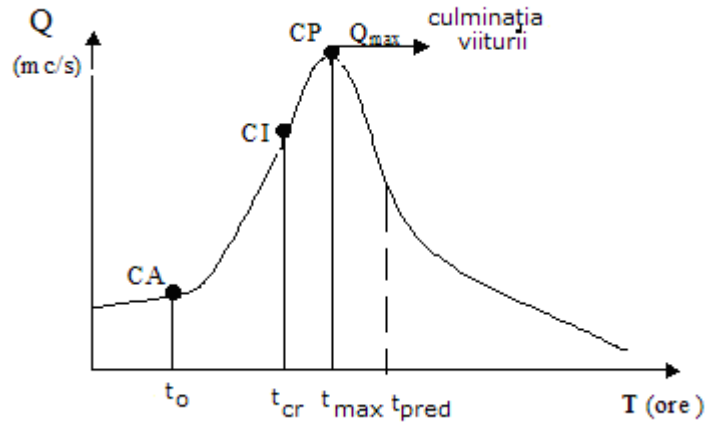


Fig. 4.6 [după M. Șelărescu, M Podani, 1993]

Dacă se consideră timpul de anticipare (t_a) ca fiind intervalul de timp din momentul emiterii mesajului și producerea unei caracteristici a undei, atunci în cazul în care fenomenul atinge pragul critic stabilit, t_{cr} (cota de inundare) timpul de anticipare este dat de relația:

$$t_a' = t_{cr} - t_0 \quad (4.2)$$

Evident, că timpul de anticipare t_a este mai mare decât t_a' din momentul în care viitura depășește pragul critic (fig.4.4):

$$t_a' < t_a \quad (4.3)$$

Timpul de anticipare al prognozelor este urmat de durata de predicție (t_{pr}), care se desfășoară din momentul deversării viiturii peste lucrarea transversală de apărare. (fig. 4.7)

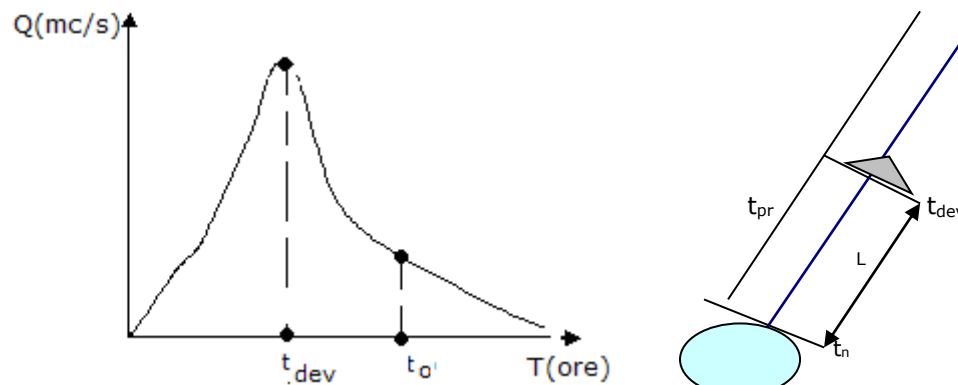


Figura 4.7

$$t_{pr} = t_n - t_{dev}$$

unde: t_{dev} = momentul deversării și cedării lucrării
 t_n = momentul atingerii obiectivului

În urma definirii timpului de predicție se iau ca și exemplu mai multe cazuri de studiu.

a. **Barajul Strâmători** este situat pe râul Firiza la cca. 7 km amonte de localitatea Baia Mare (fig.4.8).

În momentul avariei maxime se produce o undă de viitură accidentală cu un debit maxim de aproape 20.000 mc/s, care de-a lungul celor 16 km ai sectorului studiat se atenuează la cca. 6.000 mc/s . Adâncimea apei este de 25.5 m imediat aval de baraj și ajunge până la 7.5 m la capătul sectorului.

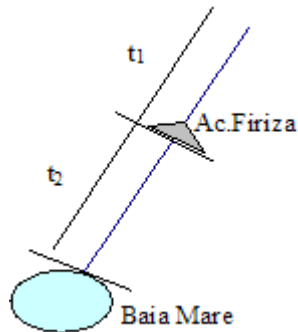


Fig. 4.8

t_1 = timpul de prognoză

t_2 = durata de predicție

$$V_{acumulării} = 17.6 \cdot 10^6 \text{ mc}$$

$Q_{max} = 19095 \text{ mc/s}$ (viitura accidentală produsă de ruperea barajului)

$$t = \frac{V}{Q} = 15.36 \text{ minute}$$

În momentul când viitura atinge punctul culminant, având un debit maxim de 19.095 mc/s avem o durată de predicție de 15.36 minute, timp în care viitura ar putea întâlni principalul obiectiv, localitatea Baia Mare.

b. **Barajul Malpasset** era situat pe râul Reyran în SE Franței la 80 km de Nissa și la 12 km de orașul Frejus (fig.4.9).

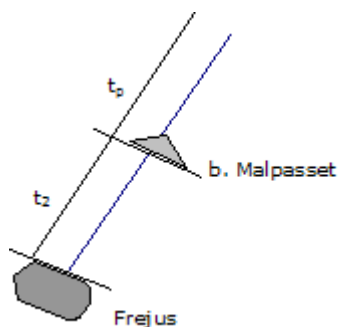


Fig. 4.9

t_p = timpul de prognoză

t_2 = durata de predicție

$t_p = 20 \text{ min}$ după ruperea barajului

$$V_{ac} = 47 \cdot 10^6 \text{ mc}$$

$$Q_{max} = 13.000 \text{ mc/s}$$

În acest caz durata de predicție este de 20 min, moment din care viitura ajunge în orașul Frejus după cedarea barajului.

Luând în considerare doar debitul maxim al viiturii, rezultă că golirea completă a lacului ar avea loc în aproximativ o oră din momentul cedării lucrării transversale de apărare.

$$t = \frac{V}{Q} = 60.25 \text{ min}$$

c. Barajul Adona este amplasat pe valea cu același nume, iar capacitatea lacului fiind de 1.4 milioane mc. (fig.4.10).

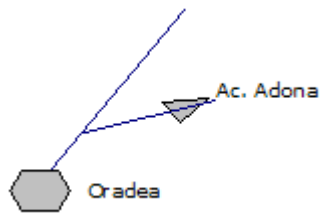


Fig. 4.10

t_{pr} = durata de predicție

$t_{pr} = 22 \text{ min}$

$V = 1.4 \cdot 10^6 \text{ mc}$

$Q = \frac{V}{t} = 10606 \text{ mc/s}$

Viitura lovește orașul Oradea după 22 de minute de la cedarea barajului, având un debit de aproximativ 1.060 mc/s.

În cazul lucrărilor situate de-a lungul unui curs de apă, durata de predicție este dată din momentul deversării digului până în momentul cedării lucrării de apărare (figura 4.11).

Viitura din amonte de pe cursul de apă nu provine dintr-o cedare a altor lucrări de apărare împotriva inundațiilor, ci este o viitură naturală.

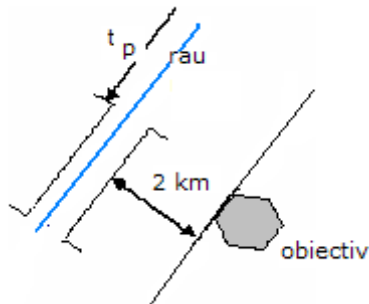


Fig. 4.11

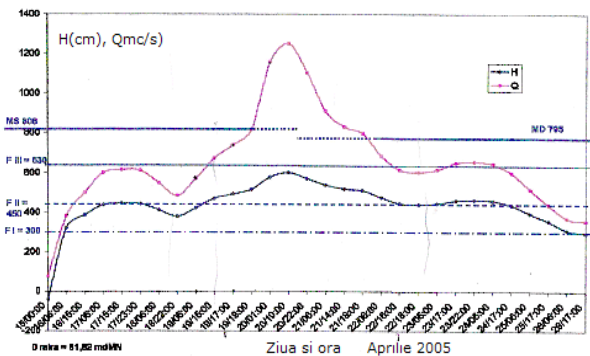


Fig. 4.12 - Viitura Șag - Timiș 15 - 26 aprilie 2005

Ca exemplu se ia situația viiturii din aprilie 2005, spațiul hidrografic Banat. Cauzele viiturilor din această perioadă au fost declanșate de fenomene naturale, precum producerea într-un interval de 24 - 36 ore a unor cantități ridicate de precipitații pe întreg spațiul Banat.

Deversările masive de apă din 19 - 22 aprilie 2005, pe o perioadă de aproximativ 3 ore au dus prin eroziuni accelerate la apariția breșelor pe malul drept al râului Timiș (fig.4.12), de la Crai Nou la Grăniceri. Nivelurile atinse au depășit cu mult cota proiectată a digurilor (depășind faza a III-a de apărare cu până la 58 cm).

Capitolul V IMPACTUL VIITURILOR ACCIDENTALE

5.1 Efectele produse de inundațiile accidentale

Pe fondul schimbărilor climatice manifestate la nivel global, în țara noastră în anii 2005 și 2006 au avut loc fenomene hidrometeorologice atipice deosebit de periculoase. Aceste fenomene – inundațiile – au condus la pierderi de vieți omenești și mari pagube materiale.

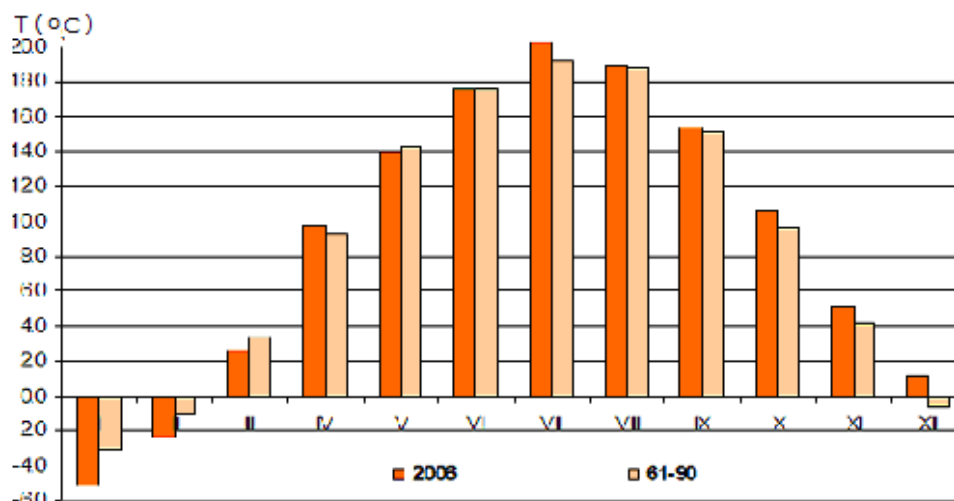


Fig. 5.1 - Temperatura medie lunara din România
[sursă - www.mmediu.ro/arhiva.htm]

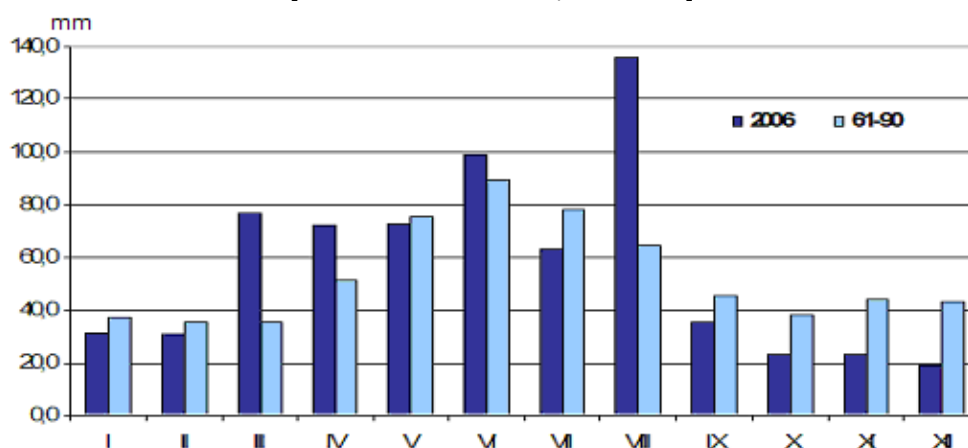


Fig. 5.2 - Cantitatea medie lunară de precipitații din România
[sursă - www.mmediu.ro/arhiva.htm]

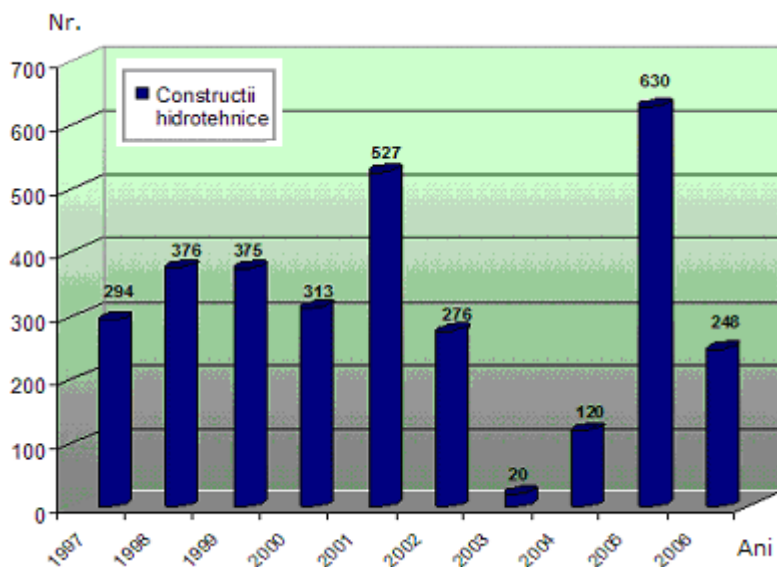


Fig.5.3 - Construcții hidrotehnice afectate de inundații
[sursă - www.mmediu.ro/arhiva.htm]

Inundațiile reprezintă fenomenul prin care un anumit teritoriu este acoperit de apă, ca urmare a ridicării nivelului acesteia peste cota terenului. Inundațiile accidentale sunt determinate de cauze antropogene: amenajări în bazinul hidrografic care pot duce la o amplificare a debitelor maxime naturale, exploatarea necorespunzătoare a descărcătorilor de ape mari, a lacurilor de acumulare sau declanșarea unor fenomene noi prin avarierea sau ruperea construcțiilor și sistemelor hidrotehnice.

În acest capitol se pun în evidență efectele inundațiilor provocate de fenomenele accidentale, ruperea sau avarierea lucrărilor hidrotehnice. Aceste inundații sunt însoțite de efecte negative economice, sociale și ecologice.

Efectele sociale negative produse de inundații cuprind: posibilitatea producerii de victime omenești, starea de panică creată în rândul populației, pericolul producerii epidemiilor, distrugerea unor valori culturale, etc.

Efectele ecologice ale inundațiilor, poluarea apelor, depunerea de material aluvionar pe terenurile afectate, modificarea biotopului zonelor inundate, influențează negativ mediul ambiant. Scurgerea de șiroaie pe suprafețe mari antrenează cantități importante de substanțe poluante de la suprafața solului, prin inundarea depozitelor de reziduuri, a stațiilor de epurare, putând produce o poluare bacteriologică.

Impactul inundațiilor accidentale cu mediul este de scurtă durată, iar consecințele sunt pe termen lung.

Alături de efectele ecologice și sociale, trebuie luate în considerare și efectele economice produse de inundațiile accidentale, determinate de distrugerea clădirilor, spațiilor comerciale, industriale, șoselelor, barajelor, etc. Inundațiile au consecințe indirecte și asupra apelor subterane. Inundațiile accidentale, prin ridicarea nivelului apelor subterane și peste cota de teren determină un exces de umiditate chiar și în zone neafectate direct de scurgerea de suprafață, cu efecte negative asupra terenurilor de fundație, subsolurilor clădirilor, etc.

5.2 Evaluarea impactului

Evaluarea impactului asupra mediului determinat de inundațiile accidentale poate consta în: enumerarea și estimarea cantitativă a efectelor directe asupra mediului, identificarea și estimarea cantitativă a efectelor indirecte, estimarea calitativa a efectelor. Având în vedere multitudinea de efecte directe sau indirecte ale inundațiilor, evaluarea pagubelor constituie o operație deosebit de delicată.

Pagubele înregistrate în urma inundațiilor accidentale se pot grupa în:

- pagube tangibile, care sunt: directe (pagube fizice datorate forței de distrugere a apei) și indirecte (pierderea producției, întreruperea traficului)
- pagube intangibile (stări de anxietate, boli, etc.).

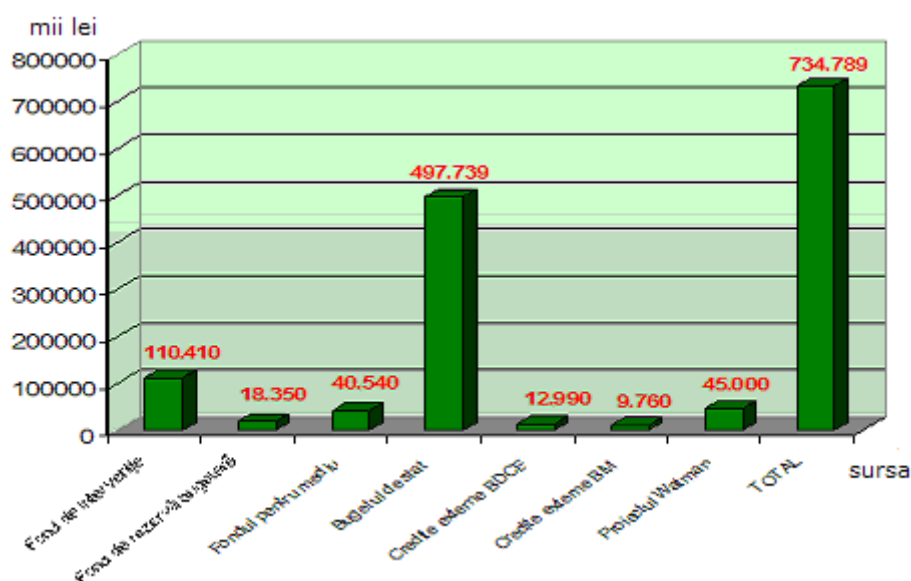


Fig.5.4 - Repartizarea cheltuielilor MMGA în anul 2006 [după M.M.G.A]

Tot în pagube directe se cuprinde costul operațiilor de intervenție pentru apărarea zonelor periclitate și costul operațiilor de evacuare a zonelor inundate și de ajutorare a populației sinistrate.

Mărimea pagubelor provocate de inundații depinde de următorii factori:

- gradul de dezvoltare socio - economică și densitatea populației, în teritoriul afectat
- nivelul de apă din zona inundabilă
- parametrii hidrologici ai viiturilor (debite, niveluri, volumul și durata viiturii)

Orice zonă are tendința de a se dezvolta în timp prin apariția de noi dotări socio - economice, astfel uneori nu se respectă zona albiei majore destinată scurgerii viiturilor. Așadar, există o tendință de creștere în timp a mărimii pagubelor, care afectează un anumit teritoriu la aceeași amploare a inundației. Pentru a ține seama de acest fenomen, pagubele provocate de inundații se pot calcula ca pagube actuale sau ca pagube potențiale.

Pagubele actuale P_0 - reprezintă pagubele provocate de o inundație la gradul de dotare actual al zonei afectate în anul de referință.

Pagubele potențiale P - reprezintă pagubele provocate de o inundație într-un moment viitor - t la gradul de dotare al zonei afectate în acel moment.

Considerând un ritm de dezvoltare - r al zonei respective, paguba potențială se stabilește cu relația:

$$P = P_0(1+r)^t \quad (5.1)$$

Pagubele totale P_t provocate de inundații au o dependență în timp, definită prin relația:

$$P_t = a \cdot Q_{p\%}^2 \quad (5.2)$$

unde: a - este o funcție crescătoare în timp, definită de relația:

$$a = \frac{P_0(1+r)^n}{Q_{p\%}^2} \quad (5.3)$$

unde: $Q_{p\%}$ - debitul maxim al undei de viitură

Se constată o creștere a pagubelor în raport cu volumul și durata viiturii, fapt care ne determină la o optimizare a efectelor negative produse de inundații prin reducerea pagubelor, corelat cu exploatarea obiectivelor de gospodărire a apelor de care dispune sistemul.

Pentru determinarea valorii pagubelor directe produse de inundații este necesară cunoașterea: caracteristicilor inundațiilor, caracteristicilor entităților și caracteristicile socio - economice. Relația folosită pentru calculul pagubelor directe este redată mai jos:

$$Paguba_{totala} = \sum_i^n \sum_j^m (valoare_{r,j} \times susceptibilitate_{a,j,k,l}) \quad [\text{după Opreșan, 2006}]$$

unde: i = categoria elementelor receptoare de risc (n categorii)

j = entitatea în cadrul elementelor din categoria de risc (m categorii)

k = tipul de inundații

l = tipul sistemului socio - economic

Susceptibilitatea reprezintă sensibilitatea elementelor receptoare de risc la deteriorare.

Determinarea costurilor se face după funcția "debit - pagubă", care exprimă pagubele datorate inundațiilor corespunzătoare unei mărimi a debitului maxim de viitură (natural și accidental, în regim natural și antropic).

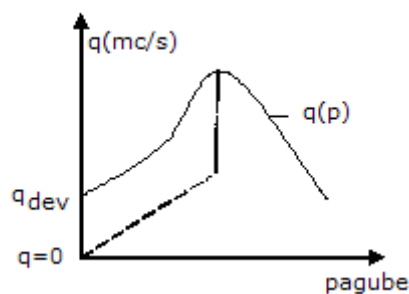


Fig. 5.5 - Funcția „debit - pagubă”

În studiul pagubelor trebuie luate în considerare următoarele aspecte:

- dependența între pagube și fenomenul hidrologic, respectiv ponderea viiturilor cu diferite probabilități de producere asupra valorii pagubei medii anuale.

De exemplu:

- 42% din valoarea pagubei medii anuale este datorată viiturilor cu o probabilitate de producere de peste 10% (viituri care apar la mai puțin de 10 ani);
- 38 % pagube produse de viiturile cu probabilitate de 10-15%
- 20 % din valoarea pagubei medii anuale se datorează viiturilor cu o probabilitate sub 5%
- dinamica dezvoltării economice în timp a zonelor inundabile
- considerarea pagubelor indirecte decurgând din perturbarea proceselor economice, sociale, etc. (probleme cu mari dificultăți).
- posibilitatea diminuării pagubelor prin folosirea prognozei și avertizarea asupra apelor mari

Procedee teoretice de determinare a pagubelor

Valoarea pagubelor P pentru o zonă inundată este dată de relația:

$$P = \sum_{d=1}^n P_d + P_i \quad (5.4)$$

Pagubele directe pentru un obiectiv

$$P_d = f(I, A, T)$$

unde: I = caracterizarea inundației

A = caracterizarea activităților care vizează contracararea efectelor inundației

T = perioada în care survine inundația

n = numărul de obiective

Funcția: $I = f(Q, H, v, t)$ descrie inundația prin debitul Q, nivelele atinse H și viteza apei v la diferite momente t.

Funcția: $A = g(m, f_u, p_a, p_e)$ descrie activitatea de combatere a inundației prin mijloacele de intervenție m, forțele umane f_u , în condițiile aplicării unei variante p_a din planul de apărare și a unei variante p_e de exploatare a lucrărilor hidrotehnice existente.

P_i = pagube provocate indirect de inundații prin perturbarea legăturilor între activitățile diferitelor obiective inundate

Metode practice de stabilire și evaluare a pagubelor produse de inundații:

- Metode directe - evaluarea pagubelor se face prin inventarierea și măsurarea nemijlocită a deteriorării fizice și evaluarea acestora pe baza prețurilor curente și a valorilor de inventar.

- Metode indirecte - constă în aprecierea pagubelor P_b produse într-un caz b prin similitudine cu pagubele P_a produse într-un alt caz cunoscut a și similar cu primul.

$$P_b = P_u \cdot k \quad (5.5)$$

unde: k = coeficient de proporționalitate

Metoda bazată pe indici fizici sau valorice, care constă în aprecierea pagubei fizice sau valorice unitare, P_u și a mărimii S_b afectate de inundații (suprafețe, locuitori, capacitate producție, număr locuințe)

$$P_b = P_u \cdot S_b \quad (5.6)$$

Se pot deduce un șir de valori pentru diferite categorii j de pagube

$$P_u(j) = \frac{P_b}{S_b} \tag{5.7}$$

Ultimele două metode pot fi reduse la așa numita „metoda rapidă”. Aceasta are la bază cunoașterea valorii pagubei unitare pe categorie de spații/obiective $P_u(j)$ (RON/obiectiv), în care se încadrează paguba datorată inundației vizată și mărimii S_b (suprafața inundată, capacitate de producție, număr locuințe, etc.).

$$P_{total} = \sum P_{uj} \cdot S_{bj} \tag{5.8}$$

S_b poate fi exprimat în funcție de debitul maxim anual Q (fig.5.6).

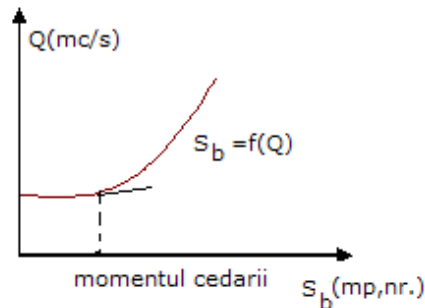


Fig.5.6 – Momentul cedării

Această valoare este cu atât mai mică cu cât amploarea inundațiilor este mai mare.

$$a = \frac{1}{(1+r)^1} + \frac{1}{(1+r)^2} + \dots + \frac{1}{(1+r)^N} = \frac{(1+r)^N - 1}{r(1+r)^N} \tag{5.9}$$

Când $N \rightarrow \infty$, $a \rightarrow 1/r$, deci către durata de recuperare normată (T_r).

$$C_i = I + \frac{1}{r}(c+d) = I + T_r(c+d) \tag{5.10}$$

Din perechile de valori (N, a) rezultă că pentru valoarea lui r considerată (și pentru valori învecinate) perioada de analiză economică se poate limita la 40 - 50 de ani.

Dacă se consideră indicele de eficiență economică $r = 0,1$ pentru o serie de valori caracteristice ale lui N valorile lui a pot fi:

Tabelul 5.1

N(ani)	10	20	25	40	50	75	100
A	6	8.4	9	9.7	9.9	9.99	9.999

Pentru studiile (proiectele) de apărare împotriva inundațiilor este necesar să se ia în considerare dezvoltarea economică potențială a zonei inundabile prin indicele anual "e" de dezvoltare economică a zonei în relația costurilor totale.

$$C_t = I + a \cdot c + d \cdot \sum \left(\frac{1+e}{1+r} \right)^n \tag{5.11}$$

- unde:
- I = investiții
 - C = cheltuieli anuale
 - a = factor de actualizare la origine a mărimilor c și paguba anuală medie d (paguba remanentă)
 - r = indicele de eficiență economică
 - e = indicele de dezvoltare economică

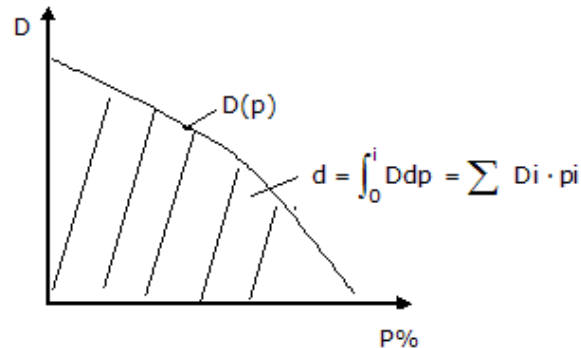


Fig.5.7 - Dependenta dintre amploarea pagubelor și probabilitatea de depășire a valorii acestuia.[după Gh. Crețu, 1980]

Evident că luarea în considerare a dezvoltării economice a zonei inundabile este de natură să favorizeze economic zona.

5.3 Matricea de eficiență a costurilor de refacere

Evaluarea impactului global asupra mediului al amenajărilor hidrotehnice de-a lungul unui curs de apă se poate face prin diverse metode cunoscute, care în teză sunt adaptate însa cazului unor inundații accidentale produse de cedarea unor lucrări de apărare longitudinale:

- metoda Wasson modificată
- metoda indicelui de poluare și de calitate
- metoda matricială

• Metoda Wasson modificată:

Se construiește un indice de prognoză a impactului, combinând efectele suprafeței inundate S (lungimea tronsonului în metoda originală), intensității impactului și timpului T de remanență previzibilă după o formulă de tipul:

$$g = f(S, I, T) - \text{impactul global} \quad (5.12)$$

Indicele S.I.T permite ierarhizarea proiectelor de amenajare în funcție de gravitatea impactelor previzibile. De asemenea se poate servi la orientarea unui proiect de amenajare către soluțiile cele mai puțin traumatizante pentru mediu.

• Metoda indicelui de poluare și de calitate

Indicii după care se analizează starea generală a factorilor de mediu :

◇ *Indicele de poluare (I_p):*

$$I_p = \frac{C_{\max}}{C_{\text{admis}}} \quad (5.13)$$

unde: C_{\max} = concentrația maximă a poluantului (suspensiile)

C_{admis} = concentrația admisă de normativ

$I_p = 0 \dots 1$ mediul este afectat în limite admise, iar efectele pozitive sau negative fără a fi nocive

$I_p > 1$ mediul este afectat peste limitele admise, efectele negative se evaluează în funcție de gradul de depășire

Tabelul 5.2 - Notele de bonitate pentru valoarea indicilor de poluare IP

Nota de bonitate	Valoarea IP	Efectele asupra omului și mediului înconjurător
10	0	- mediul neafectat de activitatea umană - starea mediului naturala
9	0...0,2	- mediul afectat de activitatea umana - fără efecte cuantificabile
8	0,2...0,5	- mediul este afectat in limite admisibile, nivel 1 - efectele sunt reduse asupra mediului
7	0,5 ...1,0	- mediul este afectat in limite admisibile, nivel 2 - efectele sunt accentuate
6	1,0 ... 2,0	- mediul este afectat peste limitele admise, nivel 1 - efectele sunt accentuate
5	2,0...4,0	- mediul este afectat peste limitele admise, nivel 2 - efectele sunt nocive
4	4,0...8,0	- mediul este afectat peste limitele admise, nivel 3 - efectele nocive sunt accentuate
3	8,0 ..12,0	- mediul degradat, nivel 1 - efectele sunt letale la durate medii de expunere
2	12,0 ... 20,0	- mediul degradat, nivel 2 - efectele sunt letale la durate medii de expunere
1	> 20,0	- mediul este impropriu formelor de viață

◇ *Indicele de calitate (I_c)* se raportează la mărimea efectelor:

$$I_c = \frac{1}{\pm E} \quad (5.14)$$

unde: $\pm E$ - reprezintă mărimea efectului stabilit prin matricea de evaluare

$I_c = 0...+1$ influențele sunt pozitive, iar mediul este afectat în limite admisibile

$I_c = -1...0$ influențele sunt negative, iar mediul este afectat peste limitele admisibile

$I_c = 0$ starea mediului nu este afectată

Pentru evaluarea impactului global asupra mediului s-au luat în considerare:

- valoarea indicilor de calitate pe factori de mediu

- scara de bonitate de la 1 la 10 pentru valorile I_c

Impactul global se stabilește printr-o metodă analitică de tip cantitativ, pe baza indicelui de poluare globală (IPG), rezultând dintr-un raport între starea ideală (naturală) și starea reală (de poluare).

