

Contribuții la optimizarea schemelor de
amenajare, utilizând soluții non-
structurale, Dezvoltarea și aplicarea
indicilor de vulnerabilitate la inundații
pentru diverse scări spațiale

Teză destinată obținerii titlului de doctor inginer la
Universitatea „Politehnica” din Timișoara
În domeniul INGINERIE CIVILĂ de către

Ing. Stefania Florina BALICA

Conducător științific:	prof.univ.dr.ing. Gheorghe Crețu
Referenți științifici:	prof.univ.dr.ing. Dan Stematiu
	prof.univ.dr.ing. Radu Drobot
	prof.univ.dr.ing. Petru Boeriu

Ziua susținerii tezei: 06.07.2007

Seriile Teze de doctorat ale UPT sunt:

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

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

Copyright © Editura Politehnica – Timișoara, 2006

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

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

Cuvânt înainte

Teza de doctorat a fost elaborată pe parcursul activității mele în cadrul Universității "Politehnica" din Timișoara, Facultatea de Hidrotehnică sub îndrumarea directă a domnului profesor univ.dr.ing. Gheorghe Crețu.

Pornind de la faptul că populația de pe întreg cuprinsul globului este vulnerabilă în fața dezastrelor naturale. În ultimii ani, impactul inundațiilor a devenit din ce în ce mai important datorită numărului crescând de persoane expuse efectelor sale negative. Teza se referă la studiul indexului de vulnerabilitate la inundații, dezvoltarea unui astfel de index de vulnerabilitate pentru inundații și aplicarea lui pe diferite arii la nivel național și internațional, are relevanță prin aducere de contribuții la optimizarea schemelor de amenajare aparținând bazinelor hidrografice, sub-bazinelor și chiar ariilor mai mici, cum ar fi așezările urbane.

De asemenea, în România, subiectul vulnerabilității la inundații este de mare necesitate, această teza, cercetând termenul de vulnerabilitate la inundații în profunzime la nivel științific.

Atât pe plan mondial, cât și pe plan local există cerințe pentru o clasificare a vulnerabilității la inundații, luându-se în considerație mai mulți factori, în acest fel favorizând acționarii în luarea deciziilor astfel diminuându-se sumele investițiilor.

Doresc să mulțumesc tuturor celor care m-au ajutat și mi-au fost alături pe parcursul acestor ani, îndeosebi Prof.univ.dr.ing. Gheorghe Crețu, coordonatorul tezei, comisiei de doctorat și familiei mele.

Balica, Ștefania Florina

Contribuții la optimizarea schemelor de amenajare, utilizând soluții non-structurale

Teze de doctorat ale UPT, Seria 5, Nr. 13, Editura Politehnica, 2007, 179 pagini, 80 figuri, 17 tabele, 10 anexe.

ISSN: 0000-0000

Cuvinte cheie: indici de vulnerabilitate, expunere la inundații, susceptibilitate la inundații, reziliență la inundații, managementul riscului de inundații

Rezumat: Populația de pe întreg cuprinsul globului este vulnerabilă în fața dezastrelor naturale, care sunt în creștere datorită consecințelor dezvoltării socio-economice, îmbunătățirilor funciare și schimbărilor climatice. În ultimii ani, impactul inundațiilor a devenit tot mai important, ca urmare a numărului tot mai mare de oameni care suferă de pe urma efectelor negative ale acestora.

În această teză de doctorat este elaborată o metodologie de calcul a *indexului de vulnerabilitate la inundații*, pe baza unor indicatori, scopul fiind acela de a evalua condițiile care favorizează apariția pagubelor în urma inundațiilor la diverse nivele: bazin hidrografic, subbazin și zonă urbană. Această metodologie poate fi folosită ca un instrument în luarea deciziilor privind investițiile directe în sectoarele unde există cea mai mare nevoie. Implementarea sa ar putea ghida factorii de decizie în activitățile de analiză pentru o mai bună abordare în caz de inundații.

Metodologia implică două concepte. Interacțiunea dintre factorii de vulnerabilitate și componente servește drept bază a metodologiei propuse.

Metodologia elaborată face distincția între diverse scări ale vulnerabilității la inundații: bazinul hidrografic, subbazinul și zona urbană. Aceasta permite o interpretare mai profundă a indicatorilor locali și evidențiază acțiunile care ameliorează vulnerabilitatea la inundații în punctele sale cheie.

Metodologia a fost aplicată în studii de caz la diverse scări, rezultând observații interesante despre cum poate fi reflectată vulnerabilitatea prin indicatori cuantificabili. Rezultatele testelor indică faptul că FVI al unui bazin hidrografic în ansamblu poate fi reflectat mai bine de FVI mediu al subbazinelor sale, îmbunătățind astfel procesele de luare a deciziilor la nivel regional. Totuși, FVI mediu al zonelor urbane nu reflectă FVI al subbazinului sau al bazinului hidrografic în care sunt situate.

Rezumat	9
Abstract	11
Cap. 1. Introducere	13
1.1 Motivație și date generale.....	13
1.2 Necesitatea problemei	22
1.3 Obiective.....	22
1.4 Metodologie	23
Cap. 2. Conceptualizarea vulnerabilității	24
2.1 Ce este vulnerabilitatea? Cine este vulnerabil?.....	24
2.2 Vulnerabilitatea la inundații	28
2.3 Abordarea sistematică	30
2.3.1 Sistemul resurselor de apă.....	30
2.3.2 Inundațiile și sistemul resurselor de apă	32
2.4 Factori de vulnerabilitate la inundații.....	34
2.4.1 Expunerea	34
2.4.2 Susceptibilitatea.....	36
2.4.3 Reziliența	38
2.4.4 Rezumat.....	39
Cap. 3. Indicatorii de vulnerabilitate	43
3.1 Indicatorii de vulnerabilitate ai mediului	44
3.2 Indicatorii de vulnerabilitate socială.....	45
3.3 Indexul Compus de Vulnerabilitate pentru State Insulare Mici (CVI _{SI5})	50
3.4 Riscul Global și Indicatorii de Vulnerabilitate	52
3.5 Indicatorii de vulnerabilitate a Climei	56
3.6 Indicatorii de Vulnerabilitate la Inundații	59
3.6.1 Indexul existent de vulnerabilitate la Inundații	59
3.6.2 Indexul de Vulnerabilitate la Inundații aplicat principalelor bazine hidrografice ale lumii.....	59
3.6.2.1 Indexul de vulnerabilitate la Inundații aplicat bazinelor hidrografice din Filipine	61
3.7 Rezumat	63
Cap. 4 Dezvoltarea Indicilor de Vulnerabilitate la Inundații pentru diverse scări	63

4.1	Introducere.....	63
4.2	Identificarea indicatorilor cheie ai FVI dezvoltat.....	63
4.3	Scara Bazinului Hidrografic	68
4.3.1	Componente și indicatori cheie	69
4.3.2	Ecuțiile.....	71
4.4	Scara subbazinului hidrografic	75
4.4.1	Componente și indicatori cheie	76
4.4.2	Ecuțiile.....	78
4.5	Scara Urbană	82
4.5.1	Componente și indicatori cheie	83
4.5.2	Ecuțiile.....	85
4.6	Rezumat	88
Cap. 5 Testarea Metodologiei de obținere a Indicilor de Vulnerabilitate la Inundații la diverse scări.....		88
5.1	Introducere.....	88
5.2	Studiu de caz: Descrierea a trei cazuri la scara Bazinului Hidrografic.....	89
5.2.1	Bazinul hidrografic al Dunării.....	89
5.2.2	Bazinul hidrografic al Rinului.....	91
5.2.3	Bazinul hidrografic al râului Mekong.....	93
5.2.4	Colectarea datelor pentru studiile de caz al bazinelor hidrografice	94
5.3	Rezultate și discuții la scara bazinului hidrografic	99
5.3.1	Componenta Socială	99
5.3.2	Componenta Economică	100
5.3.3	Componenta de Mediu	102
5.3.4	Componenta fizică.....	103
5.3.5	Sumarul rezultatelor.....	104
5.4	Studiu de caz: Descrierea studiilor de caz la scara Subbazinului hidrografic	107
5.4.1	Subbazinul.....	107
5.4.2	Subbazinul Timișului.....	108
5.4.3	Subbazinul Begăi.....	109
5.4.4	Subbazinul Neckar.....	110
5.4.5	Subbazinul râului Mun.....	111

5.4.6 Colectarea datelor în studiile de caz pentru subbazine hidrografice	112
5.5 Rezultate și discuții privind scara subbazinului	113
5.5.1 Componenta socială.....	113
5.5.2 Componenta economică	114
5.5.3 Componenta de mediu.....	118
5.5.4 Componenta fizică.....	119
5.5.5 Sumarul rezultatelor.....	121
5.5.6 Analiza detaliată a rezultatelor de la scara bazinului hidrografic la scara subbazinului.....	121
5.6 Studiu de caz: Descrierea studiilor de caz la scară urbană	125
5.6.1 Orașul Timișoara, România	125
5.6.2 Orașul Mannheim, Germania	125
5.6.3 Orașul Phnom Penh, Cambodgia	126
5.6.4 Colectarea datelor pentru studiile de caz la scară urbană.....	127
5.7 Rezultate și discuții pentru scara urbană	127
5.7.1 Componenta socială.....	127
5.7.2 Componenta Economică	128
5.7.3 Componenta de mediu.....	131
5.7.4 Componenta fizică.....	132
5.7.5 Sumarul rezultatelor.....	133
5.7.6 Analiza detaliată a rezultatelor de la scara bazinului hidrografic la scara ariei urbane.....	135
Cap. 6 Discuții	139
Cap. 7 Concluzii și perspective	141
7.1 Concluzii	141
7.2 Lucrări viitoare și perspective	142
7.3 Principalele contribuții aduse de această teză	143
7.3.1 Studiul teoretic al factorilor de vulnerabilitate.....	144
7.3.2 Sinteza metodelor de vulnerabilitate.....	145
7.3.3 Determinarea și abordarea sistemului resurselor de apă	145
7.3.4 Identificarea și dezvoltarea indicatorilor cheie ai Indexului Vulnerabilității la Inundații	145
7.3.5 O metodologie nou dezvoltată.....	145

7.3.6 Standardizarea rezultatelor	146
7.3.7 Aplicații ale FVI	146
Cap. 8 Referințe	147
Anexe.....	159

Rezumat

Populația de pe întreg cuprinsul globului este vulnerabilă în fața dezastrelor naturale, care sunt în creștere datorită consecințelor dezvoltării socio-economice, îmbunătățirilor funciare și schimbărilor climatice. În ultimii ani, impactul inundațiilor a devenit tot mai important, ca urmare a numărului tot mai mare de oameni care suferă de pe urma efectelor negative ale acestora.

În această teză de doctorat este elaborată o metodologie de calcul a *indexului de vulnerabilitate la inundații*, pe baza unor indicatori, scopul fiind acela de a evalua condițiile care favorizează apariția pagubelor în urma inundațiilor la diverse nivele: bazin hidrografic, subbazin și zonă urbană. Această metodologie poate fi folosită ca un instrument în luarea deciziilor privind investițiile directe în sectoarele unde există cea mai mare nevoie. Implementarea sa ar putea ghida factorii de decizie în activitățile de analiză pentru o mai bună abordare în caz de inundații.

Metodologia implică două concepte. În primul rând, vulnerabilitatea, care acoperă alte trei concepte legate între ele și numite factori de vulnerabilitate: *expunerea, susceptibilitatea și reziliența*. Celălalt concept se referă la inundațiile propriu-zise; la a înțelege care elemente ale unui sistem suferă de pe urma acestui dezastru natural. Sunt recunoscute patru componente principale ale unui sistem care sunt afectate de inundații: *componenta socială, cea economică, de mediu și cea fizică*. Interacțiunea dintre factorii de vulnerabilitate și componente servește drept bază a metodologiei propuse.

Metodologia elaborată face distincția între diverse scări ale vulnerabilității la inundații: bazinul hidrografic, subbazinul și zona urbană. Aceasta permite o interpretare mai profundă a indicatorilor locali și evidențiază acțiunile care ameliorează vulnerabilitatea la inundații în punctele sale cheie. În comitetele internaționale, scările mai mari permit identificarea și elaborarea planurilor de acțiune necesare pentru a face față inundărilor și inundațiilor. La rândul lor, scările mai mici au scopul de a îmbunătăți procesul de luare a deciziilor (pe plan local) prin selectarea planurilor de acțiune de reducere a vulnerabilității la nivel local și regional.

Metodologia a fost aplicată în studii de caz la diverse scări, rezultând observații interesante despre cum poate fi reflectată vulnerabilitatea prin indicatori cuantificabili. Rezultatele testelor indică faptul că FVI al unui bazin hidrografic în ansamblu poate fi reflectat mai bine de FVI mediu al subbazinelor sale, îmbunătățind astfel procesele de luare a deciziilor la nivel regional. Totuși, FVI mediu al zonelor urbane nu reflectă FVI al subbazinului sau al bazinului hidrografic în care sunt situate.

Pentru a înțelege pe deplin capacitatea metodologiei FVI, se recomandă continuarea cu alte studii de caz pentru a se găsi alți indicatori mai utili, pentru a se perfecționa ecuațiile și pentru a se îmbunătăți conceptele. În plus, o rețea internațională de institute de cercetare ar putea contribui la perfecționarea vulnerabilității la inundații la diverse scări.

Abstract

Human population world wide is vulnerable to natural disasters, which are increasing due to the consequences of socio-economical and land-use developments and due to climate change. In recent years the impacts of floods have gained importance because of the increasing amount of people who are affected by its adverse effects.

In this study a methodology to compute a *flood vulnerability index*, based on indicators, is developed, aiming at assessing the conditions which favour flood damages at various levels: river basin, sub-catchment and urban area. This methodology can be used as a tool for decision making to direct investments at the most needed sectors. Its implementation could guide policy makers to analyse actions towards better dealing with floods.

The methodology involves two concepts. First, vulnerability, which covers three related concepts called factors of vulnerability: *exposure*, *susceptibility* and *resilience*. The other concept concerns the actual flooding; understanding which elements of a system is suffering from this natural disaster. Four main components of a system are recognized which are affected by flooding: *social*, *economical*, *environmental* and *physical components*. The interaction between the vulnerability factors and the components serves as the base of the proposed methodology.

The developed methodology distinguishes different spatial scales of flood vulnerability: river basin, sub-catchment and urban area. This allows a more in-depth interpretation of local indicators and pinpoints actions to diminish focal spots of flood vulnerability. The larger scales in international committees to identify and develop necessary plans actions to deal with floods and flooding. The smaller scales aim to improve the (local) decision making process by selecting action plans to reduce vulnerability at local and regional levels.

The methodology has been applied in various case studies spatial scales, which resulted in interesting observations on how vulnerability can be reflected by quantifiable indicators. The testing results indicate that the FVI of a river basin as a whole can be better reflected by the average FVI of its sub-catchments, thereby improving decision-making processes at regional levels. However, the average FVI of urban areas does not reflect the FVI of the sub-catchment or river basin in which they are located.

To fully understand the capacity of the FVI methodology, it is recommended to continue with additional case studies to carry on with the search for more useful indicators, refinement of the equations and enhancement of the concepts. In addition, an international network of knowledge institutes could contribute to the further development of flood vulnerability at different spatial scales.

Keywords: vulnerability indices, flood exposure, flood susceptibility, flood resilience, flood risk management

Cap. 1. Introducere

1.1 Motivație și date generale

Populația de pe întreg cuprinsul globului este vulnerabilă în fața dezastrelor naturale. În ultimii ani, impactul inundațiilor a devenit din ce în ce mai important datorită numărului crescând de persoane expuse efectelor sale negative.

Inundațiile sunt evenimente naturale repetabile care apar de-a lungul cursurilor de apă. Ele sunt de obicei descrise prin frecvența cu care se repetă. Inundația la 100 de ani ("100-year flood") sau zona acoperită de inundația la 100 de ani ("100-year floodplain") descrie un eveniment sau o zonă având șansa de 1% de a fi inundată în decursul unui an dat.

Frecvența inundațiilor depinde de climă, de materialul din care sunt constituite malurile cursului de apă, și de panta albiei. Acolo unde cad cantități substanțiale de precipitații în decursul unui anotimp determinat al fiecărui an, sau acolo unde inundațiile anuale provin în principal din topirea zăpezilor, aria inundabilă poate fi inundată aproape anual, chiar și de-a lungul cursurilor mari de apă cu diferențe foarte mici de nivel. În regiunile cu perioade scurte de temperaturi sub limita înghețului, inundațiile apar în anotimpul cu cele mai multe precipitații (Agenția Statelor Unite, 1991). În unele zone, inundațiile apar datorită incidenței cicloanelor, a uraganelor, a mareelor înalte sau a valurilor tsunami.

Inundațiile și inundarea sunt doi termeni frecvent confundați în discuțiile privind teme legate de cote înalte ale apei sau debitul maxim. Termenii sunt definiți după cum urmează:

Inundarea este "definită drept existența temporară a unui luciului de apă (râu, lac, mare), în care nivelul apei și/sau debitul depășește o anumită valoare, ieșind din albia obișnuită;" aceasta nu rezultă neapărat în inundație (Douben, 2006a), conform legislației europene în vigoare 2000/60/CE, inundarea este submersia temporară a apei într-un teren normal neimpermeabil.

Inundația este definită drept revărsarea sau depășirea limitelor normale ale unui râu, ale unui lac, ale unei mări, a unui pârâu sau a unei acumulări de apă ca rezultat al unor precipitații bogate prin lipsa sau depășirea capacității de preluare a canalelor de scurgere, sau topirea zăpezii, deteriorarea barajelor sau a digurilor afectând zone care în mod normal nu sunt sub apă (Douben și Ratnayake, 2005), conform Directivei Cadru a Apei, inundația este efectul precipitațiilor în abundență, inundațiile sunt fenomene naturale care nu pot fi evitate; oricum activitatea umană contribuie la determinarea probabilităților și creșterea efectelor dezastruoase.

Tipuri de inundații

Se pot distinge cinci tipuri diferite de inundații: inundații de coastă, revărsări de râuri, viituri, inundații urbane și revărsări de lacuri (MunichRe, (2007), Directivei Cadru a Apei 2000/60/CE).

