

# **PLANIFICAREA INTEGRATĂ A TERITORIULUI ÎN CONDIȚII DE INCERTITUDINE A RISCULUI LA INUNDAȚII**

Teză destinată obținerii  
titlului științific de doctor  
la

Universitatea Politehnica Timișoara  
în domeniul INGINERIE CIVILĂ  
de către

**geogr. Raluca Văduva**

Conducător științific:  
Referenți științifici:

prof.univ.dr.ing.dipl.mat. Ioan David  
prof.univ.dr.ing. Ion Giurma  
prof.univ.dr. Petru Urdea  
prof.univ.dr.ing. Teodor Eugen Man

Ziua susținerii tezei: 21 martie 2014

Seriile Teze de doctorat ale UPT sunt:

- |   |  |
|---|--|
| 1. Automatică                               | 9. Inginerie Mecanică                      |
| 2. Chimie                                   | 10. Știința Calculatoarelor                |
| 3. Energetică                               | 11. Știința și Ingineria Materialelor      |
| 4. Ingineria Chimică                        | 12. Ingineria sistemelor                   |
| 5. Inginerie Civilă                         | 13. Inginerie energetică                   |
| 6. Inginerie Electrică                      | 14. Calculatoare și tehnologia informației |
| 7. Inginerie Electronică și Telecomunicații | 15. Ingineria materialelor                 |
| 8. Inginerie Industrială                    | 16. Inginerie și Management                |

Universitatea Politehnica 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, 2014

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 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

Lucrarea de față prezintă rezultatele obținute în urma activității de cercetare desfășurate în cadrul Departamentului de Hidrotehnică al Universității Politehnica Timișoara în perioada 2010-2014, dar și a celor cinci luni din cadrul unui stagiu de cercetare la Centre for Floods, Communities and Resilience, Faculty of Environment and Technology, University of the West of England, Bristol.

Tema de cercetare abordată are ca obiectiv principal oferirea de soluții de planificare a teritoriului pentru a reduce impactul negativ al inundațiilor asupra populației. Riscul la inundații este un subiect intens studiat și cercetat de către specialiști, în consecință este bine de știut ce trebuie evitat și ce trebuie remediat pentru ca inundațiile să nu mai fie privite doar ca un eveniment hidrometeorologic cu consecințe negative asupra comunităților. Modelarea unor evenimente la inundații cu diferite probabilități de apariție se poate realiza prin intermediul unor software-uri de modelare hidrodinamică și este necesară în analiza inundabilității. Astfel, deși inundații majore vor continua să aibă loc, combinând informații din teren și informațiile oferite de modelele obținute, se pot elabora măsuri adecvate fiecărei comunități în vederea reducerii impactului și consecințelor negative.

Pe această cale doresc să îmi exprim recunoștința față de coordonatorul tezei de doctorat, prof.dr.ing.dipl.mat. Ioan David, pentru sprijinul și îndrumările acordate în realizarea acestei lucrări și pentru faptul că am primit libertatea necesară cercetării, însă sub o supraveghere atentă, având în vedere multitudinea direcțiilor de cercetare a studiului.

Mulțumiri deosebite se cuvin dr. Jessica Lamond și prof.dr. David Proverbs, din cadrul centrului de cercetare a inundațiilor, Centre for Floods, Communities and Resilience, UWE pentru suportul și atenția acordată, pentru sfaturile și îndrumările oferite.

De asemenea doresc să mulțumesc membrilor comisiei de îndrumare a tezei și colectivului Departamentului de Hidrotehnică al Universității Politehnica Timișoara pentru îndrumările oferite. Mulțumirile mele merg în același timp la membrii Departamentului de Geografie al Universității de Vest din Timișoara, care au avut un rol important în dezvoltarea mea științifică.

Adresez mulțumiri Administrației Bazinale de Apă Banat, Departamentul de Hidrologie, Hidrogeologie și prognoze bazinale și primăriei Gătaia pentru informațiile și îndrumările necesare în efectuarea studiului de caz.

Nu în ultimul rând, doresc să mulțumesc familiei și tuturor prietenilor pentru înțelegerea, sprijinul și sfaturile oferite în această perioadă.

„Teza de doctorat a fost realizată cu sprijinul parțial din proiectul strategic POSDRU 107/1.5/S/77265 (2010), cofinanțat din Fondul Social European „Investește în oameni”, în cadrul Programului Operațional Sectorial de Dezvoltare Resurse Umane 2007-2013.”

Timișoara, martie 2014

geogr. Raluca Văduva

Dedic această teză tuturor aceluia care au contribuit la formarea mea științifică!

Văduva, Raluca

**Planificarea integrată a teritoriului în condiții de incertitudine a riscului la inundații**

Teze de doctorat ale UPT, Seria 5, Nr. 119, Editura Politehnica, 2014, 180 pagini, 77 figuri, 21 tabele, 58 relații matematice.

ISSN: 1842-581X

ISBN: 978-606-554-821-3

Cuvinte cheie: management integrat al inundațiilor, modelare hidrodinamică, planificarea teritoriului, incertitudinea riscului, model SPRC, backcasting

**Rezumat**

Această cercetare se concentrează pe evidențierea importanței activității de planificare a teritoriului în cadrul managementului integrat al inundațiilor.

Bazinul hidrografic Bârzava este unul dintre cele mai afectate de inundații din țară, cele mai multe astfel de evenimente apărând în perioada de primăvară, ca urmare a înregistrării unei cantități mari de precipitații, cumulată cu topirea zăpezilor. Punctul de plecare este informația din teren și din diverse alte surse (ABAB, primăria orașului Gătaia, mass-media etc.) care confirmă existența acestei probleme. O atenție deosebită este oferită modelării hidrodinamice a inundațiilor utilizând software-urile MIKE 11 și HEC-RAS și vizualizării rezultatelor în ArcGIS. Rezultatele, sub formă de hărți de inundabilitate sau grafice, sunt utile pentru a identifica arealele expuse la inundații. Având această informație, sunt propuse măsuri de management al riscului la inundații.

În Europa, tendința managementului inundațiilor este de a înlocui măsurile de apărare împotriva inundațiilor cu o abordare integrată a inundațiilor, care ia în considerare atât probabilitatea inundării, cât și potențialele consecințe negative. Dacă managementul tradițional al inundațiilor se bazează pe activități de răspuns la un anumit eveniment și urmărește protecția împotriva inundațiilor, managementul integrat al riscului își propune o abordare strategică a amenajării teritoriului în concordanță cu Directiva Cadru la Inundații 60/2007/CE. Aceasta urmărește reducerea consecințelor negative ale inundațiilor prin scăderea vulnerabilității comunităților, iar acest lucru se face prin acordarea de mai mult spațiu pentru râuri, adică renaturarea albiilor, crearea de zone umede și zone inundabile, dar și schimbării modului de utilizare a terenurilor.

Cercetarea doctorală are ca scop oferirea de soluții de planificare a teritoriului în vederea reducerii pagubelor produse de inundații în orașul Gătaia, pe baza informațiilor oferite de hărțile de inundabilitate, a celor referitoare la pagubele înregistrate în timpul inundațiilor petrecute până în prezent sau a vulnerabilității locuințelor. Prin intermediul modelului SPRC se ilustrează faptul că riscul pentru o anumită unitate spațială nu este static: reducerea riscului se poate realiza prin modificarea receptorilor, a sursei și a modului de propagare a inundațiilor. Modul de exploatare al albiei râurilor și al teritoriilor adiacente este un alt factor ce influențează extinderea inundațiilor, fiind propuse schimbări în abordarea planificării teritoriului.

# CUPRINS

1. INTRODUCERE .....	9
1.1. Problematică generală .....	9
1.2. Obiectivele cercetării și integrarea tematicii studiului în cadrul general al legislației naționale și europene .....	11
1.3. Desfășurarea cercetării .....	13
2. ASPECTE CONCEPTUALE PRIVIND FORMAREA INUNDAȚIILOR ȘI CONSECINȚELOR ACESTORA .....	15
2.1. Factori care determină formarea undelor de viitură .....	15
2.1.1. Apa. Ciclul hidrologic .....	15
2.1.1.1. Factori determinanți ai ciclului hidrologic .....	17
2.1.1.2. Schimbările climatice .....	22
2.1.2. Bazinul hidrografic.....	25
2.1.2.1. Elemente morfometrice ale bazinului hidrografic.....	26
2.1.2.2. Rețeaua hidrografică.....	28
2.2. Inundațiile și riscul la inundații .....	33
2.2.1. Ape mari .....	33
2.2.2. Viiturile .....	33
2.2.2.1. Definierea undelor de viitură .....	33
2.2.2.2. Calculul debitelor maxime cu diferite probabilități .....	36
2.2.3. Inundațiile.....	39
2.2.3.1. Definierea inundațiilor .....	39
2.2.3.2. Tipuri și cauzele producerii inundațiilor.....	39
2.2.3.3. Efectele inundațiilor .....	42
2.2.4. Hazardul, vulnerabilitatea, riscul la inundații .....	44
2.2.4.1. Hazardul la inundații .....	45
2.2.4.2. Vulnerabilitatea la inundații .....	45
2.2.4.3. Riscul la inundații .....	46
2.2.4.4. Riscul, văzut din perspectiva modelului Sursă - Propagare - Receptori - Consecințe (negative) (SPRC).....	49
2.2.4.5. Generalități privind hărțile de hazard, vulnerabilitate și risc la inundații .....	50
2.2.5. Practici de management al riscului la inundații .....	53
2.2.5.1. Tipuri de măsuri pentru protecția, prevenirea și reducerea pagubelor inundațiilor .....	55
2.2.5.2. Managementul tradițional al inundațiilor .....	57
2.2.5.3. Managementul inundațiilor în România.....	58
2.2.5.4. Managementul integrat al inundațiilor .....	62
2.2.5.5. Implementarea managementului integrat al inundațiilor.....	64
2.2.6. Reziliența comunităților.....	66
2.2.7. Planificarea teritoriului în contextul managementului integrat al inundațiilor. Care sunt provocările? .....	69
2.2.7.1. „Mai mult spațiu pentru râuri” .....	69
2.2.7.2. Renaturalizarea râurilor.....	70
2.2.7.3. Modalități de planificare a teritoriului .....	71

3. MODELAREA HIDRODINAMICĂ A CURGERII ÎNTR-UN BAZIN HIDROGRAFIC	74
3.1. Modele conceptuale și ecuații fundamentale în hidrodinamica râurilor pentru modelarea inundațiilor	75
3.1.1. Ecuațiile fundamentale ale curgerii nepermanente în albie	77
3.1.1.1. Modelul 1-D	78
3.1.1.2. Modelul pentru albie cu secțiunea de curgere compusă (1,5D)	79
3.1.1.3. Modelul curgerii în albie utilizând conceptul de modelare bidimensională - 2D	80
3.2. Modelarea hidrodinamică a râurilor într-un bazin hidrografic utilizând Mike 11	81
3.2.1. Modelarea curgerii în albie utilizând conceptul de modelare unidimensională	82
3.2.2. Aplicații ale software-ului MIKE 11 pentru modelarea curgerii într-un sector de râu	84
3.3. Modelarea hidrodinamică a bazinului hidrografic utilizând ArcGIS și HEC-RAS	88
3.3.1. Descrierea etapelor necesare modelării	90
3.3.1.1. Etapa de preprocesare	90
3.3.1.2. Etapa de procesare - Rularea modelului în HEC-RAS	93
3.3.1.3. Etapa de vizualizare a rezultatelor	94
3.4. Alegerea modelului de analiză a hazardului la inundații	95
3.4.1. Surse de incertitudine în modele	95
4. BAZINUL HIDROGRAFIC AL RÂULUI BÂRZAVA – MODELAREA INUNDABILITĂȚII ȘI MĂSURI DE MANAGEMENT INTEGRAT AL RISCULUI LA INUNDAȚII	98
4.1. Cadrul general al bazinului hidrografic al râului Bârzava: așezare, limite, afluenți	98
4.2. Factorii care determină și influențează formarea resurselor de apă și scurgerea apei	101
4.2.1. Factorii climatici	101
4.2.1.1. Temperatura aerului	102
4.2.1.2. Precipitațiile atmosferice	103
4.2.1.3. Surse de incertitudine ca urmare a variabilității condițiilor climatice	106
4.2.2. Factorii neclimatici	108
4.2.2.1. Relieful și structura geologică	108
4.2.2.2. Solurile	111
4.2.2.3. Vegetația	113
4.2.2.4. Utilizarea terenului	113
4.2.2.5. Factorul antropic	113
4.2.3. Determinarea debitelor medii specifice cu ArcGIS 10.1	115
4.2.4. Determinarea debitelor maxime probabile calculate prin intermediul analizei de frecvență	116
4.3. Sistemul de amenajare al bazinului hidrografic Bârzava și rolul lucrărilor hidrotehnice în protecția la inundații sau atenuarea viiturilor	118
4.3.1. Amenajările hidrotehnice din bazinul inferior al râului Bârzava, cu rol în protecția împotriva viiturilor	118
4.3.1.1. Acumularea laterală nepermanentă de la Ghertenis	119
4.3.1.2. Lucrările de îndiguire, regularizări, consolidări și apărări de maluri	119
4.3.2. Amenajările hidrotehnice din bazinul superior al râului Bârzava	122

4.3.2.1. Canalele de derivație și captare.....	123
4.3.2.2. Acumulările de apă.....	124
4.3.2.3. Impactul amenajărilor hidrotehnice asupra scurgerii apei în bazinul superior al râului Bârzava.....	126
4.3.3.4. Măsuri propuse în PPPDIB (Planul pentru Prevenirea, Protecția și Diminuarea Efectelor Inundațiilor în SH Banat) .....	127
4.4. Prezentarea viiturilor care au produs inundații în ultimii ani.....	130
4.4.1. Prezentarea evenimentelor generate de inundații în aprilie 2005 și urmările acestora .....	133
4.4.2. Prezentarea evenimentelor generate de inundații în aprilie 2006 și urmările acestora .....	135
4.4.3. Prezentarea evenimentelor generate de inundații în decembrie 2009-ianuarie 2010 și urmările acestora .....	136
4.4.4. Concluzii referitoare la viiturile și inundațiile din ultimii ani .....	137
4.5. Abordarea sistemică a problemei inundațiilor în sectorul Gherteniş- aval Gătaia .....	138
4.5.1. Motivarea alegerii arealului de studiu.....	139
4.5.2. Modelarea inundabilității sectorului de râu.....	140
4.5.3. Variabilitatea în timp a receptorilor inundațiilor .....	142
4.5.4. Utilizarea modelului Sursă – Propagare – Receptori - Consecințe în planificarea integrată a teritoriului .....	144
4.5.5. Identificarea unor direcții de dezvoltare a localității – sursă de incertitudine în analiza riscului la inundații.....	148
4.5.6. Utilizarea teoriei backcasting-ului în realizarea unor scenarii de planificare .....	150
4.5.6.1. Implementarea conceptului de „sat albastru” pentru Gătaia .	153
4.5.6.2. Bariere în atingerea obiectivelor propuse.....	158
5. CONCLUZII .....	160
5.1. Concluzii generale .....	160
5.2. Conținutul tezei .....	161
5.3. Contribuții originale .....	162
5.4. Direcții de cercetare pentru viitor .....	163
6. BIBLIOGRAFIE .....	164
7. ANEXE .....	172
ANEXA 1 .....	172
ANEXA 2 .....	174
ANEXA 3 .....	176





# 1. INTRODUCERE

## 1.1. Problematică generală

Inundațiile constituie unele dintre fenomenele naturale cu profunde implicații privind dezvoltarea societății umane. Inundațiile sunt considerate a avea cel mai mare potențial de distrugere dintre toate dezastrelor naturale și afectează cel mai mare număr de oameni. Comunitățile umane s-au dezvoltat ca parte a sistemului social și economic: odată cu creșterea numărului de locuitori ai planetei crește și nevoia de resurse: materii prime, apă, mâncare, teren. Populația a devenit tot mai vulnerabilă la dezastrelor naturale tocmai din cauza lipsei de terenuri, care forțează dezvoltarea așezărilor pe terenuri vulnerabile. De-a lungul istoriei, inundațiile au adus bogăție și prosperitate civilizațiilor, dar în același timp au provocat pierderi enorme pentru un număr impresionant de oameni sau au accelerat declinul unor comunități. Ca răspuns la efectele negative ale inundațiilor, au fost create diferite sisteme de prognoză și avertizare, sisteme de colectare a datelor, ghiduri pentru managementul inundațiilor și al utilizării terenurilor, măsuri economice și sociale.

Inundațiile continuă să fie o problemă și în prezent, iar oamenii nu reușesc să le facă față în mod corespunzător. Hazardul la inundații nu poate fi prevenit în totalitate, iar inundațiile vor continua să aibă loc, pentru că vor fi îndeplinite în continuare condițiile necesare unor astfel de evenimente naturale. Producerea inundațiilor este strâns legată de caracteristicile climatice, de caracteristicile morfologice și hidrologice ale bazinului hidrografic, dar și de intervențiile antropice în cadrul bazinului hidrografic. Riscul pe care inundațiile îl implică este în continuare creștere față de trecut, mai ales din cauza factorului uman. Trebuie găsit un răspuns la întrebarea „Ce se poate face pentru a reduce viitoarele consecințe ale inundațiilor?”. Măsurile care vizează reducerea riscului la inundații trebuie să ia în calcul incertitudinea, adică faptul că modificările și procesele care au loc în interiorul sistemului nu pot fi prevăzute cu exactitate, iar modificarea unei variabile conduce la modificarea întregului sistem. Acțiunile și măsurile întreprinse, dacă sunt bine implementate, pot reduce impactul economic și social al unui eveniment.

Abordarea problematicii riscului și a incertitudinii au un rol important în gestionarea resurselor de apă. Deși managementul riscului trebuie să se bazeze pe o bună cunoaștere științifică și tehnologică, este necesar ca riscul să nu fie privit doar ca un fenomen fizic sau un fenomen care poate fi stopat prin lucrări ingineresti, ci și unul cultural sau social. Neimplicarea publicului în reducerea riscului și în luarea deciziilor pare să fie rezultatul modului în care specialiștii din domeniul apei au definit în manieră proprie noțiunea de risc. Managementul tradițional al inundațiilor se bazează pe activități de răspuns/reacție la inundație și vizează reducerea numărului de evenimente și reducerea pagubelor. Măsurile de protecție au fost considerate a avea acțiune locală, însă nu s-a luat în considerare că bazinul hidrografic este un sistem, iar o intervenție în cadrul acestuia poate avea repercusiuni în întreg bazinul. Abordarea integrată recunoaște faptul că o singură intervenție asupra sistemului poate avea implicații asupra întregului sistem și că integrarea planurilor de dezvoltare și managementul inundațiilor pot oferi o serie de îmbunătățiri încă de la prima intervenție. O abordare integrată a managementului inundațiilor poate reduce pagubele și poate rupe ciclul eveniment-dezastru. Este nevoie de o schimbare în percepție, atitudine și obiceiuri pentru a trece de la

actualul model de răspuns și redresare post-dezastru la un model holistic de management al dezastrelor, în care se pune accentul pe prevenirea și atenuarea impactului înainte ca acesta să aibă loc.

În ultima perioadă de timp, Directiva Cadru la Inundații 60/2007/CE primește tot mai multă atenție, mai ales din partea autorităților, în scopul formulării de politici locale, regionale și naționale. În acest sens au fost adoptate o serie de regulamente, politici, proceduri și practici ce au ca obiective identificarea riscurilor, analiza și evaluarea lor, tratarea, monitorizarea și reevaluarea acestora în vederea reducerii riscului la inundații în comunitățile vulnerabile. Identificarea hazardului, includerea acestuia în politicile de utilizare a terenului și implementarea unor planuri de dezvoltare sustenabilă a comunității sunt elemente cheie în creșterea rezilienței comunităților. Problema se pune în momentul în care se decide ce tip de măsuri trebuie adoptate pentru fiecare areal în parte, dacă acestea se pot lua pe termen lung sau scurt, dacă sunt sustenabile sau nu. Eficacitatea măsurilor de planificare constă în înțelegerea tuturor factorilor care conduc la grave consecințe negative ale inundațiilor. Deși planificarea teritoriului și managementul bazinului hidrografic nu par a avea prea multe puncte comune până în prezent, integrarea lor este necesară, pentru că planificarea teritoriului poate deveni o alternativă pentru a gestiona resursele de apă într-un mod sustenabil.

România se confruntă cu un număr tot mai mare de inundații cauzate de o combinație de factori naturali sau din cauza erorilor umane, iar acestea sunt frecvente și bazinul hidrografic al râului Bârzava. Cele mai multe astfel de evenimente sunt cauzate de cantitatea mare de precipitații căzută în perioada de primăvară, cumulată cu topirea zăpezilor. Astfel apar viiturile de primăvară, dar în același timp și inundațiile ca urmare a stagnării apei în arealele cu pantă redusă sau efectului de remuu. Impactul ultimelor inundații subliniază importanța adoptării unor strategii adaptative de management al inundațiilor. Managementul integrat al riscului la inundații invită la o abordare strategică a amenajării teritoriului, la acordarea de mai mult spațiu pentru râuri, pentru ca așezările umane să fie cât mai puțin vulnerabile la inundații. Renaturarea albiilor râurilor poate nu numai să reducă substanțial nivelul viiturilor, dar poate promova un mediu mai atractiv, în special în arealele urbane.

Această cercetare integrează informația spațială cantitativă cu impactul la inundații și capacitatea de adaptare într-un proces calitativ de planificare a teritoriului. Punctul de plecare este informația oferită de diverse surse, concretizată în date statistice sau hărți. Studiul își propune să dezvolte o abordare care utilizează informația efectiv pentru a dezvolta strategii de adaptare în contextual riscului la inundații. Modelele create și hărțile sunt folosite pentru a comunica și a schimba informații între factorii de decizie (autorități) și părțile interesate, între care există de multe ori conflicte.

O atenție deosebită este acordată propunerilor pentru o nouă dezvoltare pentru a evita sau a reduce riscul. Modificările utilizării terenului joacă un rol central în dezvoltarea strategiilor de adaptare. Cert este că la nivel național și regional agențiile întâmpină dificultăți în ajustarea politicilor în așa fel încât viitoarele modificări ale utilizării terenului să fie luate serios în considerare. Strategiile adaptative de planificare a teritoriului pot fi dezvoltate numai în urma unui proces complex de implicare a cât mai multor factori interesați. O abordare

participativă este necesară pentru ca oamenii să fie capabili să identifice și să evalueze riscul. Însă aceasta declanșează o serie de întrebări referitoare la mai multe aspecte, unele din ele fiind enumerate mai jos:

- Care este incertitudinea oferită de simulările realizate?
- Cât de utile sunt scenariile în planificarea teritoriului?
- Sunt sau nu sustenabile măsurile propuse?
- În ce proporție pot fi puse în aplicare măsurile propuse pentru a reduce riscul?

Prin natura lor, rezultatele modelelor nu sunt întotdeauna adecvate în procesul de planificare pentru că de multe ori nu sunt sustenabile iar calitatea datelor de intrare influențează rezultatul modelărilor. Deși prezintă o serie de semne de întrebare referitoare la aplicabilitate, modelarea teoretică poate fi folositoare pentru prezentarea unor soluții viabile, care pot fi sau nu puse ulterior în aplicare. Planificarea trebuie să răspundă hazardelor cu măsuri inovative, practice, sustenabile, dar în același timp adecvate comunității vulnerabile.

Studiile de caz se axează pe dezvoltarea unor abordări spațiale utilizând hărți ca și principal mijloc de comunicare. Utilizarea hărților în vizualizarea vulnerabilității așezărilor și a terenurilor agricole poate fi utilă în procesul de planificare (schimbarea utilizării terenului pe termen lung și managementul situațiilor de urgență). O dată ce așezările sunt protejate de inundații, riscurile generate de acestea vor fi acceptabile și reduse la minim printr-o combinație adecvată de măsuri spațiale, tehnice, economice, ecologice și socio-administrative. Oricum, riscul nu poate fi exclus, dar principalul scop este de a-l reduce la minim.

## **1.2. Obiectivele cercetării și integrarea tematicii studiului în cadrul general al legislației naționale și europene**

Lucrarea abordează probleme referitoare la evaluarea zonelor inundabile și elaborarea unor scenarii de planificare a teritoriului în scopul reducerii riscului la inundații. Obiectivele urmărite și rezultatele obținute în studiu se integrează în cadrul general și actual al legislației naționale și europene privind inundațiile, elementul definitoriu fiind reducerea impactului inundațiilor.

La nivelul României se cunosc Strategia Națională de Management al Riscului la Inundații pe termen scurt (HG 1854/2005) și Strategia Națională de Management al Riscului la Inundații pe termen mediu și lung (HG 846/2010), elaborate în conformitate cu Directiva Cadru pentru Apă numărul 2000/60/CE, respectiv Directiva privind Evaluarea și Managementul Riscului la Inundații 2007/60/CE. Acestea promovează o abordare a managementului inundațiilor prin care se urmărește reducerea riscului la inundații prin alocarea de „mai mult spațiu pentru râuri”. Astfel este subliniată ideea că sunt de preferat măsuri ce vizează restaurarea luncilor inundabile pentru ca acestea să dreneze corespunzător viiturile, în locul încorsetării râurilor între diguri. Acest lucru se poate realiza prin măsuri structurale și nonstructurale pentru reamenajarea albiilor și lărgirea digurilor laterale sau amenajarea de zone umede în scopul preluării unor debite în perioadele de ape mari și viituri (apa este eliberată ulterior treptat sau utilizată pentru irigații). În cadrul Strategiei Naționale de Management al Riscului la Inundații, planurile de management bazinal, ca parte integrantă a acesteia, reprezintă documentul de planificare strategică concretă care orientează măsurile ce trebuie adoptate pentru

reducerea impactului inundațiilor, în concordanță cu principiile Directivei Cadru la Inundații.

În concordanță cu principiile legislației în vigoare studiul urmărește atingerea unor obiective (specifice), o parte din acestea încadrându-se în tematica Directivei 60/CE/2007:

- identificarea arealelor inundabile; estimarea tendințelor în ceea ce privește producerea unor inundații cu diferite tipuri de frecvență;
- evaluarea consecințelor inundațiilor produse în ultimii ani asupra populației, bunurilor și mediului înconjurător;
- descrierea vulnerabilității la inundații a arealelor situate în albia majoră a râului Bârzava; stabilirea unui anumit grad de impact admis al inundațiilor pentru comunitate (așezări, obiective economico-sociale, terenuri agricole);
- analiza riscului la inundații ca un model SPRC și prezentarea unor măsuri și acțiuni prin care se urmărește reducerea consecințelor inundațiilor prin modificarea celorlalte componente din model.

Cercetarea este structurată pe capitole ce abordează următoarele teme:

Capitolul 2 își propune să rezume actuala situație a managementului riscului la inundații. El se axează pe prezentarea aspectelor teoretice a factorilor care determină formarea undelor de viitură, dar și aspecte metodologice și de legislație privind hazardul, vulnerabilitatea și riscul la inundații. Concepte precum bazin hidrografic, scurgerea apei, viitură, inundație, reziliență etc. sunt explicate, ca o introducere sumară în domeniul hidrologiei. De asemenea prezintă informații referitoare managementul integrat al inundațiilor, măsuri pentru reducerea riscului la inundații, strategii adaptative de planificare.

În același timp este subliniată importanța planificării teritoriului în managementul integrat al riscului la inundații. În procesul de planificare trebuie să se ia în considerare o dezvoltare sustenabilă a comunității, începând de la nivel local și până la nivel regional, național sau transfrontalier. Planificarea utilizării terenului este una dintre etapele din procesul de prevenire și diminuare a impactului inundațiilor asupra comunității.

Capitolul 3 se axează pe creșterea importanței geoinformaticii și a modelelor hidraulice și hidrodinamice în modelarea inundațiilor. Modele conceptuale pentru evaluarea hazardului, vulnerabilității și riscului la inundații pot fi elaborate cu ajutorul diferitelor software-uri de modelare hidraulică și SIG. Utilizarea hărților în vizualizarea hazardului, vulnerabilității și riscului poate fi utilă în procesul de planificare, pentru că prin caracterul lor hărțile sunt orientate spre aplicare. În funcție de gradul la risc al comunităților se vor modela scenarii utile care vizează reducerea riscului.

Capitolul 4 este dedicat studiului de caz, concentrându-se pe un sector din cursul inferior al râului Bârzava, mai precis arealul Ghertenis - Gătaia. Dacă în prima parte este prezentat bazinul hidrografic cu toate caracteristicile sale, partea a doua se axează pe analiza integrată a riscului și pe crearea de scenarii de planificare, în sectorul menționat în scopul reducerii consecințelor negative. Analizele de risc constituie suportul pentru procesul decizional în luarea unor măsuri concrete, menite să ducă la limitarea și diminuarea pericolului (managementul riscului). Corelând caracteristicile inundațiilor cu utilizarea terenului și diferite tipuri de hărți ale vulnerabilității la inundații se urmărește diminuarea pagubelor (bunuri materiale, pierderi de vieți omenești sau modificări la nivelul mediului natural). Creșterea rezilienței comunităților trebuie privită ca o necesitate, nu este de ajuns doar a face față impactului unei inundații, ci este nevoie de adaptarea comunității la

incertitudinea cu care apar inundațiile. Efectele schimbărilor climatice, precum producerea de precipitații torențiale (după o perioadă de secetă) va conduce la apariția hazardului la inundații în areale care nu au mai fost inundate. De asemenea, persoanele responsabile cu planificarea teritoriului nu trebuie să omită tendințele de dezvoltare a societății, dar în același timp să gestioneze dezvoltarea în zonele inundabile, precum luncile râurilor. Identificarea timpurie a riscului, modelarea de scenarii de dezvoltare, integrarea acestor scenarii în planificarea teritoriului și în politicile de dezvoltare pot fi considerate un real succes în reducerea riscului la inundații. Abordarea prospectivă și în special abordarea prin scenarii a generat dintotdeauna un interes deosebit diferitelor studii și proiecte de dezvoltare, pentru că doar ținând cont de diferite scenarii poți să realizezi o dezvoltare adecvată.

Pentru a reduce consecințele negative ale inundațiilor este necesară inițierea și susținerea unor acțiuni concrete, sintetizate la nivel de legislație sau la nivel de reglementări la nivel național, regional și local. În acest studiu sunt prezentate măsurile actuale care vizează protecția împotriva inundațiilor pentru localitățile situate pe cursul inferior al râului Bârzava, măsurile propuse în planul de management bazinal, dar și o serie de propuneri în concordanță cu normativele europene. În acest sens este utilizată teoria backcasting-ului, în scopul creării unei viziuni de dezvoltare pentru un anumit areal, prezentându-se atât forma finală a arealului, dar și o serie de metode și mijloace prin care se poate finaliza propunerea.

### **1.3. Desfășurarea cercetării**

Scopul primordial al oricărui studiu științific este acela de a îmbogăți bagajul de cunoștințe într-un anumit domeniu și implicit de a aduce contribuții la realizarea progresului unei discipline. Cercetările în domeniul fenomenelor de risc și a impactului asociat acestuia sunt din ce în ce mai frecvente ca urmare a creșterii frecvenței acestora și a riscului tot mai mare pe care îl presupun acestea. Mai mult, fenomenele naturale extreme afectează tot mai mulți oameni tocmai ca urmare a creșterii demografice și a antropizării arealelor care sunt vulnerabile riscului.

Studii în domeniul riscului la inundații sunt desfășurate la nivel internațional datorită gravității pe care îl presupun inundațiile. Cercetările se concentrează pe dezvoltarea de metode de înțelegere a inundațiilor și de evaluare a pagubelor socio-economice și naturale, alegerea măsurilor optime de reducere a pierderilor, analiza importanței acurateței datelor folosite ca date de intrare pentru generarea unor hărți de hazard, vulnerabilitate și risc la inundații etc.

La nivelul României, în conformitate cu cadrul legislativ și cu statutul de țară membră a Uniunii Europene, este necesară întocmirea hărților de risc la inundații până în decembrie 2013 și elaborarea de planuri de amenajare la nivel de bazin hidrografic până în decembrie 2015. Deși la nivelul unor bazine hidrografice au fost făcute publice hărțile de hazard și risc la inundații, la nivelul Spațiului Hidrografic Banat acestea încă nu sunt disponibile publicului.

Această cercetare se sprijină pe observațiile proprii referitoare la problemele puse de inundații cu care se confruntă omenirea, în general, și comunitățile din bazinul hidrografic Bârzava, în particular, delimitând astfel arealul care se dorește a fi studiat. Odată ce au fost identificate anumite elemente particulare, a urmat documentarea teoretică cu privire la problematica identificată. Această etapă pregătitoare a constat în consultarea mai multor surse bibliografice, iar găsirea unor puncte de sprijin în literatura de specialitate a condus la delimitarea temei de cercetare: un studiu care are ca punct de plecare hărțile de inundabilitate,

vulnerabilitate și risc la inundații pentru a oferi soluții concrete de planificare în vederea reducerii consecințelor negative a inundațiilor.

Evaluarea riscului la inundații este esențială în scopul elaborării și implementării strategiilor de adaptare adecvate. Pentru a identifica riscul este necesară utilizarea observației, ca metodă de cercetare. Observația s-a utilizat atât în etapa de documentare (observația indirectă), dar și în timp deplasărilor în teren (observația directă). Observația a fost orientată spre analiza fenomenelor și proceselor hidrologice caracteristice bazinului hidrografic Bârzava, dar și a modului de utilizare a terenurilor, organizare a așezărilor și a gestionării evenimentelor de inundații.

Pentru analiza condițiilor de modelare au fost utilizate hărți topografice 1:25000, un model digital al terenului cu rezoluția orizontală de 1 la 30 m și de 1 m rezoluție verticală și ortofotoplanuri din anul 2005. Analiza rețelei hidrografice de suprafață are la bază fișiere de tip shape realizate în urma digitizării rețelei hidrografice utilizând hărțile topografice 1:25000 sau ortofotoplanurile din anul 2005, sursa acestora fiind A.N.C.P.I., Fondul Național Geodezic. De asemenea au fost utilizate hărți geologice la scara 1:200000 (Institutul Geologic al României) și modelul european pentru acoperirea terenului Corine Land Cover (CLC2000, oferit sub licență originală EEA și prin intermediul Ministerului Mediului și Dezvoltării durabile). Pentru exemplificare și susținerea afirmațiilor s-a recurs la prelucrări grafice, cartografice și fotografii.

În caracterizarea hidrologică a bazinului s-a urmărit regimul scurgerii medii și maxime, datele fiind obținute de la Administrația Bazinală de Apă Banat și Centrul Meteorologic Banat. Analiza morfohidrografică se realizează în corelație cu alte elemente: vegetație, utilizarea terenurilor, amplasarea și dimensiunea așezărilor umane și a căilor de comunicație, exploatarea resurselor naturale (amenajări hidrotehnice – baraje, îndiguiri, tăieri de meandre, excavații ale materialelor de construcție).

Sistemele Informaționale Geografice (SIG) sunt utilizate tot mai mult în ingineria civilă datorită faptului că reprezintă un instrument de vizualizare a informației (în cazul nostru gradul de inundabilitate, vulnerabilitate și risc la inundații), în același timp putând reprezenta puncte de plecare pentru elaborarea de modele și scenarii utile în procesul de planificare. Pentru analiza măsurilor de management a fost necesară consultarea legislației în vigoare, fiind propuse și măsuri care nu fac obiectul legislației actuale.

Plecându-se de la premisa conform căreia este necesară o abordare integrată a managementului bazinelor hidrografice (bazinul hidrografic trebuie privit ca un sistem, iar orice modificare în componența acestuia poate aduce modificări deosebite sau mai puțin importante, care poate avea repercusiuni asupra întregului sistem), sunt propuse diverse măsuri de amenajare a teritoriului, în funcție de caracteristicile arealului de studiu. Cercetarea pune accent pe incertitudine și scenarii, adică "Ce ar fi dacă...?" Pentru că majoritatea măsurilor structurale sunt considerate funcționale, trebuie avută în vedere și posibilitatea cedării uneia sau a mai multor lucrări. Măsurile propuse pot avea ca efect și restabilirea echilibrului ecologic al râului, tocmai prin reducerea presiunii antropice asupra corpurilor de apă.

## **2. ASPECTE CONCEPTUALE PRIVIND FORMAREA INUNDAȚIILOR ȘI CONSECINȚELOR ACESTORA**

Dorința oamenilor și în același timp nevoia de a controla forțele naturii pentru a menține viața și a îmbunătăți calitatea locuirii are o lungă istorie. Una din cele mai frecvente și în același timp periculoase provocări asupra comunităților umane este reprezentată de inundații. Creșterea frecvenței inundațiilor a crescut interesul oamenilor de știință și a instituțiilor publice pentru a realiza studii cât mai exacte în legătură cu apariția unor astfel de evenimente. De cele mai multe ori, inundațiile sunt privite ca fiind doar un eveniment hidrometeorologic, însă nu trebuie omis faptul că aceste evenimente sunt influențate de factori geologici, geomorfologici și antropici. Substratul geologic, subsidența, procesele de eroziune, morfologia albiei, dinamica albiei, hipsometria, adâncimea sau fragmentarea densității reliefului sunt câțiva dintre factorii naturali responsabili de apariția inundațiilor. Din cauza antropizării tot mai mari a suprafeței terestre, omul a devenit un factor important în modificările aduse mediului natural în general, iar dacă avem în vedere multiplele sale intervenții în anumite zone, se poate afirma că factorul antropic are o influență mai mare decât factorul natural (Rădoane, 2002). În lipsa intervenției antropice, arealul ar fi supus doar modelării naturale, impusă de condițiile fizico-geografice. Pentru ca inundațiile să nu devină un pericol pentru societate este necesară atât îmbunătățirea managementului la inundații, dar și o planificare adecvată, ca rezultat al unor prognoze realizate prin surprinderea unor tendințe, a unor direcții de evoluție a unui areal.

O sinteză a unei bogate literaturi științifice în domeniu este prezentată în următorul capitol. Acesta se axează pe înțelegerea procesului inundațiilor, iar pentru ca acesta să fie înțeles este necesară înțelegerea ciclului hidrologic, cunoașterea detaliată a factorilor care determină formarea undelor de viitură, elemente de hidrodinamica râurilor sau modul de calcul al debitelor aferente unui bazin hidrografic. Ulterior sunt explicate conceptele de hazard, vulnerabilitate și risc la inundații, management integrat al riscului, strategii adaptative și planificarea teritoriului în condiții de incertitudine.

### **2.1. Factori care determină formarea undelor de viitură**

#### **2.1.1. Apa. Ciclul hidrologic**

Apa ( $H_2O$ ) este o componentă primară a planetei, alături de aer, scoarța terestră și biosferă. În natură, apa apare sub diferite forme de agregare (lichidă, gazoasă și solidă), la suprafața sau în interiorul scoarței terestre, în ciclurile hidrologice sau în cadrul sistemelor de alimentare cu apă. În general, apa trece dintr-o formă de agregare în alta și este într-o continuă circulație și regenerare (excepție făcând acviferele vechi). Succesiunea de faze pe care le parcurge apa de la evaporare la condensare și apoi precipitare și scurgere poartă denumirea de ciclul hidrologic. Volumul de apă existent în natură este constant, însă sub influența radiației solare distribuția spațială diferă de la un moment dat la altul (Zăvoianu, 2006).

Circuitul apei în natură (figura 2.1) este condiționat de procese de evaporare, condensare, precipitații, scurgere, infiltrație, stocare etc. Evoluția



societății omenești și nevoia de apă au condus la apariția unor modificări importante în circuitul apei în natură. În prezent, omul influențează semnificativ ciclul hidrologic, fie cantitativ, fie calitativ. Colectarea, derivarea, stocarea unor volume de apă, distribuirea apei, epurarea apelor uzate și reîntoarcerea în ciclul hidrologic sunt câteva dintre lucrările care perturbă ciclul hidrologic.

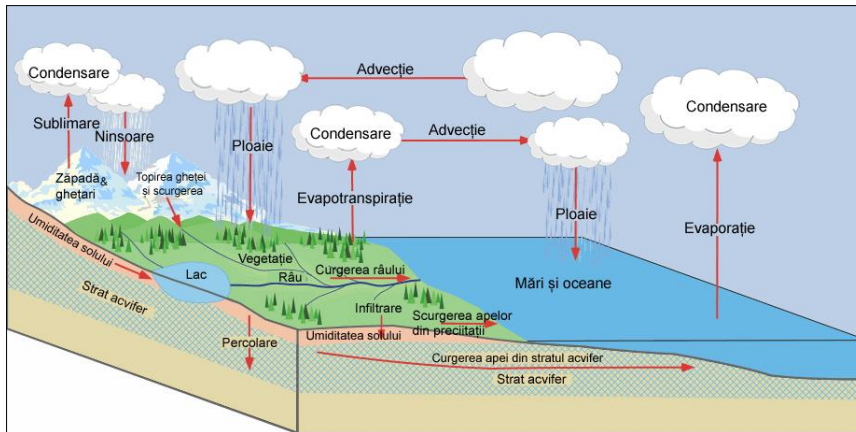


Fig.2.1. Ciclul hidrologic general (după Hubbart, 2011)

Ca și consecință directă asupra schimbării acoperirii terenului, ciclul hidrologic natural este perturbat. Nivelul apei subterane fluctuează tocmai din cauza scăderii cantității de apă infiltrate din precipitații și a creșterii tot mai mari a consumului de apă, însă în anumite situații nivelul apei subterane poate crește ca urmare a aportului din diferite surse (irigații, deversări etc.). Referitor la intervenția omului asupra ciclului hidrologic, cel mai edificator exemplu este impactul pe care îl are urbanizarea: se modifică regimul de infiltrație al apei, scurgerea apei, evaporația și evapotranspirația, rețeaua hidrografică este modificată pentru a proteja populația și mediul construit de inundații, dar și pentru a asigura un anumit consum de apă, pentru care este necesară crearea unei infrastructuri specifice (captare/tratare/distribuție/colectarea apei uzate/epurare).

Bilanțul hidrologic sau bilanțul apei este dat de analiza debitelor de intrare și a celor ieșite și are ecuația generală:

$$I_n - I_e = \Delta s \quad (2.1)$$

- unde:  $I_n$  – debitele de intrare în sistem;  
 $I_e$  = debitele care ies din sistemul hidrologic  
 $\Delta s$  = capacitatea de stocare a sistemului

Debitele de intrare în sistem sunt reprezentate de suma precipitațiilor și a intrărilor de suprafață și subterane, iar ieșirile din sistem sunt o sumă a evapotranspirației, ieșirilor de suprafață și ieșirilor subterane. Importanța relativă a fiecărei componente a bilanțului hidrologic variază în funcție de spațiu și timp.

Ciclurile hidrologice locale sunt influențate de modul în care așezarea (îndeosebi orașele) este proiectată. Când terenul este asfaltat, apa nu se mai poate infiltra în sol, scurgându-se foarte rapid pe suprafața pavată. Sunt necesare altfel sisteme care să transporte acest volum de apă către cele mai apropiate rețele hidrografice. Același principiu se aplică și așezărilor situate pe terenuri plane, apa pluvială stagnând la suprafață.



### **2.1.1.1. Factori determinanți ai ciclului hidrologic**

Ciclul hidrologic general include o serie de fenomene care asigură continuitatea acestuia. Principalul factor care generează modificarea rezervorului în care se află la un moment dat o anumită cantitate de apă este energia pe care Pământul o primește de la Soare, care nu este uniform distribuită pe suprafața globului din cauza curburii Pământului. Transferul surplusului de energie care are loc pentru menținerea unui oarecare echilibru termic se realizează prin dinamica hidrosferei și a atmosferei, proces ce apare ca urmare a diferenței de potențial termic. Suprafața Pământului emite în atmosferă energie calorică prin mai multe căi: radiația de unde lungi, căldura latentă de evaporare absorbită de moleculele de apă ce se ridică în atmosferă și este înmagazinată de vapori, conductivitatea directă (Teodorescu, 2007).

*Evaporația* reprezintă un proces natural în baza căruia apa trece din stare lichidă în stare gazoasă (vapori), prin ridicarea de pe suprafața apei a particulelor cu mobilitate mai mare, datorită unor temperaturi ridicate și viteze mari ale vântului (Ielenicz, 1999). În hidrologie, se deosebesc evaporația la suprafața apei, evaporația la suprafața solului și evaporația la suprafața gheții, iar în climatologie există o evaporație efectivă (cantitatea de apă evaporată de pe o suprafață, într-un interval de timp dat) și evaporația potențială (cantitatea de apă care s-ar evapora într-o anumită perioadă de timp, dacă rezerva de apă ar fi nelimitată) (Ielenicz, 1999).

*Evapotranspirația* este un fenomen meteorologic care reprezintă cantitatea de apă totală (globală) de apă cedată atmosferei, prin evaporație de către sol și prin transpirație de către plante și animale (Ielenicz, 1999). Factorii care controlează evapotranspirația sunt reprezentați de: temperatura aerului, vânt, umiditatea atmosferică, relieful (prin altitudine, fragmentare, expoziția versanților (ce condiționează radiația solară și umiditatea)), concentrația în săruri a apelor mărilor și oceanelor, solul, vegetația, intervențiile antropice (Zăvoianu, 2006). Evapotranspirația poate fi reală (ETR) (cantitatea reală de apă cedată atmosferei într-un anumit interval de timp – lună, an – în condițiile de temperatură și umiditate existente) și potențială (ETP) (capacitatea de evaporare maximă ce se poate realiza într-un anumit spațiu, într-un interval de timp, cu condiția ca suprafața să fie alimentată continuu cu apă) (Ielenicz, 1999).

Evaporația este una dintre componentele principale ale ciclului hidrologic, iar pentru analizele de bilanț al apei sunt necesare studii în vederea determinării cantității de apă pierdută prin evaporație la nivelul unui bazin hidrografic sau al unei anumite regiuni.

*Precipitațiile.* Efectul precipitațiilor asupra ciclului hidrologic global și local, a scurgerii apei și a formării undelor de viitură etc. impune cunoașterea cantității și repartizării sezoniere a ploilor și zăpezilor într-un anumit areal. Există trei mecanisme principale generatoare de precipitații (Alexoaie, 2012):

- *precipitații legate de trecerea unei perturbări frontale* – schematic, o astfel de perturbare este caracterizată prin trecerea succesivă a două fronturi calde, urmate de un front rece. Fronturile calde și reci sunt fronturi asociate cu precipitații de naturi diferite, fronturile calde produc ploi de intensități reduse, dar de lungă durată, iar fronturile reci pot produce precipitații cu intensități foarte mari pe plan local;
- *precipitații în timpul unei convecții locale* – o încălzire a straturilor inferioare ale atmosferei le face instabile, provocând fenomene de convecție. Aceasta

este cauza majoră a precipitațiilor în zone unde încălzirea atmosferei este favorizată de vânturile slabe și radiațiile solare puternice;

- *precipitații orografice* – prezența unei bariere orografice (munte) care împiedică progresul unei mase de aer umed, poate provoca o creștere a fenomenelor de convergență.

Apa se regăsește în natură sub forma a trei stări de agregare (solidă, lichidă și gazoasă), iar transformările de fază ale apei și stările de echilibru depind de următorii factori:

- temperatura apei;
- tensiunea vaporilor e măsurată deasupra apei sau deasupra gheții (punct de rouă);
- tensiunea maximă a vaporilor  $E$ , dată de relația:

$$E = 0.5 \times \left( \frac{e_0}{P_0} + \frac{e}{P} \right) \quad (2.2)$$

unde  $e$  și  $e_0$  reprezintă tensiunile parțiale ale vaporilor corespunzătoare presiunilor  $P$  și  $P_0$ .

În natură pot avea loc și procese inverse procesului de evaporare, adică trecerea vaporilor de apă în stare lichidă, proces numit *condensare* sau trecerea vaporilor direct în stare solidă prin procesul de *sublimare* (Giurma, 2003). Condensarea reprezintă un proces fizic prin care vaporii de apă trec în picături de apă și se produce la nivelul suprafeței active (roua), în aer la diferite înălțimi (rezultând ceața, picături de apă în masa norilor) (Ielenicz, 1999). Precipitațiile se formează atunci când se produce condensarea rapidă în interiorul unui nor. Acestea pot fi :

- *precipitații atmosferice* (ploaie, grindină, zăpadă) – cad pe pământ din nori, sub influența gravitației, iar mărimea particulelor variază în funcție de natura norului. Ploaia rezultă din reuniunea unui număr mare de picături minuscule de nor în picături de apă prea mari ca să mai poată rămâne în suspensie în aer. Aceste picături pot crește ulterior, ciocnindu-se între ele, ajungând până la 7 mm în diametru; peste această dimensiune ele sunt instabile și se descompun în picături mai mici;
- *precipitații la sol* (roua, bruma, chiciura) – se formează prin condensarea la sol a vaporilor prin răcire, la nivelul vegetației sau a unor obiecte .

În hidrologie sunt luate în calcul în special precipitațiile care provin din ploi și din topirea zăpezilor, deoarece numai sub această formă intervin ca sursă primară a scurgerilor cursurilor de apă și a apelor subterane.

Precipitațiile au o repartitie zonală, fiind influențate de temperatura aerului, deplasarea maselor de aer, convecția și răcirea maselor de aer, depărtarea de mări și de oceane, relief, prin altitudine, fragmentare, orientare și dispunere, curenții oceanici, vegetație. În cazul României, cele mai importante ploi provin din formațiunile ciclonice ale atmosferei. În cadrul acestui fenomen se generează două categorii de precipitații, diferite din punctul de vedere al întinderii, duratei și volumului. Ploaia care provine din aerul ascensional pe suprafața abruptă a frontului rece este foarte puternică și în general conduce la apariția apelor mari și a viiturilor. Ploile generate de-a lungul suprafeței de separație corespunzătoare frontului cald sunt de lungă durată, au volume specifice reduse, dar se întind pe suprafețe mari.

Din punct de vedere al ariei de acțiune a precipitațiilor, acestea se pot clasifica în precipitații la stație și precipitații înregistrate pe suprafața unui bazin hidrografic. Precipitațiile înregistrate pe un bazin hidrografic reprezintă valori de calcul obținute prin diferite metode (metoda aritmetică, metoda poligoanelor

Thiessen, metoda izohietelor și metoda grilei pătrate), cu ajutorul datelor de precipitații înregistrate la stațiile din interiorul bazinului hidrografic sau la stațiile vecine. Evaluarea corectă a cantității de precipitații căzute într-un bazin hidrografic este necesară pentru dimensionarea lucrărilor hidrotehnice sau a lucrărilor de evacuare a apelor meteorice sau pentru stabilirea cantității de apă necesară pentru irigații, cel mai adesea utilizându-se curbele de intensitate-durată-frecvență.

Ploile torențiale sunt ploi foarte puternice, în general de origine ciclonică, a căror durată nu depășește 24 de ore. Conform lui Berg, o ploaie este considerată torențială dacă depășește următoarele valori ale înălțimii, în raport cu durata de acționare (tabel 2.1) (Vladimirescu, 1978, Giurma, 2003).

Tabelul 2.1. Valori recomandate de Berg pentru înălțimea ploii (Vladimirescu, 1978, Giurma, 2003)

t(min)	5	15	30	45	60	120	240	360	720	1440
H(mm)	2.5	4.5	7.1	10.3	12.0	16.0	26.5	32.5	43.2	57.6

Ploile torențiale prezintă două particularități:

- cu cât durata ploii este mai mare, cu atât intensitatea este mai redusă;
- ploile torențiale de mare intensitate nu acoperă decât o suprafață foarte redusă a bazinului de recepție (cel mult de ordinul al zeci de km<sup>2</sup>) (Giurma, 2003).

O caracteristică utilă a ploilor torențiale este intensitatea, care este definită prin raportul dintre înălțimea precipitațiilor  $h$  și durata  $t$ .

$$i = \frac{h}{t} \quad [mm/min] \quad (2.3)$$

Intensitatea poate avea o valoare maximă  $i_{max}$  și una medie  $i$ . De asemenea, în cele mai multe cazuri, poate avea loc și o deplasare a ploii ca urmare a curenților de aer din atmosferă. Există o mare varietate de forme ale distribuției intensității în același loc; majoritatea au valori maxime în perioada de început a ploii, după care scad treptat sau rapid, uneori intervenind și o creștere suplimentară (Vladimirescu, 1978). Caracteristicile precipitațiilor – cantitatea (mm sau l/m<sup>2</sup>), durata (ore), intensitatea (mm/min sau mm/oră) – se reflectă în caracteristicile scurgerii apei pe suprafața solului. Dacă precipitațiile care cad pe sol s-ar transforma integral în scurgeri, chiar dacă acestea sunt generate de ploi cu intensități relativ reduse, volumul lor ar conduce la apariția inundațiilor. Pentru a atenua procesul de scurgere, intervin însă evaporarea și infiltrația.

Frecvența ploilor torențiale se calculează în funcție de intensitatea și durata ploilor torențiale, fiind dată de formula:

$$f = \frac{n}{T} \quad (2.4)$$

unde:  $n$  este numărul de ploi înregistrate cu aceeași intensitate și durată  
 $T$  perioada de înregistrare (ani).

*Intercepția și stocarea apei* conduc la întârzierea instalării procesului de scurgere a apei pe versanți. O anumită parte din cantitatea de apă ce provine din precipitații este reținută de vegetație. Din aceasta o parte se evaporă și se întoarce înapoi în atmosferă, iar alta ajunge mai devreme sau mai târziu la suprafața solului. Din cantitatea de apă ajunsă pe sol, o parte este reținută în microdepresiuni și se constituie ca și un volum de apă stocată, volum ce poate ajunge până la 15% din

## 20 Aspecte conceptuale privind formarea inundațiilor și consecințelor acestora - 2

cantitatea de precipitații pe terenuri ocupate de culturi agricole și până la 30% în zonele cu păduri mixte (Teodorescu, 2007). Efectul retenției asupra scurgerii se manifestă și printr-o oarecare întârziere a momentului la care începe scurgerea directă către rețeaua hidrografică. În comparație cu infiltrația și evaporarea, acestea au însă valori reduse.

*Infiltrația.* Sub influența gravitației, o anumită cantitate de apă ajunsă la suprafața solului pătrunde în zona superficială a acestuia, având ca efect saturarea suprafeței active de sol și favorizând instalarea scurgerii. Infiltrația apei în sol este favorizată de porozitatea și umiditatea acestuia.

*Porozitatea ( $n$ )* este raportul dintre volumul golurilor dintre granulele unui eșantion și volumul total al acestuia:

$$n = \frac{V_p}{V_t} \times 100 \quad (2.5)$$

unde:  $V_p$  reprezintă volumul porilor și  $V_t$  este volumul total.

Când golurile sunt pline cu apă, pământul devine saturat, și în funcție de gradient, apa se deplasează în goluri prin percolație, sub efectul gravitației. Când golurile sunt umplute parțial cu apă, pământul este nesaturat și mișcarea apei este guvernată de un potențial complex. Porozitatea variază în limite foarte largi (tabelul 2.2), în funcție de tipul de sol.

Tabelul 2.2. Valorile în procente ale porozității, în funcție de tipul de sol (Vladimirescu, 1978)

tipul de sol	argilă	argilă nisipoasă (20% nisip)	nisip	pietriș	nisip și pietriș
valoarea (%)	45...55	40...50	30...40	30...40	20...35

*Umiditatea solului ( $W$ )* este cuantificată prin raportul dintre greutatea apei în pori din proba de sol ( $G_a$ ) și greutatea probei uscate ( $G_r$ ), după ce proba a fost uscată la 105°C. Ea poate fi definită conform formulei de mai jos:

$$W = 100 \times \frac{G_a}{G_r} [\%] \quad (2.6)$$

Valoarea cantității de apă infiltrată în sol este influențată și de temperatura aerului și a solului (ce modifică vâscozitatea apei și deci condițiile fizice ale mișcării apei în sol), panta terenului (ce influențează volumul de apă infiltrat, volumul scade pe măsură ce panta crește) și acoperirea terenului (intensitatea diferă de la utilizare arabilă, pășuni, fânețe, pădure sau sol descoperit etc).

*Percolația.* Cantitățile de apă ce se infiltrează în profunzime în sol sunt datorate procesului de percolație și contribuie la alimentarea stratelor de apă freatică. Capacitatea de infiltrare este dependentă de caracteristicile locale ale stratelor geologice.

*Scurgerea de suprafață* reprezintă procesul de deplasare a apei, datorită forței gravitaționale impusă de înclinarea versantului. Scurgerea apei este un fenomen fizic influențat de factori independenți de activitatea umană, însă factorul antropic poate interveni și modifica scurgerea pe versanți într-un mod superficial/substanțial (de exemplu, prin defrișări), dar și în albi (amenajarea unor lacuri de acumulare atrage după sine ridicarea nivelului apelor subterane; îndigui, regularizări de albi). Lucrările de desecare au ca efect reducerea nivelului apelor subterane, creând astfel condiții favorabile dezvoltării activității umane.

Determinarea stratului de scurgere constă în scăderea numărului de pierderi din stratul de precipitații căzute pe suprafața bazinului hidrografic. Pierderile pot avea mai multe cauze:

- pierderi datorate retenției apei în micile depresiuni de pe suprafața versanților, în iarbă și în coroanele arborilor. Sunt notate cu  $z$  și se consideră că depind de durata și intensitatea ploilor și sunt în general constante.

Tabelul 2.3. Valorile pierderilor  $z$  în funcție de tipul de acoperire al terenului

Tipul de acoperire a terenului	Asfalt	Pavaj cu piatră	Fânețe, arabil	Pădure cu fâneță	Pădure mare și soluri acoperite cu mușchi
$z$ (mm)	2	6	10	15	20

- pierderi datorate infiltrării apei în sol, ce depind de permeabilitatea și structura terenului, gradul de umiditate al terenului, durata și intensitatea ploii. Dependența stratului de infiltrație, funcție de timp și de natura terenului, se poate determina cu ajutorul curbelor prezentate în figura 2.2. (Giurma, 2003, <http://echo2.epfl.ch/VICAIRE/>).

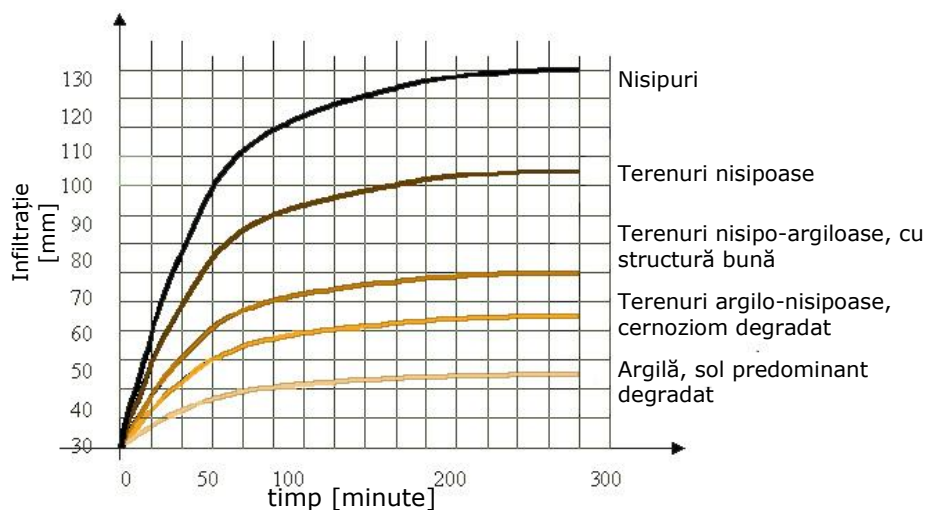


Fig.2.2. Curbele de infiltrație totală pentru diferite categorii de terenuri (după <http://echo2.epfl.ch/VICAIRE/>)

- pierderi prin evaporație care pot fi neglijate deoarece timpul de producere a scurgerii viiturii în cazul ploilor torențiale este relativ scurt.

Cunoașterea stratului de scurgere pe un bazin hidrografic servește la calculul debitului maxim al scurgerii din bazin. Reunind într-un sistem de axe de coordonate curba de cădere a ploii, curba de infiltrație și pierderile  $z$ , se poate determina stratul de scurgere pe cale grafică (fig.2.3) (Giurma, 2003, <http://echo2.epfl.ch/VICAIRE/>).

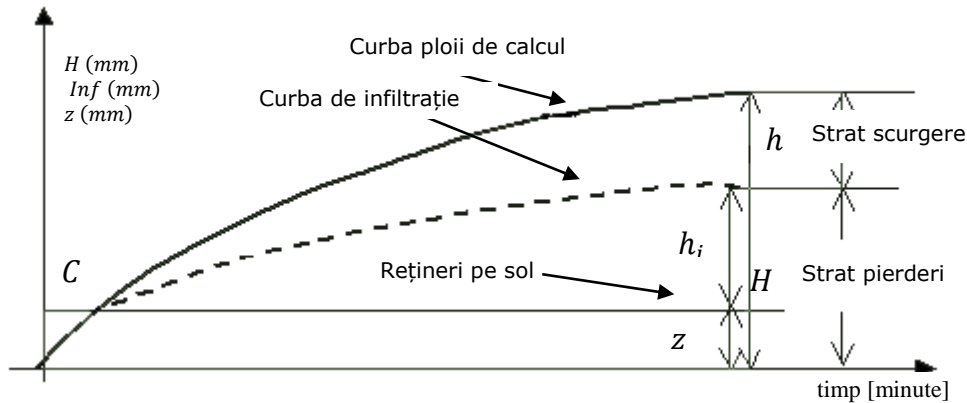


Fig.2.3. Determinarea stratului de scurgere (după <http://echo2.epfl.ch/VICAIRE/>)

Pentru determinarea stratului de scurgere se reuiesc pe același grafic curba de cădere a ploii de calcul, curba de infiltrație și pierderile  $z$ . Conform figurei 2.3 se poate constata că scurgerea nu începe o dată cu căderea ploii, ci doar după un interval de timp corespunzător momentului în care intensitatea pierderilor devine egală cu intensitatea ploii (punctul C). Pentru a determina scurgerea la un moment  $t$ , atunci grosimea acestui strat va fi calculată conform formulei:

$$h = H - \Sigma\Delta \quad (2.7)$$

unde:  $H$  este ordonata curbei de cădere a ploii [mm], iar  $\Sigma\Delta = h_i + z$  reprezintă ordonata pierderilor.

Pentru determinarea stratului de scurgere de pe suprafața un bazin hidrografic pot fi neglijate pierderile datorate reținerii apei în microdepresiuni, pierderile datorate infiltrării apei în sol și pierderile prin evaporatie (Giurma, 2003, <http://echo2.epfl.ch/VICAIRE/>).

### 2.1.1.2. Schimbările climatice

Clima este definită ca o sinteză a vremii pe o perioadă de timp suficient de lungă care să permită determinarea unor anumite caracteristici statistice ale acesteia. Pentru caracterizarea climei, de regulă, se folosesc mediile parametrilor meteorologici pe intervale lungi de timp: temperatura, presiunea atmosferică, vânt, precipitații, nebulozitate etc. Variațiile pe termen scurt ale sistemului climatic sunt cunoscute sub denumirea de fluctuații/oscilații, în timp ce variațiile pe termen lung sunt asociate cu schimbările climatice. Principalii factori care influențează regimul elementelor climatice sunt grupați în trei grupe, și anume: factorii astronomici, factorii fizico-geografici și factorii climatici. Factorii astronomici (forma și mișcările pământului) condiționează repartitia valorilor solare și variațiilor intensității, care influențează acțiunea climato-genetică a factorilor radiativi. În ultima perioadă de timp a fost acordată o atenție deosebită acestui subiect, în special asupra reglementărilor legislative cu privire la adaptarea la schimbările climatice.

Oamenii și activitățile lor socio-economice (în special agricultura) au fost întotdeauna influențate de condițiile climatice. O gamă largă de decizii luate de oameni (referitoare la alegerea amplasamentelor pentru hidrocentrale, culturi

agricole, localități etc) se bazează pe ipoteza stabilității climatului, adică orice spațiu va avea aceleași fluctuații meteorologice în viitor, asemenea celor din trecut. Schimbările climatice însă pun sub semnul întrebării stabilitatea sistemului tocmai prin schimbările modelelor de temperatură și precipitații. În același timp, oamenii influențează clima.

Conform Comitetului Interguvernamental pentru Schimbări Climatice (IPCC) (<http://www.ipcc.ch/>), schimbările climatice reprezintă un proces complex de modificare a caracteristicilor elementelor climatice (temperatură, precipitații, creșterea frecvenței și intensității unor fenomene meteorologice) în intervale mari de timp, pe spații întinse, datorită variabilității naturale sau ca rezultat al activității antropice.

În general, schimbările climatice sunt asociate cu creșterea temperaturii medii globale. Conform celui de-al patrulea Raport Global de Evaluare al Grupului Interguvernamental privind Schimbările Climatice – IPCC, creșterea temperaturii atmosferice s-a accentuat în ultimele secole, și începând cu perioada preindustrială, temperatura a crescut cu aproximativ 0.76 °C. Scenariile prognozează creșteri ale temperaturii cu până la 1.8 – 4 °C până la sfârșitul acestui secol, însă se urmărește limitarea încălzirii globale medii la 2 °C peste valoarea preindustrială și ținerea sub control a efectelor schimbărilor climatice. În cazul depășirii celor 2 °C, riscul apariției unor schimbări climatice periculoase și imprevizibile crește considerabil, determinând o creștere exponențială a costurilor necesare adaptării (IPCC, 2007, CCE, 2007).

Cercetările realizate de specialiștii climatologi ai Administrației Naționale de Meteorologie pentru identificarea schimbărilor în regimul climatic, pe baza șirurilor valorilor anotimpuale și anuale la stațiile cu observații complete pe perioada 1961-2007 pentru media temperaturii aerului și vitezei vântului, precipitații și șiruri ale unor indici referitori la evenimente extreme (durata maximă a intervalelor cu ploaie/fără ploaie, cantitatea maximă de precipitații căzută în 24 de ore, frecvența cantităților zilnice de precipitații care depășesc anumite praguri), au evidențiat o încălzire semnificativă de aproximativ 2°C în toată țara în timpul verii, în regiunile extracarpătice în timpul iernii și primăverii, cu valori mai mari în Moldova depășind 2°C iarna și 1°C primăvara. În timpul toamnei se remarcă o tendință de răcire ușoară în toată țara care nu este însă semnificativă din punct de vedere statistic.

Din punct de vedere pluviometric nu s-a indentificat o tendință semnificativă clară de schimbare la nivelul întregii țări, dar s-a evidențiat o tendință de scădere a cantităților de precipitații în majoritatea regiunilor țării, mai pronunțată în centrul țării, cu creșteri ușoare în nord-est și unele regiuni din sud. Tendințe semnificative de creștere a cantităților de precipitații pe arii mai extinse se remarcă în anotimpul de toamnă. Vara, deși arii extinse prezintă o tendință de creștere, aceasta nu este semnificativă din punct de vedere statistic iar pe unele arii mai restânse prezintă o tendință de scădere, aceasta fiind semnificativă doar în câteva puncte izolate. O caracteristică importantă a variabilității temporale a cantităților de precipitații o constituie componenta pronunțată interdecenială care face dificilă separarea semnalului climatic pe termen lung privitor la variabilitatea cantităților de precipitații la nivel global (mmediu.ro).



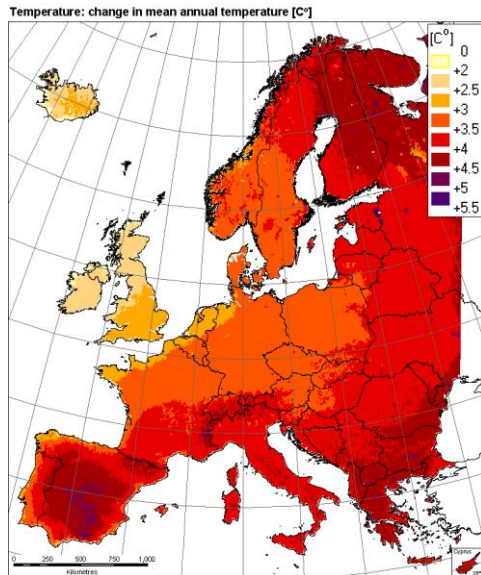


Fig. 2.4. Evoluția temperaturilor medii anuale în Europa până la sfârșitul secolului<sup>1</sup> (CCE, 2007)

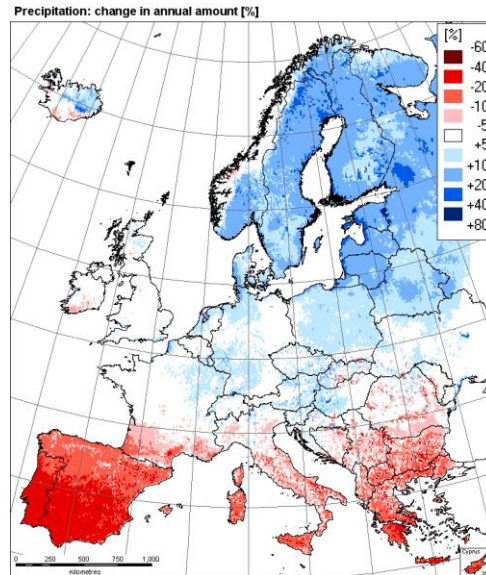


Fig. 2.5. Evoluția precipitațiilor medii anuale în Europa până la sfârșitul secolului (CCE, 2007)

Modificările vremii au loc independent de activitatea umană, însă schimbările climatice pot fi accelerate de aceasta (activități agricole, industrie, transporturi, defrișarea pădurilor, dar mai ales prin utilizarea combustibililor fosili). Potrivit Convenției-Cadru a Națiunilor Unite privind Schimbările Climatice (UNFCCC) schimbările climatice se referă la o schimbare de climat care este atribuită direct sau indirect activității umane, care modifică compoziția atmosferei globale mai mult decât variabilitatea climatică naturală, observată pe perioade de timp comparabile (<http://unfccc.int/2860.php>). De cele mai multe ori creșterea temperaturii este atribuită activităților umane care eliberează CO<sub>2</sub> în atmosferă (activități industriale și folosirea combustibililor fosili sau alte activități care eliberează gaze cu efect de seră în atmosferă).

Schimbările climatice pot avea, de exemplu, diverse efecte asupra bazinului hidrografic: debitul cursurilor de apă se va modifica în urma schimbării regimurilor de precipitații și, în zonele de munte, a reducerii cantităților de zăpadă și gheață; blocarea cu aluviuni a barajelor hidroelectrice s-ar putea accentua ca urmare a eroziunii în creștere; posibilitatea producerii inundațiilor ca urmare a căderii precipitațiilor. În România, pe fondul acestor modificări globale, accentuarea producerii inundațiilor este cauzată de despăduririle necontrolate efectuate după anul 1990, care determină o scurgere rapidă a apei pe versanți, intensificarea eroziunii solului și a alunecărilor de teren, de colmatarea albiilor minore și de construcțiile de locuințe sau alte utilități.

<sup>1</sup> Figurile 4 și 5 se bazează pe scenariul A2 al raportului special privind scenariile de emisii (SRES) prezentat de IPCC. Efectele schimbărilor climatice au fost estimate pentru perioada 2071-2100, în comparație cu perioada 1961-1990. Hărțile au fost elaborate pe baza datelor DMI/PRUDENCE (<http://prudence.dmi.dk>) și procesate de Centrul Comun de Cercetare în cadrul studiului PESETA, finanțat de acesta (<http://peseta.jrc.es>).



Amenințarea schimbărilor climatice este abordată la nivel global de către Convenția Cadru a Organizației Națiunilor Unite privind schimbările climatice (UNFCCC), al cărei obiectiv este de „a stabili concentrațiile de gaze cu efect de seră din atmosferă la un nivel care să prevină interferențele antropice periculoase cu sistemul climatic”.

În funcție de scenariile care prognozează modul în care schimbările climatice vor influența mediul natural și factorul antropic se pot lua măsuri pentru a încerca limitarea impactului. Scenariile sunt de cele mai multe ori realizate prin extrapolare, pe baza evoluției anumitor parametri până la momentul efectuării studiului. Identificarea problemei și a eventualelor soluții rămân totuși nesigure. Trebuie menționat însă că schimbările climatice nu sunt un fenomen izolat, ele fac parte dintr-un sistem complex de schimbări globale, în care activitățile antropice trebuie văzute ca și parte din procesul de evoluție al planetei.

În același timp, modificările climatice nu trebuie privite doar ca o amenințare, pentru că pot apărea oportunități pentru o nouă dezvoltare economică, sustenabilă, în aproape oricare din sectoarele afectate, dar și cercetare:

- apă: lipsa apei, calitatea apei, secetă, inundații etc;
- pierderea biodiversității;
- calitatea aerului, solului;
- agricultură (ariditate, salinizare, inundații, care pot duce la pierderea culturilor sau insuficiente); cultivarea unor culturi alternative;
- infrastructură și așezări umane;
- sectorul industrial sau sectorul turistic.

Este necesară luarea de măsuri de adaptare din partea autorităților publice, cum ar fi adaptarea planificării teritoriului la probabilitatea producerii unor inundații sau a secetelor. Adaptarea la schimbările climatice este complexă, în primul rând pentru că evoluția climatică este incertă. Incertitudinea va caracteriza semnificativ prognozele cu privire la evoluția vremii și va trebui luată tot mai mult în calcul în planificare. Adaptarea își propune să reducă considerabil pagubele și costurile necesare redresării în urma unui eveniment extrem. Adaptarea este complementară atenuării impactului unui anumit eveniment, însă au anumite limitări: odată depășite anumite praguri (de exemplu ruperea digului sau secete extreme), consecințele pot deveni grave și ireversibile.

### 2.1.2. Bazinul hidrografic

Bazinul hidrografic reprezintă suprafața teritoriului de pe care apele rezultate din precipitații și cele subterane se scurg și pătrund în ramificațiile rețelei (Giurma, 2003). Din punct de vedere geomorfologic, bazinul hidrografic reprezintă unitatea erozională fundamentală a reliefului (Rădoane, 2002).