Tabelul 5.3 - Notele de bonitate pentru valoarea indicilor de calitate IC

Nota de bonitate	Valoarea IC	Efectele asupra omului i mediului înconjurător
10	0	- mediul nu este afectat de activitatea proiectată
9	0.....0,25	- mediul este afectat de proiect in limite admisibile, nivel 1 - efectele sunt pozitive
8	0,25... 0,5	- mediul este afectat de proiect in limite admisibile, nivel 2 - efectele sunt pozitive
7	0,5..... 1,0	- mediul este afectat de proiect in limite admisibile, nivel 3 - efectele sunt pozitive
6	- 1,0	- mediul este afectat de proiect peste limitele admise, nivel 1 - efectele sunt negative
5	-1,0.... -0,5	- mediul este afectat de proiect peste limitele admise, nivel 2 - efectele sunt negative
4	-0,5..... -0,25	- mediul este afectat de proiect peste limitele admise, nivel 3 - efectele sunt negative
3	-0,25.....0,025	- mediul este degradat, nivel 1 - efectele sunt nocive la durate lungi de expunere
2	- 0,025.....0,002 5	- mediul este degradat, nivel 2 - efectele sunt nocive la durate medii de expunere
1	<-0,0025	- mediul este degradat, nivel 3 - efectele sunt nocive la durate scurte de expunere

Reprezentarea grafică - starea ideală și starea reală se reprezintă grafic, rezultând o diagramă înscrisă într-un cerc cu raza de 10 unități de bonitate, a cărei formă depinde de numărul factorilor de mediu analizați.

Starea ideală (S_i) - este reprezentată grafic printr-o formă geometrică regulată înscrisă într-un cerc cu raza de 10 unități de bonitate.

Starea reală (S_r) - este o figură geometrică neregulată obținută prin unirea punctelor ce reprezintă valoarea echivalentă a indicelui de calitate în scara de bonitate și care se înscrie în figura geometrică regulată a stării ideale.

Indicele global de poluare rezultă din raportul dintre suprafața care reprezintă starea ideală (S_i) și suprafața care reprezintă starea reală (S_r) a sistemului analizat.

$$I_{PG} = \frac{S_i}{S_r} \quad (5.15)$$

Atunci când:

- $IPG = 1$ - mediu natural neafectat de activitatea umană
- $1 < IPG < 2$ - mediu supus efectului activității umane în limite admisibile
- $2 < IPG < 3$ - mediu supus activității umane provocând stare de disconfort formelor de viață

- $3 < IPG < 4$ - mediu afectat de activitatea umană provocând tulburări formelor de viață
- $5 < IPG < 6$ - forme grav afectate de activitatea umană, periculoase formelor de viață;
- $IPG > 6$ - mediu degradat, impropriu formelor de viață.

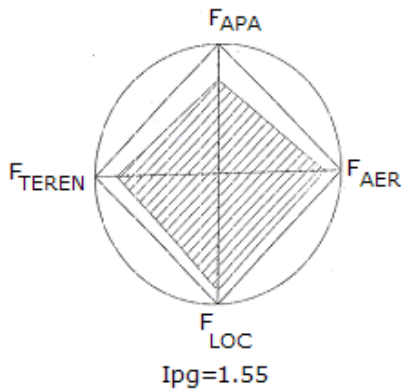


Fig. 5.8 – Exploatare

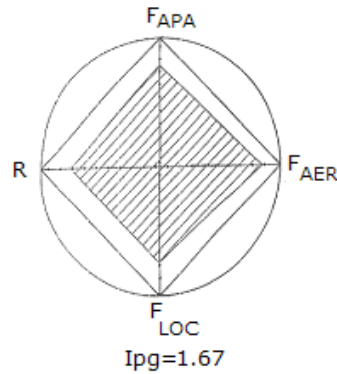


Fig. 5.9 – Execuție

• *Metoda matriciala globală*

În cadrul metodei matriciale, liniile matricelor se completează cu modificările aduse amenajării cursului de apă prin acțiunile umane, respectiv prin cele naturale (tabelul 5.4).

Tabelul 5.4 – Matricea de evaluare globala a impactului in perioada de execuție

Efecte	Modificări asupra biotopului										Modificari in biocenoza					Implicatii socio - umane									
	Activități																								
	Pierdere suprafață teren	Degradare terenuri învecinate	Modificarea dinamicii apelor subterane	Poluarea fizico-chimică a apelor subterane	Intensitatea a microbiologică a apelor subterane	Modificări în regimul curgerii apelor de suprafață	Poluarea fizico-chimică a apelor de suprafață	Intensitatea a microbiologică a apelor de suprafață	Poluarea atmosferei cu pulberi și materii în suspensie	Poluarea atmosferei cu gaze	Mirosuri	Zgomot	Vibrații	Restrângere a habitatelor	Diminuarea surselor de hrană	Dispariții de specii	Migrare specii	Efect de parază fizica	Apariții populații	Dezechilibrare în structura ecosistemului	Degradare peisaj	Diminuare venituri	Creșterea costului serviciului	Scăderea valerii proprietăților	Riscun pentru sănătate

Impact nedecelabil; * Impact redus; ** Impact mediu; *** Impact puternic; **** Impact foarte puternic

Metoda matricială de evaluare a costurilor

Spre deosebire de metoda existentă, matricea globală a impactului care indică doar modificările asupra biotopului, biocenozei și socio-umane de ordin calitativ (subiectiv) prin: impact - foarte puternic, puternic, mediu, redus, nedecelabil, fără a lua în considerare costurile (cheltuielile materiale și pagubele), metoda de evaluare a costurilor propusă în teză este una (cantitativ și calitativ) integrată și completă.

$$E_i = f(S_j) \quad (5.16)$$

unde: E - efectele
S - scenarii

Tabelul 5.5

E \ S_i	S₁	S₂	S_i	S_n
E₁					
E_j			C _{ij}		
E_n					

I - investiție

C - cost

P - pagube

$$S_i = f(Q_{viitura}^{p\%}) \quad (5.17)$$

Costul total (anual) pentru variabila ij:

$$[C_{ij}] = [C_{struc} + C_{nestruc} + C_{sociale} + C_{mediu}]_{min} \quad (5.18)$$

Pentru costurile de refacere, în mod similar pagubele potențiale vizează pe cele materiale (construcții, terenuri agricole, căi de comunicații, alte obiective), costuri sociale și pe cele de mediu (refacerea biotopului, biocenozei).

Ele pot fi apreciate pe baza unui studiu amplu realizat asupra inundațiilor produse de cedarea lucrărilor longitudinale din ultimii ani, din țară și apoi generalizate eventual.

Matricea de evaluare a pagubelor:

Tabelul 5.6

E_j \ S_i	S₁	S₂	S_i	S_n
E₁					
E_j			P _{ij}		
E_n					

$$[P_{ij}] = [P_{materiale} + P_{mediu} + P_{social}]_{min} \quad (5.19)$$

Pentru alegerea unor variante se pot utiliza după caz :

- minimizarea cheltuielilor (C_{ij})_{min}, a pagubelor (P_{ij})_{min} sau (C_{ij} + P_{ij})_{min}
 $[C + P]_{min} = \text{varianta optimă în condițiile } C < C_{admis}$ (5.20)

- eficiența costurilor $[C + P]_{max}$ pentru $C \leq C_{alocate}$ (5.21)

Aplicație

S-a admis ca perioadă de calcul a eficienței economice un interval de 100 de ani, corespunzător duratei posibile de existență a construcțiilor de combatere a inundațiilor. Valorile pagubelor eliminate prin lucrările de apărare împotriva inundațiilor, controlând debite maxime de diferite probabilități sunt redată în tabelul 5.7 și figura 5.10.

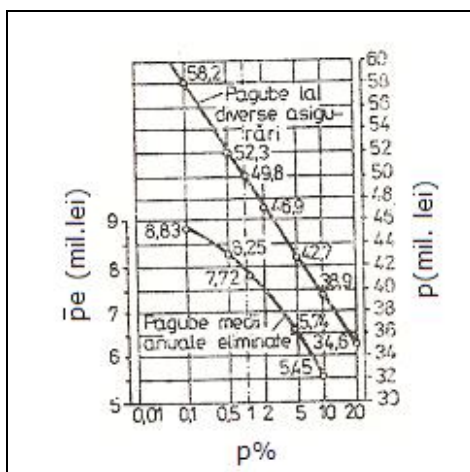


Fig. 5.10 – Paguba și pagube medii anuale eliminate

Tabelul. 5.7 – Matricea asociată jocului de combatere a inundațiilor în bazin

Nr. crt.	Clasa de importanță	P (%)	$Q_{nat.max}$ (mc/s)	$Q_{atenuat max.}$ (mc/s)	Invest. (mil. lei)	Cheltuieli anuale (mil. lei)	Beneficii brute anuale (mil. lei)	Beneficii nete anuale (mil. lei)
1	II	0.1	1230	530	153	5.2	8.83	3.63
2	III	0.5	880	530	118	4.8	8.25	3.45
3	IV	1	790	790	75	4.5	7.72	3.22
4	V	10	530	530	42	2.5	5.45	2.95

Schemele lucrărilor de combatere a inundațiilor analizate s-au grupat pe clase de importanță ale obiectivelor inundabile.

Investițiile, cheltuielile anuale, beneficiile brute anuale (obținute prin înlăturarea pagubelor provocate de inundații) și beneficiile nete anuale (obținute prin scăderea cheltuielilor anuale din beneficiile brute anuale) sunt redată în tabelul 5.7.

Folosind criteriul duratei de recuperare a investițiilor suplimentare prin beneficiile nete anuale se ajunge la concluzia că orice creștere a asigurării, ca urmare a schimbării clasei de importanță este inoportună, obținându-se prin beneficiile nete anuale durate de recuperare mari (în general peste 100 de ani).

Pentru modelarea jocului contra naturii, în problema combaterii inundațiilor pe râu s-au considerat drept strategii ale proiectantului cele patru soluții constructive prin care se realizează apărarea obiectivelor inundabile de efectele viiturilor cu probabilitățile de 0.1%, 0.5%, 1% și 10%.

Notând cu $E_1 \dots E_5$ – strategiile proiectantului; reprezintă diferite grade de amenajare pentru combaterea inundațiilor între strategia limită (S_1) de păstrare a

situației actuale și strategii (S_5) de eliminare a inundațiilor până la debitul maxim 0.1%

Semnificația celor 5 strategii este următoarea:

S_1 – nu se execută nici o lucrare

S_2 – se execută reprofilarea îndiguirii până la o capacitate de transport de 530 mc/s ($p=10\%$)

S_3 – se execută reprofilarea și depășirea digurilor pentru o capacitate de transport de 790 mc-s ($p=1\%$)

S_4 – se execută reprofilarea îndiguirii până la 530 mc/s și incinta de atenuare pentru a se controla debitul maxim de 880 mc/s ($p=0.5\%$)

S_5 – se execută reprofilarea îndiguirii până la 530 mc/s și incinta de atenuare pentru a se controla debitul maxim de 1230 mc/s ($p=0.1\%$)

Ca tactici ale naturii s-au selectat 9 stări reprezentative ($N_1 \dots N_9$) dintr-un număr de 20 realizate prin repartizarea aleatoare în intervalul de 100 de ani a unui număr de 21 viituri de diverse asigurări. Cele 21 de viituri admise convențional au fost:

- 10 viituri cu probabilitatea $p=20\%$
- 5 viituri cu probabilitatea $p=10\%$
- 3 viituri cu probabilitatea $p= 5\%$
- 1 viitură cu probabilitatea $p= 2\%$
- 1 viitură cu probabilitatea $p= 1\%$
- 1 viitură cu probabilitatea $p=0.5\%$

La transpunerea pagubelor corespunzătoare fiecărei viituri s-a neglijat indicele de dezvoltare economică ($i=0$). Indicele de actualizare s-a ales de 10% ($r=0.1$).

Adunând pagubele și cheltuielile anuale, astfel transpuse, cu investițiile care în orice caz se fac la începutul intervalului, se obțin pentru fiecare grad de amenajare și stare a naturii, valorile totale ale cheltuielilor provenite atât din costul amenajărilor cât și din pagubele care nu sunt eliminate prin amenajarea respectivă. Aceste valori servesc la completarea matricei jocului, reprezentând inversul eficacităților asociate perechilor de strategii (ale omului și naturii).

Matricea obținută este redată în tabelul 5.8 în care se evidențiază prin cifrele din paranteză valorile transpuse ale pagubelor. Aplicând criteriul minimax la această matrice se determină valorile maxime pe linii ale cheltuielilor și dintre acestea se alege valoarea minimă, care în cazul de față este de 166 mil. lei și corespunde strategiei S_4 , adică a amenajării care controlează debitul maxim cu probabilitatea de $p=0.5\%$.

Tabelul 5.8 – Matricea jocului contra naturii asociată problemei combaterii inundațiilor

Stări ale nat Strat. ale proiect	N_1	N_2	N_3	N_4	N_5	N_6	N_7	N_8	N_9	Valori maxime pe linii
S_1	360 (360)	320 (320)	230 (230)	190 (190)	170 (170)	140 (140)	130 (130)	100 (100)	0	360 0+0+360
S_2	272 (205)	115 (48)	237 (170)	77 (10)	212 (145)	168 (126)	69 (2)	67 (0)	67 (0)	272 42+25+205
S_3	170 (50)	127 (7)	170 (50)	121 (1)	170 (50)	170 (50)	120 (0)	120 (0)	170 (0)	170 75+45+50
S_4	166 (0)	166 (0)	166 (0)	166 (0)	166 (0)	166 (0)	166 (0)	166 (0)	166 (0)	166 118+48+0
S_5	211 (0)	211 (0)	211 (0)	211 (0)	211 (0)	211 (0)	211 (0)	211 (0)	211 (0)	211 153+58+0

Capitolul VI

ANALIZA COST - EFICIENȚĂ ÎN SISTEMELE LINIARE DE APĂRARE ÎN CAZUL INUNDAȚIILOR ACCIDENTALE

6.1 Bazele legislative

Inundațiile au capacitatea de a produce pierderi de vieți omenești, evacuări de persoane și daune mediului, de a compromite grav situația economică și infrastructura asociată.

Este realizabil și de dorit să se reducă riscul consecințelor negative ale inundațiilor. Măsurile de reducere a acestor riscuri pentru a fi eficiente pe cât posibil să fie coordonate la nivelul unui bazin hidrografic.

Analiza cost – eficiență a lucrărilor de apărare împotriva inundațiilor este necesară să includă :

- studiul impactului asupra mediului.
- analiza economică a măsurilor structurale și nonstructurale (în cazul de față pentru sistemele liniare de apărare)
- gradele de recuperare a costurilor

Directiva Cadru a Apei 2000/60/CE a Parlamentului European și a Consiliului de stabilire a unui contur de politică comunitară în domeniul apei (octombrie 2000) impune crearea unor planuri de gestionare a bazinului hidrografic pentru fiecare district hidrografic pentru a ajunge la o bună stare ecologică și chimică, contribuind în parte și la atenuarea efectelor inundațiilor. Cu toate acestea, reducerea riscului de inundații nu ține seama de modificările viitoare ale riscului de inundații ca urmare a schimbărilor climatice.

Prin consecință, prevenirea inundațiilor, protecția împotriva acestora și atenuarea efectelor acestora fac obiectul Directivei 2007/60/CE a Parlamentului European și a Consiliului din octombrie 2007 privind evaluarea și gestionarea riscurilor de inundații.

Dezvoltarea planurilor de gestionare a bazinelor hidrografice în temeiul Directivei 2000/60/CE și a planurilor de gestionare a riscurilor de inundații în temeiul Directivei 2007/60/CE sunt elemente de gestionare integrată a bazinelor hidrografice ale râurilor.

Este important de subliniat că încă din 2005, cu doi ani înaintea apariției Directivei pentru inundații, sesizând elementele pe care Directiva Cadru nu le putea oferi pentru studiul inundațiilor în managementul integrat al bazinului hidrografic, Colectivul de Hidrologie și Gospodărirea Apelor din Facultatea de Hidrotehnică a inițiat și a întocmit grantul CNCIS (tip A, cod 708) „Studiul inundațiilor incluse managementului integrat al unui bazin hidrografic” (fig. 6.1 – 6.5).

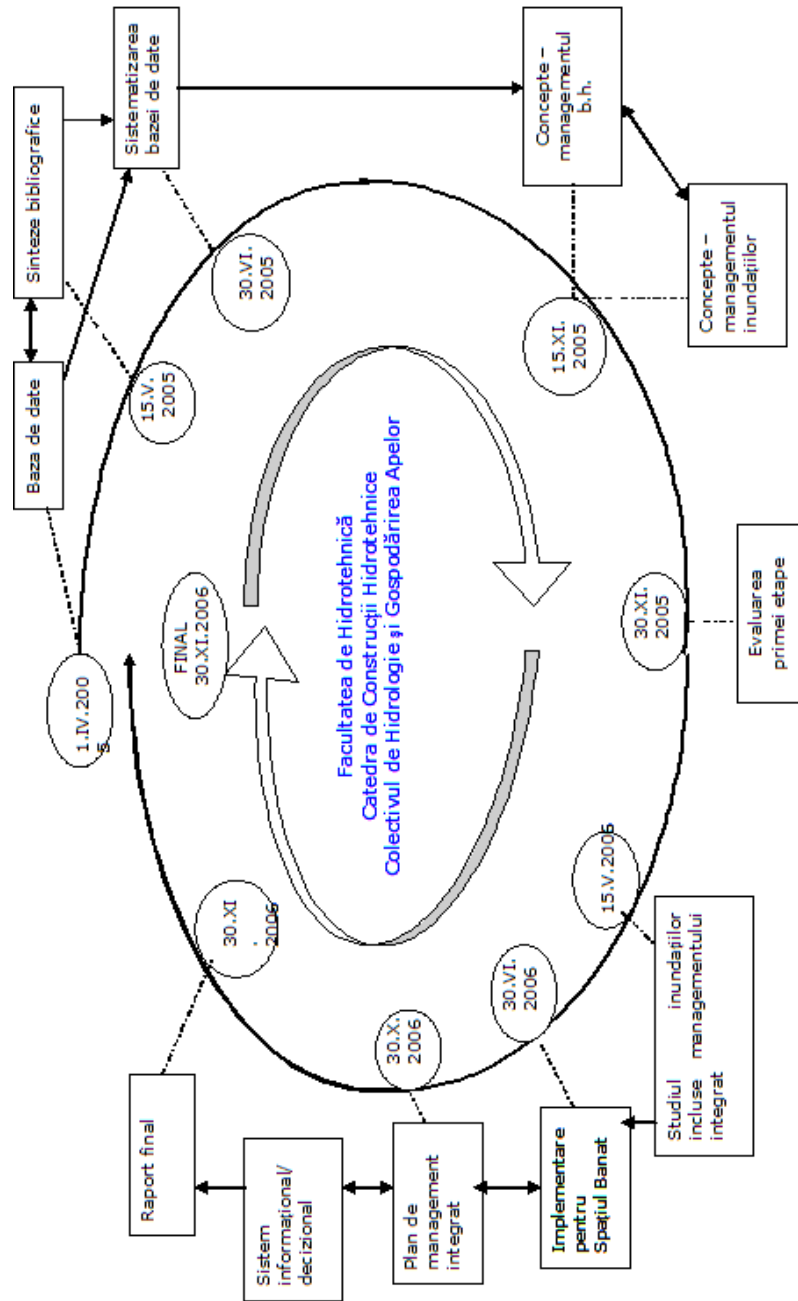


Fig. 6.1 – Etape de realizare

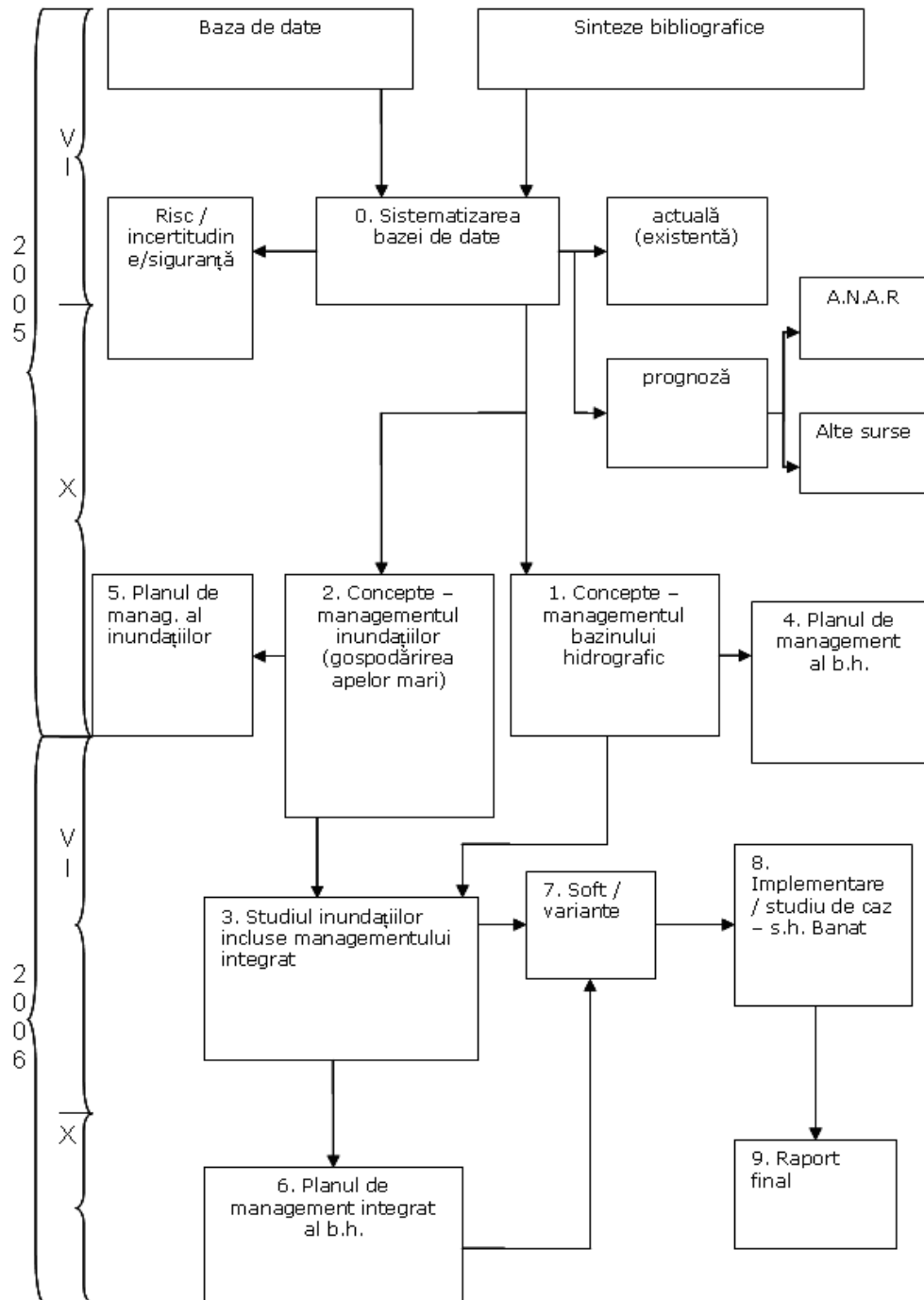
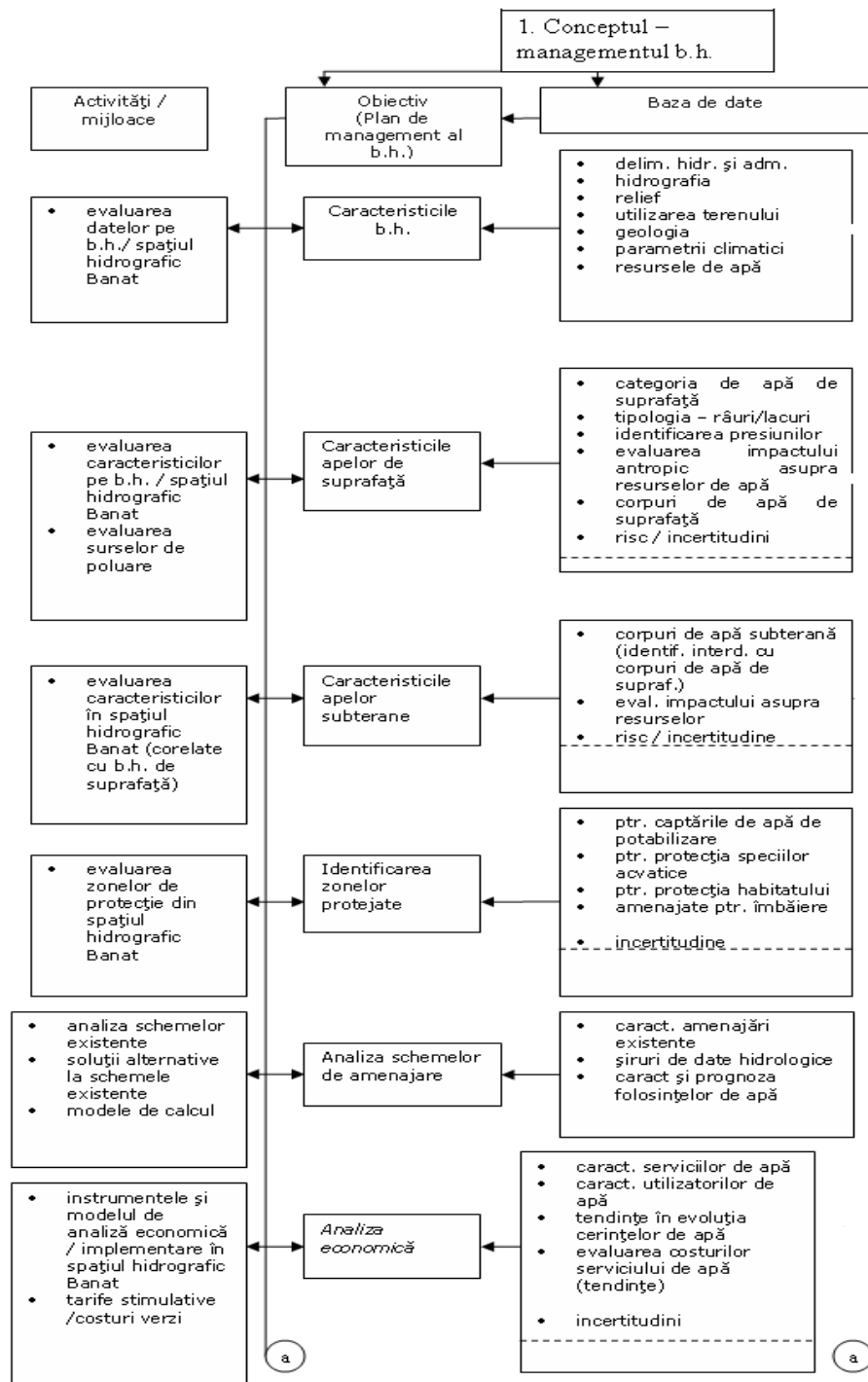


Fig. 6.2 - Structura proiectului „Studiul inundațiilor incluse managementului integrat al spațiului hidrografic Banat”