Inundațiile de coastă

Pot apărea pe coastă și de-a lungul malurilor marilor lacuri (MunichRe, 2007). Inundațiile apar de obicei atunci când furtunile se suprapun valurilor înalte și pot include acoperirea malurilor sau spargerea lor. Inundațiile de coastă pot fi produse și de valurile numite tsunami, valuri de o înălțime neobișnuită produse de vulcani sau în urma cutremurelor din oceane.



Figura 1-1 Inundații de coastă (Winthrop Maine) [Live Science]

Uraganele și furtunile tropicale pot produce căderi masive de precipitații, sau pot aduce apa oceanului pe litoral. Au un potențial distructiv deosebit și pot duce la pierderea a sute de mii de vieți.

Creșterea accelerată a nivelului mării care se așteaptă să apară în urma schimbării și creșterii variațiilor climei vor mări riscul apariției mareelor de furtună și eroziunii coastelor pe tot globul — și acesta va fi unul din cele mai distrugătoare efecte ale încălzirii globale.

Nivelurile inundațiilor de coastă (Riscurile NYC, 2007) — clasificate ca minore, moderate sau majore — se calculează pe baza cantității de apă care se ridică

deasupra valului normal într-o zonă particulară a mării. Acest tip de inundație poate fi foarte distructiv (Natural Environmental, 2007).

Revărsările de riuri

Revărsările de riuri sunt un fenomen natural. Unele inundații apar sezonier când zăpada se topește și se asociază cu ploile de primăvară. Apa umple prea rapid albiile rîurilor, iar rîul își inundă malurile. Revărsările de riuri pot fi și efectul precipitațiilor bogate care cad de-a lungul citorva zile pe o suprafață mare de teren. Solul devine saturat și nu mai poate absorbi apă, astfel încît ploaia se scurge direct în riuri (Hoyt, 1955).

Revărsările de riuri nu apar brusc ci treptat – chiar dacă într-un timp scurt. De regulă, durează de la cîteva zile la cîteva săptămîni. Zona afectată poate fi întinsă dacă albia rîului este plată și largă iar rîul are un debit mare.

Revărsările de riuri au și efecte negative indirecte ca lipsa alimentelor și a apei potabile și răsîndirea bolilor (Douben, 2006b).



Figura 1-2 Revărsare de riu (comitatul Cambridge, UK)

Viiturile



Figura 1-3 Viitură (Buchanan Missouri) [VAEmergency]

Viiturile sunt inundații scurte ale unor arii restrânse ca de exemplu zone ale unor orașe. Ele sunt provocate de precipitații intense căzute în intervale scurte, pe suprafețe foarte mici și asociate de obicei cu furtuni cu descărcări electrice. Solul nu este de obicei saturat; dar de vreme ce intensitatea precipitațiilor depășește capacitatea de absorbție, apa se scurge și se acumulează în cursurile de apă.

Acestea pot apărea aproape oriunde, astfel încât oricine poate fi afectat. Uneori, ele semnaleză începutul unei mari revărsări de riu, dar de obicei sunt evenimente independente, de importanță locală, distribuite aleator în spațiu și timp.

Digurile și barajele sunt construite pentru apărarea împotriva inundațiilor. De obicei, sunt proiectate pentru a rezista unei inundații cu o rată calculată de apariție. De exemplu, un dig sau stăvilă poate fi proiectat să rețină inundația într-o locație sau pe un curs de apă care are o anumită probabilitate de a fi inundat în orice an. Dacă se produce o inundație mai mare, acea structură va fi teoretic depășită. Dacă la creșterea nivelului apei digul sau stăvilă cedeză sau sunt distruse, apa din spatele lor este eliberată generând o viitură (Perry, 2000).

Viiturile sunt cele mai dăunătoare și provoacă cele mai multe victime. Aceasta se datorează faptului că au loc fără vreo avertizare și dau naștere la mase mari de apă cu mișcare rapidă. Din nefericire, ele sunt și cel mai frecvent tip de inundație. Viiturile au și o durată mai scurtă decât revărsările de râuri. Cea mai mare parte a apei dispare după câteva ore.

Inundațiile urbane

Inundațiile urbane sunt cauzate de obicei de precipitații locale puternice în combinație cu blocarea canalizării. Acest tip de inundație depinde de sol și de condițiile topografice și de calitatea sistemului de canalizare.

Aceste inundații din ce în ce mai frecvente sunt rezultatul aglomerării urbane/suburbane unde terenurile își pierd capacitatea de a absorbi precipitațiile. Dezvoltarea poate crește de pînă șase ori șansele de inundații față de ceea ce s-ar întâmpla în mod normal în absența acesteia.



Figura 1-4 Inundații urbane (Spences Lane)

În țările dezvoltate, populațiile cele mai expuse sunt protejate împotriva inundațiilor prin diverse măsuri structurale (ex. Marea Britanie, Olanda și Japonia). În țările în curs de dezvoltare, măsurile de apărare împotriva inundațiilor sunt mai slabe iar populația este mai frecvent expusă fenomenului, cu consecințe ca pierderea de vieți omenești, distrugerii, pagube, etc. Populația din țările în curs de dezvoltare are o capacitate mai mică de a se adapta la schimbări și este mai vulnerabilă la pericole legate de mediu, inundații și schimbări la nivel global, așa cum sunt mai vulnerabile la alte tipuri de stres (UNEP, 2002).

Inundațiile sunt dezastrul natural cel mai frecvent care afectează oamenii și mediul în care trăiesc (Hewitt, 1997). Între 1985 și 2003, s-au produs în lume între 1700 și 2500 de inundații (majore); peste 50% dintre acestea au avut loc în țări în curs de dezvoltare (PIB/locuitor de 2,976-9,205 US\$), aproximativ 45% în Asia și circa 25% pe continentele americane (Douben, 2006a).

Tabel 1-1 prezintă numărul de inundații la scară continentală, între 1985 și 2003, așa cum au fost ele înregistrate de către Observatorul pentru Inundații Dartmouth (DFO) și de către Centrul de Cercetări Asupra Epidemiologiei Dezastrelor (CRED). Discrepanțele observate pot fi puse pe seama lipsei de informații în zonele studiate.

Tabel 1-1 Numărul de inundații 1985 - 2003 (Douben, 2006a)

Continentele Sursa Datelor	Africa	America de Nord și de Sud	Asia	Europa	Oceania
DFO	320	649	1186	251	87
CRED	339	443	668	229	55

În Africa, la începutul lui februarie 2000, ploi deosebit de puternice cu repetabilitate la 200 de ani au cuprins Mozambicul, părțile de nord-est ale Africii de Sud, Zimbabwe, Botswana, Zambia și Madagascar și au provocat inundații severe (Smithers et al., 2001; Dyson și van Heerden, 2001).

Inundațiile din 2000 au devastat Mozambicul. Sectoarele afectate au fost agricultura, infrastructura, incluzând drumurile, căile ferate, podurile și îndiguirile pentru controlul apelor, uzinele de captare și tratare a apei precum și rețelele de apă. 700 de oameni au murit în urma inundațiilor iar jumătate de milion au rămas fără adăpost (Mirza, 2003). Programul Mondial pentru Hrană al Națiunilor Unite a raportat că Mozambicul a pierdut cel puțin o treime din stocul de alimente de bază din porumb și 80% din efectivele de bovine. În 2001, inundațiile au distrus mii de locuințe și 27,000 hectare de culturi. De asemenea a afectat 400,000 de oameni, 40 de oameni au murit iar 77,000 au rămas fără locuință (WSWS, 2001).

Tot în 2000, în Zimbabwe, peste 100 de oameni și-au pierdut viața, și circa 250,000 au rămas fără locuințe, agravând cea mai puternică criză economică a țării din ultimii 20 de ani. În Madagascar inundațiile cauzate de două cicloane au forțat 600,000 de oameni să-și părăsească locuințele, conform Națiunilor Unite, și cel puțin 130 au murit.

În 2003, în timpul inundațiilor din Etiopia cel puțin 117 oameni și-au pierdut viața și peste 100,000 au rămas fără locuințe; alți 40 de oameni au murit în Kenia. În vestul Keniei circa 60,000 au fost evacuați din calea apelor, conform Crucii Roșii

din Kenia, iar în Somalia 21 din cele 33 de sate din apopiere au fost abandonate din cauza inundațiilor, populația suferind din lipsa alimentelor, a adăposturilor și a medicamentelor (BBC, 2003).

De-a lungul istoriei, în Statele Unite ale Americii au avut loc multe inundații. De exemplu în 1993, de-a lungul zonei Midwest/ Mississippi s-au înregistrat cele mai grave inundații din istorie, 38,000 de locuințe au fost afectate sau distruse și 20 milioane de acri de teren agricol au ajuns sub ape (Inundații, 2005).

În 2005 în America Centrală, uraganul Stan a provocat puternice ploi însoțite de furtuni care au dus la inundații în uma cărora au murit peste 2,000 de oameni în Mexico, Costa Rica, El Salvador, Guatemala, Honduras și Nicaragua. Un număr de 3.5 milioane de persoane au fost obligate să își părăsească locuințele.

În America Latină în 2005, 28 de persoane au și-au pierdut viața și peste 220,000 au fost evacuate din locuințe în timpul celor mai mari inundații din Paraguay, Argentina și sudul Braziliei începând din 1983. În 2002 o ploaie torențială a lovit La Paz, Bolivia, ucigînd 60 de oameni, rănind 100 și lăsînd alți 500 fără locuință. În nordul Columbiei în 2004, ploile puternice au făcut 19 victime și au distrus locuințele altor 200,000.

Regiunile Asiei și din zona Pacificului sunt de asemenea vulnerabile iar inundațiile afectează stabilitatea socială și economică a diverselor regiuni și țări. Cele mai grave inundații din China din 1998 au afectat 223 de milioane de oameni, 3,004 și-au pierdut viața, 15 milioane au rămas fără locuință iar pagubele au depășit 23 de miliarde de US\$ în acel an. Datorită inundațiilor puternice din Cambodgia și din Vietnam din 2000, 428 de persoane au murit și s-au înregistrat pagube de peste 250 de milioane US\$. În 1991, 140,000 de persoane din toată lumea și-au pierdut viața în 1998, iar 25 de milioane au fost afectate (UN, 2003). În ultimii 10 ani mii de oameni au avut de suferit în urma inundațiilor frecvente din India, Pakistan, Coreea, China, și Bangladesh cînd au fost distruse culturi agricole și zone de locuit; pe scurt le-au fost afectate modul de viață și hrana.

Căderile haotice de precipitații din secolul 20 în Europa de Vest au mărit frecvența inundațiilor. Inundațiile din Macroregiunea Europeană a Națiunilor Unite au provocat 252 dezastră în perioada 1985-2004 (Hoyois și Guha-Sapir, 2005). Cele mai grave evenimente au avut loc în Republica Ceha (2002), Franța (1977 și 2003), Germania (1993 și 2002), Italia (1970, 1994 și 2000), Olanda, Belgia, Polonia (1997), Spania (1982), Suedia (1977, 1985 și 1994) și Marea Britanie (2000 și 2004) și au afectat viețile oamenilor și mediul.

În plus, inundațiile medii și grave din 2005 din India, China, Serbia, România, Germania, Rusia și Bangladesh au provocat pagube enorme și pierderi de vieți omenești. La nivel global, dezastrăle legate de ape au avut 25,000 de victime și au afectat peste 500 de milioane de persoane anual. Pagubele anuale cauzate de inundații depășesc 60 de miliarde de \$; prin contrast, în 1950 aceste pagube se ridicau la circa 10 miliarde de \$. Inundațiile se produc frecvent, de unde rezultă necesitatea de a reduce vulnerabilitatea a mări capacitatea de adaptare a locuitorilor din zonele aflate de-a lungul cursurilor de apă (UNU – EHS, 2006a).

Inundațiile sunt considerate ca fiind cele mai periculoase și distrugătoare dezastruri naturale, după cum se vede în Figura 1-5 și Figura 1-6. Numărul de persoane afectate și cel de vieți pierdute datorită inundațiilor îl depășește pe cel al oricărui alt dezastru natural din ultimii doi ani. Această tendință nu este nouă de vreme ce în multe regiuni distrugerile datorate inundațiilor se petrec frecvent.

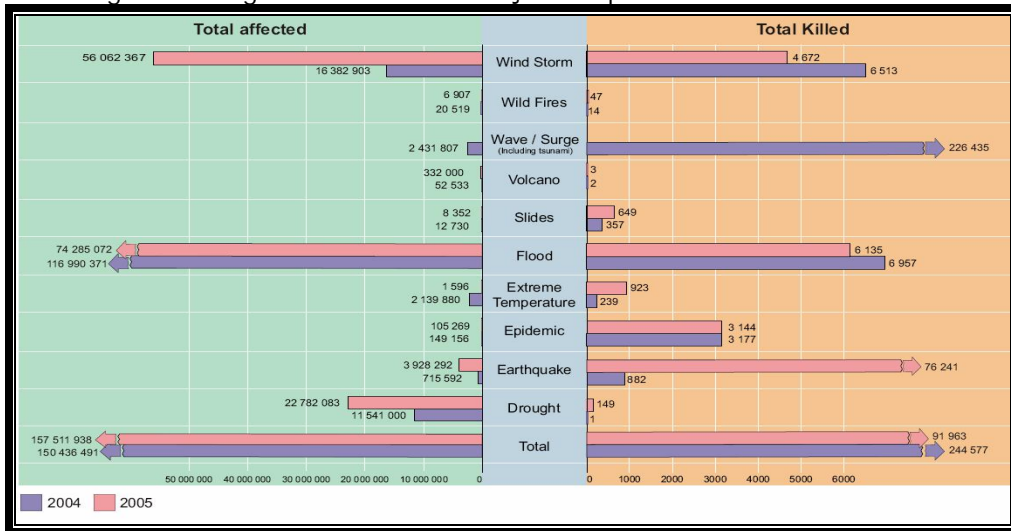


Figura 1-5 Impactul asupra populației pe tip de dezastru: comparație 2004-2005 (CRED)

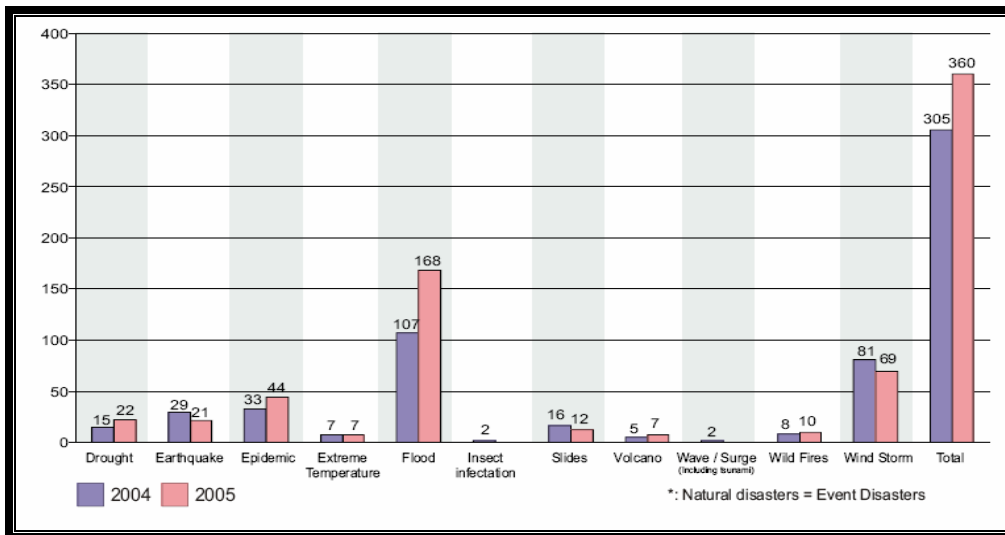


Figura 1-6 Apariția dezastrurilor naturale pe tip de dezastru: comparație 2004-2005* (CRED)

Cercetătorii și factorii de decizie caută posibile soluții pentru a diminua efectele inundațiilor. S-au făcut propuneri de adăugare a unui nou obiectiv de dezvoltare în acest mileniu: ca pînă în 2015 să se reducă la jumătate numărul vieți omenești pierdute în urma dezastrelor datorate apei.

Numeroase studii descriu posibilele cauze și efecte ale inundațiilor ca de exemplu pierderile de vieți omenești și pagubele materiale dar și posibilele măsuri de prevenire care pot fi adoptate pentru a le minimiza consecințele (Hall et al., 2004; Sayers et al., 2002; Connor & Hiroki, 2005; Naess et al., 2005, Nicholls, 2004; Plate, 2002; Montz & Gruntfest, 2002; Mustafa, 2003). În principiu, abordările pentru diminuarea efectelor inundațiilor și pentru reducerea lor pot fi împărțite în două categorii: măsuri structurale și măsuri nestructurale.

Măsurile structurale constau în dezvoltarea infrastructurii care modifică cursul râurilor ca digurile, barajele, stăvilarele, canalele, etc. care împiedică inundațiile să provoace daune populației sau infrastructurii din zona susceptibilă a fi inundată (Douben, 2006b). Principiile de bază sunt de a stoca, redirecționa și/sau de a restrînge inundațiile. De obicei presupun investiții mari pentru construcții masive care uneori sunt absolut necesare pentru a asigura protecția și siguranța unei regiuni. Iată cîteva exemple: Bariera împotriva mareelor de furtună din Olanda, Barajul Celor Trei Defilee pe Yangtze din China, construirea de baraje pe unele râuri.

Măsurile non-structurale constau în acțiuni care nu modifică cursul apei; de exemplu pregătirea în caz de inundație, pregătirea pentru o reacție promptă, legislația, prevederea inundațiilor și sisteme de avertizare, protejarea față de inundații, lupta împotriva inundațiilor, asigurarea finanțării pentru înlăturarea efectelor inundațiilor, planificarea reconstrucției și a reabilitării (Andjelkovic, 2001).

O importantă măsură non-structurală, preventivă în ceea ce privește inundațiile, este indexul de vulnerabilitate; prin intermediul unui astfel de index, mai multe dintre măsurile non-structurale sunt implicite, ca de exemplu luarea unor decizii de către acționari în vederea priorităților atribuirii finanțărilor, un alt exemplu ar fi: planificarea reconstrucției și reabilitării unui curs de apă în funcție de vulnerabilitatea pe care aceasta o are.

Dezvoltarea unui astfel de index de vulnerabilitate pentru inundații și aplicarea lui pe diferite arii la nivel național și internațional, are relevanță prin aducere de contribuții la optimizarea schemelor de amenajare aparținând bazinelor hidrografice, sub-bazinelor și chiar ariilor mai mici, cum ar fi așezările urbane.