Suprafața de alimentare a unui sistem hidrografic este delimitată de cumpăna apelor, adică o linie de separație care unește de obicei punctele de cea mai mare altitudine de pe suprafața terenului din care apa aflată în exces pornește spre un anumit bazin hidrografic sau către un bazin hidrografic învecinat și se închide în zona de cea mai mică altitudine (Zăvoianu, 2006). În natură ne întâlnim cu un bazin hidrografic superficial și un altul subteran (de asemenea o cumpănă de ape superficială și una subterană), existând situații în care între cele două bazine există coincidențe sau diferențe (în special în zonele carstice), adică alimentarea apelor subterane se face dintr-un bazin și deversarea se realizează pe cale subterană în altul.

În cadrul unui bazin hidrografic au loc toate procesele fizice, care determină scurgerile hidrologice (Giurma, 2003). Suprafața unui bazin hidrografic este supusă

unui flux continuu de materie și de energie, principala cale de pătrundere a materiei în bazin fiind constituită de precipitații, la care se adaugă intrările din bazinele vecine pe cale subterană, prin intermediul vântului sau prin intervenția antropică (Zăvoianu, 2006).

Intrările și ieșirile de materie și de energie în decursul timpului, în raport cu substratul geologic, au generat actuala configurație a bazinului, caracteristicile sale morfometrice și au modelat peisajul. Bazinul hidrografic poate varia în timp și spațiu, în funcție de condițiile climatice, scurgerea apei și infiltrarea acesteia, acoperirea terenului, caracteristicile geologice și pedologice și bineînțeles, de factorul uman. Zonarea unui bazin hidrografic în subbazine și zone interbazinale ajută la înțelegerea proceselor ce se produc în cadrul întregului sistem.

### **2.1.2.1. Elemente morfometrice ale bazinului hidrografic**

Între izvor și gura de vărsare, orice râu prezintă o serie de elemente caracteristice care permit stabilirea unor caracteristici calitative asupra scurgerii apei într-un bazin hidrografic sau permit folosirea elementelor respective în diverse relații pentru analiza cantitativă a scurgerii apei.

*Cumpăna de ape* reprezintă linia care separă bazinele hidrografice și care unește de obicei punctele de cea mai mare altitudine. În plan, cumpăna de ape reprezintă perimetrul bazinului hidrografic, urmărind configurația curbilor de nivel și cotele topografice. Cumpăna apelor este un element dinamic, care se poate modifica pe parcursul evoluției paleogeografice a bazinului prin captări între bazinele vecine (Teodorescu, 2005).

*Suprafața bazinului hidrografic* ( $F$  sau  $S_b$ ) reprezintă spațiul drenat de rețeaua de cursuri temporare și permanente, delimitată de cumpăna de ape. Suprafața se poate determina prin intermediul mai multor metode (grafice, mecanice sau electronice), însă nu toate duc la obținerea unui rezultat suficient de precis. Selectarea metodei de lucru depinde de scopul urmărit, de gradul de precizie cerut la finalizare, de rapiditatea executării operațiunii și de aparatura disponibilă (Teodorescu, 2005).

După modul în care se realizează transportul apelor de scurgere dintr-un bazin hidrografic în albia cursului principal, se stabilesc două categorii de zone:

- subbazine hidrografice – de pe care scurgerea este transportată concentrat prin intermediul unei rețele secundare de scurgere (afleuți) în cursul principal);
- zone interbazinale - de pe care transportul scurgerii se realizează pe întreaga lungime a frontului de contact dintre zone și cursul principal de apă.

*Forma bazinului hidrografic* este foarte importantă, pentru a putea face legătura cu o serie de procese hidrologice. Forma bazinului hidrografic este caracterizată de o serie de coeficienți, precum coeficientul de dezvoltare al cumpenei bazinului hidrografic, coeficientul de dezvoltare al bazinului hidrografic, coeficientul de asimetrie al bazinului hidrografic, abaterea de la forma circulară. Pentru evaluarea cantitativă a formei bazinului se folosesc mai multe formule, iar de fiecare dată forma bazinului se compară cu o figură geometrică de referință (pătrat, cerc). Forma bazinului influențează amplitudinea și desfășurarea viiturilor. De exemplu, în bazinele cu formă rotundă, apele afluenților ajung aproximativ în același timp în centrul geometric al bazinului și ca urmare viiturile se formează și se transmit repede, având o putere mai mare de eroziune și de transport. Într-un bazin

hidrografic alungit, viiturile sunt mai reduse ca amplitudine, având o putere mai mică de eroziune și de transport.

*Lungimea bazinului hidrografic* ( $L$ ) reprezintă distanța măsurată de la vărsarea cursului principal până la cumpăna apelor (obârșia cursului) (Giurma, 2003). În literatura de specialitate se folosesc două mărimi (Zăvoianu, 2006):

- Lungimea maximă ( $L_{max}$ ), ca distanța dintre izvor și vărsare, măsurată paralel cu linia principală de drenaj;
- Lungimea medie ( $L_m$ ), calculată ca un raport între suprafața bazinului ( $F$ ) și lățimea acestuia ( $B$ ):

$$L_m = F/B \quad (2.8)$$

*Lățimea bazinului hidrografic* ( $B$ ) reprezintă un raport între suprafața bazinului ( $S_b$ ) și lungimea medie a acestuia ( $L_m$ ).

$$B = F/L_m \quad (2.9)$$

Lungimea și lățimea medie a unui bazin hidrografic reprezintă două caracteristici foarte importante în analiza și prevederea volumului și amplitudinilor viiturilor. Cu cât lățimea medie a bazinului este mai mică și lungimea mai mare, cu atât amplitudinea viiturilor va fi mai redusă (Giurma, 2003).

*Coeficientul de dezvoltare al cumpenei bazinului hidrografic* ( $d$ ) se obține ca raport între lungimea cumpenei apelor bazinului dat și perimetrul unui cerc având o suprafață egală cu a bazinului.

$$d = \frac{Lc}{lc} = \frac{Lc}{2\sqrt{\pi F}} \quad (2.10)$$

- unde: -  $Lc$  este lungimea cumpenei bazinului hidrografic (km);  
 -  $lc$ , perimetrul cercului cu o suprafață egală cu suprafața bazinului (km).

*Coeficientul de dezvoltare al bazinului hidrografic* ( $\varphi$ ) este dat de raportul dintre lățimea medie și lungimea bazinului sau de raportul dintre suprafața bazinului și suprafața pătratului având latura egală cu lungimea bazinului.

$$\varphi = \frac{B}{L} = \frac{F}{L^2} \quad (2.11)$$

*Abaterrea de la forma circulară* ( $\beta$ ) este dată de relația:

$$\beta = \frac{4\pi F}{Lc} \quad (2.12)$$

*Coeficientul de asimetrie al bazinului hidrografic* ( $\alpha$ ) reprezintă un parametru ce caracterizează modul în care suprafața totală a bazinului hidrografic este distribuită pe stânga sau pe dreapta cursului principal determină asimetria. Acest coeficient  $\alpha$  este dat de relația:

$$\alpha = \frac{F_s - F_d}{\frac{F_s + F_d}{2}} = \frac{2(F_s - F_d)}{F} \quad (2.13)$$

*Altitudinea medie a bazinului hidrografic* ( $H_m$ ) reprezintă un parametru foarte important, prin intermediul căruia se pot evidenția particularitățile genezei și

ale regimului resurselor de apă, ale evapotranspirației și coeficientului de scurgere, în raport cu altitudinea medie a bazinelor. Altitudinea medie este strâns legat de scurgerea specifică  $q = l/s/kmp$ . De obicei  $H_m$  este exprimată în cote absolute față de planul de referință general.

$$H_m = (f_1 \times h_1 + f_2 \times h_2 + \dots + f_n \times h_n) / S_b \quad (2.14)$$

unde:  $f_1, f_2, f_3, \dots, f_n$  – suprafața între două curbe de nivel vecine;

$h_1, h_2, h_3, \dots, h_n$  – semisuma celor două curbe de nivel învecinate.

*Panta medie a bazinului hidrografic* reprezintă diferența de nivel dintre două puncte, raportată la proiecția în plan a distanței dintre ele. Panta medie a bazinului hidrografic influențează scurgerea apei pe versant, determinând o anumită viteză de deplasare, în funcție de care va rezulta intensitatea proceselor de eroziune, transport și depunerea particulelor solide din bazin. Determinarea pantelor se poate realiza după planul de situație cu curbe de nivel, cu ajutorul relației:

$$I_{med} = \frac{H_{max} - H_{min}}{L_b} \quad [m/km] \quad (2.15)$$

unde:  $H_{max}$  - cota maximă, situată pe cumpănă în apropierea izvorului;

$H_{min}$  - cota minimă sau cota de vărsare;

$L_b$  - lungimea bazinului.

sau:

$$I_{med} = \frac{H_{max} - H_{min}}{\sqrt{F}} \quad [m/km] \quad (2.16)$$

unde:  $H_{max}$  - cota maximă, situată pe cumpănă în apropierea izvorului;

$H_{min}$  - cota minimă sau cota de vărsare;

$\sqrt{F}$  - rădăcina pătrată din suprafața bazinului.

De asemenea, obținerea valorilor pantei medii pe bazin se poate realiza automat, prin utilizarea unor comenzi ale software-urilor de analiză spațială.

### 2.1.2.2. Rețeaua hidrografică

Apele curgătoare reprezintă un factor important care intervine în procesul modelare a reliefului, ea acționând atât în procesul de alterare și dezagregare al scoarței, cât mai ales în procesul de transport al fragmentelor de rocă rezultate. Forma de relief specifică acestui factor geomorfologic este aceea de vale (și de interfluviu) (Posea, 1976). Rețeaua hidrografică este rezultatul unui proces foarte complex, de la pluviodenudație, la scurgerea apei pe versant. Factorii hidrologici cuprind rețeaua hidrografică permanentă, cea temporară și toate elementele specifice scurgerii. Într-un bazin hidrografic există o serie de variabile care definesc individualitatea acestuia, care se află într-o relație de interdependență, aflate într-un echilibru dinamic rezultat în urma unui îndelungat proces evolutiv. Condițiile climatice, alături de alcătuirea petrografică, relief, vegetație și activitatea umană

influențează factorii hidrologici. Relieful acționează prin gradul fragmentării și declivitate, acolo unde valorile pantelor sunt mari, și drenajul apelor prezintă valori mai ridicate.

Între izvor și gura de vărsare a unui râu se desfășoară cursul râului, adică locul prin care apa sub influența forței gravitaționale și a pantei albiei, se îndreaptă dinspre zonele înalte spre cele joase. Convențional cursul râului a fost împărțit în trei sectoare (superior, mijlociu și inferior – fig. 2.6.), fiecare caracterizat prin trăsături specifice.

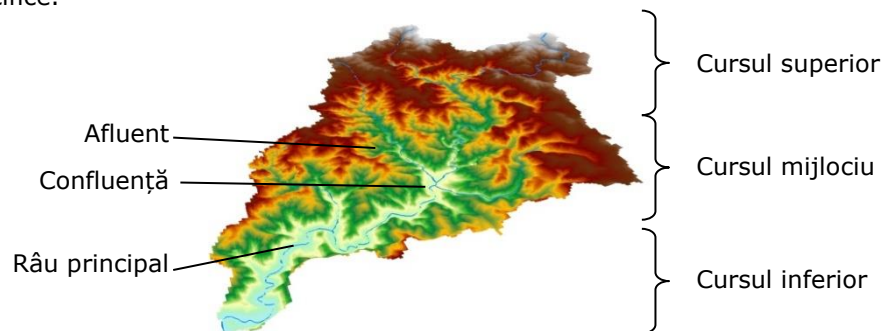


Fig. 2.6. Elementele principale ale sistemului fluviatil

Cursul superior, începând de la izvorul râului, se desfășoară de obicei în zona montană sau deluroasă, iar valea este îngustă, cu profil transversal sub forma literei V închis. Se caracterizează prin prezența unor pante abrupte, o alternanță de repezișuri, praguri, cascade, cu sectoare de curs liniștit și sectoare de râu rectilini, cu meandre impuse de structura geologică zonei. De obicei se întâlnesc forme de eroziune fluviatilă.

Cursul mijlociu se caracterizează printr-o scădere a plantelor și implicit a vitezei apei, apărând pe unele sectoare acumularea, iar pe altele se întâlnește eroziunea. Forma văii este tot sub forma literei V, dar malurile sunt mai puțin abrupte, având o altitudine relativ tot mai redusă spre aval. Este caracteristic de obicei zonelor deluroase.

Cursul inferior este situat de obicei în zonele de câmpie și se caracterizează prin procese de acumulare a sedimentelor datorate reducerii vitezei de curgere. Eroziunea este greu sesizabilă, valea având o deschidere mare, iar versanții o altitudine relativ redusă.

#### 2.1.2.2.1. Elementele văilor râurilor

Mai multe râuri care se unesc unul cu altul formează un sistem fluviatil. Orice sistem fluviatil conține un *râu principal* (colector al apelor din bazinul hidrografic) și *afluenți*, care la rândul lor pot avea alte surse de alimentare tot mai mici. Punctele de *confluență* sunt concordante ca nivel (fig. 2.6.) (Teodorescu, 2007).

Prin *valea unui râu* se înțelege o formă de relief negativă, îngustă și prelungă, cu pantă longitudinală care descrește spre aval, creată prin acțiunea apelor curgătoare. Prin formele și dimensiunile lor, văile influențează atât scurgerea lichidă, cât și cea de aluviuni. În profil transversal, la o vale se disting două părți principale și racordul dintre ele (Teodorescu, 2007):

- fundul văii (partea cea mai adâncă a acesteia);
- versanții (părțile care mărginesc fundul văii);

### 30 Aspecte conceptuale privind formarea inundațiilor și consecințelor acestora - 2

- muchia văii (locul de racordare a versanților cu zona înconjurătoare);
- piciorul versanților (locul de racordare al versanților cu fundul văii).

La rândul lui, fundul văii are o serie de elemente caracteristice (fig. 2.7.) (Teodorescu, 2007):

- albia minoră (principală) – locul ocupat de apă în perioada apelor mari și mijlocii;
- albia majoră (lunca) – locul acoperit de apă în perioada viiturilor; la aceasta se deosebesc de obicei trei zone, uneori existând posibilitatea să își facă apariția și terasele de luncă;
- terasele râurilor – rezultate prin activitatea îndelungată a apei asupra văii; ele sunt de fapt vechi albie majoră rămase suspendate, ca urmare a apariției unui nou nivel de bază și a adâncirii râului. Acestea se deosebesc între terase aluvionare și terase în rocă.

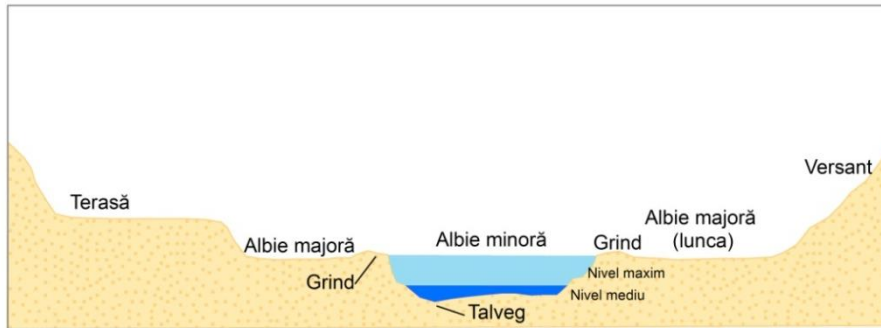


Fig. 2.7. Profil transversal schematic prin albia majoră a unui râu

*Albia minoră* caracterizată prin scurgeri permanente, este aceea prin care se scurg apele mici și mijlocii (limitată la nivelul debitelor medii multianuale). Albia minoră este cea mai dinamică formă din cadrul văilor, ea depinzând de unitatea de relief, de energia pe care o are masa de apă, în raport cu substratul geologic și cu panta în profil longitudinal (Zăvoianu, 2006). Între albia minoră și curentul de apă există o interacțiune puternică tot timpul și drept urmare apar afuieri și depuneri. În mod paradoxal, reziliența la inundații a luncilor a fost grav afectată tocmai ca urmare a lucrărilor ingineresti pentru protecția împotriva inundațiilor, dar și a altor acțiuni ale omului în bazinul hidrografic (fig. 2.8).

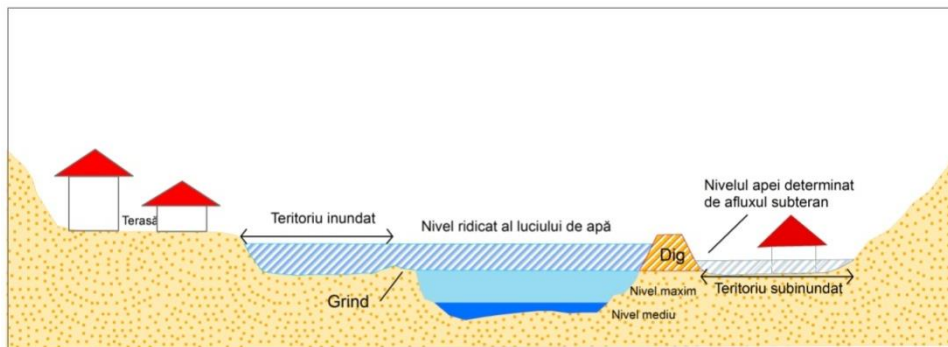


Fig. 2.8. Definierea zonelor inundate și subinundate într-o albie majoră

Puterea de eroziune și de transport influențează forma albiei în plan. Albiile râurilor pot diferi în timp și spațiu, în funcție de condițiile climatice, debitele și nivelurile apei, scurgerea apei și infiltrarea acesteia, acoperirea terenului, caracteristicile geologice și pedologice și bineînțeles, de factorul uman. Prezența și distribuția depozitelor aluviale este dependentă de capacitatea de eroziune, transport și acumulare, de variabilitatea temporală și spațială a nivelurilor apelor, de structura geologică din amonte. Eroziunea laterală contribuie la dezvoltarea albiei majore pe celălalt mal, sedimentele fiind transportate până îndeplinesc condiții de acumulare. De asemenea, inundațiile contribuie la acumularea și depunerea sedimentelor, a nutrienților și a diferitor poluanți sau pot conduce la modificarea albiei minore a râului, la tăierea unor meandre sau formarea de noi meandre. Cursul râului poate fi sinuos, meandrat, sau să taie drept patul de roci. Evoluția în timp a cursurilor râurilor este în raport cu structura geologică și cu ansamblul factorilor fizico-geografici care au individualizat peisajul. Într-un areal cu energie de relief mare, forma albiei este sinuoasă; când coeficientul de sinuozitate este mai mare de 1.4, cursul de apă este considerat meandrat.

*Meandrul* reprezintă o sinuozitate accentuată a unui curs de apă, constituit din două bucle consecutive, în care curgerea are loc pentru una în sensul acelor de cesornic, iar pentru cea de-a doua în sens opus. Meandrele se dezvoltă acolo unde există o pantă redusă a cursului și, ca urmare a inerției și a forței centrifuge, apa are o putere de eroziune mai mare la malul concav, în comparație cu scăderea forței de transport în convexitate, unde are loc o depunere a materialelor mai grosiere.

Modificările în morfologia albiei sunt cele mai comune și cu cele mai vizibile efecte ale dezvoltării urbane în cadrul sistemului natural. Acțiunile de canalizare, desecare, despășurire, pavarea albiilor sau amenajarea de lacuri pot produce modificări vizibile în scurgerea apei și transportul sedimentelor în cadrul albiei: modificarea nivelului de bază, depunerea sedimentelor și colmatarea lacurilor.

#### 2.1.2.2.2. Elemente morfometrice ale rețelei hidrografice aferente bazinului hidrografic

Totalitatea unităților hidrografice curgătoare permanente și temporare existente într-un bazin de recepție (rigole, ravene, ogașe, torenți, pârâuri, râuri), la care se adaugă unitățile lacustre naturale sau artificiale și mlaștinile formează rețeaua hidrografică a unui bazin. Rețeaua hidrografică este caracterizată de o serie de elemente morfometrice, necesare activităților de gospodărire a apelor. Schema hidrografică a rețelei este o reprezentare sistematizată, la scară, a rețelei hidrografice, în scopul creării unei imagini sintetice asupra organizării bazinului. Astfel de scheme hidrografice sunt utilizate în practica hidrologică la diferite calcule sau prognoze, dar și în ingineria hidrotehnică în scopul întocmirii de planuri de situație sau pentru urmărirea comportării instalațiilor hidrotehnice.

*Lungimea rețelei hidrografice* reprezintă distanța măsurată pe cursul de apă de la izvor la vărsarea acestuia (Teodorescu, 2005). Lungimea totală a unei rețele hidrografice este formată din lungimea cursului principal ( $L_p$ ) și lungimea afluenților ( $l_i$ ).

$$L_{totală} = L_p + \sum_{i=1}^n l_i \quad [\text{km}] \quad (2.17)$$

*Coeficientul de sinuozitate* ( $K_s$ ) reprezintă raportul dintre lungimea râului ( $L_r$ ) măsurată după toate sinuozitățile lui și lungimea dreptei  $l$  care-i unește extremitățile:

$$K_s = \frac{L_r}{l} > 1,0 \quad (2.18)$$

*Coeficientul de ramificare* ( $K_r$ ) reprezintă raportul dintre lungimea tuturor ramificațiilor ( $l_1, l_2 \dots l_n$ ) ale unei rețele hidrografice inclusiv cursul principal ( $L_p$ ) și lungimea cursului principal. Este dat de relația:

$$K_s = \frac{l_1 + l_2 + \dots + l_n + L_p}{L_p} \quad (2.19)$$

Valorile coeficienților de sinuozitate și ramificare sunt necesare pentru studii referitoare la evoluția lbiei, calculul volumului lucrărilor de dragare, a lucrărilor de regularizare a cursului râului în vederea atenuării undei de viitură etc).

*Densitatea rețelei hidrografice* se stabilește prin măsurători efectuate pe hartă și reprezintă raportul dintre lungimea tuturor ramificațiilor ( $l_1, l_2 \dots l_n$ ), inclusiv lungimea cursului principal ( $L_p$ ) și suprafața care înscrie rețeaua hidrografică respectivă ( $F$ ).

$$D = \frac{l_1 + l_2 + \dots + l_n + L_p}{F} \quad [\text{km}/\text{km}^2] \quad (2.20)$$

O rețea hidrografică va colecta un volum de apă mai important cu cât va avea mai multe ramificații și cu cât acestea vor fi mai lungi.

*Profilul longitudinal al rețelei hidrografice* este o reprezentare grafică a rețelei hidrografice în plan vertical, întocmită după hărți cu curbe de nivel sau pe baza unor măsurători hidro-topografice și exprimă succesiunea cotelor terenului de pe fundul văilor. Profilul conține pe abscisă lungimea în km, iar pe ordonată altitudinea în metri, a diferitelor puncte caracteristice (deasupra nivelului mării).

*Profilul transversal* reprezintă intersecția unui râu cu un plan vertical perpendicular pe direcția de curgere a apelor. Din punct de vedere hidrologic acest profil prezintă o importanță deosebită, deoarece în funcție de caracteristicile lui se stabilește capacitatea de curgere, repartitia vitezelor, direcția curenților longitudinali și transversali ai râurilor etc. Profilul transversal poate fi asimilat cu un dreptunghi, trapez, parabolă sau combinații ale acestor figuri geometrice. El este variabil și diferă atât de la un râu la altul cât și în lungul aceluiași râu, fiind influențat de forma și structura văii.



## 2.2. Inundațiile și riscul la inundații

Pentru a putea oferi măsuri în vederea reducerii impactului inundațiilor este necesară înțelegerea principalilor factori ce determină producerea inundațiilor. În același timp trebuie clarificată utilizarea termenilor de ape mari, viitură sau inundație. În formarea undelor de viitură un rol deosebit îl au factorii climatici (atmosfera, regimul termic și regimul precipitațiilor) și factorii fizico-geografici (bazinul și rețeaua hidrografică) (Giurma, 2003). Deoarece există o oarecare lipsă de uniformitate a termenilor utilizați, care poate duce la confuzii în acest sens, este necesar ca termenii să fie explicați pentru o bună cunoaștere.

### 2.2.1. Ape mari

Apele mari se înregistrează ca urmare a înregistrării unor ploi de intensitate mică și durată lungă de timp sau ca urmare a topirii zăpezilor. Faza de ape mari este caracterizată prin creșterea generală a debitelor râurilor și menținerea lor la valori ridicate o perioadă mai îndelungată, fără creșteri spectaculoase de nivel.

### 2.2.2. Viiturile

Viitura este un fenomen natural ce corespunde creșterii nivelului de apă. Viiturile reprezintă unde hidraulice în cursul cărora debitele și nivelurile apelor râurilor cresc relativ brusc în proporții importante și are apar în urma unor ploi torențiale, a topirii zăpezilor sau a altor fenomene naturale. 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.

#### 2.2.2.1. Definirea undelor de viitură

Viitura este definită de către Vladimirescu (1984) ca fiind formă a scurgerii directe în faza în care aceasta se produce pe suprafața versanților și în microdepresiunile terenurilor și are aspectul unei pânze de apă-respectiv a unor suvoaie filiforme. Prin captarea acestor mase de apă de către rețeaua hidrografică, se formează curenți de scurgere directă cu un important potențial hidraulic.

O altă definiție a viiturilor elementare este cea formulată de Diaconu și colab. (1994) care pune în centrul ei elementul meteorologic; dacă o ploaie oarecare de o durată dată formează pe suprafața bazinului dat o scurgere cu un strat de 1 inch (2,54 cm), atunci hidrograful care caracterizează această scurgere, poate fi privit ca viitură elementară pentru bazinul hidrografic dat.

Viitura se deosebește de faza de ape mari prin timpul de manifestare a procesului de geneză. Viitura se caracterizează prin creșteri rapide de debit de apă, respectiv de nivele, prin atingerea unor debite de vârf mari și printr-o scădere rapidă a debitelor, care este, în general, mai lentă decât creșterea. Producerea viiturilor este datorată unor ploi puternice de intensitate mare sau în urma topirii bruște și intense a zăpezilor. Viiturile se pot produce în orice lună din an, însă cea mai mare frecvență a viiturilor se constată în perioada februarie-mai, iar cea mai redusă în intervalul august-septembrie. Variațiile nivelurilor și debitelor pe durata unei viituri într-o secțiune a unui curs de apă este dată de hidrograful nivelurilor, respectiv debitelor, numit hidrograful viiturii sau unda de viitură.

Unda de viitură se deplasează de regulă atât în albia minoră, cât și în albia majoră a râului și produce inundații în zonele de luncă. Un hidrograf de viitură (debit au nivel) sintetizează integral – sub raportul scurgerilor – toate caracteristicile precipitației atmosferice, climatice și ale bazinului hidrografic la care a fost înregistrat. El conține în structura sa geometrică variația în timp a scurgerii directe, intermediare și subterane, care îi conferă o mare diversitate de forme. Se pot distinge două forme principale ale hidrografelor de viitură, și anume hidrograf singular și hidrograf complex.

Hidrograful singular (fig.2.9.a) prezintă un singur vârf, efect al precipitațiilor relativ grupate sau ca efect al suprapunerii unor hidrografe parțiale. El este caracterizat de un debit inițial ( $Q_0$ ) înregistrat într-un timp  $t_0$ , de un timp de creștere  $t_c$ , până la un  $Q_{max}$  și o perioadă de descreștere  $t_d$ , care de regulă este mult mai mare decât  $t_c$ . Debitul maxim înregistrat reprezintă concentrarea maximă a scurgerii și are loc în momentul încetării precipitațiilor sau un timp după. Timpul de creștere este dependent de forma și suprafața bazinului hidrografic, el este cu atât mai mare cu cât suprafața bazinului hidrografic este mai mare.

Hidrograful complex (fig. 2.9.b) se deosebește de hidrograful singular prin prezența a două sau trei vârfuri proeminente. Vârfurile duble ale hidrografului apar ca urmare a succesiunii precipitațiilor la intervale de timp mai mici decât terminarea scurgerii din prima precipitație sau ca efect al combinării hidrografelor diferitelor ramificații ale rețelei hidrografice din amontele profilului unde s-a înregistrat hidrograful complex. În cazul hidrografului cu două vârfuri se pot diferenția două tipuri, vârful cel mare putând fi înregistrat înaintea sau după vârful mic.

În figura 2.9. sunt redată hidrografele de viitură ale debitelor pentru viitura de tip monoundă (fig. 2.9.a) și pentru viitura de tip pluriundă (fig. 2.9.b).

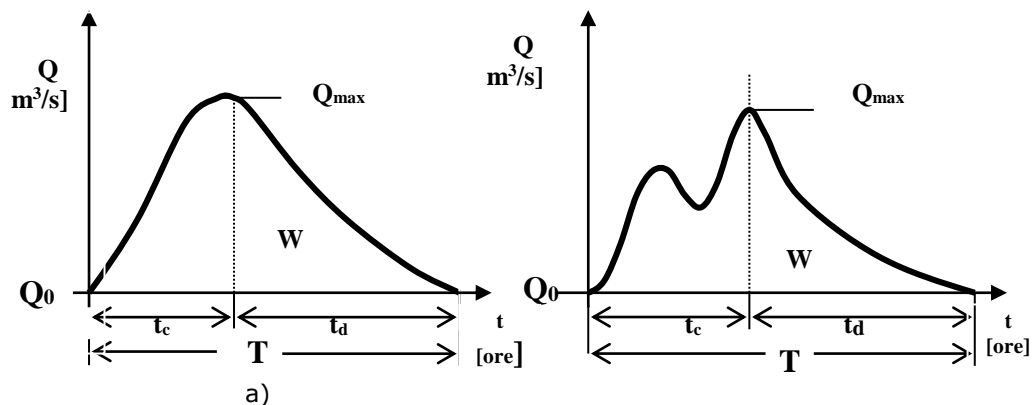


Fig. 2.9. Hidrografele debitelor de viitură de tip monoundă (a) și pluriundă (b)  
<http://echo2.epfl.ch/VICAIRE/>

Hidrografele debitelor de viitură de tip monoundă întâlnite mai frecvent în practică pot fi definite prin debitele:

$$Q_i = Q(i \cdot \Delta t) \quad (2.21)$$

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

sau prin unele elemente caracteristice cum ar fi:

- debitul maxim al viiturii  $Q_{max}$  ( $m^3/s$ );

- durata de creștere a viiturii  $t_c$  (ore, zile), care reprezintă timpul în care debitul crește de la valoarea debitului de bază  $Q_b$  la valoarea debitului maxim al viiturii  $Q_{max}$ ;
- debitul de bază, dat de aportul de apă subterană care în perioada fără precipitații alimentează râul;
- durata de descreștere a viiturii  $t_d$  (ore, zile), care reprezintă timpul în care debitul scade de la valoarea maximă până la valoarea scurgerii de bază; pentru toate viiturile  $t_d > t_c$ ;
- durata totală a viiturii  $T=t_c + t_d$  (ore, zile);
- volumul viiturii  $W$  (m<sup>3</sup>), dat de relația:

$$W = \int_0^T Q(t)dt = \gamma \cdot Q_{max} \cdot T \quad (\text{m}^3) \quad (2.22)$$

- coeficientul de formă al viiturii  $\gamma$ , care arată abaterea pe care o are hidrograful de viitură de la un dreptunghi și este dat de raportul dintre suprafața hidrografului și aria dreptunghiului care încadrează hidrograful de viitură:

$$\gamma = \frac{\int_0^T Q(t)dt}{T \cdot Q_{max}} \quad (2.23)$$

- stratul echivalent al volumului scurs  $h_s$  (mm), care este dat de înălțimea stratului repartizat pe suprafața bazinului hidrografic și rezultă prin repartizarea uniformă a volumului viiturii pe suprafața bazinului hidrografic aferentă secțiunii de calcul:

$$h_s = c \frac{W}{F} \quad (\text{mm}) \quad (2.24)$$

- unde: -  $W$  (m<sup>3</sup>) este volumul viiturii înregistrate în secțiunea de calcul;
- $F$  (km<sup>2</sup>) este suprafața bazinului hidrografic;
  - $c$  este coeficientul de transformare a dimensiunilor.

Pentru a trasa hidrograful de viitură sunt necesare elementele:  $t_c$ ,  $T$ ,  $Q_{max}$  și  $\gamma$ ; sunt obligatorii următoarele trei puncte:  $(0, 0)$ ;  $(t_c, Q_{max})$  și  $(T, 0)$ ; apoi prin tatonări se trasează diverse hidrografe până când volumul viiturii este egal cu produsul  $\gamma \cdot T \cdot Q_{max}$ , adică:

$$\int_0^T Q(t)dt = \gamma \cdot T \cdot Q_{max} \quad (2.25)$$

Datorită dezvoltării tehnicilor de calcul și complexității mari a fenomenelor hidrologice s-au dezvoltat tot mai multe metode de modelare matematică a proceselor hidrologice. Modelarea matematică apelează la scheme logice, ecuații matematice și prin intermediul sintezelor hidrologice precum și a diverșilor parametri ce intervin în procesul de modelare, are ca principal scop scoaterea în evidență, cât mai fidel, a evenimentului hidrologic probabil.

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/ruperea amenajărilor hidrotehnice).

#### **2.2.2.2. Calculul debitelor maxime cu diferite probabilități**

Debitele maxime într-un bazin hidrografic sunt condiționate de foarte mulți factori care variază în timp și în spațiu și a căror determinare este dificilă. Determinarea debitelor maxime pe bazine mici are particularități care o deosebesc de determinarea debitelor maxime în bazine mari (Bilașco, 2008).

Un bazin de dimensiuni mici poate fi acoperit de aceeași ploaie, pe când pe un bazin mare ploile nu acoperă decât părți din bazin și la momente diferite de timp. De aici rezultă și faptul că scurgerea maximă și viiturile elementare care se formează pe bazine mici se concentrează și se compun în timp și spațiu pe bazinele mari. Acest fapt atrage de astfel diferențierile în tratarea teoretică a formării și calculului scurgerii maxime și viiturilor în funcție de mărimea bazinelor și în continuare diferențele în tratarea practică a acestora.

Un alt element important care influențează diferențierea determinării debitelor maxime în bazine hidrografice mici față de determinarea debitelor maxime în bazine mari este dinamica factorilor genetici și condiționali ai scurgerii maxime, cei mai dinamici fiind factorii condiționali (suprafața bazinului și la faciesul bazinal). La bazinele mai întinse, unde modificările factorilor genetici se resimt slab și lent fără a antrena schimbări importante în formarea scurgerii maxime, este necesar să se urmărească prin rețele hidrometrice standard, realizându-se pe această cale acumularea multîmilor șirurilor de debite maxime cronologice și determinarea pe baza acestora a debitelor maxime de calcul folosind prelucrările statistice temporale și temporalo-spațiale și elaborarea de sinteze.

În hidrologie pot interveni diferite situații când datele de baza utilizate în prelucrarea statistică pentru obținerea unor elemente hidrologice (debite maxime, hidrografe de viitură, volume etc.) folosite în proiectarea lucrărilor hidrotehnice și gospodărirea apelor sunt insuficiente sau lipsesc. De exemplu, sunt stații hidrometrice la care observațiile s-au efectuat cu întreruperi sau pentru o perioadă de timp prea scurtă pentru a putea fi aplicate în metodologia statisticii matematice.

Debitele maxime de calcul cu o anumită asigurare se pot determina prin:

- metode directe (metoda statistică a curbelor de asigurare) – atunci când materialul hidrometric (șir de debite, volume, hidrografe) este suficient sau poate fi completat pentru calculul unor curbe de asigurare; șirul debitelor maxime trebuie să cuprindă o perioadă de minimum 20 de ani și să includă anii caracteristici;
- metode indirecte (genetice) - utilizează ca material de referință ploile caracteristice înregistrate în ultimii 15-20 ani; cunoscând condițiile locale ale scurgerii și formării debitelor, obținem debitele, volumele și hidrograful râului în secțiunea de calcul.

În unele situații nu există observații și nu este nici timp suficient pentru a organiza măsurători cu un volum de date concludente și totuși trebuie să se stabilească anumite elemente hidrologice din bazinul hidrografic studiat. Prin prelucrarea statistică a datelor hidrologice se obțin în principal parametri necesari pentru dimensionarea lucrărilor hidrotehnice. Analiza de frecvență este o metodă statistică pentru interpretarea și evaluarea probabilistică a proceselor și fenomenelor hidrologice, considerate aleatorii. Ea are ca obiectiv principal stabilirea relației

existente între diferite evenimente extreme și probabilitatea lor de depășire sau de nedepășire ( Bilașco, 2009).

#### 2.2.2.2.1. Determinarea debitelor maxime anuale cu diferite probabilități de depășire folosind curba de probabilitate Gumbel

Analiza de frecvență este o metodă statistică de predicție care constă în studiul evenimentelor trecute, caracteristice pentru un anumit proces în scopul definirii probabilităților de apariție a unor valori date în viitor. Predicția presupune introducerea unui model frecvențial, care este o ecuație ce descrie comportamentul statistic al unui proces. Calitatea rezultatelor unei analize frecvențiale depinde în mare măsură de modul de selectare a modelului frecvențial (Haidu, 2002).

Prin intermediul instrumentelor statistice se pot determina debitele maxime pentru o anumită frecvență de apariție. Legea lui Gumbel (distribuția Gumbel) sau legea dublu exponențială este o lege de distribuție statistică folosită în hidrologie și climatologie pentru estimarea valorilor extreme ale unor fenomene, prin intermediul unui șir de date  $X_i$ ,  $i = 1, \dots, n$ . Este considerată a fi una din cele mai potrivite legi pentru descrierea unei serii de valori maxime anuale, o maximă anuală fiind cea mai mare valoare din cele 365 de valori zilnice (Haidu, 2002). La acest șir de date se calculează media aritmetică și deviația standard.

Distribuția Gumbel are doi parametri de distribuție ( $\alpha$ ,  $\mu$ ). Estimarea parametrilor distribuției Gumbel se poate realiza prin mai multe metode: metoda momentelor, metoda verosimilității maximelor, metoda celor mai mici pătrate, dintre acestea fiind aleasă metoda momentelor.

$$F(x) = \exp \left[ -\exp \left( -\frac{x-\mu}{\alpha} \right) \right] \quad (2.26)$$

$$\text{unde:} \quad \alpha = \frac{\sqrt{6}s}{\pi} \quad (2.27)$$

$$\mu = \bar{x} - \gamma * \alpha \quad (2.28)$$

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n} \quad (2.29)$$

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{x})^2}{n}} \quad (2.30)$$

$$\gamma = 0.5772 \text{ (constanta Euler)}$$

Există numeroase formule de estimare a funcției de repartiție  $F(x)$  cu ajutorul distribuției empirice, ce se bazează pe o selecție după valori crescătoare sau descrescătoare, permițând asocierea rangului său  $k$  fiecărei valori. Rangul reprezintă ordinea mărimii evenimentelor istorice înregistrate din șirul de date. Din acesta se va deduce frecvența și probabilitatea de producerea a unor valori specifice fenomenului analizat. Formula de probabilitate empirică utilizată pentru aplicație este formula lui Hazen:

$$F = \frac{k - 0.5}{n} \quad (2.31)$$

unde  $n$  este dimensiunea eșantionului (numărul de observații)  
 $X(k)$  valoarea de rang  $k$  al observației într-o serie de  
 valori ordonate crescător (descrescător),  $k = 1, \dots, n$ ;  
 0.5 - coeficient

Utilizând șirul de debite maxime anuale și presupunând că distribuția rămâne constantă de-a lungul timpului, se pot calcula debitele maxime corespunzătoare diferitelor perioade de revenire.

#### 2.2.2.2.2. Calculul debitelor maxime cu diferite probabilități cu distribuția tip Pearson III

Având la dispoziție un șir statistic  $X_i, i=1,2,\dots,n$  unde  $n > 20$  de mărimi hidrologice obținute prin observații și măsurători se poate întocmi curba de probabilitate empirică prin ordonarea descrescătoare a șirului de date hidrologice ( $X_i > X_{i+1}$ ) și calcularea probabilității folosind formula lui Weibull:

$$p_i = \frac{i}{n+1} 100 \quad [\%] \quad (2.32)$$

unde  $i$  este numărul de ordine al termenilor din șir;  
 $n$  = numărul total al termenilor șirului.

Sfera de aplicare a acestei curbe este însă redusă, pentru că în majoritatea cazurilor cuprinde amplitudini mici de variație ale elementului hidrologic luat în studiu din cauza șirurilor scurte de date folosite la întocmirea ei. Apare deci o problemă deosebit de importantă și dificilă și anume: extrapolarea probabilităților la capetele intervalului, problema care poate fi rezolvată cu ajutorul curbei de probabilitate teoretică de tip Pearson III.

Calculul privind această curbă teoretică se conduce astfel:

- șirul statistic de date folosite  $X_i$  se ordonează descrescător ( $X_i > X_{i+1}$ ) și se calculează media aritmetică cu formula:

$$X_{med} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n} \quad (2.33)$$

- se calculează coeficienții moduli  $K_i$  și coeficientul de variație  $C_v$

$$K_i = \frac{X_i}{X_{med}} \quad (2.34)$$

$$C_v = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (K_i - 1)^2}{n - 1}} \quad (2.35)$$

- se determină coeficientul de asimetrie  $C_s$  în funcție de coeficientul de variație  $C_v$  :

$$C_s = \alpha C_v \quad (2.36)$$

unde valorile coeficientului  $\alpha$  se aproximează în funcție de natura mărimii căreia  $i$  se calculează valorile probabilistice și anume:

- $\alpha=0$  pentru niveluri maxime;
- $\alpha=1,5$  pentru debite medii anuale pe râuri care au regim nepermanent;
- $\alpha=2,0$  pentru debitele medii anuale, minime de vară, maxime de primăvară;
- $\alpha=3\div 3,5$  pentru precipitații maxime;
- $\alpha=3,5\div 4,0$  pentru debite maxime pe râurile mici.

În cazurile când numărul de date ( $n$ ) este foarte mare coeficientul de asimetrie se determină cu relația:

$$C_s = \frac{\sum_{i=1}^n (K_i - 1)^3}{n - C_v^3} \quad (2.37)$$

- pentru calculul valorilor cu diferite probabilități se folosesc tabelele Foster- Rîbkin sau tabelele lui Krîțkii-Menkel

Cu valorile extrase se calculează elementul hidrologic analizat în funcție de probabilitatea de calcul.

- pe același grafic cu curba de probabilitate empirică se reprezintă și curba de probabilitate teoretică luând pe abscisă probabilitatea la scara logaritmică, iar pe ordonată mărimea hidrologică la scara normală pentru  $\alpha=2$ , sau la scara logaritmică pentru  $\alpha \neq 2$ .
- se analizează poziția pe care o are curba de probabilitate teoretică față de curba de probabilitate empirică.

Dacă între cele două curbe există diferențe, trebuie să se facă ajustarea curbei de probabilitate teoretică cu datele experimentale (curba de probabilitate empirică) prin modificarea coeficienților  $C_v$  și  $C_s$  sau a raportului  $\alpha$  (Giurma, 2003).

mai mare, cu atât parametrii teoretici se apropie mai mult de valorile din eșantion. Trebuie avută în vedere și posibila modificare a tiparului scurgerii (ca urmare a modificărilor antropice sau naturale din cadrul bazinului hidrografic sau din cauza modificărilor climatice – modificarea precipitațiilor). În viitor s-ar putea înregistra valori mai mari sau mai mici decât valorile din eșantion, iar incertitudinea legată de rezultatele modelului depinde atât de numărul variabilelor din eșantion, dar și de metoda de calcul al probabilității aleasă.

Cunoscând debitele maxime, volumul maxim și hidrografal pentru diferite asigurări se pot proiecta lucrările de apărare împotriva inundațiilor.

### 2.2.3. Inundațiile

Inundațiile sunt unele dintre fenomenele naturale cu cel mai mare potențial de producere a pagubelor și sunt pe cale să devină mult mai frecvente și mai răspândite din cauza modificărilor la nivelul modelelor climatice sau din cauza antropizării mediului, în special a urbanizării. Prin amploarea lor, inundațiile au repercusiuni nu doar prin pagubele materiale sau pierderile de vieți omenești, ci și prin efectul asupra mediului, modificând atât albia minoră, cât și albia majoră și relieful regiunii afectate. În procesele de evoluție și de dinamică ale albiei unui râu, asemenea fenomene sunt normale, societatea asumându-și riscul distrugerilor provocate de inundații (Grecu, 2006).

#### 2.2.3.1. Definirea inundațiilor

Inundațiile constituie fenomenul de acoperire a unor teritorii de către apă ca urmare a ridicării nivelului acestora peste cota terenului din teritoriile respective (Chiriac, Filotti, Manoliu, 1980). O inundație este provocată de un surplus de apă care depășește capacitatea de transport a albiei minore și ca urmare se revărsă în albia majoră, acoperind suprafețe de teren care de regulă nu sunt afectate de creșteri ale nivelurilor medii sau mici. Din punct de vedere hidrologic, o inundație poate fi orice creștere a nivelului sau debitului apei peste un nivel care depășește malurile albiei minore (Grecu, 2006).

În concordanță cu Directiva 60/2007 a Uniunii Europene referitoare la evaluarea și managementul riscului la inundații, inundațiile reprezintă „acoperirea

temporară cu apă a unui teren care nu este acoperit în mod obișnuit cu apă. Aceasta include inundații cauzate de râuri, torenți de munte, cursuri de apă intermitente de timp mediteranean și inundații produse de mare în zonele costiere și nu include inundațiile produse de sistemele de canalizare". În această definiție pot fi incluse și terenurile din zona de câmpie inundate temporar ca urmare a creșterii nivelului apelor subterane până la intersectarea suprafeței topografice și stagnarea la suprafața solului pentru o perioadă îndelungată de timp (Greco, 2006).

United States Geological Survey definește inundația ca fiind revărsarea sau inundarea cauzată de un râu sau de un alt corp de apă și care cauzează sau poate produce pagube (USGS, 2011).

Comitetul de Observație Satelitară a Pământului definește inundația ca fiind orice debit de apă relativ mai mare care depășește malurile naturale sau artificiale ale unui râu sau ale unui curs de apă, atunci când un mal este depășit, apa inundă lunca și devine un pericol pentru societate (CEOS, 2003).

### **2.2.3.2. Tipuri și cauzele producerii inundațiilor**

Apariția inundațiilor se datorează mai multor factori, printre care caracteristicile precipitațiilor, caracteristicile bazinului hidrografic, managementul apelor în bazinul respectiv sau utilizarea terenurilor. Diferite tipuri de inundații prezintă diferite forme și grade de pericol pentru societate, proprietate și mediu, în funcție de durată, viteză, volumul apei și alte pericole asociate cu inundația (fig. 2.10). Pentru a înțelege procesul pe care îl presupune o inundație, este necesar să se cunoască factorii care conduc la apariția acestui fenomen.

După modul în care se produc, inundațiile pot fi împărțite în două categorii:

- *inundațiile de suprafață*, care se produc prin revărsarea cursurilor de apă sau din apele scurse pe versanți;
- *subinundațiile*, produse ca urmare a ridicării nivelului apelor subterane peste nivelul terenului.

Frecvent, cauzele inundațiilor se clasifică în naturale și antropice. Inundațiile cu cauze naturale sunt cele provocate de un fenomen natural, cele mai frecvente fiind creșterea nivelului cursurilor de apă ca urmare a creșterii debitului din cauze climatice, a obturării secțiunii de scurgere sau a împiedicării scurgerii apei spre aval, ca urmare a creșterii nivelului în emisar, precum și scurgerea apelor din precipitații sau din topirea zăpezilor provenite de pe versanți peste anumite terenuri, înainte de ajungerea lor într-un curs de apă.

Apariția inundațiilor se datorează următoarelor cauze climatice:

- precipitațiile sub formă lichidă, în speciale ploile torențiale – constau în căderea unor mari cantități de precipitații într-un timp foarte scurt, astfel încât capacitatea de infiltrare a solului este repede depășită și aproape întreaga cantitate de apă căzută se scurge spre rețeaua de văi, generând viituri, depășirea capacității de transport a albiilor minore și deversarea apelor în albiile majore;
- topirea zăpezilor – care de regulă generează ape mari de primăvară sau de vară, în zonele înalte;
- topirea zăpezilor suprapusă cu căderea precipitațiilor conduce de multe ori la producerea inundațiilor;
- zăpoarele – caracteristice râurilor din zona climatului temperat continental sau subpolar și sunt caracterizate de formarea unor baraje de ghețuri, favorizând creșterea nivelului râului și inundarea în amonte. Ruperea barajului de ghețuri poate genera viituri și inundații în aval;



- excesul de umiditate – apele freatice de mic adâncime pot cauza inundarea unor terenuri orizontale care în mod obișnuit sunt emerse.

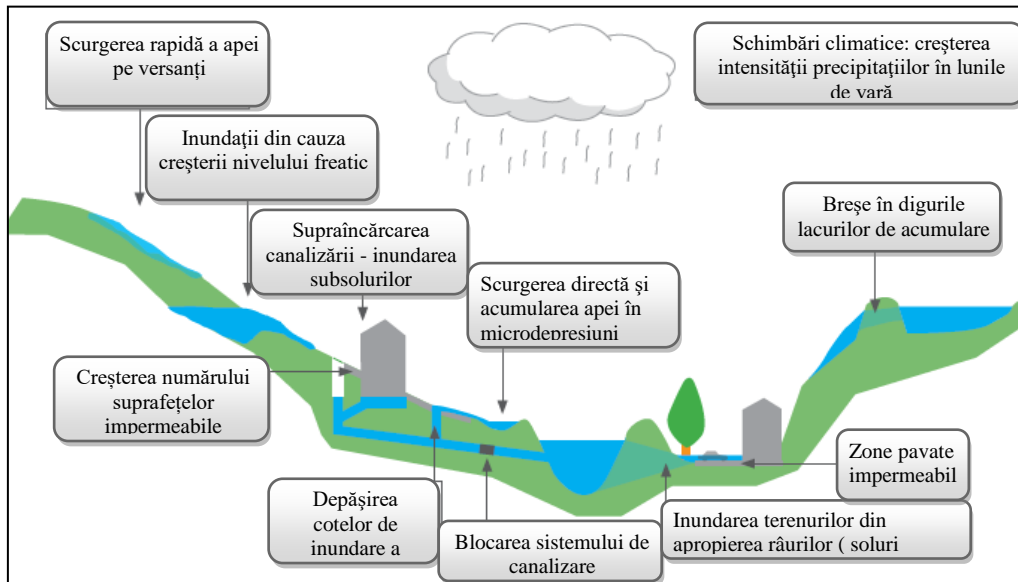


Fig.2.10. Principalele cauze și tipuri de inundații (după <http://www.flooding.ie/en/>)

Principalele cauze antropice declanșatoare sau favorizante ale producerii inundațiilor sunt:

- despăduririle – ce favorizează scurgerea rapidă a apei pe versanți;
- construcțiile hidrotehnice efectuate fără a cunoaște suficient de bine probabilitatea de apariție a nivelurilor și debitelor maxime – pot duce la o amplificare a debitelor maxime sau la o strangulare a secțiunii de scurgere;
- exploatarea necorespunzătoare a descărcărilor de ape mari ale lacurilor de acumulare
- undele de rupere care apar în cazul cedării barajelor unor lacuri de acumulare și digurilor (ruperea digurilor poate fi deliberată sau din cauze naturale).

Ca fenomene hidrologice extreme, inundațiile pot influența multe aspecte ale vieții omului din cauza efectelor lor distructive și a cheltuielilor substanțiale necesare atenuării lor. Cele mai periculoase inundații sunt cele provocate de viiturile de versant, pentru că acestea se produc într-o perioadă scurtă de timp. Acestea depind în mare măsură de intensitatea precipitațiilor și durata acestora, însă un rol important este jucat de condițiile topografice, pedologice și al acoperirii terenului.

Ele produc multe pagube materiale sau chiar pierderi de vieți omenești, deoarece populația nu are timp să reacționeze. În acest sens comunitățile trebuie să fie informate cu privire la expunerea lor la inundații (care determină valoarea pagubelor în zona vulnerabilă/afectată de un fenomen extrem). De asemenea, este necesar ca locuitorii să accepte riscul la inundații prin înțelegerea faptului că locuiesc într-o zonă inundabilă și trebuie să fie pregătiți în acest sens.

### **2.2.3.3. Efectele inundațiilor**

Inundațiile devin un pericol pentru societate doar atunci când intersectează activitățile și acțiunile oamenilor.

Inundațiile au o serie de funcțiuni naturale, creând condiții specifice de cadru natural care se află în echilibru tocmai în condițiile de inundabilitate (Egiptul antic). Eliminarea inundațiilor modifică brutal acest echilibru și poate antrena consecințe de amploare. De aceea efectele inundațiilor trebuie analizate din punct de vedere economic, social și ecologic. 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.

Efectele economice. Doi factori indică o creștere a riscului la inundații și importante pagube economice cauzate de inundații. 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/ruperea amenajărilor hidrotehnice).

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.

Pagubele provocate de inundații se împart în pagube reale și pagube potențiale. Pagubele reale sunt pagubele care s-ar putea produce efectiv la o anumită inundație ca urmare a distrugerii bunurilor, a activităților operative de intervenție în perioadele de inundații și a oricăror perturbații care constituie o consecință a inundațiilor. pagubele reale pot fi împărțite în pagube directe și indirecte:

- Pagubele directe - reprezintă valoarea distrugerilor sau avariilor obiectivelor afectate și valoarea cheltuielilor făcute cu operațiunile de intervenție pentru apărarea zonelor periclitate, de evacuare și ajutorare a populației: locuințe, obiective industriale, obiective agricole și zootehnice, rețeaua de transport (drumuri, căi ferate, electricitate, alte transporturi speciale), construcții hidrotehnice etc.;
- Pagubele indirecte - constau în pierderile înregistrate în economie ca urmare a întreruperii permanente sau temporare a proceselor de producție, întârzierilor în livrarea produselor sau reducerea exportului. Pot interveni costuri suplimentate de transport, cheltuieli pentru refacerea unor obiective avariate sau pentru plata asigurării buurilor materiale și umane, cheltuieli pentru apărarea obiectivelor în timpul inundațiilor etc.

Pagubele potențiale reprezintă diferențele dintre rezultatele activităților care s-ar putea desfășura pe terenurile din luncă dacă acestea nu ar fi inundate periodic

și rezultatele activităților care se desfășoară efectiv pe terenurile respective într-un regim dat de inundabilitate (Chiriac, Filotti, Manoliu, 1980). Pagubele potențiale ( $P$ ) sunt raportate pentru un moment viitor  $t$  la gradul de dotare al zonei afectată în acel moment și sunt date de relația:

$$P = P_0(1 + r)t \quad (2.38)$$

unde  $r$  este ritmul de dezvoltare al zonei

În general pagubele potențiale sunt mai mari decât cele reale.

Valoarea pagubelor provocate de inundații depinde de o serie de factori:

- gradul de dezvoltare socială și economică și densitatea populației în zona afectată;
- parametri hidrologici ai viiturilor (debitele, nivelurile, volumele și duratele acestora);
- durata inundării;
- înălțimea stratului de apă înregistrată deasupra terenului inundat etc.

Efectele sociale constau în pierderile de vieți omenești, îmbolnăviri și consecințele ulterioare ale acestora asupra vieții comunităților afectate. Dacă nu sunt luate măsurile de protecție medicală necesare, se pot declanșa epidemii.

Deși mijloacele moderne de alarmare și organizarea corespunzătoare permit în prezent evacuarea locuitorilor din zonele afectate, totuși măsurile de alarmare nu permit evitarea totală a accidentelor mortale, provocate de imprudența locuitorilor. De asemenea, populația din zonele afectate este supusă unui stres prelungit. În această categorie se poate încadra posibilitatea apariției foametei din zonele sinistrate, diminuarea veniturilor populației prin întreruperea activităților sau din cauza pagubelor directe suferite.

Un alt efect social al inundațiilor îl constituie distrugerea unor bunuri culturale de valoare: monumente, opere de artă cărți etc. sau reducerea ritmului de dezvoltare a comunităților afectate.

Efectele ecologice negative ale inundațiilor sunt evidente prin degradarea mediului ambiant prin afectarea stării de calitate a factorilor săi. Inundațiile periodice au adesea și rolul de a împropăta rezervele de apă subterană din lunci, utilizate pentru alimentarea cu apă, însă ridicarea nivelurilor de apă în lunci influențează și regimul apelor subterane din zonele învecinate, ducând la înmlăștinirea acestora și la scăderea recoltelor în urma excesului de umiditate.

Surgerea prin șiroire antrenează în cursurile de apă cantități mari de substanțe poluante de la suprafața solului, legată în special de activitatea umană desfășurată pe versanți și în lunci. Probleme importante apar din cauza inundării unor depozite de produse petroliere sau chimice, influențând posibilitatea de folosire a apei de către oameni și putând conduce la distrugerea faunei sau florei.

Inundațiile pot avea ca efecte negative sau distrugerii ale faunei, florei și peisajului. De cele mai multe ori, efectele geomorfologice ale viiturilor și inundațiilor pot produce importante eroziuni în maluri și alpii, autoînălțarea terenurilor inundate, prin acoperirea solului cu aluviuni și mâl de diferite grosimi. Terenurile afectate vor suferi o modificare a modului de folosință anterior, o dereglare a ecosistemelor anterioare și instalarea unei perioade de dezordine până la refacerea echilibrului (Grecu, 2006).

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.

Toate efectele inundațiilor nu pot fi cuantificate, dar cel puțin calitativ trebuie avute în vedere în momentul aprecierii oportunității unor lucrări de combatere a inundațiilor.

#### **2.2.4. Hazardul, vulnerabilitatea, riscul la inundații**

Studierea hazardurilor naturale și a riscurilor asociate acestora, monitorizarea lor cu scopul de a reduce eventualele consecințe negative asupra comunităților și propunerea unor soluții pentru reducerea impactului acestora reprezintă cele mai actuale probleme în literatura științifică de specialitate contemporană.

Cunoașterea riscurilor naturale și antropice reprezintă o necesitate a societății moderne, acordându-i-se o importanță deosebită în realizarea planurilor de amenajare sau a gestionării resurselor. Dacă termenul de „risc” se utiliza în special în domeniul economiei, începând din secolul al XX-lea el se utilizează și în domeniul geostiințelor, primele contribuții privind hazardurile naturale și impactul acestora fiind realizate de cercetătorul Gilbert White (1936, 1945) și echipa acestuia. Aceștia au studiat problema inundațiilor și managementul acestora în SUA, iar treptat cercetările s-au extins și asupra altor hazarduri. Treptat, analiza riscurilor și a hazardurilor naturale sau antropice a devenit o preocupare pentru cercetători. Inițial, abordarea fenomenelor naturale extreme era orientată mai mult spre trăsăturile hazardurilor și a numărului de victime și a pagubelor înregistrate, pentru ca ulterior studiile să fie orientate pe analiza fenomenelor naturale extreme ca parte integrantă a evoluției sistemului natural, ca urmare a atingerii sau depășirii anumitor valori critice a unor subsisteme (Greco, 2008) și a reacției post-hazard a societății.

Frecvența incidenței dezastrelor și creșterea numărului victimelor și al pagubelor materiale au atras atenția comunității internaționale. Prima încercare comună pentru omenire pentru prevenirea pierderilor inutile de vieți omenești din cauza dezastrelor naturale a fost în 11 decembrie 1987, la Geneva, unde Adunarea Generală a Națiunilor Unite a adoptat rezoluția 42/169, prin care declara anii 1990 ca și „Deceniul Internațional pentru Reducerea Efectelor Dezastrelor Naturale” (IDNDR), scopul fiind acela de a reduce pagubele prin acțiuni internaționale stabilite de comun acord, pierderea de vieți omenești, pagubele asupra proprietăților și disfuncționalitățile economice și sociale cauzate de hazardurile naturale. Acest deceniu a oferit comunității internaționale ocazia de a utiliza cunoștințele științifice existente și cunoștințele tehnice, pentru a atenua pierderile și a crește siguranța societății. În acest timp a crescut foarte mult gradul de conștientizare a publicului, iar fatalismul nu mai este acceptat. Guvernele trebuie să își asume responsabilitatea pentru securitatea cetățenilor, în special în cazul hazardelor naturale. Evident, nu toate obiectivele propuse au fost atinse în acești 10 ani, în schimb a reprezentat începutul unei perioade dedicate cercetărilor în acest domeniu.

Termenii de hazard și risc sunt deseori utilizați în mod neglijent sau în necunoaștință de cauză. Hazardul se referă la potențialul unui anumit fenomen de a provoca pagube. Inundațiile (cu diferitele lor cauze) reprezintă un hazard. Riscul se

referă la probabilitatea unui hazard de a avea loc și eventualele consecințe ale acestuia. Probabilitatea și consecințele inundațiilor reprezintă riscurile la inundații.

Identificarea hazardului, înțelegerea fiabilității măsurilor de protecție existente, cunoașterea riscului (a pagubelor potențiale) asociat hazardului, luarea măsurilor necesare pentru reducerea riscului (evitarea, minimizarea consecințelor sau recuperarea în urma unui eveniment) necesită o cunoaștere dincolo de aceste concepte.

Deși de cele mai multe ori termenii de risc și hazard sunt utilizați impropriu, din motive legate de etimologia noțiunilor și nivelul și tipul de pregătire științifică a utilizatorilor, ideea de bază rămâne aceeași: o amenințare pentru societate și pentru mediul înconjurător, care se poate solda cu pagube materiale sau pierderi de vieți omenești.

În continuare sunt prezentate câteva definiții preliminare despre conceptele de hazard, vulnerabilitate, risc, dezastru, pagube, deoarece există o oarecare lipsă de uniformitate în legătură cu utilizarea acestor termeni, iar uneori aceasta conduce la confuzii.

#### **2.2.4.1. Hazardul la inundații**

Hazardul este un eveniment amenințător sau probabilitatea de apariție într-o regiune și într-o perioadă dată, a unui fenomen natural cu potențial distructiv sau întâmplare neașteptată, soartă, destin. În această definiție sunt identificate componentele de timp și spațiu, însă nu este menționată și dimensiunea evenimentului. Perioada de revenire a hazardului este utilizată de obicei pentru a caracteriza evenimente de o anumită magnitudine (Greco, 2008, Voiculescu, 2002).

Hazardul este descris în diferite moduri, în funcție de evenimentul pe care îl descrie: alunecări de teren, inundații, cutremure de pământ etc.

Potrivit Agenției Elvețiene de Protecție Civilă, dezastrul este un eveniment unde pagubele depășesc capacitatea comunității afectate de a se reface prin propriile forțe. Această definiție se bazează pe capacitatea economică a societății afectate, ceea ce înseamnă că același eveniment poate avea impact diferit în funcție de arealul unde se produce și de capacitatea comunității de a face față și de a-și reveni în urma impactului.

Hazardul la inundații este un eveniment întâmplător, datorat unor procese naturale și/sau de natură antropică, eveniment care stă la baza creării unei viituri și datorită căruia factorul uman, activitățile acestuia și mediul natural și construit pot fi afectate. Probabilitatea de producere a acestui fenomen întâmplător este evaluată în cadrul modelării hidrologice, prin determinarea debitelor cu diferite probabilități de depășire. Vulnerabilitatea, reprezintă gradul de risc adus de către fenomenul întâmplător asupra utilizării unui teren. Evaluarea vulnerabilității se face prin determinarea limitelor de inundabilitate la diverse debite cu diferite probabilități de depășire.

Expunerea poate fi definită ca și probabilitatea ca un anumit element să fie expus riscului atunci când are loc un eveniment de o anumită dimensiune, într-un anumit loc și la un moment dat. De asemenea, expunerea mai este definită și ca probabilitatea ca un anumit obiectiv să fie afectat de un anume hazard.

#### **2.2.4.2. Vulnerabilitatea la inundații**

Orice sistem, indiferent de dimensiunea sau de tipul acestuia, conține o potențială vulnerabilitate specifică. Vulnerabilitatea este un sistem complex care include un număr mare de variabile naturale și sau umane, a căror dinamică spațio-

temporală poate produce situații mai mult sau mai puțin periculoase pentru comunitatea expusă. Există o serie de factori cu caracter general care pot influența nivelul vulnerabilității în orice context geografic, socio-economic sau politic, indiferent de natura hazardului analizat. Condiția socială are un rol important în stabilirea gradului de vulnerabilitate, însă trebuie luate în considerare și alte variabile, precum: ocupația, nivelul de educație, vârsta, sexul, etnia, starea de sănătate, statul imigrațional, natura și extinderea rețelelor sociale, existența unui copil mic sau a unor animale de companie. (Sorocovschi, 2010).

Vulnerabilitatea poate fi definită în funcție de caracteristicile unui sistem care descriu potențialul acestuia de a fi vătămat, adică măsura în care un sistem (natural sau antropic), expus unui anumit tip de hazard, poate fi afectat. Vulnerabilitatea sistemelor naturale și sociale este influențată de societatea umană, putându-se interveni direct și indirect asupra ei, în timp ce asupra hazardului controlul este minim. Vulnerabilitatea este o funcție a intensității evenimentului. Ea este, de asemenea, o variabilă de tip predictiv, indicând tot un potențial al pagubelor, fără a putea fi direct măsurată. Ea poate fi cuantificată ca pondere a pierderilor probabile în cazul unui hazard și rezultă din relația magnitudine/intensitate-pagube. Rezultatele nu sunt corecte dacă analiza se rezumă doar la perspectiva ponderii distrugerilor probabile, fără a raporta acest fapt la intensitatea evenimentului (Armaș, 2006). De asemenea, în analiza vulnerabilității se ține cont și de grosimea stratului de apă de pe terenul afectat de inundație. În funcție de limitele de inundabilitate și de utilizarea terenului, o anumită zonă este mai mult sau mai puțin vulnerabilă la inundații.

Tabelul 2.4. Categoriile și criteriile de vulnerabilitate la inundații

Vulnerabilitate scăzută	Clădiri multietajate, care oferă locuri mai sigure pentru oameni; parterul clădirilor poate fi utilizat ca spațiu comercial sau birouri. Construcțiile sunt din beton sau zidărie de cărămisă
Vulnerabilitate medie	Zonă rezidențială cu folosință multiplă (rezidențial și industrial)
Vulnerabilitate ridicată	Zone care oferă o slabă protecție a populației în cazul unor inundații: spații de campare sau construcții din materiale slabe

Vulnerabilitatea poate fi definită ca și inversul rezilienței, unde reziliența descrie capacitatea ecosistemului de a reacționa la stres, vulnerabilitatea reprezentând astfel tendința sistemului teritorial de a suferi pagube în timpul unui anumit eveniment extrem.

Riscul reprezintă pagubele totale cauzate de un anumit eveniment și este definit ca o funcție a hazardului, expunerii și vulnerabilității.

### 2.2.4.3. Riscul la inundații

Riscul este parte integrantă a procesului economic și social și poate crește o dată cu intervenția omului în desfășurarea proceselor hidrometeorologice.

Lupta împotriva fenomenelor hidrometeorologice extreme, precum inundațiile sau secetele, nu este o problemă nouă a societății, dar în ultima perioadă noi schimbări par să influențeze măsurile și politicile de management al riscului:

- schimbările climatice care influențează variabilitatea climatică, conducând la apariția unor evenimente extreme mai frecvente și mai severe;
- ca urmare a amplificării procesului de urbanizare, hazardele înregistrează consecințe tot mai deosebite, transformându-se din ce în ce mai des în dezastre;

- valoarea pagubelor crește proporțional cu inflația; valoarea pagubelor unui hazard poate diferi în funcție de perioada istorică/economică în care se produce evenimentul;
- creșterea nevoii de conștientizare a managementului integrat al inundațiilor și al resurselor de apă, luând în considerare bazinul hidrografic ca și unitate de bază pentru planificarea dezvoltării.

Riscul la inundații reprezintă „combinația dintre probabilitatea apariției unor inundații și efectele potențial adverse pentru sănătatea umană, mediu, patrimoniul cultural și activitatea economică asociate apariției unei inundații”( <http://eur-lex.europa.eu/>). Riscul la inundații (R) este definit și ca produsul dintre probabilitatea de apariție a astfel de evenimente (P) și eventualele pagube sau daune sau consecințe negative ale inundațiilor (C) (Meyer, Scheuer and Haase, 2009, 2010).

$$R = P \cdot C \quad (2.39)$$

Mai mult, riscul poate fi modificat prin modul de adaptare diferit al comunităților afectate. Capacitatea de adaptare combină strategiile și măsurile de care acționează direct în timpul producerii de pagube atunci când are loc un eveniment prin atenuarea impactului sau strategii de coping. Reziliența include copingul, plus abilitatea mediului de a rămâne funcțional în timpul evenimentului și de a se regenera în totalitate după producerea acestuia. Reziliența sistemului poate fi ridicată, atunci când acesta va încerca să se regenereze, sau scăzută, atunci când sistemul este într-adevăr afectat. Reziliența în fața dezastrelor este problema tuturor și trebuie să existe o responsabilitate comună între cetățeni, sectorul privat și autorități. Creșterea rezilienței incumbă decizii și acțiuni care pot pune obiectivele pe termen scurt împotriva celor pe termen lung. Astfel se poate opta pentru strategii pe termen lung, ce presupun acțiuni care descurajează dezvoltarea în arealele cu risc ridicat, ca răspuns la evenimentul care a avut loc, sau pentru strategii pe termen scurt, care pun accent pe reconstrucția după fiecare eveniment în parte, în funcție de gravitatea acestuia .

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)

$$\text{Risc} = f(p, e, s, v) \quad (2.40)$$

Expunerea la risc depinde de anumiți parametri spațiali (distanță, dimensiunea arealului afectat etc) și temporali (ritmicitatea activităților, perioada din zi în care are loc evenimentul, obiceiuri sezoniere etc), ceea ce implică diferite grade de vulnerabilitate. Magnitudinea, frecvența și distribuția spațială a inundațiilor trebuie să fie identificate pentru a stabili dacă sunt necesare măsuri suplimentare de reducere a riscului.

Dintre motivele pentru care riscul la inundații este tot mai mare, deși măsurile de protecție și pregătire s-au îmbunătățit, putem aminti exact cele trei componente care determină riscul: creșterea numărului de hazarde, creșterea vulnerabilității unor teritorii și creșterea valorii pagubelor înregistrate în cazul unor fenomene extreme.



#### 48 Aspecte conceptuale privind formarea inundațiilor și consecințelor acestora - 2

Pentru determinarea riscului sunt necesare o serie de criterii de evaluare a riscului la inundații, prezentate în tabelul 2.5.

Tabelul 2.5. Criterii de evaluare a riscului la inundații

Riscul la inundații	Descriere	Valoarea pagubelor
Criteriul economic	Daune medii anuale: pagube aduse bunurilor (clădiri, infrastructură, proprietate)	Lei, euro etc
Criteriul de mediu	Procese fluviatile, în special eroziunea și acumularea sedimentelor; alunecări de teren, poluarea apei, inundarea biotopurilor	Areale afectate: da sau nu
Criteriul social	Media anuală a populației afectate (teamă, îmbolnăviri, pierderea de vieți omenești); probabilitatea ca importante obiective socio-economice să fie afectate (spitale, școli, clădiri administrative etc);	Numărul populației afectate

La aceste criterii poate fi adăugat modul în care se intervine cu acțiuni și măsuri de atenuare (mijloace de avertizare care le permit oamenilor să evacueze arealul expus sau să găsească adăpost pentru a-i feri de apa revărsată). În ceea ce privește evaluarea riscului la inundații, pentru fiecare criteriu poate fi realizată o hartă, iar în final să se elaboreze o hartă detaliată a riscului.

Riscul este legat în mod inerent de prezența omului într-un anumit teritoriu, deoarece el este capabil să realizeze atât cauzele, cât și consecințele fenomenului. Existența unei comunități impune noțiunea de risc, în cazul în care societatea nu ar exista (persoane și bunurile materiale), atunci am vorbi doar despre hazard natural (care presupune probabilitatea de apariție sau producere a unui potențial eveniment devastator, într-o anumite perioadă și pe un anumit teritoriu)(Armaș, 2006).

O problemă esențială în managementul riscului la inundații este aceea a riscului acceptat de populație și factorii de decizie, deoarece nu există o protecție totală împotriva inundațiilor, după cum nu există nici un consens asupra riscului acceptabil. Riscul acceptabil trebuie să fie rezultatul unui echilibru între riscul și beneficiile atribuite unei activități ca urmare a reducerii riscului la inundații sau a unor reglementări guvernamentale.

În funcție de nivelul și viteza apei se stabilesc diferite praguri de risc pentru diferite categorii de receptori. Pentru populație, pragurile de risc sunt calculate în funcție de nivelul și viteza apei. În cazul construcțiilor, pragurile de risc se calculează atât în funcție de nivelul și viteza apei, dar și în funcție de înălțimea și suprafața construcțiilor, materialul de construcție etc.

Majoritatea oamenilor nu dispun de o experiență personală în confruntarea cu dezastrele naturale, preluând credințe cu privire la comportamentul individual și colectiv în cazul unui pericol din cinci surse principale de informare: de la concetățeni (prin tradiție orală), de la organele acreditate în domeniu, din mass-media, filme și cărți. Aceste surse sunt responsabile de promovarea și menținerea unor arhetipuri comportamentale dovedite a fi eronate în urma unor studii de specialitate. Conceperea unor planuri de intervenție și strategii de protecție civilă având la bază aceste credințe false sunt sortite din start eșecului în caz de implementare.