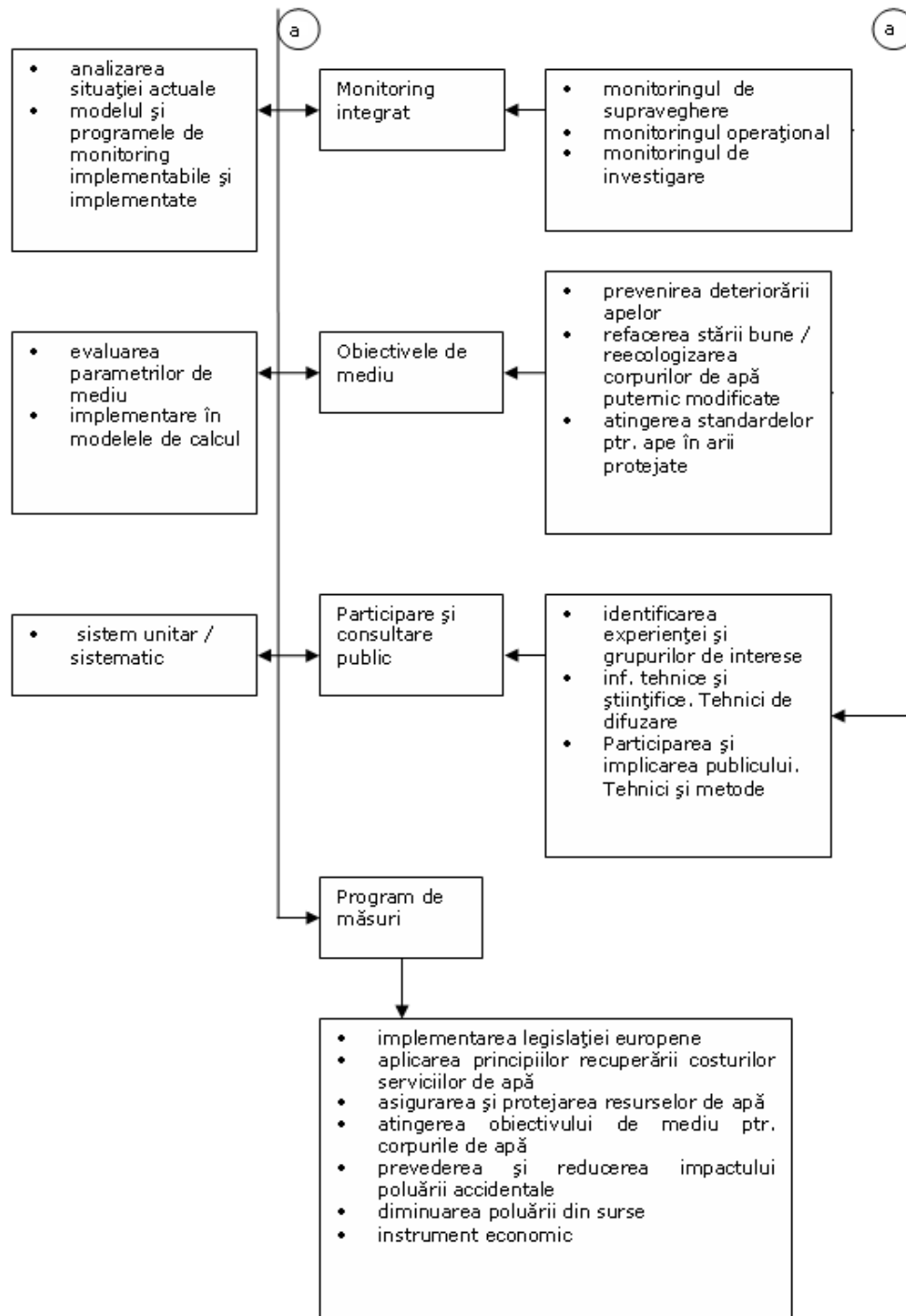


Fig. 6.3 – Conceptul managementului bazinului hidrografic

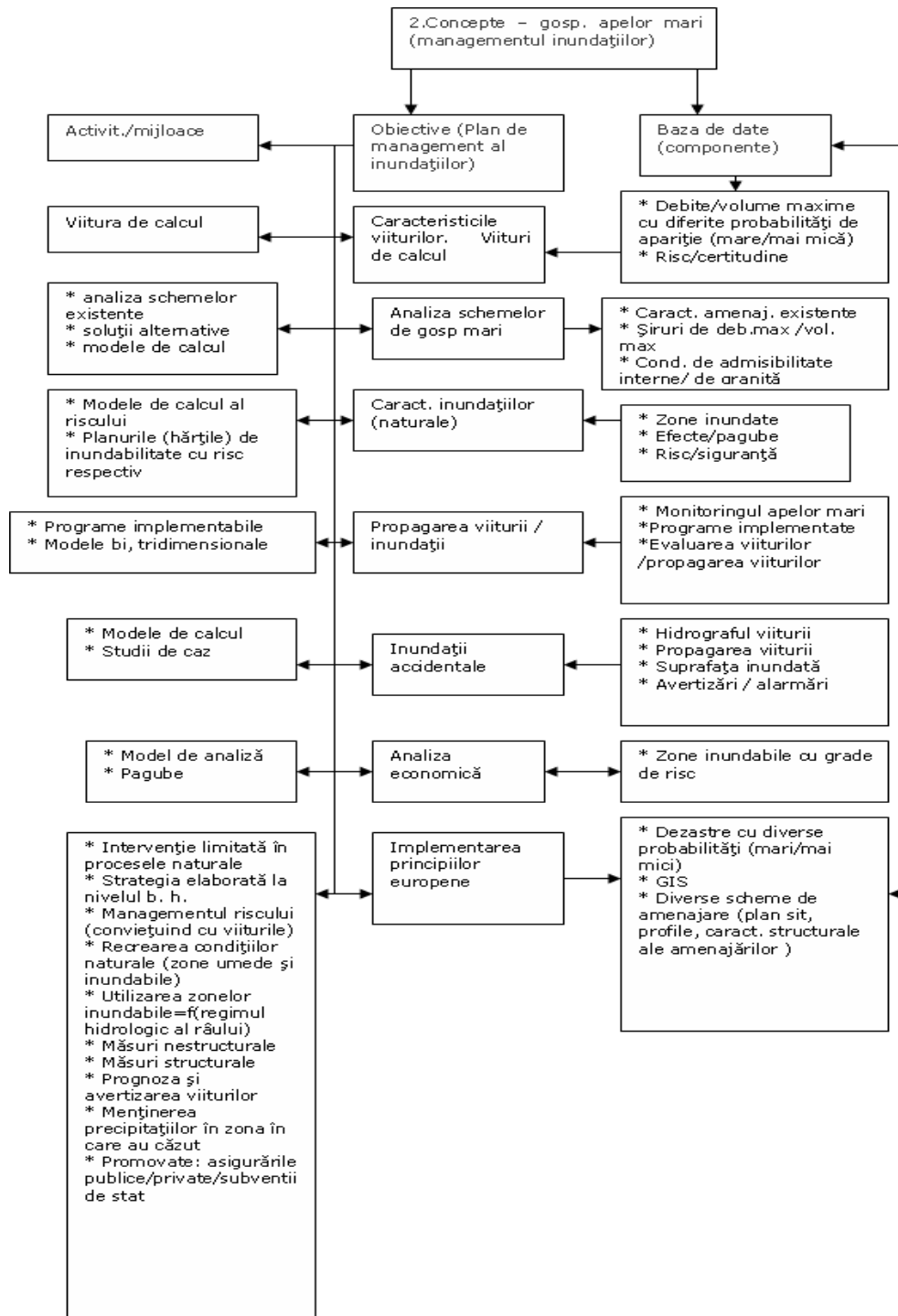


Fig. 6.4 - Concepte – gospodărirea apelor mari (managementul inundațiilor)

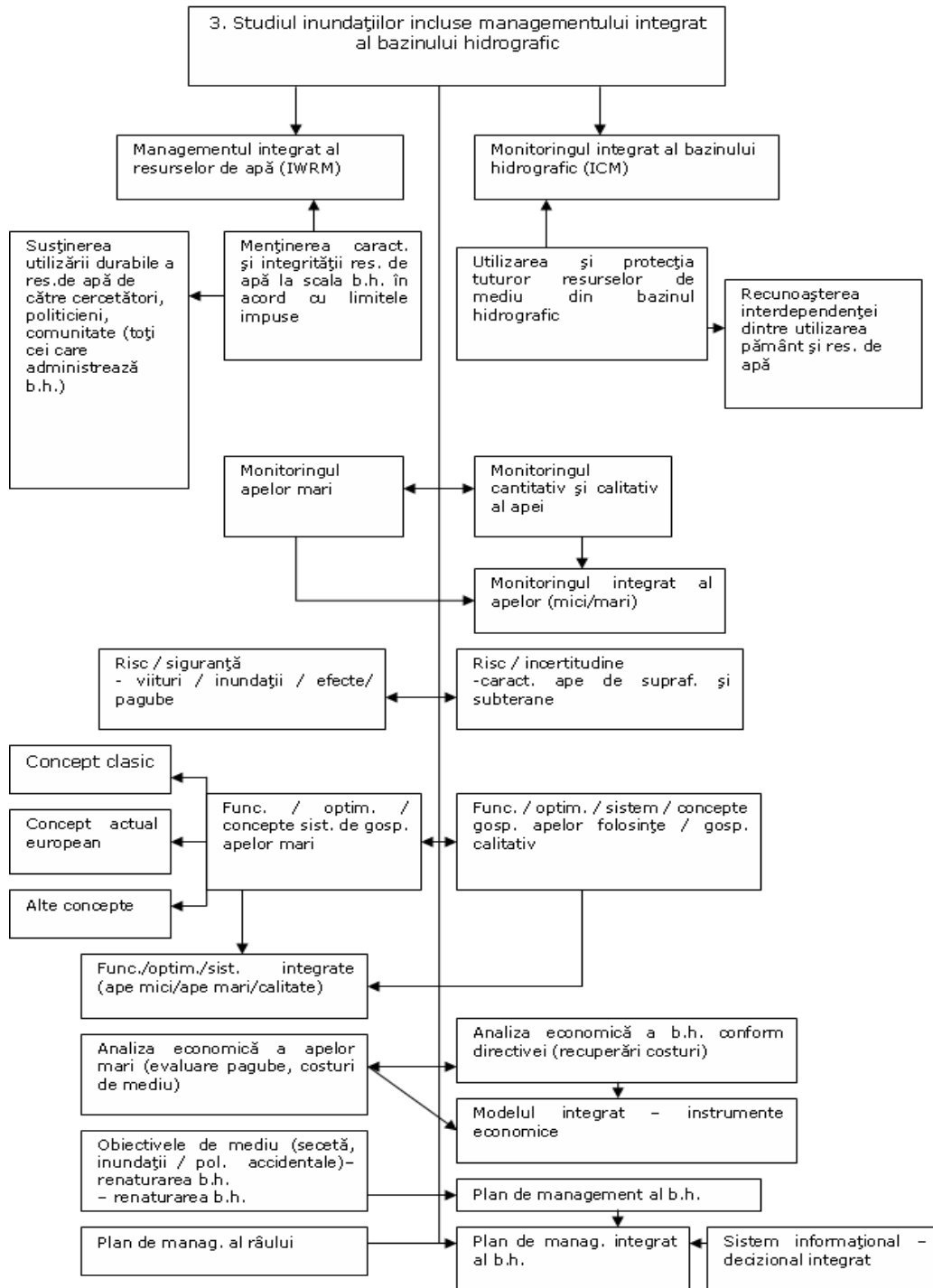


Fig. 6.5 - Studiul inundațiilor incluse managementului integrat al bazinului hidrografic

Acesta a fost continuat cu grantul CNCSIS (tip TD, cod 10, nr. 769/02.X.20007) „Cercetări privind identificarea, înțelegerea, simularea și calculul mecanismelor inundațiilor din cedarea sistemelor liniare de apărare”, punând bazele și soluționând principalele probleme ce fac parte din tematica tezei.

Evidențierea lor prin granturi, confirmată de Directiva UE pentru inundații indică actualitatea problemei, rezolvarea fiind un răspuns dat oportunității lor.

Între acestea, promovarea folosirii instrumentelor economice prin dezvoltarea metodelor de analiză cost - eficiență specifică sistemelor liniare de apărare împotriva inundațiilor, neabordată de DCA (Directiva Cadru a Apei) se impune și în cazul inundațiilor accidentale.

6.2 Analiza economică a măsurilor structurale și non-structurale

În elaborarea politicilor, privind apa trebuie să se țină seama de impactul pe care l-ar putea avea acestea asupra riscurilor de inundații și asupra gestionării riscurilor respective. Pe un anumit teritoriu pot apărea diferite tipuri de inundații cum ar fi inundații ale râurilor (naturale și/sau accidentale), viituri torențiale, cele produse de mare în zonele de coastă. Ca atare obiectivele, privind gestionarea riscurilor la inundații trebuie stabilite în cadrul unor modele generale bazate pe circumstanțe regionale și locale (ceea ce încearcă a face această analiză).

Pentru a avea la dispoziție un instrument eficient de informare, precum și o bază valoroasă pentru stabilirea priorităților și pentru luarea unor decizii ulterioare tehnice, financiare și politice, privind gestionarea riscului de inundații, este necesar să se prevadă crearea unor hărți de hazard la inundații și a unor hărți de risc la inundații, inclusiv inundațiile accidentale. Pe această bază se elaborează planurile de gestionare a riscului de inundații.

Anterior acestor hărți și planuri este necesară o evaluare preliminară a riscului, privind inundațiile (poate fi definită și ca hartă de inundabilitate) care include cel puțin:

- hărți ale bazinului hidrografic cu expunere topografică și a utilizării terenului
- o descriere a inundațiilor din trecut și pentru care probabilitatea unor evenimente viitoare este încă relevantă, cu o evaluare a efectelor negative semnificative pe care le-a produs
- o evaluare a consecințelor negative potențiale ale viitoarelor inundații

Pe baza evaluării preliminare a riscului la inundații se identifică acele zone la care se ajunge la concluzia că există sau a căror producere ar putea fi considerată ca probabilitate.

Planurile de gestionare a riscului la inundații accidentale (în deosebi) trebuie să se concentreze asupra prevenirii, protecției și pregătirii, luând în considerare pe cât posibil întreținerea și/sau refacerea zonelor inundabile, asigurând mai mult spațiu râurilor și luând în seamă și efectele posibile ale schimbărilor climatice asupra apariției inundațiilor.

Componentele planurilor de gestionare a riscului de inundații: concluziile evaluării preliminare a riscului de inundații sub forma unei hărți sumare a districtului hidrografic sau a unității de gestionare, hărțile de hazard sau de risc de inundații precum și concluziile care pot fi deduse din aceste hărți; descrierea obiectivelor corespunzătoare de gestionare a riscului de inundații, un rezumat și o ordine de prioritate a măsurilor luate cu scopul de a realiza obiectivul de gestionare a riscului de inundații.

Probabilitatea evenimentelor extreme - inundații, secete - este în creștere. Politicele apei în EU includ un ciclu de 30 ani. În această perioadă schimbările

climatice cauzează mari presiuni asupra mediului, ecologice și socio - economice, precum și costuri corespunzătoare. Adaptarea la schimbările climatice necesită cercetări de predicție a impactului natural și socio-economic la nivel regional.

Evaluările, hărțile, planurile și tehnologiile utilizate nu trebuie să implice costuri excesive în materie de gestionare a riscului de inundații. [R. Schenkel, 2008]

Hărțile de hazard acoperă zonele geografice care ar putea fi inundate în următoarele cazuri:

- inundații cu probabilitate mică sau în cazuri extreme, cu probabilitate medie ($p > 100$ ani), cu probabilitate mare (după caz) cu indicarea elementelor: dimensiunile inundațiilor, adâncimile sau nivelul apei, viteza de curgere sau debitul de apă relevant.

Hărțile de risc de inundații indică potențialele efecte negative asociate inundațiilor menționate în următorii termeni: numărul aproximativ de locuitori potențial afectați, tipul de activitate economică din zona potențial afectată, inundațiile care pot produce poluări accidentale în cazul inundațiilor, zonele protejate potențial afectate, alte informații (zona unde pot apărea inundații cu un conținut mare de sedimente transportate sau sedimente grosiere).

6.3 Recuperarea costurilor

În evaluarea și gestionarea riscului de inundații inclusiv a celor accidentale (Directiva Cadru 2007/60/CE) se impune și recuperarea „costurilor pentru serviciile de apă”. Se adoptă principiul recuperării cheltuielilor de refacere a situației anterioare cedării, inclusiv a cheltuielilor de mediu pentru un nou echilibru ecologic.

Așa cum s-a afirmat anterior pentru stabilirea relațiilor cost - eficiență este necesară o evaluare a impactului asupra mediului (capitolul V) prin care, aplicând matricea de eficiență a costurilor de refacere se poate stabili riscul acceptat pentru sistemul longitudinal de apărare împotriva inundațiilor.

Dacă cedarea are loc, evident că se pune problema refacerii (provizorii / definitive) a structurii de apărare (digului) existente sau a unei noi scheme într-un nou concept, „mai mult spațiu pentru râuri”.

În ambele situații pentru calculul „cost - eficiență”, respectiv recuperarea costurilor poate fi abordată metoda „asigurării normate” sau metoda „tehnică - economică - socială - de mediu”.

• O posibilitate de rezolvare a acestei probleme (determinarea gradului optim de asigurare) este cea bazată pe considerarea pagubelor împreună cu mărimea riscului producerii lor pe perioade de funcționare a sistemului de apărare.

Costurile totale :

$$C_t = I + \frac{1}{r} \cdot C + D \left(\frac{1+e}{1+r} \right)^n \cdot p_n \quad (6.1)$$

unde: n - perioada de existență a lucrărilor / perioadă mai scurtă în cadrul acesteia pentru care se efectuează analiza economică

D - valoarea absolută a pagubei ce s-ar produce în cazul depășirii capacității sistemului la viituri cu probabilități de depășire mai mici decât p sau la viituri accidentale

p_n - mărimea riscului de depășire a capacității sistemului, dimensionat corespunzător unei probabilități anuale de depășire p în intervalul de n ani consecutivi

$$p_n = 1 - (1-p)^n \quad (6.2)$$

Din relația $D = f(p)$ (capitolul V) se obțin valori cu atât mai mari pentru D cu cât valoarea lui p este mai mică.

- O altă posibilitate de calcul de optimizare a soluțiilor care să aibă în vedere incertitudinea (teoria deciziilor în condiții de incertitudine) este utilizarea teoriei jocului în combaterea inundațiilor, inclusiv a inundațiilor accidentale analizate într-un capitol anterior.
- Este posibil a se utiliza pentru calculul eficienței economice în cazul inundațiilor și un *procedeu expeditiv* (cu deosebi în studiile preliminare și de fezabilitate).

Se fac ipotezele (simplificatoare):

- În regim natural:
- caracteristicile viiturii

Tabelul 6.1

Caracteristicile viiturii	Durata de reparație	Debit maxim	Pagube
viituri nepericuloase	T_0	$Q_{\max 0}$	0
viituri înregistrate cu pagube cunoscute	T_1	$Q_{\max 1}$	D_1
Viituri oarecare	T	Q_{\max}	D

Pentru: $T > T_0$ (6.3)

$$D = D_1 \frac{Q - Q_0}{Q_1 - Q_0} = D_1 \frac{\ln \frac{T}{T_0}}{\ln \frac{T_1}{T_0}} \quad (6.3)$$

Paguba medie anuală în regim natural:

$$d_n = D \cdot dp = \frac{D_1}{\ln \frac{T_1}{T_0}} \cdot \int_{T_0}^{\infty} \ln \frac{T}{T_0} \cdot \frac{dT}{T^2} = \frac{D_1}{T_0 \cdot \ln \frac{T_1}{T_0}} \quad (6.4)$$

- În regim amenajat:
- caracteristicile viiturii

Tabelul 6.2

Caracteristicile viiturii	Durata de reparație	Debit maxim	Pagube
viituri nepericuloase	T_e	$Q_{\max e}$	0
debit modificat prin amenajare	T_1	Q_0	D_1

$$T \leq T_e \quad D = 0 \quad (6.5)$$

$$T > T_e \quad D = D_1 \cdot \frac{Q - Q_e}{Q_1 - Q_0} = D_1 \frac{\ln \frac{T}{T_e}}{\ln \frac{T_1}{T_0}} \quad (6.6)$$

Paguba medie anuală în regim amenajat:

$$d_a = \frac{D_1}{\ln \frac{T_1}{T_0}} \cdot \int_{T_e}^{\infty} \ln \frac{T}{T_e} \cdot \frac{dT}{T^2} = \frac{D_1}{T_e \cdot \ln \frac{T_1}{T_0}} \quad (6.7)$$

- paguba produsă de viitură este o funcție liniară de debitul maxim al viiturii
- pagubele nu evoluează în timp
- debitele maxime respectă legea lui Euler

$$Q = \bar{Q} \cdot (1 + m \cdot \ln T) \quad (6.8)$$

unde: Q - debitul maxim corespunzător perioadei medii de reapariție T

\bar{Q} - media debitelor maxime anuale

m - constanta de calcul

- beneficiul mediu anual (indirect) pentru realizarea lucrărilor

$$B = d_n - d_a = \frac{D_1}{\ln \frac{T_1}{T_0}} \cdot \left(\frac{1}{T_0} - \frac{1}{T_e} \right) \quad (6.9)$$

- eficiența economică

$$r = \frac{B}{\text{Cost}} \quad (6.10)$$

- timpul de recuperare

$$T_r = \frac{\text{Cost}}{B} \quad (6.11)$$

unde: Cost - costul lucrărilor de combatere a inundațiilor (investiții, cheltuieli economice, sociale, de mediu)

În cazul inundațiilor accidentale se compară paguba produsă de cedarea digului (d_a) cu paguba medie în regim natural (d_n) (în deosebi în conceptul actual de amenajare) și se calculează beneficiu:

$$B = d_a - d_n \quad (6.12)$$

, respectiv eficiența economică prin cost de eficiență.

$$r = \frac{B}{\text{Cost}} \quad (6.13)$$

Inversul acestuia $\frac{\text{Cost}}{B}$, reprezentând timpul de recuperare a costurilor.

Costul include costurile de amenajare, de refacere a echilibrului ecologic, cele sociale.

Capitolul VII SCHEME ȘI PROGRAME PRIVIND CALCULUL CEDĂRILOR

7.1 Scheme logice

◇ Simularea și calculul viiturii accidentale în sisteme liniare – în serie (fig. 7.1)

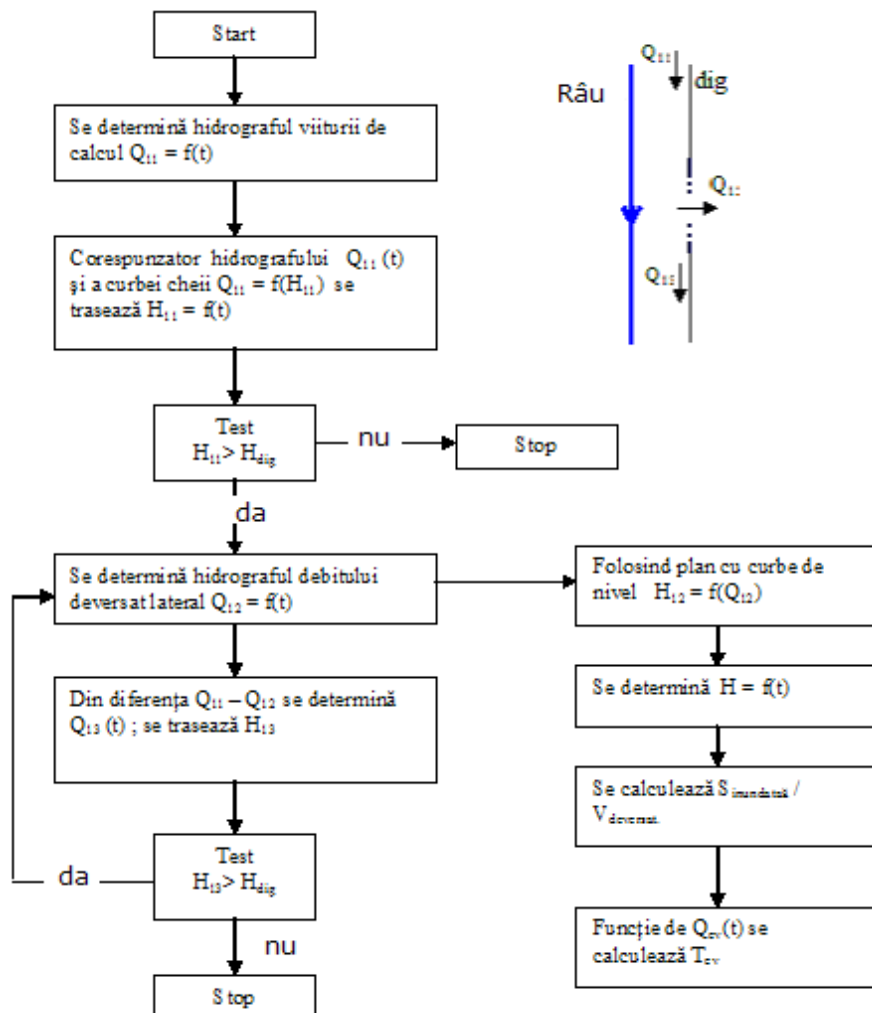


Fig.7.1 – Simularea și calculul viiturii accidentale pentru sistemul de apărare în serie

◇ Simularea și calculul viiturii accidentale în sisteme liniare – în paralel

A – ambele diguri pe aceeași parte (fig.7.2)

B - digurile de o parte și alta a râului (fig.7.3)

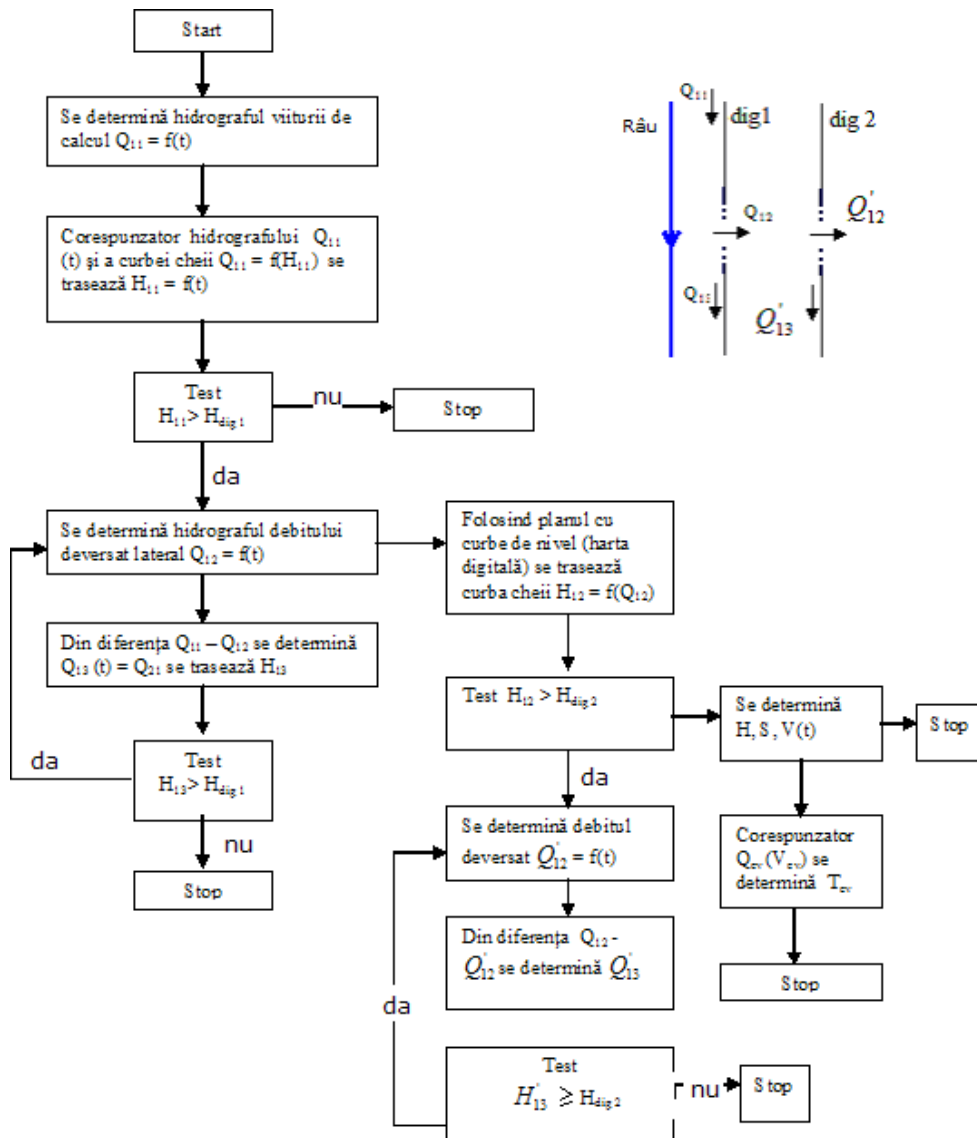


Fig. 7.2 - Simularea și calculul viiturii accidentale pentru sistemul de apărare în paralel (varianta A)

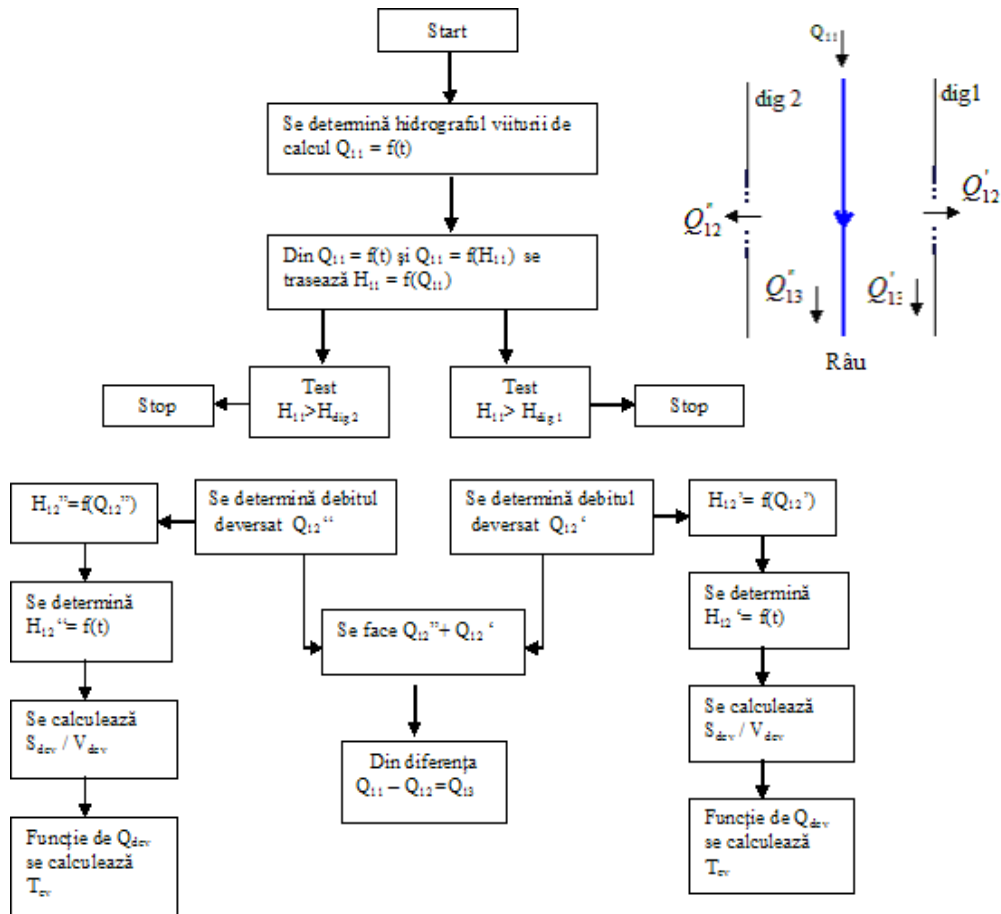
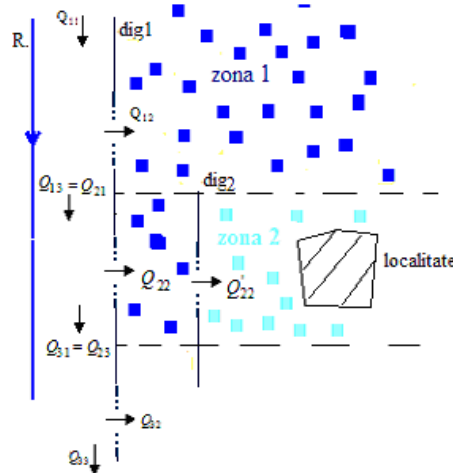


Fig.7.3 - Simularea și calculul viiturii accidentale pentru sistemul de apărare în paralel (varianta B)

◇ Simularea și calculul viiturii accidentale în sisteme liniare – mixt (fig.7.4)



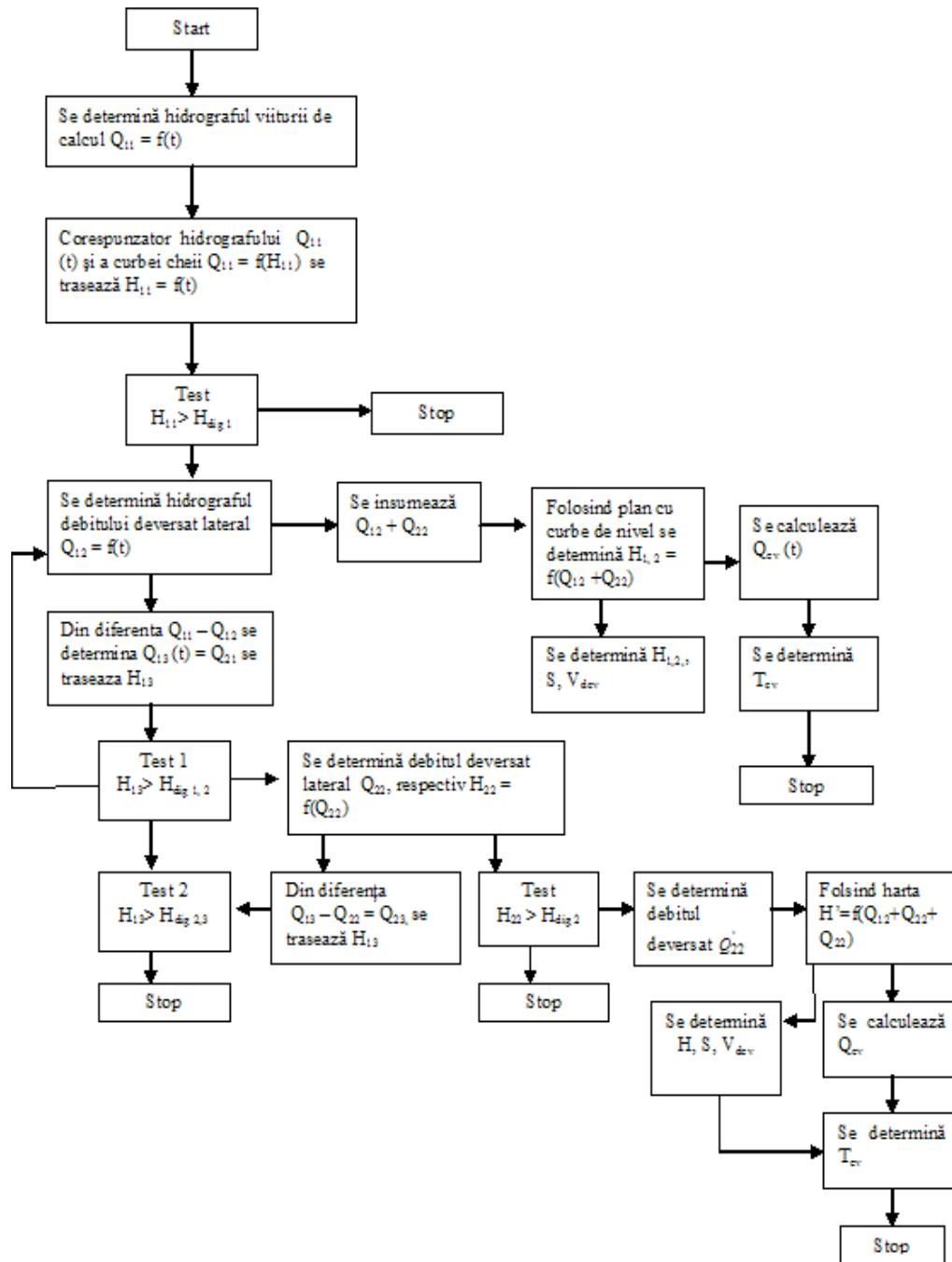


Fig. 7.4 - Simularea și calculul viiturii accidentale pentru sistemul de apărare mixt

7.2 Programul I.A.D și simularea cedării digului (ancheta hidrologică și de cedare a digurilor)

Corespunzător modelului de calcul al inundațiilor produse prin cedarea unui dig a fost elaborat în limbaj Java, un program de calcul, „I.A.D” (<http://www.programiad.co.nr/>). Acesta permite, pornind de la prognoza unei viituri și de la un grad acceptat de risc să stabilească on-line, în limite foarte largi (incluzând toată gama de variabile din sistemele liniare de apărare împotriva inundațiilor din țară) volumele inundabile (cumulate în timp).