Scopul este de a reduce pierderile de vieți omenești și pagubele materiale. De asemenea, poate include măsuri educative, instruiți, reglementări, sisteme de raportare, prevedere, avertizare și informare, asigurare, evaluare, finanțare, evacuare și reabilitare. Cîteva exemple sunt: Programul de Prevedere a Inundațiilor din Mozambic, Evaluarea Vulnerabilității la Inundații din Filipine, etc.

Evoluția măsurilor non-structurale se asociază de asemenea cu necesitatea de a îmbunătăți procesul de luare a deciziilor în protecția împotriva inundațiilor, astfel încît investițiile să fie alocate optim. În acest scop, poate fi utilă introducerea indicilor de protecție împotriva inundațiilor sau a altor măsuri.

Indicii furnizează ajutor în procesul de luare a deciziilor privind apărarea împotriva inundațiilor, precum și privind politicile, măsurile și activitățile în domeniu. Un anumit indice măsoară o cantitate legată de o perioadă sau de o zonă anume (Sullivan, 2002) și oferă o metodă de a compara de-a lungul timpului diverse măsuri pe baza unor volume mari de date. Aplicabilitatea lui include un număr mare de domenii de studiu de la științe sociale și economie la inginerie. Iată câteva exemple de indici aplicabili: Indicele de Sărăcie a Rezervei de Apă (Water Poverty Index) (Sullivan, 2002), Indicele de Vulnerabilitate Ecologică și de Mediu (Eco-Environmental Vulnerability Index) (Li et al. 2006), Indicele de Vulnerabilitate a Mediului (Environmental Vulnerability Index) (UNEP, 2004), și Indicele de Vulnerabilitate Economică (Economic Vulnerability Index) (Adrianto & Matsuda, 2002).

Vulnerabilitatea poate fi reflectată prin indicatori. Indicatorii ne permit să identificăm și să stabilim obiective și să asigurăm îndrumare în strategii de reducere a vulnerabilității. Indicatorii de vulnerabilitate permit stabilirea unor ținte mai precise și cuantificabile în reducerea vulnerabilității.

Indicatorii se folosesc pentru a ilustra starea prezentă și/sau progresul unei țări, al unui râu, al unui bazin hidrografic, al unui subbazin sau a unei zone urbane, în atingerea obiectivelor economice, sociale, fizice și de mediu. Indicatorii reprezintă date colectate de către o mulțime de agenții care folosesc diverse metodologii.

Indicatorii sunt variabile cuantificabile care furnizează informații despre chestiuni de importanță mai mare decât ceea ce este efectiv măsurat, sau despre un proces sau o evoluție care altfel ar fi insesizabile (Hammond et al; 1995). În esență ei constituie un mijloc de a rezuma o realitate complexă într-o formă simplă. Produsul Intern Brut (PIB), de exemplu, se obține prin însumarea valorii tuturor bunurilor și serviciilor unei economii într-un interval de timp dat (de obicei un an), și reprezintă o măsură generală estimativă de evaluare a vitalității unei economii (Vincent, 2004). O schimbare a PIB, de exemplu, arată dacă țara devine mai bogată sau mai săracă, cel puțin în termeni financiari. Indicatorii pot cuantifica economia, industria, sărăcia, mediul, vulnerabilitatea, etc.

Indexul de Vulnerabilitate la Inundații (FVI) (Connor & Hiroki, 2005) este o metodă de evaluare a vulnerabilității la inundații la scară de bazin hidrografic prin identificarea diverselor componente care determină riscul de inundații pentru locuitorii zonei. Indexul curent FVI identifică patru componente principale: clima, cadrul hidro-geologic, socio-economic și măsurile existente de contracarare, care sunt specificate prin unsprezece indicatori.

Metodologia FVI folosește o analiză de regresie multiplă liniară pentru a evalua ponderile diferite ale fiecărui indicator, comparându-l cu pierderile de vieți și cu pagubele. Pentru a verifica aplicabilitatea metodologiei FVI s-au realizat mai multe studii de caz ale unor inundații în diverse bazine hidrografice. Metodologia cuprinde doi indici principali, impacturile umane și economice ale inundațiilor care sunt calculate separat și apoi combinate pentru a genera indicele FVI de ansamblu.

Indicele uman (FVI_H) ia în calcul victimele, iar indicele economic (FVI_M) consideră pagubele cauzate de inundații. Fiecare indice are un set propriu de indicatori care sunt incluși în diferite ecuații. Această abordare duală permite factorilor de decizie

să selecteze indicele (uman sau economic) în funcție de orientarea politicilor (Connor & Hiroki, 2005).

1.2 Necesitatea problemei

Există necesitatea de a dezvolta mai departe metodologia de calcul a indicelui FVI. Una dintre problemele depistate se referă la omogenitatea zonelor întinse, care poate duce la rezultate nerealiste, implicând investiții relativ mari pentru monitorizare și evaluarea datelor necesare.

De asemenea, în România, subiectul vulnerabilității la inundații este de mare necesitate, această teză, cercetând termenul de vulnerabilitate la inundații în profunzime la nivel științific.

Atât pe plan mondial, cât și pe plan local există cerințe pentru o clasificare a vulnerabilității la inundații, luându-se în considerație mai mulți factori, în acest fel favorizând acționarii în luarea deciziilor astfel diminuându-se sumele investițiilor.

O altă problemă reflectă neluarea în calcul a unor indicatori care ar putea demonstra o vulnerabilitate mai mică sau mai mare la inundații. Aceasta se întâmplă de exemplu în cazul influenței valurilor uriașe în zonele de coastă.

O analiză a evaluării indicelui FVI, care implică 18 bazine hidrografice în Filipine, arată că erorile din ecuațiile folosite sunt relativ mari (Connor & Hiroki, 2005).

Scopul acestei teze este de a evalua metodele curente de calcul al indicelui de vulnerabilitate la inundații pentru a le face aplicabile în subbazine și la scară urbană, astfel încât indicatorii principali pentru diferite scări să fie folosiți în concordanță cu semnificația lor.

La diferite anverguri există diverși factori care determină vulnerabilitatea la inundații. Indicele curent FVI se concentrează la scara bazinului hidrografic, neluând în seamă cîțiva din factorii care cresc vulnerabilitatea la inundații a subbazinelor și a zonelor urbane. Scopul acestui studiu este de a dezvolta o metodologie îmbunătățită pentru FVI care identifică cei mai importanți factori pentru fiecare scală.

Pentru o analiză a acurateții metodologiei, vor fi examinate două scenarii; trei orașe și trei subbazine în același bazin hidrografic și trei orașe și trei subbazine din trei bazine hidrografice diferite, care vor fi de asemenea analizate.

Pentru primul caz s-au ales orașul Timisoara și sub-bazinele Bega, Timis și Tisa în Bazinul Hidrografic al Dunării. Pentru cel de-al doilea caz s-au ales orașele Mannheim și Phnom Penh și sub-bazinul Neckar și Mun, pentru bazinul Rinului și bazinul Mekongului.

1.3 Obiective

Obiectivul general: de a evalua aplicabilitatea metodologiilor de risc bazate pe indici pentru zone mai restrînse: subbazine și zone urbane.

Obiective specifice:

- De a dezvolta o metodologie pentru FVI aplicabilă la orice scară; zone urbane, subbazine și bazine hidrografice ale râurilor;
- De a dezvolta indici suplimentari de vulnerabilitate la inundații pe baza componentelor semnificative recunoscute care alcătuiesc sistemul;
- De a identifica noi indicatori și de a le analiza influența asupra capacității de evaluare a vulnerabilității la inundații la diverse scări;
- De a compara metodologia FVI dezvoltată cu metodologia FVI existentă la scara bazinului hidrografic al unui râu;
- De a folosi metodologii ale diversilor indici de vulnerabilitate pentru punerea la punct a unui FVI îmbunătățit;

1.4 Metodologie

Prima sarcină a cercetării este de a trece în revistă materialele scrise despre indicii de risc, cu scopul de a identifica și de a defini diverși termeni folosiți pînă acum pentru diferite riscuri (inundații, secete, seisme, avalanșe) și diverși indici (vulnerabilitatea climatică, vulnerabilitatea mediului, disponibilitatea resurselor de apă, riscul de dezastre).

După aceasta urmează recunoașterea diverselor surse de vulnerabilitate din sistem. În metodologia originală FVI la scara bazinului hidrografic al unui râu sunt recunoscute patru componente principale: clima, cadrul hidro-geologic, cadrul socio-economic și măsurile de contracarare. Se impune o revizuire a acestor componente într-o abordare de analiză sistemică, luînd în considerare o perspectivă holistică și ținînd cont de scară.

Următoarea sarcină a fost de a identifica principalii factori care provoacă vulnerabilitatea la inundații indiferent de poziția geografică, climă sau scară. Identificarea acestor factori va ușura recunoașterea indicatorilor care vor permite alcătuirea ecuațiilor pentru FVI. Indicatorii trebuie împărțiți pe categorii în relație cu factorii identificați.

FVI trebuie să aibă diferiți indicatori pentru diferite scări. Pasul următor este cel de a aloca indicatorii de la diferiții factori celor trei scări. Indicatorii pot apărea la una sau la toate scările, funcție de necesitate.

Indicatorii pot avea impact direct, indirect sau de ambele feluri asupra vulnerabilității în zona studiată. Ei pot fi sesizați pe termen lung sau scurt. Influența lor nu este constantă, ceea ce înseamnă că pot avea adiverse ponderi. Este posibil ca unii dintre indicatorii aleși să aibă pondere zero, fiind astfel eliminați din ecuație. Totuși, în acest moment, fiecărui indicator trebuie să i se aloce o pondere inițială.

Cunoscîndu-se indicatorii necesari la calculul FVI la cele trei scări diferite, trebuie făcută o analiză a FVI pentru diferite zone, pentru a se compara rezultatele cu metodologia FVI existentă, la scara bazinului hidrografic, ca și alte metodologii și indici care pot fi comparați la toate scările. Cealalți indici selectați sunt Indicele de

Vulnerabilitate a Mediului , Indicele de Resurse de Apă, Indicele de Risc la Dezastre și Indicele de Vulnerabilitate a Climei. Zonele alese sunt prezentate în Tabel 1-2.

Comparând și revizuind rezultatele indicelui FVI calculat, folosind metodologiile dezvoltate, cele existente și cele alese, metoda va continua să fie dezvoltată și îmbunătățită, luând în considerare câțiva pași aplicați în celelalte metodologii pentru a le spori eficiența indicilor.

Tabel 1-2 Zonele selectate pentru studiul tezei

<i>Bazin Hidrografic</i>	<i>Sub-bazin</i>	<i>Arii Urbane</i>
Rhine	Neckar	Mannheim
Mekong	Mun	Phnom Penh
Danube	Tisza	Timisoara
	Timis	
	Bega	

Această parte a studiului implică încercări și erori pentru a arăta în ce fel metodologia reprezintă realitatea. Schimbările de pondere a indicatorilor, numărul de indicatori și posibilele schimbări ale metodologiei însași vor duce la o mai bună relație între toate metodologiile FVI. Rezultatele la nivelul bazinului hidrografic vor fi prezentate folosind GIS.

Cap. 2. Conceptualizarea vulnerabilității

2.1 Ce este vulnerabilitatea? Cine este vulnerabil?

Definirea vulnerabilității poate ajuta la înțelegerea celor mai bune metode de a o reduce. În procesul de evaluare a vulnerabilității, principalul obiectiv este de a informa factorii de decizie sau persoanele interesate în ceea ce privește opțiunile de adaptare la impactul riscurilor de inundație (Douben, 2006b). Scopul studiilor de vulnerabilitate este de a recunoaște acțiunile corecte care pot fi aplicate pentru a se reduce vulnerabilitatea înainte ca paguba să se producă. În literatura științifică, analiza de vulnerabilitate este bine-cunoscută, iar conceptul include vulnerabilitatea naturală, socială și economică.

Noțiunea de vulnerabilitate s-a schimbat în ultimii 20 de ani. Au existat câteva tentative de a defini și de a explica ce se înțelege prin vulnerabilitate, dar modul de folosire al termenului variază funcție de domeniile de activitate și de cercetare. Există numeroase scheme de clasificare a componentelor și a factorilor de vulnerabilitate; conceptul încă are înțelesuri diferite pentru persoane diferite din domenii de activitate diferite.

În cadrul științelor socio-economice, Ramade (1989) include în abordarea vulnerabilității termeni umani și socio-economici; el include predispoziția bunurilor, a oamenilor, a clădirilor, a infrastructurilor și a activităților spre deteriorare, spre opunerea unei rezistențe scăzute, conform unor studii geografice din anii 1980. Aceste studii au interpretat vulnerabilitatea unui sistem geografic sau teritorial ca rezultatul comportamentului diferit și al unor capacități diferite de răspuns în contexte eterogene din punct de vedere economic și tehnologic (Menoni, 1997).

Watts și Bohle (1993) privesc contextul social al riscurilor și pun în relație vulnerabilitatea (socială) cu reacțiile de răspuns și de adaptare ale societății, inclusiv rezistența colectivă și reziliența în fața pericolelor. Ei au încercat să simplifice conceptul printr-o mai bună înțelegere a condițiilor sociale.

Vulnerabilitatea este descrisă de către Strategia Internațională de Reducere a Dezastrelor (International Strategy for Disaster Reduction - ISDR) (2004) drept suma condițiilor determinate de către factorii sau procesele fizice, sociale, economice și de mediu, care cresc susceptibilitatea unei comunități la impactul dezastrelor. Acest concept încearcă să înțeleagă care dintre factori este mai relevant pentru vulnerabilitatea comunității.

În 2005, Veen & Logtmeijer lărgesc conceptul de vulnerabilitate pentru a explica vulnerabilitatea la inundații din punct de vedere economic. În acest caz, vulnerabilitatea este caracterizată ca fiind o funcție de dependență, redundanță și susceptibilitate. Susceptibilitatea este probabilitatea și amploarea inundației. Dependența este măsura în care o activitate este legată de alte activități economice din restul țării. Redundanța este capacitatea unei activități economice de a reacționa la un dezastru prin reprogramare, folosirea de substituenți sau relocare. Redundanța se măsoară ca gradul de centralitate al unei activități economice într-o rețea. Cu cât o activitate este mai centrală, cu atât sunt mai reduse posibilitățile de transfer al producției și cu atât este mai vulnerabilă la inundații.

Gheorghe (2005) explică vulnerabilitatea ca o funcție de susceptibilitate, rezistență, și conștientă a riscului.

Abordarea științelor sociale în ceea ce privește vulnerabilitatea se concentrează pe capacitatea omului de a răspunde la pericole și de a înlătura rapid pagubele și pierderile. Aceasta presupune puține cunoștințe ale sistemului fizic, de vreme ce scopul este de a explica comportamentul societății.

Din punctul de vedere al științelor naturii, vulnerabilitatea este explicată în mod diferit; se concentrează pe sistemul fizic pentru a defini vulnerabilitatea, făcând abstracție de caracteristicile socio-economice ale sistemului.

Chambers (1989), a descris vulnerabilitatea ca pe o potențială sursă de pierderi, având două aspecte: o latură externă alcătuită din șocurile și perturbațiile la care este expus un sistem, și o latură internă care reprezintă capacitatea sau incapacitatea de a răspunde în mod adecvat la factorii externi de stres și de a le înlătura efectele.

Jones și Boer (2003) o explică drept cantitatea de *pagube potențiale* cauzate unui sistem de către un eveniment sau un pericol anume. Sarewitz et al. (2003) iau în considerare caracteristicile inerente ale unui sistem care dau naștere *potențialului de apariție a pericolului* dar sunt independente de probabilitatea de producere a oricărui pericol anume sau eveniment extrem specific. Green (2004) exprimă vulnerabilitatea drept *potențialul unui receptor* de a fi pus în pericol. Aceste trei definiții (asemănătoare) sunt contemporane și exprimă vulnerabilitatea ca pe un potențial pericol sau o potențială distrugere.

Pericolele legate de schimbarea climei sunt incluse în aspectele fizice pe încercă să le explice științele naturii. Definițiile date vulnerabilității de Grupul Internațional de Experți în Schimbările Climatice (International Panel of Climate Change - IPCC) au evoluat de-a lungul timpului. În 1992 ei au definit vulnerabilitatea drept gradul de incapacitate de a face față consecințelor schimbării climei și creșterii nivelului mării.

În 1996, SAR a definit vulnerabilitatea ca măsura în care clima poate schimba un sistem sau îi poate dăuna; depinde nu doar de sensibilitatea sistemului, ci și de capacitatea lui de a se adapta noilor condiții climatice. Este văzută ca impactul rezidual al schimbărilor climatice după ce au fost implementate măsurile de adaptare (Downing, 2005). Această definiție include gradul de expunere, susceptibilitatea, și capacitatea sistemului de a-și reveni, de a opune rezistență pericolelor rezultate din schimbarea climei.

IPCC TAR (2001) explică conceptul de vulnerabilitate drept măsura în care sistemul este susceptibil la, sau incapabil de a se adapta efectelor negative ale schimbărilor climatice, inclusiv variabilitatea climei și extremele. Vulnerabilitatea este funcție de caracterul, magnitudinea și viteza de variație a climei la care este expus un sistem, inclusiv sensibilitatea și capacitatea de adaptare. Pe scurt, aceasta se poate exprima astfel:

Vulnerabilitatea = Risc (impacturi climatice adverse previzionate) – Adaptare

Definițiile descrise mai sus au evoluat, în SAR și în TAR, pentru a include componentele social în explicarea vulnerabilității. În perioada anilor 1980s și mai ales în anii 1990s, relația dintre acțiunile umane și efectele dezastrelor, respectiv dimensiunea socio-economică a vulnerabilității, s-a amplificat. Definițiile îmbunătățite ale vulnerabilității descriu o viziune holistică a societății, implicând aspectele naturale și socio-economice ale sistemului.

La începutul anilor 1990s, Heyman et al. (1991) și Alexander (1993) și-au concentrat definițiile asupra expunerii la pericolele biofizice, incluzând analiza distribuției condițiilor periculoase, ocuparea zonelor periculoase, măsura în care se produc pagube datorită evenimentelor periculoase și analiza caracteristicilor și impactului acestor evenimente. Ambele definiții folosesc conceptul de vulnerabilitate pentru a măsura capacitatea de a face față impactului pericolelor.