Cele mai frecvent întâlnite preconcepții se regăsesc în imaginea „panicii” generate de un pericol (a comportamentului dezorganizat), a dependenței pasive de echipele de intervenție și în posibilitatea exercitării unui control absolut asupra victimelor. Imaginea dependenței de echipele de salvare este înlocuită în realitate de



o mobilizare a tuturor resurselor interioare ale celor afectați, într-o atitudine activă, voluntară și responsabilă. Imaginea „dezordinii” generale este înlocuită printr-o activitate focalizată pe salvarea bunurilor personale și a celor apropiați. Totodată, studiile sociologice documentează că, în caz de pericol, are loc inițial o negare a mesajelor de avertizare și o rezistență în fața abandonării căminelor. Inerția populației în fața evacuărilor este și o consecință a temerii de a fi jefuită gospodăria părăsită (Armaș, 2006).

Analiza riscului oferă răspuns la întrebarea “*Ce se poate întâmpla într-un anumit context?*”. Analizele de risc constituie astfel suportul pentru procesul decizional în luarea unor măsuri concrete, menite să ducă la limitarea și diminuarea pericolului (managementul riscului). Adoptarea măsurilor se bazează însă pe un model sistemic, susținut de *conceptul de risc*, compus din trei elemente (Armaș, 2006):

- *analiza riscului* reprezintă un demers sistematic de caracterizare și, dacă este posibil, de cuantificare a unui risc, din perspectiva probabilității de producere și a dimensionalității consecințelor sale.
- *evaluarea riscului* constituie o etapă ulterioară, de decizie a semnificației riscurilor acceptabile, care se face de către factorii administrativi, pe baza comparării avantajelor și dezavantajelor implicate de un posibil eveniment.
- *managementul riscului* se referă la implementarea de măsuri și metode, cu scopul de a atinge nivelul de siguranță propus, în contextul adaptării la transformările de mediu. Activitățile de atenuare și adaptare sunt esențiale într-o regiune expusă riscului.

#### **2.2.4.4. Riscul, văzut din perspectiva modelului Sursă - Propagare – Receptori - Consecințe (negative) (SPRC)**

Modelul SPRC (fig. 2.11) este un model conceptual pentru a reprezenta sistemele și procesele care conduc la apariția unor anume consecințe și poate fi o metodă utilă în stabilirea relațiilor riscului la inundații. Sursa reprezintă originea inundației; calea de propagare este modul în care inundarea se produce; receptorii sunt comunitățile sau mediul natural afectate de inundații, iar consecințele negative reprezintă de fapt impactul inundației asupra receptorilor.

Această abordare permite o mai bună înțelegere a cauzelor și consecințelor inundațiilor, iar o mai bună cunoaștere înseamnă o mai bună planificare a zonelor inundabile. Un model de tipul SPRC este util în identificarea elementelor și proceselor principale din cadrul sistemului, oferind informațiile necesare pentru realizarea de modele și scenarii pentru un anumit studiu de caz. Sursele sunt de obicei agenți hidrometeorologici care generează hazardul (precipitații torențiale, perioadă lungă de precipitații, topirea zăpezilor, caracteristicile bazinului hidrografic), iar calea de propagare este reprezentată de cele mai multe ori de revărsarea râurilor în albia majoră sau de drenajul apelor pluviale din arealele urbane. Propagarea undei de viitură în bazinul hidrografic depinde de caracteristicile albiei râului, în care intervențiile antropice au un rol important. Dacă sursele din categoria condițiilor climatice nu pot fi controlate, alte pot fi controlate (utilizarea terenului, scurgerea, drenajul sau infiltrarea apei, retenția apei etc.)

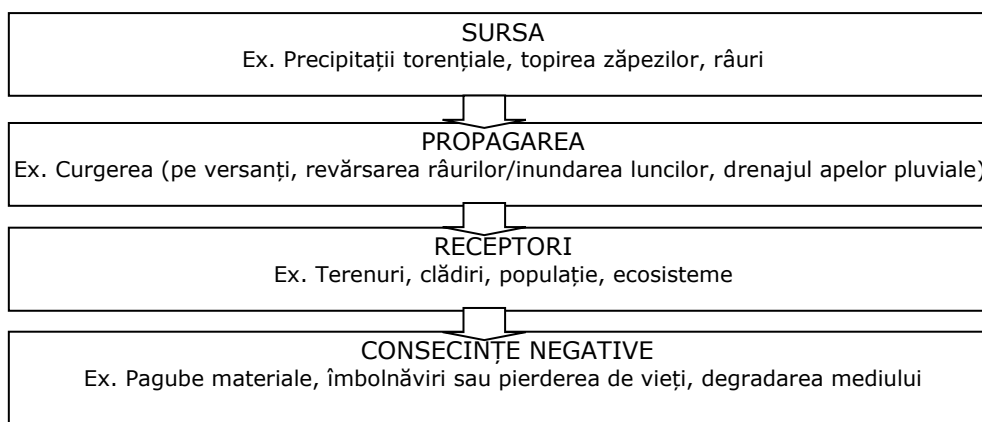


Fig. 2.11. Modelul conceptual SPRC în managementul riscului la inundații (după Schanze)

Receptorii și consecințele negative se referă la aspecte sociale și economice care sunt strâns legate de producerea hazardului. Receptorii sunt reprezentați de oameni, animale și plante, clădiri cu diferite destinații, infrastructură sau alte bunuri mobile, dar și întreg ecosistemul natural, cu toate componentele lui. Sursa și modul de propagare acoperă noțiunea de hazard la inundații, iar alături de receptori determină vulnerabilitatea la inundații.

În cazul în care se produce inundarea unui anumit areal, acest eveniment nu trebuie privit doar ca un eșec, pentru că tocmai astfel de evenimente sunt cele care sunt utile în pregătirea pentru evenimentele viitoare (au rol de feed-back în ceea ce privește ce măsuri de protecție trebuie adoptate într-un anumit loc sau dacă trebuie să adaptăm respectivul sit la incertitudinea referitoare la producerea unor alte astfel de evenimente). O atenție deosebită trebuie acordată ulterior proceselor de planificare și luare a deciziilor, pentru a reduce consecințele. Măsurile care vizează reducerea riscului trebuie să asigure un nivel de siguranță mai mare populației, infrastructurii și mediului. Trebuie luate în calcul atât strategiile pe termen lung cât și cele pe termen scurt și mediu. Implementarea integrală a unor strategii sustenabile va necesita destul de mult timp.

#### **2.2.4.5. Generalități privind hărțile de hazard, vulnerabilitate și risc la inundații**

Hărțile de vulnerabilitate sunt necesare pentru a stabili măsuri de protecție pentru diferite zone de interes. Scopul acestora este să împartă suprafața terenului, stabilind categorii de vulnerabilitate. Vulnerabilitatea la inundații reprezintă susceptibilitatea unui anumit areal de a fi afectat de inundații.

Utilizarea unui număr mare de parametri pentru evaluarea vulnerabilității conduce la prognoze mai sigure. Aceasta însă presupune un efort deosebit pentru introducerea datelor de intrare. În vederea reducerii erorilor, aceste date trebuie să aibă un anumit nivel de acuratețe: cu cât datele sunt mai precise, cu atât rezultatul este mai sigur. Însă pentru a dezvolta metode ușor de aplicat, o soluție în acest sens ar fi reducerea numărului de parametri de intrare, care ar duce la rândul său la rezultate mai puțin sigure.

Identificarea zonelor inundabile și clasificarea vulnerabilității la inundații pe diferite clase (probabilitate mare, moderată sau scăzută de producere) sunt esențiale. Hărțile de hazard sunt axate tot mai mult pe partea aplicativă, deci ele

pot constitui baza unei bune planificări a terenului, sau pot fi utilizate în cadrul planurilor de urgență sau de prevenire a comunității. UNECE (2009) face distincția între hărțile de hazard, hărțile de vulnerabilitate și hărțile de risc. Hărțile de hazard arată diferiți parametri (extinderea zonei inundate, adâncimea și nivelul apei, volumul viiturii, viteza de curgere a apei, propagarea undelor de viitură); ele ar trebui întocmite pentru diferite probabilități de producere: inundații cu probabilitate mare (la fiecare 10 ani), medie (la fiecare 100 de ani) sau probabilitate mică (evenimente extreme).

Hărțile de vulnerabilitate, numite de cele mai multe ori (în mod eronat) hărți de risc, arată bunurile expuse riscului (de diferite grade): persoane, daunele materiale – în sens monetar, sau pericole ale mediului înconjurător. Hărțile de hazard și de risc furnizează informații cu privire la distribuția spațială a factorilor care provoacă riscul. Pentru întocmirea acestor hărți de risc la inundații se urmărește determinarea obiectivelor potențial a fi afectate, evaluarea vulnerabilității obiectivelor expuse riscului și estimarea pagubelor și a pierderilor de vieți omenești.

Pentru o analiză a riscului la inundații, în primul rând, trebuie identificat arealul cu posibilitatea de inundare, pentru ca apoi să fie analizat riscul și identificate măsurile ce pot fi adoptate pentru a reduce impactul; măsurile variază de la măsurile structurale (diguri, baraje, acumulări) la măsuri nonstructurale (modul de utilizare a terenurilor, sisteme de avertizare).

O dată cu creșterea frecvenței evenimentelor de inundații, în ultimii ani a existat o creștere a numărului de decese atribuite inundațiilor (înec, stop cardiac etc) sau alte afecțiuni. Pentru a calcula riscul potențial al persoanelor decedate într-o inundație au fost dezvoltate mai multe modele care iau în considerare o serie de caracteristici precum:

- caracteristicile arealului afectat (expunere, tipul de așezare, numărul și densitatea populației, tipul și structura clădirilor, sistemele de avertizare);
- caracteristicile viiturii (nivelul și viteza apei, debitul, sedimentele și alte materiale transportate, perioada din zi sau din an în care are loc evenimentul);
- caracteristicile populației (vârstă, gen, starea de sănătate, statutul social sau nivelul de instruire, modul de conștientizare a riscului; localnici sau turiști, chiar și faptul dacă dețin animale de companie);
- modul de răspuns al instituțiilor (avertizare, evacuare, salvare etc)

Pagubele pot fi calculate pentru fiecare celulă a rețelei, astfel că poate fi creată o hartă a pagubelor pentru fiecare eveniment. În cazul criteriului economic, cu ajutorul datelor din statisticile oficiale este estimată valoarea totală a punctelor de risc, în funcție de distribuția spațială a acestora. Categoriile de utilizare a terenului au diferite valori de piață, așadar o zonă construită va fi considerată a avea un grad de risc mai mare decât un teren acoperit cu pășune. De asemenea, vor exista diferențe în cazul aceleiași categorii de utilizare a terenului, dar pentru a analiza riscul în această situație sunt necesare informații detaliate cu privire la valoarea fiecărei proprietăți în parte. Pentru simplificarea modului de elaborare a hărților de vulnerabilitate a spațiilor rezidențiale se va presupune că fiecare dintre acestea are același grad de vulnerabilitate, indiferent de valoarea de piață a fiecărei clădiri în parte. O atenție deosebită trebuie acordată școlilor sau spitalelor.

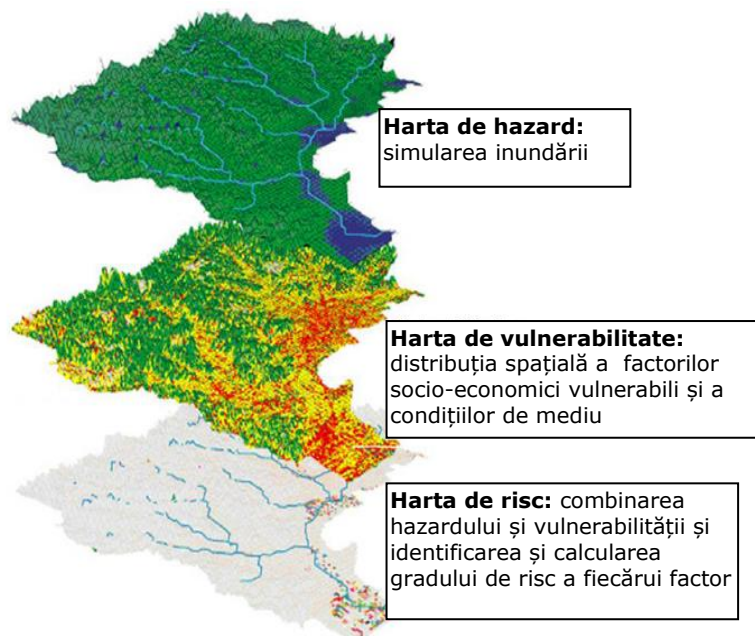


Fig.2.12. Hărțile de hazard, vulnerabilitate și risc elaborate cu ajutorul SIG (<http://www.apfm.info>)

Riscurile la inundații se pot considera nesemnificative 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.

Hărțile trebuie create în așa fel încât să fie accesibile cât mai multor părți interesate, pentru a se lua deciziile cele mai potrivite. Hărțile de risc la inundații ar trebui să arate potențialele pagube asociate cu scenariile ale inundațiilor, exprimate în termeni precum:

- numărul de locuitori potențial afectați;
- tipul de activitate economică principală/ activități economice din zona potențial afectată;
- instalații care pot produce poluare accidentală;
- alte informații considerate utile de către autorități (UNECE, 2009).

Determinarea riscului la inundații se bazează inițial pe cunoașterea evenimentelor de același fel din trecut. Informațiile referitoare la astfel de inundații se găsesc în cadrul agențiilor de specialitate: Apele Române, Administrația Națională de Meteorologie, agențiile de mediu (care au date recente și mult mai concrete), dar și în alte scrieri din documente oficiale sau literatură (menționează evenimentul, dar nu și dimensiunea acestuia – raportat ca valoare, nu ca impact asupra sănătății

umane, mediului înconjurător, patrimoniului cultural și activitatea economică).

În procesul de identificare și delimitare a 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 realizarea unei hărți a hazardului la inundații sunt necesare modelări hidrologice și hidraulice. În prezent sunt disponibile o gamă largă de modele hidrologice și hidraulice, în funcție de scopul pe care îl urmăresc și de cercetătorii sau organizațiile care le-au creat. Multe dintre aplicații sunt bazate pe modelări unidimensionale 1D sau bidimensionale 2D.

Utilizatorii unor astfel de hărți pot fi:

- agențiile de administrare a bazinelor hidrografice – pentru identificarea zonelor inundabile în vederea elaborării sau îmbunătățirii planurilor de protecție și adaptare la inundații;
- administrațiile locale/regionale/naționale și agențiile de planificare a teritoriului – în scopul găsirii soluției de echilibru între spațiul construit și mediul natural, adică conservarea și renaturarea albiilor râurilor, prevenirea riscului inundațiilor în zonele inundabile, restricții de construire în zonele inundabile, adaptarea și conviețuirea cu inundațiile; elaborarea planurilor de dezvoltare a localităților astfel încât să ia în considerare riscul la inundații
- agențiile/inspectoratele pentru situații de urgență – identificarea hazardului și a modului în care se poate interveni în caz de producere a unui anumit hazard; identificarea modurilor în care se poate evita sau se poate întârzia impactul inundațiilor sau a altor dezastre; identificarea rutelor de evacuare și optimizarea procesului; informarea populației și optimizarea resurselor materiale;
- agențiile de asigurări – hărțile de hazard sunt necesare pentru a stabili valoarea cât mai reală a asigurărilor;
- populația afectată în mod direct sau indirect de inundații – hărțile de hazard sunt necesare pentru a oferi informații referitoare la măsurile ce trebuie luate pentru a evita sau reduce impactul inundațiilor: respectarea reglementărilor formulate de agențiile specializate, evitarea construirii în zonele inundabile, relocarea sau adaptarea locuințelor, încheierea unor asigurări etc.

### **2.2.5. Practici de management al riscului la inundații**

Ca o consecință a urbanizării, globalizării și alte procese socio-economice, au loc o multitudine de schimbări la nivelul formei inițiale a mediului înconjurător. Vorbim din ce în ce mai mult despre dezastre naturale, fenomene extreme de risc sau vulnerabilitate la acestea. Deși la nivel local măsurile de protecție împotriva dezastrelor au crescut, efectele acestora au crescut la rândul lor. În primul rând, oamenii ar trebui să cunoască înțelesul fiecărui termen, deoarece o mai bună cunoaștere înseamnă o mai bună informare, iar o mai bună informare implică o mai bună coabitare a oamenilor cu fenomenele naturale extreme. Incertitudinea, teama oamenilor și lipsa de informare care să ghideze acțiunile individuale și de grup

reprezintă factori de risc care afectează siguranța personală și implicit a comunității. Fenomene extreme precum inundațiile au adus mari pierderi mediului înconjurător, sistemului socio-economic și chiar pierderi de vieți omenești. În acest sens, autoritățile responsabile cu planificarea teritorială trebuie să stabilească planuri de management al riscului la inundații, punând accentul pe prevenire, protecție și pregătire.

Apa este esențială pentru activitățile omului, jucând un rol important în distribuția spațială a populației. Expunerea la inundații a societății a crescut pe măsură ce luncile râurilor au început să fie utilizate de către oameni. Luncile râurilor și deltele oferă condiții favorabile dezvoltării așezărilor omenești și activităților economice (Vis et al, 2003): sol fertil pentru agricultură, apă potabilă, rețele de transport etc (Petrow et al, 2006); de asemenea nu trebuie uitată importanța apei provenite din inundații în zonele aride și semiaride. În același timp, însă, râurile au efecte negative asupra activităților umane și chiar asupra omului însuși, așezările suferind daune majore dacă sunt afectate de inundații. Acesta este cazul în care activitățile umane desfășurate în albia râului și în luncile adiacente se desfășoară fără a lua în calcul riscurile asociate. Multe lunci au fost îndiguite, drenate și desecate pentru a fi utilizate în scopuri agricole. Acest lucru a avut un impact negativ asupra albiei râului, pentru că a fost favorizată apariția inundațiilor. Apa este drenată rapid, printr-un canal îngust, iar viitura nu mai este atenuată, ci este amplificată. Schimbarea utilizării terenului (din pășune sau pădure în suprafață agricolă) amplifică posibilitatea de producere a inundațiilor, deoarece apa din precipitații nu se mai infiltrează, ci se formează rigole.

Eliminarea inundațiilor din aceste areale modifică inevitabil condițiile cadrului natural și de cele mai multe ori constituie o intervenție brutală în echilibrul natural al zonei. În prezent, obiectivele s-au schimbat. Dacă până nu demult se punea accentul pe protejarea de inundații ale luncilor care au fost antropizate, ultimele tendințe în acțiunile de protecție împotriva inundațiilor pun accentul pe conservarea condițiilor naturale și pe redarea luncilor antropizate cadrului natural. Este avută în vedere o abordare integrată a tuturor componentelor managementului riscului la inundații, astfel încât în viitorul apropiat să se realizeze o trecere de la modul „reactiv” de intervenție la cel „proactiv” în care planificarea și dezvoltarea durabilă, precum și conștientizarea riscului să devină predominante. Se încearcă renaturalizarea albiilor, iar în zonele urbane se urmărește creșterea infiltrării apei de ploaie (prin mai multe spații verzi, parcări ecologice, acoperișuri verzi, sisteme de canalizare performante etc).

Pentru protecția preventivă împotriva inundațiilor provocate de viituri se ține seama de următoarele cinci principii :

- Apa este o parte a unui întreg. O parte din apa din atmosferă, din hidrosferă și din litosferă se află într-un circuit închis continuu numit ciclul hidrologic global; fără existența circulației apei în natură, n-ar exista precipitații și astfel viața nu ar fi posibilă.
- Apa trebuie stocată pe versanți și în albie. Pentru atenuarea naturală a viiturilor, apa rezultată din precipitații trebuie reținută în mare măsură pe versanții bazinelor hidrografice și în albiile rețelelor hidrografice.
- Râul nu trebuie împiedicat în totalitate să se reverse. Încorsetarea cursurilor de apă contribuie la dezastrul undelor de viitură; acolo unde pagubele provocate de inundații nu sunt mari, trebuie luată în considerare și posibilitatea revărsării râurilor în albiile majore pentru atenuarea viiturilor.

- Există tot timpul un risc. Cu toate măsurile luate de apărare împotriva inundațiilor în timpul viiturilor, există tot timpul un risc de inundare; drept urmare trebuie acceptat un nivel de risc controlat.
- Acțiunea de protecție trebuie să fie concertată și integrată. Toate acțiunile de apărare împotriva inundațiilor trebuie să fie integrate în planurile de dezvoltare durabilă; măsurile de protecție sunt elemente de gestiune a apei, care cuprind pe lângă problemele ingineresti și aspecte de planificare, de mediu și economice; în acest sens trebuie făcute eforturi colective din partea factorilor implicați.

### **2.2.5.1. Tipuri de măsuri pentru protecția, prevenirea și reducerea pagubelor inundațiilor**

De-a lungul timpului omenirea a încercat să lupte cu inundațiile prin diverse mijloace. Pe măsură ce procesele științific și tehnologic au înregistrat progrese, au apărut noi metode și strategii de luptă împotriva inundațiilor. Până spre sfârșitul secolului XX, cele mai utilizate măsuri de combatere a inundațiilor au fost construcțiile hidrotehnice. Acestea și-au pierdut din importanță pe măsură ce consecințele negative pe care le-au indus asupra cursurilor de apă s-au agravat.

În vederea combaterii inundațiilor, plecând de la principiile de bază enumerate anterior se întreprind măsuri de amenajare care prin complexitatea lor pot fi grupate astfel:

- măsuri structurale – cele care implică construcții hidrotehnice;
- măsuri nonstructurale – altele decât cele ce implică construcții hidrotehnice.

***Măsuri structurale.*** Tradițional, problema combaterii inundațiilor a fost abordată ca o problemă inginerescă, constând în găsirea celor mai adecvate construcții hidrotehnice pentru apărarea împotriva inundațiilor.

Aceste măsuri includ:

- creșterea gradului de amenajare a cursurilor de apă;
- realizarea de acumulări frontale, poldere și îndiguiri locale;
- conservarea zonelor umede;
- realizarea de lucrări de atenuare a inundațiilor în zonele cu grad ridicat de vulnerabilitate;
- amenajarea torenților, împăduriri, centuri de protecție forestiere;
- lucrări pentru diminuarea efectelor eroziunii solului;
- strămutarea unor locuințe și a anexelor gospodărești din zonele cu risc ridicat la inundații;

***Măsuri nonstructurale.*** Din această grupă fac parte măsurile locale luate separat pentru fiecare obiectiv în parte:

- reactualizarea planurilor de amenajare teritorială din bazinele hidrografice;
- reactualizarea claselor de importanță ale lucrărilor hidrotehnice;
- determinarea zonelor de inundabilitate, a zonelor de risc și interzicerea construcțiilor în aceste zone;
- promovarea sistemelor de asigurare la dezastre;
- dezvoltarea sistemelor informatice pentru alarmare și avertizare în caz de dezastre;
- participarea comunităților locale la acțiuni de ecologizare a râurilor;
- educarea populației pentru situații de criză;



## 56 Aspecte conceptuale privind formarea inundațiilor și consecințelor acestora - 2

- supraînălțarea unei platforme pe care urmează a se amplasa o construcție ce trebuie apărată împotriva inundațiilor.
- Măsuri de îmbunătățire a condițiilor de curgere în albia minoră

Planificarea poate avea un rol important în ceea ce privește gestionarea riscurilor la inundații, în special în asigurarea faptului că nevoile de dezvoltare viitoare evită sau minimizează viitoarele creșteri ale riscului la inundații. Deoarece creșterea pagubelor provocate de inundații este direct legată de numărul de oameni care trăiesc și își desfășoară activitatea în areale vulnerabile, autoritățile responsabile de planificarea teritoriului trebuie să gestioneze în mod eficient crearea și dezvoltarea de așezări în zonele inundabile (lunci) pentru a evita creșterea în continuare a localităților vulnerabile (Petrow et al, 2006) (tabelul 2.6). Intervenția omului asupra mediului trebuie să se limiteze la o anumită intensitate și la anumite componente, pentru că o intervenție brutală poate genera instabilitate în sistem.

Tabelul 2.6. Vulnerabilitatea la inundații și recomandări ale utilizării terenului

Vulnerabilitatea la inundații	Recomandări pentru utilizarea terenului
A (mare)	Spațiu liber, terenuri pentru recreere, sport, pășuni, fânețe
B (medie)	Utilizare comercială sau industrial, utilizare mixtă (rezidențial și comercial la parter)
C (mică)	Zonă rezidențială, instituții, utilizare agricolă etc.

Luncile râurilor sunt importante în atenuarea sau stocarea viiturilor, astfel că utilitatea luncilor și a zonelor umede ar trebui să fie recunoscută și astfel utilizate ca măsură de apărare naturală împotriva inundațiilor. Acesta este un element important al filosofiei acum acceptate pe plan mondial, aceea de a lăsa mai mult spațiu pentru râuri („giving more space to the rivers”).

De asemenea, învățarea din experiențele anterioare și, eventual, din greșelile din trecut (atât în zonă, cât și exemple din alte areale) ar trebui luată în calcul ca o metodă de apărare împotriva inundațiilor. O nouă inundație ar trebui să reprezinte feedback-ul pentru ciclul managementului riscului. Pentru a gestiona riscul la inundații, autoritățile responsabile trebuie să țină seama de schimbările și tendințele perioadei istorice, atât pe termen scurt și lung.

Tunstall, Johnson și Penning-Roswell (2004), identifică, în contextul riscului la inundații, în Marea Britanie, trei faze, fiecare caracterizată în funcție de interesele politice din acea perioadă (Văduva, 2012):

- măsuri ce favorizează scurgerea apei și drenarea terenurilor (etapă caracterizată de măsuri de apărare structurale împotriva inundațiilor) – începând după al doilea Război Mondial și până în anii 1980;
- apărarea de inundații prin intermediul sistemelor de avertizare și prin sensibilizarea opiniei publice – anii '80 – '90 ai secolului trecut;
- managementul riscului la inundații – prin planificarea teritoriului și dezvoltarea controlată a zonelor inundabile – după a doua jumătate a anilor '90 și până în prezent.

Buna cooperare și comunicare între autorități, diferiți specialiști și comunitate este întotdeauna necesară, comunicarea insuficientă, lipsa de date sau lipsa schimbului de informații între acești actori fiind în continuare obstacole majore pentru un management al riscului la inundații eficient (UNECE, 2009).



De asemenea, este necesară o cultură a riscului, deoarece permite societății să evalueze fenomenul cu care se confruntă și să-și ia măsurile de protecție necesare. Deși oamenii sunt conștienți că astfel de fenomene de risc există, de multe ori le este greu să recunoască. Este mult mai ușor să atribuie problemele altunde, iar ei să se poziționeze într-un loc mai sigur. Cu cât populația este mai săracă, cu atât ea devine mai vulnerabilă și expusă la riscuri, resursele limitate impunând un grad redus de reziliență. Statisticile susțin această dependență prin numărul mare de victime omenești în cazul afectării de către un eveniment extrem a unor comunități sărace. Totodată, astfel de comunități (indiferent de scara de analiză – organism rural sau stat) prezintă o probabilitate mai mare de a fi lezate prin situații de risc, care dezvoltă manifestări mai grave.

Ca urmare, la nivel mondial se utilizează noțiunea mai completă de management al inundațiilor care include atât managementul riscului la inundații cât și managementul situațiilor de urgență generate de inundații.

### **2.2.5.2. Managementul tradițional al inundațiilor**

Managementul tradițional al inundațiilor se bazează pe activități de răspuns/reacție la inundație și vizează reducerea numărului de evenimente și reducerea pagubelor. Măsurile de protecție au fost considerate a avea acțiune locală, însă nu s-a luat în considerare că bazinul hidrografic este un sistem, iar o intervenție în cadrul acestuia poate avea repercusiuni în întreg bazinul.



Fig. 2.13. Managementul tradițional al riscului la inundații

Managementul tradițional al inundațiilor constă într-o serie de măsuri structurale și nonstructurale (Fig.2.13), iar intervențiile au loc atât înaintea, cât și în timpul sau după producerea evenimentului. Dintre măsurile cele mai întâlnite se pot menționa:

- controlul și reducerea scurgerii apei pluviale (pavaje permeabile, împăduriri, bazine artificiale pentru stocarea apei);
- stocarea surplusului de apă pluvială sau din râuri (în zone umede, bazine de retenție, rezervoare);
- creșterea capacității de preluare a râurilor (prin canale de derivație, adâncirea sau lărgirea albiilor);

- protecția așezărilor de posibilitatea producerii inundațiilor provocate de râuri (prin controlul utilizării terenurilor, diguri sau alte măsuri de protecție împotriva inundațiilor);
- planuri pentru situații de urgență în timpul unei inundații (avertizări de inundații, lucrări de înălțare sau consolidare a digurilor, evacuare);
- redresare în urma inundațiilor (consiliere, compensații bănești sau materiale sau încasarea asigurărilor).

Alegerea măsurilor de protecție poate fi dificilă, mai ales când trebuie ales între a alege măsuri proiectate să facă față inundațiilor mai frecvente, dar de magnitudine mai redusă (în acest caz, în cazul producerii unor inundații mai mari, daunele pot fi foarte mari) sau între măsuri proiectate să facă față inundațiilor istorice (în acest caz, întreținerea ineficientă sau costurile prea mari pentru realizare sau întreținere le transformă în măsuri nesustenabile). O protecție absolută împotriva inundațiilor este imposibilă din punct de vedere tehnic, pentru că nicio măsură de protecție nu poate ține cont de toate variabilele care pot apărea sau de modificările care pot apărea în timp în sistem: schimbări climatice, dinamica reliefului, modificări antropice etc.

Această abordare s-a schimbat de-a lungul timpului, pentru că este necesară abordarea bazinului hidrografic ca sistem, iar măsurile de protecție adoptate pentru un anumit areal vor avea consecințe asupra altor componente din sistem. Sunt necesare strategii pe termen lung, în care dezvoltarea mediului construit, managementul utilizării terenurilor, conservarea și protecția mediului natural joacă un rol important.

### **2.2.5.3. Managementul inundațiilor în România**

Planul național de amenajare a apelor valabil pentru anii '60, din punct de vedere al protecției împotriva inundațiilor, prevedea un ansamblu de lucrări de îndiguire, corelate cu lacuri pentru reținerea debitelor de viitură și în unele cazuri derivații care să conducă debitele de viitură în zone în care nu provocau pagube. În același timp, planul de amenajare preconiza măsuri de sistematizare a luncilor inundabile, evitându-se amplasarea unor obiective importante în zone în care puteau fi afectate de undele de viitură. În același timp era menționată importanța unor lucrări de împăduriri sau practicarea unei agriculturi raționale pentru conservarea resurselor de apă și mărirea resurselor utilizabile, dar și măsuri de economisire a apei, reducerea pierderilor și măsuri pentru protecția calității apei.

Ca urmare a inundațiilor din 1970 s-a pus un accent mai mare pe lucrările de combatere a inundațiilor, prin îndiguiri pe principalele râuri interioare printre care Someș, Crișuri, Mureș, Argeș. Ialomița, Bârlad și Prut. Pe lângă îndiguiri, în multe bazine, printre care cel al Târnavelor și în bazinul râului Bârzava s-au executat acumulări laterale nepermanente (poldere) pentru atenuarea viiturilor. Înlocuirea Planului Național cu Schemele Cadru a reprezentat un regres față de perioada anterioară, în această perioadă acordându-se un rol pasiv gospodăririi apelor. Conceptele legate de sistematizarea luncilor inundabile, de utilizarea rațională a teritoriului, de crearea unor zone de protecție a lacurilor de acumulare, de rezervare a amplasamentelor au fost abandonate, fapt observabil prin amplasarea unor obiective industriale și a unor noi cartiere în luncile inundabile.

Imediat după 1989, toate lucrările de gospodărire a apelor au fost sistate. Unele dintre ele au fost reluate și terminate în anii următori, multe dintre ele nu au fost terminate niciodată. În domeniul planificării, ea justifică reluarea planurilor de

amenajare, în cadrul cărora ar fi trebuit să fie definit rolul diferitor unități în realizarea unei gospodării eficiente a apelor (<http://ro.wikipedia.org>).

În prezent, în domeniul apelor, legislația românească este armonizată cu cea europeană.

Ca urmare a presiunilor tot mai numeroase și mai puternice asupra resurselor de apă a fost necesară crearea de instrumente legislative valabile pentru toate statele Uniunii Europene care să se adreseze clar problemelor existente și să contribuie la asigurarea resurselor de apă pentru generațiile viitoare. Directiva Cadru privind Apa 2000/60/EC reprezintă o abordare ambițioasă și inovativă a Uniunii Europene în domeniul managementului apelor în vederea atingerii „stării ecologice și chimice bune” a apelor până în anul 2015. Această directivă a fost transpusă la nivelul legislației naționale prin Legea nr. 112/2006 și Legea nr. 310/2004 pentru modificarea și completarea Legii Apelor nr. 107/1996.

Directiva Cadru privind Apa are ca obiectiv stabilirea unui cadru pentru protecția apelor interioare de suprafață, a apelor de tranziție, a apelor de coastă și a apelor subterane, urmărind anumite elemente cheie:

- prevenirea deteriorărilor ulterioare, conservarea și îmbunătățirea stării ecosistemelor acvatice și, în ceea ce privește necesitățile de apă ale acestora, a ecosistemelor terestre și a zonelor umede care depind în mod direct de ecosistemele acvatice;
- promovarea utilizării durabile a apei pe baza unei protecții pe termen lung a resurselor de apă disponibile;
- asigurarea unei protecții sporite și a îmbunătățirii mediului acvatic, în special prin măsuri speciale de reducere progresivă a evacuărilor, emisiilor și pierderilor de substanțe prioritare și prin stoparea sau eliminarea treptată a evacuărilor, emisiilor și pierderilor de substanțe periculoase prioritare;
- asigurarea reducerii treptate a poluării apelor subterane și prevenirea poluării ulterioare a acestora;
- contribuția la atenuarea efectelor inundațiilor și ale perioadelor de secetă.

Prin HG nr.1854/2005 - Strategia națională de management a inundațiilor, au fost transpuse în legislația românească cele mai importante prevederi ale Directivei europene privind evaluarea și managementul riscului la inundații.

O completare a Directivei Cadru privind Apa este Directiva pentru Inundații, ce are ca obiectiv reducerea riscurilor și a consecințelor negative ale inundațiilor.

O protecție absolută împotriva inundațiilor nu va fi niciodată posibilă, iar managementul riscului la inundații nu este sinonim cu protecția împotriva inundațiilor. Managementul riscului la inundații se axează pe probleme legate de prevenirea inundațiilor, gestionarea inundațiilor și intervenție, adică toate etapele dinaintea, în timpul și după producerea fenomenului, acțiuni regăsite în articolul 7, punctul 3, alineatul 3 din Directiva Apei 2007/60/CE. *„Planurile de gestionare a riscului de inundații au în vedere toate aspectele gestionării riscului de inundații care se axează pe prevenirea, protecția, starea de pregătire, inclusiv previziunile de inundații și sistemele de avertizare timpurie și luând în considerare caracteristicile unui anumit bazin sau subbazin hidrografic. Planurile de gestionare a riscului de inundații pot include și promovarea practicilor de utilizare durabilă a terenurilor, îmbunătățirea capacității de retenție a apei, precum și inundările controlate ale anumitor zone în cazul unor inundații”.*

Strategia de management a inundațiilor pe termen mediu și lung aprobată de Ministerul Mediului și Pădurilor prin HG nr. 846/2010, precum și noua legislație românească (OUG nr.3/ 2010, ultima modificare la Legea Apelor) care transpune prevederile *Directivei privind evaluarea riscului la inundații 60/EC/2007*

implementează conceptul european de amenajare - „mai mult spațiu pentru râuri”, precum și conștientizarea riscului la inundații.

Strategiile de management al riscului la inundații ar trebui să urmeze toți pașii ciclului de gestionare a riscurilor: pregătire, răspuns, redresare și îmbunătățire a sistemului de management (fig.2.14). Pregătirea înseamnă reducerea vulnerabilității comunităților și a bunurilor materiale prin diferite măsuri (planificarea utilizării terenului, evaluarea riscurilor realizarea de hărți de risc, măsuri tehnice sau chiar formarea personalului instituțiilor care va interveni în timpul dezastrului).

Activitățile de răspuns presupun alertarea populației și salvarea victimelor și îngrijirea lor, precum și măsuri imediate pentru prevenirea pagubelor – reparații provizorii la infrastructura importantă: căi de acces, instituții. În timpul procesului de redresare în urma impactului, reconstrucția clădirilor și a infrastructurii reprezintă prioritatea de top, precum și o analiză a dezastrului. După rezolvarea problemelor celor mai importante, viața de zi cu zi își revine treptat. Principalul scop este de a evalua în mod corect rezultatele analizei dezastrului și de a le integra în procesul de planificare. Soluțiile durabile sunt preferate în detrimentul soluțiilor simple sau ieftine (<http://www.planat.ch/en/specialists/risk-management/>).

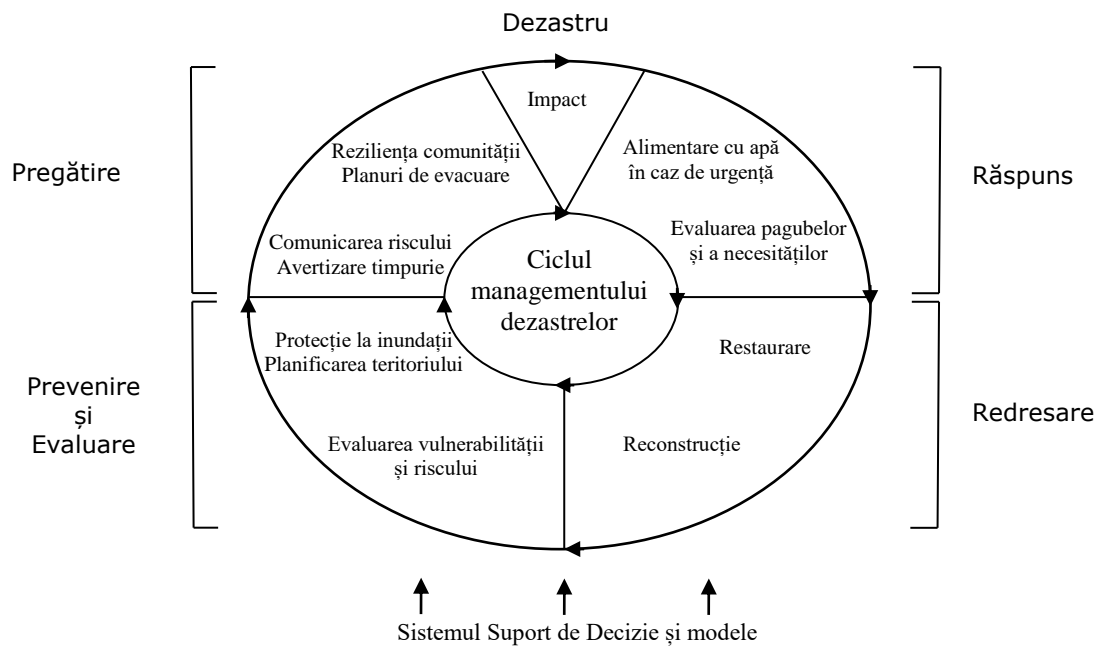


Fig. 2.14. Managementul integrat al riscului (după <http://www.planat.ch/en/specialists/risk-management/>)

Este esențial de menționat că, din punct de vedere al planificării pe termen lung:

- hazardul nu poate fi evitat, însă riscul poate fi diminuat;
- impactul anumitor fenomene extreme depinde de evoluția societății la un moment dat;
- fenomenele extreme precum inundațiile sunt răspunzătoare de evoluția peisajului pentru un anumit teritoriu, pentru că ele au modelat peisajul natural, dar și mediul antropic.

Strategia adoptată de România în ultimii zeci de ani pentru a reduce consecințele negative ale inundațiilor este cunoscută sub numele de „prevenire a inundațiilor”. Râurile mari sunt regularizate în amonte, folosind baraje și acumulări, iar luncile inundabile în zonele de șes sau câmpie sunt protejate cu ajutorul digurilor. Aceste amenajări sunt proiectate pentru a proteja comunitățile împotriva inundațiilor, pentru a sprijini sistemele de irigație pentru agricultură și pentru a furniza apă pentru diferite localități. Afluenții mai mici pot avea și ei unele măsuri de protecție împotriva inundațiilor, în funcție de caracteristicile fiecăruia sau de nevoia de apă necesară comunităților aferente, altfel fiind lăsați în stare naturală.

Structurile de protecție împotriva inundațiilor sunt proiectate să reziste unor evenimente extreme. Digurile nu sunt concepute pentru a fi depășite, ci servesc la reținerea apei din viituri mai degrabă decât la reducerea riscului de inundare. Întregul sistem este conceput în jurul analizei extremelor statistice ale datelor privind nivelurile istorice înregistrate la stațiile hidrometrice. Maximele anuale ale debitelor din înregistrările istorice sunt analizate și se fac prognoze despre inundațiile extreme.

Cadrul actual legal și instituțional din România separă managementul râurilor de managementul luncilor inundabile și de managementul bazinelor hidrografice. Acestea sunt tratate drept entități separate și sunt administrate de instituții diferite, ce are obiective, cerințe și cadre de finanțare diferite. Acest lucru împiedică desfășurarea proceselor hidrologice și a sinergiilor naturale, deoarece, în condiții naturale, râurile și luncile inundabile sunt sisteme complet integrate întregului bazin hidrografic, între care există sinergii importante.

Situația la nivelul bazinelor hidrografice se prezintă în felul următor:

- Managementul actual de gestionare a terenurilor din bazinele hidrografice reduce procesele hidrologice naturale de absorbție, infiltrare și atenuare. Acest lucru crește volumul de apă înregistrat din scurgerea de suprafață provenită din precipitații și viteza cu care această scurgere se produce, putând conduce la apariția proceselor de eroziune și a formării organismelor torențiale sau a stagnării apei în arealele de câmpie sau depresionare. O dată cu creșterea ratelor de eroziune și acumulare a sedimentelor se reduce totodată și capacitatea de stocare a unor acumulări.

- Modul de construire al digurilor previne absorbția energiei apei și atenuarea viiturilor în timpul inundațiilor, însă acest lucru crește efectul distructiv al viiturilor asupra infrastructurii (drumuri, poduri, clădiri). De asemenea, poziționarea curentă a digurilor crește energia mecanică a apelor de viitură în râuri, viitura propagându-se în aval cu o viteză mai mare

- Managementul actual al câmpiilor inundabile împiedică depunerea naturală a sedimentelor în luncile râurilor, ceea ce reduce procesul de fertilizare naturală a terenurilor arabile.

- Comunitățile din amonte sunt mai vulnerabile la riscul la inundații (victime omenești, în special), ca urmare a ratei rapide de scurgere a apei de suprafață și a lisei de sisteme de avertizare a inundațiilor. În același timp, timpul de reacție este mai scăzut față de timpul disponibil comunităților din aval. Această diferență se poate observa mai ales în cadrul comunităților sărace sau a așezărilor din zonele rurale, deoarece nivelurile economice scăzute reduc capacitatea acestora de a răspunde și de a se recupera după producerea unei inundații. Așezările din zonele de deal sau câmpie au la dispoziție mai mult timp de pregătire, au o mai mare capacitate de avertizare la inundații și beneficiază de timpul necesar pentru evacuare.

O dată cu racordarea la legislația europeană în domeniul apei și al inundațiilor, managementul inundațiilor trebuie să respecte cerințele și reglementările legislației naționale și internaționale, care au ca premisă sustenabilitatea și un management integrat al inundațiilor.

#### **2.2.5.4. Managementul integrat al inundațiilor**

Managementul riscului la inundații ar trebui să estimeze până la ce nivel măsurile alese pot fi eficiente sau nu și care este posibilitatea de apariție a unor defecțiuni. Pentru a face față hazardelor la inundații, este necesar ca factorii de decizie și societatea să adopte o abordare eficientă a managementului hazardului la inundații, pentru a găsi cea mai bună soluție pentru dezvoltarea așezărilor și a reduce pagubele până la un nivel acceptabil.

Dezvoltarea sustenabilă, conform Raportului Brundtland din 1987, reprezintă „capacitatea omenirii de a asigura satisfacerea cerințelor generației prezente, fără a compromite posibilitatea generațiilor viitoare de a-și satisface propriile necesități” (Raportul Brundtland, 1987, Man, 2006). Mediul antropocentric trebuie să se racordeze conceptului de dezvoltare durabilă, deoarece este dependent de resursele naturii și de moștenirea culturală specifică. Astfel, se are în vedere satisfacerea tuturor nevoilor societății, menținându-se integritatea naturală și culturală a sistemului. Elaborarea unei viziuni bine gândite pe termen lung este esențială și ar trebui elaborată nu numai în favoarea, ci împreună cu toți factorii implicați.

Se poate spune că problema dezvoltării durabile se pune mai ales în țările în curs de dezvoltare, ale căror legături între dezvoltarea economică și mediu nu sunt clare. O dezvoltare necontrolată produce o serie de inconveniente mediului. În primul rând, se pune problema degradării mediului: terenuri arabile, păduri și pășuni distruse pentru construirea de spații rezidențiale, a rețelelor urbane sau a zonelor industriale, în condițiile în care la rândul lor alte spații sunt abandonate sau urmează să fie abandonate ca urmare a dezindustrializării, a lipsei resurselor financiare sau a intereselor dezvoltatorilor (nu se dorește renovarea clădirilor vechi, ci se urmărește dezafectarea acestora pentru a înălța aici clădiri moderne), aplicarea de măsuri structurale în vederea protecției împotriva inundațiilor în detrimentul conviețuirii cu inundațiile.

Deși într-o primă fază, cea a dezvoltării, comunitatea pare a avea doar avantaje, apariția unui eveniment (extrem) poate duce la ruperea stabilității sistemului, iar consecințele negative pot fi deosebite. Pentru a se realiza o dezvoltare sustenabilă este nevoie de o abordare deschisă, de comunicare între factorii interesați. Este necesară o abordare pe termen lung, lucru greu de realizat într-o lume modernă aflată în continuă schimbare.

În condiții naturale, un bazin hidrografic este un sistem complex. Abordarea integrată recunoaște faptul că o singură intervenție asupra sistemului poate avea implicații asupra întregului sistem și că integrarea planurilor de dezvoltare și managementul inundațiilor pot oferi o serie de îmbunătățiri încă de la prima intervenție. Cerințele dezvoltării durabile subliniază necesitatea rezolvării problemelor referitoare la consecințele negative ale măsurilor de protecție împotriva inundațiilor asupra mediului natural.

Conform Parteneriatului Global pentru Apă (Global Water Partnership, 2000, pp. 22), managementul integrat al resurselor de apă reprezintă „un proces care promovează dezvoltarea și gospodărirea coordonată a apei, a terenului și a resurselor aferente, în vederea sporirii la maximum a rezultantei economice și a stării sociale, într-un mod echitabil, fără compromiterea susținerii durabile a

ecosistemelor vitale”. Practicile IWRM depind însă de context, iar instituțiile regionale și naționale trebuie să-și dezvolte propriile practici pentru un management integrat al resurselor de apă, folosind cadrul de colaborare de la nivel regional și global.

Managementul sustenabil și eficient al resurselor de apă necesită o abordare holistică, corelând dezvoltarea socio-economică cu protecția ecosistemelor naturale și urmărind utilizarea adecvată a terenurilor și a resurselor de apă. Un management integrat al riscului la inundații are ca obiectiv construirea sau creșterea rezilienței comunităților – planurile de dezvoltare ale localităților nu se bazează doar pe proiectarea de măsuri de apărare împotriva inundațiilor, ci așezarea este proiectată în așa fel încât să permită apelor mari sau viiturilor să pătrundă în interiorul așezării dar într-un mod controlat, și în spații special desemnate să fie inundate, fără a produce consecințe negative. Managementul integrat al inundațiilor înglobează utilizarea terenurilor și a resurselor de apă în contextul managementului integrat al resurselor de apă, cu scopul de a maximiza utilizarea eficientă a luncilor râurilor și a altor zone inundabile și de a minimiza pagubele economice sau pierderile de vieți omenești.

Abordarea integrată a managementului inundațiilor nu este nouă, deoarece în 1945 geograful Gilbert F. White și echipa sa de cercetători, în urma studiilor, au demonstrat că multiplele lucrări inginerești în vederea protecției la inundații și reducerii pagubelor sunt ineficiente în unele cazuri, putând chiar crește vulnerabilitatea la inundații. Acesta a sugerat că, decât să se încerce controlarea evenimentelor naturale, societatea ar trebui să învețe să conviețuiască cu inundațiile. Tot el a recomandat utilizarea măsurilor nonstructurale pentru controlul inundațiilor: zonarea terenurilor în funcție de probabilitatea apariției inundațiilor, restricții în construire, înălțarea construcțiilor, folosirea de materiale impermeabile etc. Aceste idei au fost îmbunătățite în decursul timpului, iar în 1968 sistemele de asigurări au garantat asigurarea la inundații pentru comunitățile care implementează măsuri de control ale utilizării terenului și promovează o utilizare judicioasă a luncilor râurilor. Aceste măsuri au fost unele dintre cele care au ajutat factorii de decizie să îmbunătățească programele de gestionare a inundațiilor.

Managementul integrat al inundațiilor joacă un rol important în protejarea oamenilor și a dezvoltării socio-economice în cadrul bazinelor hidrografice. Scopul acestei abordări este de a crea peisaje adaptabile la fenomenele meteorologice de risc și la incertitudinea cu care acestea apar. Acest tip de management este o măsură alternativă la măsurile de control al inundațiilor (baraje și lacuri de acumulare, diguri, poldere, canale de derivație etc.), care alterează sistemul natural și implică procesele de la nivelul râului, biodiversitatea și calitatea sistemului.

Adoptarea unui management integrat al riscului și utilizarea măsurilor nonstructurale nu înseamnă renunțarea la măsurile tradiționale de protecție împotriva inundațiilor (baraje, diguri, canale de derivație, bazine de stocare a apei/poldere etc.), însă acestea trebuie combinate cu gospodărirea utilizării terenului în bazinul hidrografic, măsuri de reducere a vulnerabilității (zonarea terenului și controlul dezvoltării, schimbarea tipului de agricultură practicat în luncile râurilor sau zonele inundabile, proiectarea construcțiilor într-un mod în care să facă față unor astfel de evenimente) (Fig.2.15).



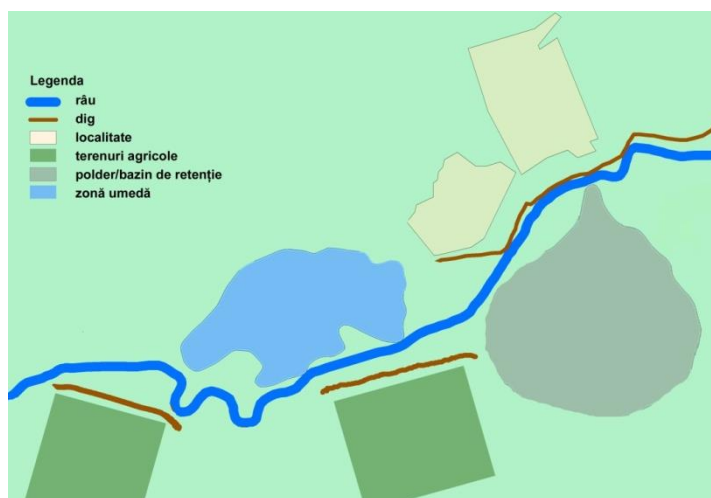


Fig. 2.15. Managementul integrat al riscului la inundații

Atitudinea promovată de Directiva cadru la Inundații, de a conviețui cu inundațiile și de a integra producerea unor astfel de evenimente în procesul de planificare, pare mai viabilă decât încercarea de a le eradica și a utiliza doar măsuri care implică protecția așezărilor de eventualitatea producerii unei inundații. Conform WMO, un plan de management integrat al inundațiilor trebuie să ia în considerare șase elemente cheie:

- managementul ciclului hidrologic ca un întreg;
- managementul integrat al terenurilor și al apei;
- managementul riscului și al incertitudinii;
- adoptarea unor strategii complexe;
- asigurarea unei abordări participative;
- adoptarea unor abordări integrate a managementului hazardului.

Atunci când se realizează planurile de management bazinal și cele ale dezvoltării localităților, măsurile care vizează managementul riscului la inundații trebuie să fie complementare, tocmai din cauza avariilor care pot apărea în timpul evenimentului. Adoptarea măsurilor trebuie să se ia evaluând toate posibilitățile, realizând scenarii pentru a vedea ce se întâmplă dacă una dintre măsuri cedează. De asemenea este indicat a se evalua efectul măsurilor adoptate asupra întregului bazin hidrografic (în special în aval), pentru că protecția unui anumit areal poate crește riscul în arealele vecine.

#### **2.2.5.5. Implementarea managementului integrat al inundațiilor**

Strategiile prevăzute în planurile de management integrat a inundațiilor trebuie să fie puse în aplicare prin intermediul unor reglementări și politici specifice, capabile să răspundă nevoilor pe termen lung și care să se refere atât la inundațiile extreme, cât și la cele cu o frecvență mare de apariție. Scopul acestora îl reprezintă atingerea obiectivelor economice, sociale și de mediu și implementarea de măsuri de siguranță pentru a proteja populația, dar și interesele economice ale cetățenilor.

Directivele Uniunii Europene care stau la baza formulării legislației naționale și a planurilor de management bazinal sunt Directiva Europeană privind evaluarea și managementul riscului la inundații / Directiva Cadru la Inundații (2007/60/EC din 23



octombrie 2007) și Directiva de stabilire a unui cadru de politică comunitară în domeniul apei / Directiva Cadru în domeniul apei (2000/60/EC din 23 octombrie 2000). Directiva Cadru a inundațiilor are ca obiectiv reducerea riscurilor și a consecințelor negative pe care inundațiile le au asupra sănătății umane, mediului înconjurător, patrimoniului cultural și activităților economice. Directiva se aplică tuturor tipurilor de inundații, indiferent dacă sunt provocate de râuri sau lacuri sau dacă sunt produse în zonele costiere, dar nu implică și inundațiile produse de sistemele de canalizare.

Principalul cadru de management al apei în toate râurile și bazinele hidrografice din România este „Strategia și Politică Națională de Gospodărire a Apelor”, principalul obiectiv al acestei strategii fiind de a stabili managementul durabil al resurselor de apă, al riscului la inundații și al calității apei. „Strategia și Politică Națională de Gospodărire a Apelor” necesită două planuri de management strategic care să fie elaborate și actualizate: Planul de Management al Bazinului Hidrografic (PMBH), care se concentrează pe managementul calității apei și a fost finalizat în decembrie 2009 și Planul de Amenajare a Bazinului Hidrografic (PABH), ambele precizând cum ar trebui gestionate lucrările de apărare existente.

Pentru a putea elabora strategii sustenabile de management al riscului la inundații, trebuie luate în considerare câteva aspecte referitoare la:

- Caracteristicile demografice – creșterea sau scăderea numărului populației, tendința de îmbătrânire demografică, categorii rural-urban;
- Caracteristicile economice – importanța fiecărui sector economic la un moment dat (de exemplu, tendința de creștere a importanței sectorului agricol, a turismului sau dezvoltarea sectorului energiei verzi – câmpuri eoliene sau de panouri solare, microhidrocentrale) etc;
- Impactul schimbărilor climatice asupra mediului natural și asupra tendințelor din economie – modificări ale temperaturilor pot conduce la secete prelungite, așadar agricultura trebuie sprijinită prin sisteme de irigare, în cazul microhidrocentralelor este nevoie de un anumit debit de apă pentru a produce energie, modificările în regimul precipitațiilor pot provoca inundații și trebuie avută în vedere protejarea populației și mediului construit și reducerea impactului, în cazul terenurilor agricole trebuie avut în vedere un sistem de desecare-drenaj adecvat etc.

Alegerea strategiilor de management al inundațiilor (tabel 2.7) depinde de caracteristicile bazinului hidrografic și nu trebuie generalizate.

Tabelul 2.7. Strategii și măsuri ale managementului inundațiilor (după WMO)

Strategia	Măsuri	Observații
Reducerea hazardului la inundații	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Lacuri de acumulare, rezervoare/bazine de stocare a apei;</li> <li>- Diguri de protecție;</li> <li>- Canale de deviere a apei;</li> <li>- Modificări ale albiilor râurilor;</li> <li>- Managementul bazinului hidrografic</li> </ul>	
Reducerea vulnerabilității receptorilor și a consecințelor negative	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Regularizări ale albiilor;</li> <li>- Reglementări ale dezvoltării și noi cerințe în construire, mai ales în ceea ce privește protecția împotriva inundațiilor;</li> <li>- Proiectarea și alegerea locului de amplasare a zonelor rezidențiale, industriale sau a facilităților;</li> <li>- Prognoze și sisteme de avertizare la</li> </ul>	- riscul la inundații poate fi văzut din perspectiva modelului sursă-cale-receptor-consecințe: consecințele pot și diferite dacă se modifică sursa, calea de propagare sau receptorii.

	inundații;	
Atenuarea impactului inundațiilor	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Informarea și educarea comunităților;</li> <li>- Pregătirea la dezastre;</li> <li>- Redresarea după producerea evenimentului;</li> <li>- Încheierea de asigurări la inundații</li> </ul>	
Conservarea resurselor naturale a zonelor inundabile	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Zonarea luncilor și controlul dezvoltării;</li> <li>- Restaurarea ecosistemului</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- nu este posibilă în arealele sărace, unde nevoia de terenuri (pentru agricultură sau așezări) este mare, iar instituțiile sunt incapabile de a sancționa pe cei care nu respectă reglementările</li> </ul>

Pentru a lua deciziile optime de management al inundațiilor într-un anumit bazinul hidrografic, mai întâi trebuie estimat cum pot varia în timp componentele sistemului (precipitații, caracteristicile solului, evoluția acviferelor, procese morfodinamice, utilizarea terenurilor etc.), iar în funcție de care se stabilesc scenarii în legătură cu evoluția sistemului, ca întreg. Pentru că viitorul nu poate fi prevăzut cu exactitate, procesul de luare al deciziilor este pus și mai mult sub semnul incertitudinii decât modelele de evoluție condițiilor în bazinul hidrografic.

### 2.2.6. Reziliența comunităților

Inundațiile sunt parte integrantă a ecosistemului râului, ele sunt un fenomen natural, și numai ca urmare a afectării sistemului antropic acestea ajung să fie un pericol pentru mediu. Reziliența sistemului natural a scăzut, iar consecințele negative ale inundațiilor sunt tot mai costisitoare. Daunele aduse mediului în urma unor inundații sunt mai mult o consecință a măsurilor de apărare create de om, pentru că natura are propria sa reziliență. Trebuie găsit pragul până la care râurile pot fi exploatate de către om pentru satisfacerea nevoilor socio-economice, dar în același timp să fie păstrat echilibrul ecologic al sistemului, pentru ca inundațiile să nu devină un pericol pentru comunitate.

După cum am mai menționat, majoritatea oamenilor nu dispune de o experiență personală în confruntarea cu dezastrele naturale, preluând diferite idei cu privire la comportamentul individual și colectiv în cazul unui pericol din diferite surse. Conceperea unor planuri de intervenție și strategii de protecție civilă având la bază aceste credințe false sunt sortite din start eșecului în caz de implementare (Armaș, 2006).

Una dintre metodele ce ar putea contribui la reducerea impactului dezastrelor este creșterea rezilienței comunităților. Reziliența sau capacitatea unui sistem de a absorbi și de a se adapta la perturbări fără să-și modifice sensibil structura reprezintă una din calitățile fundamentale a unui sistem. Reziliența include capacitatea de a face față unui eveniment, plus abilitatea sistemului de a rămâne funcțional în timpul evenimentului și de a se regenera/adapta în totalitate după producerea acestuia (fig. 2.16).

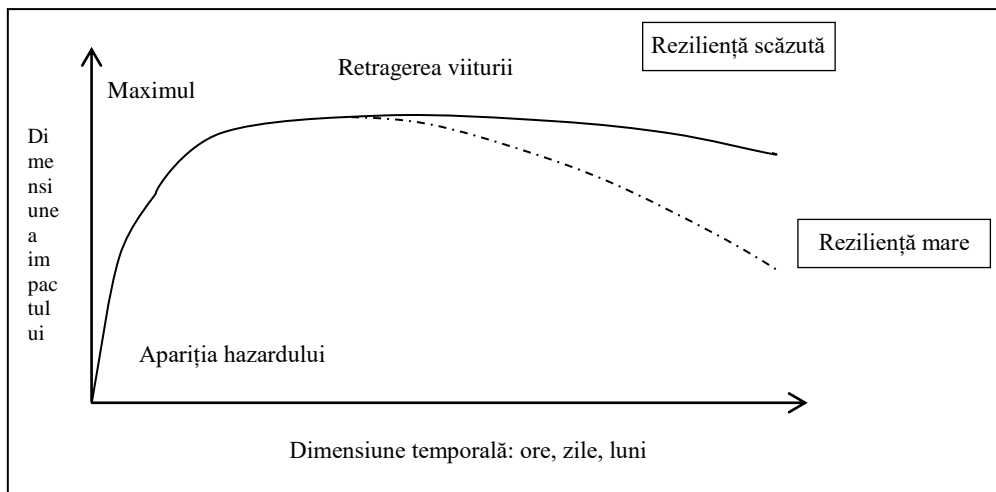


Fig. 2.16. Reziliența comunităților la inundații

Reziliența sistemului poate fi considerată mare, atunci când acesta va încerca să se regenereze, sau scăzută, atunci când sistemul este într-adevăr afectat. Cu cât comunitatea este mai săracă, cu atât ea devine mai vulnerabilă și reziliența este mai scăzută. În domeniul managementului riscului la inundații, reziliența la inundații presupune capacitatea de revenire la o stare de echilibru a unui sistem (grup sau individ) care a fost afectat de o inundație.

Reziliența poate fi definită ca fiind inversul vulnerabilității, care reprezintă tendința sistemului teritorial de a fi afectat de consecințele negative ale unui eveniment, fenomen natural, hazard. Creșterea rezilienței permite o anticipare mai bună a dezastrului și o planificare sustenabilă în vederea reducerii pagubelor, în opoziție cu a aștepta producerea evenimentului și a acoperi costurile de recuperare după eveniment. Procesul construirii rezilienței la inundații a comunităților necesită o continuă evaluare, planificare și îmbunătățire și nu poate fi considerat niciodată ca și îndeplinit în totalitate, tocmai datorită evoluției continue a comunității și a sistemului natural.

Comunitatea ar trebui văzută ca un set de sisteme interdependente, care au o viziune comună: creștere și stabilitate economică, comerț, educație, comunicare, transport, siguranța și securitatea populației. Reziliența la dezastre este problema tuturor factorilor implicați, precum autorități locale, regionale și naționale, factori de decizie, planificatori, investitori și comunitate, iar responsabilitățile ar trebui împărțite între cetățeni, sectorul privat și autorități. Capacitatea de a face față dezastrelor și de a se adapta trebuie să înceapă cu asumarea responsabilității de către fiecare cetățean, pentru ca apoi, la nivel de comunitate și autorități, să se construiască reziliența comunității.

Creșterea rezilienței necesită luarea de decizii și acțiuni care pot pune în umbră interesele pe termen scurt față de scopurile care sunt urmărite pe termen lung. Creșterea rezilienței incumbă decizii și acțiuni care pot pune obiectivele pe termen scurt împotriva celor pe termen lung. Astfel se poate opta pentru strategii pe termen lung, ce presupun acțiuni care descurajează dezvoltarea în arealele cu risc ridicat, ca răspuns la evenimentul care a avut loc, sau pentru strategii pe termen scurt, care pun accent pe reconstrucția după fiecare eveniment în parte, în funcție de gravitatea acestuia. Există două posibilități: menținerea poziției actuale,

adică descurajarea dezvoltării în arealele cu risc crescut și cum se poate îmbunătăți răspunsul și eficiența la dezastre sau să se abordeze o nouă viziune bazată pe reziliență, pe împărțirea responsabilităților.

Implicarea comunității în consolidarea rezilienței la dezastre este importantă dat fiind faptul că valoarea pagubelor este într-o continuă creștere, în funcție de creșterea numărului populației și a valorii bunurilor situate în areale vulnerabile. În unele cazuri investițiile necesare pentru a preveni hazardul pot fi mai mici decât costurile necesare pentru reconstrucția de după eveniment (de exemplu, în Australia, construirea barajului Warragamba, de 23 metri înălțime, în bazinul hidrografic Hawkesbury-Nepean, ar reduce costurile inundațiilor între 2013 și 2050 de la 4,1 miliarde de dolari la 1,1 miliarde, economisindu-se astfel mai mult de 8 dolari pentru fiecare dolar cheltuit (Australian Business Roundtable for Resilience & Safer Communities)).

Reziliența comunității depinde de funcționarea interactivă a componentelor sale, în special în timpul perioadelor de stres. Sistemul existent de măsuri structurale (diguri, baraje, regularizări de albie) face parte din infrastructura care ajută la îmbunătățirea calității vieții locuitorilor și este foarte important pentru siguranța comunităților. Pe lângă rolul energetic pe care îl au acumulările din spatele barajelor, acestea au un rol important în atenuarea undelor de viitură. Buna funcționare a acestora (atât în ceea ce privește întreținerea barajului propriu zis, cât și a volumului de apă existent în acumulare, evacuarea apei din lac în timp util pentru a prelua apa care se prognozează a cădea în viitorul apropiat etc) depinde de cât de bine cooperează diferite organizații (centrul de prognoză meteorologică, administrația bazinală, administratorii centralelor hidroelectrice). Înțelegând scopul, avantajele și riscurile asociate ale infrastructurii de baraje și diguri, comunitatea poate astfel să evalueze, anticipeze, acționeze, să reducă sau să împiedice eventualele amenințări pe care acestea le presupun, atât pe termen scurt, cât și pe termen lung. Deși cei care suferă de pe urma avariilor unor astfel de infrastructuri sunt cei care nu au nicio putere de decizie sau un rol mult prea nesemnificativ în controlul unor astfel de infrastructuri, totuși oricine poate reduce consecințele negative prin însăși conștientizarea faptului că se află într-o zonă de risc și prin însușirea activităților pe care trebuie să le îndeplinească atunci când se confruntă cu o situație prevăzută sau nu.

De exemplu, buna funcționare a digurilor depinde în special de administratorii acestora și de administrația bazinală (verificări, reabilitări), însă un rol important îl are populația, prin modul în care exploatează digurile (cale de acces, prezența vegetației arboricole, excavări pentru materiale de construcții din albiile râurilor etc.).

Dezvoltarea unei culturi a rezilienței la dezastre și implicit punerea în aplicare a măsurilor reziliente nu este simplă, iar costurile nu sunt mici. Deciziile despre cum și unde trebuie făcută investiția pentru a crește reziliența în timp presupune planificarea teritoriului pe termen lung și scurt și investiții considerabile de bani și timp înainte ca un eveniment să aibă loc. Capacitatea de a face față dezastrelor și de adaptare în urma evenimentului trebuie să înceapă cu asumarea responsabilității de către fiecare cetățean și de către autorități, pentru ca apoi, la nivel de comunitate, să se construiască reziliența la dezastre.

Programele de informare și de educare a populației și a altor părți interesate privind riscul la inundații pot ajuta comunitatea în acțiunile de pregătire, atenuare, răspuns, redresare și adaptare la eventualele amenințări impuse de inundații.

Procesul construirii rezilienței la inundații necesită o continuă evaluare, planificare și îmbunătățire și nu poate fi considerat niciodată ca și îndeplinit în totalitate, tocmai datorită evoluției continue a comunității și a sistemului natural. De asemenea, trebuie găsit pragul până la care râurile pot fi exploatate de către om pentru satisfacerea nevoilor socio-economice, dar în același timp să fie păstrat echilibrul ecologic al sistemului, pentru ca inundațiile să nu devină un pericol pentru comunitate.

### **2.2.7. Planificarea teritoriului în contextul managementului integrat al inundațiilor. Care sunt provocările?**

Viitorul așezărilor omenești, atât din punct de vedere al formei sau calității vieții, cât și din punct de vedere al siguranței la fenomenele de risc, depinde foarte mult de acțiunile întreprinse în trecut și în prezent. Dacă în trecut nu s-a pus întotdeauna accentul pe sustenabilitatea așezării, în prezent această caracteristică trebuie să fie pe primul loc în procesul de luare a deciziilor. Deși planificarea teritoriului și managementul bazinului hidrografic nu par a avea prea multe puncte comune/ compatibile în prezent, integrarea lor este necesară, pentru că planificarea teritoriului poate deveni o alternativă pentru a gestiona resursele de apă într-un mod sustenabil.

Scopul acestui capitol este de a prezenta importanța procesului de planificare și dezvoltare durabilă (sustenabilă) a teritoriului în contextul managementului integrat al riscului la inundații.

#### **2.2.7.1. „Mai mult spațiu pentru râuri”**

Managementul integrat al resurselor de apă reprezintă o activitate ce promovează dezvoltarea și managementul sustenabil al apei, al terenului și al resurselor aferente, în scopul obținerii unei creșteri maxime a rezultantei economice și a stării sociale, într-un mod echitabil, fără afectarea sustenabilității ecosistemelor vitale. Unele măsuri de management al riscului pot avea efecte adverse asupra ecosistemului râului prin reducerea frecvenței inundării zonelor umede, dar în același timp reducerea inundațiilor extreme oferă protecție ecosistemului. Această abordare se regăsește în Directiva europeană pentru inundații<sup>2</sup>, ce invită autoritățile la adoptarea de măsuri pentru a oferi mai mult spațiu râurilor pentru a reduce impactul inundațiilor, care va contribui și la îmbunătățirea calității mediului în regiune. Instituirea unor măsuri adecvate de prevenire poate conduce la reducerea posibilității de producere a inundațiilor și la minimizarea impactului acestora. Astfel, trebuie păstrat un echilibru între nevoile ecosistemului și protecția comunităților. Noi intervenții, re tehnologizări sau ajustări ale regulamentelor de funcționare ale măsurilor actuale pot să conducă la îmbunătățirea managementului resurselor de apă.

Suprafața alocată râurilor (curs de apă, albie majoră, zone umede) a scăzut continuu în ultimele secole, o dată cu evoluția societății, solicitării de mai mult spațiu pentru agricultură și a practicilor de management a râurilor caracteristice

<sup>2</sup> (14) Planurile de gestionare a riscului de inundații ar trebui să se concentreze asupra prevenirii, a protecției și a pregătirii. Pentru a asigura mai mult spațiu râurilor, acestea ar trebui să ia în considerare, în măsura posibilului, întreținerea și/sau refacerea zonelor inundabile, precum și măsuri de prevenire și reducere a efectelor negative asupra sănătății umane, a mediului, a patrimoniului cultural și a activității economice. Elementele planurilor de gestionare a riscurilor de inundații trebuie revizuite periodic și, după caz, trebuie actualizate, luând în considerare efectele posibile ale schimbărilor climatice asupra apariției inundațiilor.

unei anumite perioade. Aceste practici sunt caracteristice aproape tuturor regiunilor din Europa. Zonele umede au fost desecate, unele cursuri au fost regularizate, canalizate, lungimea râurilor a fost redusă, numărul brațelor moarte a fost redus, albiile râurilor au fost adâncite și îngustate, vegetația a fost îndepărtată, iar în cele mai multe cazuri, râurile (în special în arealele de câmpie) au fost îndiguite, tocmai ca urmare a tendinței care pune accentul pe apărarea împotriva inundațiilor. Așezările omenești s-au dezvoltat în spatele acestor diguri, datorită sentimentului de protecție pe care acestea o oferă. Impactul schimbărilor categoriilor de utilizare a terenurilor, al schimbării cursului apelor și dezvoltării infrastructurii continuă să producă degradarea și pierderea ecosistemelor ripariene, în special a zonelor umede. Zonele umede reprezintă întinderi de bălți, mlaștini, turbării, ape permanente sau temporare, naturale sau artificiale, unde apa este stătătoare sau curgătoare, dulce sau sărată, inclusiv întinderi de apă marină a căror adâncime la reflux nu depășește șase metri. În stare naturală zonele umede sunt adesea cruciale pentru om, în principal datorită capacității lor de stocare a cantităților mari de apă proaspătă, atenuarea impactului inundațiilor și a secetelor pentru o zonă de ansamblu, precum și pentru productivitatea lor biologică (de exemplu pește, lemn, stuf). În condițiile în care factorii meteorologici prezintă modificări, precipitațiile fiind mai frecvente și mai intense, debitul râurilor va fi mai mare, iar hazardul la inundații va fi mai frecvent.

Încercarea de restaurare a condițiilor naturale ale albiei are ca scop îmbunătățirea calității ecosistemului și va putea servi la atenuarea inundațiilor, asigurând în același timp un echilibru natural.

#### **2.2.7.2. Renaturalizarea râurilor**

Unul din cei mai importanți factori pentru un management sustenabil la inundații este restaurarea caracteristicilor naturale ale râului sau crearea unui cadru cât mai apropiat de ecosistemul inițial, aici incluzând și zonele umede sau areale pentru retenția apei. În acest mod se poate elabora o strategie de dezvoltare pe termen lung, care să urmărească reducerea pagubelor economice în urma impactului inundațiilor sau chiar a secetelor. Abordarea ecosistemică este o strategie pentru managementul integrat al terenurilor, apei și biodiversității, care promovează conservarea și utilizarea sustenabilă a resurselor. Atât managementul integrat al resurselor de apă, cât și managementul integrat al inundațiilor, înglobează principiile de bază ale abordării ecosistemice prin luarea în considerare a întregului bazin hidrografic ca un întreg și prin însumarea efectelor intervențiilor în întregul bazin.