Modelul și programul I.A.D servesc luării unor decizii eficiente :

- pentru efectuarea unor studii și proiecte privind viiturile / inundațiile accidentale
- în perioada anterioară apariției viiturii accidentale (funcție de prognoză) pentru luarea unor măsuri urgente de consolidare a zonelor cu risc mare acceptat
- în perioada declanșării cedării pentru deciziile care pot include și dirijarea unor cedări (breșe controlate), măsuri post cedare, luând în considerare impactul inundațiilor în timp

Modelul și programul I.A.D au fost testate pentru numeroase situații reale ce s-au produs prin cedarea unor diguri pe unele cursuri de apă din toate zonele țării. Aceasta, după ce principalii parametri au fost determinați dintr-un studiu general realizat pe baza datelor unui sondaj realizat pe toate bazinele hidrografice din țară, inclusiv Dunărea.

În acest sens s-au verificat direct hidrograful și volumul viiturii și acolo unde au existat date volumul și suprafața inundabilă.

• Simularea cedării digului

Se încearcă identificarea secțiunii de cedare. În această secțiune, cunoscând debitul maxim (Q_{max}) afluent prognozat, de calcul p% sau unul oarecare, precum și perioada de creștere și scădere a viiturii (similar altor viituri utilizate din baza de date și prognozate) se trasează hidrograful viiturii. (fig.7.5).

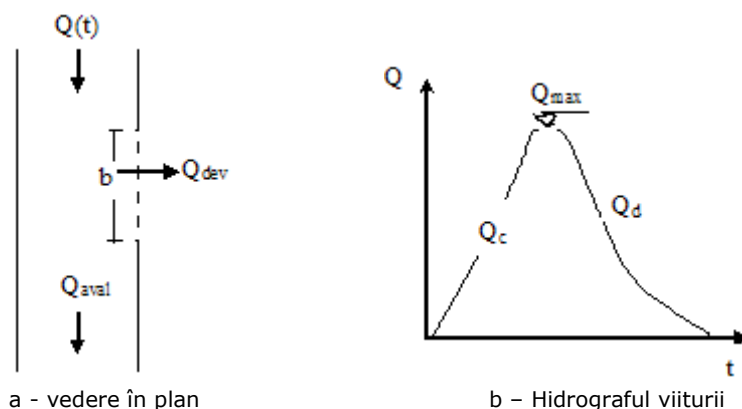


Fig. 7.5

Corespunzător acestuia și a curbei cheie [$h=f(Q)$] se stabilește momentul în care nivelul apei în secțiune depășește cota digului $H \geq H_d$ (fig.7.6), moment în care începe deversarea peste dig.

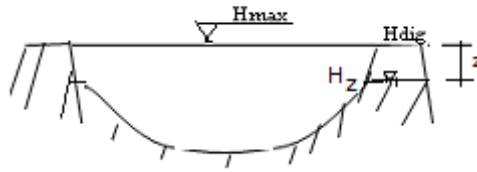
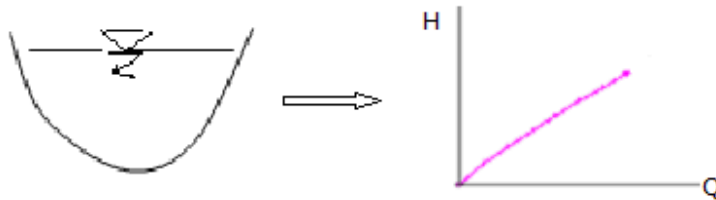


Fig. 7.6 - Secțiunea transversală

Modelul general indică pentru diverse albie, incluzând toate tipurile cursurilor de apă, forma cheii limnimetrice (fig.7.7 a - c) și relațiile de calcul deduse (șase cazuri).

- zona de deal / munte; cursuri principale / mici (Timiș, Bega, etc.)

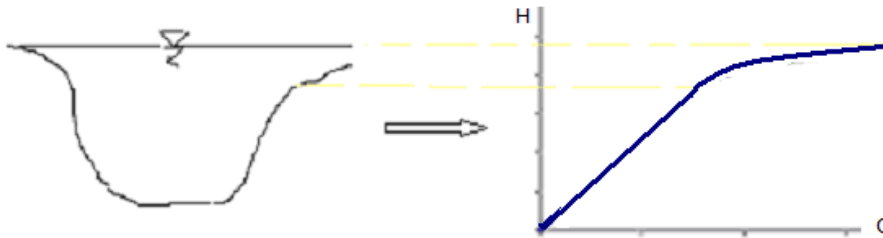


a₁ - secțiune transversală

b₁ - cheia limnometrică

Fig. 7.7 - a - Secțiunea transversală și cheia limnometrică

- zona de câmpie; cursuri mari (Mureș, Siret, Prut, etc.)

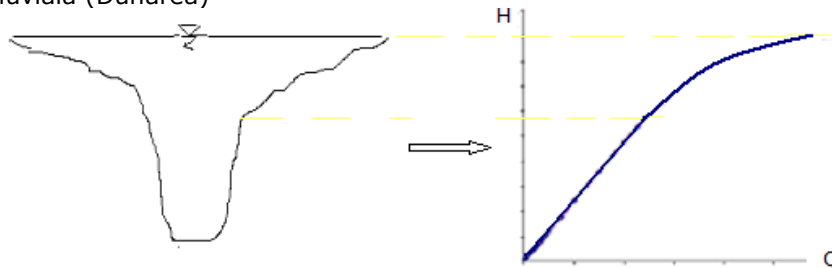


a₂ - secțiune transversală

b₂ - cheia limnometrică

Fig. 7.7 - b - Secțiunea transversală și cheia limnometrică

- zona fluvială (Dunărea)



a₃ - secțiune transversală

b₃ - cheia limnometrică

Fig. 7.7 - c - Secțiunea transversală și cheia limnometrică

După o perioadă de predicție (t_{pred}) (perioada de deversare până la începutul cedării) a fost simulată variația înălțimii de cedare în timp [$H_z(t)$] (fig. 7.8) în limitele unui timp total de cedare (t_{ced}) stabilit din baza de date, funcție de structura și înălțimea digului.

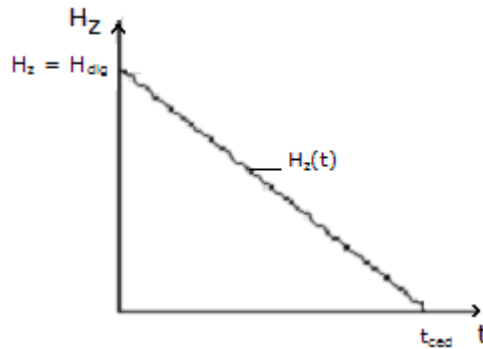


Fig. 7.8 - Variația înălțimii de cedare a digului

Aceeași bază de date oferă posibilitatea deducerii timpului de anticipație a viiturii (t_{ant}) și ca atare adăugându-i acestuia timpul de predicție ($t_{ant} + t_{pred} = t_{pericol}$) se obține perioada limită în care se mai pot lua măsuri de diminuare a (efectelor) cedării.

Luând în considerare forma și lățimea breșei corespunzătoare și în anumite limite ale debitelor maxime ale viituri aflente (folosind din nou baza de date) se determină volumul de apă scurs în timp prin breșă, considerând mișcarea apei peste un deversor cu prag lat (cu sarcini variabile).

Mai departe pentru a stabili suprafața și adâncimea inundată ($S_{inundată}$ și $h_{inundat}$) (fig.7.9) este necesară cunoașterea caracteristicilor topografice ale zonei ce se inundă prin deversare și cedarea digului.

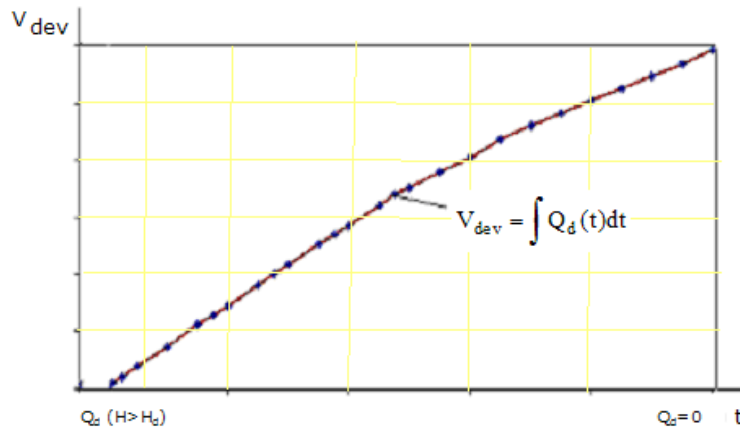


Fig. 7.9 - Volumele deversate în timp

Aceste date V , $S = f(H)$, respectiv curba orografică ar trebui să existe la îndemâna ISU (Inspectoratul General pentru Situații de Urgență) astfel ca pentru fiecare volum deversat să se poată indica suprafața / nivelul de inundare. (fig.7.10)

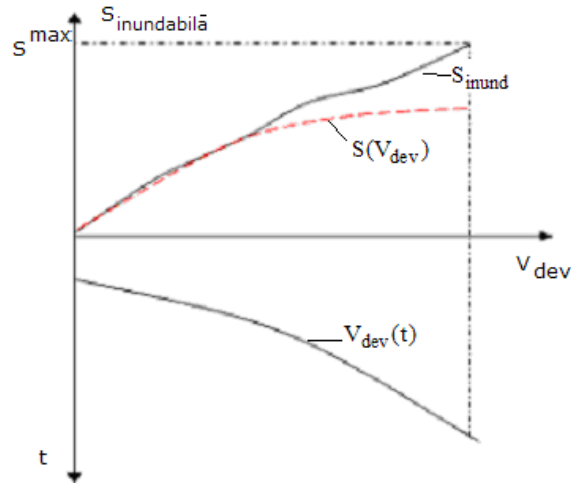


Fig. 7.10 - Curba orografică

Pornind de la modelul englezesc modificat RASP se stabilește un model (capitolul II) teoretic general care poate fi folosit în lipsa unor hărți de detaliu direct pentru situația concretă studiată, mai ales în situația în care se pune problema provocării unor breșe.

În final, prin diferența între debitul afluent în secțiunea de rupere și debitul evacuat din râu, prin deversare poate fi stabilit hidrograful viiturii ce se scurge în aval (fig. 7.11), care comparat prin cheia limnometrică corespunzătoare cu nivelul digului din acea secțiune, simularea unei noi cedări sau nu continuă sau se încheie aici.

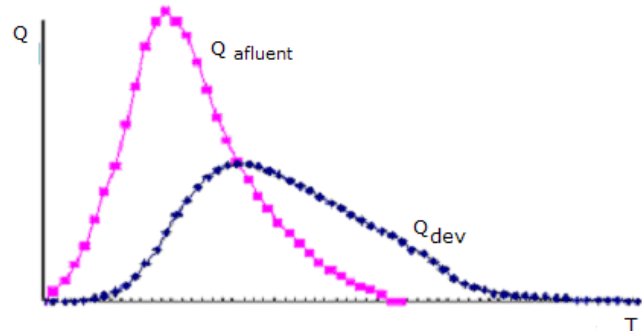


Fig. 7.11 - Hidrograful debitelor

- Modelul de calcul al inundațiilor accidentale

Modelul de calcul include următorul algoritm:

1. Stabilirea hidrografului viiturii afluyente (fig.7.5) $Q_{\text{afluent}} = f(t)$; cunoscând debitul maxim Q_{max} (100 - 16000 mc/s), timpul de creștere t_c (10 ore - 720 ore \sim 30 zile) și timpul de descreștere t_d (37 ore - 1440 ore).

Relația curbei de creștere :

$$Q_{ci} = Q_{\max} \left(\frac{t_i}{t_c} \right)^c \quad (7.1)$$

unde: $t_i = i \cdot \Delta t$; $i = 1, 2, \dots, m$

Relația curbei de descreștere:

$$Q_{dj} = Q_{\max} \left(\frac{t_d - t_j}{t_d} \right)^d \quad (7.2)$$

unde: $t_j = j \cdot \Delta t$; $j = 1, 2, \dots, n$

$$c = 1.8 \cdot t_i \cdot 0.7^{t_i} \quad (7.3)$$

unde: $t_i = 1$ ($Q=0$), $2, \dots, m(Q_{\max})$

$$d = 0.065 \cdot t_j' \quad (7.4)$$

unde: $t_j = n$ (Q_{\max}), $n+1, \dots, m(Q=0)$

2. Calculul cheii limnimetrice (fig. 7.6)

$$Q = Q_0 (H+a)^n \quad (7.5)$$

unde: $Q_0 = Q$ pentru $H+a = 1$
 $a, n =$ parametrii

Pornind de la forma generală a curbei cheie (7.5) sunt stabilite relațiile:

- pentru tipul 1 de albie (trapezoidală)

$$Q = 19.11 \cdot (H+25)^{1.24} \text{ la } Q_{\max} \leq 100 \text{ mc/s} \quad (7.6)$$

$$Q = 84 \cdot (H+0.05)^{1.1} \text{ la } Q_{\max} \leq 500 \text{ mc/s} \quad (7.7)$$

$$Q = 110 \cdot (H+0.02)^{1.23} \text{ la } Q_{\max} \leq 1000 \text{ mc/s} \quad (7.8)$$

- pentru tipul 2 de albie (dublu trapezoidală)

$$Q = 375 \cdot (H+0.015)^{1.1} \text{ la } Q_{\max} \leq 3000 \text{ mc/s} \quad (7.9)$$

$$Q = 0.1 \cdot (H+0.015)^{5.6} \text{ la } 3001 < Q_{\max} \leq 500 \text{ mc/s} \quad (7.10)$$

sau

$$Q = 680 \cdot (H+0.05)^{1.1} \text{ la } Q_{\max} \leq 6000 \text{ mc/s} \quad (7.11)$$

$$Q = 0.06 \cdot (H+0.05)^{5.8} \text{ la } 6001 < Q_{\max} \leq 10000 \text{ mc/s} \quad (7.12)$$

- pentru tipul 3 de albie fluvială;

$$Q = 680 \cdot (H+0.05)^{1.1} \text{ la } Q_{\max} \leq 6000 \text{ mc/s} \quad (7.13)$$

$$Q = 0.06 \cdot (H+0.05)^{5.8} \text{ la } 6001 < Q_{\max} \leq 10000 \text{ mc/s} \quad (7.14)$$

sau

$$Q = 670 \cdot (H+0.05)^{1.2} \text{ la } Q_{\max} \leq 8000 \text{ mc/s} \quad (7.15)$$

$$Q = 0.002 \cdot (H+0.05)^{7.23} \text{ la } 8001 < Q_{\max} \leq 16000 \text{ mc/s} \quad (7.16)$$

Aplicând în mod corespunzător aceste relații rezultă $H \rightarrow Q(t)$

3. Calculul debitelor deversate

Considerând mișcarea apei peste dig ca o mișcare peste un deversor lateral cu prag lat neîncat, debitul deversat este dat de relația:

$$Q_d = \tau_1 \cdot m \cdot b \sqrt{2g} \cdot z^{3/2} \quad (7.17)$$

în care:

- coeficient de contracție laterală a deversorului este:

$$\tau_1 = \left(\frac{z}{b} \right)^{1/2} \quad (7.18)$$

- sarcina variabilă a deversorului este:

$$z = H - H_z \quad (7.19)$$

- lățimea deversorului $b = f(Q_{\max})$ variază între 5-50 m pentru $Q_{\max} = 10-900 \text{ mc/s}$
 54-100 m pt. $901 < Q_{\max} < 1600 \text{ mc/s}$
 101-200 m pt. $1601 < Q_{\max} < 16000 \text{ mc/s}$

- coeficientul de debit $m = 0.3-0.36$

După o perioadă de timp de deversare (funcție de caracteristicile coronamentului digului), definit ca $t_{\text{predicție}} = (3-24 \text{ ore})$ începe cedarea digului.

Durata cedării considerată ca o funcție de dimensiunile și structura digului, $t_{\text{ced}} = f(\text{structura digului}, H_d)$ (fig. 7.8) a fost stabilită pentru digurile de pământ analizate pe baza datelor reale astfel:

$$\left. \begin{array}{ll} H_d \leq 4 \text{ m} & t_{\text{ced}} = (6-8) \text{ ore} \\ 4 \text{ m} < H_d \leq 4 \text{ m} & t_{\text{ced}} = (8-24) \text{ ore} \\ 5.5 \text{ m} < H_d \leq 6.5 \text{ m} & t_{\text{ced}} = (24-48) \text{ ore} \end{array} \right\} \quad (7.20)$$

Variația înălțimii de cedare H_z (fig.7.8) poate fi luată în considerare liniară, așa cum s-a procedat în cazul de față:

$$H_2 = H_d - \frac{H_d}{t_{\text{ced}}} \cdot t \quad (7.21)$$

sau cu o cădere accentuată în final (a), respectiv inițial (b).

4. Determinarea volumului inundabil

Volumul inundabil rezultă din fig. 7.9.

$$V_{\text{inund}} = V_{\text{dev}} = \int Q_d(t) \cdot dt = \sum_{i=Q_H > H_d}^{i=Q_d=0} Q_d(t) \cdot \Delta t \quad (7.22)$$

S-a stabilit un procedeu rapid după modelul RASP de determinare teoretică (aproximativ) a suprafeței inundate și a adâncimii de inundare finale. Evident că se recomandă să existe un plan cotat al suprafețelor inundabile, în acest caz putându-se determina direct elementele inundației (suprafața, adâncimile evaluate în timp).

5. Stabilirea viiturii în aval de breșă

Viitura rezultată în aval de breșă (fig.7.11) rezultă din diferența dintre afluență și cea deversată. Deci:

$$Q_{\text{av}} = Q_{\text{afluent}} - Q_d \quad (7.23)$$

Și dacă $H_{\text{aval}} \geq Q_{\text{dev}}$ calculul se repetă.

7.3 Aplicații și studii de caz

A fost inițiat un sondaj (anexa 7.1) pentru toate bazinele hidrografice din țară, în teză făcându-se pentru prima oară analiza de detaliu în cazul a cca. 100 de cedări de diguri din ultimii ani.

Rezultatele studiului se prezintă prin câteva sinteze utile elaborării modelului și programului de calcul I.A.D. De asemenea, ele au stat la baza analizării fenomenelor complexe ale cedărilor de diguri, cauzele și efectele acestora, îndeosebi prin prisma impactului în mediu:

- Identificarea secțiunii de cedare ($H > H_d$; $\gamma_d > \pm 5\% \gamma_{max}$)

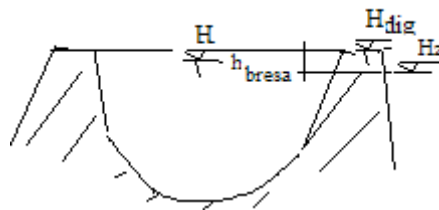


Fig. 7.12 - Secțiune transversală

- Durata deversării până la începutul cedării
 $t_{dev} = f(\text{caracteristicile digului}) = (3-24 \text{ ore})$

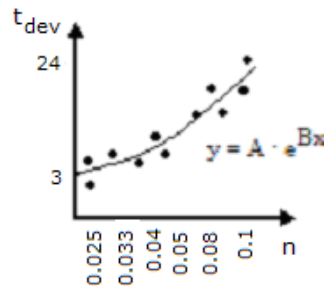


Fig. 7.13 - Durata de deversare

S-a luat în considerare structura de pământ a digului acoperit sau nu cu vegetație, tufișuri, îmbrăcămînți de protecție, etc (coeficienți de rugozitate diferiți).
 n - coeficient de rugozitate după N.N. Pavlovski [P.G. Kiselev, 1988] (tabelul 7.1)

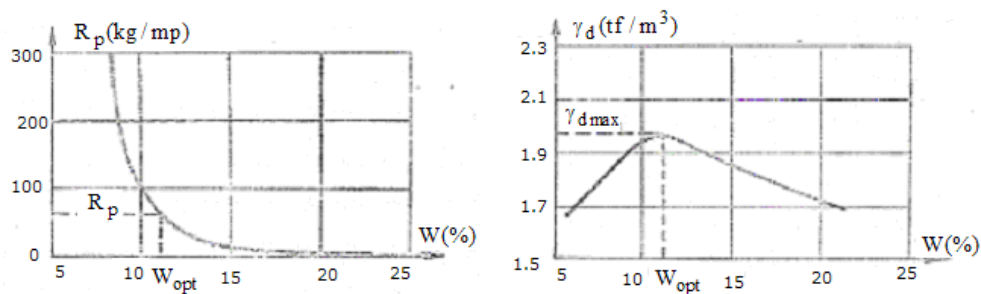
- Durata cedării (din momentul inițial al cedării până la sfârșitul acestuia)
 $t_{ced} = f(\text{structura digului}, H_d, h_{bresa}) = (6-48 \text{ ore})$

Pentru cuantificarea structurii în relația cedării s-a considerat dig de pământ cu o anumită compactare (verificarea gradului de compactare se poate face prin determinarea greutateii volumetrice uscate γ_d în comparație cu valoarea maximă γ_{max}), abaterea acceptată $\pm 5\%$.

Controlul compactării se poate face și prin determinarea rezistenței la penetrare R_p , parametru mai ușor de stabilit în situ (fig. 7.14). [M. Șelărescu, M.Podani, 1993]

Tabelul 7.1 [după P.G. Kiselev, 1988]

Nr. crt.	Caracterizarea albiei	Valoarea n
1	Albii naturale (curate, cu traseu rectiliniu, din pământ, cu curgere liberă)	0.025
2	Albiile cursurilor de apă permanente, tip de câmpie, mai ales la râurile mari și medii în condiții favorabile de stare a patului de curgere a apei	0.033
3	Albiile relativ curate ale cursurilor de apă permanente, de câmpie, sinuoase, cu unele neregularități ale reliefului fundului (bancuri, gropi).	0.040
4	Albiile râurilor mari și mijlocii, considerabil obturate, sinuoase și parțial acoperite cu vegetație, cu curgere neuniformă. Albiile majore ale râurilor mari și mijlocii, relativ erodate, acoperite cu vegetație (iarbă, tufişuri).	0.050
5	Albiile cursurilor de apă nepermanente puternic obstruate și sinuoase. Albii majore acoperite cu vegetație, neuniforme, erodate (cu gropi, tufişuri, copaci și bălți). Albiile din pietriș și bolovăniș, tip de munte cu suprafața liberă a apei ondulate. Râuri și albii majore cu vegetație intensă (lăstărișuri, tufişuri), cu gropi adânci și mari.	0.080
6	Albii majore ca și la categoria precedentă, dar cu o curgere puternic neuniformă, cu curenți transversali. Albiile de tipul căderilor de apă montane cu structură sinuoasă a patului, cu bolovani mari, cu căderi în trepte.	0.100

Fig.7.14 - Variația rezistenței la penetrare (R_p) și a greutateii volumetrice uscate (γ_d) în funcție de umiditate (W) [după M. Șelărescu, M. Podani, 1993]

- Durata cedării t_{ced} scade proporțional cu valoarea maximă pentru diverse înălțimi ale digurilor H_d și γ_d .

Tabelul 7.2

Nr. crt.	Durata de cedare t_{ced} (ore)	Înălțimea digului H_d (m)
1	6 – 8	< 4
2	8 – 24	< 5.5
3	24 – 48	< 6.5

Evoluția în timp a breșei poate fi considerată:

- a. liniară pe întreaga perioadă de cedare

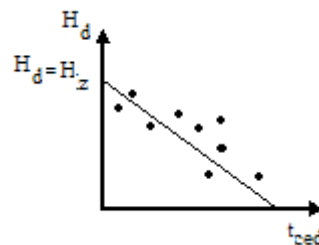


Fig. 7.15 – Evoluția breșei în timp

$$\text{unde: } H_z = H_d - \frac{H_d}{t_{ced}} \cdot t \quad (7.24)$$

$$z = h_{bresa} = H - H_z = H - \left(H_d - \frac{H_d}{t_{ced}} \right) \cdot t \quad (7.25)$$

z - sarcina breșei variabilă

- b. liniară, accentuată inițial

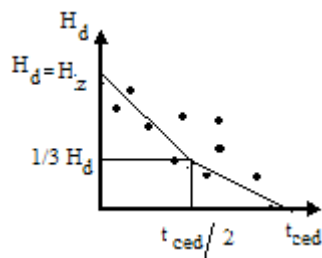


Fig. 7.16

- c. liniară, accentuată în final

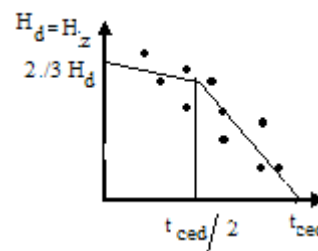
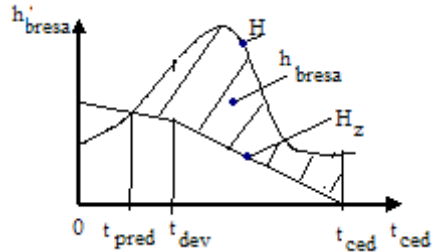


Fig. 7.17

Sarcina variabilă a breșei în cazul a este :

$$z = h_{bresa} = H - H_z = H - \left(H_d - \frac{H_d}{t_{ced}} \right) \cdot t \quad (7.26)$$

Fig. 7.18 - Diagrama variației h_b în cazul a

t_{dev} – momentul deversării digului

t_{ced} – momentul cedării

t_{pred} – timpul de predicție

Similar se poate trasa diagrama variației în celelalte cazuri (b și c).

- Poate fi considerat din cazurile reale studiate un timp de anticipație t_{ant} , care le includ pe cel de predicție t_{pred} și pe cel de deversare t_{dev} și care reprezintă, deci perioada din momentul apariției viiturii până începe erodarea digului.

$$t_{ant} = t_{pred} + t_{dev} = f(H/I, i) \quad (7.26)$$

unde: H/I – altitudinea / panta cursului

i – intensitatea precipitației – ploi torențiale (scara Berg) (tabelul 7.4)

Tabelul 7.3

Nr. crt	Relieful	Altitudinea H (m)	Suprafața bazinului hidrografic $S_{b.h.}$ (kmp)	Timp de anticipație t_{ant} (ore)
1	zonă muntoasă, pantă mare	> 750	< 10	2 – 6
2	zonă de deal	< 750	> 10	6 – 24
3	zonă de șes	< 200	> 100	24 – 72

Tabelul 7.4 – Scara E.Berg

Durata (min)	5	15	30	45	60	120	240	360
Intensitatea (mm/min)	0.15	0.3	0.27	0.23	0.20	0.15	0.11	0.09

Lățimea inițială a breșei variază și ea în funcție de lungimea lamei deversante și durata deversării, $b = f(L_{dev}, t_{dev})$. Monitorizarea unor astfel de date fiind practic inexistentă pentru a fi generalizată. S-a considerat forma breșei invariabilă pe înălțime (formă dreptunghiulară), $b = f(Q_{max})$ corespunzător situațiilor reale.