Blaikie et al. (1994) descriu vulnerabilitatea ca măsură a expunerii unei persoane sau a unui grup la efectele unui risc natural, inclusiv gradul în care își pot reveni din impactul evenimentului. Această explicație a vulnerabilității include termenul de susceptibilitate așa cum au sesizat Penning-Rowsell & Chatterton în 1977.

Cutter (1996) definește vulnerabilitatea ca potențialul periculos al unui loc care cuprinde și riscurile biofizice, și răspunsul social împreună cu acțiunile aferente. În ultimii ani, această definiție câștigă din ce în ce mai multă importanță în comunitatea științifică.

Klein and Nicholls (1999) exprimă vulnerabilitatea mediului natural ca o funcție de trei componente principale: rezistența, capacitatea de a opune rezistență schimbării datorate pericolului, reziliența, abilitatea de a reveni în starea inițială după producerea evenimentului periculos și susceptibilitatea, starea fizică curentă, fără a lua în calcul schimbările temporale. Definiția lor este deosebit de relevantă pentru societate.

Pelling (2003) prezintă vulnerabilitatea ca expunere la risc și incapacitatea de a evita sau de a absorbi potențialele efecte negative.

Vulnerabilitatea așezărilor umane este legată intrinsec de diversele procese sociale. Este legată de fragilitatea, susceptibilitatea și lipsa de reziliență a elementelor expuse (Cardona, 2003). Autorul numește expunerea, fragilitate fizică. El încearcă să integreze în mod holistic contribuțiile științelor fizice și sociale pentru a defini o viziune a indicatorilor care creează vulnerabilitate.

Vulnerabilitatea este gradul de fragilitate a unei comunități (naturale sau socioeconomice) sau al unui sistem (natural sau socioeconomic) în fața pericolelor din natură (EPSON, 2006).

$$\text{Vulnerabilitate} = \text{Potențial periculos} + \text{Capacitate de adaptare}$$

Klein (2004) a dezvoltat o schemă în care explică interacțiunea dintre componentele vulnerabilității, prezentată în Figura 2-1 și Figura 2-2

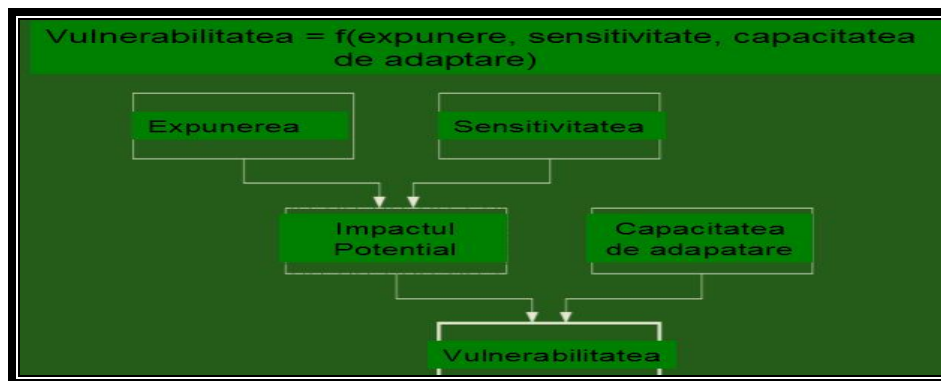


Figura 2-1 Interacțiunea dintre componentele vulnerabilității Klein, (2004)

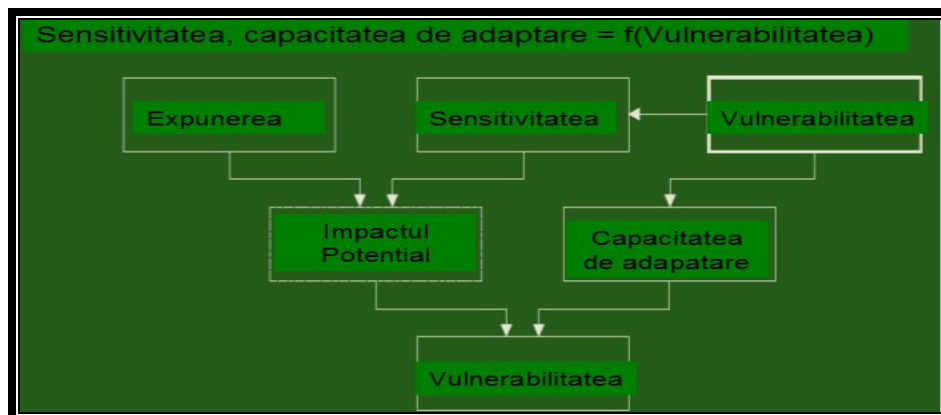


Figura 2-2 Interacțiunea dintre componentele vulnerabilității Klein, (2004)

Această trecere în revistă demonstrează că vulnerabilitatea apare nu doar prin expunerea la riscuri (perturbații și stres) dar rezidă și în sensibilitatea și reziliența sistemului supus acestor pericole.

Pe baza acestor definiții, vulnerabilitatea este considerată în această teză drept *dimensiunea pagubelor care pot fi așteptate în anumite condiții de expunere, susceptibilitate și reziliență*.

Combinând toate definițiile de mai sus, ecuația vulnerabilității folosită la nivelul acestei cercetări va fi:

$$\text{Vulnerabilitate} = \text{Expunere} + \text{Susceptibilitate} - \text{Reziliență}$$

2.2 Vulnerabilitatea la inundații

În definițiile de mai sus ale vulnerabilității, riscurile care planează asupra societăților diferă de la o definiție la alta. În unele cazuri definiția vulnerabilității este asociată anumitor riscuri cum ar fi schimbarea climei (IPCC, 1992, 1996 și 2001) sau riscurilor de mediu (Blaikie et al., 1994); (Klein și Nicholls, 1999), (ISDR, 2004), dar mai relevantă pentru această cercetare este definiția vulnerabilității la inundații (Veen & Logtmeijer 2005).

În trecut, Națiunile Unite (1982) au definit vulnerabilitatea inundațiilor ca fiind amploarea pierderilor afectând un element dat, sau un set de astfel de elemente, în fața riscului rezultând dintr-o inundație de o intensitate dată exprimată pe o scară de la 0 (fără pierderi) la 1 (pierdere completă). Această definiție este nepotrivită acestui studiu, deoarece ia în considerare doar câteva aspecte importante în studiul vulnerabilității la inundații.

De vreme ce cuantificarea vulnerabilității poate fi de ajutor în luarea deciziilor, parametrii și indicatorii (indicii) trebuie să fie aleși astfel încât să producă informații pentru zonele țintă alese și pentru contracararea diverselor pericole cu care se confruntă societatea, cum ar fi inundațiile. În ultimii ani, impactul inundațiilor a crescut în importanță odată cu creșterea numărului de persoane, a activităților economice și a ecosistemelor care suferă de pe urma lor.

Comunitățile s-au dezvoltat în apropierea surselor de apă, obligînd comunitățile să caute noi moduri de a păstra controlul și de a prospera cu resurse tot mai limitate pe măsura creșterii populației, ceea ce a mărit presiunea asupra rezervelor de apă. Se poate face distincție între cele mai creative și cele mai modeste soluții găsite clasificînd statele în state dezvoltate și în curs de dezvoltare.

Societățile din țările dezvoltate sunt bine organizate, inovațiile lor și-au pierdut asemănarea cu sistemul de rîu; majoritatea înglobează înaltă tehnologie, incinte și diguri, standardele de siguranță sunt în general suficiente pentru a preveni inundațiile (Douben, 2006). Vulnerabilitatea la inundații a acelor comunități se reflectă în principal în pierderi economice care cresc odată cu gradul de dezvoltare al societății; orașele se întind în zone susceptibile la inundații, caz în care valorile economice cresc odată cu vulnerabilitatea la inundații.

Pagubele vor fi uriașe dacă o structură de apărare împotriva inundațiilor cedează, mai ales în zonele urbane, unde sunt localizate cele mai importante unități industriale. De exemplu: întreruperea electricității va afecta întregul sistem, iar pierderile vor fi enorme. În țările dezvoltate pagubele se vor reflecta în economie, în timp ce pierderile de vieți omenești vor fi minime.

Țările în curs de dezvoltare se caracterizează printr-o mare densitate a populației, sărăcie, rată mare a șomajului, analfabetism, presiune enormă asupra ariilor rurale, și o economie dominată în mod tradițional de agricultură și dependentă de țările dezvoltate.

Comunitățile din țările în curs de dezvoltare sunt vulnerabile la inundații din următoarele cauze: *în primul rând*, condițiile socio-economice traduse în sărăcie și o slabă dezvoltare; *în al doilea rând* majoritatea barajelor din țările în curs de dezvoltare nu au utilitate multiplă (Page, 2000); *în al treilea rând* în timpul inundațiilor, planificarea, proiectarea și implementarea măsurilor este inadecvată și ineficientă (Vaz, 2000); *în al patrulea rând* zonele rurale depind masiv de agricultură și sunt în general mai afectate decât zonele urbane; *în al cincilea rând*, absența educației; *în al șaselea rând* lipsa măsurilor nestructurale; și *în fine* absența resurselor umane și materiale adecvate care s-ar fi putut ocupa de inundațiile catastrofale care au avut loc în trecut (Mirza, 2003).

Datorită vulnerabilității lor se întâmplă ca milioane de oameni să-și piardă locuințele și sute de mii să aibă nevoie urgentă de hrană și medicamente. Cămine, unități industriale, infrastructură și agricultură vor fi complet distruse. În aceste țări, pierderile sunt în principal culturale, de vieți omenești, agricole și de animale; costurile de reconstrucție sunt uriașe, iar societățile depind de ajutoarele internaționale (Davidson, 2004).

Toate comunitățile sunt vulnerabile în fața inundațiilor în diverse cazuri și situații care le caracterizează în mod unic; a înțelege diferențele dintre ele poate ajuta la o planificare și la punerea la punct a unor politici pot îmbunătăți calitatea vieții oamenilor din aceste comunități.

Vulnerabilitatea conform legislației în vigoare este definită ca: sensibilitatea unei comunități în fața unui fenomen, susceptibilitate determinată de factorii fizici, economici, sociali și de mediu. Diminuarea riscului la inundații se face fie prin acțiuni de reducere fie a probabilității de producere, fie a expunerii sau vulnerabilității receptorilor, fie atuturor acestor factori (Ministerul Mediului, 2007).

Vulnerabilitatea se poate defini în acest studiu de cercetare, făcând referire la pericolele naturale ca: măsura în care un sistem este susceptibil la inundații datorită expunerii, perturbării, în asociere cu capacitatea (sau incapacitatea) de a-i face față, de a-și reveni, sau în general, de a se adapta.

2.3 Abordarea sistematică

Abordarea sistemică are scopul de a identifica interacțiunile diferiților actori sau ale diferitelor componente într-un cadru bine definit. Este considerată ca fiind o abordare holistică și reducționistă pentru înțelegerea proceselor complexe. Principalul este de a înțelege procesele în cadrul limitelor între care datele de intrare devin date de ieșire.

2.3.1 Sistemul resurselor de apă

Managementul resurselor de apă generează riscuri care pot afecta bunăstarea economică, socială și de mediu a comunităților, regiunilor, popoarelor și în ultimă instanță a lumii. Este de interes național și internațional să se identifice și să se evalueze strategiile de management al resurselor de apă viabile economic, acceptabile social și cu respect pentru mediu care pot susține bazinele hidrografice în general, alte surse de apă ale lumii dar și resursele agricole (GROWE, 2005).

Figura 2-3 ilustrează relațiile, complexitatea și anvergura deciziilor legate de apă, la nivel familial, de comunitate, regional și în final la nivel global.

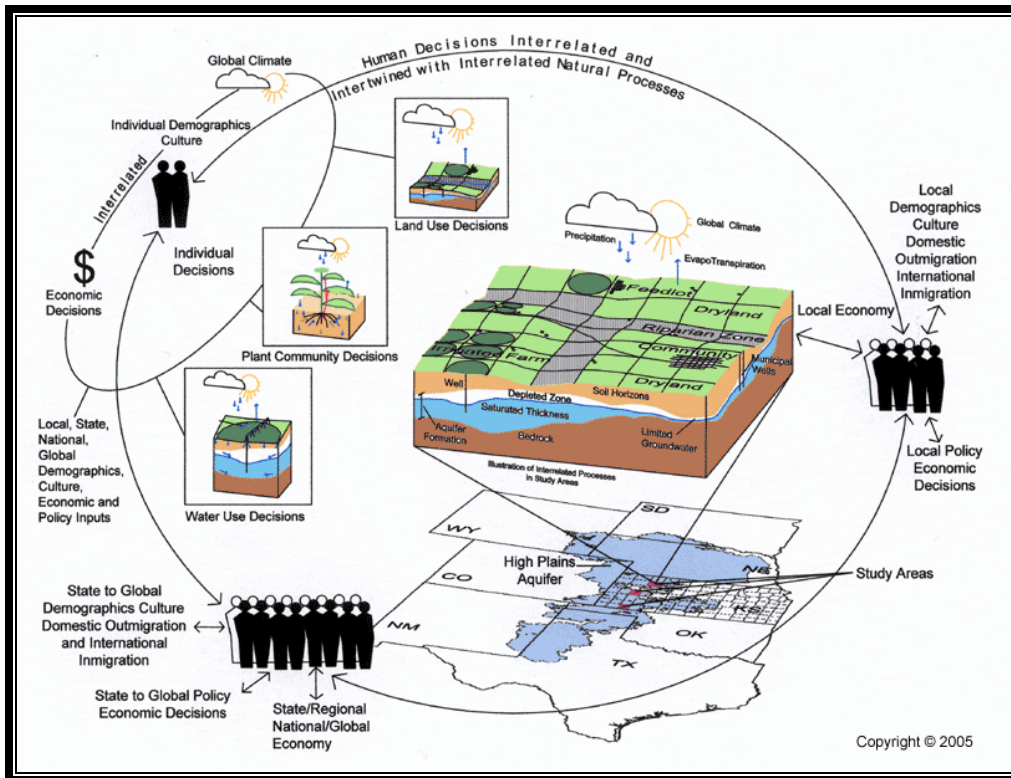


Figura 2-3 Sistemele de Resurse de Apă (GROWE, 2005)

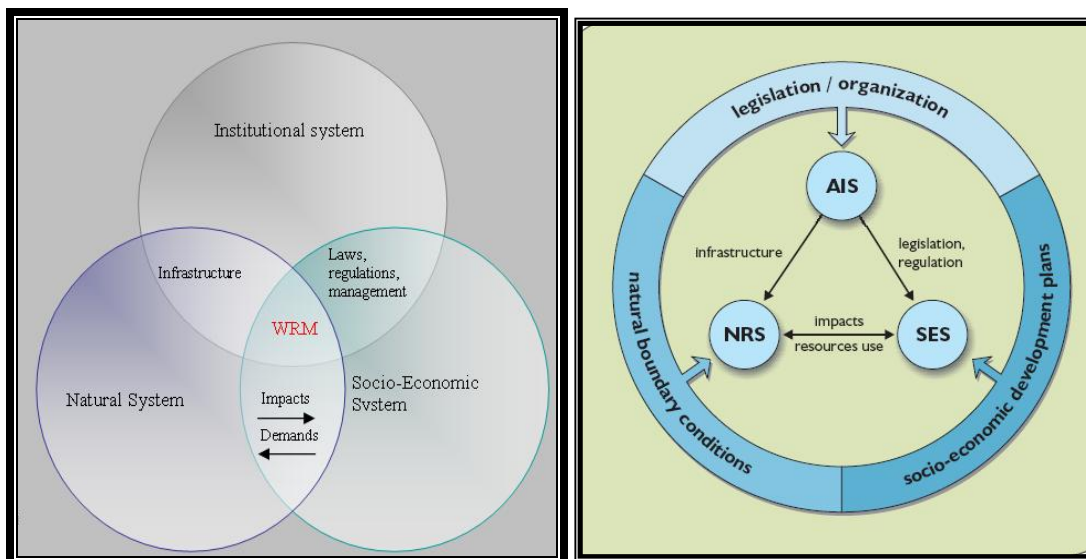


Figura 2-4 a) și b) Sub sistemele sistemului resurselor de apă și interacțiunile sale (van Beek, 2006)

Van Beek (2005) identifică în sistemul resurselor de apă trei subsisteme interdependente, Figura 2-4 a) și b) prezintă interacțiunile acestora, constând din:

- Subsistemul natural al râului NRS, în care au loc procesele fizice, chimice și biologice
- Subsistemul socio-economic SES, care include activitățile umane legate de folosirea sistemului natural al râului
- Subsistemul administrativ și instituțional, AIS, al administrării, legislației și al reglementărilor, acolo unde se iau deciziile și unde se desfășoară procesul de planificare și administrare.

Fiecare dintre cele trei subsisteme este înconjurat de propriul mediu. NRS este delimitat de climă și de condițiile (geo)fizice, SES este format din condițiile demografice și din condițiile sociale and economice ale economiilor înconjurătoare iar AIS este format și mărginit prin sistemul constituțional, legal și politic.

NRS constă din: *subsistemul natural* al râurilor, lacurilor cu malurile lor, cu subteranul și cu stratul acvifer subteran; *subsistemul de infrastructură*, cum ar fi canalele, rezervoarele, barajele, deversoarele, ecluzele, puțurile, stațiile de pompare și stațiile de tratare a apei; *apa* însăși, influențată de procesele fizice, chimice și biologice, sau de factorul uman (www.essp.org). Limitele NRS pot fi clar definite.

SES se referă la folosirea apei și la activitățile umane conexe apei. Totuși, sistemul economic nu are în general o graniță fizică așa cum se întâmplă la sistemul natural. Factorii care dtermină activitățile socio-economice din zona studiată sunt analizați în prezent și în viitor în contextul problemei studiate (van Beek, 2005). SES poate fi specificat pentru orice scară, de la comunitatea locală și mediul său înconjurător pînă la sistemul global (Gallopın et al. 2001).

Pentru a caracteriza AIS, trebuie identificate instituțiile responsabile de la nivel național, regional și local. La nivel de stat se pot distinge: guvernul central, un

organism de coordonare, unitățile regionale (provincii, județe, orașe, sate) și organizațiile de furnizori și de consumatori de apă.