Pentru a asigura mai mult spațiu râurilor, trebuie luate în calcul propuneri care urmăresc întreținerea și/sau refacerea zonelor inundabile, ca o alternativă la măsurile structurale de apărare, mai costisitoare. În acest fel, pe lângă componenta de mediu, se urmărește prevenirea și reducerea efectelor negative ale inundațiilor asupra sănătății umane, a mediului construit, a patrimoniului cultural și a activităților economice. Această abordare reprezintă de fapt o trecere de la măsurile de apărare împotriva inundațiilor la strategiile care pun accent pe modul de a învăța comunitățile cum să trăiască cu vulnerabilitatea la inundații. Metoda pune accent pe planificarea teritoriului în așa fel încât comunitățile să învețe cum să trăiască cu incertitudinea. Multe așezări au fost dezvoltate în zone cu potențial ridicat de producere a hazardului la inundații; producerea a tot mai multor astfel de evenimente și impactul acestora asupra comunităților impune o abordare integrată a planurilor de management bazinal și a planurilor de dezvoltare a așezărilor și a acțiunilor umane.

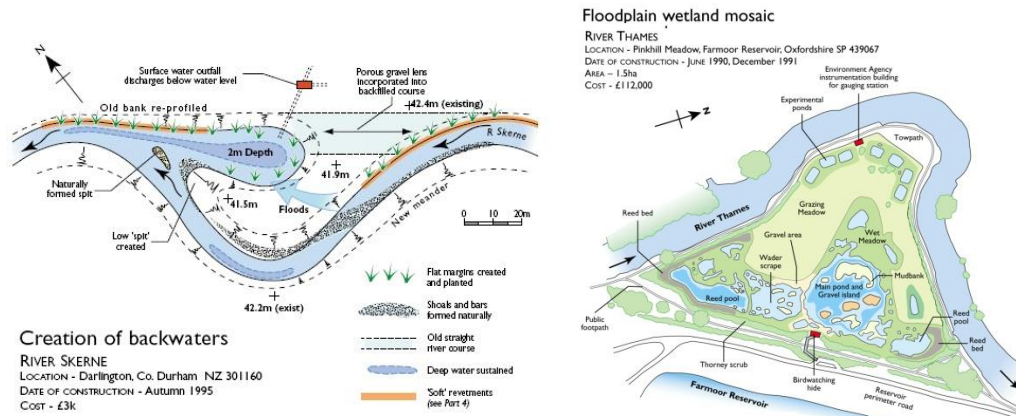


Fig. 2.17. Măsurile de renaturalizare a râurilor (sursa: Manual of River Restoration Techniques)

Metodele propuse în vederea restaurării ecologice a cursurilor de apă pot fi complexe și îmbină lucrările ingineresti cu cele ecologice (fig. 2.17). O astfel de amenajare a râului va duce în timp la formarea unui ecosistem funcțional zonal.

**Restaurarea hidrogeomorfologiei albiei.** Hidrogeomorfologia albiei este o componentă importantă a statusului ecologic al râului și se referă la interacțiunea dintre procesele hidrologice ce au loc la nivelul reliefului și procesele geomorfologice care caracterizează râul sau zonele umede. În același timp se are în vedere componenta antropică, care are un rol important în modificarea proceselor naturale, modificări care pot influența întreg bazinul hidrografic.

Influența antropică asupra morfologiei albiei a condus nu numai la modificarea albiilor râurilor, a corpurilor de apă și a proceselor hidrogeomorfologice aferente, ci și la modificarea habitatelor și a rolului lor în ecosistem. Aceste modificări au survenit ca urmare a activităților de apărare împotriva inundațiilor, dezvoltare urbană, satisfacerea nevoilor de apă pentru consum și pentru irigații sau pentru producerea energiei electrice, navigație sau alte activități economice.

Planurile de management bazinal includ și restaurarea condițiilor hidrogeomorfologice inițiale ale corpurilor de apă. Orice încercare de restaurare a condițiilor hidrogeomorfologice într-un bazin hidrografic ar trebui efectuată prin evaluarea întregului bazin, pe toată lungimea râului, iar proiectele să implice toate părțile interesate (sector public și privat).

Data fiind intervenția antropică foarte vizibilă pe unele corpuri de apă, o restaurare a condițiilor inițiale nu ar putea fi posibilă, pentru că ar afecta activitățile socio-economice.

### **2.2.7.3. Modalități de planificare a teritoriului**

Oamenii au încercat să găsească cele mai bune amplasamente pentru dezvoltarea localităților, astfel încât să beneficieze de condiții optime pentru desfășurarea vieții și a activităților. Avantajele poziției geografice limitează alegerea sitului, așezările stabilindu-se deseori pe cursurile de apă. Varietatea mare a reliefului influențează pe de o parte scurgerea apelor sau stagnarea lor. Localitățile situate în luncile râurilor sunt expuse la inundații provocate de revărsarea acestora. Luncile râurilor sunt zonele în care râurile în mod natural se revărsă în cazul unei inundații, iar dezvoltarea așezărilor în luncile râurilor a făcut ca vulnerabilitatea la



inundații să fie mai mare. Antropizarea rapidă și așezările neplanificate, lipsa de infrastructură adecvată și practici de mediu inadecvate sunt doar o parte din cauzele care amplifică riscul produs de o inundație.

Antropizarea necesită totodată și schimbarea categoriei de folosință a terenului (engl. *land use*) din pădure sau arabil în spațiu construit. Un alt exemplu este cazul terenurilor de la periferia orașelor sau din arealele periurbane, unde pe terenurile agricole sunt dezvoltate o serie de complexe rezidențiale sau spații industriale. Crearea de suprafețe impermeabile care însoțesc urbanizarea afectează profund felul în care apa circulă atât în interiorul, cât și în exteriorul solului, atât în timpul, cât și după terminarea ploii.

Zonele urbane, spre deosebire de cele rurale, prezintă un risc ridicat la inundații deoarece numărul locuitorilor este considerabil, valoarea materială a investițiilor este ridicată, iar modificările ciclului hidrologic sunt din ce în ce mai vizibile tocmai din cauza creșterii urbanizării.

Inundațiile apar ori de câte ori un sistem de drenaj primește mai multă apă decât poate prelua, fie râu sau sistem de canalizare. E destul de ușor de prognozat arealele care vor fi afectate de revărsarea râurilor, delimitându-se astfel 3 zone, în funcție de distanța față de albia râului (fig. 2.18). Există o relație strânsă între distanță și intensitatea fenomenului (inundației), cu cât amplitudinea fenomenului natural e mai mare, cu atât suprafața afectată va fi mai mare.

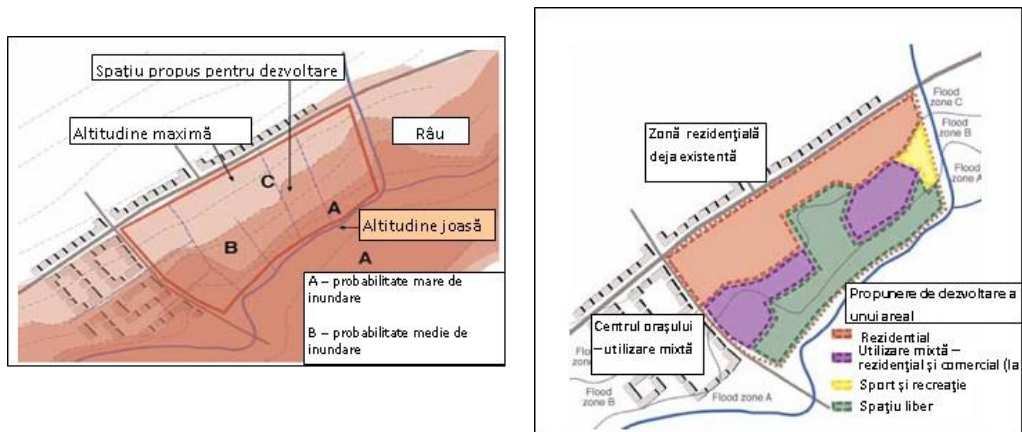


Fig. 2.18. Propunere de dezvoltare a unui areal urban în funcție de vulnerabilitatea la inundații (după <http://www.offaly.ie>)

Înlocuirea tipului de acoperire a terenului (engl. *land cover*) inițial reduce drenajul natural și amplifică scurgerea apei, care, în special în timpul ploilor torențiale și alături de un sistem de canalizare deficitar, pot crește producerea inundațiilor în special în zonele urbane. Crearea de suprafețe impermeabile care însoțesc urbanizarea afectează profund felul în care apa circulă atât în interiorul, cât și în exteriorul solului, atât în timpul, cât și după terminarea ploii.

Planificarea teritoriului este o activitate a sectorului public, prin care sunt distribuite clar responsabilitățile între diferitele niveluri ale administrației. Vizează:

- Crearea unor condiții mai stabile și previzibile pentru investiții și dezvoltare
- Promovarea utilizării prudente a terenurilor și a resurselor (naturale) pentru dezvoltare
- Promovarea dezvoltării durabile și îmbunătățirea calității vieții



- Reducerea daunelor aduse mediului
- Limitarea impactului dezastrelor naturale asupra societății

Dintre motivele pentru care trebuie să se realizeze o planificare durabilă a teritoriului menționăm:

- Permite dezvoltarea controlată a teritoriului, nu numai ce este de dorit, dar și ceea ce este posibil a se realiza, în diferite contexte, respectând atât drepturile, cât și obișnuințele proprietarilor
- Protejează sistemele naturale, reducându-se sau evitându-se degradarea mediului înconjurător.

În primul rând este nevoie de un control al terenurilor și al dezvoltării. Este necesar a se introduce reguli stricte în modul de categorisire a terenurilor, pentru ca terenurile de calitate superioară, cu destinație agricolă, să nu mai poată fi transformate prea ușor în terenuri pentru construcții, iar pe de altă parte, este indicat a se reutiliza cele deja folosite, la care există deja modificări în ciclul hidrologic, adică cele de tip brownfield. Utilizarea brownfieldurilor, la prima vedere, poate nu pare atât de importantă din punct de vedere al protecției împotriva inundațiilor, însă aceste spații deja au modificat ciclul normal hidrologic, de ce să fie utilizate terenuri noi, greenfield, în detrimentul celor deja folosite? Astfel, în funcție de utilizarea anterioară, vor putea fi folosite pentru amenajarea de spații industriale, comerciale sau chiar rezidențiale, în funcție de alte reglementări stabilite prin planurile generale de urbanism.

Un alt obiectiv ce trebuie atins într-o bună planificare a utilizării terenurilor este cel referitor la amenajarea parcarilor. Parcățile vor ocupa întotdeauna suprafețe destul de mari în cadrul unui oraș. Orașele încă beneficiază de suprafețe întinse de parcări realizate din materiale impermeabile. Deci o soluție pentru a crește gradul de infiltrare al apei în sol ar putea fi realizarea de parcări ecologice, astfel solul să poată prelua o parte din precipitații.

De asemenea trebuie controlată dezvoltarea în luncile râurilor, pentru că acele construcții sunt sau ar putea fi vulnerabile. Hărțile de risc la inundații ajută în stabilirea unor planuri de răspuns în caz de urgență, dar pot fi folosite și ca un instrument important în planificarea teritoriului, oferind astfel securitate în cazul dezvoltatorilor imobiliari sau al agenților comerciale. Trebuie astfel evitată construirea în zonele cu vulnerabilitate mare la inundații (aceste spații să fie folosite ca zone de agrement, spații verzi, parcuri), în zonele cu vulnerabilitate medie să se ia măsuri speciale de construcție, iar în arealele cel mai puțin vulnerabile la inundații să fie amplasate cele mai multe zone rezidențiale și alte obiective de interes public: unități de învățământ, spitale, clădiri ale administrației publice. Acest tip de planificare a construirii va reduce numărul pagubelor (economice și sociale) în timpul unui eveniment la inundații.

### **3. MODELAREA HIDRODINAMICĂ A CURGERII ÎNTR-UN BAZIN HIDROGRAFIC**

Modelarea matematică a curgerii în albie, în special modelarea procesului hidrologic de formare și propagare a undelor de viitură, este un procedeu complex și are o aplicabilitate foarte mare în ceea ce privește managementul integrat al resurselor de apă și planificarea teritoriului. Tipul de curgere este legat în mod direct de natura modificărilor suferite de albia modelată. Pentru a alege cel mai potrivit model de analiză a viiturilor este necesar accesul la informații complexe, pentru a avea o viziune globală asupra componentelor sistemului de scurgere. Aplicativitatea practică a modelelor este însă limitată din cauza schematizării proceselor sistemului fizic și a reprezentării variabilelor sistemului pe baza unor ecuații.

Modelarea este un proces prin care se efectuează studii și cercetări pe un sistem model, în vederea soluționării unor probleme legate de un sistem dat, existent sau de realizat, numit sistem original, al cărui studiu nu este posibil (sau este doar parțial posibil) prin măsurători, fie din motive de cost, fie din cauza complexității sistemului. Prin simulare se înțelege efectuarea modelării (aplicarea modelului) pentru analizarea unor stări posibile ale sistemului în vederea prognozării unor situații care ar putea surveni. Un model reprezintă o descriere fizică sau matematică a unui sistem fizic, ce include interacțiunile cu mediul lui exterior, și poate fi utilizat pentru a simula efectele schimbărilor din sistem sau efectele schimbărilor în anumite condiții impuse asupra lui (David, 2005).

Modelarea numerică a curgerii în albia majoră se face din două motive principale: în primul rând ca o alternativă la modelarea fizică în laborator, realizată pe modele, pentru a îmbunătăți înțelegerea proceselor fizice de curgere în albia majoră; iar în al doilea rând pentru a obține estimări corecte de debite, nivele și viteze, care pot fi folosite în mod optim pentru gestionarea sistemelor albiilor majore. În acest context, un model este considerat util și bun de folosit, dacă realizează o bună estimare a elementelor definitorii ale unui râu (debit, nivele, viteze) prin comparație cu soluțiile analitice, sau măsurători pe modele fizice sau măsurători de teren (Bociort, 2012).

Modelul numeric al unui curs de apă conține module separate cu care se calculează numeric soluțiile matematice din date ce depind de cursul respectiv de apă. La acestea se adaugă programele pentru generarea rețelelor de calcul, iar pentru intrările și ieșirile datelor numerice și grafice sunt necesare programe independente de caracteristicile cursului de apă (Ghițescu, 2010).

Posibilitățile de aplicare a modelelor numerice în cercetările asupra cursurilor de apă se pot împărți în trei categorii:

- simularea comportamentului unui curs de apă prin folosirea unor mărimi de intrare și ieșire măsurate, precum și a unor parametri de sistem cunoscuți, astfel modelul furnizează informații mai detaliate în timp și spațiu decât s-ar putea obține prin măsurători punctuale. modelul poate servi și la planificarea unor acțiuni de măsurare;
- calculul de prognoză cu parametri de sistem neschimbați, dar cu mărimi de intrare și ieșire modificate (ex. în modelul unui curs de apă, după calibrarea

cu o undă de viitură măsurată, se calculează o alta, fără să se modifice geometria și rugozitatea râului);

- calculul de prognoză cu parametri de sistem modificați, cu sau fără modificarea mărimilor de intrare sau ieșire (ex. în cazul unui curs de apă se fac modificări semnificative ale geometriei și rugozității albiei) (Ghițescu, 2010).

Există două aspecte importante legate de funcționarea modelelor matematice, și anume: în timp ce un model matematic poate fi folosit pentru gestionarea resurselor unui râu și trebuie să dea rezultate cât mai apropiate de ceea ce se întâmplă în realitate pe teren, în caz de inundații este important ca un model să funcționeze foarte rapid și să dea prognoze bune într-un timp scurt (Bociort, 2012).

În funcție de caracteristicile curgerii, modelele utilizează diferite ecuații. Cele mai utilizate modele pentru simularea inundațiilor sunt cele care utilizează ecuații ale curgerii nepermanente în albie în regim 1D și 2D. Modelele unidimensionale sunt cele mai utilizate în modelarea cursurilor de apă, ele utilizând ecuațiile curgerii uniforme și cele ale curgerii uniform variate. În ultimul timp sunt utilizate modelele bidimensionale, care la rândul lor pot fi împărțite în trei categorii: modelele quasi 2D, modelele complet 2D și modelele combinate 1D2D. Există și situații în care este necesară o abordare tridimensională a curgerii, în special când aceasta trece din albie în lunca inundabilă.

Disponibilitatea datelor este un aspect important în modelarea inundațiilor, la fel de important fiind și software-urile utilizate în modelare. Lipsa datelor nu poate fi compensată de modele sofisticate și complexe (Ghițescu, 2010).

### 3.1. Modele conceptuale și ecuații fundamentale în hidrodinamica râurilor pentru modelarea inundațiilor

În general, curgerea are un caracter nepermanent și doar în anumite cazuri și pentru scurte perioade de timp poate fi considerată permanentă sau uniformă. În funcție de variația în timp și spațiu a parametrilor hidraulici (debit, viteză, adâncime, pantă, suprafață și perimetru ud), curgerile cu suprafață liberă din albiile râurilor se clasifică în:

- curgere uniformă – când parametri hidraulici sunt constanți în timp și în oricare alt punct al curgerii: debitul, secțiune udată, adâncimea și viteza medie de curgere,  $i = 1 - N$ :

$$\begin{aligned} Q &= A_i v_i = \text{const.} \\ v_i &= \text{const.} \\ h_i &= \text{const.} \end{aligned} \quad (3.1)$$

- curgere permanentă gradual variată, când parametri hidraulici sunt constanți în timp, dar variază în spațiu, adică pentru anumite condiții de curgere (același debit constant,  $Q = \text{const.}$ ,  $\partial Q / \partial t = 0$  și  $\partial Q / \partial x = 0$ ) principalele caracteristici hidraulice ale curgerii dintr-o anumită secțiune se mențin constante pe durata intervalelor de timp, adică ( $\partial v / \partial t = 0$  și  $\partial x / \partial t = 0$ ), însă variază spațial în lungul curgerii ( $\partial v / \partial x \neq 0$  și  $\partial h / \partial x \neq 0$ ), ceea ce înseamnă că aceste caracteristici sunt în funcție doar de spațiul  $x$ , nu și de timpul  $t$  ( $v=v(x)$  și  $h=h(x)$  pentru  $Q=\text{const.}$ ). (3.2)

- nepermanente sau nestaționare – când parametri hidraulici variază în timp și spațiu (debit, nivel, adâncime, viteză, pantă, energetică). Curgerea cu suprafață liberă a apei are loc sub forma unei succesiuni de unde sau valuri gravitaționale, care călătoresc în lungul albiei într-un sens sau altul. În funcție de modul lent sau brusc de variație spațio-temporală a parametrilor hidraulici, aceste grupări pot fi:
  - gradual variate – cazul propagării undelor de viitură;
  - rapid variate – cazul propagării undelor de schimbare de regim în canalele centralelor hidroelectrice sau de irigații.

Caracterul nepermanent al scurgerii este evident mai ales în perioadele de producere și propagare a viiturilor, când variația în timp și spațiu a diversilor parametri hidraulici ai curgerii este importantă. Avantajul modelării matematice este acela că se pot face ipoteze de calcul, simplificându-se reprezentarea unor fenomene complexe. Pasul esențial în selectarea unui cadru adecvat de modelare numerică pentru curgerea în albia majoră este acela de a identifica acele procese de curgere care sunt relevante pentru problema specifică de modelare, ca de exemplu, în situații de risc la inundații, când autoritățile trebuie să ia decizii cu privire la gestionarea și strategiile de evacuare care se vor aplica.

Modelarea matematică în râuri constă în simularea condițiilor de curgere bazate pe formularea și soluționarea relațiilor matematice care exprimă ecuațiile de mișcare ale apei, în albia unui râu. În figura 3.1. este prezentată schema aplicării modelării scurgerii în albie.

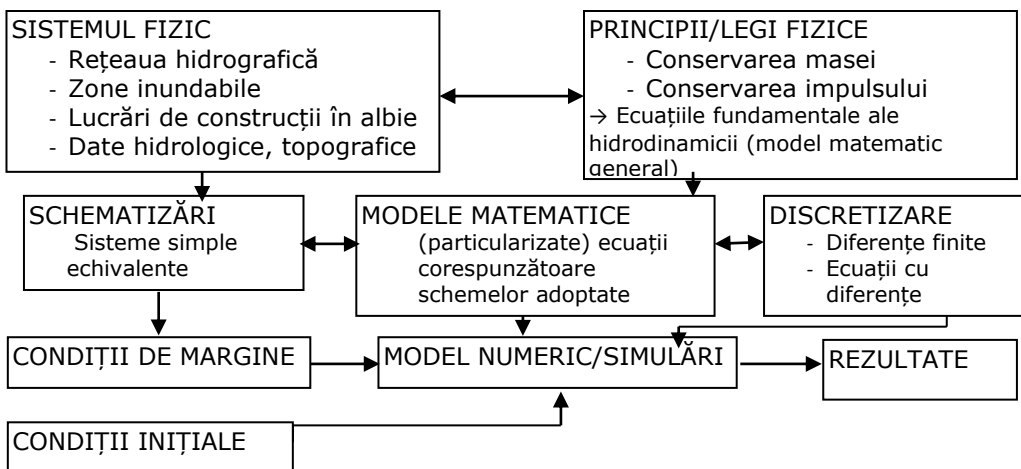


Fig. 3.1. Schema aplicării modelării scurgerii în albie (după David, 2013)

În scopul pregătirii planurilor de evacuare sau evaluării evaluării daunelor este nevoie de informații privind modelele de inundații, adâncimea apei, viteze, precum și calendarul de inundație. Aceste informații pot fi derivate folosind programe de calculator care simulează inundații de-a lungul râurilor sau pot fi identificate cu ajutorul metodei hidrogeomorfologice, prin analiza ortofotoplanurilor, a imaginilor satelitare și a cercetării pe teren.

Identificarea zonelor inundabile este necesară pentru planificarea pe termen lung, aceasta fiind o parte integrantă a politicilor de dezvoltare durabilă a riscurilor

la inundații, a măsurilor de gestionare și intervenție. În special, aceasta permite factorilor de decizie să analizeze strategii și să stabilească obiective, permițând și dezvoltarea de idei inovatoare. Modelele de inundații sunt esențiale în dezvoltarea unui cadru pentru planificarea pe termen lung a gestiunii riscului la inundații.

### 3.1.1. Ecuațiile fundamentale ale curgerii nepermanente în albie

Ecuațiile curgerii nepermanente în albie sunt necesare în modelarea undelor de viitură și realizarea de prognoze de inundabilitate. Ecuațiile fundamentale ale curgerii nepermanente în albie se deduc pe baza principiilor fundamentale ale mecanicii mediilor continue particularizat pentru corpul fluid, având pentru cazul schemei unidimensionale forma cunoscută de ecuații Saint Venant (DHI 2007, David 2013):

- ecuația de continuitate – exprimând principiul conservării și continuității fazei lichide:

$$\frac{\partial Q}{\partial x} + \frac{\partial A}{\partial t} = 0 \quad (3.3)$$

- ecuația de mișcare – exprimând principiul conservării și continuității energiei:

$$\frac{1}{gA} \frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{1}{gA} \frac{\partial}{\partial x} \left( \alpha' \frac{Q^2}{A} \right) + \frac{\partial H}{\partial x} = I_s - I_E \quad (3.4)$$

unde:  $Q$  – debitul cursului de apă;

$A$  - aria secțiunii transversale (de curgere);

$I_s$  - panta geometrică a albiei;

$I_E$  - panta energetică,  $I_E = \frac{Q^2}{A^2 C^2 R_h}$  ;

$C$  - coeficientul lui Chesy;

$C = \frac{1}{n} R_h^{1/6}$ , după Manning;

$C = \sqrt{\frac{8g}{\lambda}}$ , după Darcy Weisbach (DW);

$R$  - raza hidraulică,  $R_h = \frac{A}{P}$ ,  $I$  - perimetrul ud,  $I$  - secțiunea de curgere

$n$  - coeficientul dependent de natura albiei cursului de apă;

$\lambda$  - coeficientul Darcy

$h = H + z$ ,  $I_s = -\frac{\partial z}{\partial x}$

Soluționarea exactă a sistemului de ecuații Saint Venant, în sensul obținerii valorilor necunoscute (variabilelor dependente)  $Q(x,t)$  și  $h(x,t)$  sau  $y(x,t)$  în toate punctele planului variabilelor independente  $x-t$ , este practic imposibilă.

În cazul curgerii uniforme în albiile cursurilor naturale de apă, coeficientul de rugozitate Manning depinde de o serie de variabile, precum materialul constitutiv al perimetrului ud, tipul și nivelul de dezvoltare al vegetației în albie, neregularitățile traseului longitudinal și ale secțiunii transversale de curgere, prezența unor obstrucții artificiale sau naturale în albie, forma și mărirea albiei, nivelul și debitul apei, existența aluviunilor, diferențele sezoniere ale regimului curgerii.

**3.1.1.1. Modelul 1-D**

În mișcare nepermanentă viteza apei are componente și în planul secțiunii transversale a albiei, iar pentru modelarea matematică a mișcării nepermanente este necesar să se apeleze la schematizări simplificate, care să încorporeze doar aspectele cu influență esențială asupra proceselor reale și, de multe ori să se ignore cele de importanță secundară. Ecuțiile care descriu curgerea neuniformă în sistem unidimensional sunt ecuațiile de tip Saint Venant. Aceste ecuații sunt ecuația de continuitate (ec. 3.3.) și ecuația de conservare a momentului (ec. 3.4). Ipotezele care stau la baza modelului unidimensional sunt:

- Curgerea este unidimensională după direcția  $s$ , cu viteza uniformă în secțiune transversal (viteza medie pe secțiune), iar suprafața liberă orizontală în direcție transversală.
- Curbura liniilor de curent este redusă și accelerațiile de pe verticală neglijabile, astfel încât distribuția de presiune în secțiune transversală este hidrostatică.
- Efectele turbulenței și frecărilor la patul albiei sunt descrise de relații identice cu cele din mișcarea uniformă.
- Panta medie a talvegului este suficient de redusă, astfel încât se poate aproxima valoarea cosinusului unghiului făcut de pat cu orizontala prin 1,  $\cos \alpha = 1$ .
- Forma geometrică a secțiunii transversale se admite arbitrară și variabilă în lungul albiei, dar cu variații lente care să nu afecteze puternic curbura liniilor de curent.

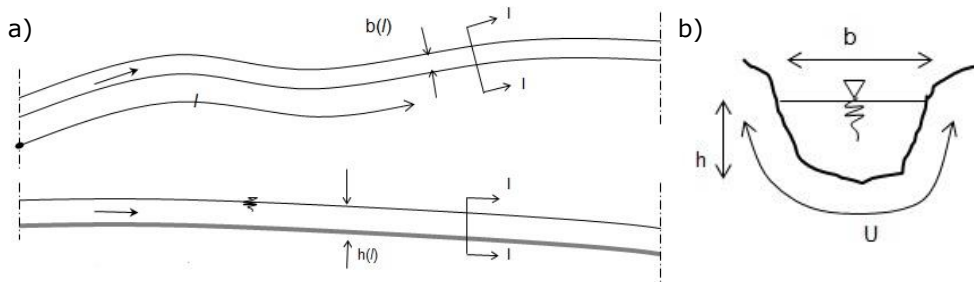


Fig. 3.2. Schema pentru conceptul de model 1D: a) Vedere în plan, b) - Secțiune transversală - (David, 2013)

Conform figurii 3.2, albia cursului de apă prezintă regularitate pe tot parcursul ei, iar secțiunea de curgere este compactă, atunci se poate introduce viteza medie pe secțiunea de curgere definită prin:

$$\begin{aligned}
 v_m &= \frac{1}{A} \int_A v \, dA \\
 v_m &= v_m(x) \\
 Q &= v_m A \\
 v_m &= \frac{1}{\sum A_i} \sum v_i \Delta A_i
 \end{aligned}
 \tag{3.5}$$

$v_m$  – viteza medie,  $Q$  – debitul

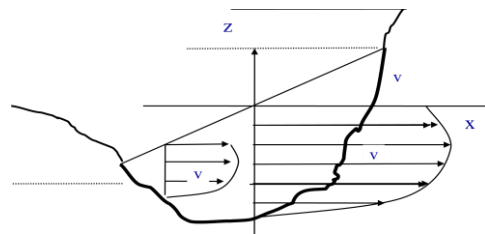


Fig. 3.3. Medierea vitezei pe secțiune

În cazul care în canalul principal al unui curs de apă curgerea urmărește doar variația înălțimii talvegului, aceasta se poate descrie pe baza ecuațiilor unidimensionale Saint Venant. Ecuația de continuitate pentru discretizarea unidimensională a unui râu prin secțiuni transversale se găsește sub forma:

$$\frac{\partial q}{\partial x} + \frac{\partial a}{\partial t} = q_r - q_s \quad (3.6)$$

unde:  $q$  ( $m^3/s$ ) – debitul în direcția principală de curgere;  
 $x$  (m) – direcția principală de curgere;  
 $a$  ( $m^2$ ) – suprafața de curgere a unei secțiuni transversale;  
 $q_r$  ( $m^3/s$ ) – alimentări laterale ale debitului;  
 $q_s$  ( $m^3/s$ ) – pierderi laterale de debit;  
 $t$  (s) – timpul.

Ecuația de moment corespunzătoare teoriei aproximării unei de viitură se definește astfel:

$$S_f = \frac{\partial h}{\partial x} \quad (3.7)$$

unde:  $S$  – gradientul de energie;  
 $h$  – înălțimea nivelului de apă.

Modelele hidraulice unidimensionale sunt utilizate de o serie de software-uri open-source sau comerciale, ca de exemplu HEC-RAS, MIKE 11, ISIS, SOBEK.

### 3.1.1.2. Modelul pentru albie cu secțiunea de curgere compusă (1,5 D)

Aplicabil atunci când albia cursului de apă prezintă regularitate pe tot parcursul ei, iar secțiunea de curgere este compactă, dar compusă din albia principală, respectiv albia majoră stânga și dreapta.

Condițiile de aplicare menționate permit introducerea vitezelor medii:

- mediere pe întreaga secțiune de curgere (cazul 1-D)
- mediere pe albia principală, respectiv pe albia majoră stânga, dreapta.

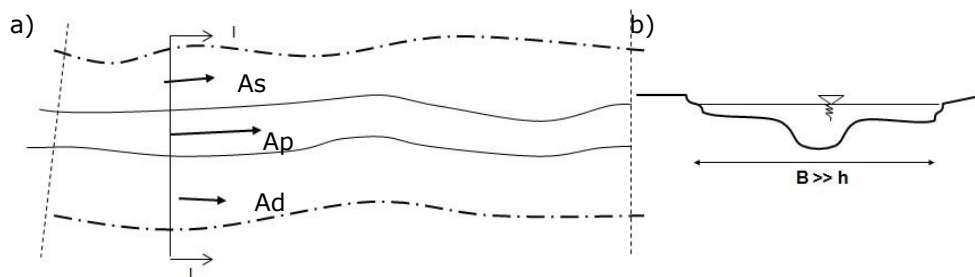


Fig. 3.4. Conceptul de model 1,5 D – a) vedere în plan; b) secțiune transversală (David, 2013)

Condițiile de aplicare menționate permit medierea vitezelor medii pe albia principală, respectiv pe albia majoră stânga, dreapta.

Distribuția reală a vitezei:

$$\begin{aligned} v_1 &= v_1(x, y, z) \\ v_2 &= v_2(x, y, z) \\ v_3 &= v_3(x, y, z) \end{aligned} \quad (3.8)$$

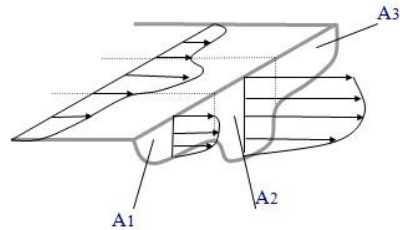


Fig. 3.5. Medierea vitezei pe secțiune (David, 2013)

unde  $v_1$  – viteza albia 1 (stângă)  
 $v_2$  – viteza albia 2 (principală)  
 $v_3$  – viteza albia 3 (dreaptă)

$$\begin{aligned} \tilde{v}_1 &= \frac{1}{A_1} \int_{A_1} v_1 \, dA \rightarrow \tilde{v}_1 = \tilde{v}_1(x) \\ \tilde{v}_2 &= \frac{1}{A_2} \int_{A_2} v_2 \, dA \rightarrow \tilde{v}_2 = \tilde{v}_2(x) \\ \tilde{v}_3 &= \frac{1}{A_3} \int_{A_3} v_3 \, dA \rightarrow \tilde{v}_3 = \tilde{v}_3(x) \end{aligned} \quad (3.9)$$

$$Q_i = V_i A_i$$

$$Q_i = Q_1 + Q_2 + Q_3$$

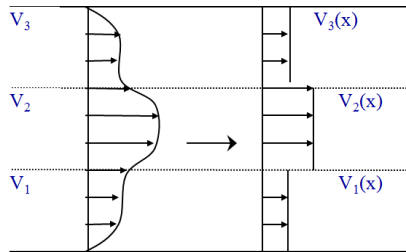


Fig. 3.6. Medierea vitezei pe secțiune (David, 2013)

**3.1.1.3. Modelul curgerii în albie utilizând conceptul de modelare bidimensională - 2D**

Se aplică în cazul cursurilor naturale cu albie largi, cu neuniformități pronunțate și adâncimi relativ mici în raport cu lățimea.  $B \gg h$

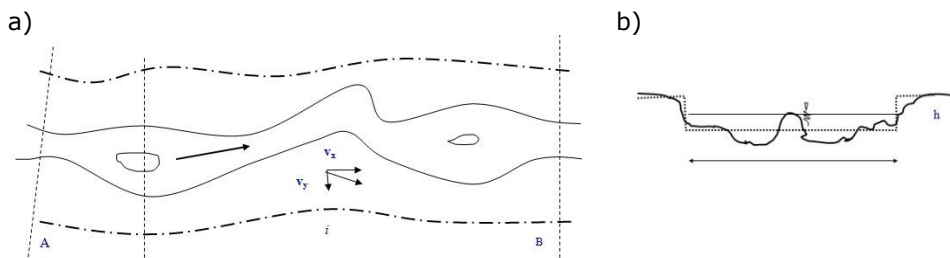


Fig. 3.7. Conceptul de model 2D (David, 2013)

Condițiile de aplicare menționate permit introducerea componentelor vitezei mediate pe adâncimea apei în fiecare punct.



Viteze mediate pe adâncimea  $h$  a curentului de apă:

$$\begin{aligned}\tilde{v}_x &= \frac{1}{h} \int_h v_x dz \rightarrow \tilde{v}_x = \tilde{v}_x(x, y) \\ \tilde{v}_y &= \frac{1}{h} \int_h v_y dz \rightarrow \tilde{v}_y = \tilde{v}_y(x, y) \\ \tilde{v}_z &\approx 0\end{aligned}\quad (3.10)$$

Modelarea cursurilor de apă utilizând diferite software-uri care folosesc ecuațiile fundamentale ale curgerii nepermanente în albie este utilă în modelarea curgerii râurilor și prin urmare în identificarea zonelor inundabile. Mai mult, modelarea poate fi aplicată în realizarea diferitelor scenarii pentru a stabili care ar putea fi efectele unui anumit eveniment (ce ar fi dacă s-ar înregistra un debit maxim de...m<sup>3</sup>/s).

### 3.2. Modelarea hidrodinamică a curgerii într-un bazin hidrografic utilizând Mike 11

MIKE 11<sup>3</sup> este un soft ingineresc profesional pentru simularea curgerii, transport de sedimente și calitatea apei în râuri, canale și alte corpuri de apă (DHI, 2007). Este o unealtă de modelare dinamică unidimensională pentru design, management și operarea unui simplu sau complex sistem de râuri sau canale. Modulul hidrodinamic (HD) al lui MIKE 11 utilizează o schemă bazată pe diferențe finite pentru modelarea curgerilor nepermanente în râuri și estuare. Modulele de modelare avansate sunt incluse pentru descrierea curgerii prin structurile hidraulice. Aceste formulări pot fi aplicate diferitelor rețele și simularilor curgerilor în sistem bidimensional prin luncile inundabile.

Descrierea curgerilor în luncile inundabile se poate face utilizând câteva tipuri de modele schematizate care depind atât de topografia terenului, cât și de natura curgerii. În zonele de tip deversor, baraje naturale sunt formate de-a lungul râului prin sedimentare datorită scăderii bruște a vitezei apei la intrare. În zonele unde apa curge pe toată secțiunea, aceste baraje naturale nu sunt prezente. Principala diferență între cele două situații este prezentată în figura 3.8.

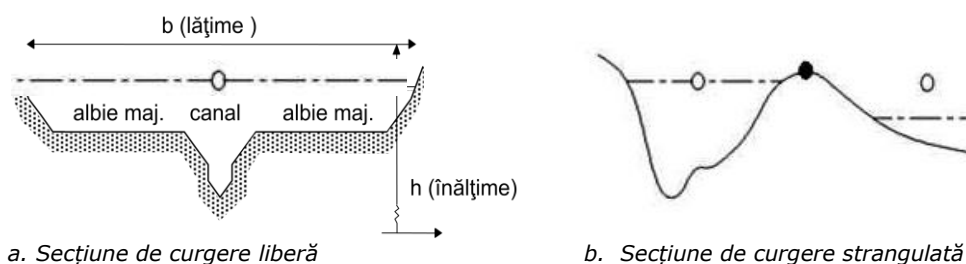


Fig. 3.8 Diferența între cele două tipuri de secțiuni de scurgere (DHI,2007)

<sup>3</sup> Software-ul a fost achiziționat de către Departamentul de Hidrotehnică al UPT în cadrul proiectului „Development of knowledge centers for life-long learning by involving of specialists and decision makers in flood risk management using advanced Hydroinformatic tools”

Într-o secțiune neștrăngulată tipică, nivelul apei este același atât în secțiunea râului cât și în lunca inundabilă. Lunca inundabilă poate fi inclusă direct în secțiunea transversală a râului modelat cu ajutorul parametrului lățimea la luciul apei și doar un singur parametru  $h$  este cerut pentru a determina nivelul apei pe întreaga secțiune.

Ecuatiile matematice care stau la baza modelării sunt ecuațiile Saint-Venant în sistem unidimensional, bidimensional și tridimensional. Cele două necunoscute, nivel – debit, sunt calculate prin aplicarea unei scheme în diferențe finite în 6 puncte, consacrată sub denumirea Abbott – Ionescu (fig. 3.9).

### 3.2.1. Modelarea curgerii în albie utilizând conceptul de modelare unidimensională 1D

Modelarea se bazează pe schema unidimensională cu sistemul clasic de ecuații cu derivate parțiale Saint Venant alcătuit din ecuația de continuitate (3.11) și ecuația de mișcare (3.12)

$$\frac{\partial Q}{\partial x} + \frac{\partial A}{\partial t} = q \quad (3.11)$$

$$\frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{\partial(\alpha \frac{Q^2}{A})}{\partial x} + gA \frac{\partial h}{\partial x} + \frac{gQ|Q|}{C^2 AR} - gAi = 0 \quad (3.12)$$

unde:  $Q$  - debitul volumic;  
 $A$  - aria secțiunii transversale;  
 $q$  - aport debit lateral;  
 $x$  - spațiu;  
 $t$  - timp;  
 $h$  - adâncimea apei;  
 $C$  - coeficientul Chezy;  
 $R$  - raza hidraulică;  
 $\alpha$  - coeficientul Coriolis;  
 $g$  - accelerația gravitațională;  
 $i$  - panta patului albiei.

În lipsa aportului lateral de debit  $q$  și considerând că lățimea  $B$  a albiei nu se modifică semnificativ în timp, pachetul de programe MIKE 11 folosește ecuația de continuitate sub forma:

$$\frac{\partial Q}{\partial x} + b_s \frac{\partial h}{\partial t} = q \quad (3.13)$$

Ecuatia de mișcare (3.12) se transformă într-o ecuație cu diferențe finite (3.15) căreia, MIKE 11, îi aplică schema numerică implicită în 6 puncte a lui Abbott-Ionescu (DHI, 2007), conform figurii 3.9. Pentru calculul variabilelor debit – nivel ( $Q$  și  $h$ ) se folosește un grid cu puncte de calcul alternative ale debitului și nivelului apei. Punctele de calcul al debitului sunt situate la mijlocul distanței dintre două puncte successive de calcul al nivelului apei și în dreptul eventualelor structuri hidrotehnice. Punctele de calcul al nivelului apei corespund profilelor transversale măsurate sau unor profile interpolate între acestea, în cazul în care distanța dintre două profile transversale succesive este mai mare decât pasul de spațiu  $dx$  ales.

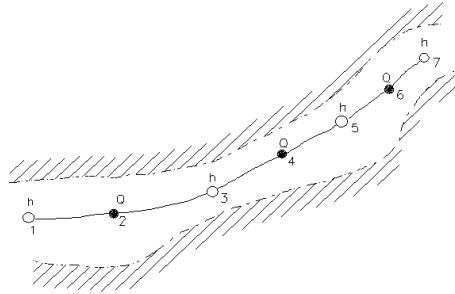


Fig. 3.9. Schema Abbott - Ionescu în 6 puncte (DHI, 2007)

Ecuția cu diferențe pentru ecuația de continuitate:

$$\frac{\partial Q}{\partial x} + b_s \frac{\partial A}{\partial t} = q \rightarrow \frac{\partial Q}{\partial x} \approx \frac{\frac{(Q_{j+1}^{n+1} + Q_{j+1}^n)}{2} - \frac{(Q_{j-1}^{n+1} + Q_{j-1}^n)}{2}}{\Delta 2x_j} \tag{3.14}$$

$$\frac{\partial h}{\partial t} \approx \frac{(h_j^{n+1} + h_j^n)}{\Delta t}$$

Ecuția cu diferențe pentru ecuația de mișcare:

$$\frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{\partial(\alpha \frac{Q^2}{A})}{\partial x} + gA \frac{\partial h}{\partial x} + \frac{gQ|Q|}{C^2 AR} = 0 \leftrightarrow \begin{cases} \frac{\partial Q}{\partial t} \approx \frac{Q_j^{n+1} - Q_j^n}{\Delta t} \\ \frac{\partial(\alpha \frac{Q^n}{A})}{\partial x} \approx \frac{[\alpha \frac{Q^n}{A}]_{j+1}^{n+1/2} - [\alpha \frac{Q^n}{A}]_{j-1}^{n+1/2}}{\Delta 2x_j} \\ \frac{\partial Q}{\partial t} \approx \frac{(h_{j+1}^{n+1} + h_{j+1}^n) - (h_{j-1}^{n+1} + h_{j-1}^n)}{\Delta 2x_j} \end{cases} \tag{3.15}$$

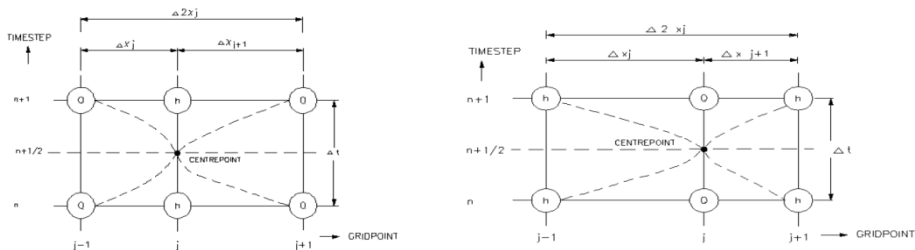


Fig. 3.10. Discretizarea utilizată în Mike 11 în a) ecuația de continuitate; b) ecuația de mișcare (DHI, 2007)

### 3.2.2. Aplicații ale software-ului MIKE 11 pentru modelarea curgerii într-un sector de râu

MIKE 11 a fost proiectat să producă modelarea în detaliu a râurilor, modelarea scurgerii în albiile naturale sau amenajate, ruperea barajelor sau deversarea controlată. Poate fi utilizat pentru controlul și prognoza inundațiilor sau realizarea de scenarii de inundare în funcție de diferite valori ale debitelor. Modelul necesită informații referitoare la cursul de apă și pe baza topografiei albiei majore, putând fi vizualizat alături de un DEM, un ortofotoplan sau o hartă. Datele de ieșire ale modelului conțin date ale nivelurilor de apă și ale debitelor în fiecare secțiune transversală a modelului.

Vizualizarea rezultatelor se face cu ajutorul MIKE View, putând fi afișate ca hărți în sistem bidimensional sau niveluri și adâncimi ale apei în secțiuni transversale sau longitudinale în sistem unidimensional, sub formă de palete de culori sau chiar sub formă video, prezentând fluctuațiile de nivel ale apei în funcție de condițiile introduse. Rezultatele sunt considerabil influențate de variația parametrilor hidraulici ai secțiunilor transversale: tipul razei hidraulice; coeficientul de rezistență hidraulică. Într-o secțiune transversală, coeficientul de rezistență hidraulică al datelor brute neprelucrate se poate raporta la valoarea rezistenței talvegului care poate fi: distribuție transversală; rezistență radială. Putem avea următoarele tipuri ale coeficientului de rezistență hidraulică: rezistența relativă; coeficientul lui Manning „n”; coeficientul lui Manning „ $M=1/n$ ”; numărul Chezy; coeficientul Darcy-Weisbach „k”.

Pentru exemplificare am ales un sector din cursul inferior al bazinului hidrografic Bârzava, afectat frecvent de inundații, pe sectorul amonte confluență Fizeș - aval Gătaia. Datele disponibile au fost furnizate de Administrația Bazinală de Apă Banat. Scopul acestui studiu a fost observarea influenței modificărilor parametrilor de intrare ai modelului asupra calității și preciziei generale a simulării modelului. Au fost puse la dispoziție un număr de 6 profile transversale (pentru un sector de aproximativ 20 km) și date de debite și niveluri ale apei caracteristice unei viituri și caracteristice unei perioade normale. Prin reproducerea viiturii înregistrate în aprilie 2005 s-a realizat calibrarea modelului.

Editarea rețelei de râuri în MIKE include:

- digitizarea rețelelor de râuri și conexiunea lor;
- definirea structurilor hidraulice pe fiecare râu;
- definirea punctelor de intrare din cadrul unui bazin hidrografic.

Pentru digitizarea rețelei de râuri sunt necesare hărți, ortofotoplanuri, fișiere de tip shapefile sau grid, dar care să aibă aceleași coordonate cu fișierul rețelei hidrografice create. Fișierul cu informațiile rețelei hidrografice în MIKE 11 poate fi georeferențiat în diferite sisteme de proiecție (Fig. 3.11) sau negeoreferențiat.

În ceea ce privește vizualizarea rețelei, aceasta poate fi sub formă grafică (Fig. 3.11) sau tabelară, cuprinzând informații asupra tuturor parametrilor rețelei dar și structurilor din cadrul ei.

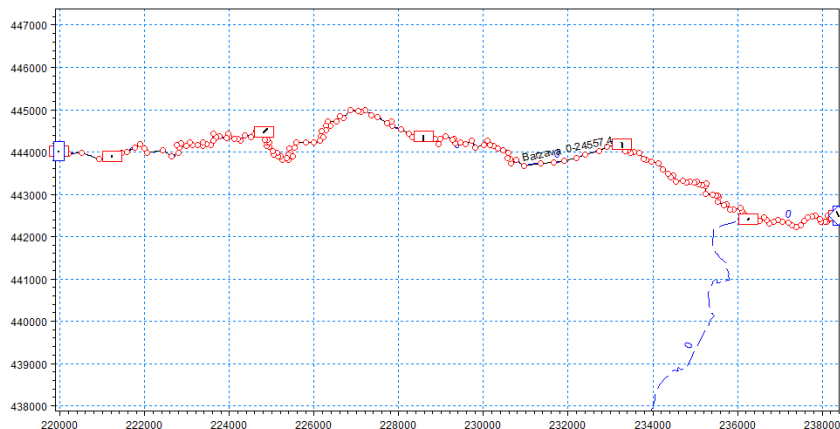


Fig.3.11. Rețeaua hidrografică georeferențiată în Stereo\_70 și poziționarea secțiunilor transversale – vizualizare grafică

Secțiunile transversale sunt elemente foarte importante ale modelelor cursurilor de apă, deoarece definesc geometria canalului cursului de apă. Editorul secțiunilor transversale gestionează toate secțiunile transversale pe care le are stocate dar permite și vizualizarea lor. Fiecare secțiune transversală este unică și se identifică prin următoarele caracteristici: numele râului din care provine, numele de identificare topografică, kilometrajul. Opțional se introduce și numele secțiunii transversale. Secțiunile transversale sunt ridicate în sistem de coordonate și au ca plan de referință Marea Neagră 75.

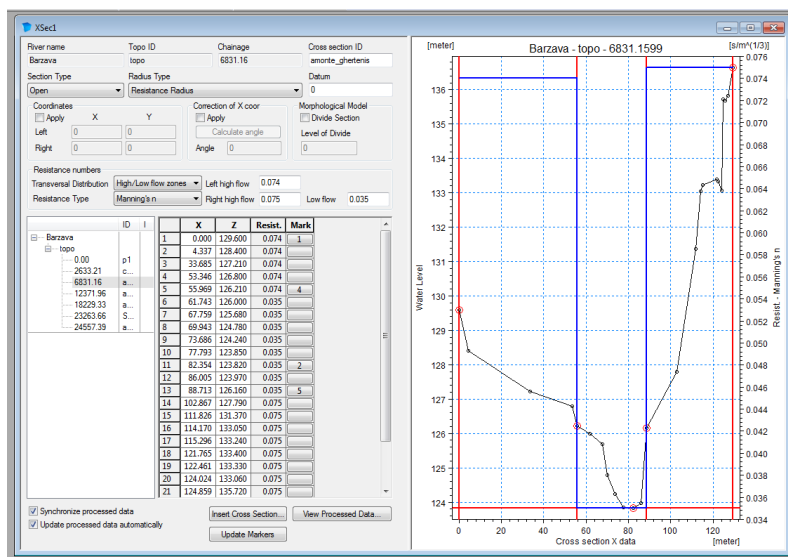


Fig. 3.12. Secțiune transversală

Există două tipuri de date asupra secțiunilor transversale:

- date măsurate brute sau neprelucrate (Fig.3.12) - descriu forma secțiunilor transversale și provin din măsurătorile efectuate pe râuri;

- date derivate procesate - datele procesate derivă din cele brute și conțin informații utilizate de modelul computerului (ex. nivelul, aria secțiunii transversale, lățimea la nivelul maxim al apei, raza hidraulică, etc.).

Datele procesate pot fi calculate sau pot fi introduse manual. În același timp se va seta punctul de maximă adâncime, malurile stâng, respectiv drept și coeficientul de rugozitate. În același timp cu secțiunile transversale se definesc și coeficienții de rugozitate. În același timp sunt definite diferite puncte importante din albie, precum talvegul, limita albiei minore și limita albiei majore.

Pentru a construi un model unidimensional, pe lângă datele topografice sunt necesare și serii de date referitoare la debite ( $Q$ ), nivelurile apei ( $h$ ) în secțiunile din amonte și aval ale modelului, date care reprezintă condiții de margine sau condiții inițiale ale modelului. Valorile variabilelor dependente  $Q$  și  $h$  la timpul  $t=0$  sunt numite condiții inițiale. Există anuite condiții de margine care nu pot fi utilizate în secțiunea din amonte, ca de exemplu cheia limnometrică, deoarece pot conduce la instabilitatea modelului.

Condițiile de margine pot consta de asemenea în curgeri laterale, intrări sau ieșiri de-a lungul unui râu, concentrația de soluții dintr-un hidrograf, diferite date meteorologice sau condiții la limită utilizate în conexiunea cu structurile aplicate modelului.

Introducerea condițiilor la limită este foarte importantă. Nu se poate rula modelarea fără a avea introduse aceste condiții. În cazul în care acestea au fost introduse eronat, neexistând o corelație cu datele de bază introduse (ex. secțiuni transversale, debitele din aval depășesc debitele din întreg sistemul), vor apărea mesaje de erori care trebuie corectate, altfel modelul nu mai rulează.

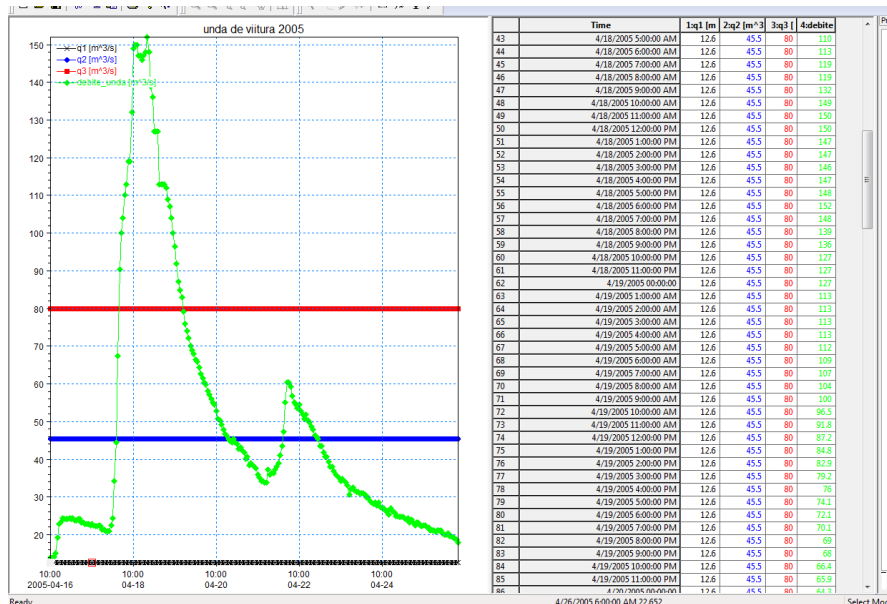


Fig. 3.13. Condiții la limită (valori ale debitelor  $Q$  la timpul  $t$ ) pentru secțiunea amonte

Având toate datele de intrare necesare, se poate rula modelul. În cazul în care datele de intrare nu au fost introduse corect, modelul nu rulează. Cele mai

frecvente erori în modelare au fost cele referitoare la calculul unui nivel mult mai mare decât limita admisă sau chiar albi uscate. Aceste erori au ca surse de producere erorile de deformare și sunt consecințe ale discretizării, fiind necesară reevaluarea parametrilor de intrare care au produs eroarea. De asemenea, pasul de timp este important asupra preciziei și vitezei de rulare a modelului, însă nu s-au observat diferențe majore între un pas de timp de 30 de secunde sau un pas de timp de 10 minute.

Debitul într-un râu în timpul unei viituri are caracteristicile unei unde care translatează și se atenuează. Gradientul curbei nivel-debit (cheia limnimetrică) este legat de viteza undei cinematice și aceasta indică faptul că în timpul unei viituri viteza de atenuare variază în raport cu adâncimea apei în secțiunea transversală ( $dQ/dh$ ), iar lățimea secțiunii transversale ( $bs$ ) se schimbă în timp.

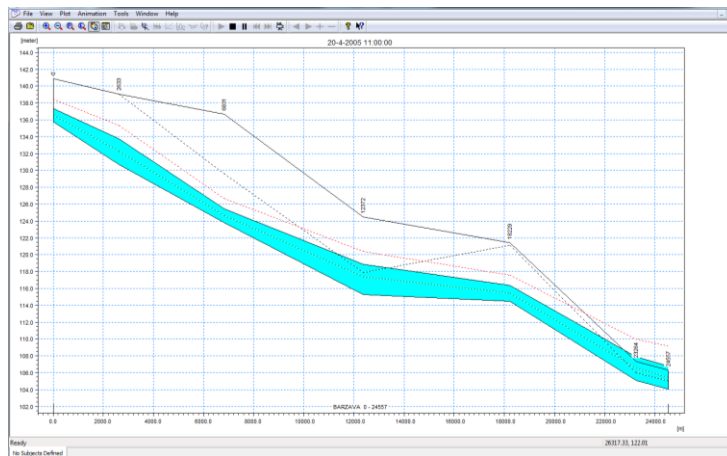


Fig. 3.14. Afișarea rezultatelor pentru întreg profilul

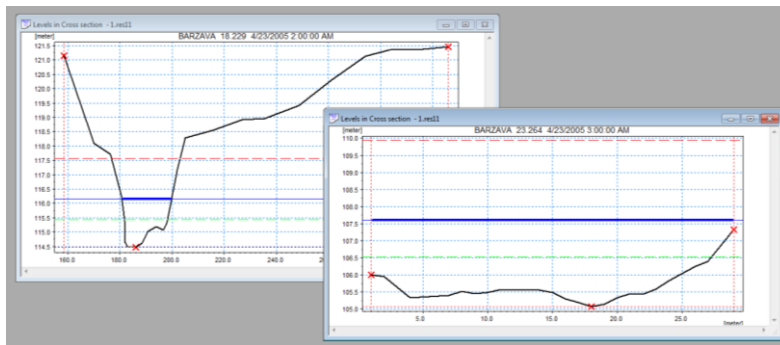


Fig. 3.15. Afișarea rezultatelor pentru diferite secțiuni transversale

O dată ce modelul a fost calibrat și verificat cu date înregistrate, acesta poate fi utilizat pentru realizarea de scenarii: stabilirea nivelului apei în cazul înregistrării unui debit cu o anumită probabilitate de apariție. Nu trebuie omis faptul că rezultatele sunt influențate de diferite surse de incertitudine, urmând a fi abordate într-un subcapitol ulterior.

### 3.3. Modelarea hidrodinamică a curgerii într-un bazin hidrografic utilizând ArcGIS și HEC-RAS

Pentru a alege cel mai potrivit model de analiză a hazardului la inundații, este necesar accesul la informațiile despre componentele sistemului, care pot oferi o viziune globală asupra proceselor care se pot desfășura în anumite condiții. GIS (Geographic Information System; în română tradus SIG, adică Sistem Informatic Geografic) au fost concepute pentru realizarea unor modele pe suprafețe mari, fiind utilizate pentru a vizualiza, gestiona și analiza seturi de date geografice. Ușurința de manipulare a datelor spațiale și rezultatele foarte bune înregistrate în urma realizării acestor modele au crescut interesul și altor domenii (precum hidrologie, construcții hidrotehnice, inginerie civilă etc.) pentru utilizarea SIG, dezvoltându-se noi metode pentru oferirea de soluții de determinare a frecvenței de apariție a unui eveniment extrem, de amplasare corespunzătoare a sistemelor hidrotehnice sau edilitare, pentru amplasarea digurilor de apărare împotriva inundațiilor sau proiectarea unor noi soluții pentru atenuare a inundațiilor. Principala caracteristică a unui SIG este faptul că manipulează informația ținând cont de localizarea sa, amplasarea ei spațială prin coordonate. Orice hartă realizată se poate descompune în mai multe straturi, iar mai multe straturi organizate într-un anume proiect poate forma o hartă. De preferat este organizarea informației în structuri simple, pentru ca informația să fie prelucrată mult mai ușor.

ArcGIS<sup>4</sup> este un software dezvoltat de ESRI (Environmental System Research Institute) care poate fi utilizat și pentru analiza hidrologică. Ușurința de manipulare a datelor spațiale și rezultatele foarte bune înregistrate în urma realizării acestor modele au făcut posibilă dezvoltarea unui modul util în cadrul studiilor de calcul și modelare a inundațiilor.

Software-ul HEC-RAS<sup>5</sup> (Hydrologic Engineering Center's River Analysis System), dezvoltat de United States American Corps of Civil Engineering, este proiectat pentru a simula răspunsul scurgerii de suprafață a unui bazin hidrografic, în funcție de durata și intensitatea unei anumite ploii, luând în considerare răspunsul dat de componentele hidraulice interconectate. Acest software rezolvă ecuațiile unidimensionale Saint Venant, de curgere hidrodinamică, și datorită metodei de rezolvare numerică a acestor ecuații este aplicabil atât pentru regimurile de curgere critice, supercritice cât și mixte, și permite calculul nivelelor de apă în toate momentele intervalului de timp de calcul și în toate secțiunile transversale ale râului. Fiecare componentă modelează o parte a procesului de formare a scurgerii maxime pe o anumită porțiune a bazinului hidrografic sau a subbazinelor, reprezentând o entitate spațială bine definită și unică în procesul de analiză a sistemului ploaie-scurgere, concretizându-se în canale de scurgere, scurgere laminară sau rezervor de stocaj. Acest model permite, de asemenea, includerea în calcul a structurilor hidrotehnice existente în secțiunea râului modelat, cum ar fi existența unor praguri deversoare sau stăvilare laterale. Modelul are o interfață grafică ușor de folosit și prezintă avantajul de a fi gratuit, fiind unul din cele mai cunoscute software-uri pentru modelarea hidraulică 1D.

<sup>4</sup> Licența pentru ArcGIS 10.1. a fost oferită de University of the West of England, Bristol, pe durata stagiului de cercetare

<sup>5</sup> Produsul este oferit gratuit publicului și poate fi descărcat de pe următorul website: <http://www.hec.usace.army.mil/>



ArcGIS 10.1 și HEC-RAS 4.1.0 au fost utilizate pentru identificarea zonelor inundabile (identificarea hazardului). Utilizarea SIG pentru modelarea hidrologică și hidrodinamică implică de obicei trei etape: pre-procesare a datelor, executarea modelului și vizualizarea rezultatelor (etapa de post-procesare). Pentru etapa de pre-procesare este necesar un DEM sau TIN care conțin date referitoare la altitudinea terenului, pe baza cărora se vor crea cu ajutorul HEC-GeoRAS datele geometrice necesare modelului hidrologic: rețea hidrografică, maluri, secțiuni transversale, poduri, coeficientul de rugozitate Manning etc. Pentru harta de utilizare a terenului sunt necesare imagini satelitare pentru identificarea categoriilor de folosință. De asemenea, aceste imagini pot fi utile în digitizarea rețelei hidrografice sau a malurilor.

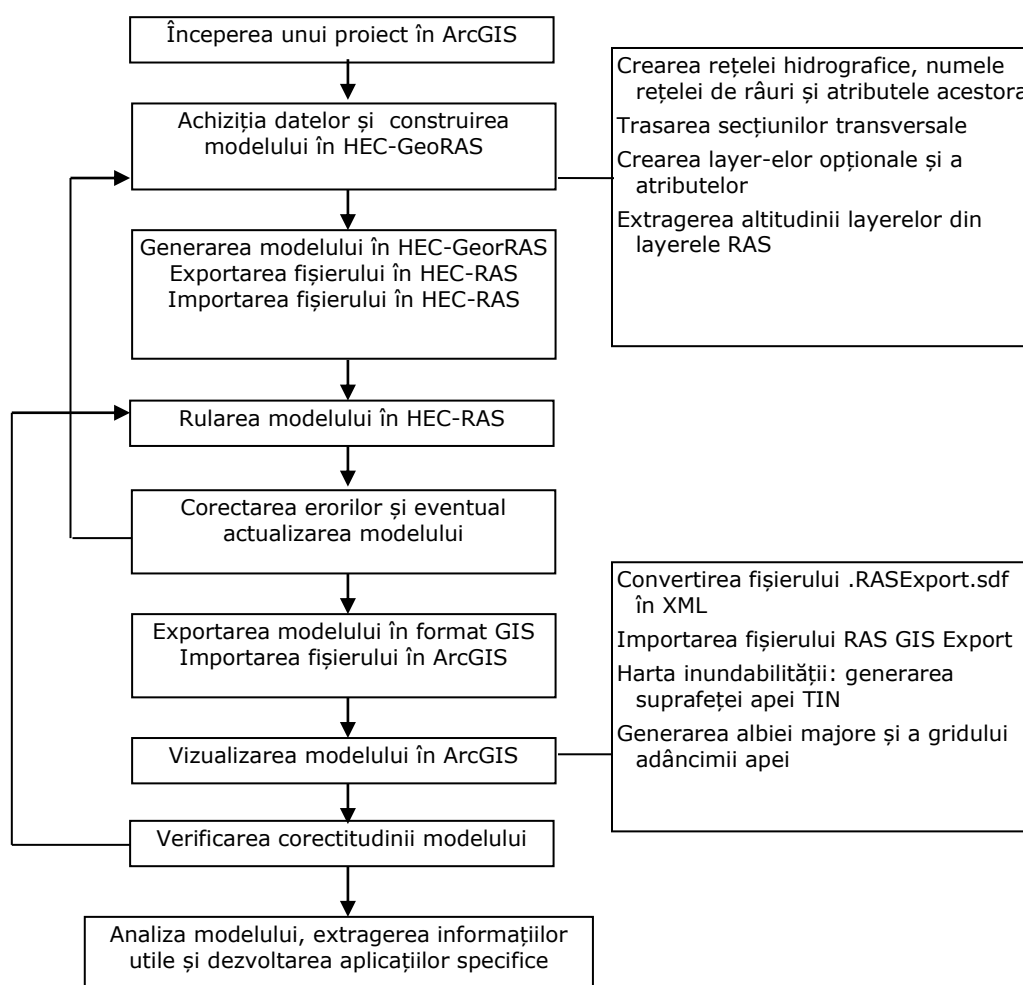


Fig. 3.16. Etapele necesare modelării hidrodinamice utilizând ArcGIS și HEC-RAS (<http://www.hec.usace.army.mil/>)

După ce aceste date au fost introduse, următorul pas este exportul datelor în HEC-RAS. Etapa de execuție a modelului implică introducerea datelor de debite sau precipitații și rularea modelului. În cazul în care apar erori este necesară

corectarea datelor de intrare. După ce rezultatele sunt exportate în ArcGIS, poate fi creată o hartă de inundabilitate în etapa de vizualizare a datelor. Această hartă este utilizată ulterior în planificare.

### **3.3.1.Descrierea etapelor necesare modelării**

Un SIG nu constă doar în generarea automată a unor hărți prin simpla apăsare a unor butoane (comenzi), ci trebuie parcurse o serie de etape pentru întocmirea bazei de date atribut, reclasificări, selectări, discretizări, combinări logice. Dacă nu se înțelege parcursul tehnic de la date la rezultatele obținute, este imposibil de înțeles și explicat fenomenul prin care se ajunge la acest rezultat. Rezultatul modelării este dependent de acuratețea datelor de intrare.

După cum am menționat anterior, utilizarea ArcGIS pentru identificarea inundabilității presupune trei pași: etapa de pre-procesare a datelor; executarea modelului; vizualizarea/post-procesarea rezultatelor.

#### **3.3.1.1.Etapa de preprocesare**

Acestă etapă presupune introducerea datelor care vor fi procesate, cu ajutorul modului HEC-GeoRAS: definirea râului și afluenților, a malurilor și limitelor albiei majore, poziția secțiunilor transversale pe râuri cu orientarea și cotele punctelor aferente, identificarea podurilor și a obiectelor ce pot modifica scurgerea etc. Straturile create vor fi exportate ulterior în format HEC-RAS, pentru a introduce parametri pentru rularea modelului.

Pentru început sunt necesare doar datele spațiale oferite de un DEM (prin intermediul căruia generăm un TIN) sau de un TIN (Triangulated Irregular Networks), adică o rețea de puncte împrăștiate, asociate cu coordonatele x,y,z. Acestea pot fi folosite pentru vizualizarea și conceperea unei hărți cu puncte ce conțin elevația terenului sau pentru a genera delimitarea unui bazin hidrografic și analiza drenajului. Alte seturi de date care pot fi utile sunt aerofotograme și informații despre utilizarea terenului, sau chiar rețeaua hidrografică în format shapefile pentru ușurarea procesului de identificare a rețelei hidrografice.

Modelul digital al terenului este generat de Shuttle Radar Topography Mission (SRTM), un proiect al National Aeronautics and Space Administration (NASA) și Național Geospatial-Intelligence Agency (NGA) cu scopul de a realiza un model numeric altimetric global. Proiectul a urmărit realizarea și distribuția datelor la rezoluții de 30 secunde de arc (SRTM30 set de date menit să înlocuiască GTOPO30), 90 metri (SRTM90) și 30 de metri. Datele SRTM 90 sunt disponibile gratuit pe site-ul NASA (<http://srtm.csi.cgiar.org/>), însă modelul utilizat este cel oferit de [geospatial.org](http://earth.unibuc.ro/download/datele-srtm90-reproiectate-in-stereo70), iar datele au fost reproiectate în sistem de coordonate Stereografic 1970 (<http://earth.unibuc.ro/download/datele-srtm90-reproiectate-in-stereo70>).

Pentru analiză s-a utilizat un DTM cu rezoluția orizontală de 30 m și rezoluție verticală de 1 m (fig. 3.17.).

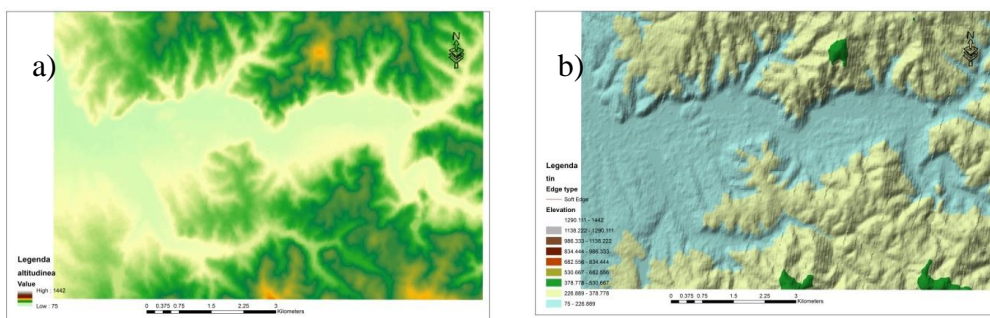


Fig. 3.17. a) DEM și b) TIN pentru arealul Bocșa

Pentru realizarea unui model hidrodinamic sunt necesare informații despre secțiuni, structuri hidraulice, maluri și diguri sau alte caracteristici ale albiei râului. Etapa de pre-procesare a datelor prin intermediul HEC-GeoRAS presupune crearea acestor atribute în ArcGIS, apoi exportarea lor pentru utilizarea în HEC-RAS. Prin intermediul comenzii Create Ras Layers se generează automat o bază de date care conține o serie de layere (RAS) goale, care trebuie ulterior populate/umplute cu informații (o parte sau toate, depinde de nevoile proiectului sau de datele existente).

#### Trasarea conturului râurilor și a malurilor aferente

Trasarea unui râu se face dinspre amonte înspre aval, aceasta determinând sensul de curgere al acestuia. Se trasează sectorul de râu principal până la confluența cu un afluent, apoi se trasează afluentul, având grijă ca să se realizeze conexiunea cu râul principal. În continuare se va trasa râul principal, până la conexiunea cu un alt afluent sau până unde se dorește să se facă analiza. Trasarea rețelei de râuri poate fi realizată utilizând un alt strat care conține o informație în format vector sau raster (ortofotoplan sau hartă topografică – fig. 3.18.).

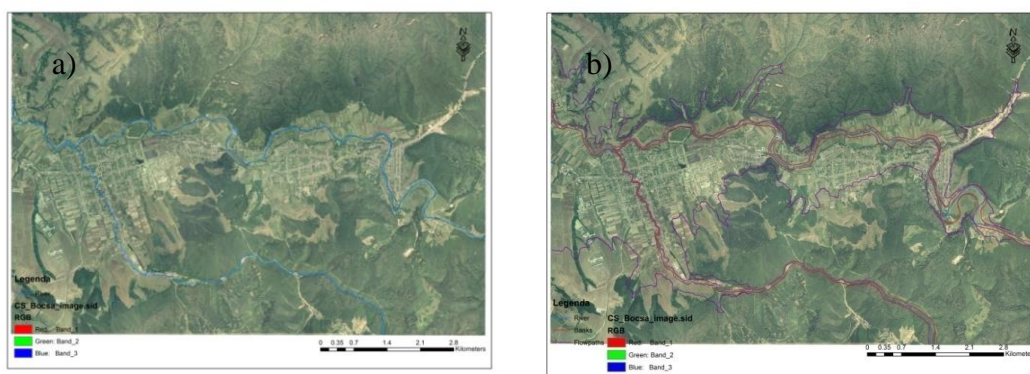


Fig. 3.18. Trasarea a) rețelei hidrografice și a b) malurilor cu ajutorul unui ortofotoplan

După finalizarea digitizării se atribuie fiecărui sector de râu câte un atribut referitor la numele râului și numărul sectorului de râu (fig. 3.19).

Shape *	OID *	Shape_Length	HydroID	River	Reach	FromNode	ToNode	ArcLength	FromSta	ToSta
Polyline	1	14756.238983	1	Barzava	Barzava_bocsa	1	2	14756.24	2033.674	16789.9
Polyline	3	10876.178294	3	Moravita	afluent	3	2	10876.18	0	10876.1
Polyline	4	2033.674097	4	Barzava	Barzava_aval	2	4	2033.674	0	2033.67

Fig. 3.19. Tabel cu datele atribut ale secțiunilor de râuri

Ulterior se vor trasa malurile și limita albiei majore (fig. 3.18.b).

Pentru fiecare din aceste strate cu informație x și y se alocă și informația z, adică se atribuie informația referitoare la altitudine, pe baza TIN-ului. În cazul în care digitizarea nu s-a făcut în mod corect, sau există unele diferențe între informația spațială a bazei de pe care s-a realizat digitizarea și TIN, vor exista erori în rularea modelului HEC-RAS; care vor trebui corectate.

Crearea secțiunilor transversale

Secțiunile transversale reprezintă una din cele mai importante părți ale etapei de introducere a datelor. Crearea secțiunilor se face dinspre malul stâng spre malul drept. Cu cât numărul de secțiuni este mai mare (cu cât secțiunile sunt mai dese, cu atât calitatea datelor de ieșire va fi mai mare (fig. 3.20).

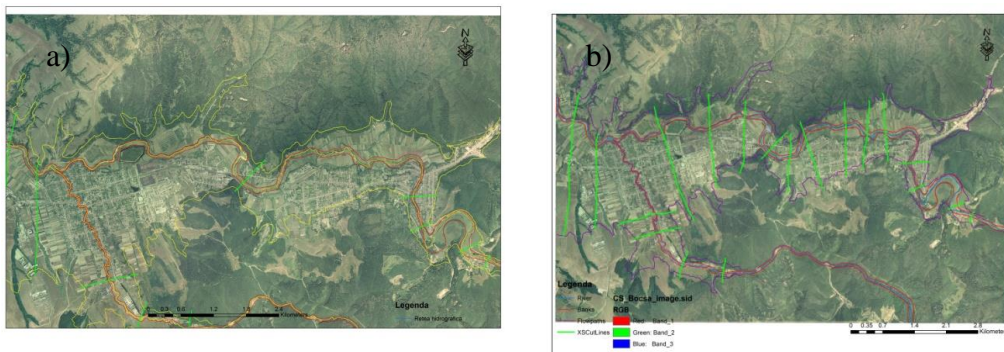


Fig. 3.20. Trasarea secțiunilor transversale

Deoarece rezoluția DEM-ului este de 1 m pe verticală, secțiunile vor fi editate în HEC-RAS și corectate.