$b = 5 - 50$ m

$Q = \max 900$ mc /s

$b = 51 - 100$ m

$Q = \max 1600$ mc /s

$b = 101 - 200$ m

$Q = \max 16.000$ mc /s

Au fost analizate 67 de cazuri (din aproximativ 100) de cedări de diguri din majoritatea bazinelor hidrografice din țară la care s-a dispus de un minim de date necesar.

Caracteristicile viiturilor accidentale produse din cedarea digurilor în perioada 2005 – 2007, în majoritatea bazinelor hidrografice din țară (anexa 7.2), comparate cu cele rezultate din calculele teoretice, aplicarea modelului de calcul (propriu) și programul I.A.D (în colaborare) rezultă că:

- eroarea de calcul (7.27) nu depășește 2.5% în zona volumelor deversate sub 20 mil. mc, ajungând sub 0.5% la volumele mari deversate (>50 – 350 mil. mc).

$$\pm \varepsilon = \frac{V_{\text{dev.real}} - V_{\text{dev.simulat}}}{V_{\text{dev.real}}} \cdot 100 (\%) \quad (7.27)$$

Curba înfășurătoare a erorilor (fig. 7.19) indică ca atare o foarte bună confirmare a rezultatelor calculelor teoretice (anticipare, în timpul și post viitură) cu cele reale (sursă Administrația Apelor).

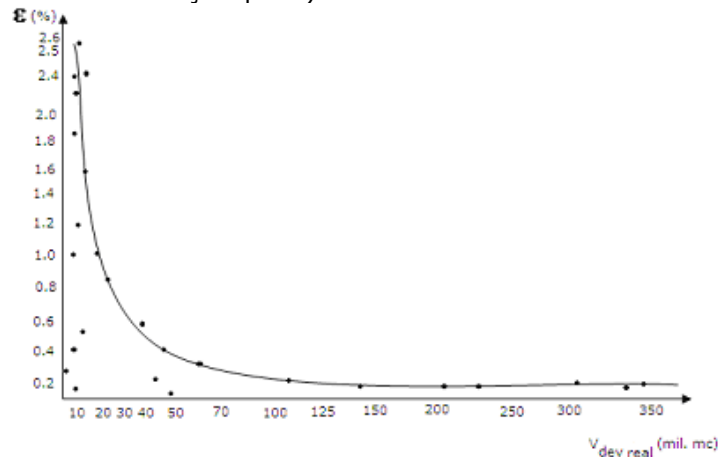


Fig. 7.19 – Curba înfășurătoare a erorilor

- coeficientul (gradul de deversare) indică în zona viiturilor sub 60 – 100 mil. mc, volume deversate sunt sub 30% din cele ale viiturii, iar la viituri mai mari volumele deversate nu depășesc 20% din cele ale viiturilor reale (fig. 7.20).

$$\alpha = \frac{V_{\text{dev}}}{V_{\text{viitura}}} \cdot 100 (\%) \quad (7.28)$$

Cu atât mai mult nu se pot stabili corelații general valabile ale viiturilor reale și deversate în suprafețele inundate.

Modelul de calcul permite însă, un calcul rapid a suprafeței inundate (fig. 7.21), dacă dispunem pentru fiecare caz în parte de corelațiile $V_{\text{văii}} = f(t)$, respectiv $S_{\text{inundată}} = f(H)$ și ca rezultat al rulării programului de calcul I.A.D (original) corelația $V_{\text{dev}} = f(t)$.

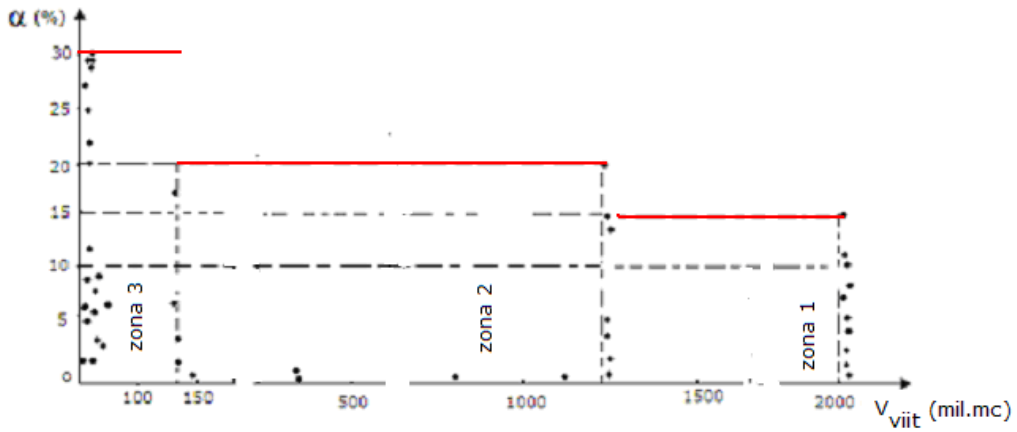


Fig. 7.20 – Gradul de deversare

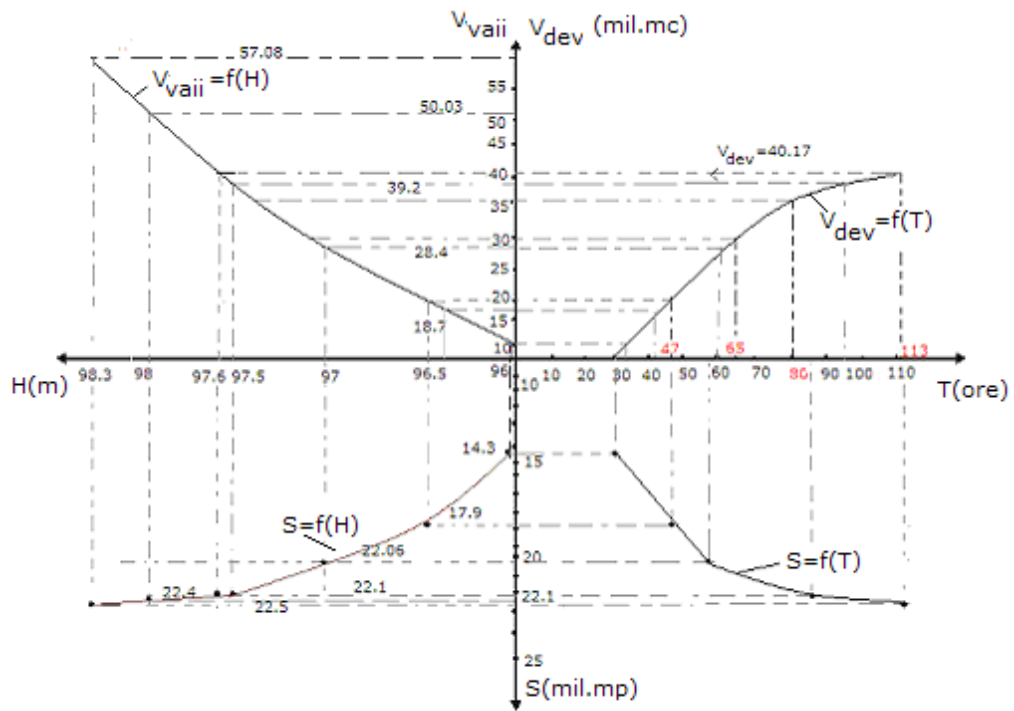


Fig.7.21 – Suprafața inundată din cedarea digului

$$V_{dev} = f(T) \rightarrow V(H) - H_{inundab\grave{a}} \rightarrow S(H) - S_{inund} \rightarrow S = f(T)$$

↓
↓

din programul IAD
din grafic

Studiu de caz I – râul Bega, Recaș

S-a luat ca și studiu de caz cedarea digului de pe râul Bega în zona localității Recaș, pentru care s-a dispus de curbele V(H) și S(H) și modelul numeric al terenului în 3D (harta cu curbele de nivel la 0.5 m) (fig. 7.22).



Fig. 7.22 – Harta cadastrala (sursa GAUS)

NIVEL	ELEVATIA LUCIULUI DE APA (m)	SUPRAFATA LUCIULUI DE APA (mp)	SUPRAFATA 3D A TERENULUI AFLAT SUB APA (mp)	VOLUM DE UMLERE CUMULAT (mc)
1	93.50	3170.48	3172.94	690.01
2	94.00	62181.16	62206.62	11756.11
3	94.50	910060.20	911185.98	272283.81
4	95.00	3582448.00	3584547.58	1343685.28
5	95.50	8442201.23	8445301.31	4428148.44
6	96.00	14275230.66	14280246.83	10395749.63
7	96.50	17908579.17	17914896.74	18717756.13
8	97.00	20489266.99	20497064.83	28428179.94
9	97.50	22053603.28	22062347.29	39185202.77
10	98.00	22427922.35	22436839.46	50337566.39
11	98.30	22494460.93	22503379.84	57083354.08

Fig. 7.23 – Tabel cu situația volumelor de umplere în caz de inundație (sursă GAUSS)

Rezultatele confirmă și în acest caz considerațiile teoretice și modelul de calcul. Evident, că trebuie menționat faptul că pentru a certifica rezultatele teoretice este necesar ca pentru fiecare spațiu analizat să se dispună de o asemenea reprezentare (harta cadastrală) pentru planul de apărare (anexa 3 - poziția 13).

Având marcată pe hartă zona potențial inundabilă (din inundații accidentale) poate fi identificată și legătura cu pagubele produse. În teză s-a făcut și o astfel de identificare (aproximativ), sintetizând datele cunoscute pe Dunăre și cursurile principale de apă (anexa 2).

Studiu de caz II – râul Timiș, Crai Nou / Grăniceri, 2005

Modelul teoretic și programul de calcul permit și analiza unei viituri accidentale din cedarea unui dig în cazul unor viituri naturale succesive.

Pentru aceasta s-a luat un al doilea studiu de caz și anume viitura de pe râul Timiș de la Crai Nou și Grăniceri din 2005, la care se cunoaște în detaliu datele reale.

Peste unda inițială ($Q_{\max} = 1083$ mc/s și $H_{\text{dig}} = 4.9$ m) s-au suprapus la un anumit interval de timp încă două unde ($Q_{\max} = 1020$ mc/s și $H_{\text{dig}} = 2$ m și $Q_{\max} = 980$ mc/s și $H_{\text{dig}} = 0.9$ m) în primul scenariu (fig. 7.24), respectiv o singură undă ($Q_{\max} = 920$ mc/s și $H_{\text{dig}} = 2.9$ m) în cel de-al doilea scenariu (fig. 7.25).

- Scenariu 1 (trei unde succesive)

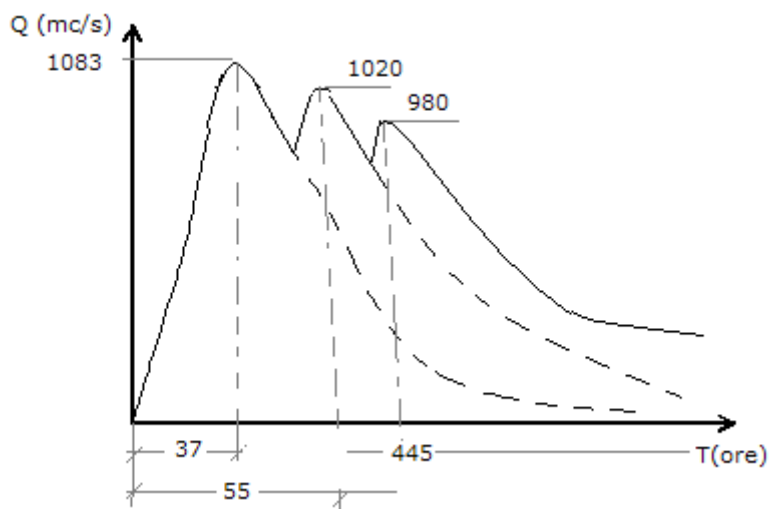


Fig. 7.24 – Cedarea digului la trei viituri succesive

Etapa 1: $V_{\text{dev}} = 66.096.283\text{mc} \rightarrow H_d = 4.9\text{m}$

Etapa 2: $V_{\text{dev}} = 109.805.397\text{mc} \rightarrow H_d = 2\text{m}$

Etapa 3: $V_{\text{dev}} = 74.791.270\text{mc} \rightarrow H_d = 0.9\text{m}$

Total: $V_{\text{dev}} = 250.692.950\text{mc} \rightarrow$ confirmat de situația reală

- *Scenariu 2 (două unde succesive)*

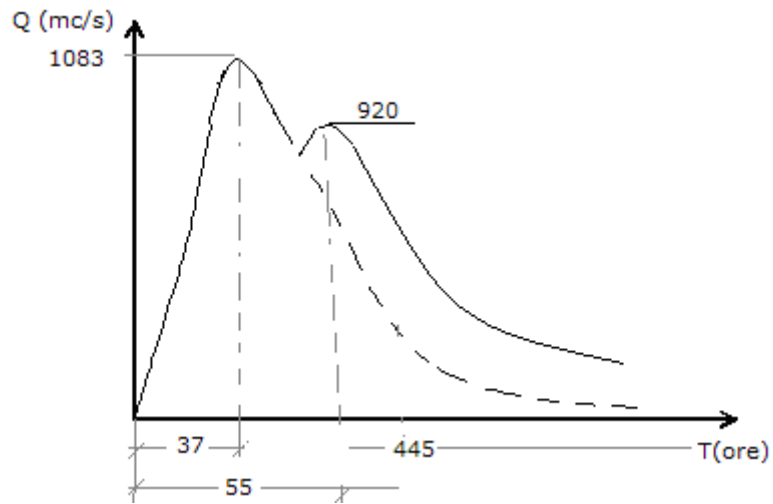


Fig. 7.25 - Cedarea digului la două viituri succesive

Etapa 1: $V_{dev} = 141.634.849,48 \text{ mc} \rightarrow H_d = 4.9 \text{ m}$

Etapa 2: $V_{dev} = 109.271.023,14 \text{ mc} \rightarrow H_d = 2.9 \text{ m}$

Total: $V_{dev} = 250.905.872,62 \text{ mc} \rightarrow$ confirmat de situația reală

Rezultatele studiului, aplicând programul I.A.D în cazul ambelor scenarii indică un volum deversat, respectiv o suprafață inundată ($h_{med} = 1 \text{ m}$) de aproximativ 250 mil. mc. similară celei stabilite în cazul inundației reale. (anexa 3 - poziția 12).

Studiu de caz III - râul Timiș, Grăniceri - 2005 - Breșe controlate amonte

- **Partea teoretică:**

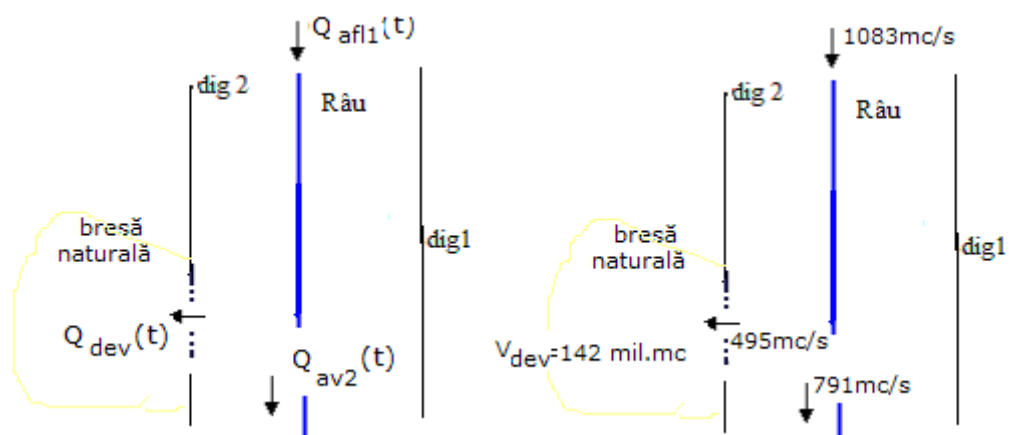


Fig. 7.26 - Cedare dig mal drept

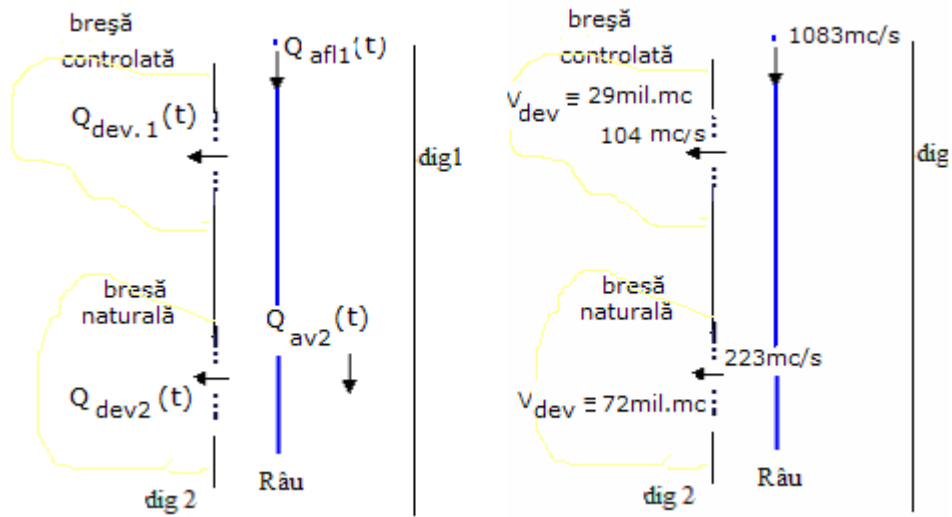
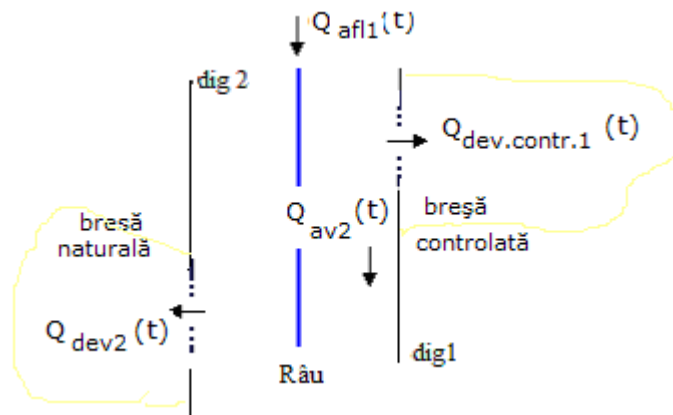


Fig. 7.27 – Breșă controlată amonte pe aceeași parte a digului cu breșă naturală



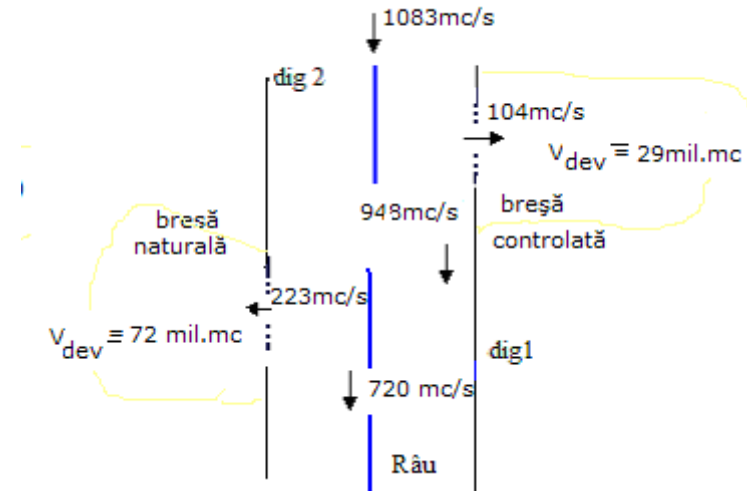


Fig. 7.28 – Breșă controlată amonte pe partea opusă a digului cu breșă naturală

• Partea aplicativă – rularea programului I.A.D:

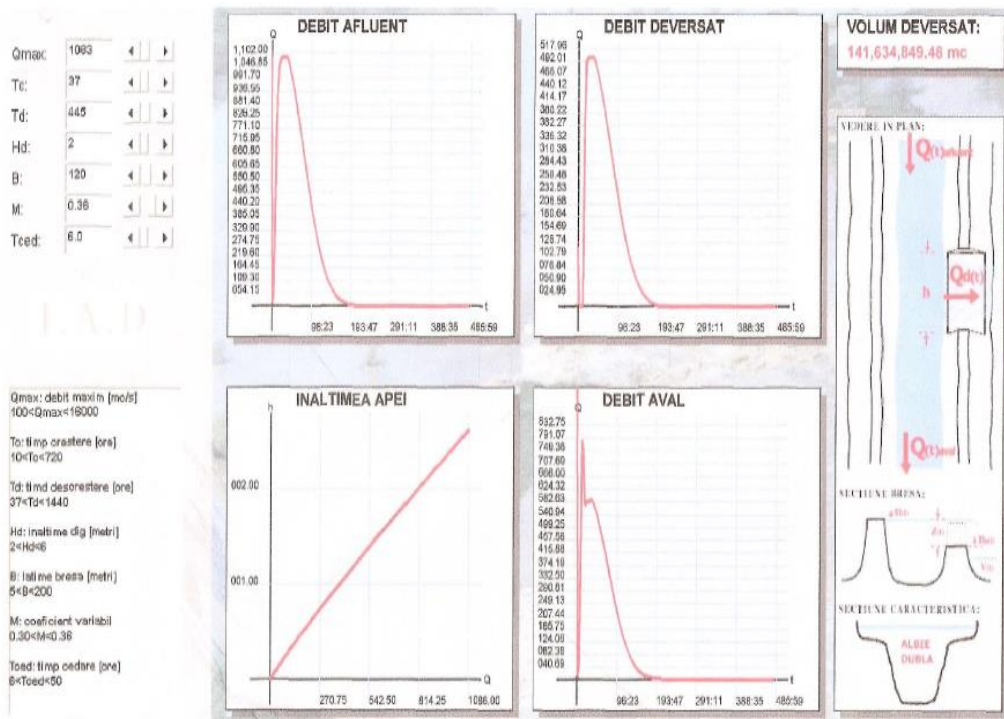
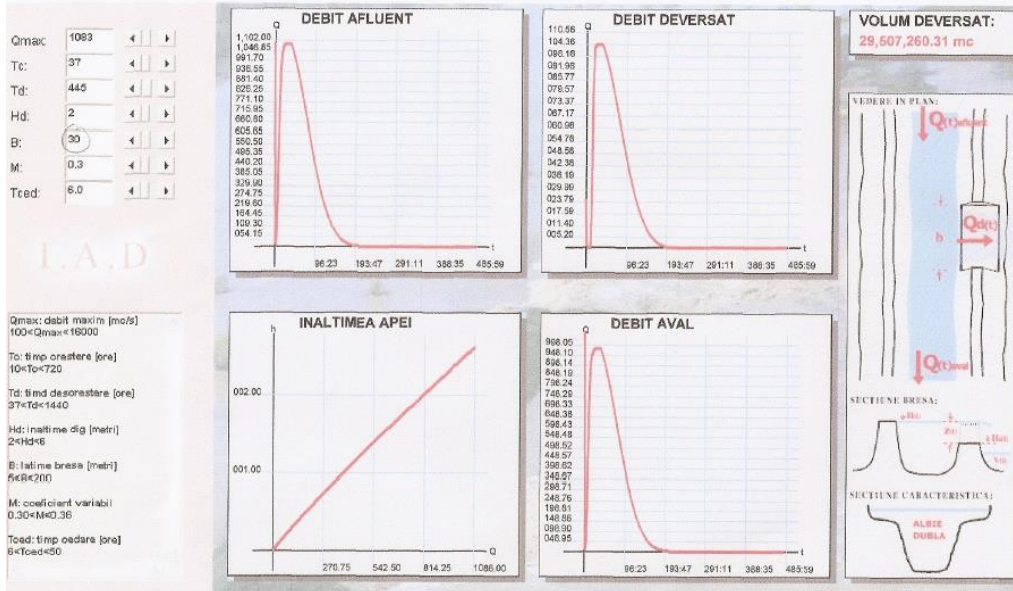
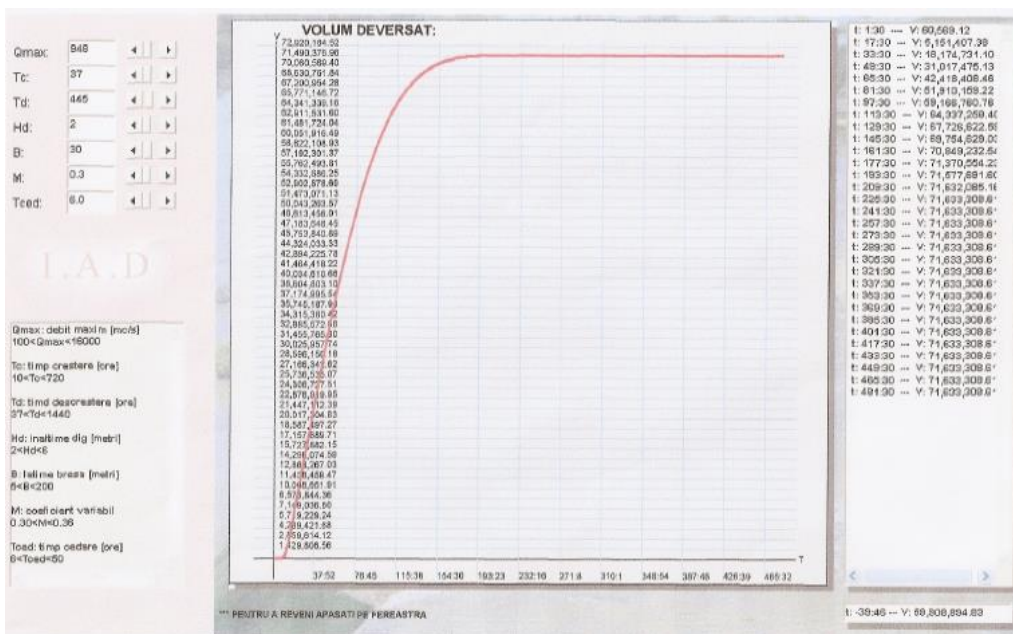


Fig. 7.29 - Cedare dig mal drept

120 Contribuții la studiul inundațiilor produse de avarierea lucrărilor de apărare

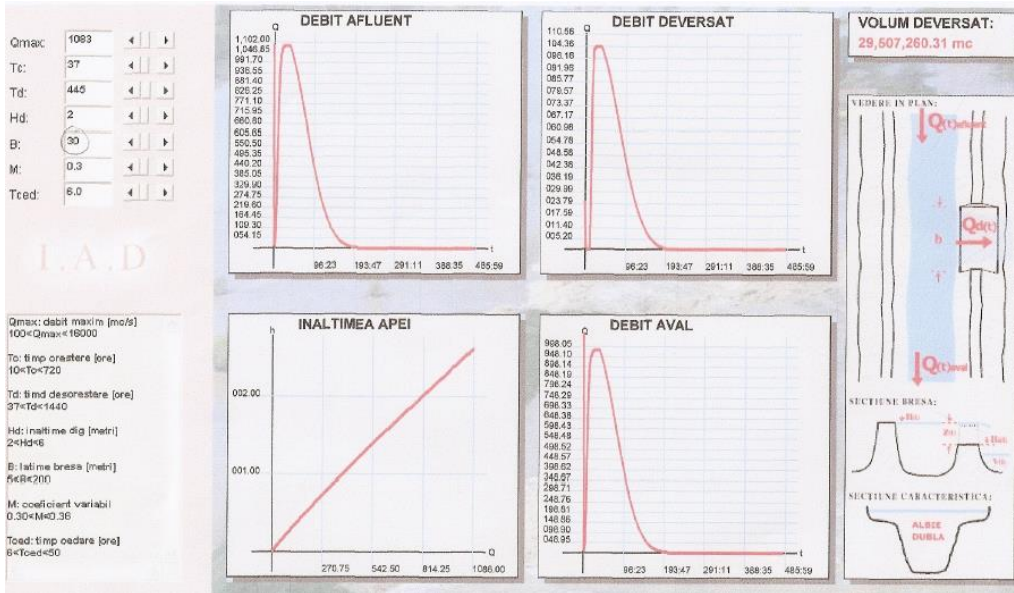


a. - Breșa din amonte

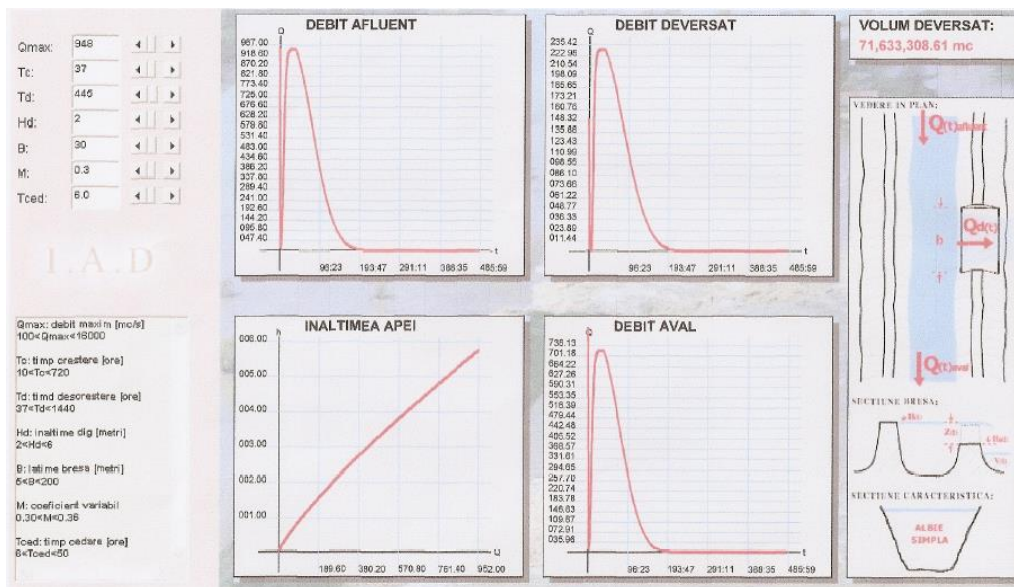


b. - Breșa din aval

Fig. 7.30 – Breșă controlată amonte pe aceeași parte a digului cu breșa naturală



a. - Breșa din amonte



b. - Breșa din aval

Fig. 7.31 – Breșă controlată amonte pe partea opusă a digului cu breșa naturală

122 Contribuții la studiul inundațiilor produse de avarierea lucrărilor de apărare

S-a studiat efectul simulării unei breșe controlate în amonte de cea naturală în cazul râului Timiș, la Grăniceri, aprilie 2005 (fig. 7.26 – 7.31).