2.3.2 Inundațiile și sistemul resurselor de apă

Inundațiile pot fi considerate ca o dereglare în funcționarea normală a unui sistem de resurse de apă. Trei sisteme principale sunt afectate de către inundații, cu limite depinzând de scară: sistemul bazinului hidrografic, subbazinul și sistemul urban (Figura 2-5).

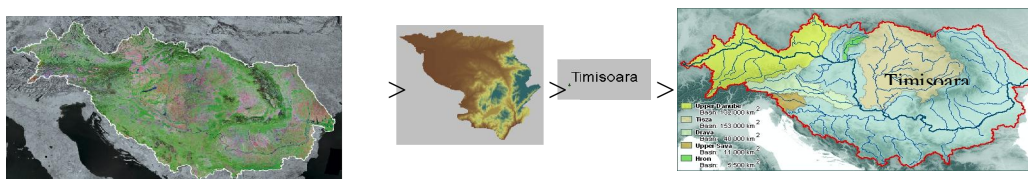


Figura 2-5 Limitele Sistemului Resurselor de Apă

Inundațiile afectează patru componente ale sistemului de resurse de apă, fiecare dintre ele aparținând unuia dintre subsistemele descrise mai înainte, iar interacțiunile lor duc la pagube pe termen scurt sau lung. Pentru a înțelege vulnerabilitatea sistemului la inundații, componentele pot fi evaluate prin prisma diferiților indicatori. Componentele sunt: sociale, economice, de mediu și fizice.

Componenta socială este parte a SES; inundațiile afectează viața de zi cu zi a populației din sistem. Componenta socială se referă la prezența ființelor umane și cuprinde probleme legate de exemplu de deficiențele motorii asociate cu sexul, vârsta sau dizabilitățile. Inundațiile pot distruge locuințe, pot întrerupe comunicațiile, sau pot ucide oameni. În această componentă este inclusă organizarea administrativă a societății, constând din instituții, organizații și autorități.

Componenta economică aparține aceluiași subsistem ca și componenta socială și se referă la venituri sau la aspecte inerente economiei și care sunt predispuse la fi afectate. Numeroase activități economice pot fi afectate negativ de inundații, între ele se numără agricultura, pescăriile, navigația, producția de energie electrică, industria. Întreruperea acestor activități pot influența prosperitatea economică a unei comunități, regiuni sau țări.

Componentele de mediu și fizice cuprind NRS. În ultimii ani, inundațiile s-au intensificat și datorită lipsei de informare în chestiuni de mediu sau distrugerii ecosistemelor. Dacă apa care inundă este poluată sau dacă se produce o sedimentare masivă, sistemele ecologice pot fi afectate puternic (Haase, 2003). Componenta de mediu se află în legătură cu relația dintre sector și mediu și vulnerabilitatea asociată acestei interacțiuni (Villagran, 2006). Activități ca împădurirea, despădurirea, urbanizarea și industrializarea au mărit degradarea mediului, cu efecte ca variabilitatea climei și creșterea nivelului mării, ceea ce crește șansele de producere a inundațiilor.

Componenta fizică este cealaltă parte a NRS. Cuprinde caracteristicile geomorfologice și climatice ale sistemului, și diverse infrastructuri cum ar fi canalele, rezervoarele, barajele, deversoarele, digurile care au dat formă fizică sistemului. Componenta fizică se referă la predispoziția structurii de a fi deteriorată de

inundații. Mai important decât faptul că această componentă poate fi afectată de inundații este că poate reduce efectele negative.

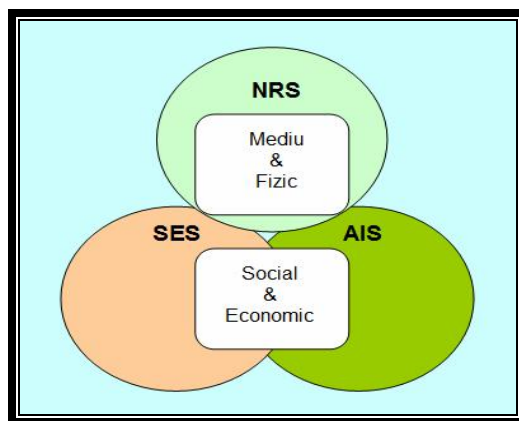


Figura 2-6 Legătura dintre subsisteme și componente

Relația dintre componentele afectate de către inundații și subsistemele WRS sunt prezentate în Figura 2-6. Componentele socială și economică cuprind subsistemul socio-economic și pe cel administrativ și instituțional.

2.4 Factori de vulnerabilitate la inundații

Sistemele de resurse de apă sunt vulnerabile la inundații datorită a trei factori principali; expunerea, susceptibilitatea și reziliența. Vulnerabilitatea oricărui sistem (la orice scară) reflectă (sau este funcție de) expunerea și susceptibilitatea aceluși sistem la condiții de risc, și abilitatea, capacitatea sau reziliența sistemului atunci când trebuie să facă față, să se adapteze și/sau să-și revină din efectele acelor condiții (Smit & Wandel, 2006).

Înțelegerea fiecărui concept și luarea în calcul a anumitor indicatori poate ajuta la caracterizarea vulnerabilității diverselor sisteme, prin aceasta putându-se identifica acțiunile prin care ea se poate reduce.

2.4.1 Expunerea

Expunerea se poate înțelege ca ansamblul valorilor prezente în locul unde poate apărea inundația. Aceste valori pot fi bunuri, infrastructură, valori culturale, terenuri agricole sau oameni. Expunerea este măsura în care proprietățile se găsesc în zone cu risc de inundație, determinând de asemenea gradul în care ocupanții sunt expuși (UNDP/BCPR, 2003). Expunerea este în general descrisă sub formă de modele și procese care îi estimează intensitatea și durata.

Indicatorii pentru această componentă pot fi împărțiți în două categorii; prima acoperă expunerea diverselor elemente la risc iar a doua dă detalii asupra caracteristicii generale a inundației.

Prima categorie de indicatori oferă informații despre locație, elevație, densitatea populației, agrotehnică, apropierea de cursul de apă, apropierea de zonele inundabile. A doua categorie oferă informații despre perioadele de revenire (frecvența de apariție) a diverselor tipuri de inundații în zona inundabilă. Acești indicatori dau frecvența inundațiilor în zona inundabilă, durata lor și magnitudinea.

Perioadele de revenire se referă la probabilitatea de producere a unui eveniment extrem specific. Totuși, în unele zone apar inundații fără ca ele să fie evenimente extreme, depinzând în general de tipul de inundație. Pot fi identificate cinci tipuri diferite de inundații: inundații stagnante și urbane, viituri (care necesită o abordare diferită pentru reducerea vulnerabilității), revărsări de râuri, inundații de coastă și revărsări de lacuri, care influențează a doua categorie de indicatori.

Inundațiile urbane se produc mai ales ca rezultat al impermeabilității zonelor construite și a drumurilor. În cazul unor precipitații masive, cantitatea mare de apă pluvială nu poate fi absorbită de către sol și se acumulează ducând la inundare. Acest tip de inundație depinde de topografia locului și de starea solului (Douben, 2006). Viiturile sunt rezultatul perioadelor scurte de precipitații intense, apar deseori pe suprafețe foarte mici și de obicei în asociere cu furtuni și descărcări electrice. Mai pot apărea ca urmare a unor deteriorări bruște ale barajelor sau ale digurilor. Revărsările de râuri sunt rezultatul precipitațiilor abundente, întinse de obicei pe perioade de zile sau săptămâni pe o suprafață mare de teren. Solul devine saturat și nu mai poate prelua apă astfel încât apele pluviale se scurg direct în râuri. Inundațiile de coastă se produc de-a lungul zonelor de coastă. Inundațiile de pe coastă și din estuare au loc atunci când nivelul mării crește peste nivelul fluctuațiilor sale normale sau/și în asociere cu debite mari ale râurilor. Tasarea solului și creșterea progresivă a nivelului mării sunt alți factori care duc la un nivel al mării peste cel al fluctuațiilor normale. Sunt vulnerabile în fața acestui tip de inundații insulele cu înălțime mică și zonele de coastă. Revărsările de lacuri apar în perioade de precipitații extrem de bogate sau atunci când lacurile sunt alimentate masiv din cursurile de apă care se varsă în ele crescând nivelul apei din lac. Aceste tipuri de inundații, cu diverse debite și strategii de intervenție pot crea diferite tipuri de vulnerabilitate în bazinele hidrografice, în funcție de situația din teren.

A doua categorie include indicatori cum ar fi durata, viteza de scurgere, amploarea inundației, volumul sedimentelor și adâncimea apei la inundație. Aceștia arată gravitatea inundării ca și distribuția ei în spațiu și timp.

Indicatorii de expunere dau date concrete despre riscurile la care sunt supuse diverse elemente vulnerabile (Messner & Meyer, 2005).

Expunerea este definită ca fiind predispoziția unui sistem de a fi afectat de către inundație datorită așezării sale în aceeași zonă de influență.

Modurile în care sistemul poate fi afectat se traduc în pagube și pierderi, care pot fi clasificate în directe, rezultând din contactul fizic cu apa al bunurilor deteriorabile, sau indirecte, rezultând din întreruperea activităților sociale și economice. Daunele și pierderile din inundații pot fi clasificate ca tangibile, cărora li se poate asocia cu ușurință o valoare în bani, sau intangibile, cărora nu li se poate asocia o valoare în bani.

Exemple de daune din aceste patru categorii sunt (Hekal, 2000):

- Directe, tangibile: pierderea alimentelor și a aparaturii, căderea infrastructurii;
- Directe, intangibile: pierderea fotografiilor și a negativelor, a moștenirilor de familie, pierderea vieții;
- Indirecte, tangibile: absențe de la locul de muncă și schimbarea structurii cheltuielilor;
- Indirecte, intangibile: scăderea calității vieții datorită stresului, întâzieri în activitatea școlară.

2.4.2 Susceptibilitatea

Conceptul de susceptibilitate sau sensibilitate s-a dezvoltat de-a lungul timpului. De exemplu Penning-Rowsell și Chatterton au definit susceptibilitatea în 1977 ca fiind măsura în care proprietățile și materialele se pot deteriora în timpul inundațiilor sau al altor evenimente distructive. IPCC (2001) a considerat susceptibilitatea ca fiind gradul în care un sistem este afectat în mod negativ sau pozitiv, de către stimuli legați de climă. În momentul de față, definiția este încă discutată și creează confuzie între savanții din domeniul social și cei din științele naturii (Gallopın, 2006).

Pentru Di Mauro (2006), susceptibilitatea combină șansele de apariție a unui eveniment distructiv, expunerea diferențială și sensibilitatea potențială a unei ținte. Cu alte cuvinte este gradul în care o țintă este potențial deteriorată sau afectată de un pericol dat și capacitatea existentă a acelei ținte de a reduce nivelul distrugerilor (de exemplu măsurile existente de prevenire, atenuare, etc.).

Susceptibilitatea este legată de caracteristicile sistemului, inclusiv de contextul social al apariției pagubelor la inundații. Aici intră mai ales conștiința pericolului și pregătirea populației vizate privind riscul existent (înainte de inundație), instituțiile implicate în atenuarea efectelor și existența unor măsuri cum ar fi căile de evacuare de folosit în timpul inundațiilor.

În această cercetare, susceptibilitatea va fi definită ca *elementele expuse din cadrul sistemului, care influențează probabilitatea ca acesta să fie afectat în caz de inundație*.

Indicatorii de susceptibilitate evaluează sensibilitatea unui element în pericol în caz de inundație. Se pot distinge trei categorii de indicatori; social, de infrastructură și instituțional. Figura 2-7 prezintă câteva exemple de indicatori de susceptibilitate, în funcție de categoria din care fac parte.

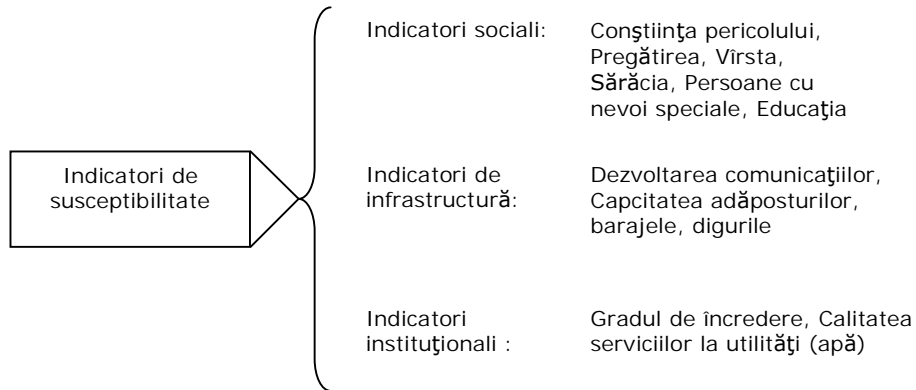


Figura 2-7 Indicatorii de susceptibilitate pe categorii

Conștiința pericolului și pregătirea indivizilor și a comunităților reflectă atenția cu care populația și comunitățile amenințate tratează evenimentele periculoase. Aceasta include, de exemplu, numărul de gospodării protejate împotriva impactului fizic al inundației prin mijloace tehnice cum sunt digurile, numărul de persoane care au asigurări împotriva pagubelor produse de inundații, etc. Aceste măsuri pot fi luate numai înainte de apariția inundației. Alți indicatori, ca numărul de persoane care își pot oferi ajutorul în caz de dezastru, ca și numărul măsurilor de protecție împotriva inundațiilor și organizațiile sau instituțiile care acționează pentru înlăturarea efectelor inundațiilor, pot fi măsurate numai în timpul evenimentelor, Figura 2-8 (Messner & Meyer, 2005).

Capacitatea indivizilor și a sistemelor sociale de a administra impactul inundațiilor este deseori corelat cu indicatorii socio-economici generali. Acești indicatori cuprind informații generale despre vîrstă, sărăcie, rasă, educație, relații sociale, dezvoltare instituțională și populație cu nevoi speciale (copii, vîrstnici sau persoane cu handicap) (e.g., Blaikie et al. 1994, Watts/Bohle 1993, și Smith 2001). Așezarea și starea căilor de evacuare pot servi drept un indicator important al susceptibilității la inundații a unei zone anume.

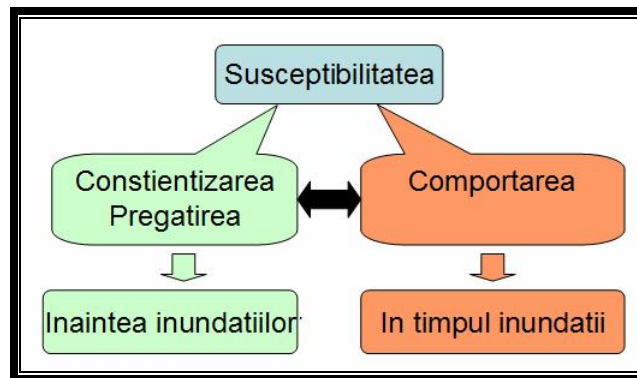


Figura 2-8 Cadrul susceptibilității

După identificarea și cuantificarea majorității celor mai importanți indicatori ai expunerii și ai susceptibilității în sens restrâns și în sens larg, sarcina de a identifica cele mai importante legături între pagubele așteptate la inundații și caracteristicile de expunere și susceptibilitate ale componentelor sociale, economice, de mediu și fizice afectate din cadrul sistemului revine analizei de vulnerabilitate. Sistemul poate fi definit ca un bazin hidrografic, un subbazin sau o zonă urbană (Messner & Meyer, 2005). Fiecare dintre aceste trei sisteme este mai mult sau mai puțin expus și mai mult sau mai puțin susceptibil la inundații.

Vulnerabilitatea poate fi descrisă prin caracteristicile fizice, sociale, economice și de mediu ale unui sistem care îi explică potențialul de a fi afectat negativ în caz de inundație. Ea poate fi exprimată în termeni de relații funcționale între pagubele așteptate în toate sistemele și caracteristicile de expunere ale sistemului afectat, cu referire la toate tipurile de riscuri de inundație.

2.4.3 Reziliența

În timpul anilor 1990s, rezultatele studiilor pe sisteme complexe au influențat conceptul de vulnerabilitate, accentuând relația dintre vulnerabilitatea și reziliența unui sistem și oferind noi instrumente conceptuale pentru studiul vulnerabilității (Galderisi et al. 2006).

Inițial, reziliența a fost definită de către Holling în 1973 ca "o măsură a persistenței sistemelor și a capacității lor de a absorbi schimbarea și intruziunile păstrând aceleași relații între populații și variabilele de stare". Este o definiție mai adecvată științelor sociale, dar totuși deosebit de utilă pentru acest studiu. Walker (2004) a argumentat că reziliența este "capacitatea unui sistem de a absorbi intruziunile și de a se reorganiza în timpul schimbării, astfel încât să-și păstreze în esență funcția, structura, identitatea și capacitatea de răspuns".

Reziliența este capacitatea unui sistem, a unei comunități sau a unei societăți, potențial expusă unui risc, de a se adapta oricărei schimbări, rezistînd sau modificîndu-se, pentru a păstra sau a atinge un nivel acceptabil de funcționare sau de structură (Galderisi et al, 2006). Pelling (2003) definește reziliența ca fiind capacitatea de adaptare, de a se ajusta la riscuri și de a evita distrugerea.

De vreme ce punctul de interes îl reprezintă experiențele din timpul și de după inundație, reziliența la pagubele provocate de inundații poate fi luată în considerare numai în locațiile unde s-au produs astfel de evenimente. Inundațiile sunt distrugerii fizice care amenință sistemele sociale, economice și/sau de mediu. Reziliența la inundații poate fi exprimată drept capacitatea unui sistem sau a unei comunități de a înfrunța inundațiile sau de a se modifica pe sine astfel încât pagubele produse de inundații să fie minimizate.

Volumul efectiv al distrugerilor provocate de inundații pentru un eveniment specific depinde de vulnerabilitatea sistemului socio-economic sau ecologic afectat; într-o definiție extinsă, de potențialul lui de a fi afectat de un eveniment periculos (Cutter 1996).

Indicatorii de reziliență se compun din capacitatea de adaptare (mijloace existente de a acționa în stare de urgență și de a echilibra impactul pe termen scurt, cum sunt capacitățile organizatorice, resursele de urgență, etc.) și din capacitățile de refacere (mijloace existente de a reda sistemului echilibrul și de a contrabalansa impactul pe termen lung, odată ridicată starea de urgență). Reziliența este deci analizată printr-o evaluare politică, administrativă, și de organizare socială (Di Mauro, 2006).