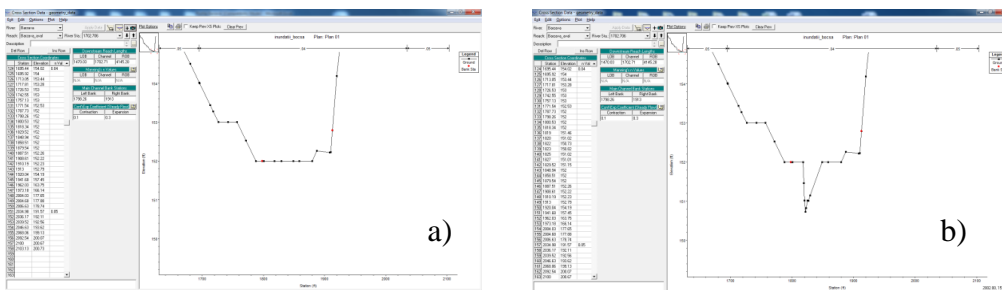


Fig. 3.21. Editarea secțiunilor transversale

Poziția și orientarea secțiunilor definesc locația secțiunilor în spațiu, iar prin asimilarea de date cu privire la cotele punctelor din TIN vor avea și informație referitoare la altitudine. Secțiunile batimetrice utilizate prezintă detalii suficiente pentru a calibra modelul în vederea obținerii unor rezultate corecte.

Crearea podurilor, acumulărilor sau a spațiilor ce obstrucționează curgerea se realizează cu ajutorul ortofotoplanurilor, prin digitizare. Informația referitoare la poduri este ulterior editată în HEC-RAS, pentru a introduce informațiile lipsă.

Crearea tipurilor de utilizare terenului și alocarea coeficientului de rugozitate Manning

Conform ortofotoplanului sau utilizând modelul de acoperire a terenului oferit de Corine LandCover<sup>6</sup> (fig. 3.22. a) se va trasa stratul ce conține informație referitoare la utilizarea terenului pe clase de utilizare, la fiecare clasă fiind atribuită ulterior coeficientul Manning de rugozitate corespunzător.

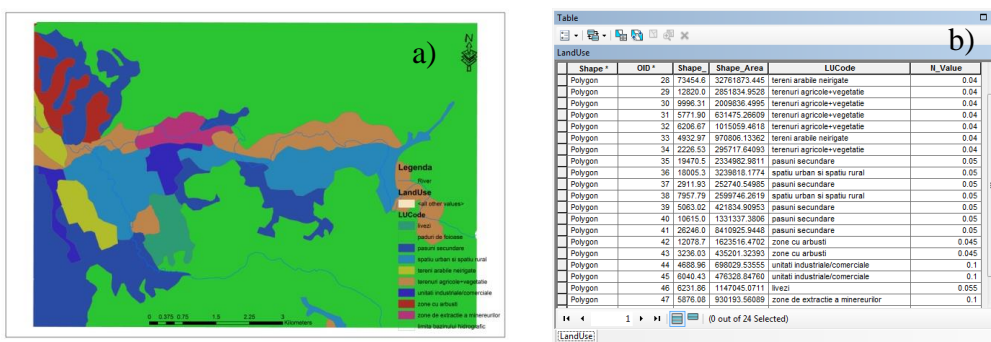


Fig. 3.22. Utilizarea terenului și valoarea N corespunzătoare rugozității

Crearea fișierului geometric de import în HEC RAS se face prin exportarea fișierului geometric, care va crea două fișiere, unul GIS2RAS.xml și altul GIS2RAS.RASimport.sdf. următorul pas este importarea fișierului în HEC-RAS.

### 3.3.1.2. Etapa de procesare - Rularea modelului în HEC-RAS

Cu ajutorul programului HEC-RAS se va seta și se va rula simularea pentru care se va utiliza fișierul exportat din ArcGIS, în format .sdf. Se va edita fișierul geometric (Fig. 3.23), pentru care se vor corecta secțiunile transversale (Fig. 3.21) și se vor introduce informațiile referitoare la poduri sau acumulări. Se vor introduce parametri de curgere, se setează joncțiunile și se va rula modelul. Simularea numerică prezentată în imaginea 3.24. s-a realizat pentru un debit cu valoarea de  $Q = 150 \text{ m}^3/\text{s}$ , fiind debitul înregistrat la viitura din aprilie 2005. În cazul în care nu au fost introduse corect date, se vor revizui datele de intrare până când va rula modelul.

<sup>6</sup> Setul de date CLC2000 este oferit sub licență originală EEA pentru geo-spatial.org:

EEA grants free access to all its data/applications provided that the user agrees:

- to acknowledge the source as follows: Copyright EEA, Copenhagen, 2007

- to display a link to the EEA web site <http://www.eea.europa.eu>

- not to use the data/applications for commercial purposes unless the Agency has expressly granted the right to do so

La care au contribuit Ministerul Mediului și Dezvoltării Durabile: <http://www.mmediu.ro> și Institutul Național de Cercetare-Dezvoltare "Delta Dunării": <http://www.indd.tim.ro>



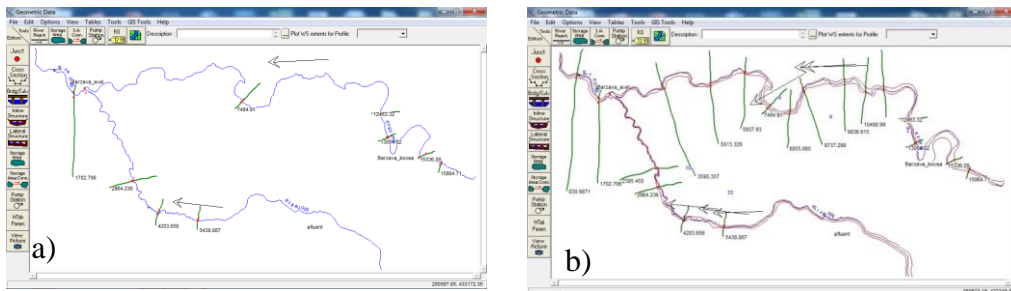


Fig. 3. 23. Editarea fișierului geometric

### **3.3.1.3. Etapa de vizualizare a rezultatelor**

În ArcGIS, cu ajutorul modului HEC-GeoRAS, se va importa fișierul convertit din format .sdf într-un fișier .xml. În această etapă de post procesare va rezulta un fișier care conține informații cu privire la limita de inundabilitate în arealul analizat. Cu cât informațiile de intrare vor fi mai exacte și mai concrete, cu atât rezultatele vor fi mai bune (fig. 3.24 a, b).

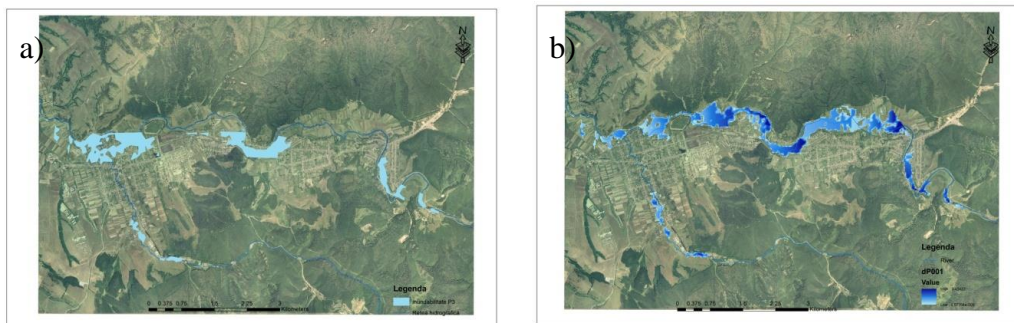


Fig. 3.24. Vizualizarea modelării în ArcGIS

Pentru a calibra modelul, rezultatele modelării trebuie comparate cu datele din teren. Dacă suprafața inundată reală corespunde cu cea calculată, atunci modelul este valabil. În figura 3.25. imaginile MODIS prezintă situația la nivelul SH Banat din data de 16 aprilie 2005 (3.25.a), iar figura 3.25.b prezintă situația la data de 23 aprilie 2005.

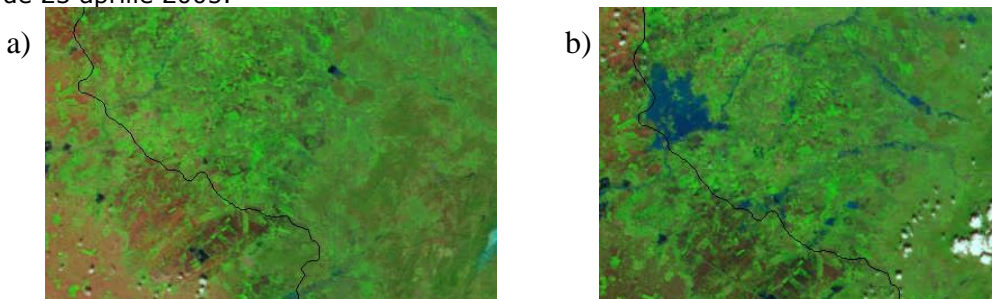


Fig.3.25.Comparație a situației (a) dinainte de producerea inundațiilor și (b) după inundația din aprilie 2005- Imagini MODIS(earthobservatory.nasa.gov/ NaturalHazards/view.php?id=1479)

### 3.4. Alegerea modelului de analiză a hazardului la inundații

Realizarea hărților de inundabilitate nu este o știință exactă. Există un nivel de incertitudine pentru fiecare modelare și pentru fiecare parametru introdus. Scopul modelării constă nu doar în obținerea unor rezultate simulate acceptabile cu privire la hărțile de hazard, vulnerabilitate și risc, ci și de a utiliza aceste hărți în procesul de luare a deciziilor de planificare. Pentru a alege cel mai potrivit model de analiză a hazardului la inundații, este necesar accesul la informațiile despre componentele sistemului, care pot oferi o viziune globală asupra proceselor care se pot desfășura în anumite condiții.

Realizarea unor modele complexe de calcul, identificarea și prognoza inundațiilor necesită realizarea în prealabil a unei baze de date spațială și numerică specifică: bază de date primare (curbe de nivel, lacuri, rețea hidrografică, informații vectoriale cu privire la utilizarea terenului, soluri, tipul de vegetație etc.), bază de date derivate (obținută în urma analizei spațiale a bazei de date primare – direcția scurgerii, acumularea scurgerii, extragerea rețelei hidrografice) și baza de date modelată (concretizată în seturi de vectori și rastere rezultate în urma definitivării și realizării modelelor de identificare a hazardului, vulnerabilității și riscului la inundații).

Modelările hidraulice de tip 1D și integrarea acestora în SIG sunt cele mai utilizate metode de identificare a hazardului, însă nu trebuie omis faptul că aceste tehnici se bazează pe diferiți algoritmi de calcul, fiecare având limitările sale în legătură cu aplicabilitatea acestora (în primul rând din cauza datelor de intrare, care nu pot să cuprindă toate variabilele din sistem, fiecare variabilă participând într-o anumită proporție la desfășurarea evenimentului). O altă restricție în alegerea metodei de modelare este dată de faptul că multe dintre acestea sunt elaborate ca și pachete software comerciale, iar cele disponibile gratuit neavând întotdeauna aceeași precizie ca și un pachet comercial.

#### 3.4.1. Surse de incertitudine în modele

Modelele sunt, prin definiția lor, o abstractizare a unui sistem real sau imaginar și a proceselor care definesc acest sistem. Un obiectiv important al modelării este de a stabili cea mai simplă descriere posibilă pentru a studia în mod adecvat o anumită problemă. Analiza probabilității incertitudinilor ca urmare a calității datelor de intrare într-un model este absolut necesară, în cazul elaborării hărților inundabilității (Văduva et al., 2013).

Incertitudinile în predicția modelului provin din:

- incertitudinile oferite de datele de intrare, care implicit se reflectă în datele de ieșire și de obicei constau în erori de măsurare, de interpolare/extrapolare, de erorile de rescalare sau erori în introducerea greșită sau incompletă a datelor. Cele mai importante erori sunt date de influența erorilor datorate măsurătorilor existente referitoare la secțiunile transversale și a topografiei terenului. Calitatea modelului digital de elevație este foarte importantă în analiza spațială, deoarece precizia și calitatea rezultatelor este dependentă de datele de intrare. Un DEM de slabă calitate va conduce la erori. Structurile de baze de date derivate obținute în urma exploatării DEM sunt reprezentate de structuri de tip raster, care scot în evidență principalele caracteristici hidraulice de mișcare și acumulare a apei, dar și caracteristicile geometrice și morfometrice ale bazinelor hidrografice:

direcția scurgerii apei pe versanți, acumularea scurgerii, bazinele hidrografice și cumpenele de apă specifice fiecărui subbazin;

- incertitudinile oferite de modele – includ incertitudini (conceptuale sau logice) în structura modelului. În cadrul modelării inundațiilor există abordări practice care combină ecuația de debit, folosind formula lui Manning, cu tehnici GIS, pentru a obține suprafețe inundabile. Utilizarea ecuației lui Manning presupune o curgere uniformă și liniară, ceea ce nu este în conformitate cu ce se întâmplă în realitate. (Bociort, 2012).

La acestea se adaugă variabilitatea în timp și spațiu a dimensiunii localității, a numărului populației sau a activităților socio-economice din arealul studiat, noi reglementări legislative, acțiunea combinată a mai multor factori, care poate conduce la evoluția neașteptată a unui sistem etc.

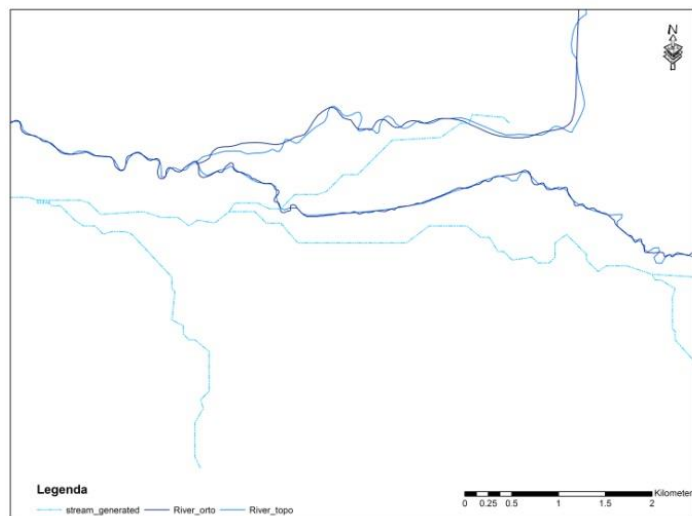


Fig.3.26. Surse de erori în introducerea datelor ca urmare a utilizării a diverse surse de date: generarea automată a rețelei hidrografice sau digitizarea rețelei hidrografice după un ortofotoplan sau după harta topografică 1:25000

În cazul de față (fig.3.26), DEM-ul utilizat are rezoluția orizontală de 30 m și rezoluția verticală de 1 m. Pot apărea erori ca urmare a utilizării rețelei hidrografice generate în ArcGIS, dar acestea pot fi evitate utilizând o rețea hidrografică trasată după un ortofotoplan sau o hartă topografică. Erorile apărute ca urmare a datelor derivate dintr-un DEM pot fi corectate prin utilizarea unor date obținute din măsurători topografice de detaliu, însă nu trebuie omis faptul că acestea sunt consumatoare de timp și de resurse.

În practică, incertitudinile modelului sunt dificil de estimat și de aceea poate fi utilă integrarea rezultatelor unei probleme anterioare, deja cunoscută, pentru a calibra modelul. În cazul în care rezultatele modelării sunt diferite în mod evident față de realitatea ce a fost observată, atunci modelul este improbabil și va fi necesară îmbunătățirea modelului. Modelele mediului natural sunt extrem de diverse, atât în structură, cât și în aplicarea lor, iar rezultatele diferă în funcție de variabilele care sunt introduse în model, de calitatea datelor de intrare și de perioada de timp luată în considerare. De obicei, puține dintre sursele de incertitudine sunt documentate sau prezintă o analiză formală a incertitudinii, având



tendința de a fi centrate pe măsuri concentrate, precum performanța predictivă, care reflectă surse ușor măsurabile, precum parametrul incertitudine, și se referă la erorile în previziuni specifice, mai degrabă decât în conținutul informațiilor acestor predicții. Totuși, în contextul luării deciziilor, nivelurile de incertitudine oferite de predicțiile unui model (acuratețea statistică și precizia) sunt de obicei mai puțin importante decât problemele de interpretare, dată fiind cantitatea redusă de informații pe care le oferă.

Incertitudinile din datele de intrare în model se combină cu incertitudinile oferite de model (parametri, structură și soluții) și se propagă prin model, ducând la incertitudini în predicțiile oferite de model. Valorile parametrilor modelului pot fi calibrate prin intermediul unor observații directe, inversând astfel modelarea. În mod similar, variabilele pot fi actualizate și observațiile asimilate în model.

Riscul variază în funcție de valoarea bunurilor care pot suferi pagube și de numărul de persoane afectate; pot apărea diferențe regionale referitoare la valoarea pagubelor, pentru că există diferențe între comunități, de asemenea valoarea pierderii este diferită raportată la o anumită perioadă istorică. Pentru a proiecta viitoarele schimbări în sistemul bazinului hidrografic, mai întâi trebuie estimat cum pot varia în timp componentele sistemului (precipitații, caracteristicile solului, evoluția acviferelor, procese morfodinamice, utilizarea terenurilor etc.), iar în funcție de acestea se pot elabora scenarii cu evoluția sistemului, ca întreg.

Rezultatele cercetărilor pot oferi oamenilor și factorilor de decizie informații folositoare, care să fie integrate în procesul de planificare teritorială și dezvoltare a așezărilor. Astfel de studii ar putea fi mult mai complete și complexe dacă materialele suport necesare ar fi mult mai accesibile, iar echipele de cercetare ar fi din mai multe domenii, pentru că nu mai astfel se poate observa fenomenul în toată complexitatea lui.

## **4. BAZINUL HIDROGRAFIC AL RÂULUI BÂRZAVA– MODELAREA INUNDABILITĂȚII ȘI MĂSURI DE MANAGEMENT INTEGRAT AL RISCULUI LA INUNDAȚII**

Inundațiile produse în ultima perioadă în Europa și consecințele acestora au condus, pe fondul unei creșteri a responsabilității sociale, la o nouă abordare, aceea de management al riscului la inundații, în care conștientizarea și implicarea comunităților umane are un rol esențial în evitarea sau reducerea consecințelor negative. Această abordare este conformă cu Strategia de management al riscului la inundații pe termen mediu și lung aprobată în România în anul 2010, în care se pune accentul pe introducerea conceptelor de mai mult spațiu pentru râuri și conviețuirea cu inundațiile și mai ales pe asimilarea conceptului de dezvoltare durabilă în managementul inundațiilor.

Dacă până în prezent diminuarea consecințelor negative ale inundațiilor depind foarte mult de acțiunile de răspuns întreprinse în timpul evenimentului, conform Strategiei la inundații se dorește ca importanța măsurilor și acțiunilor premergătoare producerii evenimentului să crească. În acest scop este necesară cunoașterea caracteristicilor sistemului bazinal, pentru că o mai bună cunoaștere a cauzelor și a modului de producere a inundațiilor înseamnă o mai bună planificare a zonelor inundabile și deci reducerea consecințelor negative.

Sintetizarea caracteristicilor actuale ale bazinului hidrografic și identificarea arealelor care prezintă cea mai mare probabilitate de inundare sunt necesare în analiza riscului la inundații. În cazul procesului de luare a deciziilor, modelul Sursă-Propagare-Receptori-Consecințe este util atât în identificarea problemelor cu care se confruntă o anumită comunitate, dar și în identificarea obiectivelor sau a criteriilor de luare a deciziilor.

Capitolul începe prin familiarizarea cu arealul de studiu, cu detalii asupra cadrului fizico-geografic, a tipurilor de inundații frecvente, a descrierii tipurilor de măsuri de management al inundațiilor existente și a prezentării ultimelor inundații produse în cadrul bazinului hidrografic care au creat pagube importante.

### **4.1. Cadrul general al bazinului hidrografic al râului Bârzava: așezare, limite, afluenți**

Bazinul hidrografic al râului Bârzava (fig. 4.2) este parte a sistemului hidrografic Banat, din punct de vedere administrativ drenând suprafețe aflate pe teritoriile județelor Caraș-Severin și Timiș (fig.4.1). Originea numelui râului este slavă, însemnând „râul repede”. Suprafața bazinului de recepție măsoară în zona de frontieră 1202 km<sup>2</sup>, iar lungimea rețelei hidrografice este de 355 km.

Bazinul hidrografic Bârzava se învecinează la nord și est cu bazinul hidrografic al râului Timiș, iar în partea de vest limita este dată de granița cu Serbia. Râul Bârzava depășește frontiera de stat a României, unde devine parte a canalului Novi Becej – Banatska Palanka (parte a Sistemului Hidrotehnic Dunăre-Tisa-Dunăre), care ulterior confluează cu râul Timiș în aval de Botoș. Pe teritoriul

#### 4.1 – Cadrul general al bazinului hidrografic Bârzava: așezare, limite, afluenți 99

Serbiei, râul Bârzava are o lungime de 39 de kilometri și este clasificat ca și Canalul Brzava (dar nu este navigabil). Inițial, Bârzava curgea spre depresiunea mlaștinilor Alibunar (Serbia), împreună cu afluentul său Moravița, însă prin realizarea sistemului de desecare Terezia, cursurile inferioare ale acestor râuri se îndreaptă spre Timiș (Planul de Management al Spațiului Hidrografic Banat, 2010). În partea de sud, bazinul hidrografic Bârzava se învecinează cu bazinul hidrografic al râului Moravița, afluent al Bârzavei pe teritoriul Serbiei, și bazinul hidrografic al râului Caraș, iar în extremitatea sud-estică cu bazinul hidrografic Nera (fig. 4.1.).

Bazinul hidrografic Bârzava are caracteristici specifice zonei de sud-vest a țării, iar influența umană are un rol bine definit în scurgerea apei în acest bazin hidrografic, ca și în întreg spațiul hidrografic Banat, unele amenajări hidrotehnice având o vechime mai mare de 250 de ani.

Râul Bârzava, izvorăște din Munții Semenic, de la altitudinea de 1190 m și are o lungime de 154 km. Izvoarele Bârzavei se află la nord de Șaua Poneasca, unde are un debit de 1l/s. Pe teritoriul bazinului hidrografic Bârzava există 4 stații hidrometrice din subordinea Institutului Național de Hidrologie și Gospodărire a Apelor (INHGA) ce monitorizează date hidrologice. Valorile parametrilor hidrologici ai scurgerii lichide în secțiunile din stațiile hidrometrice sunt prezentate în tabelul 4.1.

Tabel 4.1. Parametri hidrologici preliminari ai scurgerii lichide la principalele stații hidrometrice din bazinul hidrografic Bârzava

Nr. crt.	Râul	Stația hidrometrică	Lungimea tronsonului în râului	Suprafața	Altitudinea	Debitul mediu multianual	Debitul lunar cu asigurarea (m <sup>3</sup> /s)			Qm/QM
			Km				Km <sup>2</sup>	mdM	m <sup>3</sup> /s	
1	Bârzava	Crivaia	36.0	41	970	0.994	0.20	0.19	0.135	1/131.15
2	Bârzava	Moniom	78.5	309	570	3.85	1	0.96	0.86	1/84.91
3	Bârzava	Gătaia	119.0	721	359	5.16	1.3	1.05	0.93	1/105.5
4	Bârzava	Partoș	145.0	933	293	5.74	1.35	1.09	1.04	1/71.43

Diferențierile morfohidrografice pe parcursul celor 154 de km lungime impun împărțirea cursului Bârzavei în trei sectoare distincte: superior, mijlociu și inferior. În cursul său superior, Bârzava străbate o zonă de roci cristaline în care a săpat o vale adâncă cu aspect de defileu între localitățile Văliug și Reșița, prezentând o vale îngustă, adâncită, lipsită de albie majoră și cu o pantă medie de 15 m/km. Direcția de curgere este SSV-NNE, iar în aval de confluența cu pârâul Gropos își schimbă direcția de curgere, îndreptându-se spre vest. În continuare râul străbate Depresiunea Reșiței și apoi defileul Moniom-Bocșa, zonă în care pantele râurilor scad treptat, întrucât în sectorul piemontan, dar mai ales în cel de câmpie, albia se lărgeste tot mai mult, ajungând în unele zone până la 2-4 km lățime (ABAB, 2008). Panta medie coboară în general sub 2 m/km. Aval de localitatea Bocșa, râul intră în zona de câmpie (cursul inferior), în care albia majoră este bine dezvoltată, ajungând la 3-4 km lățime.

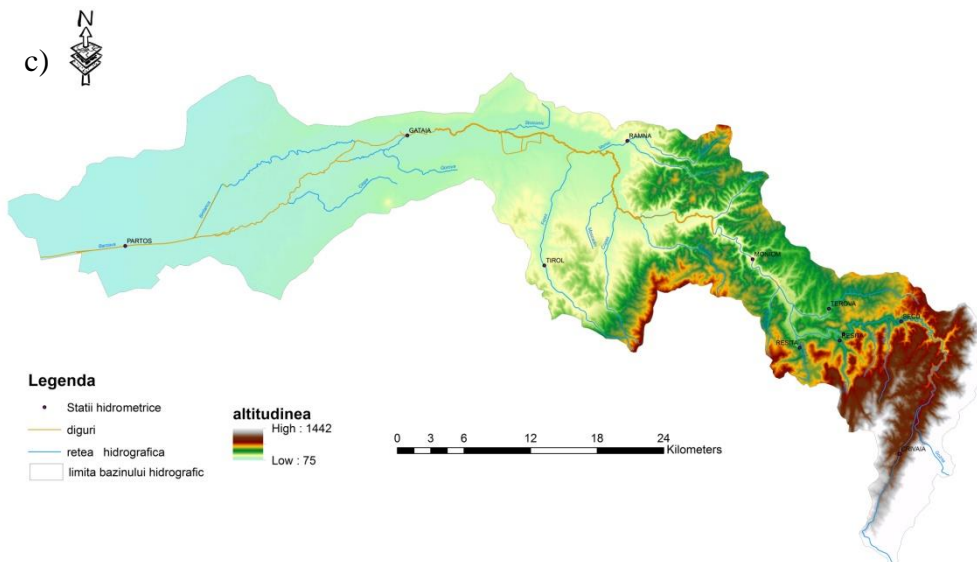
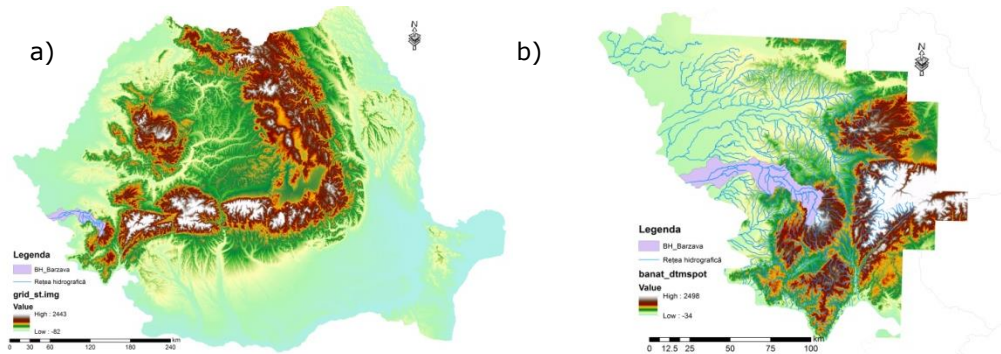


Fig.4.2. Bazinul hidrografic al râului Bârzava

În arealele de câmpie, ca urmare a pantei reduse a reliefului (sub 1 m/km), Bârzava prezintă un grad relativ ridicat de producere a inundațiilor, ca urmare a apelor mari, viiturilor sau surplusului de umiditate datorat pânzelor freatice aflate aproape de suprafață. Pentru evitarea acestor situații s-a recurs la unele amenajări ale cursurilor de apă, începând din secolul XVIII, dar care sunt întreținute și modernizate. Amenajarea albiei râului Bârzava și asigurarea malurilor este realizată pe sectoarele în care riscul producerii inundațiilor este accentuat. Din amonte de Bocșa și până la graniță, și dincolo de aceasta, pe teritoriul Serbiei, Bârzava este îndiguită în scopul apărării de revărsări sau inundații a așezărilor umane și a terenurilor agricole situate în albia majoră (Fig.4.1). Râurile din partea de vest a țării trebuie să respecte reglementările internaționale în legătură cu râurile cu caracter transfrontalier.

Bârzava primește afluenți mici (fig. 4.3), printre cei mai importanți numărându-se:

- pe partea stângă confluează: Râul Alb, Valea Mare (Sodol), Valea Doman (Budinic), Bârzăvița, Moravița (14 km), Fizeș (26 km), Copas (Gârliște) (15 km) etc.
- pe partea dreaptă Jerova (15 km), Vornic, Birdanca etc. toți fiind afluenți mici cu suprafețe bazinale ce nu depășesc 100 km<sup>2</sup>.

Apele lipsite de scurgere de pe interfluvii din zona de câmpie sunt drenate prin intermediul canalelor și sistemelor de desecare.

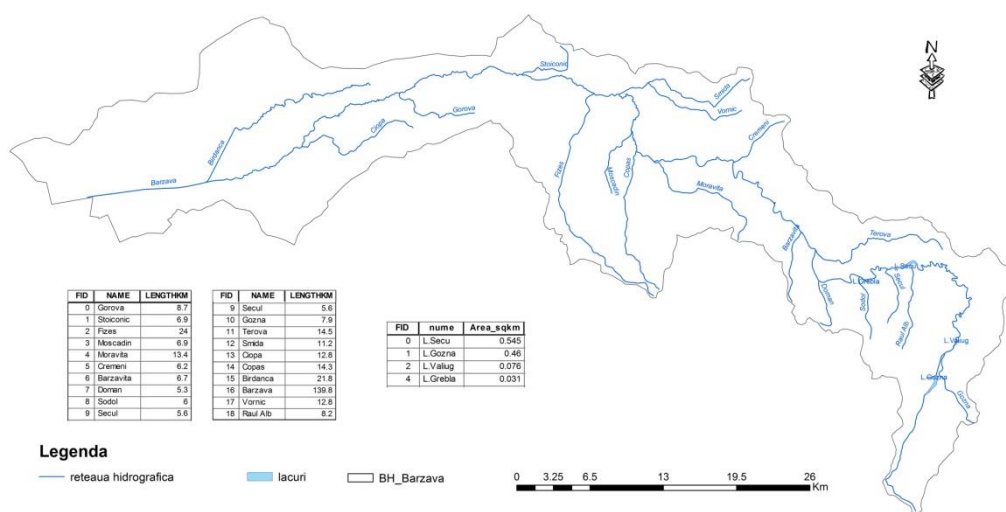


Fig.4.3. Rețeaua hidrografică a râului Bârzava și afluenții principali

## 4.2. Factorii care determină și influențează formarea resurselor de apă și scurgerea apei

### 4.2.1. Factorii climatici

Formarea resurselor de apă din cadrul unui bazin hidrografic este condiționată de factorii fizico-geografici, caracteristicile climatice fiind cele mai importante. Bazinul hidrografic al râului Bârzava se încadrează în condițiile climatului temperat continental moderat cu influențe mediteraneene și oceanice, rezultat al suprapunerii circulației maselor de aer atlantic și mediteranean. Acest climat generează caracterul moderat al regimului termic, perioadele de încălzire din timpul iernii, precum și cantități medii multianuale de precipitații relativ ridicate, cuprinse între 600 și 1400 mm/an. Masele de aer subpolar continental se fac simțite pe suprafața bazinului din noiembrie până în februarie, când se remarcă și influența ciclonilor din nordul Oceanului Atlantic, care determină o umezeală pronunțată și, în unele ierni, zăpezi abundente. Acestea li se adaugă și invaziile dinspre Marea Mediterană, care dau naștere unor creșteri bruște de temperatură, însoțite de dezgheț și de topiri parțiale ale zăpezii. Primăvara, bazinul este dominat de prezența aerului temperat-oceanic, ce determină producerea unor precipitații bogate (mai – iunie); în perioada iulie-septembrie cele mai frecvente sunt masele de aer tropical, iar toamna, ca urmare a deplasării vânturilor de vest spre tropice, are loc o nouă

predominare a maselor de aer subpolar maritim, ceea ce duce la creșterea cantităților de precipitații. Repartiția teritorială a temperaturilor se caracterizează printr-o mare neuniformitate, fiind influențate și de relief, în zona de câmpie temperaturile medii anuale fiind cuprinse între 10 și 12°C, în timp ce în zona montană scad până la 3-4°C (stația Semenic).

Pe suprafața bazinului hidrografic Bârzava, scurgerea în timpul anului poartă amprenta mai multor subtipuri de regim hidric, în funcție de zonalitatea verticală a factorilor fizico-geografici, influența principalelor tipuri de circulație atmosferică sau caracteristicile legate de apele mari, viituri și ape mici. În funcție de acestea se pot identifica:

- subtipul de regim carpatic vestic, caracterizat printr-un început timpuriu al apelor mari de primăvară care durează una-două luni (martie-aprilie). Urmează apoi viiturile de la începutul verii și seceta de vară, cu ape mici corespunzătoare. Viiturile de toamnă au o frecvență de 30-45%, iar invaziile de aer cald în perioada de iarnă pot genera viituri catastrofale nivopluviale. La peste 1000 de metri altitudine, scurgerea minimă se produce iarna, iar la altitudini mai mici – vara și toamna.
- subtipul pericarpatic vestic, evidențiat în Dealurile de Vest și Câmpia Banatului. Principala caracteristică constă într-o instabilitate accentuată a regimului de iarnă cu viituri nivopluviale, care pot avea o frecvență de 60-70%. Din acest motiv, iarna contribuie cu 35-40% la formarea scurgerii anuale și chiar la apariția excesului de apă în sol. Apele mari de primăvară au o frecvență de 60% la sfârșitul lunii februarie, după care apar apele scăzute de primăvară care se termină la apariția viiturilor din lunile mai-iunie. În continuare se instalează apele mici de vară-toamnă, cu o nouă apariție de viituri la începutul perioadei reci (noiembrie-decembrie), cu o frecvență de 50-60%. Alimentarea râurilor din acest subtip este mixtă (pluvionivală și nivopluvială).

Condițiile climatice specifice întregului bazinului hidrografic Bârzava se transpun și în condițiile rețelei hidrografice, a tipurilor de sol, vegetației și faunei. Analiza caracteristicilor temperaturii aerului și a cantităților de precipitații s-a efectuat la trei stații meteorologice situate în bazinul hidrografic al râului analizat sau la stații cu caracteristici asemănătoare. Astfel s-au utilizat șiruri de date provenite de la stațiile meteorologice Semenic (1432 m altitudine), Reșița (279 m altitudine) și Banloc (83 m altitudine), preluate în perioada 2000 – 2012. Temperatura aerului are un rol deosebit în calculul evaporației.

#### **4.2.1.1. Temperatura aerului**

Analiza șirului de date referitor la temperatura anului respectă foarte clar legea zonalității verticale, valorile temperaturii scăzând o dată cu creșterea altitudinii. Temperatura medie anuală variază în funcție de altitudinea treptei de relief și sunt cuprinse între 10 - 12° C în zona de câmpie (11.6° C temperatura medie multianuală la stația meteorologică Banloc) și respectiv de 3 -5° C în zona montană (temperatura medie multianuală fiind de 4.5° C stația meteorologică Semenic) (tabelul 4.3).

Raportat la media multianuală caracteristică perioadei 2000-2012, cel mai călduros an a fost anul 2000, pentru stațiile meteorologice Banloc și Reșița (12.5° C, respectiv 12° C) și anii 2007 și 2012 pentru stația Semenic, media anuală atingând 5.3° C (tabelul 4.2). Pentru toate cele 3 stații meteorologice analizate, anul cu temperaturile medii cele mai scăzute a fost 2005, valorile calculate fiind de 10.3° C

pentru stația Banloc, 9.7° C – Reșița și 3.4° C la stația meteorologică Semenic. În ceea ce privește variabilitatea temperaturii aerului (valori medii lunare), lunile cele mai calde sunt iulie și august, iar luna cu temperaturile cele mai scăzute este ianuarie.

Tabelul 4.2. Temperaturi medii anuale (°C) înregistrate la stațiile meteorologice Banloc (în tabel - B), Reșița (în tabel -R), Semenic (în tabel -S) în perioada 2000-2012 (Date prelucrate după Centrul Meteorologic Regional Banat Crișana, 2013)

	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
<b>B</b>	12.5	11.3	12.2	11	11.1	10.3	11.2	12.2	12.2	12	11.6	11.2	11.8
<b>R</b>	12	10.9	11.7	10.6	10.5	9.7	10.5	11.6	11.7	11.5	11.1	10.5	11.4
<b>S</b>	5.1	4.2	5.1	4.2	3.9	3.4	4.2	5.3	4.7	5	3.9	4.5	5.3

Tabelul 4.3. Variabilitatea temperaturii aerului (°C) înregistrate la stațiile meteorologice Banloc (în tabel - B), Reșița (în tabel -R), Semenic (în tabel -S) în perioada 2000-2012 (Date prelucrate după Centrul Meteorologic Regional Banat Crișana, 2013)

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Tm
<b>B</b>	-0.2	0.8	6.4	12.2	17.4	20.9	22.8	22.3	16.9	11.5	6.7	1.5	11.6
<b>R</b>	-0.02	1.2	6.2	11.5	16.2	19.5	21.4	21.0	15.9	11.1	6.9	1.8	11.0
<b>S</b>	-5.2	-5.0	-1.7	3.6	9.1	12.2	14.3	14.4	9.4	5.2	1.2	-3.4	4.5

Evoluția temperaturii aerului are o influență importantă asupra evaporației reale într-un bazin hidrografic și se reflectă mai mult sau mai puțin în valorile scurgerii în funcție de zona în care se dezvoltă predominant bazinul hidrografic.

#### 4.2.1.2. Precipitațiile atmosferice

Apa provenită din precipitații reprezintă sub aspect hidrologic principala sursă de alimentare a râurilor. Poziția geografică a României față de principalii centri barici, pe de o parte, și caracteristicile reliefului (altitudine, expoziția versanților), pe de altă parte, crează mari diferențieri în repartitia precipitațiilor atmosferice. Din analiza modului de repartitie a cantității medii anuale de precipitații, se poate observa și interdependența dintre circulația atmosferică și caracteristicile reliefului (Fig.4.4).

Tabelul 4.4. Cantitatea medie anuală de precipitații (l/m<sup>2</sup>) înregistrată la stațiile meteorologice Banloc (în tabel - B), Reșița (în tabel -R), Semenic (în tabel -S) în perioada 2000-2012 (Date prelucrate după Centrul Meteorologic Regional Banat Crișana, 2013)

	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
<b>B</b>	297.3	733.2	614.5	556	630.5	915.2	574.9	663.4	511	742.5	573.	491.	560.4
<b>R</b>	443	929.9	709.7	721.	836.1	1100.	830.6	903.6	835.8	842.6	881.	652.	729.8
<b>S</b>	857.6	1430.	1102.	865.	1043.	1384.	1293.	1243.	1184.	1210.	1645	808.	1324.
	1	4	5	9	4	7	2	5	5	9		9	3



Tabelul 4.5. Variabilitatea cantităților de ( $l/m^2$ ) înregistrate la stațiile meteorologice Banloc (în tabel - B), Reșița (în tabel -R), Semenic (în tabel -S) în perioada 2000-2012 (Date prelucrate după Centrul Meteorologic Regional Banat Crișana, 2013)

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	media
<b>B</b>	37.1	39.9	34.8	46.6							47.0	47.2	
	5	1	9	8	50.85	65.93	74.88	69.23	44.95	46.18	8	2	604.95
<b>R</b>	58.0	47.8	45.4	78.5							51.9	59.5	
	6	8	9	5	89.12	88.61	91.41	64.45	65.02	61.41	4	4	801.48
<b>S</b>	88.4	66.6	70.5	91.7	138.0	125.6	156.1	111.5	111.2	74.76	77.5	71.7	1184.2
	3	2	8	5	9	8	5	7	3	9	9	6	2

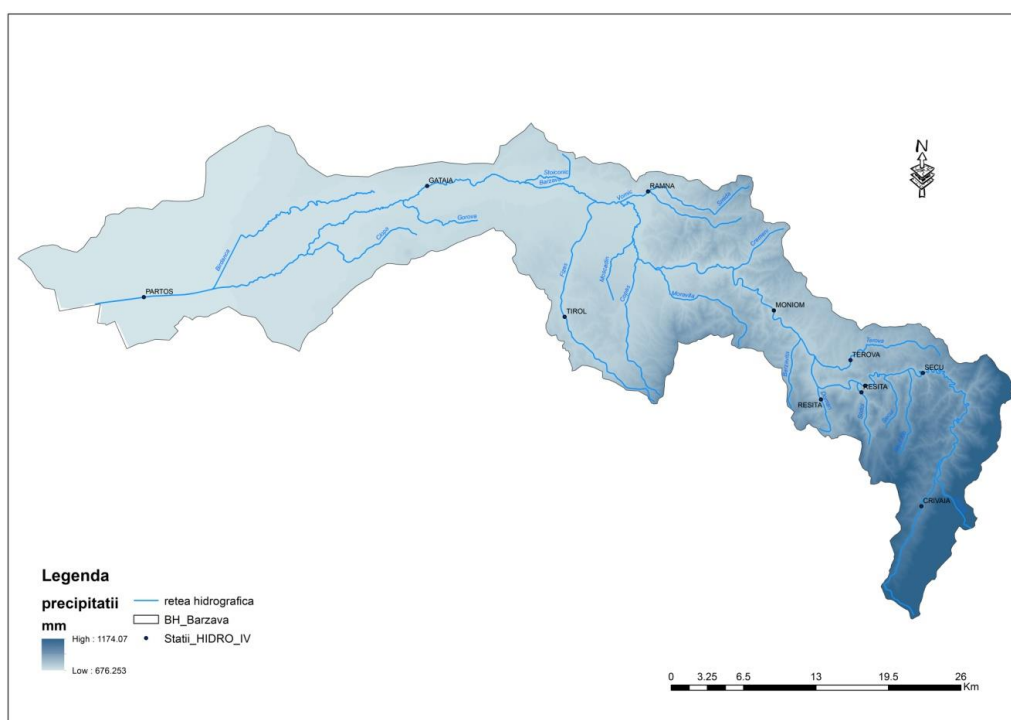


Fig.4.4. Repartiția cantității medii multianuale a precipitațiilor în BH Bârzava

Precipitațiile sunt repartizate inegal, atât în cursul unui an, precum și într-o perioadă multianuală, iar ca spațiu în funcție de relieful bazinului hidrografic. Variația anuală a precipitațiilor în bazinul hidrografic Bârzava, în perioada de timp analizată, scoate în evidență faptul că cea mai redusă cantitate de precipitații pentru stațiile meteorologice Reșița și Banloc s-a înregistrat în anul 2000 (Reșița – 443 mm, Banloc – 297.3 mm), iar la stația meteorologică Semenic s-a înregistrat în anul 2011 (808.9 mm).

Din distribuția cantităților anuale de precipitații în timpul anului, pe perioada studiată, rezultă un maxim pluviometric înregistrat în anul 2005, an care se suprapune și cu inundațiile din cursul inferior al bazinului hidrografic. Astfel, suma precipitațiilor la stația meteorologică Semenic este de 1384.7 mm, la stația meteorologică Reșița a fost înregistrată o cantitate de 1100.5 mm, iar la Banloc au



fost înregistrate precipitații de 915.2 mm. În general, în zona Munților Semenic, cantitățile medii de precipitații depășesc pe cele înregistrate în alte locuri din țară situate la altitudini similare, acest lucru datorându-se versanților expuși influenței vestice umede (în anul 2001 cantitatea anuală de precipitații a fost de 1430.4 mm – cu maxime pluviometrice în lunile mai (254.3mm) și septembrie (360.4 mm)).

Comparând mediile cantităților de precipitații din tabelele 4.4. și 4.5. cu mediile precipitațiilor din perioade anterioare, se poate constata că există o ușoară scădere la stația meteorologică Reșița (801.48 mm în prezent, față de 820 mm). Stațiile Banloc și Denta au caracteristici asemănătoare în ceea ce privește zona pe care o reprezintă, astfel că se poate constata o stabilitate a cantităților de precipitații înregistrate în trecut (602 mm) și în prezent (604.95 mm) în arealele de altitudine joasă (Banloc – 83 m și Denta - 93 m).

Tabelul 4.6. Cantitatea lunară și anuală de precipitații (l/m<sup>2</sup>) (1886-1915; 1921-1955) la stațiile Reșița (în tabel –R), Bocșa Montană (în tabel – B), Tirol (în tabel –T) și Denta (în tabel – D) (Date prelucrate după Centrul Atlasul climatologic al R.S. România, 1966).

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	An.
<b>R</b>	46.6	38.9	54.5	76.8	113.1	103.7	88.3	72.1	69	70.3	42.7	44	820
<b>B</b>	45.8	48.3	61.2	78.2	105	108.5	76.2	67.9	55.5	67.8	67.9	59	841.3
<b>T</b>	37.2	31.1	47.4	51.6	118.3	92.5	74.1	64.4	59.5	67.4	29.8	48.7	722
<b>D</b>	37.1	37	39.9	48.3	74.2	73.1	54.2	53.9	43.7	52	45.5	43.1	602

Toate aceste caracteristici ale precipitațiilor se reflectă și în scurgerea apei, sensul evoluției acesteia fiind același. Debitele lichide cele mai mari se produc în aprilie și mai, când și precipitațiile sunt bogate. Scurgerea medie lunară cea mai scăzută are loc în intervalul septembrie-octombrie, perioadă ce se suprapune minimului pluviometric. Este important de menționat că în anii cu ploi extreme, cantitățile de precipitații depășesc media și de 2-3 ori.

În ceea ce privește variația anuală a maximelor pluviometrice în intervalul 2000-2012, pentru stațiile meteorologice analizate se constată o instabilitate a modelelor de precipitații, în multe cazuri înregistrându-se, pentru o anumită lună dintr-un anumit an, o cantitate de câteva ori mai mare decât media multianuală (ex: stația meteorologică Reșița, luna aprilie a anului 2005, cu o cantitate de 205.3 l/m<sup>2</sup>, media multianuală a lunii aprilie fiind de 78.55 l/m<sup>2</sup>; stația meteorologică Reșița, luna august a anului 2006, cu o cantitate de 188.1 l/m<sup>2</sup>, media multianuală a lunii august fiind de 64.45 l/m<sup>2</sup>). În lunile de vară, cantitățile zilnice de precipitații pot atinge valori superioare sau apropiate medie lunare, putând determina apariția viiturilor. În anotimpul rece al anului, precipitațiile cad sub formă de zăpadă în special în regiunile deluroase și montane. Stratul de zăpadă alimentează râurile în intervalele cu temperaturi pozitive din perioada de iarnă și mai ales în perioada de primăvară, când se produc apele mari de primăvară. Scurgerea maximă, caracterizată prin cele două mări de ape mari și viituri, se constituie ca una din fazele regimului hidrologic, cu importanță atât prin efectele produse, cât mai ales prin cunoașterea și prevenirea consecințelor negative de către oameni. Privită în ansamblu, scurgerea maximă pe râurile din Banat este mai ridicată la aceleași categorii de suprafață în comparație cu alte regiuni ale țării, consecință a umidității mai abundente a climei din timpul iernii-primăverii și de la începutul verii față de alte regiuni. Scurgerea și debitele maxime se formează, mai ales, din ploile de la începutul verii.

Viiturile se produc în urma unor ploi excesiv de puternice, care adesea se suprapun pe un sol umezit de precipitații înregistrate anterior cu o intensitate mai mică. Viiturile cu debite maxime s-au observat în anii 1938, 1939, 1942, 1955, 1966, 2005. Scurgerea și debitele minime, respectiv secetele hidrologice cele mai îndelungate au frecvența maximă în perioada vară-toamnă.

#### **4.2.1.3. Surse de incertitudine ca urmare a variabilității condițiilor climatice**

Unele dintre cele mai vizibile efecte ale schimbărilor climatice sunt reprezentate de creșterea frecvenței temperaturilor extreme, creșterea nivelurilor mărilor și oceanelor și creșterea riscului la inundații. Amenințarea adusă de schimbările climatice asupra comunităților oferă prilejul de a regândi strategiile de dezvoltare și de a aduce îmbunătățiri mediului natural și construit. Astfel, planurile de amenajare și dezvoltare ale localităților trebuie să aibă în vedere chiar refolosirea terenurilor (utilizarea celor de tip brownfield, în detrimentul celor de tip greenfield – Văduva, 2012), crearea mai multor spații verzi (inclusiv acoperișurile verzi, pentru a reduce scurgerea apelor din precipitații, dar și pentru că oferă avantajul unor temperaturi mai scăzute - insule de răcoare) și renaturarea albiilor râurilor și a luncilor acolo unde este posibil, acordarea unei mai mari atenții modului în care se practică agricultura, industria și transporturile; dar nu trebuie uitat nici factorul uman, care trebuie să își dezvolte o cultură referitoare la modul de a trăi cu schimbările climatice și cu riscurile pe care aceste modificări le aduc. Mediul construit are potențialul de a juca un rol important în măsurile referitoare la problema adaptării societății și infrastructurii la schimbările climatice și la atenuarea emisiilor de gaze cu efect de seră.

Valorile înregistrate în ultima perioadă (temperatură, precipitații prezentate în subcapitolele 4.2.1.1 și 4.2.1.2. sau evapotranspirație) sunt utile pentru estimarea caracteristicilor climatice viitoare, însă schimbările climatice amplifică posibilitatea ca în viitor să apară inundații sau secete în areale care nu au fost afectate de astfel de evenimente. Ele reprezintă încă valorile la care ne putem raporta, însă trebuie luată în considerare variabilitatea climatică. Ne confruntăm pe de o parte cu o creștere a intensității precipitațiilor zilnice, iar pe de altă parte cu creșterea numărului de zile fără precipitații. Valorile extreme se reflectă în inundații și secete, așadar trebuie luate măsuri suplimentare în managementul apei (managementul inundațiilor și alocarea resurselor de apă). Combinația de precipitații intense, urmată de instalarea rapidă a secetei, va duce probabil la importante pagube în agricultură. Cum am putea modifica consecințele acestui fenomen? Răspunsul este un management integrat al riscului, concentrat pe activități de prevenire și adaptare.

Deși nu este posibilă cunoașterea sigură a impactului viitor al schimbărilor climatice, diferite rapoarte sau lucrări științifice prezintă diverse scenarii în legătură cu acest lucru. Aceste modele oferă reprezentări realiste asupra proceselor atmosferice și a proceselor de la nivelul oceanelor (creșterea evaporației, vaporii de apă având la rândul lor un rol important în producerea efectului de seră), bazate pe principii fizice și matematice și legi fundamentale referitoare la conservarea masei și energiei.

În general, modificările la nivelul precipitațiilor sunt mai greu de măsurat și de prezis decât modificările la nivelul temperaturilor. Cu toate acestea, unele estimări sunt solide și se așteaptă ca atât intensitatea ciclului hidrologic global, cât și precipitațiile extreme (+precipitații extreme căzute după perioade secetoase) să crească o dată cu încălzirea globală (mai multă apă evaporată, deci cantități mai

mari de precipitații, problema fiind variabilitatea în timp și spațiu a precipitațiilor). De asemenea se estimează o sezonabilitate a precipitațiilor cu veri mai uscate, secetoase, precipitații bogate primăvara, ierni mai calde, cu creștere precipitațiilor lichide și scăderea stratului de zăpadă. Se așteaptă ca zăpada să se topească mai devreme, ceea ce se reflectă în scurgerea apei rezultată din topirea zăpezilor mai devreme ca până acum (pot apărea inundații primăvara sau un debit redus al râurilor în lunile de vară). Dat fiind numărul crescut al evenimentelor de precipitații extreme, se așteaptă ca această intensificare să continue, iar riscul la inundații să crească. Aceste scenarii sunt puse totuși sub semnul incertitudinii tocmai datorită variabilității climei, activităților socio-economice care afectează evoluția climei, dar și a celorlalte procese din cadrul sistemului natural, lipsei unor date de intrare sau cunoașterii incomplete a unui proces, însă confirmă faptul că schimbările vor avea loc în viitorul apropiat, de aceea politicile de adaptare trebuie să fie formulate cât mai precis și puse în aplicare cât mai repede, pentru a preveni producerea unor dezastre. Nu toate regiunile se vor confrunta în același timp cu aceleași probleme: în timp ce unele comunități pot fi afectate de secete, alte comunități situate într-o altă parte a țării se pot confrunta cu inundații.

În concordanță cu incertitudinea oferită de evoluția climatică și incertitudinea oferită de evoluția societății (modele de dezvoltare, numărul populației, caracteristici economice, dezvoltare științifică și tehnologică), pot fi elaborate o serie de patru scenarii de planificare:

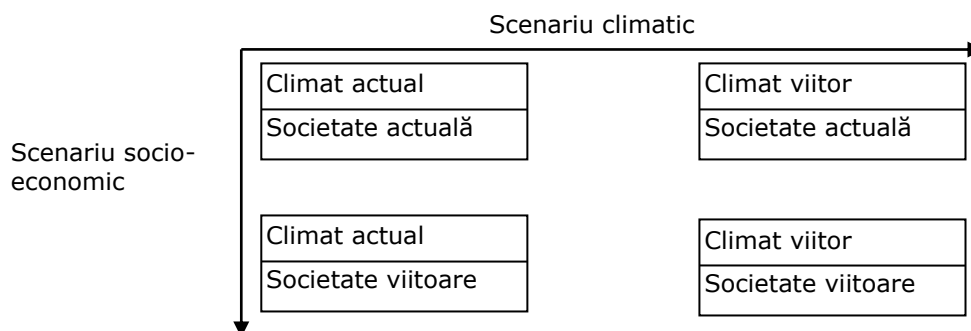


Fig.4.5. Tipuri de scenarii în funcție de condițiile climatice și condițiile socio-economice

Aceste scenarii principale pot avea la rândul lor diverse variante, în funcție de variabilele din sistem:

- un scenariu poate lua în considerare menținerea condițiilor climatice actuale (același regim de precipitații, temperaturi) sau poate fi caracterizat prin precipitații torențiale frecvente, urmate de perioade cu temperaturi ridicate sau chiar secetă;
- un alt scenariu poate lua în considerare tendințele socio-economice actuale: măsurile luate de populație sunt cele de protecție împotriva inundațiilor și de reconstrucție după un astfel de eveniment sau vom avea o comunitate rezilientă, care să se adapteze unui astfel de hazard natural (măsuri structurale sau nonstructurale: strămutarea populației foarte vulnerabile, adaptarea locuințelor, schimbarea utilizării terenurilor, mai mult spațiu pentru râuri, renaturarea albiilor râurilor etc.).

#### 4.2.2. Factorii neclimatici

##### **4.2.2.1. Relieful și structura geologică**

Formele de relief de pe suprafața unui bazin hidrografic influențează procesele de scurgere ale apei, atât direct, prin gradul de fragmentare și înclinare, cât și indirect, prin crearea zonalității verticale a climei, vegetației și solurilor. Se pleacă de la faptul că importanța unei viituri este dată de raportul dintre debitul maxim al acestora și suprafața bazinului hidrografic (Rădoane, 2002):

$$A = \frac{Q_{\max}}{\sqrt{S}} \quad (4.1)$$

unde  $Q_{\max}$  – debitul maxim al viiturii ( $\text{m}^3/\text{s}$ );  
 $S$  = suprafața bazinului ( $\text{km}^2$ )

Aplicând relația 4.1. pentru bazinul hidrografic Bârzava, se obține un indice de 8.65 la stația hidrometrică Moniom și de 5.03 la stația hidrometrică Gătaia. De menționat că în timpul viiturilor din anul 1970, pe Mureșul superior acest indice a variat între 7.73 și 18.3 la Alba Iulia, iar pe Dunăre, după 100 de ani de măsurători, s-a obținut un coeficient de 21 (Rădoane, 2002).

Disponerea bazinului hidrografic Bârzava pe direcția est-vest conferă acestuia un relief variat, în partea de est individualizându-se zona montană, iar în partea de vest – treapta de câmpie (fig. 4.1).

Râul Bârzava și afluenții săi drenează unități de relief precum: Munții Semenic, Munții Aninei, Munții Dognecei, Culoarul Depresionar Reșița – Bocșa, Dealurile Dognecei, Câmpia Bârzavei, unități care își lasă amprenta asupra regimului de scurgere.

În cursul său superior, Bârzava strabate o zonă de roci cristaline în care a săpat o vale adâncă cu aspect de defileu între localitățile Văliug și Reșița. În continuare râul străbate Depresiunea Reșiței și apoi defileul Moniom-Bocșa, zonă în care pantele râului scad treptat, întrucât în sectorul piemontan, dar mai ales cel de câmpie, albia se lărgeste tot mai mult, ajungând în unele zone până la 2-4 km lățime. Prezintă o pantă medie de 7 ‰ și un coeficient de sinuozitate de 1,5 (ABAB, 2008). Cursul de apă este eterogen, astfel că în zona de munte pantele acestuia au valori mai ridicate de 23 și 37 ‰ și scad în zona de câmpie, unde sunt cuprinse între 13 și 19 ‰, valori scăzute înregistrându-se pe afluenții din zona de deal (Teodorescu, 2010).

Râul Bârzava flanchează mai mult de jumătate din versantul vestic al Munților Semenic, având izvoarele către sud, sub Dealul Căpățână, la altitudinea medie de 985 m, unde se adâncește în formațiuni eruptive de granitoid, iar în cursul său, până la ieșirea din acești munți, străbate șisturi metamorfice ale domeniului getic. Un rol esențial în geneza și evoluția cursului Bârzavei l-a avut lărgirea văii sale la Văliug, în cristalinul getic. Marea dezvoltare a teraselor fluviatile și a nivelului de luncă în bazinul de la Văliug, gruparea unor confluente principale pe aliniamente cu poziție perpendiculară în raport cu axa văii Bârzavei, grosimea mare a depozitelor de umplutură sunt dovezi ale rolului deosebit de activ pe care l-a jucat această arie depresionară. Terasale de 40-50 m și 25-30 m au fost sculptate în primul interstadial din glaciațiunea würm; terasale de 12-15 m și 5-7 m corespund holocenului inferior, iar din holocenul mediu până în faza actuală a fost modelată lunca. În morfologia montană se individualizează valori ale declivității de 41-80° pe dreapta râului Bârzava, iar pante de 3-10° sunt caracteristice suprafețelor

interfluviale plate și perimetrelor cu terase larg dezvoltate, care au permis dezvoltarea localităților.

Bârzava adună apele din partea de nord-vest a Munților Aninei, străbătând roci necarstificabile. Afluenții sunt scurți și au debite mici: Râu Alb, Valea Mare și Doman. La sud de valea Bârzavei, Munții Dognecei sunt alcătuiți din două culmi principale, orientate nord-sud, despărțite longitudinal de valea Dognecei. Culmea vestică este mai dezvoltată, prezentând ramificații secundare și atinge o altitudine maximă de 617 m în Vârful Culmea Mare.

La nord de Bârzava se află un masiv relativ izolat, cunoscut sub numele de Munții Arenişului (altitudinea maximă fiind de 549 m, în vârful Cula Arenişului), și sunt fragmentați de văi adânci și scurte, singura vale mai mare fiind valea Tăului, cu caracter de chei.

Culoarul Reșiței este situat între Munții Dognecei la vest, Munții Semenic și Aninei la est, culmea dintre râurile Tău și Pogăniș la nord și valea Carașului, amonte de localitatea Goruia, la sud; se desfășoară pe direcția nord-est – sud-vest, pe o lungime de peste 25 km, iar din punct de vedere genetic este un culoar de contact, format pe baza rocilor sedimentare friabile, mai puțin rezistente la eroziune decât rocile din jur.

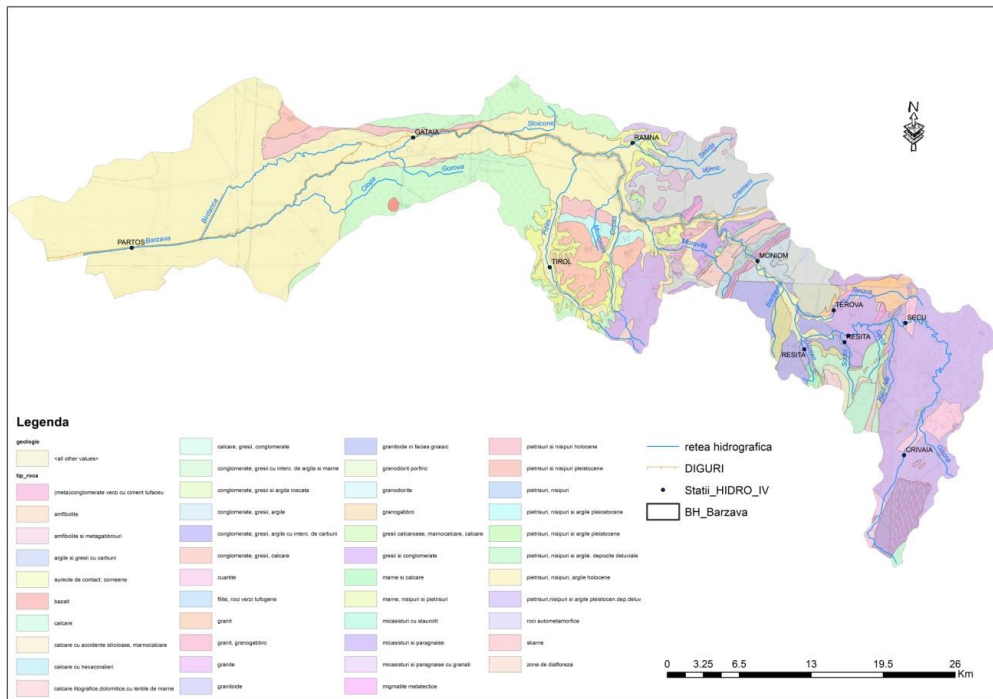


Fig. 4.6. Harta geologică a BH Bârzava (după Harta Geologică a României scara 1:200000)

Rețeaua hidrografică a fragmentat puternic aceste roci, dând naștere la dealuri joase rotunjite, care ajung la 500 m altitudine. Râurile mari și-au format terase și lunci largi, uneori supraaluvionate. Pe seama eroziunii diferențiale au luat naștere compartimentele depresionare de la Ezeriș, Reșița și Lupac, despărțite de dealuri prelungi cu șei care înlesnesc legăturile dintre ele (Badea, Iordan, & Bugă, 1983-2005).

Depresiunea Reșiței se dezvoltă în lungul Bârzavei de la Reșița până aproape de localitatea Moniom. Are o formă alungită pe direcția SE-NV, cu o lărgime mai mare în dreptul localității Țerova. Depresiunea Reșiței este încadrată spre est de culmile terminale ale Munților Semenic și Aninei, iar spre vest de cele ale Munților Dognecei. În nord-est, Dealul Brumăriu (329 m) și Dealul Comora (359 m) domină depresiunea, a cărei altitudine atinge valoarea de 208 la confluența Țerovei cu Bârzava, aceste dealuri continuându-se înspre vest cu cele care formează limita spre Depresiunea Ezeriș. Spre sud-est, limita depresiunii este formată dintr-o culme cu spinarea netezită marcată de Dealul Grunilor (402 m) și Tâlva Țapului (426 m).

În Depresiunea Reșiței, Bârzava și-a sculptat o vale largă, cu terase, care se strâmtează la traversarea Munților Dognecei, unde formează un defileu.

Dealurile Dognecei reprezintă o unitate din cadrul Dealurilor Banatului. Limita dintre Munții Dognecei și Dealurile Dognecei este evidentă datorită diferențierilor litologice. Sunt formate din culmi netezite, acoperite cu depozite pleistocene, care scad în altitudine spre Câmpia Banatului. În cea mai mare parte se mențin altitudini între 200 și 300 m.

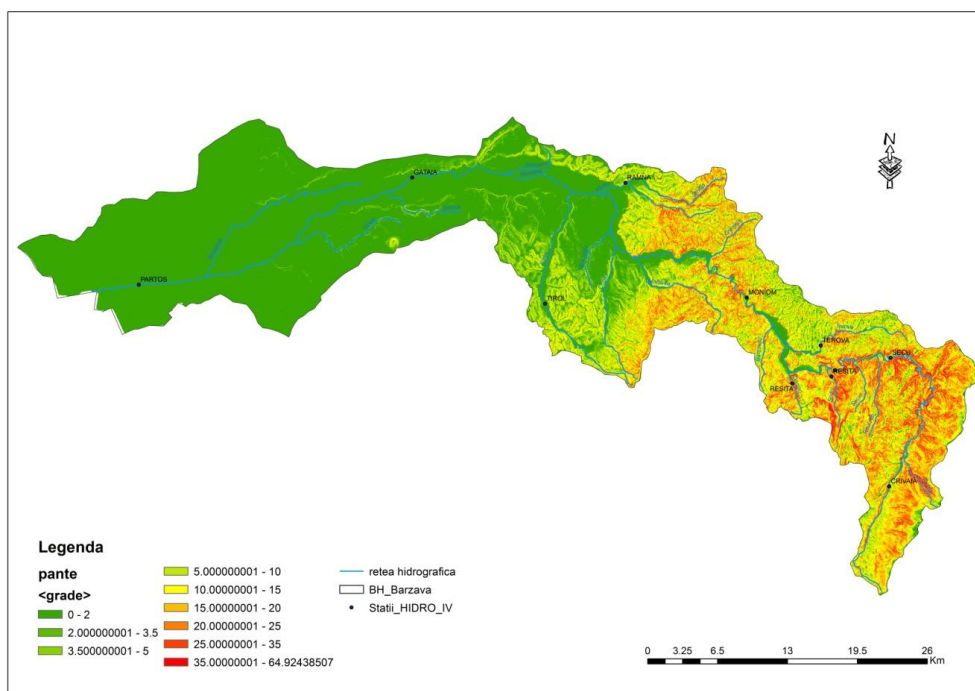


Fig. 4.7. Harta pantelor reliefului specific BH Bârzava

Limita dealurilor cu Câmpia Banatului este foarte sinuoasă, deoarece câmpia pătrunde adânc în cuprinsul dealurilor în lungul văii Bârzavei. Este o limită marcată morfologic de o denivelare care corespunde cu limita dintre depozitele cuaternare ale câmpiei și cele panoniene din aria deluroasă.

Zonele de câmpie din cadrul bazinului hidrografic Bârzava reprezintă jumătate din suprafața totală a bazinului hidrografic și sunt localizate în partea vestică. Principalele subunități de câmpie din bazinul hidrografic Bârzava sunt Câmpia Gătaiei și Câmpia Tormacului, reprezentând două subunități din Câmpia

Bârzavei, alături de partea sud-vestică a Câmpiei Timișului. În cazul Câmpiei Bârzavei se pot distinge 2 trepte altitudinale, o treaptă mai înaltă, aflată la 160-170 m, fiind o treaptă de câmpie piemontană înaltă, și o treaptă situată la 100-110 m, dispusă sub forma unei fâșii înguste, iar altitudinile Câmpiei Timișului au valori de 80-95 m.

Câmpia are un fundament alcătuit din șisturi cristaline și roci sedimentare preterțiare, care formează masivul serbo-macedonian și pânzele supragetice (Pânza de Bocșa și Pânza de Locva). Sub depozitele neogene au fost puse în evidență arii cu intruziuni banatitice de Ivanda, Utvin, Bazoș și Găvojdia, diferite de cele extinse sub molasele neogene, care afloră la Bocșa, Surduc și Gătaia. Peste acestea se dispun depozite cuaternare cu caracter lacustru în bază și aluvio-pluvial în partea superioară.

Întreaga unitate a Câmpiei Banatului se caracterizează printr-o mare mobilitate tectonică, manifestată tot timpul cuaternarului și în prezent. Mișcările de subsidență sunt puse în evidență de grosimea mare a depozitelor cuaternare a căror stivă crește de la est la vest. Mișcările de subsidență sunt vizibile în peisaj prin despletirea râurilor, divagarea cursurilor de apă, inundațiile periodice, existența unor suprafețe întinse mlăștinoase. Intervențiile omului prin îndiguiri, canale de desecare sau de irigație au corectat cursurile de apă.

Câmpia Bârzavei (parte a Câmpiei Banatului) este situată la vest de Dealurile Buziașului și Dognecei și pătrunde, sub formă de golfuri, în aria dealurilor, de-a lungul Pogănișului și Bârzavei. Câmpia Bârzavei este alcătuită din interfluvii plane, separate de văi largi dispuse divergent, care îi subliniază caracterul piemontan. Câmpia Tormacului este situată între râurile Pogăniș și Bârzava, coborând sub forma unui evantai, fragmentat de o rețea divergentă spre Câmpia Timișului. Pe marginile de nord și de sud se pot observa terasele Pogănișului și Bârzavei, iar spre vest poate fi identificat un relief de crovuri. Câmpia Gătaiei este situată între valea Bârzavei și frontiera cu Serbia, prezentând interfluvii netezite care coboară în evantai spre câmpia joasă și fiind fragmentată de afluenții râului Moravița.

Câmpia Gătaiei face trecerea către Câmpia Timișului printr-o denivelare care cu greu poate fi sesizată, tocmai din cauza faptului că este aproape plată.

Relieful influențează în mod direct scurgerea râurilor prin gradul de fragmentare și prin pantele versanților (fig. 4.7), cu urmări asupra circulației freatică. În regiunile montane, unde pantele sunt mari, scurgerea superficială de pe versanți este foarte rapidă, iar o dată cu scăderea pantei scade și viteza scurgerii superficiale și a celei subterane. Relieful influențează scurgerea și prin zonalitatea verticală pe care o impune, care este direct legată de creșterea precipitațiilor, a scurgerii și respectiv scăderea evapotranspirației. Zonalitatea verticală, asociată cu panta versanților, are un rol foarte important în viteza de formare și transmitere a undelor de viitură. În arealele de câmpie, rolul pantei se reduce la minim și așader se produce și o modificare cantitativă a proporției dintre apa scursă și cea evaporată sau infiltrată, în favoarea ultimelor două.

**4.2.2.2. Solurile** au rolul de tampon, fiind interfața dintre precipitații și scurgerea de versant. Influența solului asupra proceselor de scurgere depinde de structura și textura solurilor, de panta versanților și de intensitatea ploilor. La intensități mari, capacitatea de absorbție a solurilor este repede depășită și surplusul de apă se scurge fără ca întreaga capacitate de reținere a solurilor să fie satisfăcută.

În concordanță cu dispunerea etajată a reliefului, climei și vegetației, solurile prezintă o repartiție zonală. Solurile din zona montană s-au format într-un climat umed și răcoros, ce au favorizat procesele de dezagregare în defavoarea celor



de alterare, sub influența unei vegetații arborescente sau de pajiști alpine (Ianoș, Goian, 1995). Caracteristica principală a învelișului montan de soluri este zonalitatea lui verticală, în funcție de condițiile bioclimatice generale, de rocă și relief. Solurile au o profunzime redusă și un caracter mai mult sau mai puțin scheletic. Solurile din zona de munte permit infiltrarea apei în proporții destul de mari, datorită permeabilității crescute, apa infiltrată fiind cedată treptat râurilor. În cazul pantelor accentuate, cea mai mare parte din apa provenită din precipitații se scurge, contribuind la alimentarea superficială a râurilor.

În zona Munților Semenic predomină spodosolurile, soluri specifice etajului montan inferior (soluri brune feriiluviale). Sub o vegetație de molid sau molid în amestec cu fag s-au dezvoltat pe roci cristaline și eruptive acide soluri brune acide. Aceste soluri prezintă în mare parte caractere criptosporice (Munteanu, 1998).

Direcția naturală de solificare în arealul montan și piemontan s-a modificat relativ puțin, în sensul că intervenția omului s-a făcut mai puțin resimțită față de zona de câmpie (atât din punct de vedere cantitativ, cât și calitativ). Acolo unde intervenția antropică este vizibilă, evoluția învelișului de sol nu a fost doar stopată, ci au apărut dezechilibre, o dată cu creșterea numărului și așezării omenești. Suprafețe mari de pădure au fost defrișate, iar mult pajiști și fânețe au fost desțelenite pentru a crește dimensiunea suprafețelor arabile, ceea ce a condus la distrugerea învelișului de sol prin declanșarea unor procese de eroziune.

Solurile din dealurile piemontane vestice și din depresiunile intramontane sunt relativ puțin variate, iar predominante argiluvisolurile luvice, solurile brune și luvisolurile albice pseudogleizate. Dispoziția lor geografică este determinată mai ales de condițiile locale de drenaj natural și de textura depozitelor de solificare. Solurile din câmpiile piemontane s-au format și au evoluat pe o scoarță de alterare alohtonă, în condițiile unui climat semiumed și sub un nivel predofreatic coborât. Cuvertura de soluri a fost definitivată încă de la începutul cuaternarului, când partea vestică a acestor forme de relief se termina, în parte, în apele Lacului Panonic. O dată cu scurgerea lacului a avut loc și coborârea nivelului de bază al râurilor și a amplificării eroziunii. Pe seama unui relief maturizat, cu un nivel freatic sub 5 m, învelișul de sol prezintă un stadiu de dezvoltare destul de avansat (Ianoș, Goian, 1995). Solurile din zona de câmpie prezintă textură fină, conductibilitate hidraulică scăzută, capacitate scăzută pentru apă și grad înaintat de hidromorfie-gleizare sau pseudogleizare. Dată fiind prezența solurilor cu textură fină, cu permeabilitate scăzută, este facilitată stagnarea apei la suprafață, iar infiltrarea apei este împiedicată.