Se constată că breșa controlată amonte reduce cu aproximativ 50 % volumul deversat în aval, în consecință și suprafața inundată se micșorează corespunzător.

În funcție de evaluarea rapidă a impactului se poate interveni și prin lărgirea breșei controlate de la 30 m la 60 m (fig. 7.32), debitul deversat în amonte crescând de la aproximativ 29 mil. mc. la 59 mil. mc. în favoarea zonei breșei din aval.

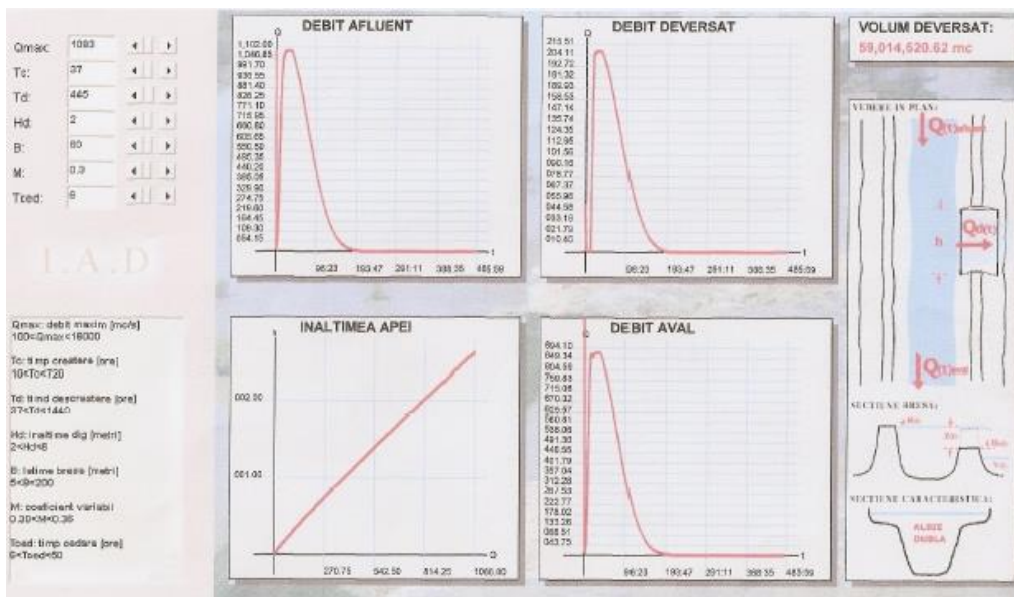


Fig. 7.32 – Mărirea breșei controlate din amonte

Studiu de caz IV – Siret, 2008 – Creșterea debitului peste cel de calcul

• **Partea teoretică:**

- soluții rapide → supraînălțare - ΔH pe sectorul cu risc mare



$H = 4.5 \text{ m} \rightarrow V_d = 18.49 \text{ mil. mc}$ (fig. 7.34)

$H_1 = 5.0 \text{ m} \rightarrow V_{d1} = 18.30 \text{ mil. mc}$ (fig. 7.35)

Fig. 7.33 – Secțiune transversala

Diferența $V_d - V_{d1} = 0.19 \text{ mil. mc.} \rightarrow 1\% V_d$ - valoare ne semnificativă

• **Partea aplicativă – rularea programului I.A.D:**

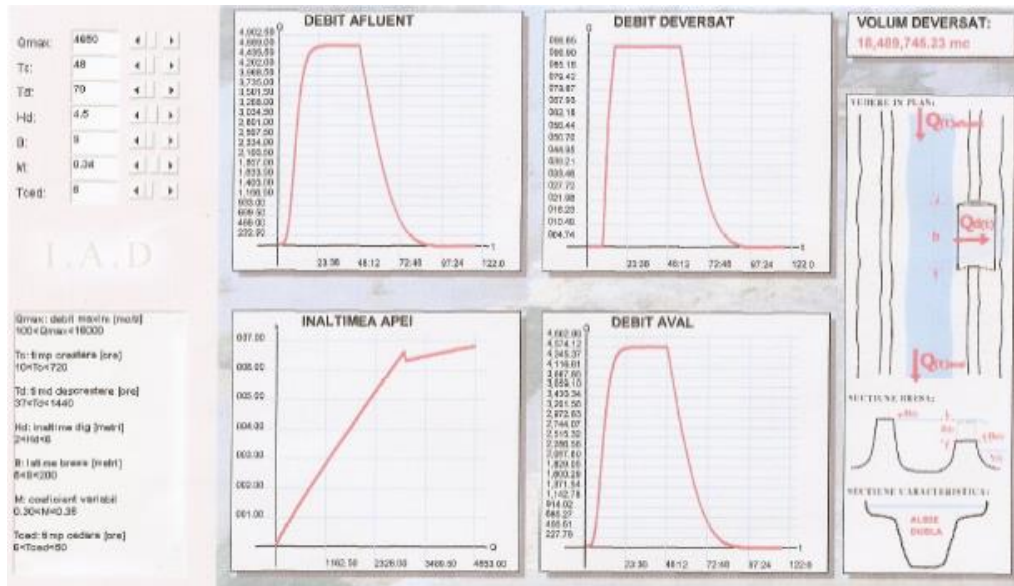


Fig. 7.34 – Deversare - dig de 4.5 m

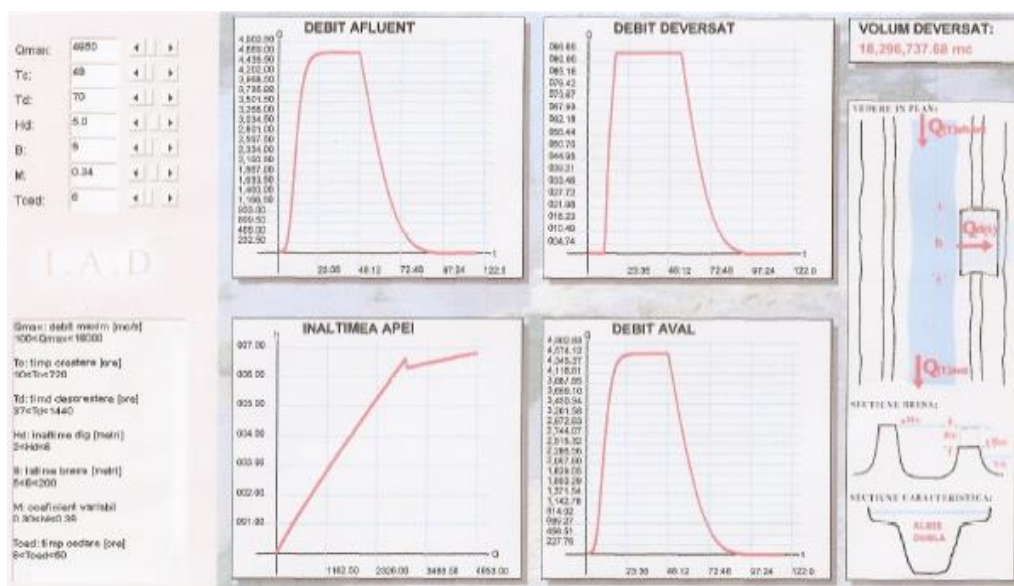


Fig. 7.35 – Deversare - dig de 5 m

Acest studiu are în vedere creșterea debitului peste cel de calcul, Siret 2008. Se adoptă anumite soluții rapide (supraînălțarea pe un sector cu risc mare de inundare cu saci de nisip, $\Delta H = 0.5\text{m}$). Volumul deversat scade cu 0.19 mil. mc. de la 18.49 mil. mc., ceea ce înseamnă cu 1 % aproape nesemnificativ.

Studiu de caz V – Siret, 2005 - Micșorarea perioadei de eroziune

• **Partea teoretică:**

- soluții rapide → folie pe dig ⇒ creșterea timpului de predicție ($t_{pred} = 4 - 10$ ore)
 scăderea coeficientului de rugozitate - n
 creșterea coeficientului de debit - m ($\uparrow 0.01 - 0.02$)

Dacă: $T_{ced} = 10$ ore

$$\downarrow$$

$$V_d = 17.7 \text{ mil. mc.}$$

$T_{ced} = 18$ ore

$$\downarrow$$

$$V_{d1} = 16.83 \text{ mil. mc.}$$

- T_{ced} crește cu 8 ore ⇒ V_{dev} scade cu ≈ 0.9 mil. mc. (figurile 7.36 și 7.37)

Dacă: $m = 0.3$

$$\downarrow$$

$$V_d = 17.7 \text{ mil. mc}$$

$m = 0.31$

$$\downarrow$$

$$V_d = 18.28 \text{ mil. mc}$$

$m = 0.32$

$$\downarrow$$

$$V_d = 18.8 \text{ mil. mc}$$

- $m \uparrow (0.3 - 0.32) \Rightarrow V_{dev} \uparrow (1.1 \text{ mil. mc.})$ (figurile 7.36, 7.38 și 7.39).

• **Partea aplicativă – rularea programului I.A.D:**

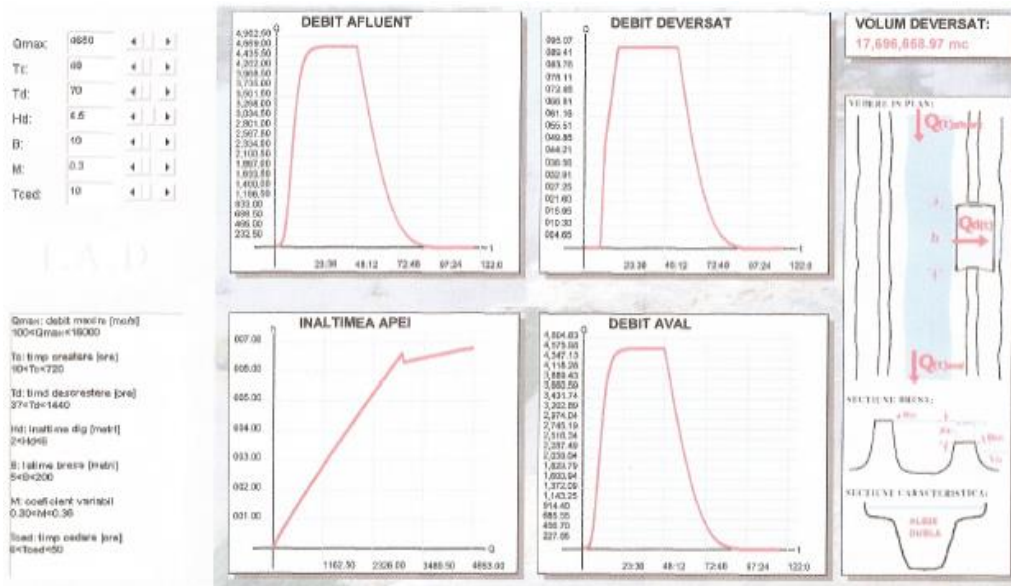


Fig.7.36 – Timpul de cedare de 10 ore

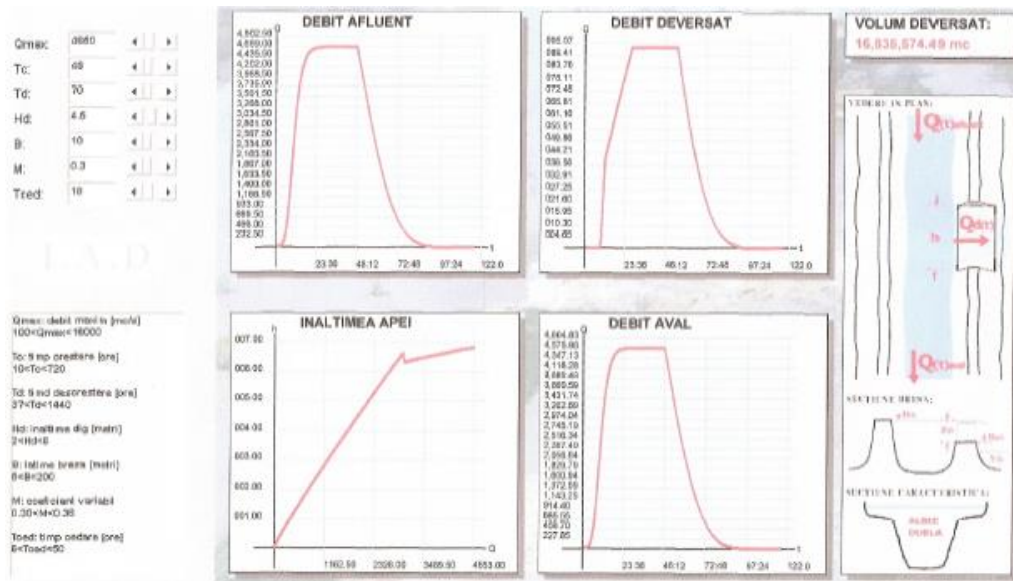


Fig.7.37 - Timpul de cedare de 18 ore

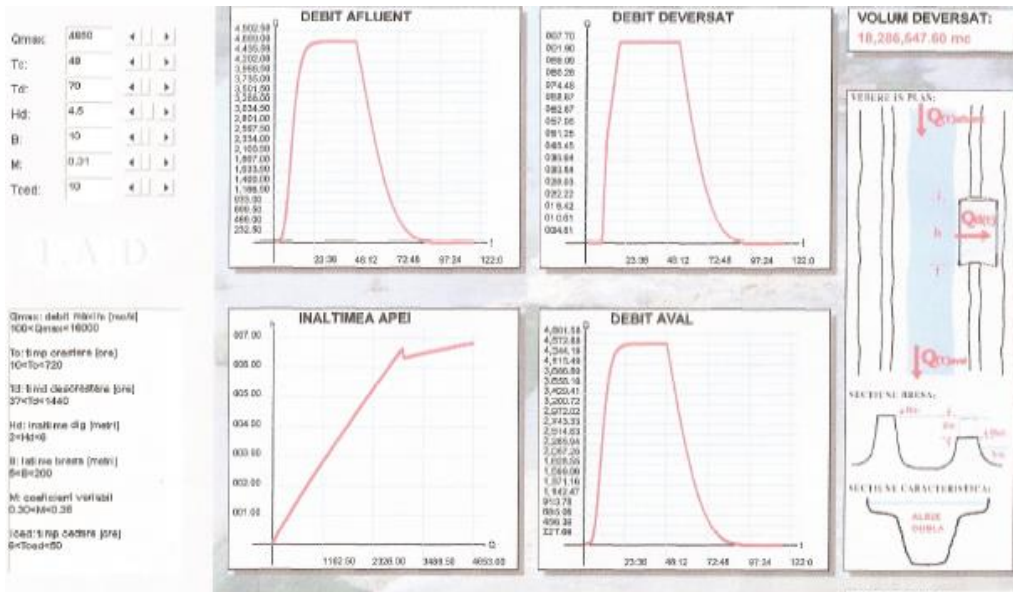


Fig.7.38 - Coeficientul de debit de 0.31

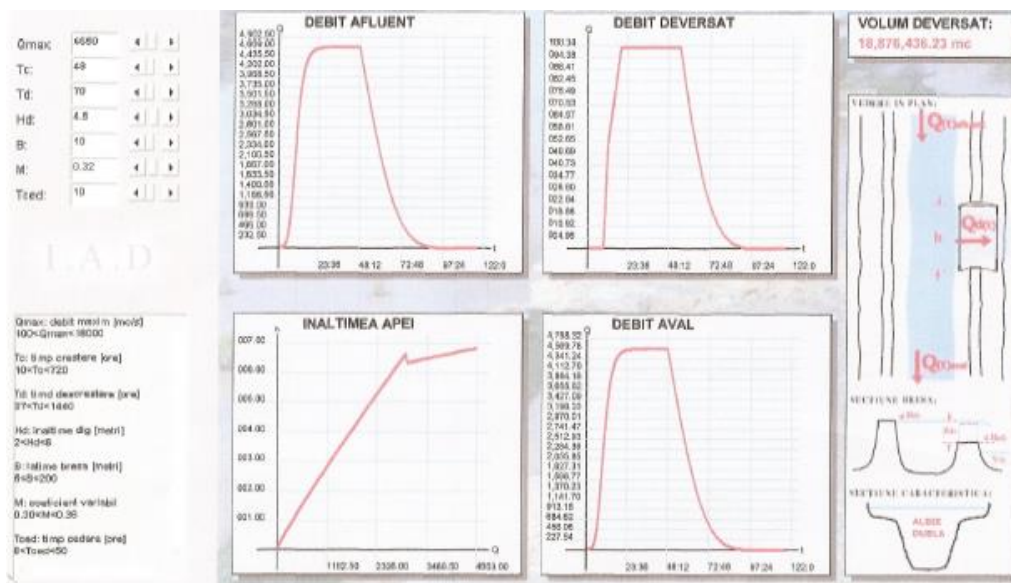


Fig.7.39 – Coeficientul de debit de 0.32

Se poate interveni rapid prin micșorarea perioadei de eroziune, măbind timpul de predicție (t_{pred}) cu 4 – 10 ore sau micșorând coeficientul de rugozitate (folii pe taluz), respectiv crescând coeficientul de debit (m) cu 0.01 – 0.02.

La o mărire a timpului de cedare (T_{ced}) de la 10 – 18 Ore volumul deversat scade cu aproape 1 mil. mc și în mod corespunzător și suprafața inundată. În același timp la o creștere a coeficientului de debit de la 0.3 la 0.31 volumul deversat crește cu 0.5 mil. mc., respectiv prin $m = 0.32$ creșterea este de 1.1 mil. mc putând fi semnificativă (anexa 1 – poziția 24).

Observație!

Ultimele dezastre hidrologice din Moldova și Maramureș (iulie – august 2008), coincidență sau nu cu finalizarea tezei scot în evidență din nou actualitatea temei și mai ales deschiderea pentru implementarea profesionistă a tuturor rezultatelor de la apariția Directivelor UE privind apa, obținute din studiile acestor evenimente.

Dacă politica „pașilor mărunți” nu coincide cu frecvența producerii evenimentelor hidrologice catastrofale din ultimii ani este evident că nici refacerea structurii existente investind oricât, dar menționând principiul „apărării împotriva inundațiilor” nu se suprapune peste conceptul actual pe care vrem să-l promovăm de a „conviețui cu viiturile”.

Pot fi luate în considerare raporturile *ritm de investire / frecvența viiturilor – risc de inundare* (≥ 1) și crearea unor structuri pe baza conceptelor noi (să conviețuim cu viiturile) și refacerea structurilor existente (apărarea împotriva inundațiilor) (> 1).

Statisticele ANAR, ca urmare a inundațiilor recente (aprilie – mai, 2008) sunt aproape halucinante. În România cele mai multe case ridicate în zone inundabile sunt în Moldova, unde se află și cele mai multe construcții ilegale [2008, Ziua], unele fiind atât de vechi încât au existat înaintea reglementărilor în domeniu. Sunt 3639 de case și gospodării de-a lungul Siretului (fără afluenți) și 9013 case și anexe gospodărești de-a lungul Prutului (fără afluenți) situate în aval de acumularea Stânca Costești.

Toate acțiunile întreprinse în timpul inundațiilor sunt costisitoare. Totuși cele mai mari cheltuieli sunt cele ale lucrărilor de infrastructură . În aceste condiții se impune o analiză: dacă este mai rentabil să muți un sat sau să reconstruiești digurile de apărare!?

Utilitatea modelului și programului de calcul poate fi evidențiată și prin acceptarea ofertei de către Ministerul Mediului și Dezvoltării Durabile, Departamentul de Ape și Administrația Națională "Apele Române" de folosire a acestora în sistemul de gospodărire a apelor din România.

Capitolul VIII

CONCLUZII ȘI CONTRIBUȚII PERSONALE. DIRECȚII VIITOARE DE CERCETARE

Datorită schimbărilor climatice, defrișărilor masive, dezechilibre ecologice, etc. viiturile și efectelor lor catastrofale au luat amploare.

Trebuie menționat că există o disproporție însemnată între cantitatea și calitatea volumului de informații, privind inundațiile naturale și cele accidentale în favoarea primelor cu deosebi cele din cedarea lucrărilor din sistemele longitudinale.

În ultimii ani din cauze diferite, viiturile și respectiv inundațiile naturale/ accidentale produse mai ales prin cedarea structurilor sistemelor liniare au avut o frecvență deosebit de mare. A fost elaborată în aceeași perioadă și o legislație specifică, importantă și corelată cu cea pe plan european care modifică conceptele de prevenire și combatere a inundațiilor și care se impun în continuare a fi implementate.

Este evidentă, deci oportunitatea și necesitatea unui studiu al inundațiilor produse din avarierea lucrărilor de apărare, în deosebi cele dispuse în sisteme liniare, dacă se are în vedere numărul important de diguri care au cedat în această perioadă și bazați pe cercetările anterioare în cadrul a două granturi CNCSIS (2005 - 2007 „*Studiul inundațiilor incluse managementului integrat al spațiului hidrografic Banat*” și 2007 - 2008 „*Cercetări privind identificarea, înțelegerea, simularea și calculul mecanismelor inundațiilor din cedarea sistemelor liniare de apărare*”).

Obiectivul principal al tezei este acela de identificare, înțelegere, simulare, modelare și management a inundațiilor accidentale determinate de cedarea sistemelor liniare de apărare.

În acest scop, obiectivul tezei este acela de a stabili caracteristicile viiturilor produse din avarierea / ruperea sistemelor liniare de apărare împotriva inundațiilor, de a evalua impactul acestora și respectiv de a gestiona situațiile de criză corespunzătoare.

Obiectivului principal îi sunt subordonate obiectivele:

- definirea / completarea unor concepte din domeniu și chiar introducerea de termeni noi (predicție, sistem liniar de apărare, etc.)
- analiza riscului producerii inundațiilor din cedarea structurilor sistemelor liniare hidrotehnice (inclusiv a zonelor /hărților de risc „provocat”)
- elaborarea modelelor de calcul al inundațiilor accidentale pentru astfel de sisteme (scenarii de avariere / cedare, tipuri de breșe, hidrografe corespunzătoare de viitură în diverse secțiuni ale cursurilor de apă cu risc mare sau provocate la cedare)
- integrate unor situații accidentale în sistemul informațional (prognoza/ predicția, avertizarea / alarmarea)
- evaluarea impactului în mediu a acestor viituri și în mod corespunzător analiza cost - eficiență
- gestionarea situațiilor specifice de criză (simularea cedării digului prin programul IAD cu posibilitatea luării celor mai eficiente decizii - breșe provocate).

Dintre contribuțiile personale aduse în această lucrare privind sistemele liniare de apărare împotriva inundațiilor subliniez următoarele:

- definirea/completarea și dezvoltarea unor concepte noi (sisteme liniare de apărare, dezastre, risc / siguranță) precum și implementarea acestora
- analiza riscului producerii inundațiilor din cedarea structurilor sistemelor liniare hidrotehnice (inclusiv a zonelor /hărților de risc „provocat”)
- stabilirea zonelor / hărților de risc în diversele situații posibile
- modelul propus pentru evaluarea riscului inundațiilor accidentale în sistemul liniar de apărare
- introducerea în metodologia întocmirii hărților de hazard și de risc a problemelor ce caracterizează inundațiile accidentale cu două aplicații pe râul Timiș
- determinarea și simularea viiturilor (formularea modelelor de calcul) bazate pe dezvoltarea scenariilor și ipotezelor de avariere / rupere potențială, tipuri de breșe, hidrografele corespunzătoare de viitură în diverse secțiuni ale cursurilor de apă
- integrarea unor situații accidentale în sistemul informațional (prognoza/ predicția, avertizarea / alarmarea)
- introducerea conceptului de predicție în sistem informațional decizional
- elaborarea unor modele de evaluarea a impactului (matricea globală de evaluare)
- elaborarea modelului propriu de recuperare a costurilor, „procedeu expeditiv”
- prelucrarea bazei de date (anexa 4) rezultate din analiza și sinteza cedărilor de diguri din toate bazinele hidrografice din țară în perioada 2005 - 2007
- elaborarea diagramelor / relațiilor de sinteză, privind determinarea caracteristicilor inundațiilor riscului viiturii accidentale de calcul, evaluarea impactului
- completarea managementului (înainte / în timpul / și după viitură) inundațiilor în situațiile de cedare a sistemelor liniare de apărare
- modelul și programul de calcul în limbaj Java pentru simularea cedării digurilor și impactul în mediu a inundațiilor accidentale în sistemele liniare de apărare
- perspectiva posibilităților de dezvoltare a modelului și programului de calcul IAD și a implementării și utilizării acestora în sistemele de gospodărirea apelor din țară

BIBLIOGRAFIE

(în ordine alfabetică)

- Baciu O., Anghel E. și alții 2006, „Elaborarea prognozelor pe Dunăre în perioada viiturii din intervalul aprilie – mai 2006”, Revista Hidrotehnică, vol.51 ”
- Bădăluță Minda C 2007, “Impact evaluation of the Accidental Floods over the Environmental”, International conference “Disaster and pollution monitoring” Iasi , Romania, pg.9-14,ISBN 978-973-730-406-3
- Bădăluță Minda C 2007, “Prognoza și predicția viiturilor generate de cedarea lucrărilor de apărare”, Workshop-ul Managementul integrat al apei , editia3, Universitatea Politehnică din Timișoara, Facultatea de Hidrotehnică, ISSN 978-973-638-326-7
- Bădăluță Minda C 2008, “Computation model for the impact assessment of the accidental floods”, XXIVth Conference of the Danubian countries on the hydrological forecasting and hydrological bases of water management, Bled, Slovenia
- Bădăluță Minda C 2008, “Modelling and calculation of floods produced by failure of linear structures for defence against flooding”, Third International Conference Balwois, Ohrid – Macedonia
- Bădăluță Minda C, Crețu Gh. 2006, “Alternative solution at management flood in April – May 2005 on Bârzava stream”, International Symposium, PFHD, Timișoara
- Bădăluță Minda C, Crețu Gh., 2008, “The safety level and the risk management in the longitudinal defence river works”, XXIVth Conference of the Namibian countries on the hydrological forecasting and hydrological bases of water management, Bled, Slovenia
- Bădăluță Minda C, Crețu și alții “ Preocupări actuale pentru diminuarea efectelor dezastrelor naturale”, revista AGIR, aprilie-iunie 2007, pg.150-162, ISSN 1224-7928
- Bădăluță Minda C., Crețu Gh. 2007, “Flood risk assessment associated to a linear defence system”, Water Management and Engineering, Šibenik, Croatia,
- Bădăluță Minda C., Mocanu F., Crețu Gh. 2007, “Eco hydrological forecast in assessing in assessing the environmental vulnerability”, XXIV IUGG General Assembly, Perugia, Italia

- Bădăluță Minda C.,
Vălcăneanțu R. 2008, „Modelarea și programul „I.A.D” pentru simularea și calculul inundațiilor accidentale din cedarea unui dig”, Workshop-ul Managementul integrat al apei , Universitatea Politehnică din Timișoara, Facultatea de Hidrotehnică
- Betâmio de Almeida A. 2008, „Valley, dam safety and flood risk”, Curs postuniversitar „Managementul integrat al apei”, Facultatea de Hidrotehnică
- Betâmio de Almeida A. 2008, „Dam risk management at downstream valleys an integrated project and case study”, Curs postuniversitar „Managementul integrat al apei”, Facultatea de Hidrotehnică
- Boeriu P, Petry B
Carrega P. „Water harvesting systems”, LN0160/05/01
2007, „Hazard, risk and spatial components”, Curs postuniversitar „Managementul integrat al apei”, Facultatea de Hidrotehnică
- Chiriac V., Filotti A., Manoliu I. 1980, „Prevenirea și combaterea inundațiilor”, Ed. CERES, București
- Cojocar M. 2005, Hidroconstrucția
- Crețu Gh., Bădăluță Minda C. 2007, „Model for floods simulation and floods occurred due to the breaching of the longitudinal defense hydro technical works”, International conference „Disaster and pollution monitoring, Iasi, Romania, ISBN 978-973-730-406-3
- Crețu Gh. 1976, „Economia apelor”, Editura didactică și pedagogică, București
- Crețu Gh. 1978, „Hidrologie”, Institutul Politehnic, „Traian Vuia”, Timișoara
- Crețu Gh. 1980, „Optimizarea sistemelor de gospodărirea apelor”, Ed. Facla, Timișoara
- Crețu Gh., Mocanu F.,
Bădăluță Minda C. 2006, „The impact of floods on the ecosystems of Bega – Timiș catchment area”, XXIII Conference of the Danube Countries, Beograd, ISBN 86-80851-06-X
- Crețu Gh., Mocanu F.,
Bădăluță Minda C. 2006 „The study of floods included to the integrated management of Banat catchment area”, PFHD, Timisoara, I.S.B.N. (10)973-638-263-X; (13) 978-973-638-263-5
- Crețu Gh., Preluscek E. 1980, „Economia apelor – probleme ”, Institutul Politehnic „Traian Vuia”, Timișoara
- Diaconu C., Șerban P. 1994, „Sinteze și regionalizări hidrologice”, Editura Tehnică, București
- Drobot R. 1997, „Bazele statistice ale hidrologiei”, Ed. Didactică și Pedagogică, București
- Drobot R.,Șerban P. 1999, „Aplicații de hidrologie și gospodărirea apelor”, Ed. H*G*A, București
- Gabor O, Șerban P. 2004, „Conviețuind cu viiturile”, Hidrotehnica, vol.49