În timpul inundațiilor, indicatorii capacității de adaptare trebuie să includă sisteme tehnice, deoarece impactul social al inundațiilor este legat în mare măsură de susceptibilitatea infrastructurii de bază și de rețelele care sprijină nevoile de bază ale populației, ca apa, energia electrică sau hrana. Indicatorii tehnici descriu punctele slabe specifice în caz de inundație și capacitatea sistemelor socio-tehnice de a rezista consecințelor inundațiilor cum ar fi: furnizarea apei potabile, tratarea apelor reziduale, sistemele de comunicații și furnizarea de energie electrică, Figura 2-9 și Figura 2-10 (Gasser și Snitofsky, 1990; Platt, 1990).

După inundație, indicatorii capacității de refacere se referă la impactul inundațiilor asupra componentelor economice, sociale, de mediu și fizice.

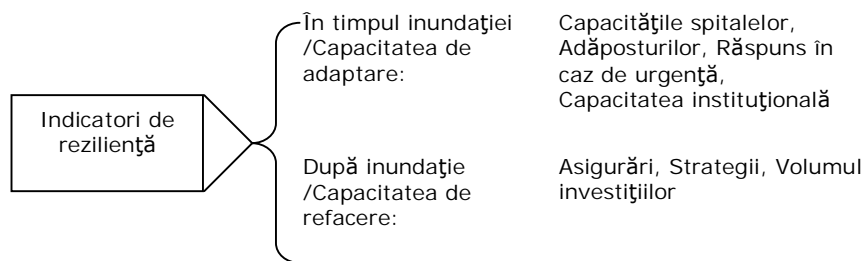


Figura 2-9 Indicatorii de reziliență

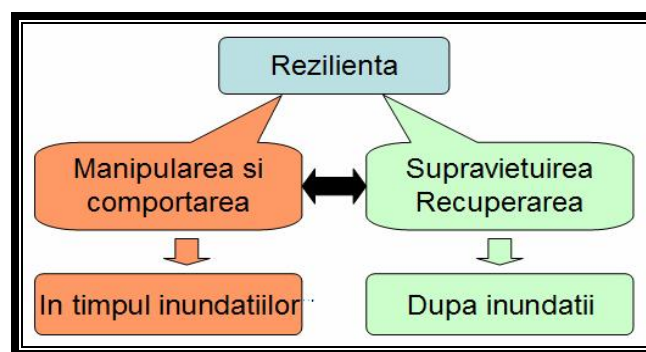


Figura 2-10 Cadrul rezilienței

În această teză reziliența este definită ca fiind capacitatea unui sistem de a suporta orice perturbație, ca de exemplu inundațiile, de a păstra un nivel semnificativ de eficiență în componentele sale sociale, economice, de mediu și fizice.

2.4.4 Rezumat

Vulnerabilitatea este un termen cu înțelesuri multiple, depinzând de de tematica specifică avută în vedere: vulnerabilitatea socială, biofizică, economică sau de mediu.

Fiecare factor de vulnerabilitate (expunerea, susceptibilitatea și reziliența) reprezintă un set de indicatori, care pot contribui la o mai bună înțelegere a punctelor slabe ale unei regiuni în fața inundațiilor.

Figura 2-11 și Figura 2-12 au scopul de a da substanță analizei de vulnerabilitate; oferă categorii largi de factori și legături care acoperă vulnerabilitatea unui sistem conectat în fața riscului (Turner II et al. 2003).

Cadrul scoate în evidență faptul că analiza de vulnerabilitate făcută pe anumite locații trebuie să ia în calcul mai multe scări (de exemplu, procesele și riscurile la scară locală, regională și globală), și că este necesar să analizăm sistemul conectat om-mediu într-o manieră mai degrabă integrată decât reductionistă (Füssel & Klein, 2004). Același cadru poate fi aplicat tuturor subsistemelor sociale, economice, fizice și de mediu care interacționează cu vulnerabilitatea.

Figura 2-12 prezintă un tablou mai detaliat al factorilor de vulnerabilitate și prezintă relațiile dintre cei trei factori, dând indicații asupra schimbărilor necesare pentru a reduce vulnerabilitatea. Se vede că schimbările în reziliență influențează susceptibilitatea sistemului. De exemplu, susceptibilitatea va afecta capacitatea de răspuns, forțând modificări ale rezilienței pentru inundații viitoare, iar această reziliență în sine modifică susceptibilitatea sistemului.

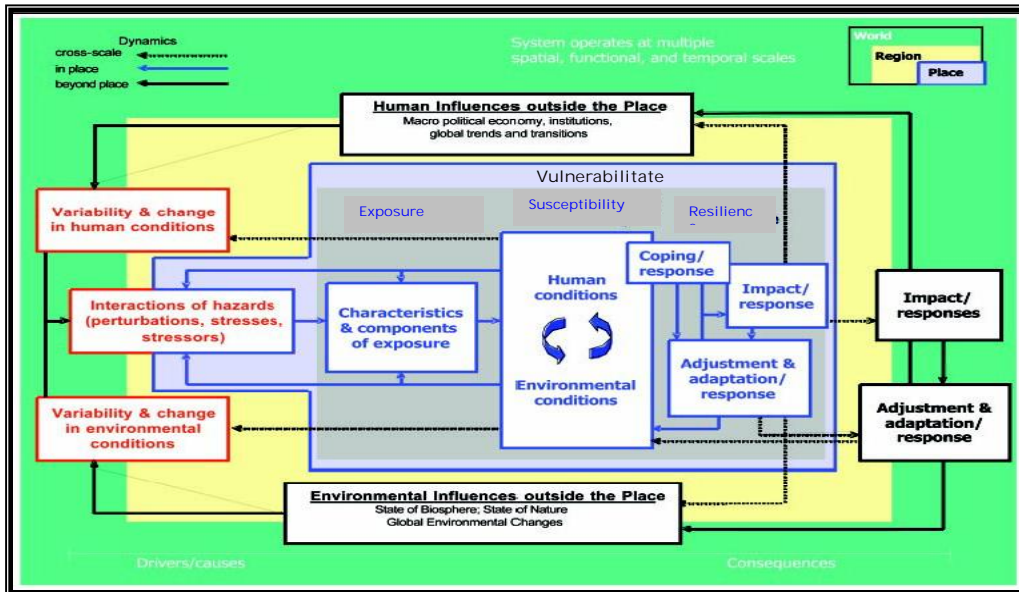


Figura 2-11 Cadrul de vulnerabilitate SUST. Cadrul complet (Turner II et al. 2003)

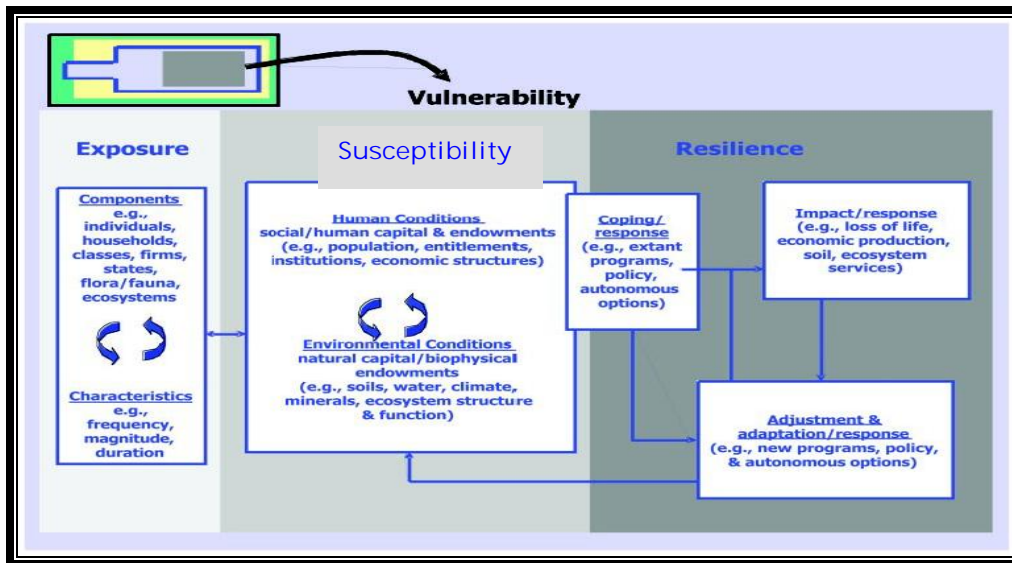


Figura 2-12 Cadrul detaliat al vulnerabilității SUST (Turner II et al. 2003)

Acest cadru prezintă condițiile umane numai în susceptibilitate. Totuși, are de asemenea factori determinanți importanți în reziliența sistemelor om-mediu, după cum se reflectă în conceptele de capacitate de adaptare.

Pri urmare, orice analiză de vulnerabilitate la inundații necesită informații privind acești factori, care pot fi specificați sub formă de indicatori de expunere, indicatori de susceptibilitate și indicatori de reziliență.

În sfârșit vulnerabilitatea unui sistem în fața inundațiilor poate fi exprimată prin următoarea ecuație generală, prezentată și în Figura 2-13:

$$\text{Vulnerabilitate} = \text{Expunere} + \text{Susceptibilitate} - \text{Reziliență}$$

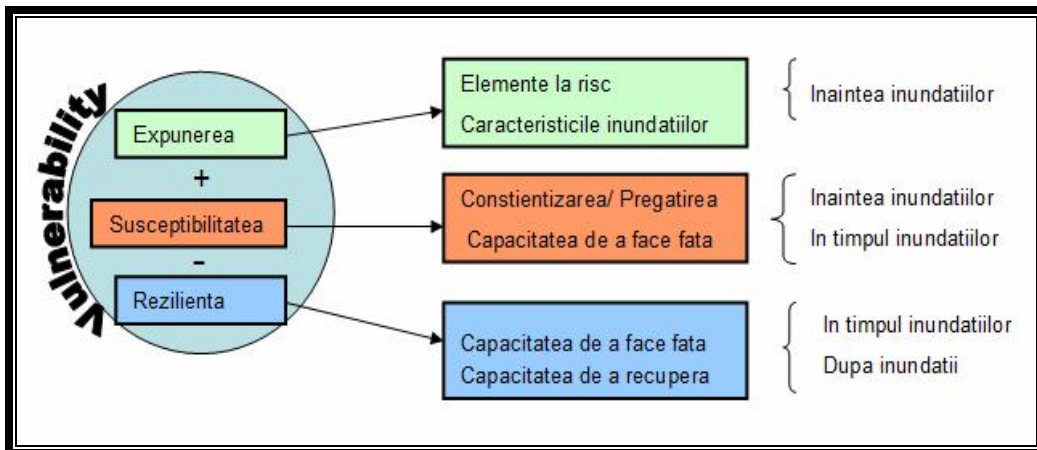


Figura 2-13 Ecuația vulnerabilității

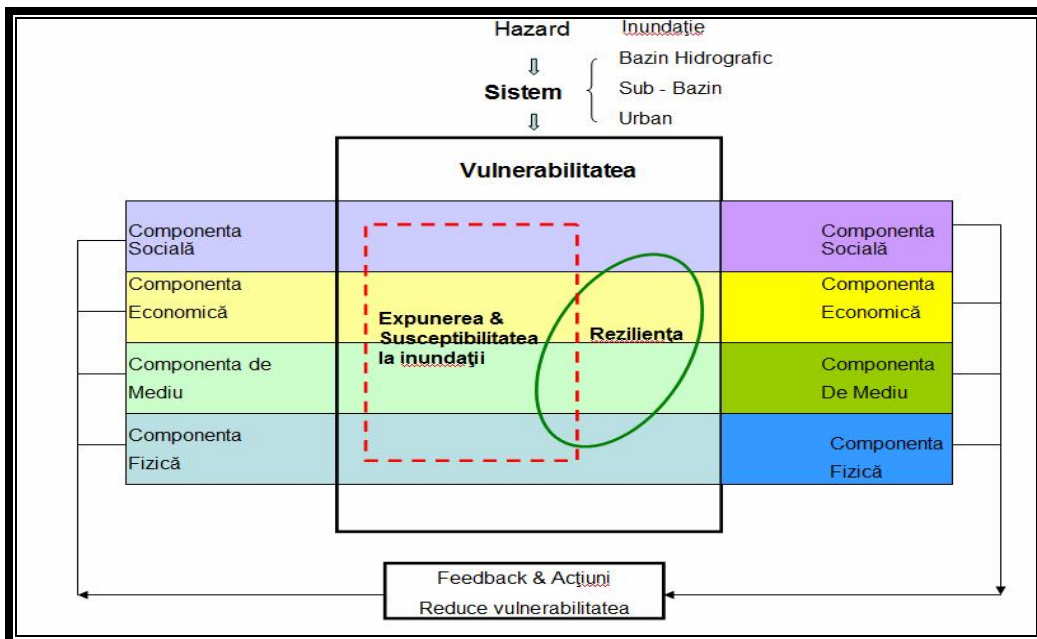


Figura 2-14 Vulnerabilitatea sistemului

Toate sistemele sunt supuse riscului, dar vulnerabilitatea lor reflectă posibilele pagube ce se pot produce în cazul unui eveniment. Toate componentele pot fi afectate de către inundații; după eveniment, noi componente trebuie să apară și să

genereze o reacție care reduce vulnerabilitatea în fața unei inundații viitoare, vezi Figura 2-14.

Vulnerabilitatea este un concept relativ; depinde de accesul diferențiat al persoanelor, construcțiilor și al infrastructurii la subsistemele sociale, economice, de mediu și instituționale. Vulnerabilitatea este diferită pentru fiecare risc, este diferită pentru fiecare locație, diferită pentru fiecare persoană sau familie.

Un sistem supus riscului este mai vulnerabil; cu cât este mai expus unui pericol, cu atât este mai susceptibil la forța acestuia și la impact. Totuși, vulnerabilitatea va scădea odată cu creșterea rezilienței.

Din ecuația vulnerabilității, expunerea mare și susceptibilitatea mare duc la creșterea vulnerabilității. Pe de altă parte, nivelul înalt de reziliență scade vulnerabilitatea.

Cap. 3. Indicatorii de vulnerabilitate

Un indicator, sau un set de indicatori, poate fi definit ca fiind o caracteristică inerentă care estimează cantitativ starea unui sistem; de obicei se concentrează pe o componentă mică, ușor de administrat, tangibilă și relevantă a unui sistem, care poate da o idee despre tabloul de ansamblu.

În timp ce indicatorii joacă un rol tot mai important, ei surprind numai aspecte sinoptice ale sistemului la scara la care sunt aplicați.

Indicatorii de vulnerabilitate sunt folosiți de obicei în evaluări de vulnerabilitate. Primul pas în evaluarea vulnerabilității bazată pe indicatori este selectarea indicatorilor. Procedura standard constă în alcătuirea unei liste de indicatori folosind criterii precum: potrivirea, urmărirea unui cadru conceptual sau urmărirea definițiilor, disponibilitatea datelor, și încadrarea în formate.

Vulnerabilitatea trebuie să fie reflectată prin indicatori. Aceștia trebuie să permită factorilor de decizie să identifice obiectivele și să ofere îndrumare în strategiile de reducere a vulnerabilității. Indicatorii de vulnerabilitate trebuie să ofere și informații suplimentare pentru a stabili obiective cantitative mai precise pentru reducerea vulnerabilității. Indicatorii de sistem facilitează analiza stării relative a sistemului în ansamblu și trebuie să reflecte condițiile socio-economice, de mediu și fizice ale regiunii geografice.

Procedurile de selecție a indicatorilor urmează două abordări, una bazată pe o înțelegere teoretică a relațiilor și una bazată pe relații statistice. Totuși, înțelegerea conceptuală are rolul său în ambele variante. Prima abordare presupune o cercetare deductivă iar cea de-a doua, o cercetare inductivă.

Abordarea deductivă pentru selecția indicatorilor implică găsirea unor relații bazate pe teorie sau pe cadrul conceptual și selectarea indicatorilor în funcție de aceste relații. În abordarea deductivă, verificarea presupune a evalua cât este de mare similitudinea dintre predicțiile teoretice și dovezile empirice (Adger et al., 2004).

Identificarea deficiențelor și a potențialului de îmbunătățire a selecției indicatorilor este crucială. Rezultatul testului poate identifica slăbiciunile sau oportunitățile de îmbunătățire în oricare din pașii de selecție a indicatorilor, inclusiv definițiile vulnerabilității, abordările teoretice și presupunerile făcute, conceptualizare, cîntărire, și colectarea și analiza datelor.

Există două aspecte ale dinamismului care sunt critice pentru studierea indicatorilor: în primul rând, că și capacitățile locale și autoritatea asupra resurselor, și implicit vulnerabilitatea, sunt modelate de procese și prin urmare variază în timp și spațiu; în al doilea rând, indivizii, gospodăriile, grupurile sociale și comunitățile pot fi supuse mai multor presiuni în același timp, cum ar fi schimbările economice sau conflictele politice (de Waal 1989).

Cercetarea inductivă folosește deseori generalizări empirice, completate cu un conținut empiric și declarații de regularități empirice. Teoria constă din generalizări derivate prin inducție din date: cu alte cuvinte, găsirea modelelor în datele care pot fi generalizate.

Astăzi se folosește o mare varietate de indicatori (Adriaanse, 1993; DFO, până în 2006, CRED, până 2006, Banca Mondială (WB), 1994, 1997), de exemplu Baza de Date a Băncii Mondiale pentru Africa (World Bank Africa Database) 2005, constând din aproape 1200 de indicatori (WB, 2005). Multe studii privind vulnerabilitatea pun accentul pe indicatori; mai jos se găsește o descriere a indicatorilor folosiți pentru diverși indecși de vulnerabilitate.

3.1 Indicatorii de vulnerabilitate ai mediului

Indexul de Vulnerabilitate a Mediului (EVI) a fost dezvoltat de către Comisia de Fizica Pământului Aplicată a Pacificului de Sud (SOPAC); obiectivul EVI este de a reprezenta vulnerabilitatea statelor insulare mici în curs de dezvoltare (SIDS) în fața unei serii de pericole naturale și provocate de om, pe baza a 50 de indicatori de vulnerabilitate; acești indicatori reprezintă riscul, reziliența și degradarea sau integritatea mediului.