Învelișul de sol al Câmpiei joase a Banatului este mult mai recent decât cel dezvoltat pe alte forme de relief, iar pe alocuri, în zonele de luncă, el încă se mai formează sub acțiunea factorilor actuali ai solificării. Învelișul de sol prezintă o mare diversitate ca urmare a diversității litologiei, dar și influenței nivelului freatic sau formelor de mezo și microrelief.

În zonele de luncă, ca urmare a condițiilor specifice, cu inundații periodice și aluvionări repetate, predomină soluri puțin evoluat de tipul solurilor brune eumezobazice, a solurilor aluviale sau a protosolurilor aluviale, în diferite stadii de gleizare sau înmlăștinire. Ca urmare a lucrărilor de regularizare ce au determinat coborârea nivelului freatic, solurile evoluează treptat, pierzându-și sau diminuându-și caracterele relicte, în special pe cele de hidromorfie.

Evoluția solurilor din zona de câmpie este influențată de intervenția antropică în special sub aspect calitativ, ca urmare a înlocuirii vegetației forestiere sau a pășunilor de culturile de tip intensiv, ceea ce a condus la accentuarea proceselor bioacumulative. Lucrările de desecare și de evacuare a apelor pluviale în exces prin canale deschise nu au reușit încă să își lase urme vizibile în profilul de sol

(Ianoș, Goian, 1995). Condițiile formării scurgerii în aceste unități de relief sunt nefavorabile, din cauza pantelor reduse și a prezenței depozitelor de argilă ce reduc permeabilitatea solului este favorizată acumulara apei la suprafața terenului. Apa provenită din precipitații se evaporă sau se infiltrează.

Pe lângă umiditatea inițială a solului, există o serie de factori care influențează mărimea și evoluția în timp a infiltrației apei în sol. Temperatura aerului și a solului modifică vâscozitatea apei și schimbă condițiile fizice ale mișcării apei în sol (în cazul în care persistă valori negative, stratul superficial îngheață și devine impermeabil pentru apă atâta timp cât se menține această stare de îngheț. Panta terenului influențează volumul de apă infiltrat, în sensul că acesta se micșorează pe măsură ce panta crește. Acoperirea cu vegetație a solului influențează și ea, în sensul că un teren acoperit cu pășune să absoarbă până la 100 mm/h, un teren cultivat cu cereale - până la 50 mm/h, iar un sol descoperit - doar 25 mm/h, ceea ce favorizează creșterea scurgerii pe pantă (Vladimirescu, 1978).

**4.2.2.3. Vegetația** are un rol important în procesul scurgerii, pe de o parte prin faptul că influențează formarea solurilor, iar pe de altă parte contribuie la creșterea capacității de infiltrare a apei în sol, la diminuarea evaporației și la reducerea eroziunii solurilor.

În cadrul bazinului hidrografic Bârzava întâlnim o vegetație complexă, datorită întrepătrunderii elementelor sudice, vestice, estice și nordice. Activitatea umană a introdus însă modificări importante învelișului vegetal, vegetația naturală fiind înlocuită cu plante de cultură ca urmare a creșterii numărului terenurilor agricole. Regularizarea cursurilor de apă, îndiguirile și desecările au condus la restrângerea suprafețelor înmlăștinite, a ponderii vegetației higrofile și a suprafețelor cu exces de umiditate.

În zonele de deal, multe dintre suprafețele împădurite au fost înlocuite cu plantații pomicole sau viticole, iar în regiunile de munte au fost extinse pășunile în detrimentul vegetației forestiere, o dată cu dezvoltarea practicilor pastorale. Defrișarea vegetației forestiere permite apariția și propagarea mult mai rapidă a scurgerii apei pe versant, iar în lipsa unei retenții importante sau a posibilității scăzute de infiltrare a apei, pot favoriza producerea inundațiilor.

#### **4.2.2.4. Utilizarea terenului**

În cadrul bazinului hidrografic Bârzava se observă o diferențiere netă a utilizării terenurilor, în funcție de caracteristicile fizico-geografice. Conform Corine Land Cover (CLC 2000), ponderea cea mai mare o ocupă suprafața aferentă terenurilor arabile, pădurilor și a altor terenuri agricole (pășuni, fânețe etc.). De remarcat este faptul că zonele industriale ocupă și ele o suprafață destul de mare: Uzina Constructoare de Mașini Reșița, SC TMK Reșița, SC AVIA AGROBANA Bocșa, SC Collini SRL – Bocșa, SC Smithfield Ferme SRL – Gătaia, la care se adaugă terenurile de tip brownfield, foste incinte industriale acum abandonate.

Modul de utilizare al terenurilor influențează esențial și în mod negativ condițiile de scurgere.

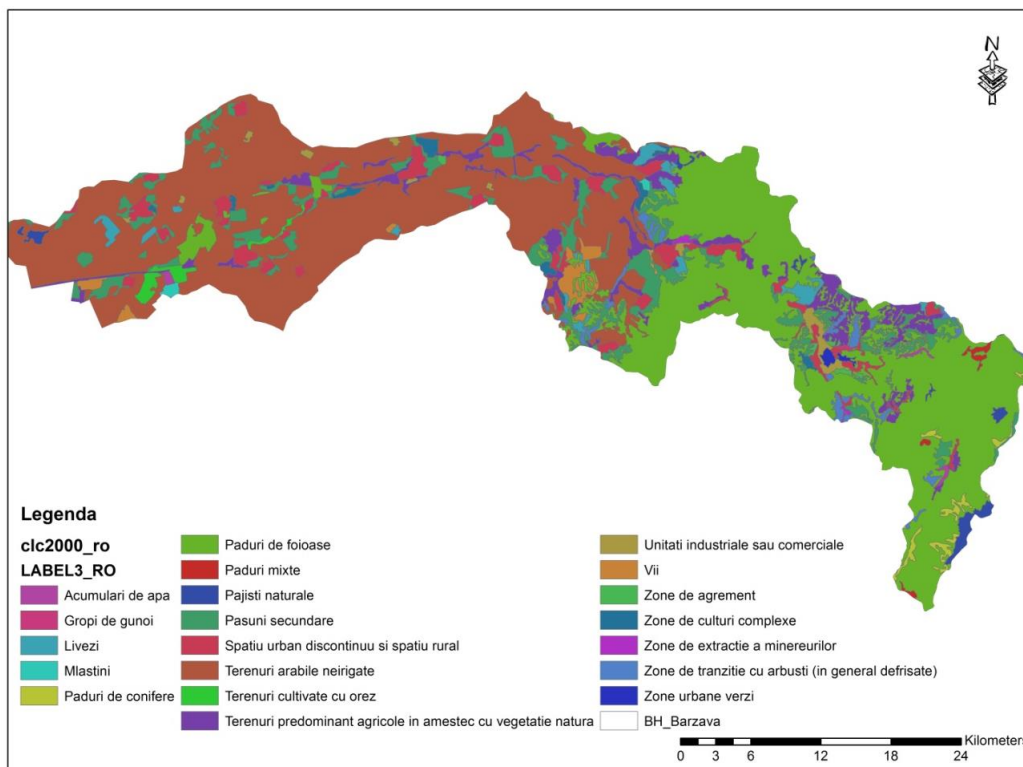


Fig. 4.8. Harta utilizării terenului în BH Bârzava (după Corine Land Cover 2000)

**4.2.2.5. Factorul antropic** are un rol important asupra formării scurgerii, tocmai prin modificările aduse sistemului natural: schimbarea acoperiri terenului (vegetația naturală a fost înlocuită de culturi agricole, livezi, vii și așezări omenești), activități specifice sectorului minier și modificări în cursul albiei râurilor pentru a-și asigura necesarul de apă (pentru irigații, energie electrică, nevoia de apă, materiale de construcție etc), lucrări de protecție împotriva inundațiilor, rețele de drumuri etc.

Regularizarea cursurilor râurilor în zona de câmpie, îndiguirile și desecările au condus la restrângerea suprafețelor înmlăștinite, a ponderii plantelor higrofile și a suprafețelor cu excedent de umiditate. Mutațiile de ordin antropic sunt evidente și în zonele de deal, unde unele suprafețe împădurite au fost transformate în terenuri viticole și pomicole; în regiunea de munte s-au extins pășunile în detrimentul vegetației forestiere. Distrugerea covorului vegetal prin activități precum pășunat, agricultură necorespunzătoare, poate duce până la apariția eroziunilor pe versant.

Oamenii au încercat să găsească cele mai bune amplasamente pentru dezvoltarea localităților, astfel încât să beneficieze de condiții optime pentru desfășurarea vieții și a activităților. Avantajele poziției geografice limitează alegerea sitului, orașele stabilindu-se deseori pe cursurile de apă. Varietatea mare a reliefului influențează pe de o parte scurgerea apelor sau stagnarea lor. Orașele situate în luncile râurilor sunt expuse la inundații provocate de revărsarea acestora.

Un efect negativ este faptul că autoritățile locale tind să aprobe noi planuri de dezvoltare, prin obținerea rapidă, pe termen scurt, de resurse financiare, prin permiterea construirii și dezvoltării unor zone, mai ales cele din apropierea orașelor.

Astfel, terenurile agricole, odată pășuni sau păduri, vor fi transformate în spații construite (rezidențiale sau spații comerciale și industriale). Această modificare implică mutații în ciclul hidrologic.

Ca urmare a intervenției tot mai accentuate a omului asupra sistemelor naturale, evoluția lor firească este perturbată, modificările fiind ne semnificative sau fundamentale. În ultimul caz, intervenția determină ruperi de ritm în dezvoltarea naturală, dezechilibre care accentuează involuția peisajelor respectiv. Ideal al fi realizarea unui echilibru între obiectivele urmărite în domeniul mediului natural și cele ale dezvoltării economice.

#### 4.2.3. Determinarea debitelor medii specifice cu ArcGIS 10.1

Debitul reprezintă produsul dintre suprafața activă a secțiunii prin care curge apa și viteza curentului apei (N. Teodorescu, 2009) sau altfel spus, debitul de apă reprezintă cantitatea de apă scursă printr-o secțiune de râu de formă pătratică în interval de o secundă și care se măsoară deci în m<sup>3</sup>/s. Pentru cursurile de apă foarte mici, unde scurgerea are debite scăzute, debitul de apă poate fi exprimat și în l/s.

Scurgerea medie specifică sau debitul mediu specific reprezintă cantitatea de apă exprimată în l/s aferentă fiecărui metru pătrat pentru suprafața de bazin pentru care a fost analizată. Scurgerea medie specifică se poate obține foarte ușor în urma introducerii debitului mediu în următoarea formulă:

$$q_{med} = \frac{Q_{med}}{F} \times 1000 \quad (4.2.)$$

Unde:  $q_{med}$  - scurgerea medie specifică

$Q_{med}$  - debitul mediu

$F$  - suprafața bazinului hidrografic până la stația hidrometrică unde se fac măsurătorile.

Pentru cele 6 stații existente pe cursul de apă al râului Bârzava se va calcula scurgerea medie specifică pentru intervalul 2000 – 2010 pe baza mediilor lunare furnizate de către Administrația Bazinală de Apă Banat, rezultatele obținute fiind consemnate în tabelul 4.7.b. Pe baza datelor oferite de tabelul 4.7.b și cu ajutorul ArcGIS se poate realiza harta scurgerii medii specifice pentru BH Bârzava.

Tabelul 4.7. Debitel medii anuale la stațiile de pe râul Bârzava în intervalul 2000 – 2010

	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	media
<b>Crivaia</b>	0.77	1.22	0.95	0.6	0.91	1.69	1.53	0.98	0.83	1.12	1.55	1.11
<b>Secu</b>	1.85	2.41	2.3	0.84	2.12	4.39	3.35	2.62	2.31	2.44	3.38	2.55
<b>Reșița</b>	2.18	2.68	2.57	1.37	2.28	4.81	3.61	2.81	2.6	2.76	3.44	2.83
<b>Moniom</b>	3.12	3.63	3.12	2.01	3.47	6.77	5.05	4.07	3.8	4.43	6.02	4.14
<b>Gătaia</b>	4.69	4.49	3.21	2.79	5.31	11	8.1	5.03	4.51	5.7	7.66	5.68
<b>Partoș</b>	5.57	5.11	3.92	3.18	5.81	12.6	9.62	5.67	4.73	6.13	9.64	6.54

Tabelul 4.7.b Stațiile hidrometrice de pe râul Bârzava și elementele morfometrice ale acestora

	Alt. medie H (m)	Suprafața F(km <sup>2</sup> )	Lungimea L(km)	Qmed (m <sup>3</sup> /s)	Qmed (l/s/km <sup>2</sup> )
<b>Crivaia</b>	970	42,0	14,0	1.11	26.42857
<b>Secu</b>	604	140	39	2.55	18.21429
<b>Reșița</b>	574	191	47	2.83	14.81675
<b>Moniom</b>	570	309	66,0	4.14	13.39806
<b>Gătaia</b>	359	721	112	5.48	7.600555
<b>Partoș</b>	293	933	141	6.54	7.009646

Harta scurgerii medii specifice prezintă o regionare de la est la vest, valoarea acestora scăzând o dată cu altitudinea reliefului. Prin urmare, cele mai mari valori ale scurgerii medii specifice sunt înregistrate în arealele montane, iar scurgerea medie specifică cu valorile cele mai mici se înregistrează în Câmpia Gătaiei.

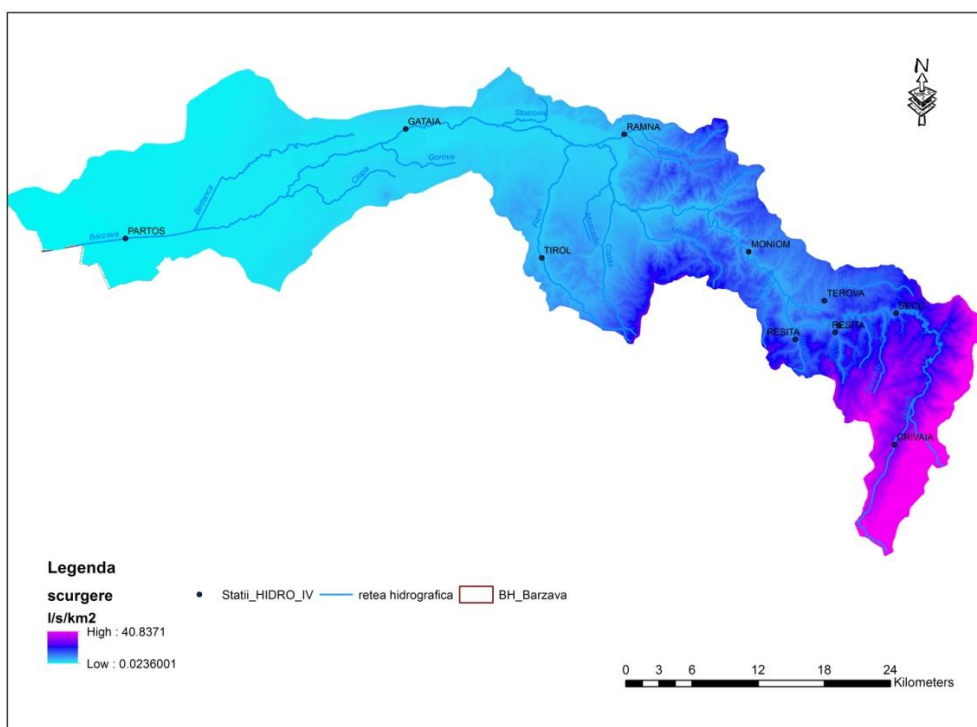


Fig. 4.9.Harta scurgerii medii specifice în bazinul hidrografic al râului Bârzava (sursa datelor: ABAB)

#### 4.2.4. Determinarea debitelor maxime probabile calculate prin intermediul analizei de frecvență

Întrucât bazinul hidrografic Bârzava dispune de serii lungi de măsurători ale debitelor maxime (peste 50 de ani), se poate determina probabilitatea de apariție a unui anumit debit prin intermediul analizei de frecvență. În acest sens a fost ales sectorul aferent stației hidrometrice Gătaia, având la dispoziție un șir de date ale debitelor maxime pe o perioadă de 54 de ani (1959-2012).

Tabelul 4.8. Debite maxime anuale înregistrate la stația hidrometrică Gătaia

Anul	Q (m <sup>3</sup> /s)	Anul	Q (m <sup>3</sup> /s)	Anul	Q (m <sup>3</sup> /s)
1959	52.5	1977	63.0	1995	33.4
1960	31.3	1978	96.5	1996	71.5
1961	20.6	1979	77.9	1997	89.1
1962	31.5	1980	68.3	1998	60.3
1963	22.5	1981	50.3	1999	<b>115</b>
1964	26.8	1982	32.4	2000	<b>116</b>
1965	58.0	1983	11.2	2001	77.7
1966	<b>120</b>	1984	17.7	2002	21.5
1967	62.8	1985	59.4	2003	20.6
1968	45.3	1986	31.2	2004	46.4
1969	37.9	1987	<b>113</b>	2005	<b>135</b>
1970	<b>115</b>	1988	52.3	2006	<b>117</b>
1971	39.2	1989	74.3	2007	69.1
1972	60.0	1990	33.6	2008	58.8
1973	67.9	1991	53.8	2009	53.0
1974	68.8	1992	16.0	2010	75.1
1975	85.8	1993	49.5	2012	44.5
1976	40.6	1994	22.2	2013	39.1

Utilizând legea distribuției Gumbel pentru analiza de frecvență, din analiza modelului se poate observa că distribuția Gumbel constituie o estimare satisfăcătoare a repartiției debitelor maxime anuale.

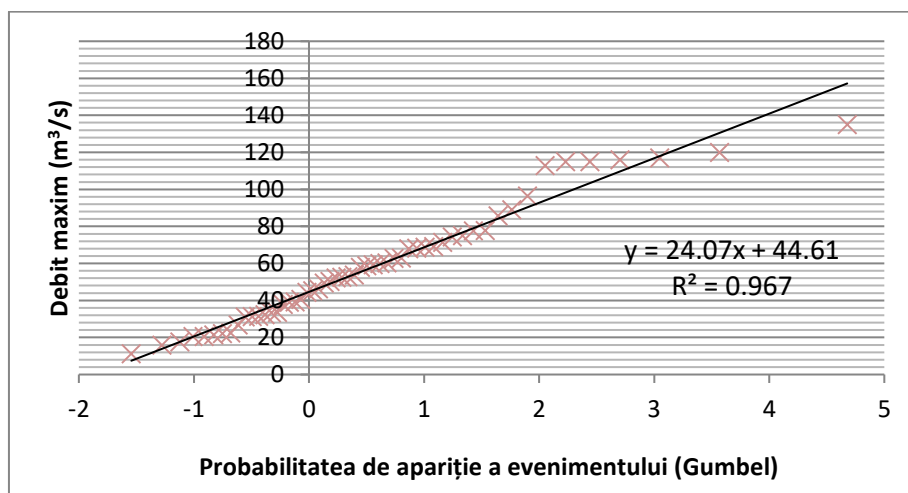


Fig. 4.10. Corelația între probabilitatea de apariție și debitul maxim înregistrat

Tabelul. 4.9. Debite maxime estimate pentru stațiile hidrometrice Gătaia și Moniom

Frecvența	Q <sub>max</sub> Gătaia (m <sup>3</sup> /s)	Q <sub>max</sub> Moniom (m <sup>3</sup> /s)
Frecvența 1 la 2	55.7898894	50.0250589
Frecvența 1 la 5	90.8557633	84.0993694
Frecvența 1 la 10	114.072423	106.659528
Frecvența 1 la 20	136.3424	128.299773
Frecvența 1 la 50	165.168602	156.310852
Frecvența 1 la 100	186.769783	177.301213

Unele dintre valorile din șirurile de date sunt însă influențate de acumulările permanente sau nepermanente de pe cursul râului Bârzava, care au rol de atenuare a viiturilor, debitele măsurate fiind mai mici decât cele naturale. Apare așadar o incertitudine în calculul probabilităților de apariție a unor debite.

#### 4.3. Sistemul de amenajare al bazinului hidrografic Bârzava și rolul lucrărilor hidrotehnice în protecția la inundații sau atenuarea viiturilor

Deși râul Bârzava se numără printre cursurile de apă mici din România, este unul dintre râurile cel mai intens și complex valorificate de către om, asigurând transportul lemnului, apa potabilă, cantități mari de apă industrială necesară proceselor tehnologice de elaborare a metalului, precum și energia electrică, obținută pe cale hidroelectrică, acoperind inițial integral, iar apoi parțial necesitățile acționării instalațiilor industriale de la Reșița. Lucrările hidrotehnice de apărare împotriva inundațiilor din BH Bârzava cuprind în principal următoarele tipuri de lucrări: lacuri de acumulare, derivații, îndiguiri și regularizări, lucrări pentru protecția albiilor și malurilor. De asemenea, ansamblul de lucrări de îmbunătățiri funciare (lucrări de desecare și lucrări de combatere a eroziunii solului) au un rol important în diminuarea efectelor dăunătoare ale apelor mari. În schema rețelei hidrografice aferente BH Bârzava (fig. 4.11.) pot fi identificate principalele lucrări de amenajare de la nivelul bazinului.

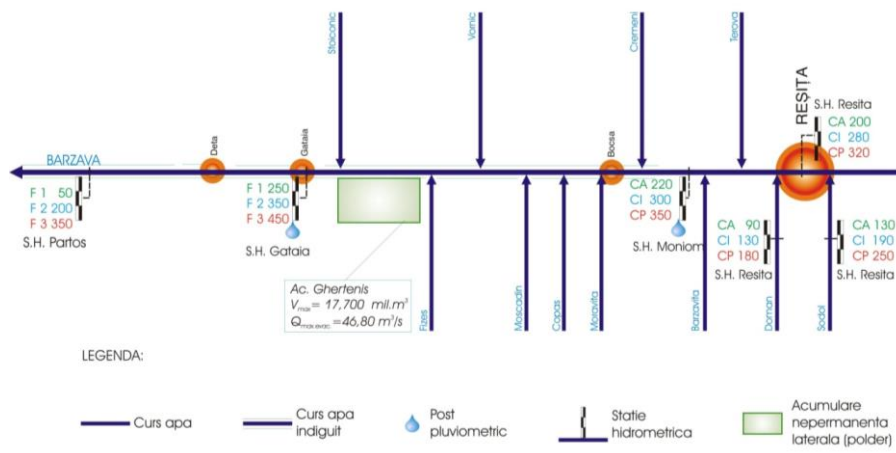


Fig. 4.11. Schema sinoptică a BH Bârzava (sursa: ABAB)

##### 4.3.1. Amenajările hidrotehnice din bazinul inferior al râului Bârzava, cu rol în protecția împotriva viiturilor

Treapta de câmpie a spațiului hidrografic Banat este unul dintre arealele cele mai frecvent afectate de inundații ca urmare a revărsării râurilor în perioadele ploioase și a stagnării apei. O altă cauză a producerii frecvente a inundațiilor este dată de geneza câmpiilor: de subsidență sau de divagare. Dacă primele așezări



omenești din acest bazin hidrografic s-au dezvoltat în general pe un teren mai înalt, ferite de apele mari ale râurilor, o dată cu amenajarea digurilor și a lucrărilor de regularizare și desecare a mlaștinilor, terenurile au devenit prielnice dezvoltării localităților și activităților agricole.

De asemenea, impunerea unor taxe mai mari din partea Imperiului a făcut necesară extinderea terenurilor arabile și ocuparea luncilor râurilor, tocmai datorită sentimentului (fals) de securitate oferit de diguri.

Pentru început lucrările au avut ca obiectiv regularizarea cursului de apă din aval de Gătaia, prin săparea unui nou canal cu profil transversal în formă de trapez, cu baza mare în sus și prin îndiguirea malurilor cu diguri solide de pământ. Canalul nou săpat debușa în vechiul Canal Terezian, care pornea de la Vârșeț în aval, și se vărsa în Timiș în apropiere de Tomașevici. Pentru aceste lucrări a fost utilizată mâna de lucru a populației existente în regiune, aceasta fiind obligată să participe în mod voluntar la amenajarea marilor lucrări hidrotehnice. Odată mutat cursul Bârzavei pe noua albie, s-a dat drumul lucrărilor de asanare a mlaștinilor, un proces de lungă durată, pe de o parte din cauza apelor freactice aflate aproape de suprafață (0.5 – 3 m), iar pe de altă parte din cauza faptului că asanarea se făcea cu ajutorul morilor de vânt care pompau apa din canalele săpate în câmp în noul curs al Bârzavei.

Pentru îndepărtarea excesului de apă în aval de Denta-Deta, au fost organizate trei sisteme de desecare: sistemul Bârzava mijlocie, sistemul Partoș (la stânga) și sistemul Banloc - Tolvadia (la dreapta), care drenează apele de pe o suprafață totală de 271 km<sup>2</sup>. Cel mai mare dintre ele este sistemul Banloc - Tolvadia, care contribuie la drenarea unei suprafețe de 204 km<sup>2</sup>, deversând apele în Bârzava îndiguită, prin două stații de pompare.

#### **4.3.1.1. Acumularea laterală nepermanentă de la Ghertenis**

Dacă în vederea atenuării undelor de viitură pe cursul superior sunt utilizate și acumulările Gozna, Văliug și Secu, care au un rol complex (regularizare, hidroenergetic, alimentare cu apă a centrului industrial Reșița), pentru cursul inferior este folosită acumularea laterală nepermanentă de la Ghertenis. Această acumulare este situată în aval de confluența cu pârâul Fizeș și prezintă două compartimente (compartimentul I, pentru atenuarea viiturilor până la 5 % și compartimentul II, pentru atenuarea viiturilor între 5 % și 1 %). Între cele două compartimente există un deversor din beton cu o lungime de 123 m, cu secțiune trapezoidală și cu lățimea la coronament de 3 m. Fiecare compartiment are o golire de fund compusă din două tuburi Premo, cu diametru de 1500 mm, cu clapete și stavilă cu turn de manevră spre acumulare. Lungimea digurilor contur ale acestei acumulări este de 19 km, iar volumul total de apă care poate fi reținut în incinta rezultată în urma construcției este de 17.7 mil. m<sup>3</sup>.

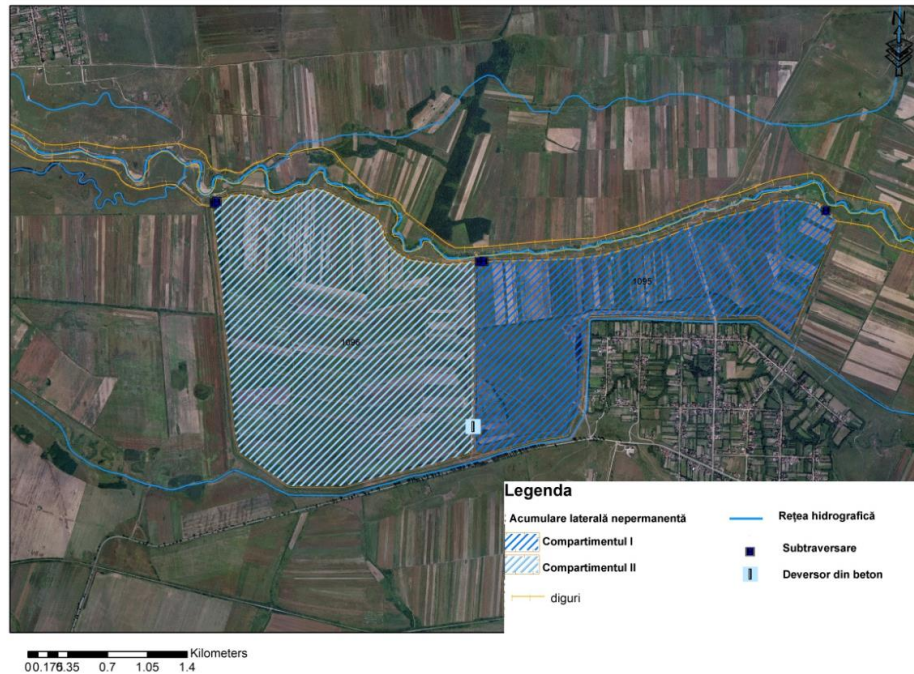


Fig. 4.12 . Acumularea laterală nepermanentă Ghertenish

Scopul acestei lucrări hidrotehnice este captarea apelor mari în timpul inundațiilor, însă punerea în funcțiune a acestuia atunci când este cazul vine o dată cu inundarea terenurilor arabile din acest areal. Incintele de atenuare a viiturilor (acumulări laterale) sunt de fapt suprafețe de teren acoperite cu culturi agricole, pășuni, păduri, care pot prelua volume ale apei și să reducă debitul maxim din aval.



Fig. 4.13. Acumularea laterală Ghertenish între cele două compartimente

Pentru inundarea dirijată în situații deosebite nu sunt prevăzute alte terenuri decât cele din incinta acumularilor nepermanente.

**4.3.1.2. Lucrările de îndiguire, regularizări, consolidări și apărări de maluri**

În ceea ce privește lucrările de îndiguire și regularizare existente, la fel ca pentru întreg spațiul hidrografic Banat, acestea prezintă un caracter aparte față de majoritatea lucrărilor similare din țară, și anume faptul că traversează frontiera de stat, situația impunând o serie de reglementări comune în ceea ce privește modul de rezolvare a problemelor de apărare împotriva inundațiilor, generate de aceste cursuri de apă. Cursul de apă este îndiguit și regularizat pe sectoare continue, începând cu secțiunea de frontieră până în sectoarele de mijloc ale cursurilor principale. Reglementările comune de frontieră au generat în același timp și obligativitatea luării unor măsuri de compensare a dezastelor rezultate în urma realizării unor sectoare lungi de îndiguire și regularizare prin intermediul unor acumulări laterale (ex. acumularea laterală nepermanentă Gherteniş).

Analizând lucrările de îndiguire și regularizare existente în BH Bârzava, rezultă o lungime totală de 165.61 km, cu o înălțime medie de 1.5 m.

Tabelul.4.10. Lista lucrărilor de îndiguire din BH Bârzava aflate în Administrației Bazinale de Apă Banat

Denumire lucrare	Lungime (km)	Înălțime medie (m)	Anul dobândirii /PIF	Adresa bunului/locația
Dig Fizeș mal stâng	1.6	1.5	1984	Berzovia, CS
Dig Fizeș mal drept	0.5	1.5	1983	Berzovia, CS
Dig Faitalan	3.5	1.3	1984	Berzovia, CS
Dig Bârzava mal stâng	35.1066	1.5 – 1.8	1984	Râmna, Bocșa, CS
Dig Bârzava mal drept	35.635	1.5 – 1.8	1982	Râmna, Bocșa, CS
Dig Sculea mal drept	4.3	2	1970	Gătaia, TM
Dig Sculea mal drept	3.3	2	1970	Gătaia, TM
Dig mal stâng V. Sângeorge	1.45	1.5	1985	
Dig mal drept V. Sângeorge	1.45	1.5	1986	Gătaia, TM
Dig mal drept Bârzava	36.36	1.5- 2	1858	Gătaia, Denta, Banloc, TM
Dig mal stâng Bârzava Veche	41.33	1.5 -2	1858	Gătaia, Denta, Banloc, TM
Dig mal drept V. Mănăstirii	0.36	1.5	1986	Gătaia, TM
Dig mal stâng V. Mănăstirii	0.36	1.5	1986	Gătaia, TM
Dig mal drept V. Voita	0.36	2	1984	Gătaia, TM

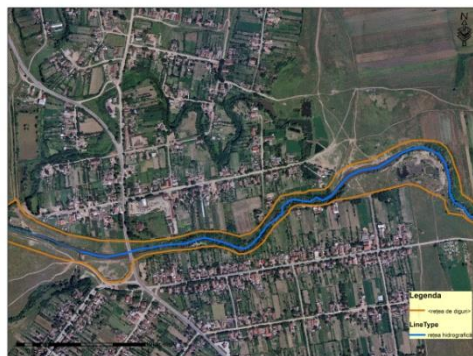


Fig.4.14.a) Starea digurilor (localitatea Gătaia); b) Rețeaua de diguri în localitatea Gătaia

De asemenea, sunt în curs de promovare lucrări care au în vedere consolidarea zonelor de eroziuni active din albia minoră, pentru a nu afecta digurile, precum și suprafețe de vegetație, cu scopul de a ușura curgerea liberă a apei.

Pentru aceste lucrări hidrotehnice se impun, pe viitor, analize atât din punct de vedere al stării actuale, cât și din punct de vedere al capacității acestora, funcție de cerințele actuale de apărare împotriva inundațiilor. În prezent sectorul aval Bocșa - frontieră și cel din municipiul Reșița încă ridică periodic probleme:

- din cauza obturării secțiunii de curgere, a erodării malurilor și pereului, aruncării haldelor de gunoai și deșeuri în albie, creării de dopuri de depuneri de deșeuri, prăbușiri de maluri, fiind necesară reabilitarea secțiunii de scurgere în municipiul Reșița în special în zona industrială;

- în aval de localitatea Bocșa, zona Călnic - Bocșa este necesară reabilitarea secțiunii de scurgere, urmare a frecventelor inundații a căii ferate și drumului național Timișoara - Reșița, a obiectivelor industriale și sociale din Bocșa;

- din cauza nerealizării calibrărilor de albie, în aval de Bocșa s-au creat eroziuni active în diguri, creând pericolul de rupere al digurilor, problemă constatată la viitura înregistrată în perioada decembrie - ianuarie 1995 - 1996.

La nivelul bazinului hidrografic Bârzava, ca și în întreg Spațiul Hidrografic Banat, sunt implementate sau în curs de derulare o serie de proiecte de infrastructură, cele mai reprezentative fiind:

- Regularizare și consolidare râu Bârzava pe sectorul Gătaia – frontieră Serbia, județul Timiș. Principalul obiectiv al acestui proiect este de apărare împotriva inundațiilor, urmat de cel de alimentare cu apă. Lucrările se desfășoară pe o lungime de 7.07 km și constau în desfășurarea de lucrări de reprofilare a albiei minore, supraînălțare diguri, diguri noi, protecții de mal, prag alimentare, disipator canal italian, descărcător canal italian, praguri îngropate, decolmatore și reprofilare a albiei în zona de aval captare. Proiectul nu are efect transfrontalier (PPPDEI, 2010).

- Amenajarea râului Bârzava și afluenții municipiului Reșița, județul Caraș-Severin. Obiectivul principal al proiectului este de apărare împotriva inundațiilor, urmat de cel de alimentare cu apă. Lucrările se desfășoară pe o lungime de 15.987 km pe râul Bârzava și de 2.167 km pe afluenți și constau în lucrări de reprofilare și decolmatore a albiilor, protecții de mal din cutii de gabioane, refaceri parament zid beton, refacere peree, subzidiri, praguri îngropate, supraînălțări ziduri existente. Proiectul nu are impact transfrontalier.

#### **4.3.2. Amenajările hidrotehnice din bazinul superior al râului Bârzava**

Lucrările de amenajare a râului Bârzava pentru plutărit au început în 1783 prin construirea de diguri, greble, lacuri de depozitare, iar din 1785 a început efectiv plutăritul. S-au construit 3 greble pentru scoaterea din apă a lemnului la Reșița, Călnic și Bocșa. Din cauza cheltuielilor mari de întreținere și reparații, cât și a debitului variabil al Bârzavei pe parcursul anului, în 1803 s-a abandonat plutăritul lemnului pe râu, iar conducerea uzinelor a obținut de la Camera imperială dreptul de a utiliza munca a 1556 țărani, pe timp de 25 de ani, să efectueze robota la transportul manganului. În 1806 a fost construită șoseaua Reșița – Văliug pentru transportul cu care a manganului.

După trecerea la administrația civilă a Banatului și ca urmare a cheltuielilor mari de întreținere a drumurilor, s-a reluat ideea de a transporta lemne pe apa Bârzavei. În 1864 a fost construit barajul de la Klauss pentru reglarea debitului de apă pe Bârzava, în vederea transportului lemnului prin plutărit. Construcția s-a făcut la 8,5 km amonte de Văliug, din bușteni de brad cioplit cu umplutură de piatră, la o

înălțime maximă de 11,5 m, cu o lungime de 76 m, cu un deversor de 8,4 m care avea o înălțime de 1,6 m. A fost prevăzut cu două goliri pătrate manevrate cu stavile de 1,4 m, respectiv 1,9 m, pentru eventuala golire a barajului și evacuarea nămolului în aval. Barajul avea un volum de 140 000 m<sup>3</sup> apă care permitea transportul a cca. 10000 m<sup>3</sup> lemne din martie până în august.

În 1865 reîncepe plutăritul lemnului pe Bârzava pe o distanță de 38,8 km, de la Klauss - unde a fost construit barajul - până în sectorul denumit Länd, cu o diferență de nivel de 458m. Nivelul necesar al apei pentru plutărit a fost de 0,5-0,6 m, cu o viteză medie de 1,8 m/s. Întregul traseu era parcurs în 5- 6 ore. În 1894 barajul de la Klauss a fost reparat. Cu o înălțime de 14 m, o suprafață de 5 ha și un volum de 0,25 mil mc. fiind construit din pământ compactat combinat cu lăzi suprapuse umplute cu piatră și a funcționat până în 1917.

Extinderea continuă a Combinatului Siderurgic de la Reșița a necesitat un volum mare de energie electrică și de apă industrială. Pentru asigurarea acestor necesități între 1902 și 1909 a fost realizat Complexul hidroenergetic de la Grebla (UHE. I – 5000kW) și de la Breazova (UHE. II – 400kW), care au fost deservite de lacul de acumulare de la Văliug (1.2 mil.m<sup>3</sup>). Canalele de derivație au fost folosite și pentru alimentarea cu apă industrială, precum și pentru transportul lemnului spre Reșița (Ujvari, 1972).

În lucrarea *Pitorescul României* a profesorului I. Simionescu, aceste descrie Bârzava ca „un râu bine folosit... E cea mai folosită apă curgătoare din țară. Aici e domoală; curge lin și tulbure (...) Uneori vine furioasă ca-n 1915. Și elementele naturale se străduiesc după libertate. Sclavia o revoltase. Și-a adunat apele toate după niște ploii iuți care i-au venit în ajutor; a trecut peste lezătură și a apucat razna prin vechea ei albie secătuită. (...) Apa, domesticită apoi, e îndreptată unde vrea omul. (Simionescu, 1939).

#### **4.3.2.1.Canalele de derivație și captare**

Canalele de derivație și captare au fost construite în principal pentru transportul buștenilor din zonele înalte ale bazinului, acolo unde existau vaste exploatări forestiere. O dată cu închiderea acestora, scopul canalelor s-a transformat în acela de a capta și transporta ape între diferite bazine hidrografice. Prin canalul Semenici sunt captate pâraiele ce drenează o suprafață bazinală de 30 km<sup>2</sup> (25 km<sup>2</sup> în bazinul de recepție al Timișului superior și 5 km<sup>2</sup> în bazinul Nerei), iar prin canalul Zănoaga Bârzava preia din bazinul Nerei superioare apele de pe o suprafață de recepție de aproape 13 km<sup>2</sup>. Acest surplus de ape a fost necesar pentru acoperirea cerințelor de apă potabilă și industrială ale municipiului Reșița, în acest scop fiind amenajate și barajele de acumulare Gozna, Văliug și Secu pe Bârzava și Trei Ape pe Timișul Superior. Cele mai importante amenajări hidrotehnice de tip canale de derivație și captare sunt canalele Semenici, Nera și Șafra. Alte canale de derivație și captare sau colectoare sunt Canalul Zănoaga, Jilipul Prislop – Izvorul Râu, Canalul Superior, Canalul Inferior, Canalul Principal, Canalul colector Crainic și Canalul colector Gropos-Bogatu. Canalul Nera (lungime 6.575 km, debit maxim 1.75 mc/s) are rolul de transfer a unor debite de apă din bazinul hidrografic Nera în bazinul hidrografic Bârzava, iar Canalul Semenici (lungime de 23.3 km, debit maxim 1.43 mc/s) are rolul de transfer a unor debite de apă din bazinul hidrografic Timiș în bazinul hidrografic Bârzava. Acest canal transportă și o cantitate mică de apă din râul Nerganița prin intermediul canalului Zănoaga. Celelalte canale și aducțiuni au rolul de a transporta apa la centralele hidroelectrice și la folosințele de apă: Canalul Gozna, Canalul Principal (Grebla), Aducțiunea Gozna, Aducțiunea Secu etc.



#### 4.3.2.2. Acumulările de apă

În bazinul superior al Bârzavei au fost construite de-a lungul timpului un număr de trei acumulări de apă: Văliug (dată în folosință în anul 1909), Gozna (finalizată în 1953) și Secu (dată în folosință în anul 1963). Scopul principal pentru care au fost amenajate aceste acumulări este reprezentat de satisfacerea nevoilor de apă ale Combinatului Siderurgic Reșița, care avea nevoie atât de energie electrică, cât și de rezerve mari de apă. De asemenea au rol de atenuare al undelor de viitură. Denumirile lacurilor sunt folosite în unele lucrări sau de către localnici ca: Văliug, Breazova și Secu, iar în evidența Cadastrului Apelor Române și în hărțile topografice 1:50 000, sunt folosite denumirile de Gozna, Văliug și Secu.

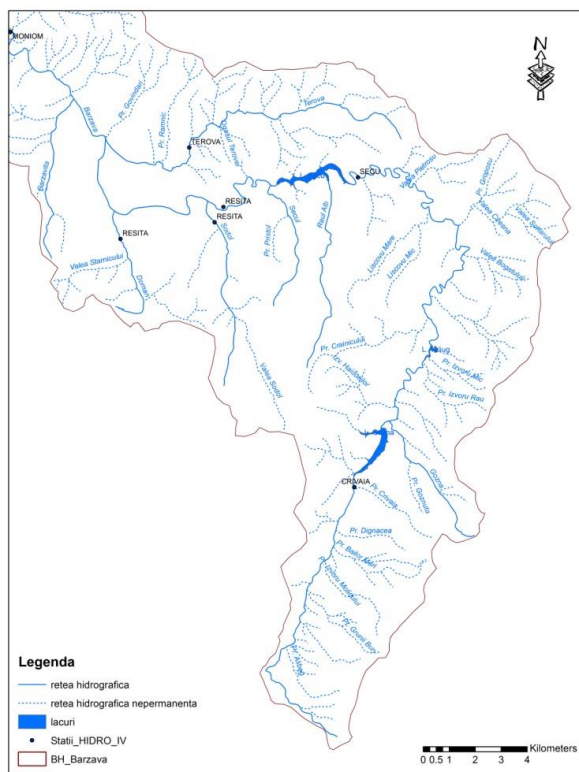


Fig. 4.15. Acumulările de apă din cursul superior al râului Bârzava

#### Acumularea Văliug

Lacul format în spatele barajului Văliug are o suprafață de 12.06 ha la cota 504.5 m, ceea ce înseamnă lac plin până la deversor. Volumul total al lacului este de 1.13 mil. m<sup>3</sup> de la talveg până la nivelul coronamentului, neținând cont de colmatarea accentuată ale cărei efecte nu sunt calculate cu exactitate. Volumul brut al lacului este de 1 mil. m<sup>3</sup> de la talveg până la pragul deversor, în timp ce volumul util de apă atinge valoarea de 985 000 m<sup>3</sup> între cota prizei și cea a pragului deversor. Volumul energetic este egal cu volumul util.

În cazul acumulării Văliug nu se poate vorbi de volum de protecție, deoarece această acumulare este utilizată uzual la cote sensibil egale sub pragul deversorului în scopuri de compensare, ceea ce creează automat și un volum de protecție

suficient. Volumul pentru atenuarea undelor de viitură este de 130 000 m<sup>3</sup> între nivelul pragului deversor și coronament. Volumul mort al lacului este de 30 000 m<sup>3</sup>, sub nivelul prizei, în contextul în care golirea de fund este colmatată.

Acumularea Văliug are și scop energetic, potențialul hidroenergetic al apelor fiind valorificat cu ajutorul uzinei hidroelectrice Breazova, unde producția anuală de energie electrică se situează în jurul valorii de 1.2 MW anual.

#### Acumularea Gozna

Suprafața lacului rezultat în urma construirii barajului este de 66.02 ha, atunci când este plin până la coronamentul barajului, și de 59.5 ha, atunci când lacul este plin până la pragul deversor. Volumul total al lacului de acumulare este de 11.99 mil. m<sup>3</sup> de apă de la talveg, până la coronamentul barajului, în timp ce volumul brut al lacului este de 10.045 mil. m<sup>3</sup>, între cotele deversorului și prizei, respectiv 10.091 mil. m<sup>3</sup>, între cota deversorului și cota golirii de fund. Raportat la volumul energetic al lacului, acesta este de 5.776 mil. m<sup>3</sup> între cotele deversorului și cea de 585 m sub care este interzisă utilizarea turbinelor uzinei hidroelectrice Crăinicel. Cu toate acestea, apa se valorifică hidroenergetic la celelalte amenajări de acest tip aflate în val de Crăinicel.

În prezent, imediat la coada lacului, se află amplasată stația hidrometrică Crivaia, cu mențiunea că lacul mai posedă și alți afluenți importanți care nu sunt controlați hidrometric.

#### Acumularea Secu

Suprafața lacului Secu este de 63.42 ha, al cota 301 m (cotă ce corespunde lacului plin la cota pragului deversor) sau 105.57 ha, la cota 309, adică lac plin până la cota coronamentului. Volumul total al lacului este de 15.132 mil. m<sup>3</sup> de la talveg până la coronament, în timp ce volumul brut are o valoare de 7.984 mil. m<sup>3</sup>. Volumul pentru alimentări cu apă este de 7.483 mil. m<sup>3</sup> între cota prizei și cota deversorului. Volumul de protecție al lacului este de 720 000 m<sup>3</sup> între 300 m și 301 m, în timp ce volumul mort este de 20 000 m<sup>3</sup> (sub nivelul golirii de fund). Volumul atenuării undelor de viitură este de 7.238 mil. m<sup>3</sup>. Debitul de servitute este de 0.15 m<sup>3</sup>/s în secțiunea aval de uzina hidroelectrică Grebla.

Conform Registrului Național al Barajelor din România- REBAR Baraje pentru Retenții de Apă, barajele sunt încadrate în categoria de importanță A și B. Aceste lacuri exercită o presiune hidromorfologică semnificativă, prin faptul că este întreruptă continuitatea scurgerii apei iar debitele sunt regularizate. Regularizările și îndiguirile produc în principal ca presiune hidromorfologică, modificări ale morfologiei cursurilor de apă, alterări ale caracteristicilor hidraulice și întreruperi ale continuității laterale.

Obiectivele hidrotehnice ale derivațiilor au drept scop suplimentarea debitelor în secțiuni cu un necesar de apă mai mare decât potențialul natural al râului. Relocarea prin aceste derivații a unor volume de apă semnificative produce diminuări esențiale ale debitelor cursurilor de apă sursă și creșteri de debite pe cursurile de apă destinate, în ambele situații provocând dezechilibre hidrologice și ecologice.

Inundațiile au devenit mai puțin frecvente, dar nu numai din cauza protecției oferite de diguri, ci și datorită favorabilității condițiilor meteorologice. Astfel, inundațiile au produs mai puține pagube, încurajând dezvoltarea tot mai intensă a localităților în arealul de câmpie.



În ultima perioadă, ca urmare a modificărilor climatice, dar și a reducerii capacității de transport a albiilor, prin dezvoltarea în general a localităților în albia majoră a cursurilor de apă sau a îmbătrânirii sistemului de diguri, frecvența de producere a inundațiilor și amploarea acestora au crescut, iar pagubele înregistrate fiind tot mai mari. Reabilitarea digurilor existente sau amenajarea unor noi vizează reducerea consecințelor negative a inundațiilor, nu reducerea inundațiilor. De asemenea, lacurile de acumulare din spatele barajelor reduc frecvența producerii inundațiilor în zona montană, însă nu pot să elimine în totalitate potențialul apariției inundațiilor în aval: pe de-o parte, este posibil ca lacul să nu poată prelua cantitatea de apă care ar atenua viitura (din cauza neluării măsurilor necesare pentru astfel de evenimente), iar pe de altă parte, poate apărea o eventuală breșă în baraj, care ar conduce la inundarea comunităților din aval.

Tendința actuală pentru bazinul hidrografic studiat este să se amenajeze noi diguri de protecție sau să se înalțe digurile existente acolo unde apar probleme. Orice îmbunătățire sau nouă amenajare trebuie să fie analizată în detaliu înainte de a se demara lucrările, pentru a constata dacă investițiile necesare pentru aceste lucrări și în același timp pierderile în cazul depășirii acestora sunt preferabile investițiilor necesare pentru renaturalizarea albiei râului și pătrunderea apei în interiorul localității.

Deși în ultimii ani s-au făcut progrese referitoare la întocmirea documentației planurilor de management în conformitate cu directivele Uniunii Europene referitoare la apă și inundații, punerea în aplicare a acestora este uneori dificilă, pe de-o parte din cauza neadaptării legislației naționale la aceste reglementări, iar pe de altă parte din cauza reticenței populației sau autorităților. În primul rând este necesar ca populația și autoritățile să nu se rezume la a fi mulțumiți cu sentimentul de securitate oferit de măsurile de protecție oferite până în prezent, pentru că în acest fel ar putea fi vulnerabili în cazul unui eveniment extrem, un bun exemplu în acest sens fiind ruperea digului și inundarea localității Foeni de apele Timișului, în 2005.

#### **4.3.2.3. Impactul amenajărilor hidrotehnice asupra scurgerii apei în bazinul superior al râului Bârzava**

Odată cu punerea în funcțiune, rând pe rând, a celor trei acumulări din bazinul superior al râului Bârzava, debitul natural al râului a fost modificat, astfel că registrele hidrologice consemnează pentru stațiile hidrometrice de pe cursul Bârzavei două tipuri de debite: debitul natural și debitul măsurat.

Debitul natural reprezintă debitul normal al râului fără influența acumulărilor care pot reține sau evacua cantități de apă ce modifică debitul, în timp ce, debitul citit este debitul calculat pe baza citirii mirei hidrometrice de la stațiile hidrotehnice. Evident, dintre aceste două debite unul este mai mare și altul este mai mic, putând distinge după acest criteriu două cazuri.

Primul caz este atunci când debitul citit este mai mare decât debitul natural. Un exemplu concludent în pentru acest caz este reprezentat în graficul corelațiilor debitelor măsurate și a celor naturale de la stația hidrometrică Crivaia care se află în aval de acumularea Secu. Atunci când în acumularea Secu cantitatea de apă măsurată la coada lacului este mai mare decât debitul măsurat în aval de baraj se poate afirma faptul că debitul măsurat este mai mare decât cel natural deoarece se adaugă și surplusul de apă provenit din acumulare. În general pentru bazinul superior al râului Bârzava, volumul excedentar de apă provenine din aducțiunile care unesc bazinul râului Bârzava cu cele ale Timișului și Nerei și care reprezintă o sursă în plus de apă.

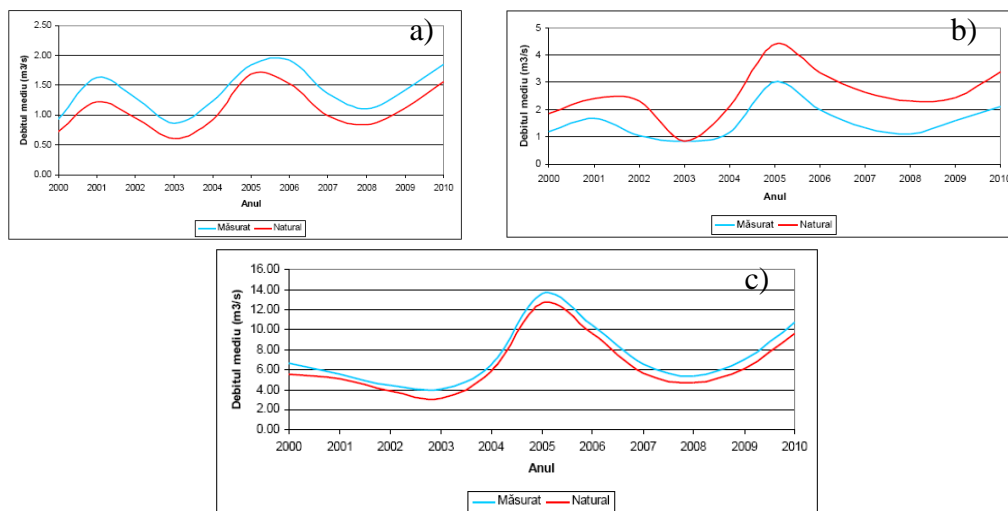


Fig. 4.16. Comparație între debitul măsurat și debitul natural la s.h. Crivaia (a), s.h.Secu(b) și s.h. Partoș (c) (sursa datelor: ABAB)

Cel de-al doilea caz întâlnit este atunci când debitele naturale sunt mai mari decât cele măsurate, acest lucru datorându-se retenției apei în cele trei acumulări din bazin (fig. 4.16.b) , grafic realizat cu date provenite de la stația hidrometrică Secu).

Debitele naturale sunt mai ridicate decât cele măsurate atunci când o stație hidrometrică amplasată la coada unui lac de acumulare înregistrează o valoare mai mare a debitului decât stația hidrometrică aflată în aval de baraj. Diferența de debit mediu dintre cele două stații hidrometrice poate fi pusă pe seama faptului că se dorește creșterea volumului de apă din acumularea respectivă și astfel în aval, debitul natural este mai ridicat decât cel măsurat.

Pentru a observa dacă diferențele dintre debitul măsurat și cel natural se păstrează și în aval de amenajările hidrotehnice din bazinul superior, se prezintă graficul de corelație a acestor două tipuri de debite cu ajutorul informațiilor obținute de la stația hidrometrică Partoș, ultima stație hidrometrică de pe teritoriul României aferentă Bârzavei (fig. 4.16.c).

Pentru stația hidrometrică Partoș, graficul de corelație a celor două debite se arată faptul că debitul măsurat este mai mare decât cel natural însă trebuie remarcat faptul că diferența dintre cele două mărimi este foarte mică, ceea ce înseamnă ca impactul amenajărilor din bazinul superior se resimte cu mult în aval față de acestea însă puterea lor de modificare a debitului râului scade odată cu mărirea distanței dintre stația hidrometrică analizată și bazinul superior al Bârzavei.

#### 4.3.3. Măsuri propuse în PPPDEIB (Planul pentru Prevenirea, Protecția și Diminuarea Efectelor Inundațiilor în SH Banat)

În spațiul hidrografic Banat au loc frecvent viituri în perioada martie – aprilie, când apar fenomene meteorologice nefavorabile, prin topirea combinată cu precipitații abundente, ceea ce duce la formarea unor viituri în cursul inferior al râurilor, cu mari pagube materiale prin inundarea localităților, obiectivelor economice și sociale, căilor de comunicație și terenurilor agricole. În timpul acestor

evenimente repetate sunt afectate sau distruse obiective de apărare împotriva inundațiilor și lucrări hidrotehnice, fiind necesară refacerea lor sau găsirea unor soluții alternative pentru reducerea riscului la inundații și diminuarea efectelor negative.

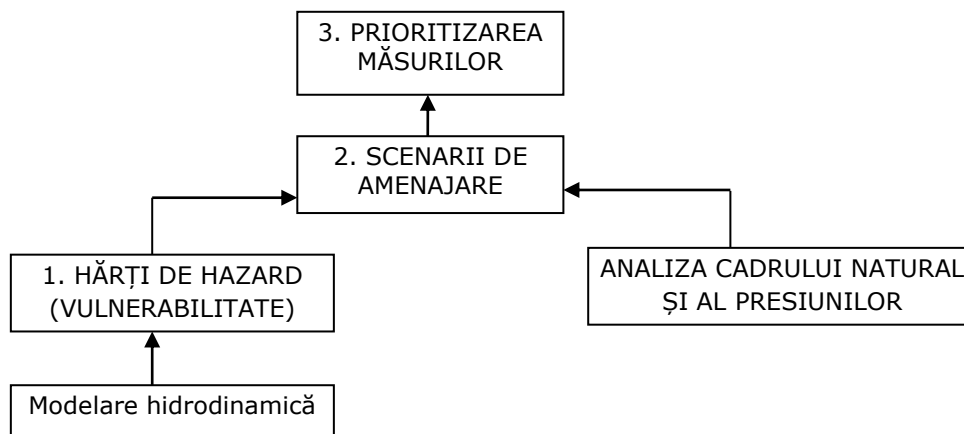


Fig.4.17. Etapele parcurse în elaborarea și punerea în aplicare a măsurilor propuse în PPPDEIB

Analiza cadrului natural și al presiunilor antropice presupune analiza schemelor hidrotehnice de apărare împotriva inundațiilor, studiul privind stadiul actual și de perspectivă al amenajărilor de îmbunătățiri funciare, inclusiv combaterea eroziunii solului sau al amenajărilor silvice și al amenajării torențurilor din fondul silvic. În urma realizării analizei cadrului natural și antropic și a întocmirii hărților de hazard și de vulnerabilitate se pot formula scenarii de amenajare în concordanță cu prevederile Directivei 2007/60/CE și a Strategiei naționale a managementului riscului la inundații pe termen lung și mediu în vederea prevenirii, protecției și diminuării efectelor inundațiilor. Odată identificate aceste măsuri, se pot identifica prioritățile în aplicarea lor și se poate planifica realizarea acestora.

În planul de amenajare al Spațiului Hidrografic Banat, măsurile structurale reprezintă principalele elemente ale strategiei pentru protejarea populației și bunurilor, însă se are în vedere conservarea naturii și managementul mediului. În cadrul Planului pentru Prevenirea, Protecția și Diminuarea Efectelor Inundațiilor pentru spațiul hidrografic Banat sunt menționate o serie de măsuri și lucrări:

- Reabilitarea amenajărilor structurale existente, prin:
  - supraînălțarea digurilor;
  - recondiționarea barajelor;
  - decolmatarea canalelor și a lacurilor de acumulare;
  - refacerea lucrărilor avariate de uzură normală, precum și de viiturile torențiale a căror asigurare a fost sub cea dimensionată;
  - canalele de interceptie și debușee reprofile pentru regularizarea scurgerii și eliminarea excesului de umiditate de suprafață;
  - captări de izvoare și drenaj de interceptie pentru interceptarea, captarea și eliminarea fluxului de apă din profilul solului;
  - uniformizări în planuri continue pentru asigurarea unei pante de scurgere mai rapidă a apelor din precipitații care stagnează în

- prezent în zonele depresionare către rețeaua de canale, debușee și rigole;
- împădurirea suprafețelor de teren cu folosința actuală neproductivă;
  - împădurirea terenurilor degradate care reprezintă sursă masivă de aluviuni, în bazinele hidrografice torențiale care aduc prejudicii unor obiective economice de interes deosebit;
  - împădurirea terasamentelor;
  - împădurirea terenurilor degradate situate în zone de interes turistic;
  - cleionaje duble și gardulețe de coastă;
  - reînsămânțări, aplicare de amendamente și fertilizări cu îngrășăminte chimice pe suprafețele de teren afectate de evoluția lucrărilor pentru creșterea potențialului productiv al solurilor;
- Construcția a noi structuri hidrotehnice menite a proteja zonele de risc împotriva inundațiilor:
- îndiguirile se vor realiza numai pe sectoare scurte de râu și numai pentru apărarea împotriva inundațiilor a localităților și a unor obiective economice și sociale importante;
  - pentru retenția apei se vor crea poldere care să fie folosite ca pășuni sau pentru restaurarea pădurilor aluvionare și care în timpul viiturilor vor fi inundate pentru atenuare;
  - consolidări și lucrări transversale pe debușee (traverse din gabioane, căderi din zidărie de piatră);
  - canale marginale și podețe tubulare;
  - apărările de mal longitudinale, pereeri ale evacuatorilor precum și executarea de lucrări pentru ruperi de pantă ale torenților, mai ales în zona canalelor de evacuare.

În bazinul hidrografic Bârzava au fost propuse o serie de lucrări, care se axează în special pe supraînălțarea digurilor (37.469 km), amenajarea de noi diguri (11.782 km), amenajare ziduri de sprijin (20.345 km), atât pentru râul Bârzava, cât și pentru afluenți.

În cadrul măsurilor de protecție împotriva inundațiilor, o componentă importantă este reprezentată de măsurile nestructurale, care completează funcțiile amenajărilor structurale în vederea reducerii vulnerabilității zonei. În cadrul întregului Spațiu Hidrografic Banat, măsurile nestructurale existente în planurile de management constau în:

- Dezvoltarea de sisteme informaționale de avertizare și prognoză a viiturilor și a sistemelor decizionale de acțiune operativă în timpul și după producerea inundațiilor;
- Stabilirea de reguli de exploatare a acumulărilor bazate pe informații prognostice asupra caracteristicilor, duratei și momentului producerii viiturii;
- Planificarea și gestionarea teritoriului amenințat de inundații prin:
  - Zonarea și managementul albiei minore;
  - Elaborarea hărților de risc;
  - Introducerea restricțiilor de realizare a unor noi construcții în albia inundabilă;
  - Precizarea restricțiilor în autorizațiile de construcție;
  - Reținerea apei în sol prin planificarea utilizării terenului agricol în mod adecvat;
- Reforma instituțională:

- Realizarea unui cadru legal de funcționare și coordonare a instituțiilor responsabile cu elaborarea strategiilor și deciziilor operative la nivel local, bazinal și regional;
- Actualizarea și/sau elaborarea de regulamente, planuri de acțiune operativă și modele de intervenție (simulări) pentru scenarii de evenimente, precum și sisteme de cooperare cu apărarea civilă și populația;
- Activități de conștientizare a populației situate în zonele inundabile și factorilor de decizie la nivel local și niveluri superioare, privind mărimea riscului de inundație, pagubele potențiale, pericolul pierderilor de vieți omenești, modurile de intervenție și apărare, mijloacele și metodele de atenuare a efectelor inundației după producerea evenimentului;
- Dezvoltarea unor instrumente economice:
  - Asigurări de bunuri materiale prin societățile de asigurare;
  - Elaborarea unor criterii de evaluare corectă a pagubelor și de despăgubire.

#### **4.4. Prezentarea viiturilor care au provocat inundații în ultimii ani**

Ca urmare a caracteristicilor reliefului și a tipului de climat temperat continental moderat cu influențe oceanice și submediteraneene, viiturile de pe cursurile de apă au o evoluție rapidă. Cele mai frecvente inundații apar din următoarele cauze:

- Inundații pluviale apărute ca urmare a ploilor torențiale căzute pe suprafețe restrânse, dar cu intensitate deosebit de puternică. Astfel de inundații s-au produs în localitățile din zona înaltă (Reșița, Bocșa, Ocna de Fier) prin revărsarea pâraielor și dezvoltarea deosebit de puternică a ascurgerilor de pe versanți, cu creșteri de nivele de la 0 la 150 cm în doar câteva minute. Pagubele cele mai mari sunt produse asupra caselor și anexelor gospodărești, obiectivelor industriale, rețelelor de drumuri și hidroedilitare. Relieful de deal sau de munte favorizează concentrarea rapidă a scurgerii pe versanți (chiar și sub 30 minute), fapt ce determină imposibilitatea avertizării sau a luării de măsuri pregătitoare.
- Inundații pluviale ca urmare a ploilor torențiale căzute pe arii extinse, cu dezvoltarea nivelelor peste limita de inundabilitate pe întreg cursul râurilor principale și a afluenților acestora. Aceste viituri se produc de regulă în lunile aprilie, mai iunie, și afectează mai multe bazine hidrografice (BH Bega – Timiș, BH Bârzava)
- Inundații de origine pluvionivală, rezultate din precipitații sub formă de ploaie în cantități însemnate, căzute simultan cu o creștere bruscă a temperaturii aerului și topirea rapidă a stratului de zăpadă. Acest fenomen se produce de regulă de două ori pe an, prima viitură fiind în luna februarie, iar a doua în a doua parte a lunii decembrie. Acest tip de inundații este caracterizat printr-o deosebită creștere a debitelor pe sectoarele mijlocii și interioare ale cursurilor de apă, cu depășirea capacității lucrărilor hidrotehnice cu rol de apărare și uneori avarierea acestora.

În continuare este prezentată analiza pagubelor înregistrate în spațiul hidrografic Banat, ca urmare a inundațiilor, a fenomenelor meteorologice periculoase și a accidentelor la construcțiile hidrotehnice pentru întocmirea PPPDIB.

Aceasta a fost realizată pe baza datelor din *Rapoartele de Sinteză* întocmite de către Prefecturile Județelor Timiș și Caraș - Severin și *Rapoartele Informativ* întocmite de către Comitetele Județene pentru situații de urgență.

Pentru Județul Timiș au fost identificate, conform raportărilor, 13 perioade în care s-au înregistrat fenomene meteorologice periculoase, inundații și accidente la construcțiile hidrotehnice, repartizate astfel : 1997 (19.04 – 15.05 ; 14.10 – 16.10) ; 1998 (20.04 – 22.04; 19.06 – 26.06) ; 1999 (22.02 – 25.02 ; 02.05 – 22.07) ; 2000 (05.04 – 10.04) ; 2001 (23.04 – 28.04) ; 2005 (15.04 – 30.05 ; 31.05 – 01.06 ; 17.06 ; 17.08 – 19.08 ) ; 2006 (11.04 – 20.04).

Pentru Județul Caraș - Severin au fost identificate și analizate, conform raportărilor, 24 perioade în care s-au înregistrat fenomene meteorologice periculoase, inundații și accidente la construcțiile hidrotehnice, repartizate astfel: 1997 (20.04 – 23.04; 07.07 – 10.07; 25.07 – 04.08); 1998 (16.06 – 20.06); 1999 (21.02 – 25.02; 21.05 – 24.05; 15.06 – 02.07; 13.07 – 07.08; 27.12 – 30.12); 2000 (05.04 – 08.04); 2001 (23.04 – 26.04; 20.06); 2002 (10.06 – 12.06); 2003 (27.05 – 30.05); 2004 (08.11 – 10.11); 2005 (19.03 – 20.03; 17.04 – 01.05; 01.05 – 02.06; 11.07 – 22.07; 14.08 – 25.08; 31.08); 2006 (11.04 – 23.04); 2007 (23.03 – 27.03; 22.05 – 15.06).

La nivelul spațiului hidrografic Banat, în perioada analizată, din totalul de 159 localități (comune, orașe și municipii), au fost afectate de inundații un număr de 137 localități. Pagubele valorice produse de viituri pe întreaga suprafață a spațiului hidrografic Banat au fost de cca. 282.9 milioane Euro. Din acestea 57.7 % s-au înregistrat în anul 2005 (cca. 163.4 milioane Euro), 17.3 % în anul 2006 (cca. 49 milioane Euro) , 10.5 % în anul 2000 (cca. 29.9 milioane Euro) și 5.5 % în anul 1999 (cca. 15.7 milioane Euro). În ceilalți ani (1997, 1998, 2001, 2002, 2003, 2004, 2007) s-au produs pagube în valoare de 24,9 milioane Euro, reprezentând cca. 9 % din totalul pagubelor înregistrate. Consecințele negative s-au resimțit asupra populației, construcțiilor hidrotehnice, drumurilor, liniilor CF, podurilor, podețelor, punților și pasarelelor, străzilor, unităților social - economice, rețelelor electrice și telefonice, sistemelor de alimentare cu apă.

Sursele de risc la inundații identificate, au fost categorisite astfel:

- revărsările cursurilor de apă;
- revărsările și scurgerile de pe versanți;
- ploile abundente și scurgerile de pe versanți;
- avariile/accidentele la construcțiile hidrotehnice;
- alte cauze (băltiri, eroziuni de mal, depășirea capacității de evacuare a canalizărilor etc.)

În perioada 1997 – 2007 în bazinele hidrografice Bârzava și Moravița au fost afectate de inundații un număr de 13 localități (comune, orașe și municipii) : Gătaia, Denta, Deta – județul Timiș, Reșița, Bocșa, Berzovia, Măureni, Văliug, Târnova, Ocna de Fier, Doclin, Ramna – județul Caraș – Severin (în bazinul hidrografic Bârzava) și Jamu Mare (în bazinul hidrografic Moravița). Localitățile care au fost cel mai des afectate, în perioada 1997 – 2007 sunt următoarele: Reșița (10), Bocșa (8), Berzovia (8), Gătaia (6). În tabelul 4.10. este reprezentată frecvența de inundare a comunelor și orașelor din BH Bârzava și BH Moravița și valoarea pagubelor înregistrate în localitățile din BH Bârzava și BH Moravița.

Tabelul 4.11. Frecvența de inundare și valoarea pagubelor înregistrate în localitățile din BH Bârzava și Moravița

	Deta	Denta	Gataia	Jamu Mare	Resita	Bocsa	Berzovia	Doclin	Maureni	Ocna de Fier	Ramna	Tarnova	Valiug
<b>Frecvența de inundare</b>	1	5	6	2	10	8	8	5	3	5	4	4	3
<b>Valoarea pagubelor (mil.euro)</b>	0	1.8	2.0	0.2	16.	5.7	2.8	0.2	0.7	0.2	1.9	0.5	1.1
		1	1	4	93	3	5	2	7	4	3	8	2

În perioada analizată (1997 - 2007), în bazinele hidrografice Bârzava și Moravița, sursele de risc identificate, în ordinea frecvenței de manifestare, au fost următoarele: revărsările și scurgerile de pe versanți, revărsările, scurgerile de pe versanți, dar și breșele apărute în digurile de pe râul Moravița. Au fost înregistrate 64 de raportări de astfel de fenomene la nivelul localităților din bazinele hidrografice Bârzava și Moravița.

În perioada analizată pagubele valorice produse de viituri pe suprafața bazinelor hidrografice Bârzava și Moravița au fost de cca. 34,4 milioane Euro, din care 35% s-au înregistrat în anul 2005 (cca. 12,06 milioane Euro), 28,3% în anul 2006 (cca. 9,75 milioane Euro), 16,9% în anul 1997 (cca. 5,82 milioane Euro), 8,78% în anul 1999 (cca. 3 milioane Euro), și 8,28 % în anul 2000 (cca. 2,85 milioane Euro). În ceilalți ani (1998, 2001, 2002, 2003, 2004, 2007) s-au produs pagube în valoare de 0,93 milioane Euro, reprezentând cca. 2,7 % din totalul pagubelor înregistrate.

Pagubele valorice cele mai însemnate s-au produs asupra străzilor (26%), drumurilor naționale, județene sau comunale (24%), construcțiilor hidrotehnice (21%), urmând pagube produse asupra populației, liniilor CF, podurilor, podețelor, punților și pasarelelor, unităților sanitare și școlilor, rețelelor electrice și telefonice, rețelelor de alimentare cu apă.

Din punct de vedere al frecvenței de inundare (număr de raportări) a principalelor cursuri de apă din bazinele hidrografice Bârzava și Moravița, în perioada 1997-2007, și a pagubelor înregistrate, situația se prezintă în tabelul 4.11.

Tabelul 4.12. Frecvența de inundare și valoarea pagubelor înregistrate a principalelor cursuri de apă din BH Bârzava și Moravița

	Bârzava	Moravița	Fizeș	Țerova	Vornic	Ciopa	Birdanca
<b>Frecvența de inundare</b>	30	11	7	5	4	3	2
<b>Valoarea pagubelor (mil.euro)</b>	24.97	4.61	1.89	0.63	1.93	0.14	0.02

În această perioadă au fost raportate avarii / accidente la următoarele lucrări hidrotehnice:

- La viitura din 25.07 – 04.08.1997, pe sectorul Bocșa – frontieră de pe râul Bârzava, a fost distrusă linia de apărare. Au fost afectați 7,9 km de regularizări. La Reșița, au avut loc prăbușiri de pree și ziduri de sprijin;
- La viitura din 21.02 – 25.02.1999, pe râul Bârzava, pe sectorul Bocșa – limita de județ, au fost avariați 1,661 km de îndiguire. La Reșița,



- 377 m de zid de sprijin s-au prăbușit și a fost afectată regularizarea de pe râul Bârzava pe o lungime de 0,635 km. Zidul de sprijin de pe malul stâng de la UCMR s-a prăbușit;
- La viitura din 15.06 – 02.07.1999, pe râul Moravița (afluentul Bârzavei), au fost avariați 0,4 km de regularizări în dreptul localității Bocșa, iar în dreptul localității Ocna de Fier – 0,3 km consolidări, 0,2 km ziduri de sprijin;
  - La viitura din 27.12 – 30.12.1999, pe râul Bârzava au apărut breșe în digul din dreptul Reșiței, iar zidul de sprijin de pe malul stâng de la UCMR s-a prăbușit;
  - La viitura din 05.04 – 08.04.2001 în digul de pe râul Bârzava au apărut 7 breșe și eroziuni în dig pe 450 ml, au fost afectați 35 ml de zid de sprijin;
  - La viitura din 01.05 – 02.06.2005, pe râul Bârzava au fost avariați 90 ml de ziduri de sprijin în dreptul localității Văliug;
  - La viitura din 11.04 – 23.04.2006, pe sectorul Berzovia – Gătaia, au fost afectați 75 ml de dig de pe râul Bârzava. În dreptul comunei Berzovia a fost afectată apărarea de mal (0,4 km) de pe râul Fizeș. Pe râul Moravița (afluentul Bârzavei) au fost avariați 360 ml de ziduri de sprijin.

Începând cu anul 2000, am asistat la producerea unor viituri cu debite încadrate în valori rare de apariție. În aceste condiții au apărut și probleme legate de apărarea împotriva inundațiilor – mai ales pe sectoarele îndiguite – cu preponderență aval de Gherteniș până aval de Gătaia. Toate aceste probleme au apărut după ce în câteva rânduri, în cursul ultimului deceniu s-a constatat o evoluție deosebită a regimului nivelurilor, în special în sectorul amonte Gătaia- Partoș.