- Gălie A. 2006, "Impactul schimbărilor climatice asupra resurselor de apă și a sistemelor de gospodărirea apelor", Ed. Tipored, București
- Giurma I. 2000, "Sisteme de gospodărirea apelor", Ed. Cermi, Iași
- Giurma I. 1997, "Colmatarea lacurilor de acumulare", Ed. H*G*A, București
- Kiselev P.G., S. Hâncu 1988, "Îndreptar pentru calcule hidraulice", Ed. Tehnică, București
- Mateescu C. 1961, "Hidraulică", Ed. Didactică și Pedagogică, București
- Messner F., Meyer V. "Flood damage, vulnerability and risk perception – challenges for flood damage research"
- Meylan P., Musy A. 1999, "Hydrologie fréquentielle", Ed. H*G*A, București
- Mirel I. 2007, "Protecția resurselor de apă", Curs postuniversitar "Managementul integrat al apei", Facultatea de Hidrotehnică
- Mocanu C., Bădăluță Minda C., Crețu Gh. 2007, "Eco hydrological modeling in the management of water resources", XXIV IUGG General Assembly, Perugia, Italia
- Mosquera S., Sajjad Ahmad 2006, "Flood hazard assessment of Atrato River in Colombia", Water Resources Management (2007)
- Mustățea Atănase 2005, "Viituri excepționale pe teritoriul României", București
- Musy A. 1998, "Hydrology appliquee", Ed. H*G*A, Bucarest
- Musy A., Higy C. 2004, "Hydrology", Presses Polytechnique et Universitaires Romandes
- Oprișan E. 2006, "Gestionarea situațiilor de criză. Vulnerabilitatea la inundații", teză de doctorat, Universitatea Tehnică de Construcții, București
- Pasche E. 2008, "Risk assessment", Curs postuniversitar "Managementul integrat al apei", Facultatea de Hidrotehnică
- Petry B, Boeriu P. "Environment impact assessment", LN0123a/96/1
- Prișcu R. 1974, "Construcții hidrotehnice", Editura didactică și pedagogică, București
- Roșu C, Crețu Gh. 2003, "E-hidrologie"; HYDRAM, Lausanne
- Roșu C. 1999, "Gospodărirea apelor", Ed. Orizonturi Universitare, Timișoara
- Roșu C., Crețu Gh. 1998, "Inundații accidentale", Editura H*G*A, București
- Sayers P., Roșu C. și alții 2002, "Risk assessment for strategic planning (RASP) – a national scale application and a look forward to more detailed methods, UK
- Schenkel R. 2008, "Climate change impact on the water cycle, resources and quality. Research – Polity interface",

- 2007, RAPORT, privind efectele inundațiilor și fenomenelor meteorologice periculoase produse în anul 2006, măsuri întreprinse, măsuri de refacere a obiectivelor afectate și pentru diminuarea sau evitarea pagubelor, Ministerul Mediului și Gospodării Apelor
- Directiva Cadru 2000/60/CE
- Directiva 2007/60/CE a Parlamentului European și a Consiliului din 23 octombrie 2007 privind evaluarea și gestionarea riscurilor de inundații
- 2008.VIII. 16-17, Ziuă, 4312
- 2008, Raport final „Development of a strategy for improved protection against flooding and flood risk reduction along the Timis river, “HKV Consultants

RESURSE INTERNET

<http://www.casaromanilor.ch/evenimente/2005/inundatii/oameni%20in%20ape.jpg>
http://ec.europa.eu/research/environment/newsanddoc/article_3249_en.htm
<http://ro.wikipedia.org/wiki/Clim%C483>
http://www.cr.nps.gov/history/Online_books/geology/publications/pp/1547/sec3.htm
<http://www.csc.noaa.gov/rvat/hazardEdd.html>
<http://www.directiaapelorbanat.ro>
http://www.directiaapelormures.ro/plan_de_aparare.html
<http://www.environment-agency.gov.uk>
<http://www.environnement.ccip.fr/eau/inondations/inondation-typologie.htm>
<http://www.floodsite.net>
<http://www.hidro.ro>
<http://www.hzdram.epfl.ch/VICAIRE>
http://www.icpa.ro/Coduri/PA1A_files/image002.jpg
<http://www.icpdr.org>
<http://www.inmh.ro>
<http://www.mmediu.ro>
http://www.onestionline.ro/foto/poze/trotus_atentie01.jpg
<http://www.panoramio.com/photo/9763954>
http://www.prim.net/citoyen/definition_risque_majeur
<http://www.rowater.ro>
http://www.siguranta.ro/full/glosare_105_2.html

Bazin hidrografic	Nr. crt	Data	Râu / Secțiune	H _d / V _d (m/mc/ml)	Q _{max} / V _{viitura} (mc/s / mil. mc)	V _{dev} (mil. mc)		Eroare (%)	t _{crestere} (ore)	t _{descrescere} (ore)	α (%)
						real	simulat				
1	2	3	4	5	6	11	12	13	14	15	16
BANAT	1	04.05	Bârzava / Berechet	5.3/64.7	135/54.7	3.56	3.56	0	19	65	6.5
	2	04.05	Bârzava / Berzovia	2.3/20.93	165/16.7	0.24	0.245	2	19	65	1.4
	3	04.05	Bârzava / Ramna	3.5/42.6	162/16.7	0.58	0.58	0	19	65	3.5
	4	04.05	Bârzava / Polder Ghertenis	2.2/15.9	150/46	2.64	2.64	0	19	301	5.7
	5	04.05	Bârzava / Măureni	3.5/46.2	170/36	0.54	0.54	0	19	251	1.5
	6	04.05	Bârzava / Bocşa	4.1/40.2	152/16.7	4.6	4.68	1.8	19	77	27.5
	7	04.05	Bârzava / Mănăstire	4.1/58	135/54.7	4.34	4.35	0.3	18	343	7.9
	8	04.05	Bârzava / Gătaia	3/30.9	135/54.7	10.66	10.74	0.75	18	369	19.5
	9	04.05	Bârzava / Sângeorge	2.6/22.6	135/54.7	6.32	6.25	1.1	18	369	11.6
	10	04.05	Timiş / Aval Lugoş	2/11.7	1135/293.4	0.75	0.756	0.8	14	22	0.25
	11	04.05	Timiş / Crai Nou	4.9/54	1083/637	6.67	6.61	0.9	37	445	0.6
	12	04.05	Timiş / Grăniceri	4.3/48.3	1083/637	-	141.64	-	37	445	13
	13	04.05	Timiş / km 3+200	3.4/42.5	1084/206.3	35	35.1	0.28	55	175	17
	14	04.05	Timiş / Km 3+500	4.3/72.8	1084/206.3	40	40.17	0.42	55	175	19

	15	04.05	Spaia / Găvojdia	3.7/121.1	1100/455-	7.5	7.51	0.13	55	175	1.6
JIU	16	03.06	Jiu / Breasta	2.45/24	747/51-	-	1.78	-	18	20	3.4
	17	11.04	Gilort / Novaci	2.5 / 10.4	140/957	-	0.99	-	18	20	0.1
ARGES	18	07.05	Vedea / Cervenia - Smârdioasa	2/16	876/212	-	17.62	-	50	50	8.3
	19	07.05	Vedea / Bragadiru	3.5/41.4	876/212	10.51	10.4	1	50	50	5
	20	07.05	Vedea / Bragadiru - Bujoru	3.8/47.5	876/212	3.82	3.81	0.26	50	50	1.8
	21	07.05	Vedea / Cervenia - Bujor	2.5/22.1	876/212	8.65	8.69	0.46	50	50	4
SIRET	22	7.05	Siret / Cosmești	1.5 / 7.5	4650 / 1352.6	15.97	15.99	0.13	48	70	1.2
	23	07.05	Siret / Condrea - Salcia km 1.05; km 2	3.6 / 46.8	4650 / 1352.6	29.38	29.08	1	48	70	2
	24	07.05	Siret / Șerbănești - Barcea km 0; km 1.1;	4.5 / 67.1	4650 / 1352.6	18.3	18.48	1	48	70	1.4
	25	07.05	Siret / Șerbănești - Barcea km 7.3; km 8.9; km 9.47	4.5 / 67.1	4650 / 1352.6	15.63	15.47	1	48	70	1.2
	26	07.05	Siret / T. Vladimirescu - Branște km 13.2; km 15.7;	5 / 82.5	4650 / 1352.6	42.03	42.09	0.14	48	70	3
	27	07.05	Siret / T. Vladimirescu	4.5 / 61.9	4650 / 1352.6	63.26	63.08	0.28	48	70	4

1.36 Contribuții la studiul Inundațiilor produse de avarierea lucrărilor de apărare

			- Braniste km 16.79;								
	28	08.05	Gistești / am. CFR pod Pașcani	2 / 11.5	136 /-	18.44	18.43	0.05	40	80	-
	29	08.05	Siret / Răchiteni Hm 2110	3 / 22.5	930 / 54.7	-	1.86		15	17	3.4
	30	08.05	Siret / km 0+500	3 / 40.5	4350 /290	-	2.91		11	26	1
	31	07.05	Siret/km9.55 ; km 9.7-	3 / 40.5	4350 /283-	-	2.85		10	26	1
	32	07.05	Bistrița / Negel	3 / 22.5	155 /17	-	1.67	-	22	38	9
	33	07.05	Rm. Sărat / km 15+900	2.5 / 21	550/45 -	-	4.36	-	28	17	9.6
	34	07.05	Putna / km 1+820	3 / 40.5	1350 /155-	44.1	44.25	0.34	19	45	2.8
OLT	35	03.04	Topolog / Hm 1085	1.8 /15.57	128 / 23	-	2.17	-	18	90	9
	36	02.05	Iminog / Vâlcele	1.5 / 7.5	160 / 82	-	2.75	-	13	90	3.4
CRIȘURI	37	04.00	Crîșu Alb / Ineu	2.5 / 14.3	633 / 89.2	2.5	2.56	2.4	26	58	2.8
	38	04.00	Crîșu Alb / Țipari	6 / 78	704 / 43.5	-	3.13	-	20	88	7.2
IALOMIȚA	39	07.05	Prahova / Nedelea	4 / 46	766 / 24.92	-	2.77	-	25	45	11.5
	40	09.05	Sărata / Bărbulești	2.5 / 15.6	1366 / 475	-	3.48	-	54	35	0.73
	41	09.05	Ialomița / Axintele	3 / 30	1366 / 475	3.5	3.57	2	54	35	0.74
	42	09.05	Ialomița / Roata breșa 1	1.8 / 5.04	1366 / 475	5.6	5.56	0.71	54	35	1.2

	43	09.05	Ialomița / Roata breșa 2	1.2 / 3.2	1366 / 475	5.6	5.56	0.74	54	35	1.2
	44	09.05	Ialomița / Frățilești	2.5 / 23.4	448 / 361	6	6.09	1.5	156	343	1.7
PRUT	45	07.05	Călmățui / Talabasca	5 / 81.5	4650 / 1352.86	20.83	20.3	2.5	48	56	1.5
	46	07.05	Bârlad / Barcea – Condrea km 0 + 55; km 0+900; km 2+31	3.6 / 46.8	4650 / 1352.6	26.58	26.3	1	48	56	2
	47	07.05	Geru / Piscu km 27.4 ; km 30.27; km 30.61; km33.43	4.7 / 75.60	4650 / 1352.6	19.27	19.23	1.4	48	56	1.4
	48	07.05	Suhu / Piscu km 1.2 ;aval pod DN 25	4.7 / 82.08	4650 / 1352	19.27	19.23	0.2	48	56	1.4
	49	09.07	Bârlad / Tecuci km 18+200; km 18+700	4 /48	245/ 20.2	5	5	0	8	40	25
	50	09.07	Bârlad / Ungureni km 30+890	4/ 52	245 / 20.2	5.22	5.17	0.2	8	40	25.8
	51	09.07	Bârlad / Negriștești km 37+920	4 /52	245 / 20.2	4.2	4.26	1.4	8	40	20.8
	52	09.07	Pereschiv / Ghidigeni km 0+200	4 / 48	256 /46.2	-	9.19	-	22	92	19.9
	53	09.07	Bârlad / Cernicari km 0+900	3.5 / 39.6	326 / 41.3	-	7.98	-	10	38	19

138 Contribuții la studiul inundațiilor produse de avarierea lucrărilor de apărare

	54	09.07	Bârlad / km 3+500	3.5/39.6	326 / 41.3	-	5.7	-	10	38	13
	55	09.07	Berheci / Tepu km 0+0.00	2 / 14	113 / 19.9	5.99	5.87	2	18	61	30
	56	09.07	Berheci / Tepu km amonte pod CF	2 / 14	113 / 19.9	1.8	1.8	0	18	61	9
DUNĂREA	57	04.06	Dunăre / km 631 +600	5 / 112.5	15900/ 2260	-	279.65	-	34	31	12.4
	58	04.06	Dunăre / Ianoși	5 / 112.5	15989 / 2273	350	350.26	0.07	34	31	15
	59	04.06	Dunăre / Gruia	3 / 24	15.800 / 2246	2.6	2.61	0.3	34	31	0.1
	60	04.06	Dunăre / Salcia	3 / 24	15.800 / 2246	7.75	7.76	0.13	34	31	0.3
	61	04.06	Dunăre / Vrata	2 / 14	15.800 / 2246	9.1	9.24	1.5	34	31	0.4
	62	04.06	Dunăre / km 417.5	4 / 64	15650 /2225	213	213.32	0.15	34	31	9.6
	63	04.06	Dunăre / km 725	5 / 125	15700 /2232	285 / 15.000	285.54	0.19	34	31	12.8
	64	04.06	Dunăre / km 670.3	5 / 112.5	15.700 /2232	120 / 6.000	120	0.57	34	31	5.4
	65	04.06	Dunăre / km 699+800	5.6 / 140	15800 /2246	230 / 11.500	230.8	0.35	34	31	10.2
	66	04.06	Dunăre / Braț Macini	3.7 / 57.6	15.501 /2204	10 / 1.491	10.11	1.1	34	31	0.4
67	04.06	Dunăre / Dăbuleni	5 / 125	14.460 /2056	120 / 6.000	119.66	0.28	34	31	5.8	

Bazin hidrografic	Nr. crt.	Pagube / Costuri de refacere (mld. lei)			
		Construcții (buc)	Teren Agricol (ha)	Resurse umane	Alte obiect
1	2	3	4	5	6
BANAT	1	7	356/20.2		
	2	15	24/5		
	3	-	58/10.2		
	4	-	264/20.5		
	5	8	54/7		
	6	279	460/5		
	7	12	434/7		
	8	48	1066/18		
	9	6	632/15		
	10		75/45.3		
	11	169	6671/72.2		
	12				
	13	-	3500/4		
	14	-	4000/7		
	15	20	750/9.5		
JIU	16				
	17				
ARGES	18	141 case ; 140 m dig	-	1 decedat	2.3km DN; 1.2km LEA
	19	58case; 160 ml dig	1051	-	3 km LEA
	20	280 ml dig/7 mil. lei	382/ 0.1 mil. lei	-	-
	21	320 ml dig/5mil. 101 case;	865	-	17.7 km drumuri; 4.4 km LEA
SIRET	22	650 ml dig; 345 case; 521 anexe gospodărești.,	1340arabil; 201 pășuni 56 pădure	700 pers. evacuate	17 fântâni, 6 poduri, 11.5 km DC
	23	382 case; 50 +100 ml breșă	1250 arabil; 1408 pădure; 280 pășuni	1decedat/ 350 pers. evacuate	130 fântâni; 1 pod; 12.3 km DC
	24	380 + 90 breșă	1750 arabil; 80 pășuni	780 pers. evacuate	60 fântâni; 1 pod
	25	108 case; 180+161+ 33 ml	1303 arabil; 260 pășuni	502 pers. evacuate	10 fântâni; 14 km DC; 2km DJ
	26	337 case; 70 +60 ml breșă	3353 arabil; 300 pădure; 550 pășuni	918 pers. evacuate	25 fântâni; 4 poduri; 11.1 km DJ ; 4 km DC
	27	341 case; 120 ml breșă	4953 arabil; 743 pădure;	1218 pers. evacuate	50 fântâni; 8 poduri; 3km

			630 pășuni		DN; 19 km DC
	28	190 case	1844 agricol	600	8.6 Km străzi; 80 fântâni
	29	-	4 pădure	-	-
	30	-	-	-	-
	31	-	-	-	-
	32	100	-	-	20
	33	-	-	-	-
	34	8836+4484	2156 +2254	394+645	-
O L T	35	90 ml	51.10	-	4
	36	106 case	-	-	-
CRISURI	37	82	20	-	6 km DN; 2 poduri ;
	38	37	-	-	10.3 km drumuri
IALOMITA	39	-	-	-	-
	40	292 case; 99 ml breșă	100	-	-
	41	15 locuințe; 30 ml dig	350	-	-
	42	34 locuințe; 75 ml dig;	560	-	-
	43	34 locuințe ; 200 ml dig	560	-	-
	44	30 ml breșă;	600	-	-
PRUT	45	303 case; 46 ml dig	1593 arabil; 250 pășuni ; 240 pădure	-	1.5 km DC
	46	382 case; 80 + 90 + 90 ml breșă	1250 arabil; 1408 pădure;	1 decedat; 350 pers. evacuate	130 fântâni; 12.3 km DC; 524 anexe gospodărești
	47	58 case; 90+25+85+70 ml breșă	1060 pădure; 567 pășuni; 300 pădure;	350 pers. evacuate	40 fântâni; 6poduri; 4 km DC
	48	58 case; 63+54 ml dig	1060 arabil; 300 pădure; 567 pășuni	350 pers. evacuate	40 fântâni; 6 poduri si podețe; 4 km DC
	49	30+70 ml dig	500	-	-
	50	27 case; 45 ml breșă	522	-	2 km DC; 15 fântâni;
	51	37 case;30 ml breșă	420	-	5 km DC;
	52	15 case; 80 ml breșă	-	-	3 km DJ; 1.9 km DC; 5 fântâni; 3 podețe
	53	125 ml breșă	-	-	-
	54	25 ml breșă	-	-	-
	55	28 case; 50 ml breșă	599	-	0.4 km DN; 9 km DJ;
	56	8 case; 15 ml	180	-	12 fântâni

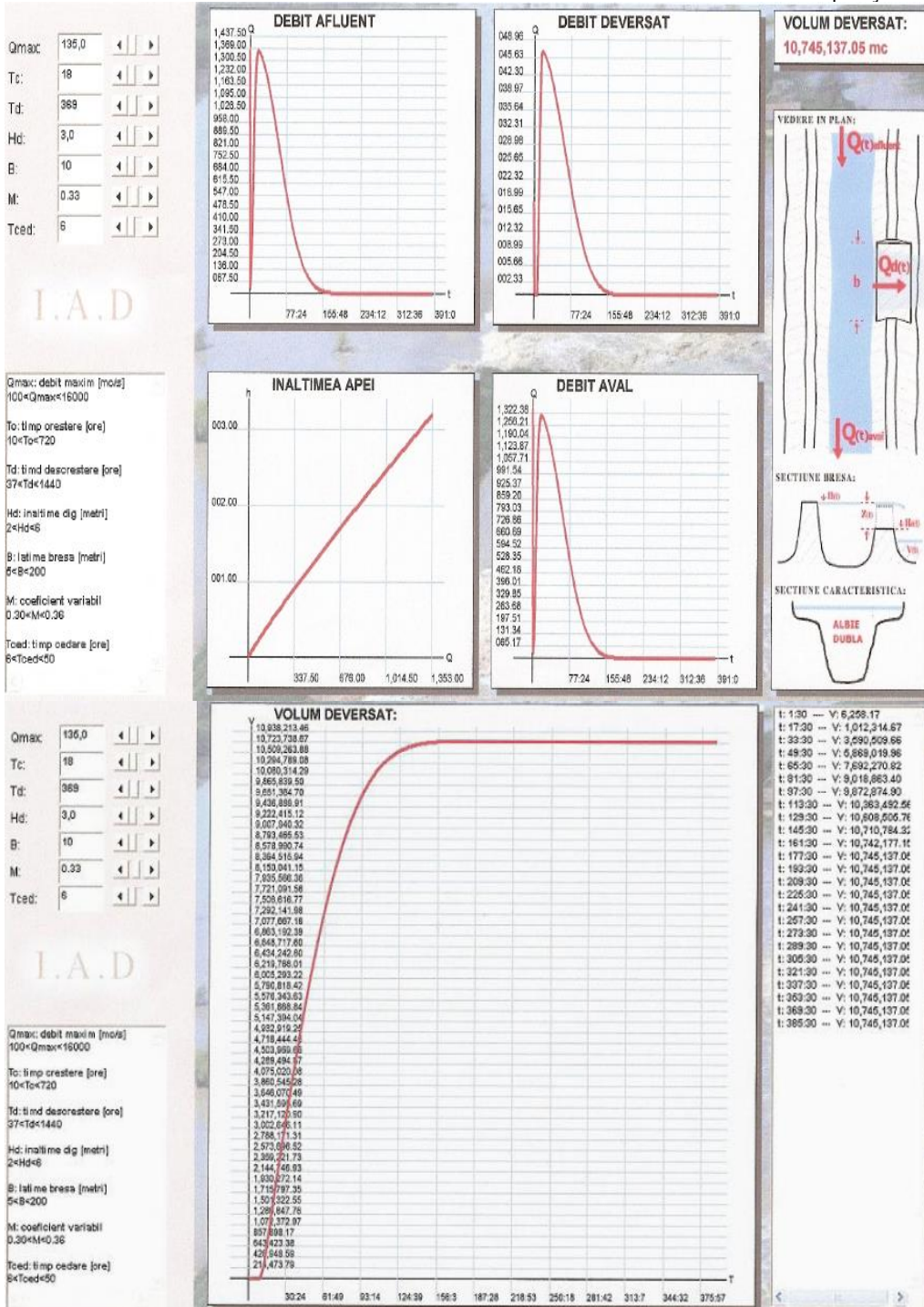
142 Contribuții la studiul inundațiilor produse de avariarea lucrărilor de apărare

DUNAREA		breșă			
	57	- / 22.919 lei			
	58	- / 22.900 lei	-	-	-
	59	-	200 arabil; 30 padure; 30 pășune	-	300 km DN
	60	-	300 arabil; 260 islaz		215 ha ferma piscicola
	61	-	600 pădure; 40 islaz; 270 balta	-	-
	62	- / 10.387 lei	-	-	-
	63	dig / 4.997 lei	-	-	-
	64	- / 8.265 lei	-	-	-
	65	-	-	-	-
	66	- / 12.904 lei	-	-	-
	67	- / 9.208 lei	-	-	-

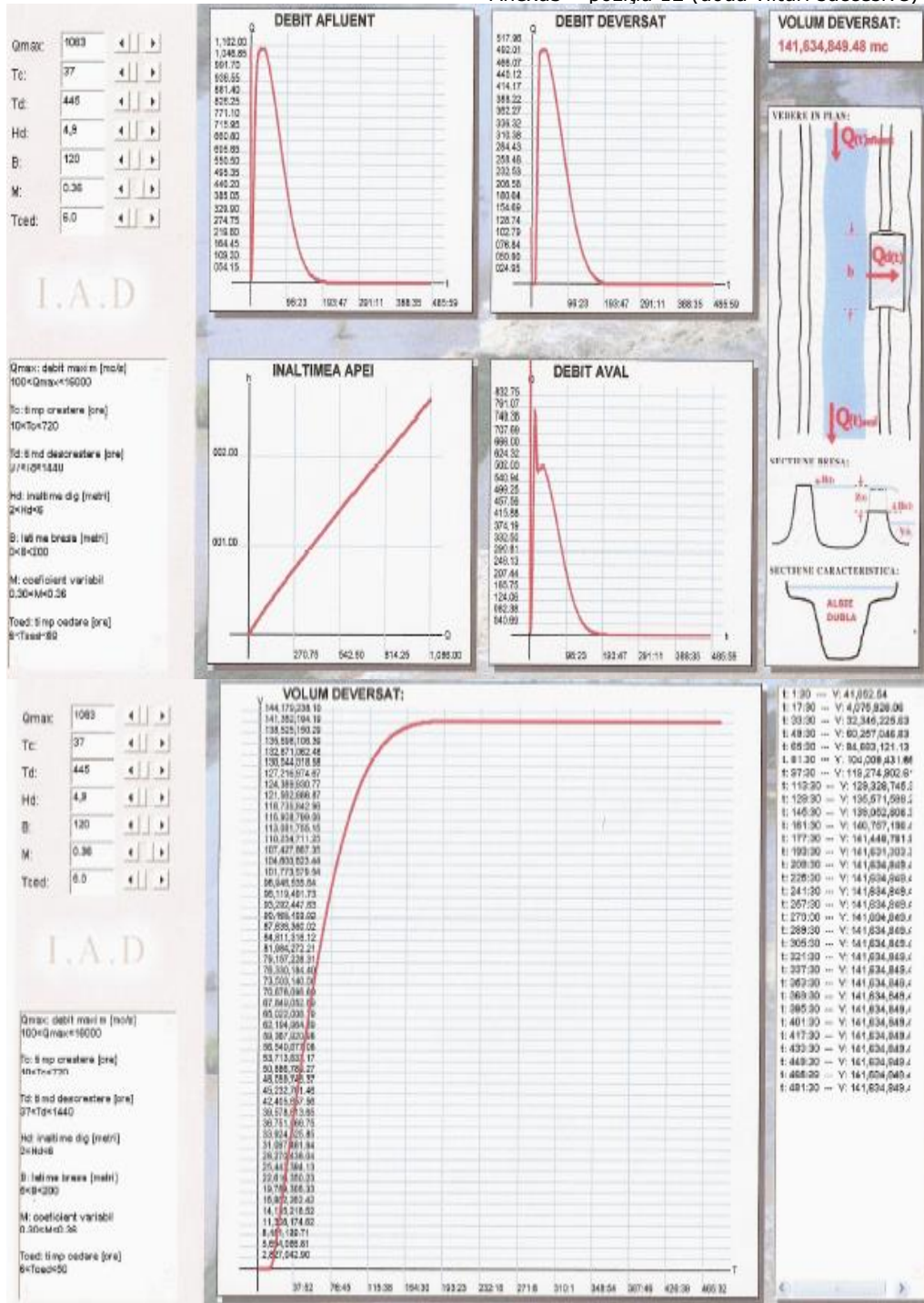
Anexa 2.1 – Pagube 2008

Spațiu hidrografic	Nr. crt.	Pagube / Costuri de refacere (mld. lei)		
		Teren Agricol (ha)	Resurse umane	Alte obiect
1	2	3	4	5
N. Moldovei și Maramureș	1	teren agricol, sivicultură, îmbunătățiri funciare / 188 mld. lei	27.000 persoane evacuate, 5 decedați	5859 locuințe, 8763 anexe gospodărești, 71 școli, 8 biserici
	2	170 ml. Lei refacere infrastructură		84.8 km dig, 6 baraje, 37 km. drum, 363 poduri
	3	total 500 mil. euro		

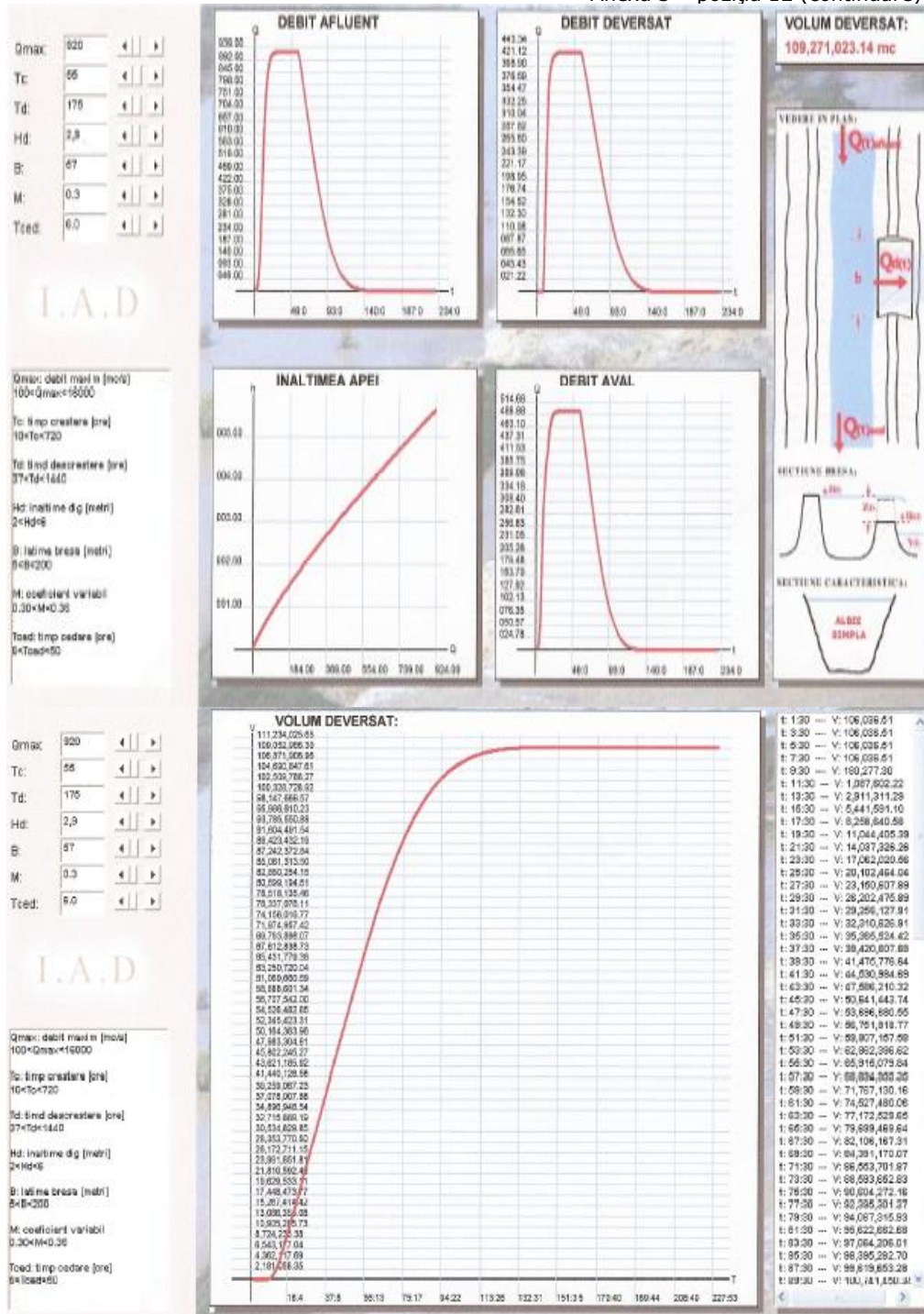
Anexa 3 – poziția 8



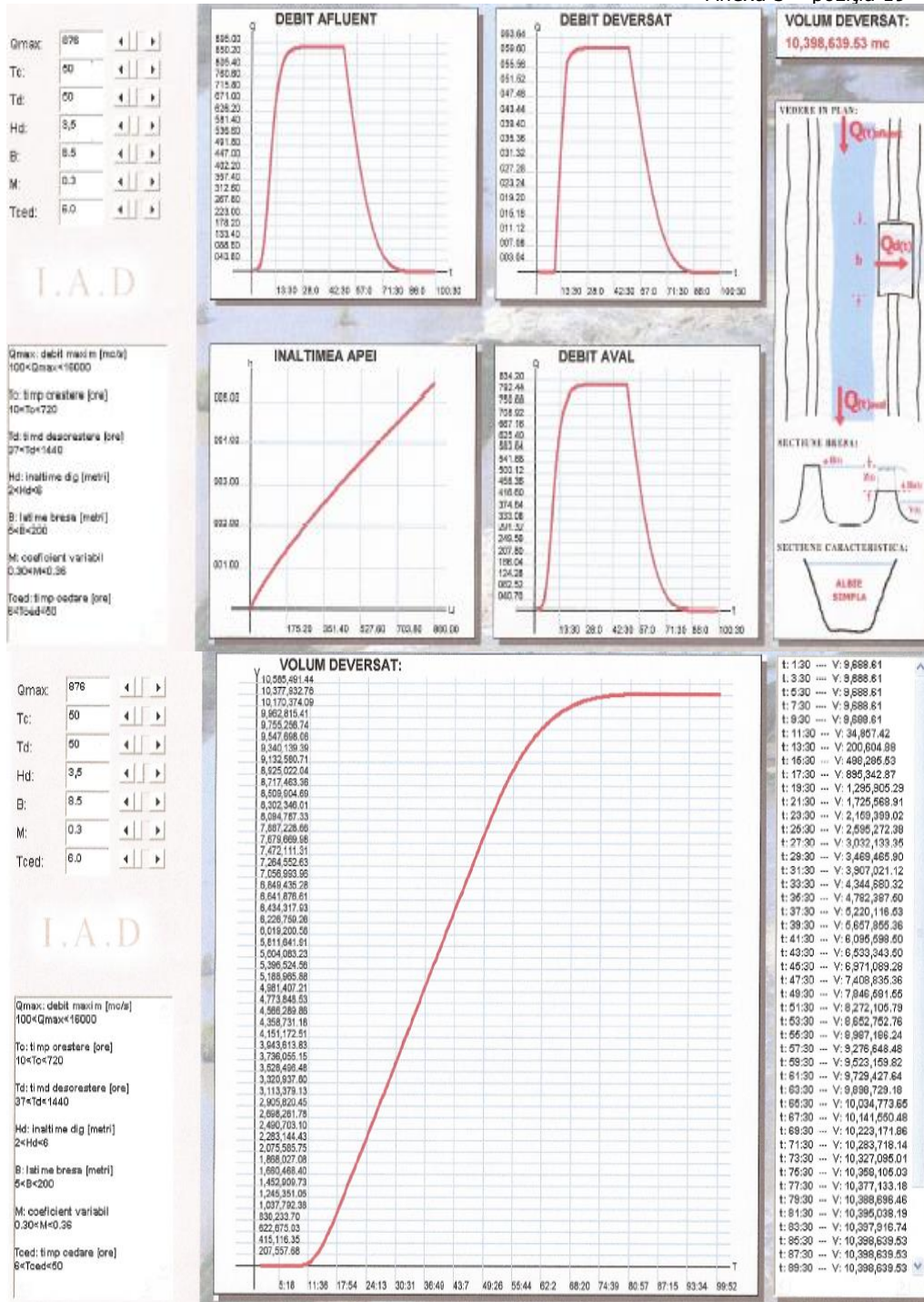
Anexa3 – poziția 12 (două viituri succesive)