EVI își definește indicatorii ca "smart indicators"; autorii (Pratt et al., 2004) folosesc 50 de indicatori "care au drept scop să surprindă un mare număr de elemente într-un sistem interactiv complex, arătând simultan în ce mod valoarea obținută se raportează la o condiție ideală" (UNEP, 2004). Indicatorii selectați pentru folosire în EVI se bazează pe cea mai bună înțelegere științifică disponibilă în acest moment și a fost dezvoltată în colaborare cu experți internaționali, experți de țară, alte agenții și grupuri interesate. Indicatorii se împart în 5 categorii (Kaly et al., 1999):

- M = Meteorologici;
- G = Geologici;
- B = Biologici;
- C = Caracteristici țării; și
- A = Cauzați de om.

Cei 50 de indicatori selectați pentru a măsura vulnerabilitatea mediului se clasifică într-o serie de sub-indici care includ: pericolele, rezistența, pagubele, schimbarea climei, biodiversitatea, apa, agricultura și pescăriile, aspecte legate de sănătatea omului, deșertificarea, și expunerea la dezastre naturale. Acești indicatori pot fi grupați în trei sub-indici și anume:

- REI = Expunerea la pericole/riscuri naturale sau umane
- EDI = Indexul de Degradare a Mediului. Acest index măsoară starea actuală de 'sănătate' a mediului. Se bazează pe presupunerea că

- impacturile trecute afectează capacitatea mediului de a tolera noi impacturi.
- IRI = Index de Reziliență Intrinsecă

Indicatorii de mediu au o natură eterogenă, adică includ variabile pentru care răspunsurile sunt numerice, calitative și pe diverse scări (linară, neliniară). Se folosesc indicatori diferiți, rezultând o mare varietate de unități de măsură.

Indicatorii sunt aleși pe baza unor expertize; sunt eterogeni și valorile rezultate se găsesc pe o scară de la 1 la 7, unde 7 reprezintă vulnerabilitatea cea mai mare. Pentru a calcula EVI a unei țări se face o medie a tuturor acestor indicatori. Indexul a fost aplicat până acum unui număr limitat de SIDS.

3.2 Indicatorii de vulnerabilitate socială

Indicatorii pentru *Vulnerabilitatea Socială la Schimbări Climatice pentru Africa (SVCC)* au fost aleși ca determinanți ai vulnerabilității. Indicatorii sau indicatorii provizorii au fost aleși ținând cont de constrângerile legate de disponibilitatea datelor. Majoritatea indicatorilor folosiți în index provin de la Banca Mondială care prelucrează circa 800 de Indicatori ai Dezvoltării Globale din date provenite direct sau indirect din sisteme de statistică oficială organizate și finanțate de către guvernele naționale.

Procesul de dezvoltare a indicatorilor implică incertitudine la câteva nivele. Adger & Vincent (2005) prezintă un *index de vulnerabilitate socială (SVI)* pentru a ilustra problemele de incertitudine în capacitatea de adaptare. Tabel 3-1 prezintă un sumar al variabilelor, indicatorilor și al surselor de date folosite în SVI (Vincent, 2004).

SVI este un index agregat al vulnerabilității umane la modificările în disponibilitatea apei de apărute prin schimbările climatice. În calculul său se folosește media ponderată a cinci sub-indici compuși, conform Figura 3-1:

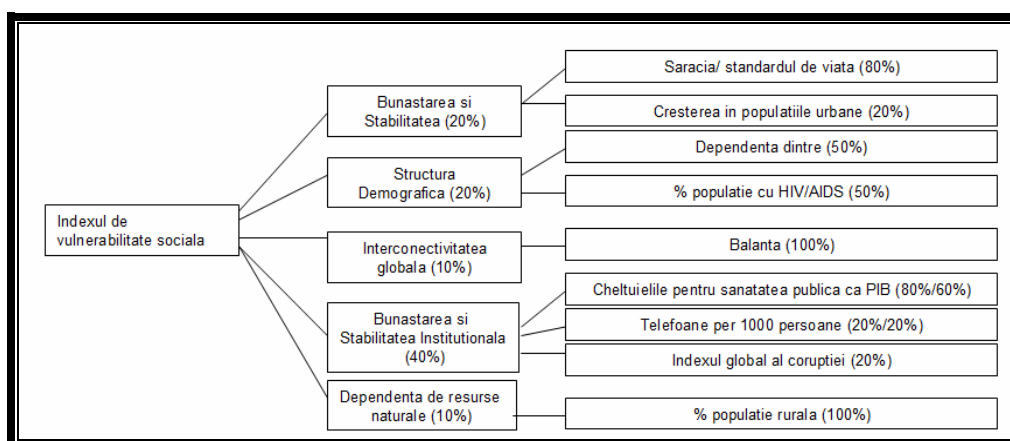


Figura 3-1 Structura Indexului compus de Vulnerabilitate Socială, sub-indicii compuși, și indicatorii componentelor (Adger & Vincent, 2005)

Toți indicatorii sunt standardizați prin o simplă metodă, (această metodă atestă faptul că există una sau mai multe dintre ariile studiate care au vulnerabilitatea egală cu zero perfect), astfel cea mai mare valoare fiind 1 și corespunde vulnerabilității celei mai mari, și cea mai mică vulnerabilitate fiind cotate cu 0.

SVI este calculat cu ajutorul unei ecuații simple (Villagran, 2006):

$$SVI = 0.2 I_{ewb} + 0.2 I_{ds} + 0.4 I_{is} + 0.1 I_{gi} + 0.1 I_{nrd}$$

Unde:

- I_{ewb} este indicatorul asociat bunăstării economice;
- I_{ds} este indicatorul asociat structurii demografice;
- I_{is} este indicatorul asociat stabilității instituționale;
- I_{gi} este indicatorul asociat interconectivității globale;
- I_{nrd} este indicatorul asociat dependenței de resursele naturale.

Tabel 3-1 Sumarul variabilelor, a indicatorilor și a surselor de date folosite în SVCC (Vincent, 2004)

Determinarea vulnerabilitatii/sub-indexului	Indicatorii componenti	Ce reprezinta fiecare indicator:	Hipoteze relatiile functionale dintre indicator si vulnerabilitate	Sursa de date
Bunastarea economica si stabilitatea	Nivelul de trai/saracie	Populatia cu venituri sub limita saraciei 2000	mare % a populatiei cu venituri sub limita saraciei, mare vulnerabilitate	Banca Mondiala (2002)
	Schimbarea in % populatiei urbane	Schimbarea in % populatia urbana intre 1975 si 2000	Mare schimbarea, mare vulnerabilitate	UN(2002)
Structura demografica	Populatia dependenta	Populatia sub 15 si peste 65	Mare dependenta, mare vulnerabilitatea	UN (2001)
	% din clasa muncitoare cu HIV/AIDS	Adulti intre 15-49 traind cu HIV/AIDS, ca % din populatia cu varste intre 15-49	Mare % de adulti cu varste intre 15-49, mare vulnerabilty	UNAIDS and WHO (2002)
Stabilitatea institutionala si infrastructura de care beneficiaza publicul	Cheltuielile cu sanatatea, % din PIB	Cheltuielile cu sanatatea, % din PIB in 1998, cheltuielile curente si de capital din bugetele locale si centrale	Mare cheltuieli cu sanatatea din PIB, mica vulnerabilitate (invers)	Banca Mondiala (2002)
	Telefoane	No linii telefonice pe 1000 persoane in 2000	Mare no de telefoane, mica vulnerabilitate	ITU (2002)
	Coruptie	Indexul compozit folosind date din 15 surse din 9 institutii si perceperea de a fi bine informat in legatura cu coruptia (2002)	Mare coruptie, mare vulnerabilitate	Transparency (Hodess, 2003)
Interconectivitatea globala	Balanta Trade	Piata neta in bunuri si servicii, derivarea importurilor de bunuri si servicii contra exporturilor de bunuri si servicii	Cu cat mai negative balanta cu atat mai vulnerabil	Banca Mondiala (2001)
Dependenta de resurse naturale	Populatia rurala	% din populatia rurala, definite ca si diferenta dintre populatia totala si populatia urbana in 1999	Mare % de populatie rurala, mare vulnerabilitate	Banca Mondiala (2002)

SVI cuprinde în esență indicatori de prognoză ai vulnerabilității pe baza experienței existente.

Ponderile au fost alocate fiecărui indicator în urma sugestiilor venite de la experți. Majoritatea datelor a fost obținută din surse internaționale cum este Banca Mondială, agențiile ONU, ITU, și Transparency International. În Figura 3-2 sunt prezentate rezultatele pentru 50 de țări din Africa:

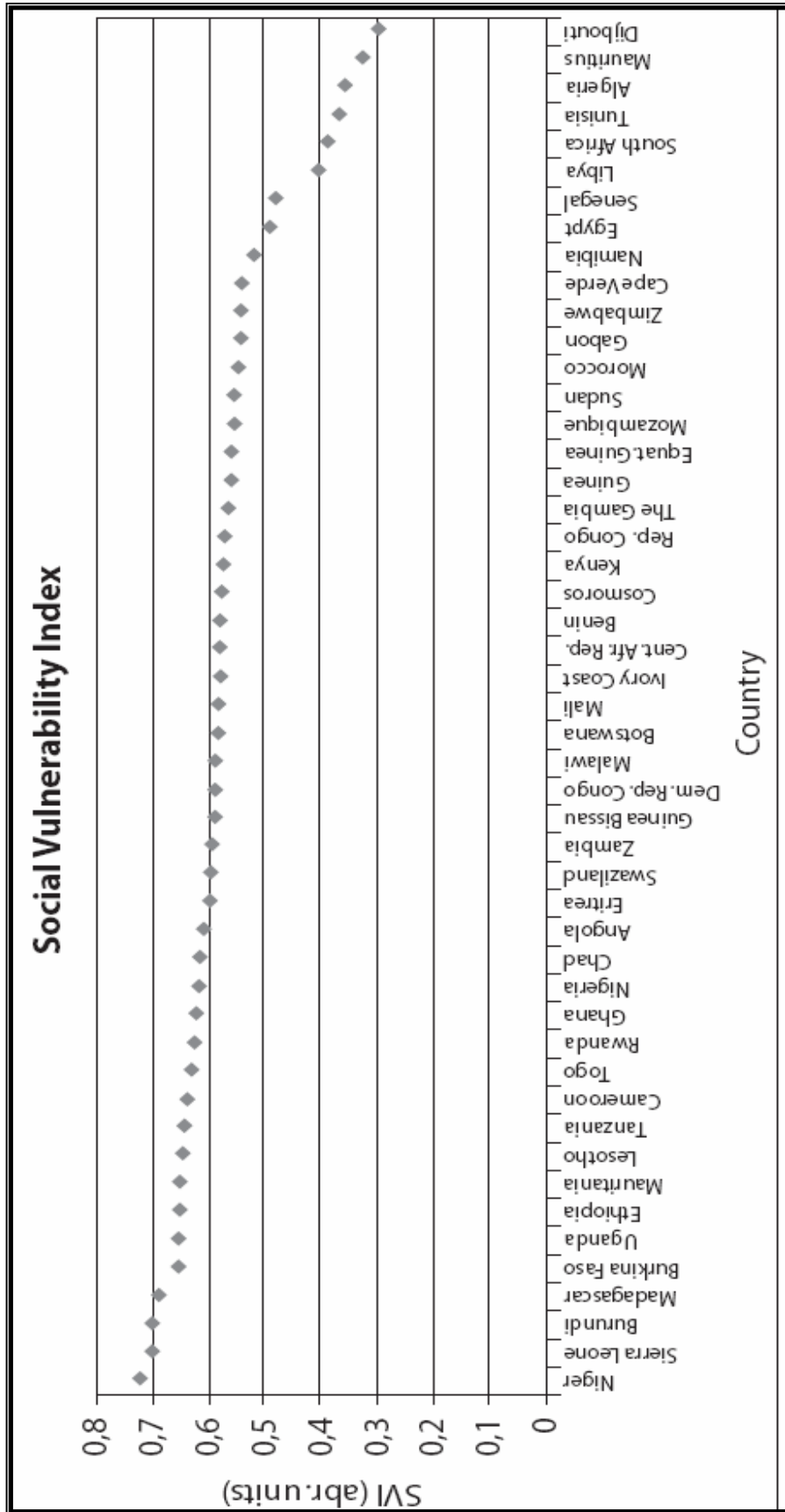


Figura 0-2 Indexul de Vulnerabilitate Socială pentru Africa propus de Vincent (2004)

3.3 Indexul Compus de Vulnerabilitate pentru State Insulare Mici (CVI_{SIS})

Un grup condus de Dr. Briguglio (2003; 2004) a dezvoltat un index compus de vulnerabilitate pentru statele insulare mici în curs de dezvoltare. Scopul indexului este de a evidenția vulnerabilitatea intrinsecă a acestor state în comparație cu țările mari care posedă câteva avantaje asociate dimensiunii lor.

Indexul este compus din patru indicatori:

- Un indicator boolean care arată dacă țara este considerată un stat mic sau mare, cu valori numerice de 1, respectiv 0;
- Vulnerabilitatea sau susceptibilitatea țării în relație cu dezastrelor naturale;
- Expunerea economică a țării, care a fost evaluată din perspectiva dependenței de exporturi, care la rândul ei este evaluată prin media exporturilor de bunuri și a serviciilor non-factor ca procent din PIB; și
- Absența diversificării, caracterizată în termeni de index de diversificare UNCTAD.

Prin folosirea metodei celor mai mici pătrate ponderate, indexul este reprezentat matematic prin următoarea ecuație:

$$CVI_{SIS} = 1.4142 + 0.0096 \text{ Vul} \times D + 0.0322 \text{ Ex-Dep} + 3.3442 \text{ Div}$$

Unde:

- Vul reprezintă susceptibilitatea țării la dezastre naturale;
- D este un indicator boolean pentru țara respectivă referitor la statutul țară mică;
- Ex-Dep reprezintă expunerea economică a țării;
- Div reflectă absența diversificării într-o țară anume.

Selecția ponderilor s-a făcut folosind tehnici de regresie și eliminând valorile extreme care ar putea deplasa indexul în direcții nedorite. Din cele 111 țări (atât mici cât și mari) pentru care s-a evaluat indexul, 11 au fost eliminate din cauza valorilor extreme. Rezultatele sunt arătate într-o formă standardizată cu valori cuprinse între 0 și 15, zero însemnând „NU” vulnerabil, în schimb 15 fiind cel mai vulnerabil.

Rezultatele acestei metode sunt prezentate în Figura 3-3 care arată CVI_{SIS} ca funcție de țările de pe abscisă.

Se poate face un sumar al rezultatelor:

Metoda propusă arată că statele mici sunt în general mai vulnerabile decât statele mari, dar aceasta poate fi consecința metodei propuse.

Gradul de vulnerabilitate este independent de PIB-ul pe cap de locuitor. Multe țări cu PIB ridicat au o vulnerabilitate mai mare decât țări cu PIB scăzut.

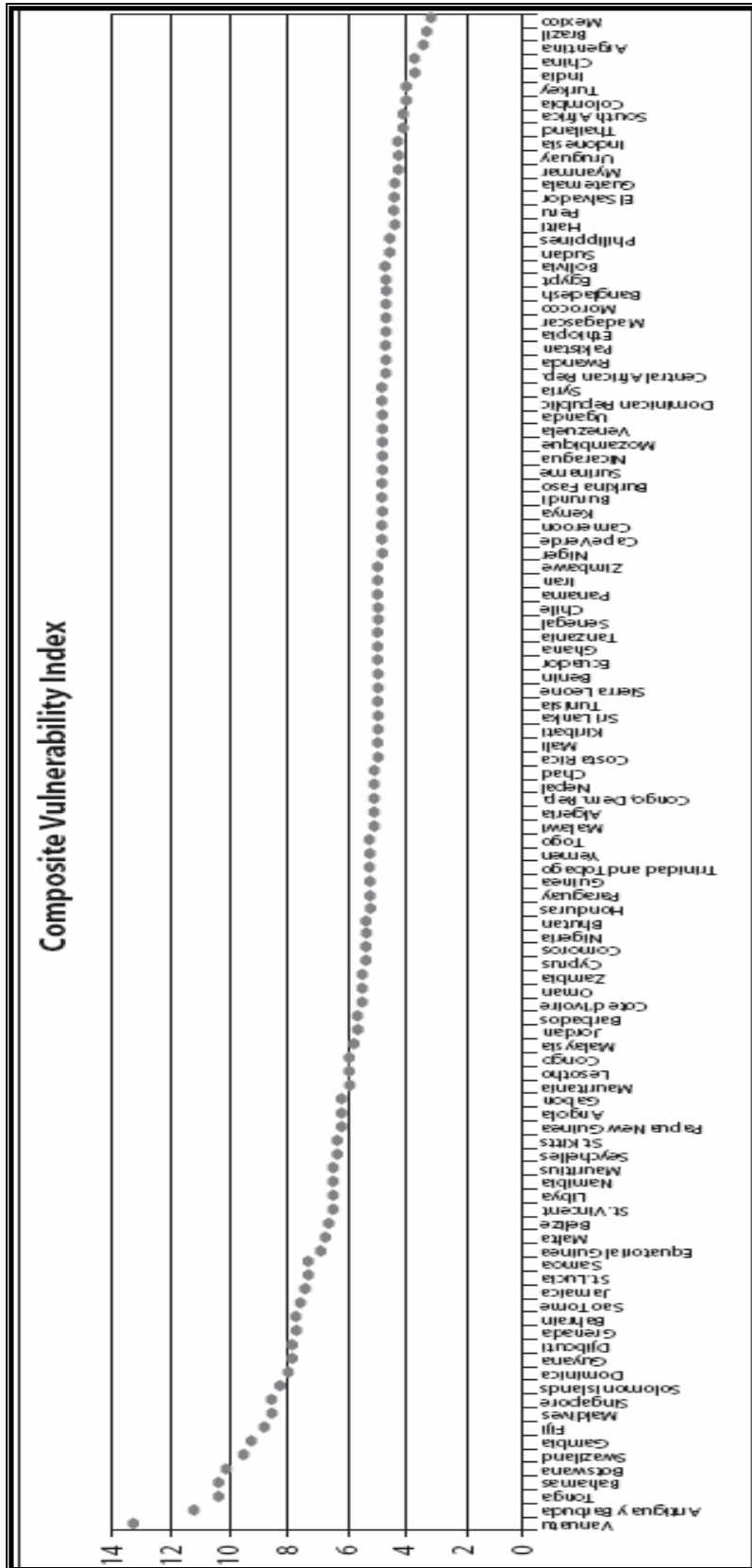


Figura O-3 Indexul Compus de Vulnerabilitate pentru țările lumii conform modelului dezvoltat pentru statele insulare în curs de dezvoltare (Villagran, 2006)

3.4 Riscul Global și Indicatorii de Vulnerabilitate

Departamentul de Avertizare și Evaluare (DEWA) al Programului de Mediu (UNEP) din cadrul Organizației Națiunilor Unite și GRID-Geneva pregătesc un Index de Risc în Fața Dezastrelor în cadrul proiectului lor anual de Risc Global și Tendințe de Vulnerabilitate (GRAVITY). Acest index va fi folosit pentru comparații sistematice interțări, și se constituie pe baza Proiectului GRID-Geneva de Evaluare Riscului, Vulnerabilitate, Informare și Avertizare (PREVIEW).