#### **4.4.1. Prezentarea evenimentelor generate de inundații în aprilie 2005 și urmările acestora**

Inundațiile din anul 2005 au afectat localități din toate județele, în special din 1734 de localități. Au fost înregistrate pagube importante, fiind distruse 93 980 de gospodării și 1 060 de obiective economice și sociale, iar peste 650 000 ha de teren agricol au fost grav afectate. Din punct de vedere al infrastructurii de transport, au fost afectate 9860 km de drumuri județene și comunale, 560 km de drumuri naționale, 2465 km de străzi intravilane, 2645 de drumuri forestiere, 9115 poduri și podețe, 24 km de cale ferată, rețele electrice și de alimentare cu apă, 630 de lucrări hidrotehnice pentru protecția împotriva inundațiilor. au fost înregistrate 76 de persoane decedate, iar valoarea pagubelor estimate se ridică la aproximativ 2 miliarde de euro (Aldescu, 2010).

Ca urmare a precipitațiilor sub formă de ploaie cu caracter de aversă, căzute în perioada 15-22 aprilie 2005, pe arii extinse în județele Caraș-Severin și Timiș, precipitații care au înregistrat valori cuprinse între 40 l/mp și 159,7 l/mp, pe fondul saturației solului din topirea zăpezilor, a precipitațiilor anterioare și a lipsei vegetației, s-au format viituri pe toate cursurile de apă și pe toată lungimea acestora. Precipitațiile căzute în acest interval (tabelul 4.12) aproape au înregistrat dublul mediei lunare a lunii aprilie.

Tabelul 4.13. Comparație între cantitatea de precipitații căzută în intervalul 15-22.04.2005 și media lunară a lunii aprilie

PP/stația meteo	Semenic	Reșița	Banloc
<b>Suma PP 15-22.04.2005</b>	113.2	172.1	84.2
<b>Media lunară aprilie</b>	78.01	80	48.6

Tabelul 4.14. Factori ce au favorizat saturarea solului și topirea zăpezilor la stațiile meteorologice Reșița și Semenic

stația meteo	08.03.05		01.04.05		10.04.05		11.04.05		12.04.05		13.02005	
	T <sub>max</sub>	strat zăpadă	T <sub>max</sub>	strat zăpadă	T <sub>max</sub>	strat zăpadă	T <sub>max</sub>	strat zăpadă	T <sub>max</sub>	strat zăpadă	T <sub>max</sub>	strat zăpadă
Reșița	-	19	9.1		23.1		15.3		18.5		18.3	
	2.9											
Semenic	-	198	-2.5	79	18.1	39	11.3	35	7.8	31	9.9	26
	8.3											

Scurgerea specifică deosebit de puternică a condus la tranzitarea unor volume pe sectoarele medii și inferioare ale cursurilor de apă de peste 3 ori mai mari decât la viitura istorică înregistrată în anul 1978 (în secțiunea Moniom a râului Bârzava volumul scurs în 2005 a fost de 35 milioane m<sup>3</sup> față de 10,5 milioane m<sup>3</sup>). În fig. 4.18 a) și b) se poate observa hidrograful debitelor undei de viitură înregistrată la stația hidrometrică Moniom și SH Gătaia.

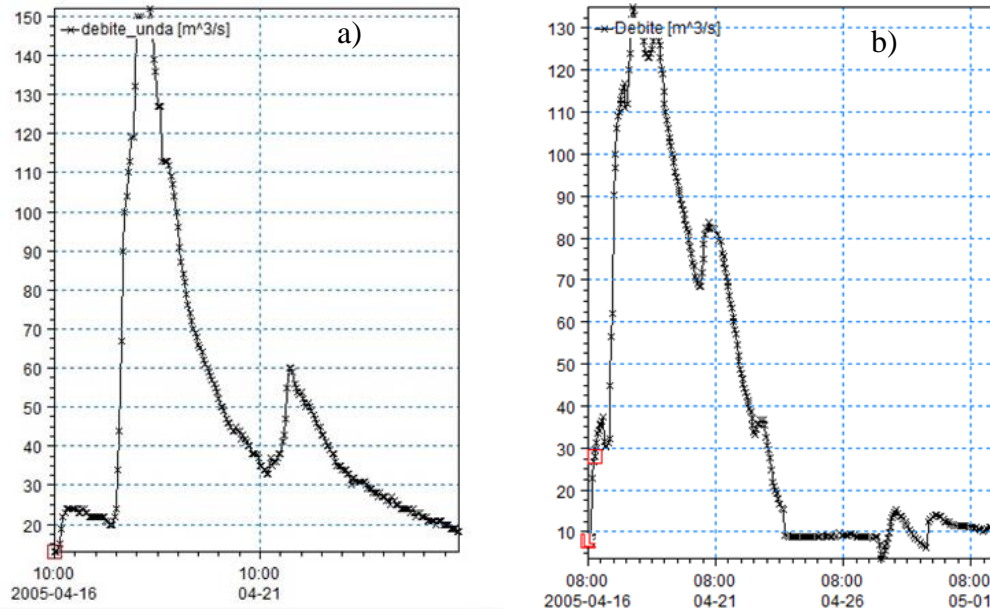


Fig. 4.18. Hidrograful debitelor undei de viitură la SH Moniom și SH Gătaia (vizualizare Mike11)

În data de 20 aprilie, la Acumularea nepermanentă Ghertenis s-a produs o deversare în urma căreia a apărut o breșă între Compartimentul 1 și râul Bârzava. Aceasta a avut o lățime de 80 m și din cauza faptului că în acel compartiment erau stocați circa 6 milioane m<sup>3</sup> apă, aceștia au constituit o sursă suplimentară de apă pentru zonele din aval afectate de breșele apărute în diguri. Acestea au apărut în zona localităților Gătaia și Berecuța, ca urmare au fost afectate localitățile Gătaia și satul aparținător Sculia (Fig. 4.19), Berecuța, Sângeorge, Mânăstire, Denta.

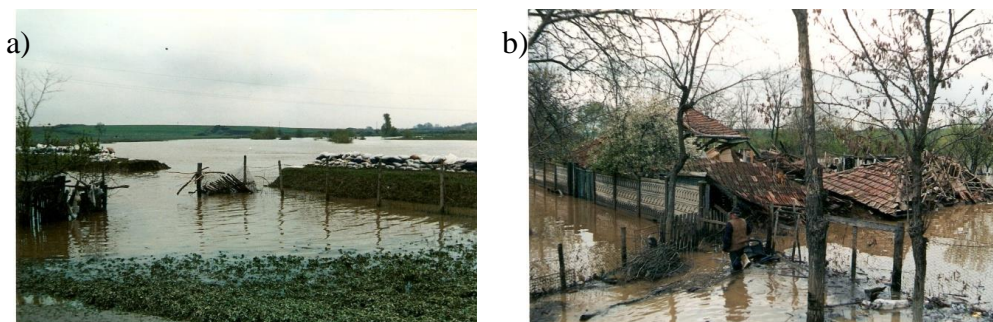


Fig. 4.19. Breșă în digul de pe malul drept al Bârzavei și consecințele ruperii – localitatea Sculia (sursa: Primăria Gătaia)

Pe sectorul Bocșa - Berzovia eroziunile de mal și dig au progresat. Au fost executate lucrări de punere în siguranță a avariilor. Toate acestea au necesitat refacerea liniilor de apărare materializată în 2200 m în valoare de cca. 1,1 mil. RON. La acestea s-au adăugat cheltuielile aferente caselor afectate.

Consiliul Județean Timiș a inițiat un program „de adopție” în vederea reconstrucției caselor afectate de inundații, iar sponsorii acestui program au fost: Arhiepiscopia Ortodoxă Română Timișoara, Agenția Adventistă pentru Dezvoltare, S.C. Alcatel SA, SC Ursus Breweries SA Sucursala Timisoara, AC Agma Tiuca Cosntruct SRL, SC Mir Group.



Fig. 4.20. Situația caselor „adoptate” înainte (a) și după reconstrucție (b) (casa nr. 37, Sculia – sursa <http://www.cpiitimis.ro/>)

În figura 4.20 poate fi vizualizată o casă din localitatea Sculia ce a fost afectată de inundații și care a fost „adoptată” în vederea reconstrucției de S.C. Alcatel SA.

#### **4.4.2. Prezentarea evenimentelor generate de inundații în aprilie 2006 și urmările acestora**

În anul 2006, la nivelul României, au fost afectate 800 de localități, fiind evacuate peste 15 000 de persoane. Au fost înregistrate 17 decese. Cele mai afectate areale au fost localitățile de-a lungul Dunării și din bazinele hidrografice Siret, Prut, Jiu, Mureș, Someș-Tisa și Banat. Pagubele estimate au fost de aproximativ jumătate de miliard de euro.

În data de 12 aprilie 2006 s-au înregistrat precipitații care s-au apropiat de media lunii aprilie, suprapunându-se și cu topirea zăpezilor din zona de munte. Astfel au apărut creșteri importante de niveluri pe toate cursurile de apă, depășindu-se cotele de apărare. S-au produs inundații cu pagube care s-au perpetuat și după restrângerea ariei de precipitații și scăderea nivelurilor sub cotele de apărare. În seara zilei de 12-13.04.2006, digul mal stâng Fizeș, amonte confluența cu râul Bârzava la 800 m, s-a rupt, creând o breșă de aproximativ 40 m lungime. Ruperea digului a fost provocată de suprapunerea viiturii pe râul Bârzava cu cea de pe pâraul Fizeș, în condițiile în care revărsarea pâraului, pentru recuperarea de teren agricol în anii '80, a fost dirijată spre amonte. Acest fapt a determinat deversarea digului pe o lungime de 200m și formarea breșei. Nu s-a putut interveni la consolidarea sau supraînălțarea digului în cursul nopții, neexistând acces. Prin breșă s-au scurs apele pâraului Fizeș și cele ale râului Bârzava care au inundat aproximativ 100 case în localitatea Ghertenis. Au fost deplasate forțe și mijloace de intervenție și s-a reușit închiderea batardoului la Fizeș și închiderea breșei amonte Gătaia, puncte de inundare a localității Ghertenis și a terenurilor agricole aparținătoare comunei Măureni și orașului Gătaia din județul Timiș.

#### **4.4.3. Prezentarea evenimentelor generate de inundații în decembrie 2009-ianuarie 2010 și urmările acestora**

În anul 2010, apele au atins cote alarmante de majoritatea râurilor, însă viiturile cele mai puternice s-au produs pe râurile Olt, Prut, Siret și Dunăre. Inundațiile și fenomenele meteorologice extreme produse în luna iunie au afectat 37 de județe, cauzând decesul a 25 de persoane. Au fost afectate 7 200 de gospodării și anexe, 6 112 locuințe au fost inundate și 246 distruse, fiind necesară evacuarea a 12 500 de persoane. Au fost afectate 33 500 ha de teren arabil, 22 500 ha de pășuni și fânețe, 5 700 ha de pădure, 34 de drumuri naționale, 93 de drumuri județene și 120 de drumuri comunale (Aldescu, 2010).

Sfârșitul anului 2009 și începutul anului 2010 s-au caracterizat prin valori de temperatură relativ ridicate, dar mai ales prin cantitățile de precipitații relative bogate care au condus la apariția unor viituri pe cea mai mare parte a cursurilor de apă din Banat. Dintre acestea, pe râul Bârzava s-au produs creșteri de debite ce au avut ca efect înregistrarea unor cote ridicate – cu depășirea fazei a doua de apărare pe anumite sectoare (cod portocaliu) și pe cursul inferior, chiar a fazei a treia (cod roșu). O primă viitură a înregistrat un prim vârf în data de 24-25.12.2009 și un al doilea vârf în perioada 28-29.12.2009. După o perioadă relativ scurtă, s-au înregistrat din nou precipitații, care corelate cu valori relativ ridicate ale temperaturilor aerului, au avut ca efect o nouă creștere de debit, ce a condus la depășirea cotelor de apărare și intrarea în cod portocaliu și chiar roșu, pe același curs de apă – Bârzava – și pe aceleași sectoare.

Chiar dacă valorile de debit nu au fost apropiate de cele cu valori de apariție/depășire rare, valorile de nivel au fost mari și pe anumite sectoare au apărut

puncte sensibile în activitatea de apărare împotriva inundațiilor.

Cel mai important aspect al acestor viituri este legat de valorile deosebite de nivel înregistrate, ca urmare a cheii limnimetrice care are un aspect tot mai liniar; s-a constatat că această stare este generată de scăderea vitezelor de curgere prin albie, viteze influențate de starea albiei minore și a albiei majore.

#### 4.4.4. Concluzii referitoare la viiturile și inundațiile din ultimii ani

În urma analizei evenimentelor generate de inundații în perioada analizată se impune necesitatea adoptării unor măsuri noi referitoare la managementul inundațiilor care presupun acordarea de mai mult spațiu pentru râuri. În acest context, intervenția autorităților și a factorilor implicați, care deseori au păreri contradictorii, trebuie realizată în așa fel încât scopul principal al deciziilor luate să fie reducerea riscului la inundații.

Precipitațiile care au cauzat producerea viiturilor prezentate anterior au arătat imprevizibilitatea variabilelor climatice în sistem și ponderea tot mai mare care trebuie acordată acestei variabile. Din analiza debitelor maxime înregistrate la nivel de bazin hidrografic se poate constata că nu există o ciclicitate a acestora. Nu trebuie exclus nici faptul că riscul implică valoarea pagubelor care se pot înregistra, care depind de dezvoltarea economică a comunității într-un anumit moment. Valoarea terenurilor și a proprietăților oscilează în timp, dar de obicei are o tendință crescătoare, deci riscul va fi diferit pentru aceeași proprietate în contexte istorice și economice diferite.

Implementarea strategiei de management al inundațiilor va fi sustenabilă doar dacă soluțiile sunt adecvate pe termen lung pentru comunitatea expusă riscului. La nivel național, regional și local, comunitățile își vor permite din ce în ce mai greu doar să răspundă sau să se redreseze după o inundație, așadar este nevoie de măsuri de prevenire.

În același timp se pune problema evoluției deosebite a regimului nivelurilor, în special în sectorul amonte Gătaia- Partoș (Teodorescu, 2010). Viiturile de la sfârșitul anului 2009 (cu un prim vârf în data de 24-25.12.2009 și un al doilea vârf în perioada 28-29.12.2009) și prima jumătate a anului 2010 au avut ca efect o nouă creștere de debit, ce a condus la depășirea cotelor de apărare și intrarea în cod portocaliu și chiar roșu, pe același curs de apă – Bârzava – și pe aceleași sectoare. În a doua jumătate a lunii mai și la începutul lunii iunie, s-au produs noi viituri care au avut valori de debit asemănătoare tot pe cursul inferior al râului Bârzava.

Analizând evoluția nivelurilor pe sectorul Moniom-Gătaia-Partoș, sector din care face parte zona localității Gătaia – unde s-au produs deversări ale digurilor și ruperea acestora în câteva rânduri și afectarea unor zone limitrofe râului (în special în prima parte a perioadei analizate), s-au constatat scăderea pantei apei în zona inferioară a cursului râului Bârzava (Teodorescu, 2010). Acest fenomen se reflectă asupra a două elemente: graficul cheilor limnimetrice și profilul transversal al râului în zona stațiilor hidrometrice.

Din analiza asupra evoluției graficelor cheilor limnimetrice la stația hidrometrică Gătaia ( $F=721 \text{ km}^2$ ,  $L=141 \text{ km}$ ,  $H_m=359 \text{ m}$ ) respectiv, stația hidrometrică Partoș ( $F=933 \text{ km}^2$ ,  $L=141 \text{ km}$ ,  $H_m=293 \text{ m}$ ) pe o perioadă de 5 ani (2000, 2003, 2005, 2008 și 2009), ani în care valorile debitelor maxime au oscilat într-o gamă largă, s-a constatat faptul că începând cu anul 2000, cheia limnometrică la stația hidrometrică Gătaia a scăzut cvasicontinuu. Comparativ cu valoarea din anul 2000, în anul 2009, la aceleași valori de debit nivelul este mai mare cu până la 20-25 cm în partea mijlocie și până la 40-55 cm în partea superioară. Același tip de



evoluție se înregistrează și la stația hidrometrică Parto; diferențele de nivel fiind de cca 20-30 cm la valori medii și ajungând la până la 40-50 cm în partea superioară pentru cheia limnometrică trasată pentru anul 2009).

Modul de evoluție al graficului cheilor limnometrice ar putea fi o consecință a modificărilor apărute asupra două elemente:

- Viteza apei – ca o consecință a modificărilor pantei apei în profil longitudinal;
- Modificările secțiunii transversale a râului în profilul de măsurare a debitelor.

Modificările în profil longitudinal prezentate anterior ale feței apei pot avea o influență și asupra regimului vitezei apei. În urma unei analize a evoluției profilului transversal al râului în sectorul stațiilor hidrometrice Gătaia și, respectiv, Partoș, pentru aceeași perioadă, s-a constatat că evoluția morfologiei albiei a condus la modificări ale relației H-Q. Astfel, la stația hidrometrică Gătaia s-au înregistrat cele mai mari valori ale cheii limnometrice în cursul anului 2000, pe când la stația hidrometrică Partoș, acestea corespund anului 2005 (Teodorescu, 2010).

Reducerea pantei longitudinale a cursului de apă al râului Bârzava în sectorul aval acumularea nepermanentă Ghertenis (amplasată la km 96.1) este considerată principala cauză a supraînălțării nivelurilor în sectorul analizat, cu preponderență în amonte și aval de localitatea Gătaia din cauza lipsei unui culoar corespunzător de curgere în lungul albiei minore, care să asigure curgerea apelor mari fără posibilitatea apariției deversărilor digurilor sau deteriorării acestora. Schimbările morfologice ale râului sunt relevante deoarece ele vor influența nivelurile din râu și stabilitatea și funcționalitatea lucrărilor hidrotehnice (diguri, acumulări laterale).

#### **4.5. Abordarea sistemică a problemei inundațiilor în sectorul Ghertenis-aval Gătaia**

Scopul principal al abordării sistemice a problemei inundațiilor este de a dezvolta un set de măsuri corespunzătoare pentru a reduce pagubele provocate de inundații la un nivel acceptabil și pentru a crește utilizarea eficientă a terenurilor din zonele inundabile. Pentru aceasta este necesar ca societatea umană să adopte o abordare integrată a managementului inundațiilor, iar oamenii să învețe să conviețuiască cu astfel de evenimente. Aceste măsuri se regăsesc și în Directiva Cadru a Apei sub numele de „mai mult spațiu pentru râuri”.

O dată cu cerințele noii directive a apei ar trebui să apară schimbări și la nivelul cerințelor de a crește nivelul digurilor pentru a menține nivelul de protecție împotriva inundațiilor sau de a amenaja diguri noi în diferite zone inundabile. Această abordare recunoaște greșelile din trecut referitoare la managementul râurilor, însă recunoaște că acestea au fost tendințele în acea perioadă. Nu încearcă uniformizarea unor modele de amenajare a bazinelor hidrografice, flexibilitatea ei putându-se deduce din faptul că lasă puterea de decizie în mâinile fiecărei țări sau la nivel de management bazinal. La nivelul României există o Strategie a managementului riscului la inundații, elaborată în conformitate cu directivele UE a apei și a inundațiilor, iar la nivelul fiecărui bazin hidrografic este elaborat un plan de management. Aceasta înseamnă că nu există doar o singură autoritate care să ia decizii pentru întreaga țară, ci deciziile se iau în mod diferit, în funcție de specificul fiecărui bazin hidrografic.

Această abordare care este în concordanță cu directiva cadru a apei, alături de managementul integrat al apei, oferă posibilitatea de a realiza reconstrucția

spațiilor rurale, menținerea unui nivel ecologic al mediului, utilizarea terenului, construcții rezidențiale etc.

#### 4.5.1. Motivarea alegerii arealului de studiu

Bazinul hidrografic Bârzava se individualizează prin specificul lucrărilor hidrotehnice realizate în special de-a lungul colectorului principal, de tipul canalelor de derivație și captare, barajelor și lacurilor de acumulare (pe cursul superior), diguri și regularizări de albie (în cursul inferior). Râul Bârzava prezintă un interes deosebit și din cauza faptului că în timpul perioadelor cu precipitații abundente, mai ales în sectorul de câmpie, apar inundații care afectează localitățile.

Alegerea acestui sector de râu pentru analiza detaliată și pentru oferirea unor soluții pentru planificare a fost făcută nu atât datorită accesului mai ușor la informații, ci din cauza faptului că au fost afectate de multe ori de inundații, deci poate prezenta un interes deosebit din punct de vedere al planificării. De asemenea, în Planul de Amenajare a Teritoriului Județului Timiș, nu există propuneri de amenajare în viitorul apropiat, a cursului râului în sectorul Gătaia, deși arealul este identificat ca fiind în categoria de inundabilitate.

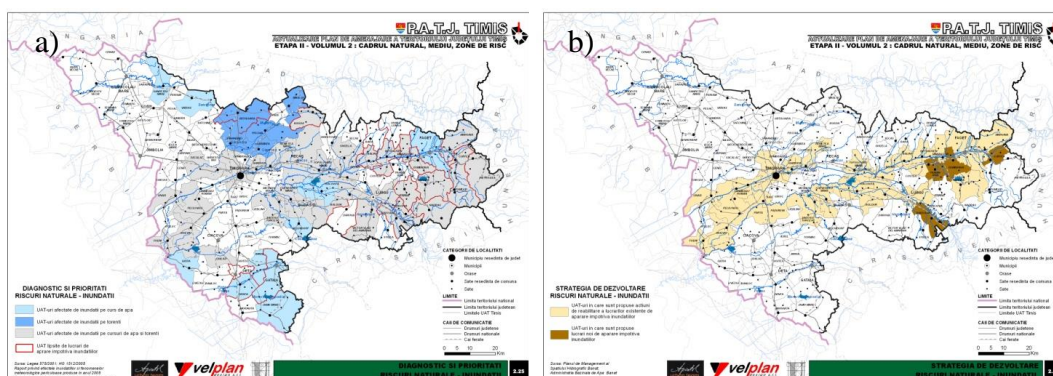


Fig. 4.21. a) Riscul existent la inundații naturale; b) Propuneri de amenajare a județului Timiș privind inundațiile (sursa: PATJ Timiș)

Un alt motiv care a dus la alegerea acestui sector este faptul că pot fi propuse măsuri ce ar putea fi mult mai ușor puse în aplicare, în special datorită prețului terenurilor mult mai redus decât în bazinul Timișului și Begăi, pe suprafața cărora se poziționează localități precum Lugoj sau Timișoara, mult mai dezvoltate economic și cu un preț al terenurilor mult mai mare.

De asemenea, analizând evenimentele petrecute în perioada analizată, se poate concluziona că cel mai afectat de inundații este sectorul Gherteniş - aval Gătaia, situat pe cursul inferior al râului Bârzava. De cele mai multe ori apar evenimente și la nivelul afluenților, însă pagubele sunt mai reduse.



#### **4.5.2. Modelarea inundabilității sectorului de râu**

Necesitatea estimării extinderii spațiale a inundațiilor în vederea protecției comunităților și a proprietăților de eventualul impact negativ poate fi considerată unul dintre motivele modelării hidrodinamice a cursurilor de apă. Pentru întocmirea hărții de inundabilitate s-au urmărit pașii prezentați în capitolul 3.3. ce au utilizat ArcGIS și HEC –RAS. Astfel modelul este georeferențiat, iar rezultatele modelării pot fi ușor transpuse în hărți de inundabilitate. HEC GeoRAS folosește o metodologie empirică pentru a defini și a modela o undă de viitură. Modelul permite identificarea nivelului apei la un anumit debit. Selectarea valorilor parametrilor este de multe ori cea mai mare sursă de erori în analiza inundabilității.

Secțiunile transversale au fost definite la diferite intervale (aproximativ 500 m) pentru a captura diferite modificări ale rețelei hidrografice. Desigur, acestea sunt derivate din DEM și nu sunt foarte detaliate, dată fiind rezoluția verticală de 1 m însă, interpolând automat secțiunile transversale existente și dată fiind panta redusă, putem avea rezultate satisfăcătoare.

Au fost utilizate valori ale debitelor medii și maxime înregistrate (58.4, respectiv 135 m<sup>3</sup>/s), și de asemenea valoarea debitului de  $Q = 165 \text{ m}^3/\text{s}$ , valoare estimată cu ajutorul distribuției Gumbel. Valorile coeficientului de rezistență Manning au fost de 0.025 pentru albia minoră și respectiv 0.035 pentru restul secțiunii.

Rezultatele sunt prezentate în figura 4.22. Se poate constata că modelul generat prezintă asemănări cu situația din teren, așadar poate fi utilizat într-o analiză de risc și în procesul de luare a deciziilor.

Pentru vizualizare a fost utilizată aceeași paletă de culoare. Nu se înregistrează mari diferențe, deoarece sistemul de măsuri structurale utilizat este prevăzut a face față unei valori mari a debitului. Problema apare acolo unde digurile cedează sau apare efectul de remuu, cele mai mari pagube fiind cauzate de acești factori.

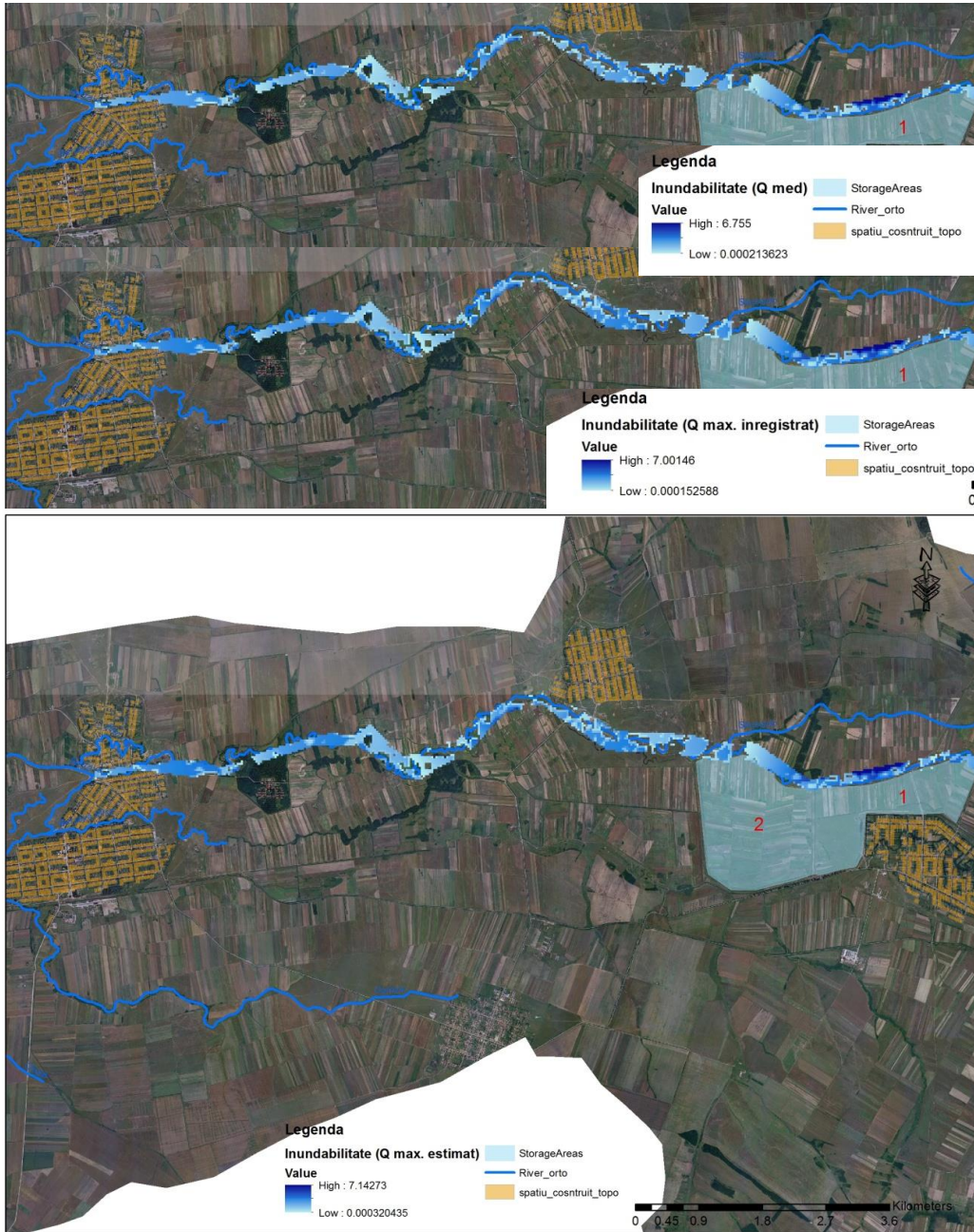


Fig. 4.22. Modelul de inundabilitate generat utilizând HEC-RAS pentru a)  $Q_{med} = 58.4 \text{ m}^3/\text{s}$ , b)  $Q = 135 \text{ m}^3/\text{s}$ , c)  $Q_{estimat} = 165 \text{ m}^3/\text{s}$

Hărțile de hazard oferă informații referitoare la hazardul la inundații, adică între probabilitatea de producere și intensitatea inundației. De cele mai multe ori se utilizează informații referitoare la nivelul apei.

Codurile de avertizare la nivel național și regional sunt:

- verde – situație normală – nu sunt trimise avertizări;
- galben – faza I – apa este la piciorul digului, se trimit avertizări către ISU apoi către primării. Pentru stația hidrometrică Gătaia, nivelul aferent fazei I este 3.5 m;
- portocaliu – faza a II-a apa este la jumătatea digului, se trimit avertizări către ISU apoi către primării (pentru Gătaia fazei II îi corespunde un nivel de 4 m)
- roșu – faza a III-a – apa este la partea superioară a digului (nu este luată în calcul garda de siguranță), se trimit avertizări către ISU apoi către primării. Pentru Gătaia, fazei III îi corespunde un nivel al apei de 4.5 m.

În figura 4.25 sunt reprezentate nivelurile cursului Bârzava aferente celor 3 faze, plus nivelul înregistrat în timpul viiturii din aprilie 2005.



Fig. 4.23. Nivelurile aferente fazelor de avertizare la nivelul BH Bârzava pentru SH Gătaia

Alături de valoarea intensității viiturii sau valoarea vitezei apei, durata inundației este foarte importantă, deoarece o dată cu stagnarea apei pentru o perioadă mai mare se pot destabiliza digurile și pot apărea breșe, conducând la producerea unor inundații mai grave. Mai mult, în cazul în care perioada imediat următoare este caracterizată prin precipitații care pot provoca inundații, riscul ruperii digurilor este mult mai mare.

#### 4.5.3. Variabilitatea în timp a receptorilor inundațiilor

Inundațiile și impactul acestora variază și în funcție de variabilitatea climei pe termen scurt, de la an la an, dar și pe termen lung, asociate cu schimbări semnificative ale tendințelor inundațiilor de-a lungul mai multor decenii.

Incidența inundațiilor este puternic afectată de o serie de modificări de mediu: modificarea acoperirii terenului și în special urbanizarea și pierderea zonelor umede influențează caracteristicile de absorbție ale apei. De asemenea, este



important de menționat că în cadrul unității administrativ teritoriale a orașului Gătaia există o serie de cursuri de apă nepermanente (Gorova, Cioplea, Lucaci, Știubei) care pot pune probleme în perioadele cu precipitații bogate sau după topirea zăpezilor.

Modificările climatice pot conduce la o creștere a hazardului inundațiilor în urma precipitațiilor însemnate în cadrul bazinelor de recepție, acest lucru putând genera modificări ale regimului inundațiilor în ceea ce privește amplitudinea, frecvența, extinderea spațială și durata inundațiilor.

Orașul Gătaia se află situat în sectorul cursului inferior al BH Bârzava, în Câmpia Gătaiei, fiind una dintre cele mai afectate localități de inundații. Este alcătuit din orașul Gătaia și satele aparținătoare Sculia, Șemlacu Mare, Șemlacu Mic, Butin, Percosova. Localitatea a fost declarată oraș pe baza legii nr. 83 din 05.04.2004, alături de Recaș și Ciacova. Suprafața orașului Gătaia este de 324.78 ha, iar a satului Sculia este de 80.36 ha, dintr-un total de 15619 ha din totalul unității administrativ teritoriale Gătaia.

Pentru că într-o analiză de risc la inundații componenta umană este cea care are cel mai mult de suferit, iar cele pe lângă pierderile de vieți omenești sau îmbolnăviri, importante sunt pagubele materiale, este important de analizat nu doar componenta spațială a arealului, ci și componenta timp. Pe hărțile iosefine (întocmite între anii 1763-1785) la comanda Curții Vieneze, există informații importante referitoare la relief, cursuri de apă, drumuri, localități și toponime. Hărțile au un predominant caracter militar și se pot identifica detalii referitoare la modul de organizare al așezărilor (numărul gospodăriilor, biserici), modul de utilizare al terenurilor (loturi cultivate ca grădini și livezi, păduri), drumuri etc. De asemenea sunt figurate zonele mlăștinoase, improprie dezvoltării unei așezări sau detalii cu privire la sinuozitatea râurilor.

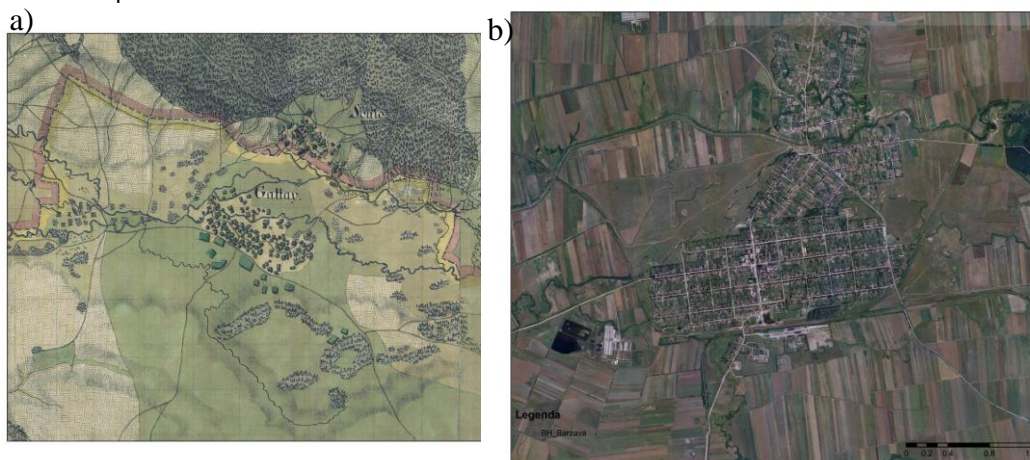


Fig. 4.24. Reprezentarea așezării Gătaia a) pe hărțile iosefine–sec.XVIII b) pe ortofotoplanul din anul 2005

O simplă analiză a celor două imagini poate sugera faptul că numărul locuințelor vulnerabile la inundații și în același timp numărul de locuitori, pentru perioada secolului XVIII era mai redus față de cel de la începutul secolului XXI (la nivelul anului 2011, pentru orașul Gătaia, din cei 5449 locuitori, 3187 locuiau în orașul propriu zis într-un număr de 1076 gospodării (din 1839 totale)).

De asemenea, se pot identifica tipuri diferite ale utilizării terenului, ceea ce conduce la o valoare mai mare a pagubelor în prezent. Modul în care oamenii

folosesc terenul respectiv poate diferi de la an la an (de exemplu, într-un an un teren poate fi cultivat cu grâu, în următorul an, terenul poate să fie lăsat în pârloagă, să fie cultivat cu porumb și peste câțiva ani să fie transformat în intravilan). Există și situații în care nu se cunoaște valoarea exactă a proprietăților, iar valoarea medie a proprietății avută în vedere în modelul nostru este cea existentă pe portalul notarilor publici.

În același timp, prima imagine sugerează faptul că așezarea nu era protejată prin măsuri structurale la inundații, însă viitura putea fi atenuată în mod natural, ca urmare a existenței zonelor umede .

Pentru a avea o analiză corectă a riscului celor două perioade trebuie consultate documente cu privire la valoarea terenului din acea perioadă, la tipul materialelor de construcții, la utilizarea terenului și numărul populației. De asemenea sunt necesare date hidrologice, dar nu există înregistrări din acea perioadă care să ateste acest lucru.

În schimb, pentru situația prezentă, accesul la date oferă informații cu privire la multe variabile dintr-o analiză. De asemenea, valoarea proprietăților este diferită de la o perioadă economică la alta. Scăderea prețurilor are loc ca urmare a lipsei cererii sau a scăderii puterii de cumpărare. Deprecierea prețului locuințelor poate fi forțată și de cazurile în care dezvoltatorii sunt la rândul lor presați de credite și dobânzi bancare.

Conform unui studiu de evaluare efectuat de West Property Advisor SRL, ce conține informații destinate pentru uzul Camerei Notarilor Publici Timișoara și vizează evaluarea globală pentru impozitarea proprietății situația stă în felul următor: valoarea bunurilor depinde tipul de proprietate (construit sau teren), de poziția acestuia (în intravilan sau extravilan) și de zona de amplasare în cadrul localității.

În cazul apartamentelor sau al caselor, valorile acestora (exprimate în euro/m<sup>2</sup>) diferă în funcție de numărul de camere/numărul de nivele, anul construcției și suprafața construită, soluția constructivă și gradul de finisare în cazul caselor. Pentru proprietățile compuse din apartamente/case și teren și sau anexe aflate în proprietate, la acestea se adaugă valoarea terenului/anexei respective. Pentru că piața imobiliară nu este foarte bine dezvoltată, estimarea valorii de piață a fost realizată prin abordarea prin cost (din costul de reproducție sau costul de înlocuire al clădirii se deduce o sumă care reflectă deprecierea totală a clădirii, rezultând valoarea rămasă actualizată sau costul de înlocuire net). De exemplu, o casă de tipul paarter plus mansardă construită după anul 2000 poate fi valorificată la 190 -200 euro/m<sup>2</sup> în Gătaia și la 150 -170 euro/m<sup>2</sup> în satele aparținătoare.

#### **4.5.4.Utilizarea modelului Sursă - Propagare - Receptori - Consecințe în planificarea integrată a teritoriului**

Analizând totalitatea factorilor care contribuie la formarea viiturilor și a caracteristicilor inundațiilor desfășurate în ultima perioadă, se poate constata că inundațiile continuă să fie o problemă iar oamenii în mod sigur nu reușesc să le facă față în mod corespunzător cu măsurile existente în acest moment.

Modelul SPRC (fig. 2.11.) este un model conceptual pentru a reprezenta sistemele și procesele care conduc la apariția unor anume consecințe și poate fi o metodă utilă în stabilirea relațiilor riscului la inundații. Sursa reprezintă originea inundației; calea de propagare este modul în care inundarea se produce; receptorii sunt comunitățile sau mediul natural afectate de inundații, iar consecințele negative

reprezintă de fapt impactul inundației asupra receptorilor. Sursele sunt de obicei agenți hidrometeorologici care generează hazardul (precipitații torențiale, perioadă lungă de precipitații, topirea zăpezilor, caracteristicile bazinului hidrografic), iar calea de propagare este reprezentată de cele mai multe ori de revărsarea râurilor în albia majoră sau de drenajul apelor pluviale din arealele urbane. Propagarea undei de viitură în bazinul hidrografic depinde de caracteristicile albiei râului, în care intervențiile antropice au un rol important. Dacă sursele din categoria condițiilor climatice nu pot fi controlate, altele pot fi controlate (utilizarea terenului, scurgerea, drenajul sau infiltrarea apei, retenția apei etc.)

Receptorii și consecințele negative se referă la aspecte sociale și economice care sunt strâns legate de producerea hazardului. Receptorii sunt reprezentați de oameni, animale și plante, clădiri cu diferite destinații, infrastructură sau alte bunuri mobile, dar și întreg ecosistemul natural, cu toate componentele lui. Sursa și calea de propagare acoperă noțiunea de hazard la inundații, iar alături de receptori determină vulnerabilitatea la inundații.

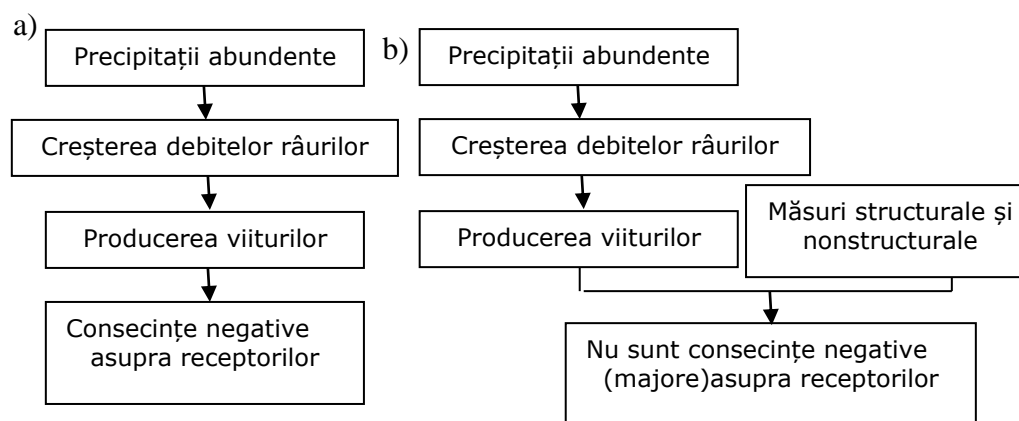


Fig. 4.25. Efectele deterministe ale inundațiilor

Consecințele negative sunt de fapt efectele deterministe ale condițiilor climatice în contextul unei anumite comunități (fig. 4.25). În condiții naturale, inundarea este doar un fenomen natural. În cazul în care există un management adecvat al inundațiilor, atunci consecințele negative sunt reduse sau nepercepute de populație.

În cazul în care se produce inundarea unui anumit areal, acest eveniment nu trebuie privit doar ca un eșec, pentru că tocmai astfel de evenimente sunt cele care sunt utile în pregătirea pentru evenimentele viitoare (au rol de feed-back în ceea ce privește ce măsuri de protecție trebuie adoptate într-un anumit loc sau dacă trebuie să adaptăm respectivul sit la incertitudinea referitoare la producerea unor alte astfel de evenimente).

Dacă se analizează un anumit areal dintr-un bazin hidrografic, atunci când inundarea se produce, impactul asupra așezărilor situate în arealele inundabile este iminent iar consecințele pot fi multiple. Una dintre cele mai eficiente strategii pentru prevenirea producerii consecințelor (adică reducerea riscului, prin modificarea receptorilor) este menținerea dezvoltării în afara câmpiilor inundabile (Fig.4.26 și 4.27), în conformitate cu legislația și măsurile luate la nivel internațional.

Prevenirea pagubelor cauzate de inundații se poate obține prin evitarea construirii de case și unități industriale în arealele vulnerabile la inundații, prin adaptarea dezvoltării la gradul de risc identificat și prin promovarea unor practici adecvate de utilizare a terenului. În acest sens este necesar un cadru legislativ bine pus la punct.

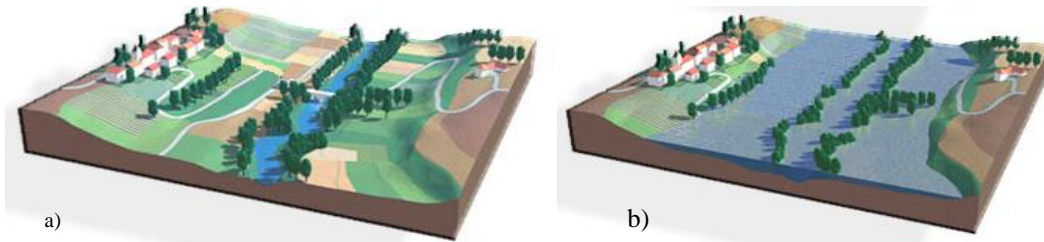


Fig.4.26. Grad redus de vulnerabilitate (a), risc la inundații redus (b), după <http://www.var.gouv.fr/>

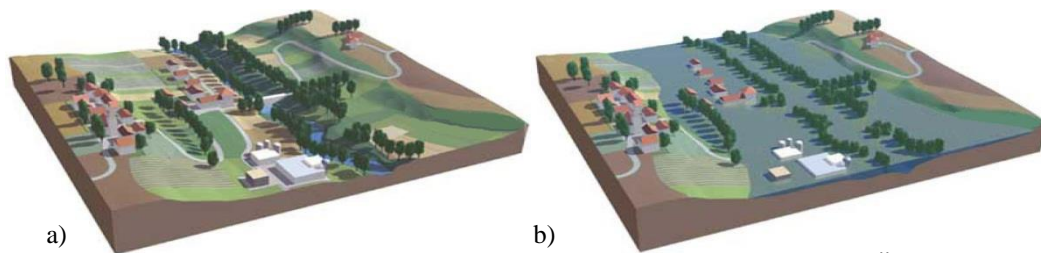


Fig.4.27. Grad de vulnerabilitate crescut (a), risc la inundații crescut (b), după <http://www.var.gouv.fr/>

Un model de tipul SPRC este util în identificarea elementelor și proceselor principale din cadrul sistemului, oferind informațiile necesare pentru realizarea de modele și scenarii pentru un anumit studiu de caz. O atenție deosebită trebuie acordată ulterior proceselor de planificare și luare a deciziilor, pentru a reduce consecințele. Măsurile care vizează reducerea riscului trebuie să asigure un nivel de siguranță mai mare populației, infrastructurii și mediului. Trebuie luate în calcul atât strategiile pe termen lung cât și cele pe termen scurt și mediu. Implementarea integrală a unor strategii sustenabile va necesita destul de mult timp.

Majoritatea amenajărilor în rețeaua hidrografică și albiile constă în mod normal în:

- crearea unor noi ramificații ale rețelei hidrografice (canale, meandre);
- amenajarea traseului și calibrarea albiilor (corectări, îndiguiri);
- modificarea distribuției debitelor lichide și solide (lacuri de acumulare, acumulări laterale nepermanente, deversări urbane și industriale).



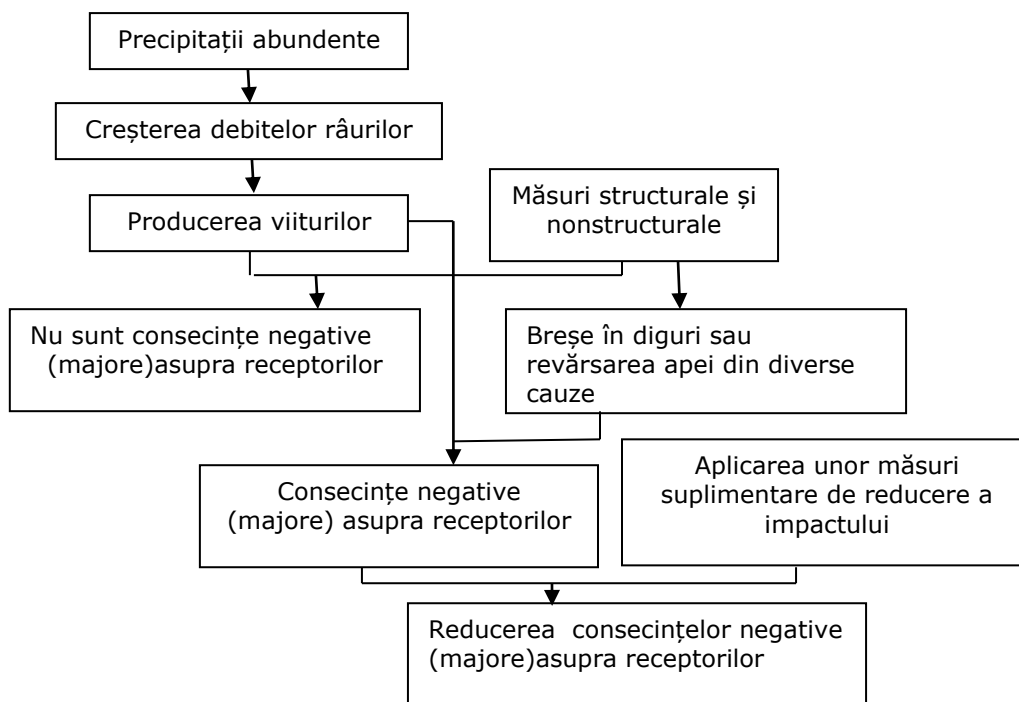


Fig. 4.28. Reducerea efectelor negative ale inundațiilor

Canalele de derivație și galeriile micșorează debitul natural de la punctul de priză și eventual interceptează parțial și scurgerea directă. Dacă derivația este considerabilă în raport cu debitul minim, pe anumite sectoare din aval va avea loc o scădere a nivelului freatic cu posibile urmări defavorabile pentru vegetație. același efect negativ poate să intervină și în cazul scurtării traseului albiei prin corectări masive de coturi, care produc adâncirea talvegului și o drenare accentuată a acviferului freatic intersectat.

O acțiune contrară scăderii nivelului și a debitelor constă în îndiguirea albiei majore, care dă loc atât la supraînălțarea nivelului curentului și la sporirea debitelor în timpul viiturilor. Efectul de supraînălțare se datorează micșorării prin îndiguire a secțiunii naturale de scurgere, iar apariția debitelor suplimentare prin efectul de desatenuare.

Amenajarea lacurilor de acumulare este o intervenție utilă în managementul apelor și în apărarea împotriva inundațiilor, însă are un efect negativ în structura naturală a formațiunilor hidrologice: acumularea unui anumit volum de apă în timpul viiturilor se modifică valoarea debitelor maxime din aval; modificarea regimului de curgere al aluviunilor.

Inundațiile produse în ultima perioadă și consecințele acestora au condus, pe fondul unei creșteri a responsabilității sociale, la o nouă abordare, aceea de management al riscului la inundații, în care conștientizarea și implicarea comunităților umane are un rol esențial în evitarea sau reducerea consecințelor negative. Această abordare a deschis calea spre introducerea conceptelor de mai

mult spațiu pentru râuri și conviețuirea cu inundațiile și mai ales asimilarea conceptului de dezvoltare durabilă în managementul inundațiilor.

Diminuarea consecințelor negative a inundațiilor depinde atât de acțiunile de răspuns întreprinse în timpul inundațiilor (managementul situațiilor de urgență), dar și de măsurile și acțiunile premergătoare producerii evenimentului, cele de management post-dezastru (reconstrucția în urma evenimentului și feedback-ul oferit de eveniment și modul de gestionare al acestuia). Pentru ca eforturile autorităților și comunităților să fie coordonate iar comunitatea să fie pregătită să facă față fenomenului inundațiilor, este necesară abordarea integrată a managementului inundațiilor.

O dată ce acceptăm că nicio măsură nu este în totalitate sigură, hazardul trebuie abordat în așa manieră încât să nu devină un dezastru pentru societate, iar planurile de management la inundații trebuie să adopte măsuri sustenabile, flexibile și adaptabile la modificările care pot apărea. Este de evitat utilizarea unei singure măsuri, pentru că în cazul în care aceasta cedează sau este depășită, pot apărea consecințe negative deosebite.

#### **4.5.5. Identificarea unor direcții de dezvoltare socio-economică a localității**

O dată cu urbanizarea, globalizarea sau cu alte procese socio-economice, apar modificări față de forma și valoarea culturală inițială a modului de organizare a spațiului și a caracteristicilor activităților socio-economice. Schimbările de putere au ca rezultat schimbări ale valorilor societății iar astfel unele elemente ale peisajului (interacțiunii factorilor biotici și abiotici, + dimenisunea culturală) se alterează sau chiar dispar, fiind înlocuite cu altele noi. Fiecare sistem (un set de condiții politice, economice, sociale, culturale și ecologice) încearcă să își creeze propriile valori, ștergând simbolurile sistemului anterior și înlocuindu-le cu altele noi. Europa Centrală și de Est, spre deosebire de Europa de Vest, au experimentat și au practicat în secolul XX o serie de sisteme socio-economice care au cauzat schimbări profunde în înfățișarea și înțelegerea peisajului, rezultatul fiind dat de peisaje stratificate. Anii '90 au adus schimbări majore, un declin al practicilor agricole și o nouă recodificare a înțelegerii peisajelor. Aceste transformări rapide au condus la pierderea identității tradiționale a peisajului, agravându-se problemele mediului înconjurător prin exploatarea irațională.

Mediul antropizat dezvăluie caracteristici diferite, în funcție de influențele socio-economice existente la un moment dat. Analizând situația actuală de la nivelul localității, rezultă că există semne de stagnare și recesiune economică. Populația este în descreștere, cu semne de îmbătrânire, care se confruntă cu o puternică migrare intraregională sau externă (către polul regional de dezvoltare Timișoara sau în străinătate), agricultura este o activitate care merită pusă în valoare și se impune o atenție deosebită modului de desfășurare a activităților firmei Smithfield, pentru a evita poluarea.

Ca scenarii de dezvoltare, se pot analiza variante ce pot ține cont de elementele specifice sau de tendințele constatate în ultimii ani sau ținând cont de diverse programe și strategii de dezvoltare regionale și locale. Ținând cont de caracterul preponderent agricol al localității, în contextul reducerii impactului inundațiilor, utilizarea terenului trebuie să se facă în așa mod încât în cazul unui eveniment de inundații, pagubele să fie minime. Există posibilitatea utilizării doar a măsurilor structurale existente și să se intervină doar prin măsuri nonstructurale,

care țin cont de utilizarea terenurilor. În cazul în care cantitatea de precipitații este deosebit de mare, aceste terenuri vor fi oricum inundate, așadar trebuie avute în vedere și măsurile de tip structural.

Se pot desprinde următoarele direcții majore de dezvoltare viitoare a orașului:

**Varianta recesivă:** menținerea specificului economic existent (agricultură de subzistență în cazul micilor proprietari, agricultură intensivă în cazul unor firme specializate, valorificarea tradiției și a potențialului uman al localității), iar modul de intervenție în teritoriu să se limiteze la re tehnologizări, modernizări ale bazelor existente.

Din punct de vedere al managementului inundațiilor se păstrează încă tendința de protecție împotriva inundațiilor, prin lucrări de modernizare a digurilor și cel mult se renunță la construirea în imediata apropiere a albiei minore. Fondurile provin de la guvern sau din anumite proiecte de dezvoltare, iar în cazul unor inundații majore, populația adoptă o poziție fatalistă, așteptând despăgubiri și ajutor de la stat sau din partea diferitelor organizații sau persoane publice. În cazul acestei variante se limitează dezvoltarea localității și este încurajată migrarea populației, pe de o parte din cauza lipsei de atractivitate a localității, iar pe de altă parte ca urmare a vulnerabilității mari a comunității în cazul inundațiilor;

**Varianta modificărilor spre o dezvoltare economică,** în care se urmărește dezvoltarea activității economice prin dezvoltarea agriculturii și a industriei alimentare. Aceasta presupune crearea de asociații de proprietari de terenuri agricole ce urmăresc creșterea productivității și a calității recoltelor, iar recoltele vor fi prelucrate în cadrul fabricilor cu specific divers. Deși va exista un bilanț pozitiv al populației, zona de locuit nu se va extinde în mod deosebit, pentru că se va încuraja menținerea terenurilor în categoria de folosință agricolă. Se urmărește utilizarea corespunzătoare a terenurilor deja existente în categoria de terenuri destinate construcțiilor, iar în cazul în care vor exista solicitări, intravilanul se va extinde în partea sudică a orașului sau se va încuraja migrarea populației spre satele aparținătoare. De menționat că este aprobată extinderea intravilanului în partea de est a orașului, în imediata apropiere a cursului Bârzavei. În cazul proprietăților situate în zona cu vulnerabilitate mare, se va încuraja pe de o parte relocarea și pe de altă parte luarea de măsuri proprii de protecție împotriva inundațiilor (garduri de piatră sau beton, porți de fier, în cazul inundațiilor se vor atașa garduri de protecție împotriva inundațiilor (impactul va fi mult diminuat în cazul inundării pe termen scurt; în cazul în care apa stagnează mai mult timp, se pot înregistra pagube materiale, însă la un nivel acceptabil față de cazul în care nu s-ar opta pentru astfel de măsuri).

Managementul inundațiilor presupune respectarea legislației în vigoare, urmărind acordarea de mai mult spațiu pentru râuri, dar în același timp valorificând și potențialul măsurilor structurale existente. Ca urmare a dezvoltării socio-economice, populația își permite să plătească taxe și impozite mai mari, inclusiv taxe pentru îmbunătățirea activității de management al inundațiilor sau să încheie asigurări pentru a fi despăgubiți în cazul unor evenimente deosebite. Pentru că populația plătește pentru siguranță în caz de inundații, atunci vor exista proiecte în acest sens.

Pot apărea însă disfuncționalități în sistem din cauza modului de exploatare a terenurilor agricole, ceea ce conduce la scăderea atractivității localității și deci fonduri reduse din taxele existente. Fondurile insuficiente alocate managementului inundațiilor vor genera o proastă exploatare a măsurilor structurale, la scăderea

puterii de cumpărare, scăderea prețurilor proprietăților, ceea ce va încuraja (din nou) construirea în zonele vulnerabile la inundații.

***Varianta medie, de compromis*** între dezvoltare economică și tendința actuală de dezvoltare - se păstrează tendința de dezvoltare economică prin agricultură, însă nu se dorește transformarea localității într-un pol economic. Din punct de vedere al managementului inundațiilor se menține tendința de amenajare și modernizare a digurilor existente și se va acorda o atenție suficientă renaturării râurilor și măsurilor de tip „blue-green”. Fondurile necesare vor fi de la guvern sau din proiecte de dezvoltare, cetățenii nu își permit sau nu doresc să plătească taxe suplimentare în acest sens.

Avantajul constă într-o trecere treptată spre un alt nivel de dezvoltare economică și spre un alt nivel al managementului inundațiilor. Această variantă se pretează a se desfășura pe termen scurt și mediu, până la elaborarea unei alte strategii de dezvoltare, sub o viziune mai radicală.

Pentru fiecare dintre aceste direcții de dezvoltare se va acorda o atenție deosebită managementului inundațiilor. De cele mai multe ori, fiecare sistem politic și fiecare reprezentant încearcă să își pună amprenta asupra modului de organizare la nivel național sau local. Ignorarea evoluției societății poate fi un minus pentru atingerea obiectivelor propuse, aceasta poate fi luată în calcul, însă nu trebuie să de abatem foarte mult de la obiectivul inițial decât dacă este neapărat necesar (conflicte între obiectivele comunității actuale și obiectivele comunității din viitor).

#### **4.5.6. Utilizarea teoriei backcasting-ului în realizarea unor scenarii de planificare**

Backcasting-ul este o metodă prin care se preconizează diferite alternative de dezvoltare pentru viitor. Metoda se concentrează pe modul în care poate fi atinsă varianta de dezvoltare dorită și presupune acțiunile prin care se ajunge la acel obiectiv, pentru a determina fezabilitatea ideii sau proiectului. Obiectivele finale sunt alese pentru o perioadă mai lungă de timp, de obicei 25 sau 50 de ani. Backcasting-ul este similar cu vizionarismul, însă analizele retrospective nu sunt destinate să descopere cum ar putea arăta viitorul, ci mai degrabă să analizeze un număr de viitoruri posibile și să aleagă o soluție optimă, pentru a ulterior să găsească pașii pentru a atinge obiectivul ales. Perioada de 50 de ani este considerată a fi realistă și constă într-un număr suficient de mare de ani pentru a permite schimbări importante, dar totuși nu atât de mare încât obiectivele propuse să nu poată fi realizate.

Acest model furnizează o opțiune preferată dintr-un număr de viitoruri posibile și o serie de moduri în care obiectivul dorit poate fi atins, dar poate fi utilizat și pentru a analiza în ce măsură pot fi evitate unele scenarii nedorite. Backcasting-ul poate fi definit ca formularea unor obiective care se doresc atinse (un anume viitor), pentru ca apoi, în funcție de obiectivele propuse, să construiești strategii, să planifici și să iei deciziile care ar putea conduce la atingerea acestor obiective. Acest concept este utilizat tot mai mult ca urmare a introducerii conceptului de sustenabilitate.

Metoda backcasting este o metodă de analiză a unor viitoruri alternative, dar se concentrează pe modul în care viitorul dorit poate fi atins. Această metodă se distinge prin deducție logică inversă, care începe cu o viziune a viitorului pe care dorim să îl realizăm, pentru ca apoi, pas cu pas să ne întoarcem în prezent pentru a găsi soluțiile prin care se poate atinge acest obiectiv.

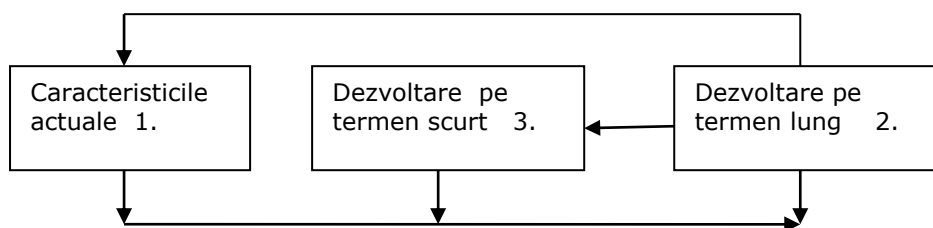


Fig. 4.29. Teoria backcasting-ului în planificare

De ce avem nevoie de backcasting?

- Pentru că lipsesc șiruri de date importante pentru a modela și a înțelege relațiile dintre variabilele socio-economice și de mediu;
- Menținerea continuității seriilor de timp datorită modificărilor de măsurare;
- Pentru că șirurile de date detaliate nu sunt disponibile sau sunt foarte scumpe, iar din datele pe care le avem obținem rezultate caracterizate de o anumită precizie (o precizie percepută, precizie falsă);
- În condițiile în care sunt introduse schimbări metodologice, o primă măsură ar fi revizuirea seriilor de date disponibile, în măsura în care acest lucru este posibil;
- Utilizatorii sunt interesați să sublinieze modificările ce apar la seriile de timp datorită modificărilor la nivelul mai multor componente.

Metoda este practic o prognoză determinată, și de multe ori este folosită pentru a crea scenarii normative și de a determina fezabilitatea acestora și posibilele consecințe. Metoda de backcasting poate fi ușor utilizată în analiza riscului, în special pentru definirea unui obiectiv și căutarea unor soluții la diverse probleme. De obicei se utilizează când există un scop bine definit, dar nu este clar ce metode pot fi folosite pentru a atinge obiectivele propuse.

Această metodă are și puncte slabe, ca de exemplu multitudinea de discuții, confruntări care pot apărea privind posibilele soluții pentru a atinge viziunea dorită:

- apar interesele conflictuale ale diferitelor părți interesate, factori de decizie, investitori, populație etc.
- pentru că atingerea unor obiective este propusă a se atinge pe termen lung, pot apărea schimbări ale părților interesate, ale legislației, noi tehnologii sau informații științifice care pot fi în opoziție cu obiectivele propuse inițial, astfel că întotdeauna proiectele de dezvoltare pe termen lung iau în calcul o anumită doză de incertitudine

Intervenția antropică în procesele naturale trebuie să fie reversibilă, compensatoare și în viitor prevenită.

În continuare sunt propuse 4 scenarii ce reprezintă într-un anumit sens diferite tipuri de abordare a managementului inundațiilor, în funcție de accentul care se pune pe anumite componente ale sistemului, luând în calcul reglementările impuse de Directiva cadru a apei și Directiva la inundații. Pentru că aceste directive acordă o mare putere de decizie autorităților locale, bazinale sau naționale, atâta timp cât sunt respectate normele generale, scenariile propuse rezultă din două tendințe de grijă asupra ecosistemului: grijă ridicată, cu accentul pus pe renaturarea albiilor, mai mult spațiu pentru râuri și controlul utilizării terenurilor, grijă redusă față de mediu, cu amenajarea de diguri și spații de retenție a apei sau pur și simplu păstrarea tendinței actuale, în care există diferențe majore de abordare a planificării: unele opinii sunt pentru acordarea de mai mult spațiu pentru râuri, altele sunt pentru creșterea nivelului de protecție împotriva inundațiilor, iar alte

părerii pur și simplu pun dezvoltarea pe primul plan, neluând de multe ori în seamă vulnerabilitatea la inundații sau faptul că acțiunile care vor fi desfășurate vor avea implicații majore asupra sistemului bazinului hidrografic.

De asemenea, scenariile propuse iau în calcul și reglementările de planificare și control al utilizării terenului, nu atât pentru că se are în vedere grija pentru mediu, ci pentru faptul că dezvoltarea în afara spațiului inundabil scade riscul la inundații, pentru că apar modificări la nivelul receptorilor:

Satul albastru și renaturarea albiilor râurilor – în cadrul acestui scenariu planificarea este centrată pe modificări la nivelul utilizării terenului, măsurile de protecție împotriva inundațiilor sunt cele din prezent, cu eventuale modificări, apa râurilor este dirijată către localitate, pentru că sunt create spații în acest sens: în timpul apelor mari și viiturilor sunt inundate, în mod normal funcționează ca spații de recreere sau ca pășuni. Terenurile arabile sunt transformate în pășuni sau fânețe, locuințele/clădirile, acolo unde este posibil, sunt protejate de apă prin diguri individuale sau sunt pur și simplu relocate din arealul expus la inundații. Este un proiect de dezvoltare inovativ, eco -friendly, unde activitățile economice (agricultura, pescuitul) se îmbină cu cele recreative.

Mutarea așezărilor/ a unei părți din localitate din câmpia inundabilă, restricții de construire a unor noi clădiri și control strict al utilizării terenurilor, în arealele fără o protecție împotriva inundațiilor eficientă. Întreaga comunitate va fi relocată din câmpiile inundabile. Casele vor fi demolate, iar terenurile vor fi curățate și transformate în spații deschise. Astfel se va încerca atingerea unei stări naturale a albiei majore, însă acest lucru va fi dificil de realizat. Se poate opta pentru această variantă acolo unde este mai scump de renovat și reabilitat, decât să se construiască noi vetre de așezări, să se construiască de la zero, pe spații noi. Bani ar putea veni din proiecte de dezvoltare sau din investiții private. Grupurile sărace vor fi de cele mai multe ori cele mai vulnerabile și va fi nevoie de soluții inovative prin care să li se asigure protecția. Este un proiect de dezvoltare dificil de atins pe termen scurt, dar investiția se merită acolo unde nivelul de incertitudine este mare, iar localitatea este afectată tot mai des de inundații. De asemenea, companiile de asigurări pot să nu mai acopere despăgubirile, iar singura variantă este strămutarea. Este un proiect de dezvoltare eco-friendly, care ia în considerare atât renaturarea albiilor râurilor, ecologizarea brownfieldurilor, iar dezvoltarea localității pe spații noi verzi, se face cu impact redus asupra mediului: se poate opta aici pentru variante de sate adunate, risipite sau răsfirate, în funcție de disponibilitatea reliefului sau de planurile generale de urbanism.

Înălțarea digurilor (chiar amenajarea a două rânduri de diguri) – acest scenariu ar fi fost valabil numai înainte de elaborarea directivei la inundații, care actualmente se bazează pe un management integrat al resurselor de apă. Amenajarea de diguri nu ar fi posibilă pentru că nu s-ar mai atinge caracteristicile de mediu dorite (mai mult spațiu pentru râuri), iar pe de altă parte din cauza costurilor mari necesare pentru amenajarea unor diguri pentru probabilitatea de apariție a inundațiilor de 1 la 100 de ani sau 1 la 500 de ani (care pot să nu își merite investiția).

Neluarea niciunei decizii de importanță majoră și derularea de activități de dezvoltare pe termen scurt, în funcție de cerințele prezente ale comunității și de pericole care apar: la voia întâmplării, iar în legătură cu inundațiile, se adoptă o atitudine fatalistă, comunitatea rugându-se să nu apară evenimente ce pot produce inundații sau se pune accentul pe acțiunile desfășurate în timpul evenimentului și după producerea acestuia (redresare).

Acest scenariu este valabil pentru comunitățile sărace, care nu dispun de fonduri suficiente pentru investiții, dar în același timp și pentru comunitățile ale căror lideri nu au nicio inițiativă concretă în acest sens, ci doar viziuni de viitor reduse (care se rezumă la supraviețuirea comunității, subzistența ei, nu dezvoltarea acesteia).

Pentru a fi reziliente, comunitățile trebuie să fie flexibile și obiectivele să aibă și ele un anumit grad de flexibilitate, pentru că nu este posibil să prevezi în detaliu toate acțiunile care pot apărea.

Provocarea constă în menținerea unui echilibru între obiectivele de mediu și cele de dezvoltare economică, iar cele mai evidente șanse de reușită le-ar avea scenariul numărul 1. Pentru ca acest viitor dorit să devină certitudine, sunt necesare o serie de acțiuni. Metoda backcastingului ne poate ajuta să identificăm strategii, acțiuni, măsuri prin care se poate ajunge la atingerea acestor obiective. Backcastingul este o alternativă sustenabilă pentru planificarea tradițională.

\*\*\* O posibilitate ar fi menținerea actualului sistem de protecție la standardele corespunzătoare de funcționare, în condițiile în care nu ar exista modificări importante în regimul precipitațiilor, iar o altă posibilitate ar fi luarea de măsuri în condițiile incertitudinii cu care de confruntăm: incertitudine referitoare la schimbările climatice, îndeosebi în regimul precipitațiilor, incertitudini cu privire la caracteristicile populației: numărul populației, dezvoltarea așezărilor umane, caracteristicile locuințelor sau a principalelor activități economice; sau chiar incertitudine cu privire la evoluția în timp a albiei râului, incertitudine care se bazează pe modul în care a evoluat în timp albia râului Bârzava și a celorlalte râuri din vestul țării.

De asemenea, o importanță deosebită o are incertitudinea cu care se evaluează riscul la inundații, deoarece pentru același teritoriu pot fi identificate diferite niveluri de risc, în funcție de modul în care este structurată problema, ca de exemplu:

- În cazul în care digurile funcționează la standardele pentru care au fost proiectate, iar nivelul apei nu depășește nivelul acestora, riscul este redus;
- În cazul în care apare o breșă în dig, apa va inunda acel teritoriu care în cazul anterior era în categoria celui cu risc redus.

O dată ce a fost identificat un anumit număr de măsuri strategice, acestea trebuie analizate în detaliu, pentru a selecta pe cea mai potrivită arealului de studiu.

În procesul de luare a deciziilor trebuie luate în considerare anumite praguri (niveluri ale râului, breșe în diguri etc), pentru a stabili dacă măsurile ce se doresc adoptate sunt sau nu necesare: valoarea pagubelor înregistrate să fie mult mai mică decât costurile acțiunilor de prevenire/adaptare.

#### **4.5.6.1. Implementarea conceptului de „sat albastru” pentru Gătaia**

Conceptul de „sat albastru” se referă de fapt la anumite măsuri de tip „blue-green” (engl.), care își propun ca prin acordarea de mai mult spațiu pentru râuri să se reducă consecințele negative ale inundațiilor. Cele mai utilizate măsuri sunt cele care propun ca în cadrul unei unități teritoriale să fie proiectate structuri asemenea unui lac sau sisteme de canale, care în timpul viiturilor vor fi acoperite de apă, fără a produce consecințe negative clădirilor sau terenurilor arabile. Astfel, spațiile pe care apa le va putea ocupa în timpul inundațiilor vor avea ca destinație pășuni sau fânețe, păduri sau spații de recreere și petrecere a timpului liber. Acest tip de planificare se concentrează atât asupra asigurării de mai mult spațiu pentru râuri, dar și asupra modului de utilizare a terenului sau a adaptării clădirilor în cazul unui



inundații. Acest tip de intervenție a fost propus de un grup de arhitecți, însă același concept este întâlnit și în cazul orașului Tulsa, SUA (anexa 3).

În cazul așezărilor, este indicat ca zonele rezidențiale, spațiile de învățământ, cele administrative sau spitalele să fie construite în zonele mai înalte sau să fie protejate prin diguri speciale (de pământ, sau temporare, din materiale rezistente).

Inspirându-ne din modelul adoptat de autoritățile din Tulsa, și având în vedere faptul că există puține șanse ca cetățenii localității să doneze anumite terenuri pentru ca acestea să fie utilizate ca bazine de recepție/stagnare a apei pluviale, se poate impune o taxă pentru precipitații, raportată la dimensiunea proprietății. Banii colectați din aceste taxe vor fi utilizați pentru a desfășura la nivel local, în mod organizat, lucrările necesare atingerii obiectivelor propuse. Pe lângă aceasta, se va crea și un spațiu mai agreabil locuitorilor, și având în vedere dezvoltarea localității ca urmare a creșterii economice, localitatea se poate extinde. În același timp, crearea unor astfel de incinte dă posibilitatea renaturării albiilor, care poate avea ca și consecință reducerea vârfului viiturii. Orice modificare are un efect de feedback la nivelul sistemului, putând exista atât răspunsuri negative sau adaptarea și înglobarea transformării.