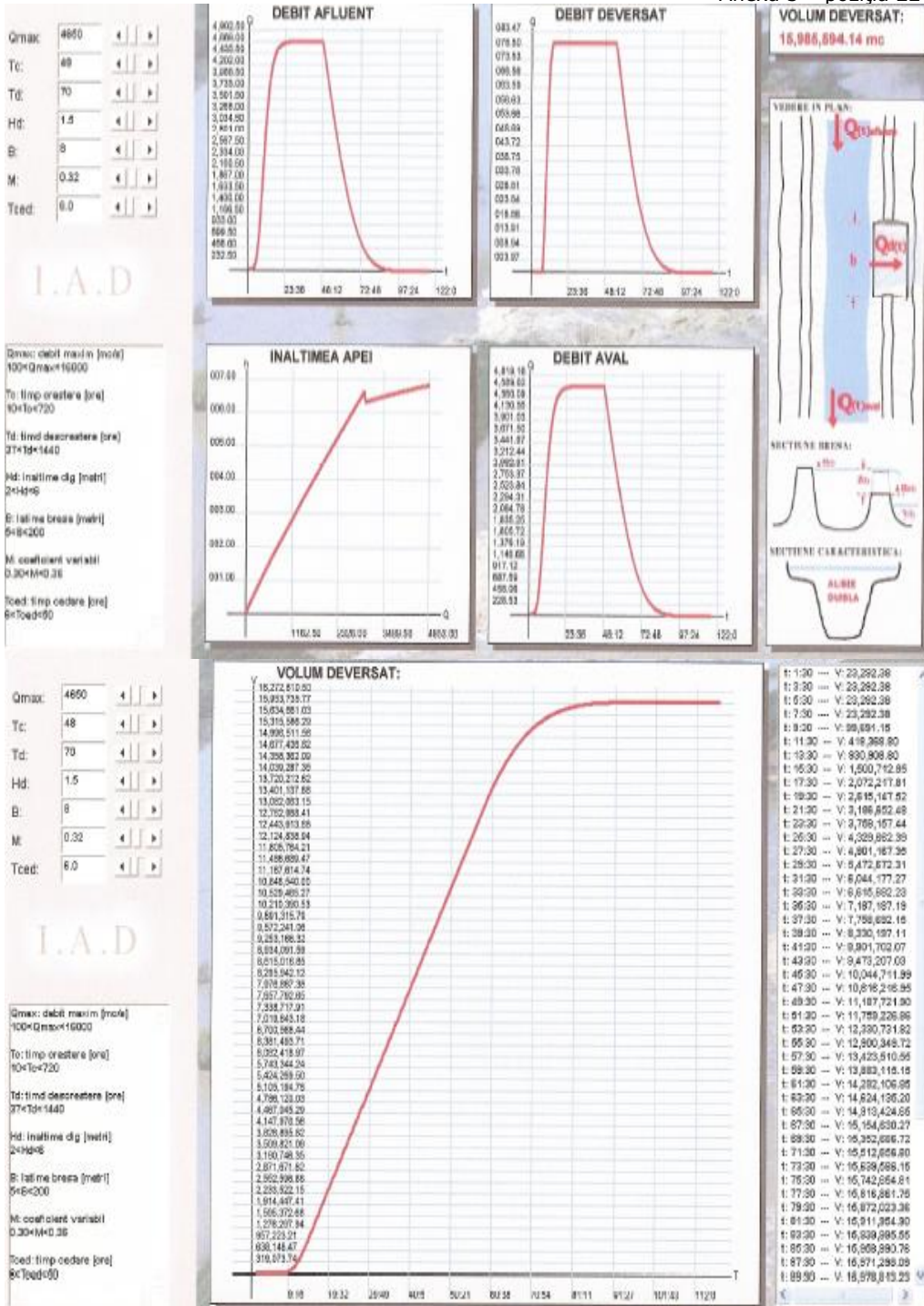
Anexa 3 – poziția 12 (continuare)

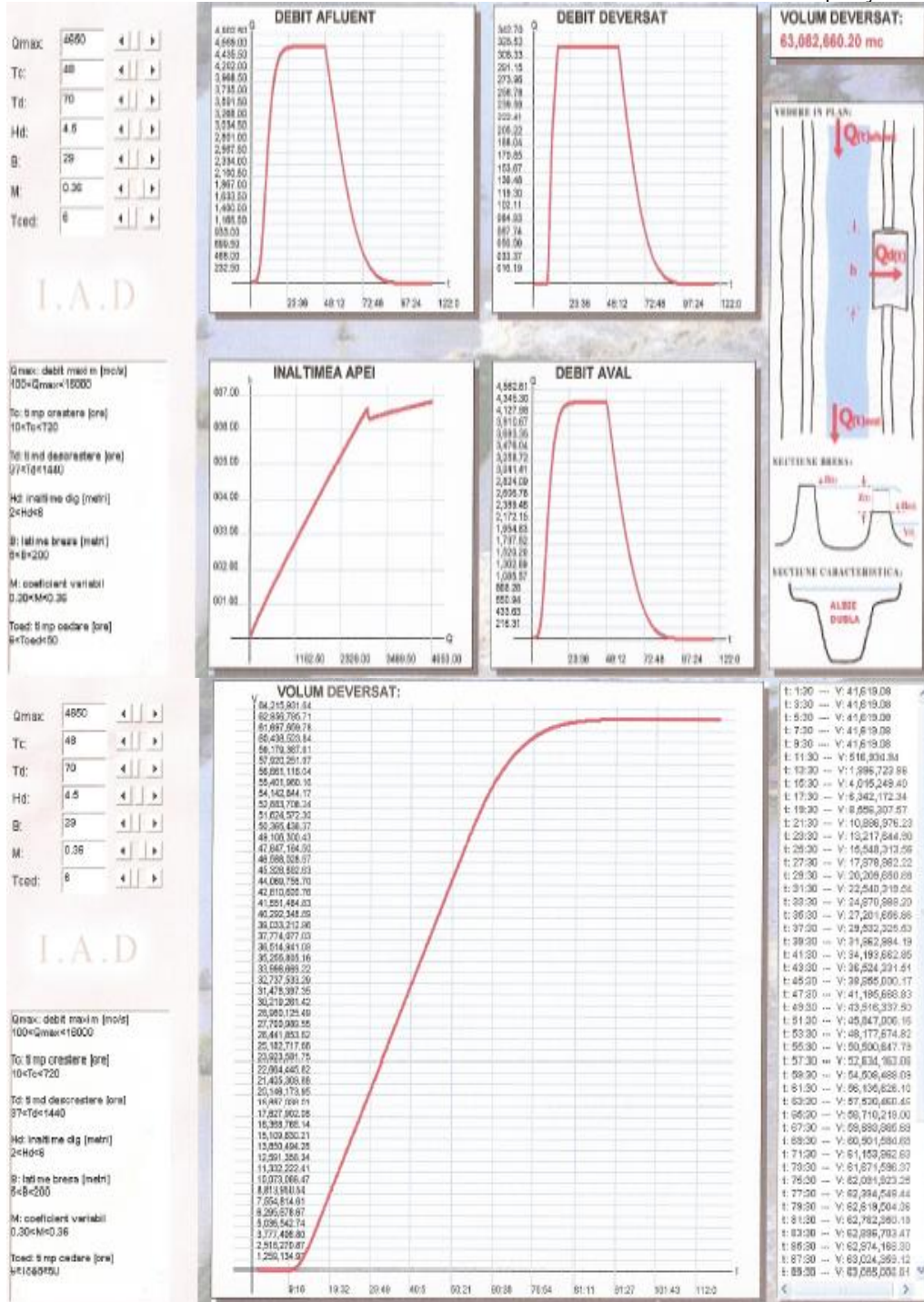


Anexa 3 – poziția 19

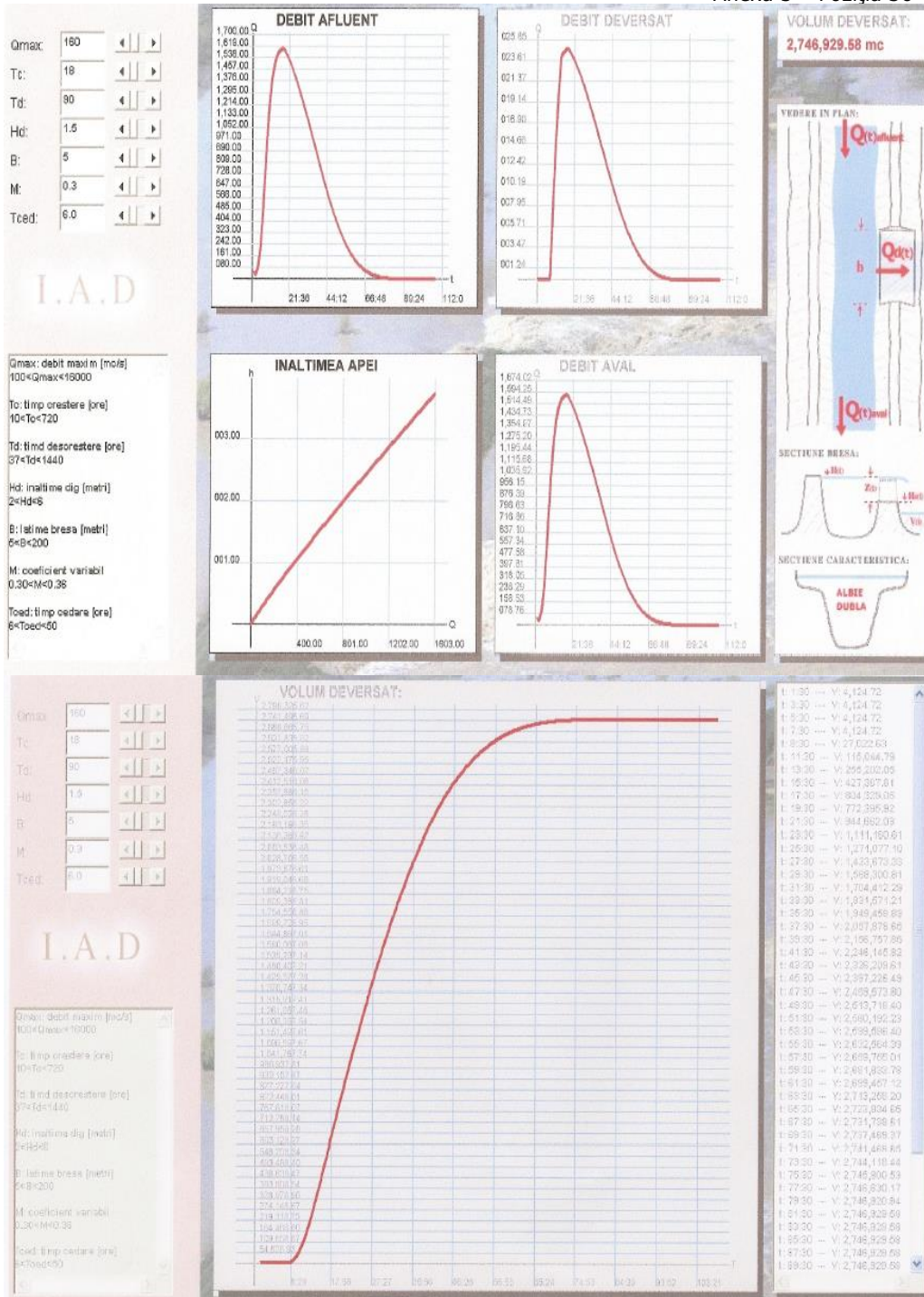


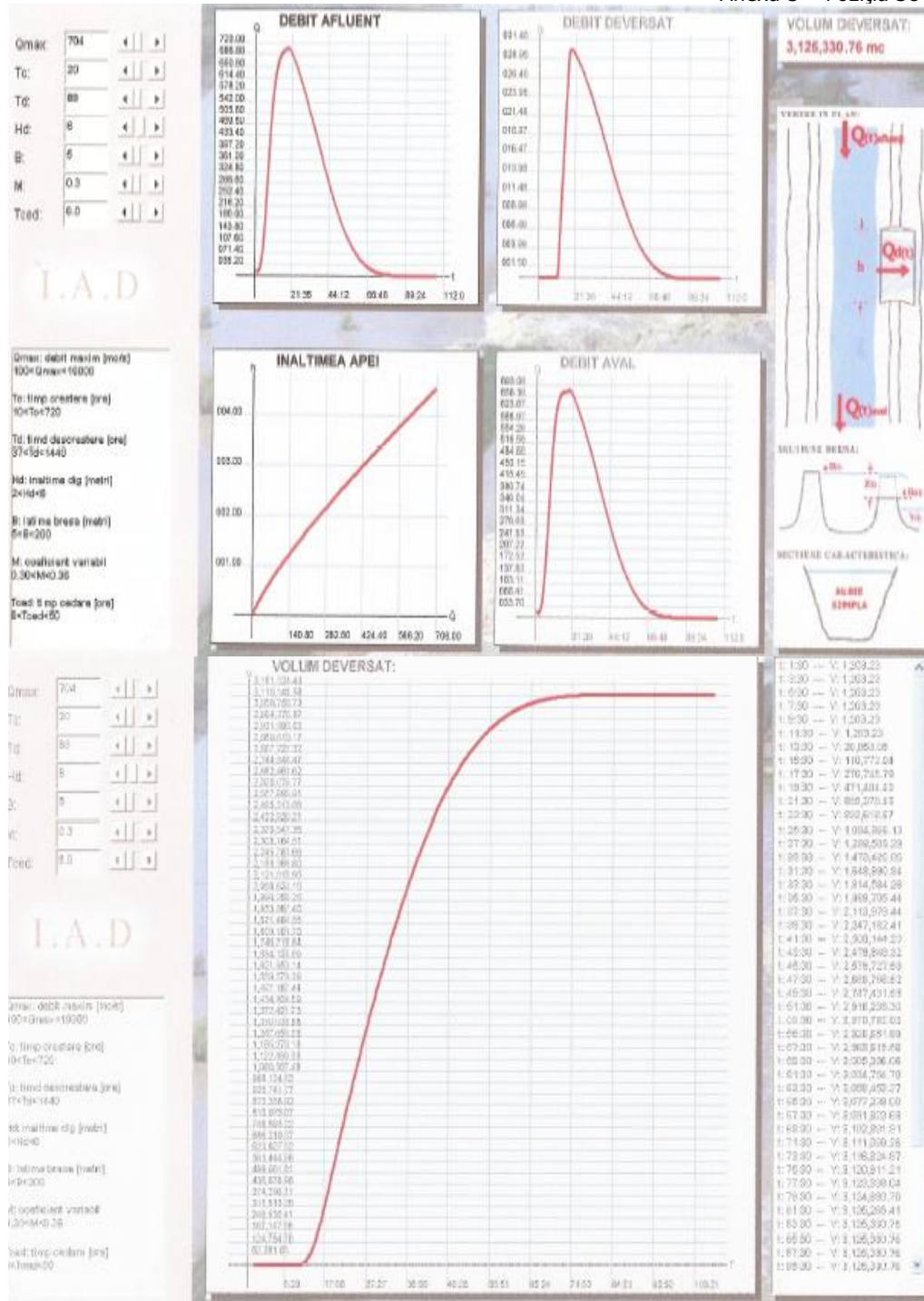
Anexa 3 – poziția 22



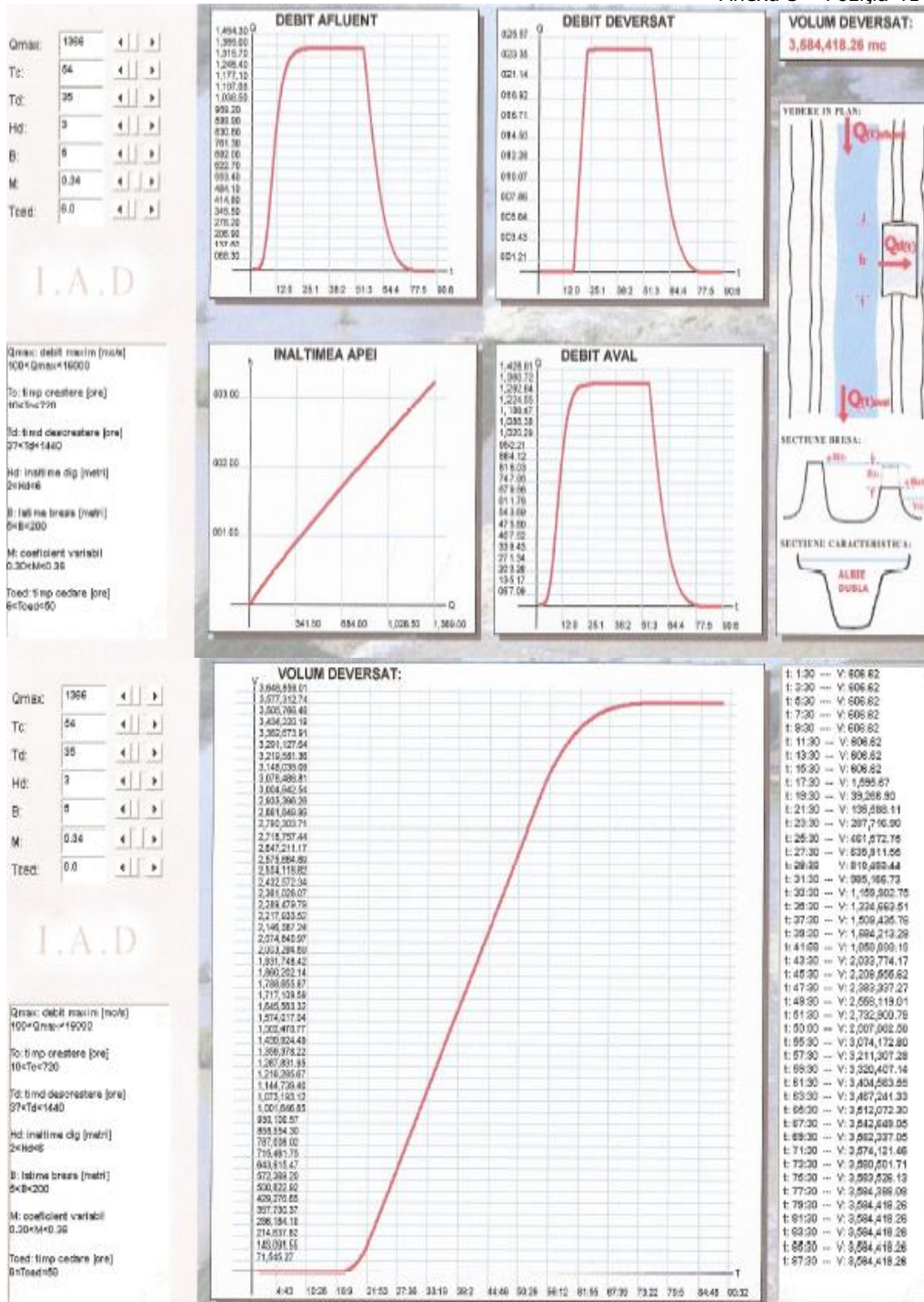


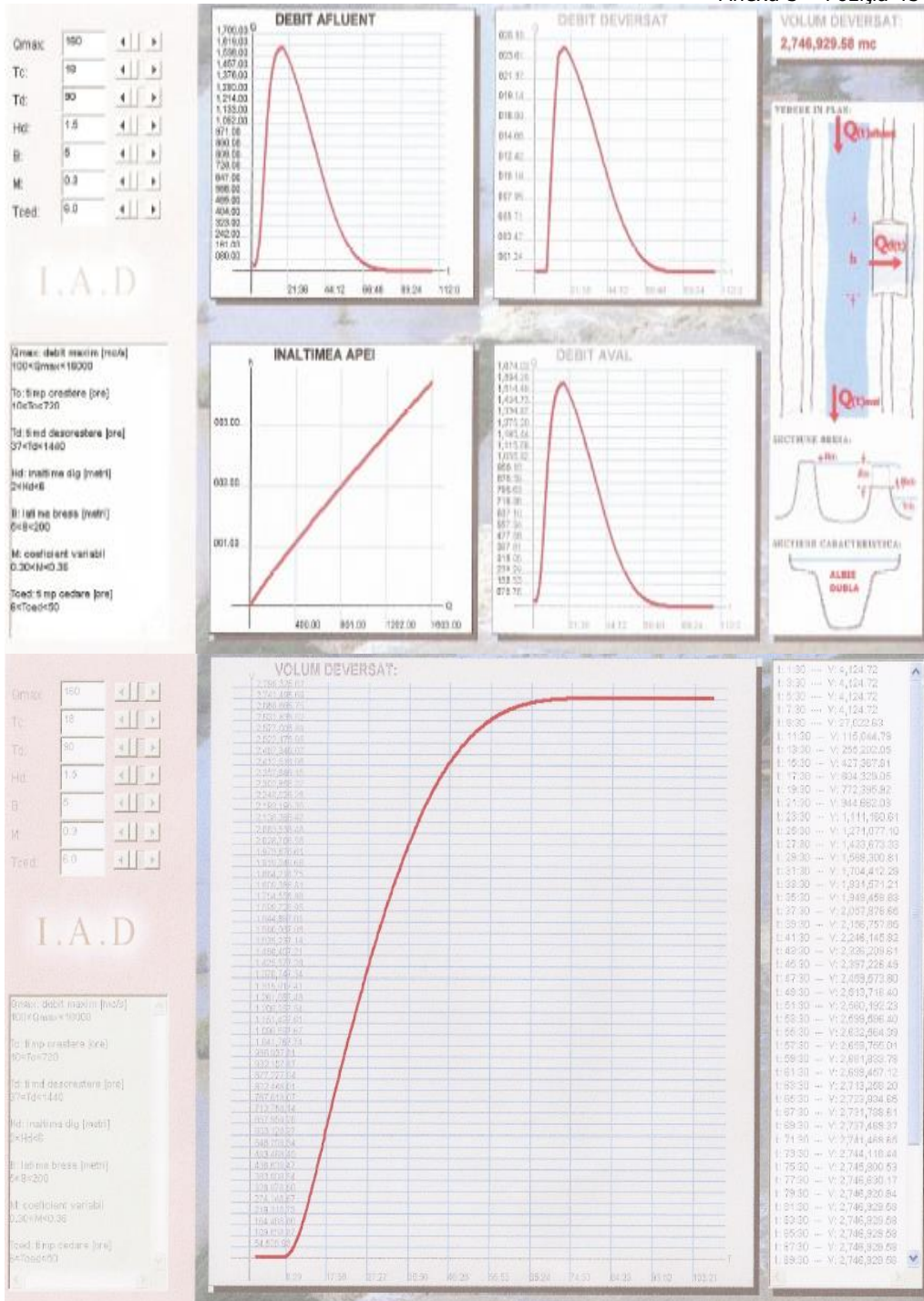
Anexa 3 – Poziția 36



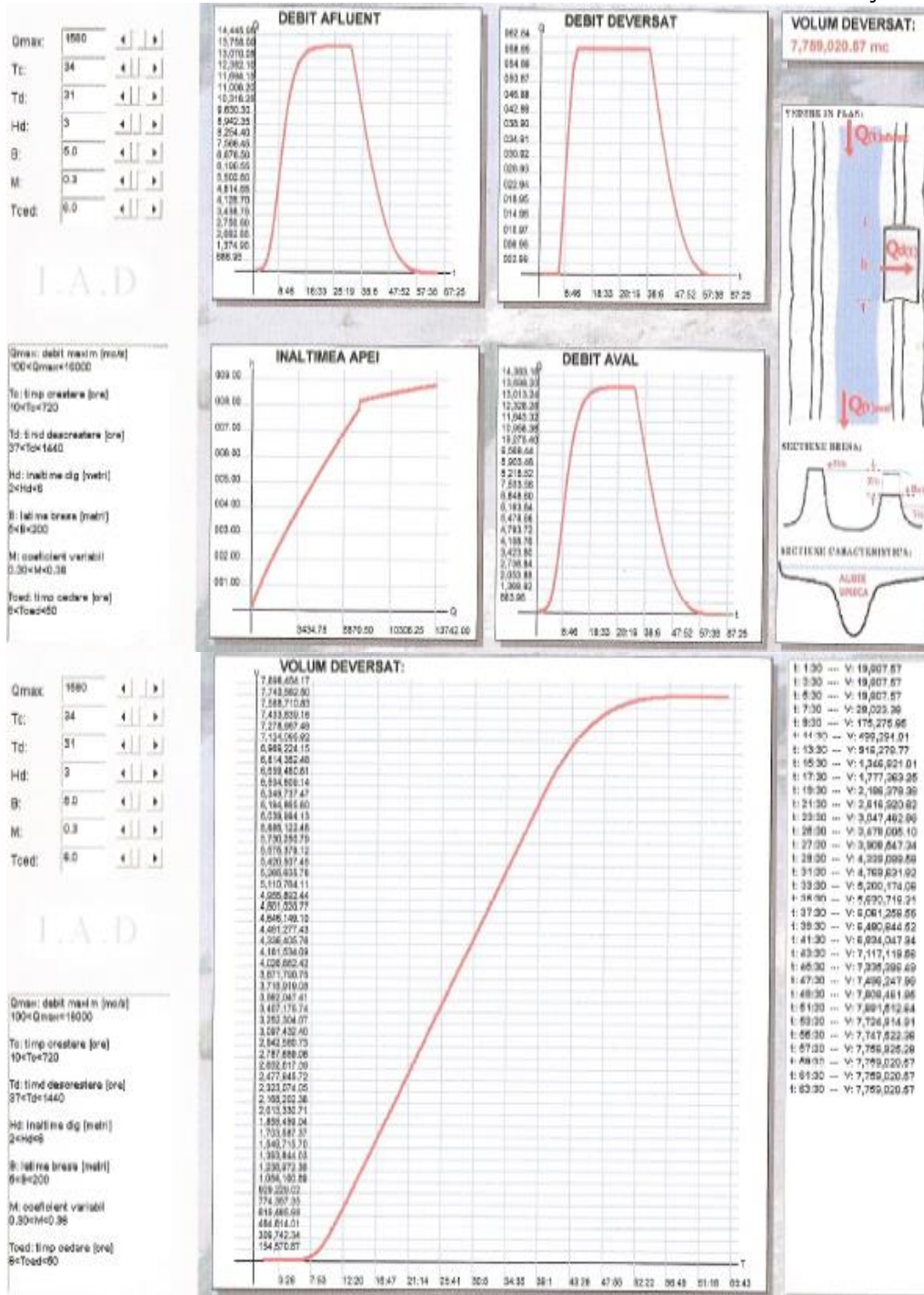


Anexa 3 – Poziția 41





Anexa 3 – Poziția 60



CHESTIONAR
Cedarea unor diguri în urma viiturilor

1. Data :

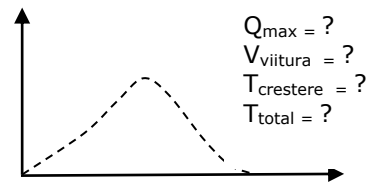
2. Râul / Secțiunea :

3. Caracteristicile geometrice ale digului:

Schița :

4. Structura digului
- pământ
 - pietriș
 - alte materiale

5. Caracteristicile viiturii - hidrograf



6. Albia majora
- curată
 - strangulată de vegetație

7. Prognoza viiturii

- $T_{\text{anticipatie}} = ?$

8. Cedarea digului

- prin deversare
- prin infiltrație - la baza
- undeva pe înălțime
- combinat (deversare + infiltrație)

9. Evoluția breșei

- schița / forma breșei
- cedarea în timp - uniformă (liniară)

- la început mai accentuată
- la sfârșit mai accentuată
- durata deversării/infiltrației - până la începutul cedării
 - de la început la sfârșitul cedării (cazul deversării)
 - de la începutul cedării la căderea coloanei de pământ (cazul infiltrației)

10. Pagube / Costuri de refacere

- construcții
- teren agricol
- resurse umane
- modificare biotop/biocenoza
- alte obiective