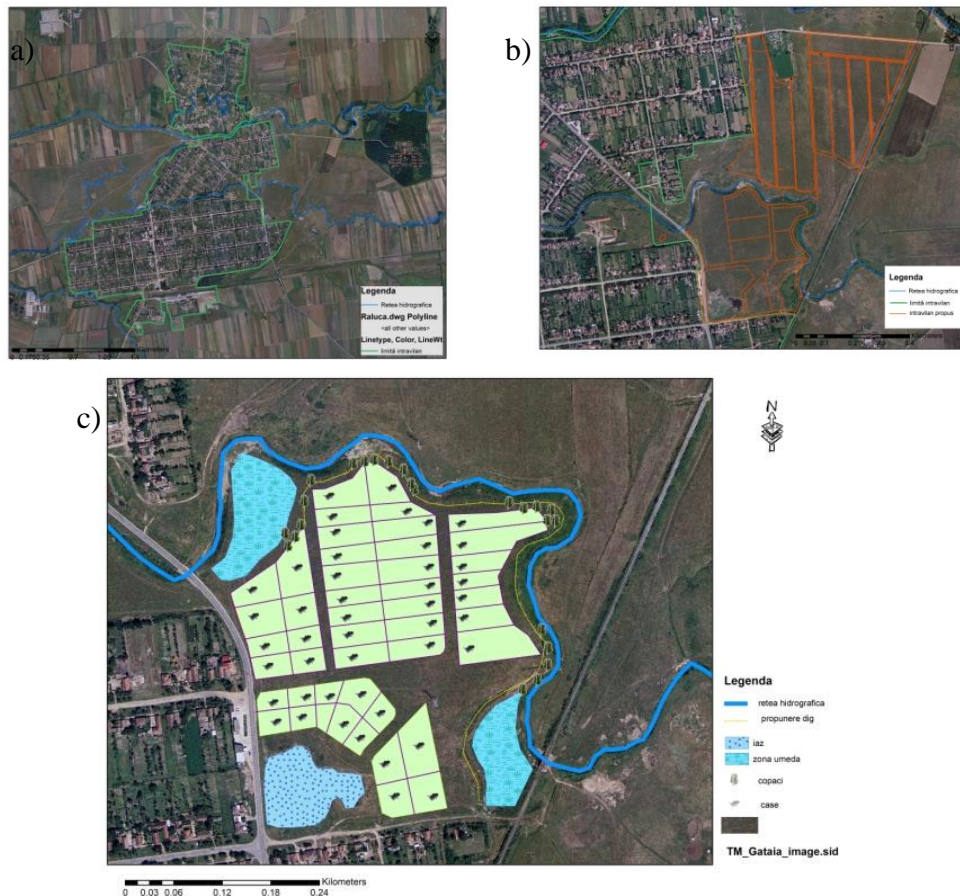


Fig. 4.30. Propunere de amenajare a teritoriului în localitatea Gătaia: a) Poziția în cadrul localității, b) Poziția în cadrul intravilanului extins; c). Măsuri de tip blue-green propuse.

În figura 4.30.c. sunt prezentate o serie de măsuri propuse amenajarea unor sectoare de diguri care să protejeze locuitorii de eventualele ape mari sau viituri, dat fiind cota redusă a terenului; amenajarea de zone umede și un iaz care să preia apele pluviale în arealul pedisus la înmlăștinire

De-a lungul cursului principal și a afluenților, frecvența și magnitudinea inundațiilor a fost redusă (dar nu eliminată) prin amenajarea digurilor. Transformarea terenurilor agricole din arealul Gherteniș în spațiu de retenție a viiturilor a redus frecvența inundațiilor în arealul Gătaia, inundarea producându-se ca urmare a ruperii digurilor. Dacă vor să facă parte din soluție iar consecințele negative să fie minimizate sau chiar eliminate, activitățile umane trebuie să se adapteze și să-și reducă impactul asupra sistemului natural. Modul de utilizare a terenurilor va trebui să se adapteze în funcție de necesități, iar spațiile verzi (pășuni sau fânețe) nu trebuie să lipsească din planurile de amenajare a unei așezări. Aceste măsuri trebuie puse în aplicare de către persoanele responsabile de planificarea teritoriului sau de către arhitecți, putând reprezenta în același timp și un succes pe plan profesional al acestora în cazul în care proiectul lor a redus impactul unui astfel de hazard.

*Măsuri de atenuare a debitelor:* În cazul în care debitele înregistrate în amonte, la stația hidrometrică Moniom, înregistrează valori mari, atribuite unor cote de atenție, iar debitele înregistrate pe afluenți înregistrează la rândul lor valori ridicate, atunci este necesară preluarea unui debit de apă de către acumulări laterale care să nu pună în pericol locuitorii din aval. Debitul va fi preluat în primul rând de compartimentul 1 al acumulării laterale nepermanente Gherteniș. În cazul în care debitul calculat ar depăși capacitatea compartimentului 1, dar în același timp să nu fie necesară punerea în funcțiune a compartimentului 2, atunci debitele ar putea fi preluate de acumulările propuse în aval de acumularea Gherteniș. Utilizarea terenului este de pășune, iar pagubele produse ar fi mai mici decât pagubele produse culturilor agricole aferente compartimentului 2. Compartimentul 2 Gherteniș va fi pus în funcțiune în cazul în care este necesar.

Astfel în localitatea Gătaia se va înregistra un debit aferent unui nivel situat sub nivelul maxim admis

$$Q_d = Q_{nat} - Q_{adm} \quad (4.3)$$

unde:  $Q_d$  – debitul instalat al derivației

$Q_{nat}$  – debitul maxim cu probabilitatea corespunzătoare efectelor de apărare urmărite

$Q_{adm}$  – debitul maxim admisibil în albie aval de derivația propusă

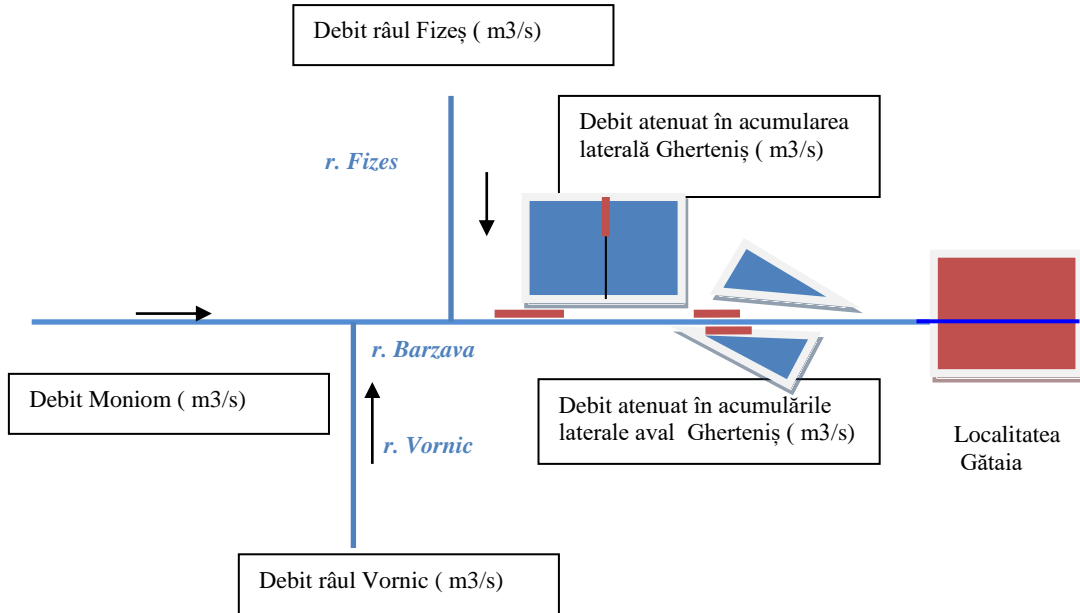


Fig. 4.31. Atenuarea debitelor undelor de viitură pe sectorul Moniom-Gătaia

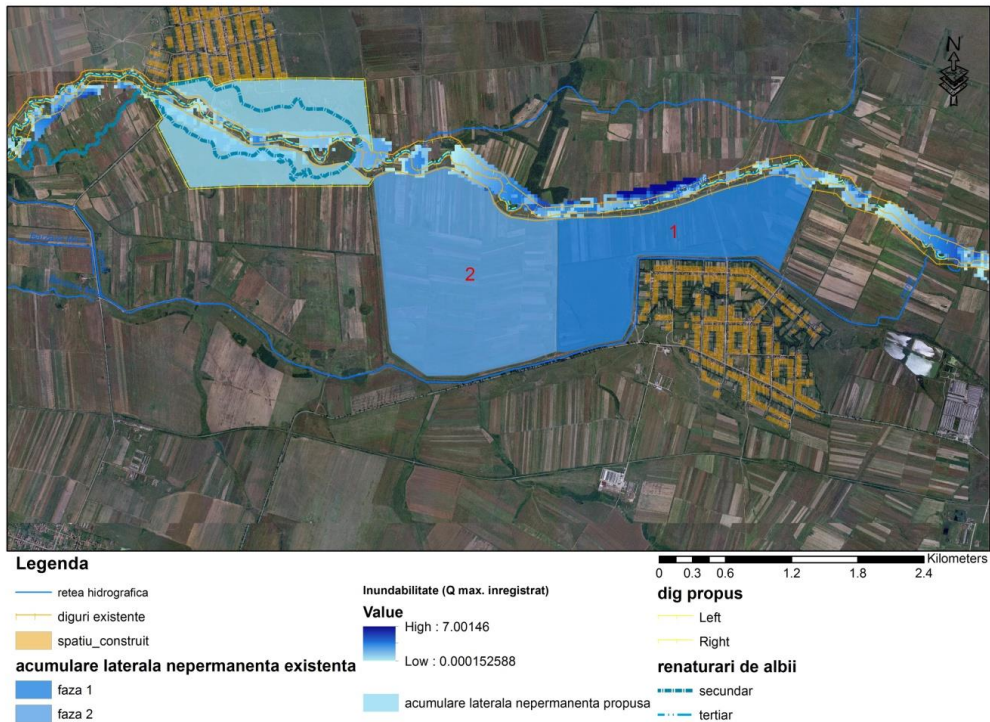


Fig. 4.32. Propunere de amenajare a teritoriului în sectorul Gherteniş - amonte Gătaia ca măsură de atenuare a debitelor în sectorul Gătaia

O consecință directă a punerii în valoare a noi terenuri agricole în luncile inundabile a avut ca efecte negative creșterea importantă a debitelor undelor de viitură. Noul concept de amenajare a cursului de apă are la bază principiile dezvoltării durabile și pornește de la ideea că râurile și coridoarele acestora formează ecosisteme complexe care includ terenurile adiacente, flora și fauna și cursurile de apă. Aceste ecosisteme depind de regimul cursurilor de apă în care debitele, transportul sedimentelor, temperatura apei și alete variabile au un rol bine definit. În cazul producerii unor modificări ale acestor variabile față de valorile existente în mod natural echilibrul este dereglat.

Măsuri structurale de amenajare propuse: re poziționarea digurilor, redeschidere meandrelor, refacerea cursului natural în cazul albiilor regularizate; crearea de zone tampon; amenajarea zonelor umede. În figura 4.30 b. se poate observa faptul că terenurile aprobate pentru extinderea intravilanului orașului Gătaia sunt în apropierea cursului de apă Bârzava, așadar într-un areal cu vulnerabilitate mare. O măsură în vederea reducerii vulnerabilității ar fi extinderea intravilanului în localitatea Sculia (fig. 4.33), unde altitudinea este mai mare, arealul putând fi apărat în mod natural de debite și niveluri mari ale râului Bârzava.

De asemenea s-a propus re poziționarea digurilor în unele sectoare la o distanță cât mai mare față de albia minoră a râului, pe baza analizei unor condiții de referință sau măsuri de deschidere totală a albiei majore și construirea de diguri de contur pentru apărarea localităților sau terenurilor cu valoare economică sau socială ridicată.

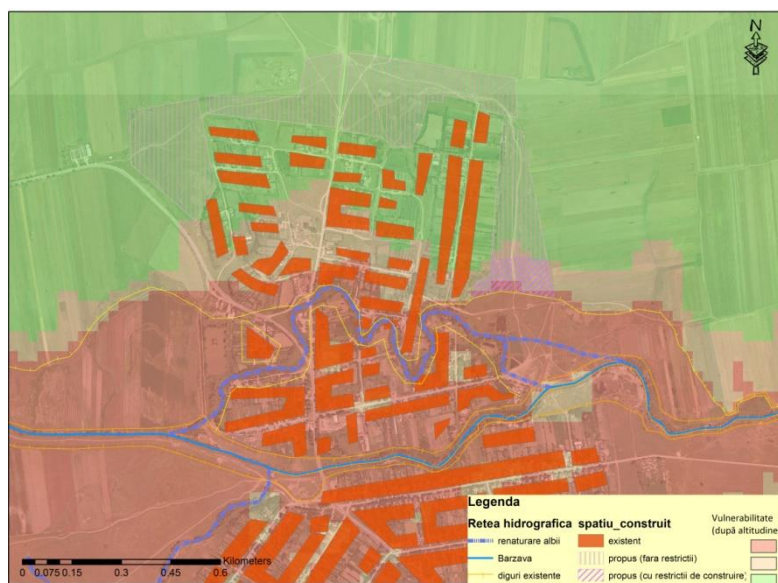


Fig. 4.33. Propunere de amenajare a teritoriului în sectorul Sculia ca măsură de reducere a vulnerabilității

Printre avantajele re poziționării digurilor pot fi menționate:

- crearea unui spațiu vital prin dezvoltarea albiei majore a cursului de apă în care această să-și poată manifesta dinamica;
- dezvoltarea biodiversității ecosistemelor riverane;



- refacerea legăturii dintre freatic și apele de suprafață în zonele dintre digurile repositionate;
- reducerea efectelor de dezatenueare în perioadele de ape mari; reducerea proceselor de eroziune în albie.

Redeschiderea meandrelor se utilizează pentru a aduce la o stare cât mai bună a apelor un corp de apă care a fost modificat antropic prin tăierea unui/unor meandre în scopul regularizării albiei, cu condiția ca acolo să se fi păstrat vechile albiei meandrate. Crearea de zone tampon are ca scop menținerea integrității funcțiilor râului, reducerea poluării, crearea de habitate și chiar stabilizarea versanților. O zonă tampon reprezintă o zonă cu vegetație, de regulă arbori sau arbuști, dar și alte specii de plante, de-a lungul unui curs de apă. Măsurile de amenajare a zonelor umede pot fi utilizate în cazul terenurilor cu soluri de clasă inferioară, în cazul incintelor îndiguite sau a acumulărilor laterale permanente. Dezavantajul acestui tip de măsură îl constituie costurile de investiții ridicate, dar care se estimează a fi amortizate într-o perioadă relativ scurtă.

#### **4.5.6.2. Bariere în atingerea obiectivelor propuse**

Prevenirea și protecția împotriva inundațiilor trebuie să fie o responsabilitate comună, să fie realizată pe baza unei strategii bine formulate, nu în funcție de niște hotărâri luate pe moment pentru a proteja comunitățile sau a evoluția evenimentului pe mâna hazardului. Pentru ca măsurile adoptate să fie eficiente, este necesară adoptarea unor măsuri pe termen lung, însă nu trebuie neglijate nici acțiunile pe termen scurt, iar ca tip de măsuri trebuie îmbinate măsurile structurale cu măsuri nonstructurale. În timp ce măsurile structurale își propun reducerea extinderii, cele nonstructurale vizează capacitatea de a face față unui eveniment.

Îmbunătățirea capacității de transport a albiei majore sau capacității de retenție a apei este de preferat față de amenajarea de diguri, pentru că în cazul în care apare o breșă într-un dig sau apa depășește nivelul acestora, inundația poate fi mai gravă decât în cazul în care nu ar exista diguri.

În acest caz este utilă analiza cost-beneficiu, tocmai pentru a evalua impactul diferit al inundației în diferite condiții date și în cazul în care se adoptă anumite măsuri.

O serie de inconveniente care ar putea sta în atingerea acestor obiective ar fi:

- Lipsa unei legislații corespunzătoare;
- Lipsa fondurilor necesare pentru dezvoltarea unor proiecte propuse;
- Reticența din partea autorităților sau a inginerilor sau a persoanelor responsabile cu planificarea dezvoltării bazinului hidrografic;
- Imposibilitatea dezvoltării proiectelor ca urmare a existenței unor factori poluatori (halde de steril, soluri contaminate) sau a unor obiective care nu pot fi mutate din cauza costurilor mult prea mari necesare relocării (cartiere rezidențiale, spații industriale etc).

O parte din costurile ridicate sunt reprezentate de costurile cu forța de muncă, materiale de construcție, utilaje sau terenuri. În cazul unor proiecte care presupun relocarea parțială sau totală a așezărilor, se impun costuri suplimentare pentru cumpărarea caselor și terenurilor care vor fi inundabile, costuri pentru demolarea locuințelor și costuri pentru achiziționarea de noi terenuri și construirea de noi așezări. Există situații (în cazul relocării așezărilor din cauza extinderii exploatărilor miniere) în care au fost identificate tranzacționări speculative de proprietăți, care au influențat ascensiunea prețurilor. Trebuie evitat așadar acest

lucru iar anumite aspecte trebuie abordate în mod eficient: evaluarea corectă a proprietăților și plățirea prețului corect.

Cercetătorii și inginerii au un rol important în reducerea hazardelor naturale: îmbogățirea cunoașterii științifice și a tehnologia, îndrumarea factorilor de decizie în elaborarea strategiilor de planificare și dezvoltare, transferul de cunoștințe către publicul larg.

Este tot mai evident faptul că managementul dezastrelor naturale trebuie înlocuit cu o abordare integrată, iar toate măsurile luate pentru minimizarea pagubelor trebuie să fie pregătite înainte de apariția evenimentului. Prin intermediul managementului integrat, se pune tot mai mult accentul pe cei 4 P (planificare, prognoză, pregătire și prevenire), dar și pe acțiunile de salvare, ajutorare, refacere și reconstrucție.

Cooperarea regională și internațională este extrem de importantă pentru reducerea pierderilor în timpul unui eveniment, în special în cazul comunităților sau țărilor sărace.

## 5. CONCLUZII

### 5.1. Concluzii generale

Râurile, și în general apa, sunt elemente care modelează peisajul: modelarea – ca proces fizico-geografic, dar și modelarea ca modalitate de amenajare a teritoriului, a organizării rețelei de așezări, infrastructură, lucrări hidrotehnice. În același timp, râul devine un pericol pentru așezările situate în arealele inundabile, atunci când debitul normal este depășit.

După secole de luptă pentru a ține apa sub control, în interiorul unor diguri, politicile actuale (Directiva Cadru la Inundații 2007/CE/60) cer conviețuirea cu apa și mai mult spațiu pentru râuri. Această tendință vine tocmai ca urmare a cercetărilor îndelungate, în care s-a observat că lucrările de tipul digurilor, regularizărilor de albie și acumulărilor laterale pot să agraveze atât de mult evoluția normală a unei viituri, iar ceea ce s-ar putea atenua prin lăsarea liberă a râului ar putea cauza mult mai multe pagube prin intermediul îndiguirilor.

În Europa, tendința managementului inundațiilor este de a înlocui măsurile de apărare împotriva inundațiilor cu o abordare integrată a inundațiilor, care ia în considerare atât probabilitatea inundării, cât și potențialele consecințe ale inundării. Se așteaptă ca atât modificările climatice, cât și dezvoltarea socio-economică, în special în luncile râurilor, să conducă la creșterea pagubelor din cauza inundațiilor.

Creșterea impactului inundațiilor asupra comunităților se datorează în special modificărilor climatice, care sunt răspunzătoare de creșterea frecvenței și magnitudinii inundațiilor, dar și ca urmare a dezvoltării în arealele inundabile, în special în luncile râurilor. Nivelul de risc poate pentru o anumită unitate spațială nu este static. El poate diferi în funcție de modificările mediului natural (schimbări climatice, schimbarea albiei râului) sau din cauza intervențiilor antropice (măsuri de management al riscului la inundații). Schimbarea consecințelor inundațiilor se bazează pe modificarea receptorilor sau a sursei și modului de propagare a inundațiilor.

Această idee de amenajare a râului Bârzava poate că nu reprezintă exact ceea ce eram obișnuiți să vedem, poate că banii necesari pentru efectuarea măsurilor propuse depășesc cu mult costurile necesare unor amenajări de tip structural mult mai ieftine (dar nu neapărat sustenabile), însă trebuie avută în vedere incertitudinea legată de schimbările climatice, care se manifestă de cele mai multe ori prin schimbarea caracteristicilor precipitațiilor. Sunt din ce în ce mai frecvente zile cu cantități deosebite de precipitații, care se apropie de media lunară și pot să cauzeze inundații. Modul de exploatare al râului și al teritoriilor adiacente este un alt factor ce influențează extinderea inundațiilor, așadar sunt necesare și aici schimbări de abordare a planificării. Evaluarea zonelor sensibile la inundații constituie o problemă de actualitate și este abordată frecvent atât pe plan național, cât și internațional, încercându-se să se găsească cele mai bune strategii și soluții de management integrat a acestora.

Lucrarea a încercat să răspundă la probleme legate de identificarea inundabilității și la găsirea unor măsuri de planificare pentru reducerea impactului inundațiilor pentru sectorul Gherteniș - aval Gătaia. Măsurile propuse sunt în concordanță cu cerințele legislației Uniunii Europene și României cu privire la managementul inundațiilor, ce promovează acordarea de mai mult spațiu pentru râuri și conviețuirea cu inundațiile.



În cadrul cercetării a fost urmărită atingerea anumitor obiectivele și anume:

- identificarea arealelor inundabile din diferite sectoare ale râului Bârzava
- evaluarea consecințelor inundațiilor produse în perioada 2000-2010 asupra populației, bunurilor și a mediului înconjurător;
- analiza riscului la inundații ca un model SPRC și prezentarea unor măsuri și acțiuni prin care se urmărește reducerea consecințelor inundațiilor prin modificarea receptorilor sau a modului de propagare a inundației.

## 5.2. Conținutul tezei

Lucrarea „Planificarea integrată a teritoriului în condiții de incertitudine a riscului la inundații” este structurată pe 5 capitole.

În capitolul **1. Introducere** este prezentată problematica generală privind managementul inundațiilor, obiectivele cercetării și modul de desfășurare a cercetării.

Capitolul **2. Aspecte conceptuale privind formarea inundațiilor și consecințelor acestora** este de fapt o sinteză bibliografică a cercetărilor în domeniul managementului inundațiilor, evidențiind factorii care conduc la formarea undei de viitură, inundațiile și managementul inundațiilor. Se pune accentul pe definirea riscului la inundații ca un model sursă-cale de propagare-receptori-consecințe, evidențiind că o modificare în cadrul componentelor SPR va conduce la modificări asupra consecințelor inundațiilor; astfel se poate reduce impactul inundațiilor sau poate fi amplificat, în cazul în care măsurile luate nu sunt cele corespunzătoare. Pentru a putea combate efectul dăunător al inundațiilor este nevoie de cunoașterea cauzelor apariției acestora spre a putea interveni asupra acelor factori cu scopul de a atenua dezastrele provocate. Reziliența comunităților este un factor important care trebuie luat în calcul, ea definind atât capacitatea de a face față unui eveniment, dar și modul în care este înglobată schimbarea. De asemenea sunt analizate și practicile de management la inundații, subliniind importanța managementului integrat al inundațiilor și importanța planificării în contextul managementului integrat al inundațiilor. În conformitate cu Directiva Cadru la Inundații se pune accentul pe alocarea de mai mult spațiu pentru râuri și pe conviețuirea cu inundațiile.

În capitolul **3. Modelarea hidrodinamică a curgerii într-un bazin hidrografic** este tratată importanța SIG în modelarea inundațiilor și sunt tratate principalele tipuri de mișcări ale lichidelor cu suprafață liberă și relațiile matematice care le descriu, deoarece sunt necesare software-urilor de modelare hidrodinamică de tipul Mike 11 sau HEC-RAS. Utilizarea hărților în vizualizarea hazardului, vulnerabilității și riscului poate fi utilă în procesul de planificare, pentru că prin caracterul lor hărțile sunt orientate spre aplicare. Sunt exemplificate modelări ale inundabilității utilizând modulul HEC-GeoRAS din cadrul ArcGIS și modelul HEC-RAS pentru sectorul Bocșa de pe râul Bârzava și o modelarea hidrodinamică pentru același sector cu ajutorul Mike 11. Au fost evidențiate în detaliu etapele necesare modelării hidraulice a unui bazin hidrografic la inundații, iar rezultatele, cât și etapele premergătoare, sunt redată sub formă de planuri, hărți, secțiuni transversale, benzi inundabile ce prezintă adâncimea apei rezultată. Ca date de bază s-au folosit hărți și ortofotoplanuri cu amplasamentul interesat. Pentru trasarea rețelei hidrografice s-au folosit ortofotoplanurile și modelul digital al terenului. Secțiunile transversale au rezultat prin unificarea datelor extrase din modelul digital cu cele măsurate în teren.

Ca și condiții la limită s-au folosit debitele cu probabilitățile de depășire de 1%.

Capitolul 4. **Bazinul hidrografic Bârzava – modelarea inundabilității și măsuri de management integrat al riscului la inundații** este dedicat studiului de caz, în prima parte concentrându-se pe prezentarea principalilor factori determinanți ai formării resurselor de apă și scurgerii apei în cadrul bazinului hidrografic Bârzava. De asemenea sunt prezentate principalele viituri și a pagubelor înregistrate în ultima perioadă de timp, aceste valori fiind primul pas în analiza vulnerabilității. Partea a doua a capitolului se axează pe analiza integrată a riscului și pe elaborarea de scenarii de planificare pentru sectorul Gherteniş-aval Gătaia, prezentându-se unele măsuri pretabile pentru acest areal. Corelând pagubele înregistrate cu direcțiile urmărite de legislația în vigoare, măsurile propuse constau în alocarea de mai mult spațiu pentru râuri și conviețuirea cu inundațiile. Implementarea măsurilor propuse poate fi dificilă, însă pentru a reduce impactul inundațiilor, sunt de preferat măsuri sustenabile, pe termen lung. Abordarea prin scenarii bazate pe prognoză sau backcasting a primit întotdeauna atenție din partea cercetătorilor, iar managementul inundațiilor trebuie să pună tot mai mult accent pe această abordare, pentru alegerea celor mai bune soluții.

Capitolul 5. **Concluzii, contribuții și perspective** descrie pe scurt problemele abordate în cadrul lucrării punând în evidență contribuțiile personale și elementele de originalitate precum și orientările pentru cercetările ulterioare

### 5.3. Contribuții originale

Lucrarea abordează un subiect de actualitate, abordând probleme referitoare la evaluarea zonelor inundabile, întocmirea unei analize hazard la inundații și propunerea unor scenarii de planificare a teritoriului în scopul reducerii riscului la inundații. Cu cât modelele rezultate în urma modelării inundațiilor oferă rezultate mai apropiate de realitate, cu atât analiza hazardului va fi mai corectă, iar consecințele inundațiilor vor putea fi reduse într-un mod adecvat, potrivit cu caracteristicile arealului de studiu. Obiectivele urmărite și rezultatele obținute în studiu se integrează în cadrul general și actual al legislației naționale și europene privind inundațiile, elementul definitoriu fiind reducerea impactului inundațiilor.

Elementele originale privind problematica abordată în cadrul lucrării „Planificarea integrată a teritoriului în condiții de incertitudine la inundații” sunt:

- analiza bibliografiei de specialitate și sintetizarea informațiilor referitoare la managementul inundațiilor și planificarea teritoriului în vederea reducerii consecințelor negative ale inundațiilor;
- caracterizarea complexă a bazinului hidrografic Bârzava și a viiturilor care au produs pagube importante în ultima perioadă de timp;
- modelarea inundabilității cu ajutorul mai multor software-uri de specialitate;
- sintetizarea privind alegerea celor mai potrivite măsuri ce pot fi aplicate la nivelul arealului de studiu, pentru a reduce impactul inundațiilor;
- propunerea unor măsuri pentru reducerea impactului inundațiilor în arealul de studiu ce pun accentul pe renaturarea albiilor râurilor;
- elaborarea unor scenarii (direcții) posibile de dezvoltare pentru orașul Gătaia, în funcție de modul de evoluție al societății și al elementelor climatice.

#### **5.4. Direcții de cercetare pentru viitor**

Domeniul în care a fost elaborată lucrarea de doctorat este de mare actualitate și reprezintă o problemă majoră a societății umane, astfel încât oferă multe posibilități cercetărilor ulterioare.

Direcțiile de cercetare pentru viitor legate de evaluarea, analiza și planificarea zonelor sensibile la inundații se pot grupa astfel:

- dezvoltarea de modele conceptuale, completate de programe și/sau module de calcul
- pentru evaluarea riscului la inundații, pe baza analizei vulnerabilității la inundații a diferitelor zone;
- optimizarea colectării de date privind propagarea viiturilor;
- întocmirea unei metodologii de evaluare a zonelor sensibile la inundații;
- dezvoltarea de algoritmi noi de calcul al propagării viiturilor în bazine hidrografice;
- integrarea tuturor acțiunilor de protecție împotriva efectelor inundațiilor în planuri de dezvoltare durabilă, incluzând aspecte sociale, economice și de mediu;
- dezvoltarea continuă a cooperării colectivităților ca întreg și a persoanelor/autorităților implicate în gestiunea riscului la inundații.

## BIBLIOGRAFIE

1. A.H. te Linde, P. Bubeck, J. E. C. Dekkers, H. de Moel, J. C. J. H. Aerts,(2011), *Future flood risk estimates along the river Rhine*, in *Natural Hazards Earth System Sciences*, 11, 459-473;
2. ABAB, (2008), *Planul de Management al Spațiului Hidrografic Banat*;
3. Aldescu, C, (2010), *Studiul inundațiilor pe râul Timiș amenajat în concpetul "mai mult spațiu pentru râuri*, Universitatea "Politehnica" Timișoara;
4. Alexoaie, Laura, (2012), *Studiul privind integrarea zonelor umede în managementul inundațiilor*, Universitatea "Politehnica" Timișoar;
5. Allan Brimicombe, (2003), *GIS, environmental modelling and engineering*, Ed. Taylor & Francis, , London – New York;
6. America's Climate Choices: Panel on Adapting to the Impacts of Climate Change; National Research Council, (2010), *Adapting to the Impacts of Climate Change*, The National Academies Press, Washington DC, ISBN:978-0-309-14591-6;
7. Apel, H., Thielen, A., Merz, B., Blöschl, G., (2006), *A Probabilistic Modelling System for Assessing Flood Risks*, in *Natural Hazards*, vol. 38, nr. 1-2, available on <http://www.springerlink.com/content/64560n3887764083/>;
8. Arnaud-Fassetta, Gilles, Astrade, Laurent, Bardou, Eric, Corbonnois, Jeannine, Delahaye, Daniel, Fort, Monique, Gautier, Emmanuele, Jacob, Nicolas, Peiry, Jean-Luc, Piegay Herve, Penven, Marie-Josee, (2009), *Fluvial Geomorphology and flood-risk management*, en *Geomorphologie:relief, processus, environement*, 2/2009, Editeur:Groupe Francais de geomorphologie:no 2, pp. 109-128;
9. Associated Programme on Flood Management, (2007), *Formulating a basin flood management plan*, available on [http://www.apfm.info/pdf/ifm\\_tools/Tools\\_Basin\\_Flood\\_Management\\_Plan.pdf](http://www.apfm.info/pdf/ifm_tools/Tools_Basin_Flood_Management_Plan.pdf);
10. Associated Programme on Flood Management, (2008),*The role of land-use planning in flood management*, available on [http://www.apfm.info/pdf/ifm\\_tools/Tools\\_The\\_Role\\_of\\_Land\\_Use\\_Planning\\_in\\_FM.pdf](http://www.apfm.info/pdf/ifm_tools/Tools_The_Role_of_Land_Use_Planning_in_FM.pdf);
11. Associated Programme on Flood Management. *Urban flood risk management: a tool for integrated flood management*, March 2008, [http://www.apfm.info/pdf/ifm\\_tools/Tools\\_Urban\\_Flood\\_Risk\\_Management.pdf](http://www.apfm.info/pdf/ifm_tools/Tools_Urban_Flood_Risk_Management.pdf) (accessed on 30 March 2012);
12. Association of State Floodplain Managers, *Best practices on flood prevention protection and mitigation* [http://www.floods.org/PDF/Intl\\_BestPractices\\_EU\\_2004.pdf](http://www.floods.org/PDF/Intl_BestPractices_EU_2004.pdf);
13. Badea, L., Jordan, I., & Bugă, D. (. (1983-2005). *Geografia României.*: Editura Academiei Române, București;
14. Bădăluță Minda, C., (2008),*Contribuții la studiul inundațiilor produse de avariarea lucrărilor de apărare*, Universitatea Politehnica Timișoara;
15. Berman, R., Quinn, C., Paavola, J., (2012), *The role of institutions in the transformation of coping capacity to sustainable adaptive capacity*, *Environmental Development* 2, pp 86-100;
16. Bilașco, Ș. (2008). *Implementarea G.I.S. în modelarea viiturilor de versant*, Casa Cărții de Știință Cluj Napoca;

17. Bilașco, Ștefan, (2009), *Determinarea debitelor maxime probabile calculate prin intermediul analizei de frecvență*, Geographia Napocensis 1/2009, Ed. Casa Cărții de Știință, Cluj-Napoca, pag.19-24;
18. Bociort, L., (2012), *Studiul tranzitării debitelor de apă pe râurile îndiguite cu acumulări laterale*, Uniersitatea Politehnica Timișoara;
19. Booth, C., Hammond, F., Lamond, J. and Proverbs, D., eds. (2012), *Solutions to Climate Change Challenges in the Built Environment*. London: Blackwell. ISBN 9781405195072;
20. Brody, S.D., Highfield, W.E., (2013), *Open space protection and flood mitigation: A national study*, Land Use Policy 32, pp 89-95;
21. Brody, Samuek D, Highfields=, Wesley E. , (2013), *Open space protection and flood mitigation: A national study*, Land use Policy 32(2013) 89-95
22. Carlsson-Kanyama, A., Carlsen, H., Dreborg, KH, (2013), *Barriers in municipal climate change adaptation: Results from case studies using backcasting*, in Futures 49, pp 9-21;
23. CHAMLEY, H., (2003): *Geosciences, environment and man*. Elsevier Science, Amsterdam, pp. 527.
24. Chiriac, V., Filotti, A., Manoliu, I., (1980), *Prevenirea și combaterea inundațiilor*, ed. Ceres, București;
25. Chow, V.T., (1981), *Open Channel Hydraulics*, International student edition, Tosho printing Co., LTD., Tokyo, Japan, ISBN: 0-07-085906-x;
26. Comisia Comunității Europene. (2007). *Carte Verde a Comisiei către Consiliu, către Parlamentul European, către Comitetul Economic și Social European și către COmitetul Regiunilor*. Adaptarea la schimbările climatice în Europa - posibilitățile de acțiune ale Uniunii Europene. Bruxelles.
27. Comitee on Models in the Regulatory Decision Process, (2007), *Models in Environmental Regulatory Decision Making*, National Academy Press, Washington, D.C., ISBN : 0-309-11001-7, pp 286
28. Committee on FEMA Flood Maps; Board on Earth Sciences and Resources/Mapping Science Committee; National Research Council,( 2009), *"Mapping the Zone: Improving Flood Map Accuracy"*, NATIONAL ACADEMY PRESS, Washington, D.C., ISBN: 0-309-13058-1, 136 pages
29. Committee on Flood Control Alternatives in the American River Basin, National Research Council, *"Flood Risk Management and the American River Basin: An Evaluation"*, Ed. The National Academies Press, Washington, D.C., 1995, ISBN: 0-309-58839-1, pp. 256
30. Committee on Floodplain Mapping Technologies, National Research Council, (2007), *"Elevation Data for Floodplain Mapping"*, National Academies Press, Washington D.C., ISBN:0-309-66807-7, pp. 168
31. Committee on Reducing Stormwater Discharge. *Urban Stormwater Management in the United States*, Ed. The National Academies Press, Washington, D.C., 2008, ISBN: 0-309-12540-5, pp 610.
32. Committee on Risk-Based Analysis for Flood Damage Reduction, Water Science and Technology Board, National Research Council, *Risk Analysis and Uncertainty in Flood Damage Reduction Studies*, NATIONAL ACADEMY PRESS, Washington, D.C., 2000, ISBN 0-309-56982-6
33. Committee on Using Information Technology to Enhance Disaster Management, National Research Council, (2007), *"Improving Disaster Management: The Role of IT in Mitigation, Preparedness, Response, and Recovery"*, National Academies Press, Washington D.C.

34. Cook, Aaron, Merwade, Venkatesh, (2009), *Effect of topographic data, geometric configuration and modelling approach on flood inundation mapping*, Journal of Hydrology, 377(2009), 131-142
35. Czakó, V., (2013), *Drowning the suburb: settlement planning and climate change adaptation in a Hungarian metropolitan area*, Urban Research & Practice, Vol. 6, No.1, pp 95-109;
36. Davar, K. S., Henderson, J.M., Burrell, B.C., (2001), *Flood Damage Reduction*, in Water International, Volume 26, Number 2, Pages 162-176, available on <http://www.tandfonline.com/doi/pdf/10.1080/02508060108686901>
37. David, I. (2005), *Mathematisch Numerische Modellierung Technischer Systema*, Cuvillier Verlag Goettingen, 2005
38. David, I. (2013), *Bazele teoretice ale modelarii curgerii in albiei*, Proiect Leonardo („Development of knowledge centers for life-long learning by involving of specialists and decision makers in flood risk management usisng advanced Hydroinformatic tools”), DHI-UPT, 2012
39. David, I. *Hidraulica*, (1990) Vol. I, 2, Ed. Univ. Politehnica Timisoara, 1990
40. De Moel, H., van Alphen, J., Aerts, C.J.H., (2009), *Floods maps in Europe – methods, availability and use*, Natural Hazards Earth System Sciences 9, pp 289-301
41. Deltares, *Integrated Water Resources Management – Issues, Concepts and Trends*
42. DHI Water&Environment, (2007), *Mike 11, A Modelling System for Rivers and Channels*, [http://www.hydroeurope.org/jahia/webdav/site/hydroeurope/shared/Teams-2011/team1/Manuals/Mike\\_11\\_ref.pdf](http://www.hydroeurope.org/jahia/webdav/site/hydroeurope/shared/Teams-2011/team1/Manuals/Mike_11_ref.pdf)
43. Diaconu, C., & Șerban, P. (1994). *Sinteze și regionalizări hidrologice*. București: Editura Tehnică.
44. Directiva 2000/60/CE a Parlamentului și Consiliului European din 23 octombrie 2000 cu privire la stabilirea unui cadru de politică comunitară în domeniul apei, available on <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CONSLEG:2000L0060:20090625:RO:PDF>
45. Directiva 2007/60/CE a Parlamentului și Consiliului European din 23 octombrie 2007 cu privire la evaluarea și managementul riscului la inundații, accesată la 15.12.2011, available on <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2007:288:0027:0034:RO:PDF>
46. Douvinet Johnny, Delahaye, Daniel, (2010), *Caracteristiques des ‚crues rapides’ du nord de la France (Bassin parisien) et risques associes; en Geomorphologie:relief, processus, environement*, no 1, pp. 73-90;
47. Driessen, P., Riswick, H., (2011), *Normative aspects of climate adaptation policies*, Climate Law 2, pp 559-581;
48. Economic Commission for Europe, (2008), *Spatial Planning. Key instrument for development and effective governance with special reference to countries in transition*
49. Espada, R.Jr., Apan, A., McDougall, K., (2012), *Spatial modelling od adaptation strategies for urban built infrastructures exposed to flood hazards*, Brisbane Convention and Exhibition Centre, 13-14 September 2012;
50. Evers, M., (2012), *Participation in flood risk management: An introduction and recommendations for implementation*, Rapportserie Klimat och säkerhet;
51. Flood hazard map guidelines of the German Working Group of the Federal States on Water Issues (Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA)), (2006), Issued by the Ad-hoc Flood Committee of the German Working Group of the Federal States on Water Issues (LAWA), Matthias Löw, chairman

52. Folke, C., (2006), *Resilience: The emergence of a perspective for social-ecological systems analyses*, Global Environmental Change 16, pp 253-267;
53. Gallopin, G.C., (2006), *Linkages between vulnerability, resilience and adaptive capacity*, global Environmental Change 16, pp 293-303;
54. Ghițescu, M.A., (2010), *Analiza posibilităților și limitelor conceptelor de modelare a curgerilor în sistem 1D, 2D și 3D*, Ed. Politehnica, Timișoara
55. Giddens, A. (2009). *The politics of climate change*. Cambridge: Polity Press.
56. Giurma, I. (2003). *Viituri și măsuri de apărare*, Editura Gheorghe Asachi, Iași;
57. Global Water Partnership. (2000), available on <http://www.iwawaterwiki.org/xwiki/bin/view/Articles/IntegratedWaterResourcesManagementGWP2000>
58. Grecu, F. (2008). *Hazarde și riscuri naturale*. București: Editura Universitară.
59. Gül, G.O., Harmancioğlu, N., Gül, A., (2010), *A combined hydrologic and hydraulic modeling approach for testing efficiency of structural flood control measures*, Natural Hazards, 54, pp 245-260
60. Haidu, Ionel, (2002), *Analiza de frecvență și evaluarea cantitativă a riscurilor*, Rev. Riscuri și catastrofe, Editor V. Sorocovschi, Editura Casa Cărții de Știință, Cluj Napoca, p. 180-207.
61. Hall, J., Solomatine, D., (2008), *A framework for uncertainty analysis in flood risk management decisions*, Intl. J. River Basin Management, Vol. 6, No.2, pp 85-98;
62. Heltberg, R., Bennet Siegel, P., Jorgensen, S.L., (2009), *Addressing human vulnerability to climate change: Toward a 'no-regrets' approach*, Global Environmental Change, pp 89-99;
63. Hubbart, J. (2011). *Hydrologic cycle*. Retrieved from <http://www.eoearth.org/view/article/153627>
64. Ianoș, Gheorghe, Goian, Mircea, Pușcă, Iulian, (1995-1998), *Solurile Banatului*, ed. Mirton, Timișoara
65. IANOȘ, I., (2000): *Sisteme teritoriale. O abordare geografică*. Ed. Tehnică, București, pp. 197.
66. Ielenicz, Mihai, Comănescu, Laura, Mihai, Bogdan, Nedelea, Alexandru, Oprea, Răzvan, Pătru, Ileana, (1999), *Dicționar de geografie fizică*, ed. Corint, București, 504 pp, ISBN 973-9413-77-3
67. J. Schanze, "Flood Risk Management – a Basic Framework" in J. Schanze, E. Zeman, and J. Marsalek (Eds), "Flood Risk Management. Hazard, Vulnerability and Mitigation Measures" *NATO Science Series, IV. Earth and Environmental Sciences*, vol. 67, 2006, Springer, pp.1-20 .
68. Jha, A., Bloch, R. and Lamond, J. (2012) *Cities and flooding: A guide to integrated urban flood risk management for the 21st century*, Washington, DC: GFDRR/World Bank. ISBN 978-0-8213-8866-2
69. Keim, M.E., (2008), *Buildins Human Resilience: The role of public health preparedness and response as an adaptation to climate change*, Am J Prev Med 35(5), pp508-515;
70. Kreibich, H., Thielen, A.H., (2009), *Coping with floods in the city of Dresden, Germany*, in Natural Hazards, vol. 51, nr. 3, available on <http://www.springerlink.com/content/aq1411n453588715/>
71. Kron, W., (2005) *Flood Risk = Hazard • Values • Vulnerability*, in Water International, vol. 30, Number 1, pag. 58-68, available on <http://www.tandfonline.com/doi/pdf/10.1080/02508060508691837>



72. L'approche hydrogeomorphologique en milieux mediterraneens, (2007)
73. Lamond, J. and Proverbs, D. (2009) *Resilience to flooding: Learning the lessons from an international comparison of the barriers to implementation*, Urban Design and Planning, 162 (2). pp. 63-70. ISSN 1755-0793
74. Lamond, J., Booth, C., Hammond, F., Proverbs, D., *Flood Hazards: Impacts and Responses for the Built Environment*, Boca Raton, Florida: Taylor CRC Press. ISBN 9781439826256
75. Lelièvre, M-A., Buffin-Bélanger, T., Norneau, F., (), *L'approche hydrogéomorphologique pour la cartographie des zones à risque d'inondation dans les vallées de petites et moyennes tailles: un exemple commenté pour la Vallée de la Rivière-au-Renard*, Géorisques IV Geohazards;
76. Luger, N., Kundzewicz Z., Genovese, E., Hochrainer, S., Radziejewski, M., (2010), *River flood risk and adaptation in Europe—assessment of the present status*, in Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change, vol. 15, nr 7, available on <http://www.springerlink.com/content/x43867v4707un537/>
77. Maantay, J., Maroko, A., (2009), *Mapping urban risk: Flood hazards, race, & environmental justice in New York*, in Applied Geography, vol. 29, issue 1, pag.111-124
78. Man, T.E., Mateoc-Sîrb, N., (2008) *Dezvoltare rurală și regională durabilă a satului românesc*, Ed. Politehnica, Timișoara
79. Manual of River Restoration Techniques, RRC – Web Edition, 2002
80. Mavrova-Guirginova M., Pencheva, D, Belyashka, M., *Maps in the context of the european flood risk directive*, at 3rd INTERNATIONAL Conference On Cartography And Gis 15-20 June, 2010, Nessebar, Bulgaria
81. Meyer, V., Scheuer, S., Haase, D., (2009), *A multicriteria approach for flood risk mapping exemplified at the Mulde river, Germany*, in Natural Hazards, vol. 48, nr 1, available on <http://www.springerlink.com/content/5u76v2381t05771h/>
82. Michiel A. van Drunen \*, Susan A. van't Klooster, Frans Berkhout, (2011), *Bounding the future: The use of scenarios in assessing climate change*, in Impacts Futures 43 (2011) 488-496
83. Ministerul Mediului și Gospodăririi Apelor, C. M. (2006). *Raport privind efectele inundațiilor și fenomenelor meteorologice periculoase produse în anul 2005*.
84. Munteanu, Rodica, (1998), *Bazinul hidrografic al râului Timiș: studiu hidrologic*, ed. Mirton, Timișoara, 211 pp, ISBN [973-578-631-1](#)
85. Neuvela, J.M.M., van den Brink, A., (2009), *Flood risk management in Dutch local spatial planning practices*, in Journal of Environmental Planning and Management, 52: 7, 865 – 880
86. Nolberto Munier - *Introduction to sustainability. Road to a better future*, Springer, 2005
87. Otiman, P.I., Mateoc-Sîrb, N., Man, T.E., și colab. (2006) *Dezvoltarea rurală durabilă în România*, Ed. Academiei Române, București
88. Pahl-Wostl, C, Lebel, L., Knieper, C., Nikitina, E., (2012), *From applying panaceas to mastering complexity: Toward adaptive water governance in river basins*, in Environmental Science & Policy 23 (2012), pp 24-34
89. Petrow T., Thieken A.H., Kreibich H., Bahlburg C.H. & Merz B. *Improvements on Flood Alleviation in Germany: Lessons Learned from the Elbe Flood in August 2002*, in Environmental Management, Volume 38, Number 5, 2006, pp. 717-732.
90. Plan de Prevenire, Protecție și Diminuarea Efectelor Inundațiilor în Bazinul Hidrografic Banat, 2010

91. Popa, R., (1997), *Elemente de hidrodinamica râurilor*, ed. Didactică și pedagogică, București
92. Popescu, I.; Jonoski, A.; Van Andel, S. J.; Onyari, E.; Moya Quiroga, V.G., *Integrated modelling for flood risk mitigation in Romania: case study of the Timis-Bega river basin*, in International Journal of River Basin Management, Vol. 8, Nos. 3–4 (2010), pp. 269–280
93. Posea, Grigore, Grigore Mihai, Popescu, Nicolae, (1976), *Geomorfologie*, ed. Didactică și Peagogică, București,
94. Proverbs, D., Lamond,, (2008), *The barriers to resilient reinstatement of flood damaged homes*, Building resilience achieving efective post-disaster reconstruction;
95. Rădoane, Nicolae, (2002), *Geomorfologia bazinelor hidrografice mice*, Ed. Universității din Suceava, 255 pp, ISBN [973-8293-69-3](#)
96. Receanu, R., Pepa, A., Hertig, J.A ., (2012), *Estimation of extreme floods with a new distributed hydrological model*, procedins of 12-th International Multidisciplinary Scientific Geoconference 2012, vol III, Albena, Bulgaria, pp. 649-654.
97. RESTORE, (2013),*Rivers by design. Rethinking development and river restoration*, Published by Environment Agency, Horizon House, Deanery Road, Bristol BS1 5AH
98. Rusu, C. (coord.), *„Impactul riscurilor hidro-climatice și pedo-geomorfologice asupra mediului în bazinul Bârladului”*, ed. Performantica, Iași, 2008.
99. Rusu, R., Văduva, R., G. Crețu, (2012), *„Hydrologic effect of urbanization”*, SGEM 12th International Multidisciplinary Scientific GeoConference, Volume III, pp. 721-728, ISSN: 1314-2704
100. Samuels, P.G., Morris, M.W., Sayers, P., Creutin, J-D., Kortenhaus, A., Klijn, F., Mosselman, E., van Os, A., Schanze, J., (2009), *Advances in flood risk management from FLOODsite project*, Flood Risk Management and Practice – Samuels et al. (eds), Taylor & Francis Group, London, ISBN 978-0-415-48507-4;
101. Simionescu, I. (1939). *Pitorescul României*. București: Cartea Românească.
102. Smith K. & Petley D. *Environmental hazards: assessing risk and reducing disaster*. 5th edition. Ed. Routledge, London, 2009 pp. 383.
103. Stănescu, V.A., Drobot, R., (), *Hydrometeorological characterisation of the flood from the period 14-30 april 2005 in the Timi—Bega River basin*,
104. Teodorescu, N. I. (2010). *Analiza viiturilor din iarna 2009/2010 și din primăvara anului 2010 pe râul Bârzava*. Conferința Științifică Jubiliară, 28-30 septembrie 2010 (pg. 202-208).
105. Teodorescu, Nicolae Iulian, (2005), *Regimul scurgerii apei în bazinul reprezentativ Sebeș*, Ed. Mirton, Timișoara, 170 pp, ISBN [973-661-709-2](#)
106. Teodorescu, Niculae Iulian, (2007), *Hidrologia resurselor de apă dulce*, Ed. Mirton, Timișoara, 152 pp, ISBN [978-973-52-0098-5](#)
107. The Committee on Earth Observation Satellites,,(2003), *The use of earth observing satellites for hazard support: assessments and scenarios*. Final Report of the CEOS Disaster Management Support Group (DMSG), November, 2003.
108. The Institution of Civil Engineers, *„Learning to live with rivers”*, Latimer Trend, Plymouth, 2001, ISBN 0 7277 3104 1,
109. The Office of Public Works, Ireland, *„The Planning System and Flood Risk Management. Guidelines for Planning Authorities”*, November 2009

110. *The Planning System and Flood Risk Management*. September 2008, [http://www.offaly.ie/eng/Services/Environment/Publications/The Planning System and Flood Risk Management.pdf](http://www.offaly.ie/eng/Services/Environment/Publications/The_Planning_System_and_Flood_Risk_Management.pdf) (accessed on 23 March 2012)
111. Tickner, J., Raffensperger, C., (), *The precautionary principle in action. A handbook*, First Edition, Written for the Science and Environmental Health Network;
112. Timár, Gábor, Székely, Balázs, Molnár, Gábor, Ferencz, Csaba, Kern, Anikó, Galambos, Csilla, Gercsák, Gábor, Zentai László, (2008), *Combination of historical maps and satellite images of the Banat region – Re-appearance of an old wetland area*, *Global and Planetary Change*, 62 (2008), 29-38
113. TUNSTALL, S.M., JOHNSON, C.L., PENNING ROWSELL, E.C., (2004): *Flood Hazard Management in England and Wales: From Land Drainage to Flood Risk Management*, at World Congress on Natural Disaster Mitigation, 19-21.02.2004, New Delhi, Volume 2, pp. 447-454.
114. Ujvari, I. (1972). *Geografia apelor României*. București: Editura Științifică.
115. United Nations Economic Commission For Europe (UNECE), 2009, *Transboundary flood risk management: experiences from the UNECE region*, published by United Nations (UN),
116. United Nations Economic Commission For Europe (UNECE). *Spatial planning: Key Instrument for Development and Effective Governance with Special Reference to Countries in Transition*, 2008, available on [http://www.unece.org/fileadmin/DAM/hlm/documents/Publications/spatial\\_planning\\_e.pdf](http://www.unece.org/fileadmin/DAM/hlm/documents/Publications/spatial_planning_e.pdf) (accessed on 24 February 2012).
117. US ARMY Corps of Engineers, HEC RAS, (2010), *River Analysis System, Application Guide*, Version 4.1 [http://www.hec.usace.army.mil/software/hecras/documentation/HEC-RAS\\_4.1\\_Applications\\_Guide.pdf](http://www.hec.usace.army.mil/software/hecras/documentation/HEC-RAS_4.1_Applications_Guide.pdf)
118. Van Buuren, A., Driessen, P., van Rijswijk, M., Rietveld, P., Salet, W., Spit, T., Teisman, G., (2013), *Towards adaptive spatial planning for climate change: Balancing between robustness and flexibility*, *JEEPL*, 10.1, PP 29-53;
119. Van Druenen, M.A., van't Klooster, S.A., Berkhout, F., (2011), *Bounding the future : The use of scenarios in assessing climate change impact*, in *Future* 43 (2011), pp488-496 ;
120. Văduva, R., (2011), *Flood risk assessment using GIS*, Workshop-ul nr.1 din cadrul proiectului "Spre cariere de cercetare prin studii doctorale", Contract: POSDRU/107/1.5/S/77265 "Interdisciplinaritatea și managementul cercetării", 24-25 Noiembrie 2011, Universitatea „Politehnica” din Timișoara
121. Văduva, R., (2012) "The necessity of a flood risk management strategy for a sustainable rural development ", Review on agriculture and rural development, Scientific Journal of University of Szeged, Faculty of Agriculture 2012, supplement, Vol 1 (1), pp.464-469, ISSN 2063-4803
122. Văduva, R., (2012), *Flooding and spatial planning*, Workshop-ul nr.2 din cadrul proiectului "Spre cariere de cercetare prin studii doctorale", Contract: POSDRU/107/1.5/S/77265 "Interdisciplinaritatea și managementul cercetării in studiile doctorale ", 7-8 Iunie 2012, Universitatea din Oradea
123. Văduva, R., (2013), *The source-pathway-receptor-consequence model in the context of flood risk*; Workshop-ul nr.3 din cadrul proiectului "Spre cariere de cercetare prin studii doctorale", Contract: POSDRU/107/1.5/S/77265, "interdisciplinaritatea și managementul cercetării in studiile doctorale
124. Văduva, R., Rusu, R., (2012), "Land use planning to reduce the impact of flooding in urban areas", SGEM 12th International Multidisciplinary Scientific GeoConference, Volume III, pp. 761-767, ISSN: 1314-2704;

125. Văduva, R., Rusu, R., (2013), *Using the source-pathway-receptor-consequence model to create a safer community*, International Conference „ECOIMPULS 2013 - Environmental Research and Technology” , November 7 – 8, 2013 - Regional Business Center Timisoara, Romania
126. Văduva, R., Rusu, R., Isacu, M., David, I., (2013), *The importance of input data accuracy for flood inundation modelling*, International Conference „ECOIMPULS 2013 - Environmental Research and Technology” , November 7 – 8, 2013 - Regional Business Center Timisoara, Romania
127. Vergragt, P., Quist, J., (2011), *Backcasting for sustainability : Introduction to the special issue*, Technological Forecasting & Social Change 78 (2011), pp. 747-755
128. VIS, M., KLIJN, F., DE BRUIJN, K.M., VAN BUUREN, M., (2003): *Resilience strategies for flood risk management in the Netherlands*, in International Journal of River Basin Management, Volume 1, Number 1, pp. 33-40.
129. Vladimirescu, I., (1984), *Hidrologie*, Ed. Didactică și Pedagogică, București
130. Voiculescu, M., (2002), *Geografia mediului înconjurător. Fundamentare teoretică*, Ed. Mirton, Timișoara, 177 pp
131. White, G. (1945). *Human Adjustment to Floods: A Geographical Approach to the Flood Problem in the United States*. Chicago: University of Chicago.
132. Yan Huang, (2009), *Rapid flood risk assessment using GIS technology*, in International Journal of River Basin Management, vol. 7, issue 1, pag. 3-14
133. Zăvoianu, I. (2006). *Hidrologie*. Ediția a IV-a. București: Editura Fundației României de Mâine
134. \*\*\*, (2005), *Assessing uncertainties in environmental models: current approaches and key challenges*,
135. \*\*\*, *Handbook of good practices for flood mapping in Europe*, European Exchange circle on flood mapping
136. [http://www.anrp.gov.ro/uploads/CNP\\_TIMISOARA\\_2013/2013\\_TIMISOARA/Raport\\_de\\_evaluare\\_globala\\_Timisoara\\_2013.pdf](http://www.anrp.gov.ro/uploads/CNP_TIMISOARA_2013/2013_TIMISOARA/Raport_de_evaluare_globala_Timisoara_2013.pdf)
137. <http://www.cityoftulsa.org>
138. <http://www.cpiitimis.ro/>
139. <http://earth.unibuc.ro/>
140. <http://echo2.epfl.ch>
141. <http://srtm.csi.cgiar.org/>
142. <http://unfccc.int/2860.php>
143. <http://web.ics.purdue.edu/~vmerwade/education/georastutorial.pdf>
144. <http://www.environ.ie/en/Publications/DevelopmentandHousing/Planning/FileDownload,21708,en.pdf>, accessed on 25 February 2012.
145. <http://www.ipcc.ch/>
146. <http://www.planat.ch/en/specialists/risk-management/>, (accessed on 25 February 2012);
147. <http://www.rhone.equipement.gouv.fr/inondations-et-plans-de-prevention-r59.html>, Accessed on 15.05.2013
148. [http://www.unibuc.ro/uploads\\_ro/49903/1770/hazard\\_risc.pdf](http://www.unibuc.ro/uploads_ro/49903/1770/hazard_risc.pdf), Armaș, I., Riscuri naturale (cultura riscului), 2006, (accessed on 25 February 2012);
149. \*\*\*Administrația Națională de Meteorologie, Centrul Meteorologic Regional Banat-Crișana
150. \*\*\*Primăria Gătaia

## 172 ANEXA 1

Cantitatea lunară și anuală de precipitații (l/m<sup>2</sup>) la stația meteorologică Semenici (2000-2012)

Anul / luna	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	anual a
2000	142. 4	41.4	93.7	125. 4	74.8	11.9	115.6	41.5	96.5	7.9	31.8	74.7	857.6
2001	47.9	76.7	111. 3	138. 7	75.9	254.3	131.4	33.9	360.4	41.3	96	62.6	1430.4
2002	59.5	30	37.1	40.4	112.4	104.4	188.2	200.9	112.4	111.3	54.1	51.8	1102.5
2003	99.6	28.1	19.1	76	153.9	32.5	138.6	34.8	103.9	129.7	22.9	26.8	865.9
2004	119. 1	76.3	34.2	60	89.1	57.8	110.6	168.4	84.6	59.3	140	44	1043.4
2005	103. 4	92.2	53.5	146. 3	196.9	126	174.4	183.9	93.4	46.8	63.8	104. 1	1384.7
2006	43.3	76.4	86.6	98.4	145.3	161	129.4	422.8	31	26.6	43.2	29.2	1293.2
2007	104. 8	79.8	82.9	6.1	188.8	162.6	59.6	141.6	188	103	91.3	35	1243.5
2008	92.2	23.5	103. 7	71.6	107.6	106.8	165.2	37.8	139.9	113.3	107. 7	115. 2	1184.5
2009	55.3	92.1	135. 8	18.2	64.6	194.4	162.2	78.2	22.8	125	181	81.3	1210.9
2010	95.5	109. 7	86.1	120. 2	286.9	191.3	211.4	70.4	138.9	48.5	128. 1	158	1645
2011	53.7	38.3	28.2	59.3	89.9	120.1	261.5	11.8	12.2	44.5	2.3	87.1	808.9
2012	132. 9	101. 5	45.3	232. 1	209.1	110.8	181.8	24.4	62	114.8	46.5	63.1	1324.3
Media	88.4 3	66.6 2	70.5 8	91.7 5	138.0 9	125.6 8	156.1 5	111.5 7	111.2 3	74.76 9	77.5 9	71.7 6	1184.2 2

Cantitatea lunară și anuală de precipitații (l/m<sup>2</sup>) la stația meteorologică Reșița (2000-2012)

Anul / luna	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	anual a
2000	51.5	21.2	58.5	73.8	54.1	12.3	25.2	31.2	62.5	1	14.3	37.8	443
2001	37.7	34.3	63.5	113. 4	79.3	198. 7	53.9	39.6	183. 6	28.4	65.2	32.2	929.9
2002	16.4	10.8	12.3	30.7	37.2	109. 6	133. 2	102. 5	70.1	70.1	44	72.8	709.7
2003	76	16.1	7.7	51.7	85.6	17.4	157. 2	11.4	90.9	156. 8	27.4	23	721.2
2004	112. 5	60.9	20.9	71.6	70.4	49.2	104. 2	50.2	65.4	56.2	129. 3	45.3	836.1
2005	48.3	72.2	38	205. 3	121. 2	78.7	122. 6	181	77.6	34.6	32.1	88.9	1100.5
2006	26.7	52.7	59.9	139. 2	67.8	128. 6	63	188. 1	12.2	14.4	47.2	30.8	830.6
2007	80.5	76.6	79.7	13.2	131. 8	98.2	31.8	72.7	116. 8	92.2	75.8	36.3	903.6
2008	51.4	23.3	102. 6	81.6	78	78.4	70.6	45.8	73.8	64.8	82.5	83	835.8
2009	52.7	95.6	52.8	19.1	40	154. 8	61.6	53.8	6	125. 8	87.9	92.5	842.6
2010	66.5	68.7	41.9	69	154. 6	125. 6	109	45	40	39	43.7	78.5	881.5
2011	40.5	43.1	28.3	47.2 2	73.6	195. 6	5.4	14	27.4	0.8	75.6	652.7	
2012	94.1	46.9	25.3	105. 4	137. 4	26.8	60.4	11.2	32.4	87.6	25	77.3	729.8
Media	58.0 6	47.8 8	45.4 9	78.5 5	89.1 2	88.6 1	91.4 1	64.4 5	65.0 2	61.4 1	51.9 4	59.5 4	801.48

Cantitatea lunară și anuală de precipitații (l/m<sup>2</sup>) la stația meteorologică Banloc (2000-2012)

Anul/ Luna	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	anuala
<b>2000</b>	23.6	10.3	45.4	33	42.2	33.1	29	6.1	33.3	2.8	12.4	26.1	297.3
<b>2001</b>	22.3	31.1	45.7	110	40.9	149.6	51.4	25.2	155.5	23.5	64.3	13.7	733.2
<b>2002</b>	5.7	10.9	7.7	16.2	47.1	74.6	118.9	128.4	49.4	57.9	28.9	68.8	614.5
<b>2003</b>	56.9	19.1	7.7	31.6	51.8	47.2	85.6	18.6	67.6	117	32.7	20.2	556
<b>2004</b>	55.5	35	19	44.2	34.7	43.8	61	84.5	33.4	44	126	49.4	630.5
<b>2005</b>	37.3	76	27.9	105.9	32.9	54.8	160.4	253.9	53.3	16.3	12.3	84.2	915.2
<b>2006</b>	23.6	38.6	64.7	77.3	34.6	102.3	15.5	133.9	9	16.8	27.2	31.4	574.9
<b>2007</b>	39.9	77.4	64	0.4	66.6	56.4	22.3	83.3	65.2	79	85.5	23.4	663.4
<b>2008</b>	21.9	8.7	56.8	58.9	57.2	72.6	21.9	29.9	54.8	13.8	55.1	59.4	511
<b>2009</b>	42.9	38.6	50.8	8.8	42.7	115.6	115.2	56.9	0	87.2	97.8	86	742.5
<b>2010</b>													
<b>2011</b>	50.3	70.4	34.3	37.9	84.6	48.3	29.8	52.3	30.1	38.2	45.9	51.5	573.6
<b>2012</b>	38.3	41.1	23	23.7	70.6	40.6	141.8	22.2	13	42.8	0.4	34.4	491.9
<b>Media</b>	64.7	61.6	6.6	59	55.2	18.2	120.6	4.8	19.8	61	23.6	65.3	560.4
	37.15	39.91	34.89	46.68	50.85	65.93	74.88	69.23	44.95	46.18	47.08	47.22	604.95

## Măsuri propuse în PPPDIB pentru BH Bârzava

Râul	Localitatea	Tipuri de lucrări	Capacități
Bârzava	Reșița	Zid mal stâng P517-P495, P493-P485; P453-P449; P447-P416 Zid mal drept: P507-P471; P484-P465; P452-P415	- 11.782 km dig nou - 37.469 km supraînălțare diguri - 20.345 km zid de sprijin
	Bocșa	Supraînălțare dig mal drept P379-P371 - P369; P347-P353 Supraînălțare dig mal stâng P373-(P371-100 m); P343-(P342+100 m); (P338-50m)-(P338+65m) Supraînălțare zid mal stâng (P371-100 m) - P379; P3344-P343; (P342+100m)-(P338-50 m)	
	Berzovia	Dig mal stâng P278-P269	
	Șoșdea	Supraînălțare dig mal stâng P208-P180; P175-P172 Supraînălțare dig mal drept P182-P190	
	Gătaia	Dig mal stâng p165-P155 Dig mal drept P164-P157 Dig mal stâng P104.74 - P166	
	Berecuța. Mănăstire. Sângeorge. Rovinița Mare	Supraînălțare dig mal stâng P104-P101. P99-P96; Dig mal stâng P84-P78. Supraînălțare dig mal stâng (P70+130)-(P67-40) ; (P65+45)-(P64-65); (P63-60)-(P62-80); (P59+125)-(P57-75). P48-P46; Supraînălțare dig mal drept (P77-P45)	
	Denta	Dig mal stâng P30-P27	
Birdanca	Birda	Supraînălțare dig mal stâng P58-P54 Supraînălțare dig mal stâng P54-P44-P42-P25	- 4.073 km zid de sprijin - 9.736 km supraînălțare diguri
	Deta	Zid beton ambele maluri P21-P12 Zid beton mal stâng P12-P10	
Bârzăvița	Reșița	Zid mal drept P1-P11 Zid mal stâng P1-P6+50 m	- 2.034 km zid de sprijin
Secu	Secu	Zid din beton P17-P28	- 1.388 km zid de sprijin
Valea Mare	Reșița	Zid beton P1-P9	- 1.583 km zid



			de sprijin
Valea Doman	Reșița	Zid beton mal stâng P1-P11	- 1.077 km zid de sprijin
Fizeș	Doclin	Zid mal stâng + mal drept P76-P83	- 0.909 km zid de sprijin
Moravița	Bocșa	Zid ambele maluri P0-P4; Supraînălțare zid ambele maluri P4-P6. Zid (parapet) ambele maluri P6-P9	- 3.427 km zid de sprijin - 0.857 km supraînălțare zid de sprijin
Moravița_N	Peroscova	Supraînălțare dig mal stâng P0.1-P27. Supraînălțare dig mal drept P0.8-P27. Dig mal stâng P27-P28	- 2.549 km dig nou - 1.115 km zid de sprijin
	Butin	Dig mal drept P39-P42+300 m	- 22.040 km supraînălțare diguri
	Șemlacu Mic	Dig mal stâng P54-P57	
	Șemlacu Mare	Dig mal stâng P61-P64	
Semnița	Lătunaș	Zid mal drept P44-P37. Zid mal stâng P44-P38	- 4.575 km zid de sprijin
Terova	Terova	Zid mal stâng P19-(P11-50); Zid mal drept (P17.5-80)-(P11.5-50)	- 2.101 km zid de sprijin
Văița	Perosova	Dig mal stâng P0-P5	- 1.09 km dig nou
Vornic	Ramna	Dig mal stâng P0-P5. Zid mal stâng P5-P16; Zid mal drept P16-P12; Zid mal drept l=200 m in amonte de P16	- 1.331 km dig nou - 5.387 km zid de sprijin

## Măsurile de reducere a impactului inundațiilor în orașul Tulsa, SUA

**Tulsa, un exemplu de management eficient al arealelor inundabile și a atenuării hazardului la inundații** (sursa: [www.cityoftulsa.org](http://www.cityoftulsa.org))

Orașul Tulsa din statul Oklahoma, Statele Unite al Americii este un exemplu elocvent de management eficient al inundațiilor și de reducere a hazardului la inundații. Tulsa este numit „cel mai american oraș al Americii”, iar aceasta o demonstrează vârsta, rasa, veniturile și atitudinea cetățenilor; orașul o piață de testare pentru noi produse, iar dacă acestea funcționează în Tulsa, înseamnă că vor avea succes și în altă parte. De asemenea, problemele legate de inundații caracteristice orașului reprezintă probleme și ale altor orașe din America.

Orașul Tulsa s-a dezvoltat în lunca râului Arkansas, iar problemele legate de inundații au devenit tot mai frecvente. Până în 1970, răspunsul la aceste probleme a fost cel tradițional (activități de răspuns pentru situații de urgență, recuperare, reconstrucție și refuzul posibilității ca un eveniment asemănător să aibă loc. Măsurile de protecție oferă un fals sentiment de securitate, care a condus la dezvoltarea construcțiilor în luncile râurilor sau în câmpiile inundabile. Inundațiile au continuat să producă pagube materiale, iar managementul deficitar al dezvoltării a făcut posibilă implicarea comunității, aceasta încercând astfel să oprească dezvoltarea în arealele vulnerabile (și chiar demolarea a 33 de case din zona inundabilă).

O dată cu inundațiile din 1976 au început să fie elaborate și primele politici de management al inundațiilor, noi reglementări în domeniul drenajului și al construirii, instituirea sistemelor de alertă și avertizare și planificarea dezvoltării. În 1978, orașul a primit dreptul de control al peisajului (inclusiv a luncilor și a râurilor), prin adoptarea unei ordonanțe, iar de atunci măsurile (nonstructurale) adoptate s-au axat pe corectarea cauzelor care conduc la consecințe negative, inclusiv prin demolarea celor mai vulnerabile clădiri). În urma inundației din 1984 s-a luat constatat că fiecare cetățean contribuie la producerea inundațiilor, deci fiecare ar trebui să plătească pentru a preveni evenimentul, adică să contribuie pentru a construi un oraș mai sigur.

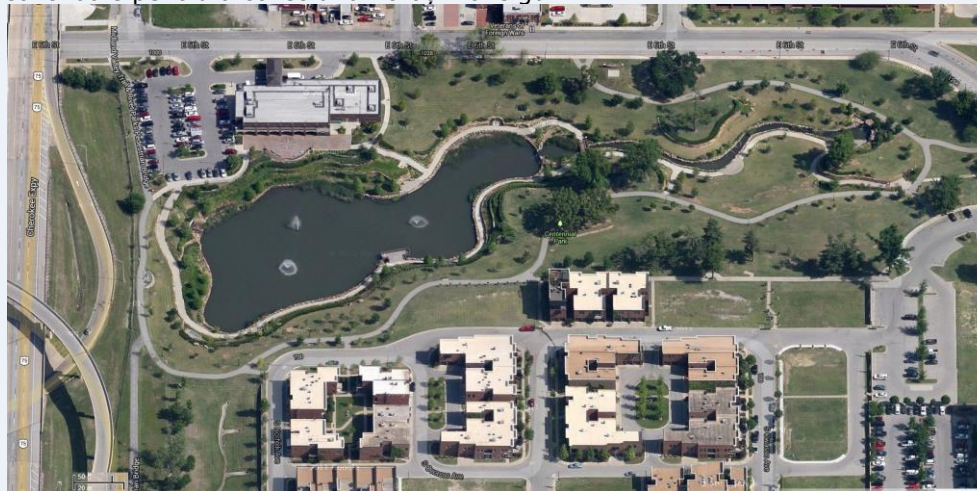


Fig. A. Amenajarea parcului Centennial, Tulsa, pentru a stoca apele pluviale, în același timp putând fi utilizat și ca spațiu de agrement (sursa: <https://www.google.ro/maps/>)

Trei ani mai târziu, a început colectarea taxelor\* pentru a pune în aplicare planurile de control al inundațiilor. În 1986, breșele apărute la barajul Keystone au condus la inundarea comunităților din aval, iar în Tulsa apariția breșelor într-un dig privat a cauzat pagube de 1,3 milioane de dolari unui număr de 64 de clădiri.

Aceste evenimente au subliniat și mai mult necesitatea unui program complex de management al inundațiilor, care să se deruleze pe întreg bazinul hidrografic, începând de la izvor și până la vărsare. În prezent, programele de management al inundațiilor se bazează pe integrarea sistemului natural, ce include managementul bazinului și fonduri special alocate pentru întreținere și intervenții. Dacă până la inundațiile din 1984, în Tulsa existau 57 de iazuri pentru stocarea apelor pluviale. Până în anul 2000 erau deja 85 de bazine de retenție a apei din precipitații, plus alte măsuri administrate și întreținute de oraș.

Taxele încasate de la fiecare consumator, taxe din venituri pe vânzări sau de emiteri de obligațiuni sunt utilizate pentru finanțarea proiectelor de management al inundațiilor, precum proiectele ce vizează drenajul apelor pluviale, achiziția de terenuri pentru a construi noi bazine de retenție a apei, îmbunătățiri ale drenajului bazinului etc. Taxele pentru apa meteorică sunt folosite în special pentru întreținerea sistemelor de canalizare, stații de pompare, rigole, șanțuri. Sedimentele și materialele depuse care pot bloca scurgerea apei în canale sau bazine de retenție sunt înlăturate periodic, pentru a menține aceste sisteme în limitele normale de funcționare.

O dată ce orașul deține terenurile, acestea sunt scoase de pe piața terenurilor și sunt folosite pentru o largă varietate de activități, în special spații verzi pentru recreere sau zone pentru stocarea și drenajul apei.

\* Taxele consumatorilor rezidențiali – 5,43 \$/lună (1 ESU\*\*)

Taxele consumatorilor comerciali, industriali sau locuințe multifamiliale-5,43 \$/lună pentru fiecare ESU\*\*

\*\*ESU (Equivalent Service Unit) – este un indice care reflectă costul anual proiectat pentru întreținerea a aproximativ 250 m<sup>2</sup> (2650 square foot) ai unei proprietăți



Fig. B. Spații de retenție a apelor pluviale în Centennial Park, Tulsa (Sursa: <https://www.cityoftulsa.org/city-services/flood-control.aspx>)