Proiectul GRAVITY examinează principalele tipuri de pericole:

- cicloanele,
- seceta,
- inundațiile,
- furtunile,
- vulcanii și
- seismele.

Un element principal al proiectului este de a dezvolta indicii de expunere a omului la aceste riscuri, folosind date sub formă de grilă. Cadrul conceptual folosit de către UNEP este reprezentat prin formula:

$$\text{Riscul} = \text{frecvența} \times \text{populația} \times \text{vulnerabilitatea}$$

Unde:

Riscul = numărul de victime omenești per populație expusă per perioada de timp;

Frecvența = numărul așteptat (sau mediu) de evenimente per perioada de timp;

Populația = numărul de persoane expuse la risc;

Vulnerabilitatea = procentul așteptat de victime datorat contextului socio-economic și politic.

Tendințele Anuale de Risc Global și de Index de Vulnerabilitate (GRAVITY), descriu conceptele, datele și metodele aplicate pentru a obține Indexul de Risc de Dezastru (DRI). Categoriile de indicatori ai vulnerabilității potențiale au fost definiți astfel (Peduzzi et al., 2002):

- Economia;
- Dependența și calitatea mediului;
- Demografia;
- Sănătatea și salubritatea;
- Politica;
- Infrastructura;
- Avertizarea și capacitatea de răspuns;
- Educația;
- Dezvoltarea.

Parametrii socio-economici au fost aleși astfel încât să reflecte nivelul de calitate a diversilor constituenți ai societății civile așa cum se vede în Tabel 3-2.

Datele indicatorilor de vulnerabilitate folosiți în GRAVITY sunt (Peduzzi et al., 2001):

- S-a ales un indicator de urbanizare pentru a include faptul că populațiile urbane pot fi mai mult sau mai puțin expuse la risc, în funcție tipul de risc. Urbanizarea este considerată un indicator al populației care poate fi afectată.
- S-a inclus în selecție un indicator de corupție, deoarece poate conține informații despre existența unor situații periculoase, de exemplu case construite în zone susceptibile la risc. De aceea, corupția este un indicator al vulnerabilității.
- S-a ales Indexul de Dezvoltare Umană deoarece este firesc să presupunem că există o puternică corelație între nivelul de dezvoltare al unei țări și capacitatea ei de acțiune. De notat că nici speranța de viață nici alfabetizarea nu au fost selectate în setul de factori de vulnerabilitate. Motivul este că speranța de viață și alfabetizarea erau corelate, iar HDI în sine oferă mai multe informații.
- Densitatea populației este un indicator al populației care poate fi afectată. Expunerea este importantă pentru un risc dat dacă populația este concentrată într-o zonă. Această variabilă se calculează astfel:

$$P_D = \frac{\text{Populatia_Totala}}{\text{Suprafata}}$$

Unde: P_D – densitatea populației [#];
 Populația_Totală – numărul total al locuitorilor;
 Suprafața – aria [km^2].
 $P_D = \left[\# / \text{km}^2 \right]$

- Se presupune că PIB/cap de locuitor este un indicator al capacității de răspuns. Această variabilă se obține cu formula:

$$PIB / Cap = \frac{PIB_T}{\text{Populatia totala}}$$

Unde: PIB/Cap – Produsul Intern Brut pe Cap de Locuitor;
 PIB_T – Produsul Intern Brut Total [\$];
 PopulațiaTotală – numărul locuitorilor care trăiesc în zonă [#];

$$PIB/Cap = \left[\$ / \# \right]$$

- Creșterea urbană pe ultimii 3 ani. Se presupune că o creștere urbană rapidă poate duce la condiții precare de locuit, ceea ce face populația mai vulnerabilă. Totuși, această presupunere poate fi valabilă numai în anumite regiuni. Creșterea urbană anuală nu s-a folosit deoarece variază foarte mult. Luând în considerare creșterea de-a lungul unei perioade mai lungi de timp, riscul unor condiții precare de locuit crește. În acest context, *urbang3* este considerat

- ca fiind un indicator de vulnerabilitate. Această variabilă s-a calculat astfel:

$$urbang3 = \frac{urban_t - urban_{t-3}}{urban_{t-3}}$$

Unde: $urbang3$ – % de creștere urbană pe ultimii 3 ani;
 $urban_t$ – aria urbană curentă [ha];
 $urban_{t-3}$ – aria urbană în urmă cu 3 ani [ha];
 $urbang3 = [-]$

- Creșterea populației pe ultimii 3 ani ($popg3$). Se presupune că o creștere rapidă a populației poate pune o presiune asupra capacităților de locuit, și poate mări vulnerabilitatea în situații de risc.

$$popg3 = \frac{pop_t - pop_{t-3}}{pop_{t-3}}$$

Unde: $popg3$ – creșterea populației pe ultimii 3 ani;
 pop_t – populația curentă [#];
 pop_{t-3} – populația în urmă cu 3 ani [#];
 $popg3 = [-]$.

De notat că acest proces presupune 3 ani de observații. În timp ce $urban$ este observabil în perioada 1960-2000, $urbang3$, and $popg3$ sunt observabile numai în perioada 1963-2000.

Această secțiune prezintă abordarea statistică a metodologiei de modelare a vulnerabilității. Se definește un model de regresie pentru fiecare tip de dezastru. Pentru fiecare tip de dezastru sunt disponibile n observații.

Să considerăm un tip de dezastru dat: fie Y vectorul a n pagube observate; fiecare element al vectorului Y corespunde unui dezastru diferit care a avut loc într-o țară dată c la un moment dat t

$$Y = [yict]_{i=1, \dots, n}$$

Și fie X matricea factorilor de vulnerabilitate corespunzători țării și momentului (dacă este posibil) a yict,

$$X = [x1i ; x2i ; \dots ; x7i]_{i=1, \dots, n}$$

Unde:

$x1 = popdct$
 $x2 = corrupc2000$
 $x3 = hdic1998$
 $x4 = gdpcapct$
 $x5 = urbanct$
 $x6 = urbang3ct$
 $x7 = popg3ct$

Se propune următorul model de regresie liniară:

$$Y = \beta \cdot X + \epsilon$$

Unde β este vectorul parametrilor:

$$\beta' = [\beta_1 ; \beta_2 ; \dots ; \beta_7]$$

iar ε este o perturbatie aleatoare care satisface ipoteza uzuala a modelelor de regresie linara.

Tabel 3-2 Indicatorii de Vulnerabilitate pentru GRAVITY (UNDP/BCPR, 2003)

Categoriile vulnerabilitatii	Indicatorii	Seceta	Inundatii Cutremure Cicloane	Sursa
Economic	PIB pe locuitor Indexul Uman de Saracia Departamentul total de servicii Inflatia, pretul mancarii (annual %) Somajul, total (% din total fortei de munca)	X X	X X X X	BM UNDP BM BM ILO
Tipuri de activitati economice	% din terenul arabil % din populatia urbana % din dependenta agricult. Pentru PIB % din forta de munca, in agricultura	X X	X X	FAO UNPOP BM FAO
Dependenata si calitatea mediului inconjurator	Paduri si arii verzi % de arii irrigate Degradarea solului de catre om (GLASOD)	X	X X	FAO FAO UNEP
Demografia	Cresterea populatiei Crestera ariilor urbane Densitatea populatiei Dependenta de varsta		X X X X	UNPOP GRID GRID BM
Sanatatea	Media de calorii pe cap de locuitor % de populatie cu acces la curatenie adecvata % din populatie cu acces la apa potabila no de fizicieni pe 1000 locuitori no de paturi in spitale Speranta de viata la nastere, ambele sexe Rata de mortalitate, sub 5 ani	X X	X X X X X	FAO WHO/ UNICEF " BM BM UNPOP UNPOP
Politic	Indexul Coruptiei		X	TI
Capacitatea de avertizarea	No de radio-uri pe 1000 locuitori		X	BM
Educatia	Rata de citire Inmatricularea in scoli Inmatricularea in ciclul al doilea Forta de munca cu educatie primara, sec sau terciara		X X X X	BM UNESCO UNESCO BM
Dezvoltarea	Indexul Uman de dezvoltare	X	X	UNDP

3.5 Indicatorii de vulnerabilitate a Climei

Indexul de Vulnerabilitate a Climei (CVI) Indicatorii de schimbare a climei ne ajuta sa aflam daca clima se modifica sau nu. Acesti indicatori se bazeaza pe

caracteristicile climei, cum sunt temperatura și precipitațiile. Alții indică dacă o climă în schimbare afectează sau nu mediul și viața oamenilor.

Indexul de Vulnerabilitate a Climei se bazează pe un cadru care încorporează o mare varietate de aspecte. Este o metodologie holistică pentru a evalua dacă resursele de apă pot asigura o dezvoltare sustenabilă, metodologie folosită de numeroase organizații donatoare pentru a evalua progresul înregistrat. Valorile pe care le poate avea indexul sunt de la 0 la 100, totalul fiind generat ca medie ponderată a șase componente principale. Fiecare dintre componente este de asemenea notată de la 0 la 100. Cele șase categorii sau componente sunt prezentate în Tabel 3-3:

Tabel 3-3 Componentele Principale ale CVI (Sullivan & Meigh, 2003)

Componentul CVI	Sub-componentii/ Variabilele
Resursa (R)	Evaluarea disponibilitatii apei de suprafata si subterana Evaluarea capacitatii de acumulare a apei si reliabilitatea resurselor Evaluarea calitatii apei si dependenta si desalinizarea apei
Accesul (A)	Accesul la apa curate si sanatate Accesul la irigatii
Capacitatea (C)	Expedierea consumabilelor durabile, sau veniturilor PIB ca si o proportie a GNP, investitia apei ca % investitia de capital fix Nivelul de educatie al populatiei, si rata de mortalitate sub 5 ani Existenta sistemelor de avertizarea dezastrelor, si puterea institutiilor municipale % de populatie traind in case inchiriate Accesul la un loc de siguranta in cazul inundatiilor sau altor dezastre
Use (U)	Rata consumului domestic de apa Apa folosita in agricultura si industrie, legata cu contributiile lor respective la PIB
Environmental (E)	Densitatea populatiei Pierderea de habitate Frecventa de inundatii
Geospatial (G)	Extinderea solului la risc prin cresterea nivelului marii, cresterea valurilor, sau alunecarile de teren Gradul de izolare prin resursele de apa sau/si sursele de hrana Ratele de dezpadurirea, desertificarea sau/si eroziunea solului Gradul de conversiune a solului din vegetatia naturala

Pentru a evalua CVI în practică, au fost identificate tipurile geografice; fiecare dintre acestea au aspecte particulare care le fac vulnerabile la variațiile climatice și la schimbarea climei. În Tabel 3-4 sunt prezentate unele dintre tipurile geografice posibile, cu exemple ale problemelor și locațiilor unde pot fi relevante (Sullivan & Meigh, 2003):

Tabel 3-4 Tipuri geografice (Sullivan & Meigh, 2003)

Tipul geografic	Exemple de locatii	Cateva probleme relevante
Insulele mici	Pacific atolls, Maldive, Insulele Caribiene	Cresterea nivelului mării, salinitatea, izolarea
Orasele in curs de dezvoltare	Delhi, Cairo, Lagos, special mega-orasele	Infrastructura inadecvata, excludere sociala,
Regiuni muntoase	Nepal, Bolivia, Etiopia	Pierderea ghetarilor, alunecarile de teren, degradarea solului
Regiunile semi-aride	Sahel, N-E Braziliei	Variabilitatea ploilor torentiale, desertificarea
Zonele de coaste	Delta Indus, Delta Gange, Delta Nilului	Reducerea curgerii raului in amonte, cresterea nivelului mării, salinitatea

Metodologia folosită pentru CVI se bazează pe metodologia Indicelui de Sărăcie a Apei dezvoltat de Sullivan, 2002:

$$CVI = \frac{w_r R + w_a A + w_c C + w_u U + w_e E + w_g G}{w_r + w_a + w_c + w_u + w_e + w_g},$$

Unde: R – Resursele;

A- Accesul;

U – Utilizarea;

C – Capacitatea;

E – Mediul;

G – Spațiul geografic, și

$w_r, w_a, w_u, w_c, w_e, w_g$ – ponderile indicatorilor.

Fiecare componentă este alcătuită din sub-componente; componentele sunt alăturate folosind o structură de indecși compuși.

Există diferite vulnerabilități la schimbarea climei, unele dintre cele studiate sunt mortalitatea legată de climă, vulnerabilitatea socială la schimbarea climei; unele țări, de exemplu: Canada, Peru, USA, etc., și-au definit vulnerabilitatea la schimbările climatice folosind diverși indicatori.

Mortalitatea rezultată din dezastrele legate de climă poate fi măsurată folosind bazele de date pentru situațiile de urgență, relațiile statistice dintre mortalitate și o listă prescurtată a potențialilor înlocuitori pentru vulnerabilitate. Aceste date sunt folosite pentru a identifica indicatorii cheie de vulnerabilitate. Brooks et al (2005) au identificat 11 indicatori;

- populația cu aceea la salubritate;
- rata alfabetizării;
- categoria de vîrstă 15-25;
- mortalitatea maternă;
- rata alfabetizării, peste 15 ani;
- aportul caloric;

- accesul la alegerea conducătorilor țării;
- libertatea civilă & și drepturile politice;
- eficiența guvernării
- raportul categoriilor alfabetizate (femei sau bărbați);
- speranța de viață la naștere.

Indicatorii pot fi împărțiți în trei categorii:

- Starea de sănătate;
- Guvernarea;
- Educația.

Pentru rapoartele de schimbări climatice, în Canada au fost examinați aproape 100 de posibili indicatori (Consiliul canadian de Miniștri pentru Mediu, 2003). Cei 12 indicatori rămași au fost grupați în două secțiuni (Tabel 3-5). Prima îi include pe cei al căror impact se produce direct asupra naturii; cea de a doua îi include pe cei al căror impact se produce direct asupra oamenilor (IPCC, 2001).

Tabel 3-5 Indicatorii aleși pentru raportul de schimbări climatice în Canada, 2003

Natura	Oamenii
Creșterea nivelului mării	Modurile tradiționale de trai
Aisbergurile	Seceta
Gheața de pe râuri și lacuri	Marile lacuri–nivelul apei la St.Lawrence
Ghețarii	Anotimpurile cu și fără îngheț
Urșii polari	Încălzirea și răcirea
Dezvoltarea plantelor	Condițiile meteo extreme

Adger (1999) descrie un alt tip de vulnerabilitate; vulnerabilitatea socială la schimbările climatice este expunerea unor grupuri sau a unor indivizi la stres ca rezultat al schimbărilor sociale și ale mediului. Autorul propune un set de indicatori care să examineze vulnerabilitatea relativă a oricărui set de indivizi dat sau a oricărei situații sociale. Printre acești indicatori se numără:

- Sărăcia: venitul este considerat ca un indicator economic al sărăciei;
- Dependența de resurse la nivel individual;
- Inegalitatea: ca indicator al vulnerabilității sociale colective, care afectează direct vulnerabilitatea prin restrângerea opțiunilor gospodăriilor și indirect prin legătura cu sărăcia și cu alți factori;
- Adaptarea instituțională la nivel colectiv.

CVI oferă un instrument puternic de exprimare sistematică a vulnerabilității comunităților umane în relație cu resursele de apă. Este o abordare holistică ce integrează aspecte fizice, sociale, economice și de mediu. Rezultatele sunt ușor de înțeles – un singur număr poate reprezenta indexul unei locații anume – dar în același timp, datele constituate pot fi examinate, și întreg procesul este deschis și transparent (Sullivan & Meigh, 2003). CVI este potrivit pentru a examina vulnerabilitatea la nivele existente de variabilitate a climei, și poate fi folosit și pentru a examina impacturile schimbărilor climatice, combinând scenarii climatice cu schimbări previzionate în condițiile sociale, economice, de mediu și fizice.

3.6 Indicatorii de Vulnerabilitate la Inundații

În timpul ultimelor decade, dovezile științifice au arătat o creștere în frecvență, intensitate și efecte economice a evenimentelor legate de vreme cum sunt inundațiile. Obiectivul dezvoltării indicatorilor e de a furniza factorilor de decizie instrumente de evaluare și analiză a inundațiilor.

3.6.1 Indexul existent de vulnerabilitate la Inundații

Connor & Hiroki, 2005, au prezentat o metodologie de calcul a Indexului de Vulnerabilitate la Inundații (FVI) pentru bazine hidrografice, folosind unsprezece indicatori împărțiți pe patru componente. Indecșii folosesc doi sub-indici în calcul; indexul uman, care corespunde efectului social al inundațiilor; și cel material care acoperă efectele economice ale inundațiilor. Scopul FVI este de a servi drept instrument de evaluare a riscului de inundații datorat schimbărilor climatice în relație cu condițiile socio-economice și politicile de management existente.

Selecția indicatorilor, prezentată în Tabel 3-6, a necesitat aplicarea unei diagrame cauză-efect care a identificat peste 40 de indicatori posibili. Factorii au fost validați de către un grup de peste 50 de participanți în timpul Săptămânii Apei la Banca Asiatică Dezvoltare, 2004 (Manila).

3.6.2 Indexul de Vulnerabilitate la Inundații aplicat principalelor bazine hidrografice ale lumii

Metodologia a fost testată pe bazine hidrografice din Japonia, unde există multe informații accesibile. S-au selectat indicatori cu o bună disponibilitate pentru a facilita aplicarea metodei și în cazul altor bazine din lume; rezultatele sunt prezentate în Figura 3-4.

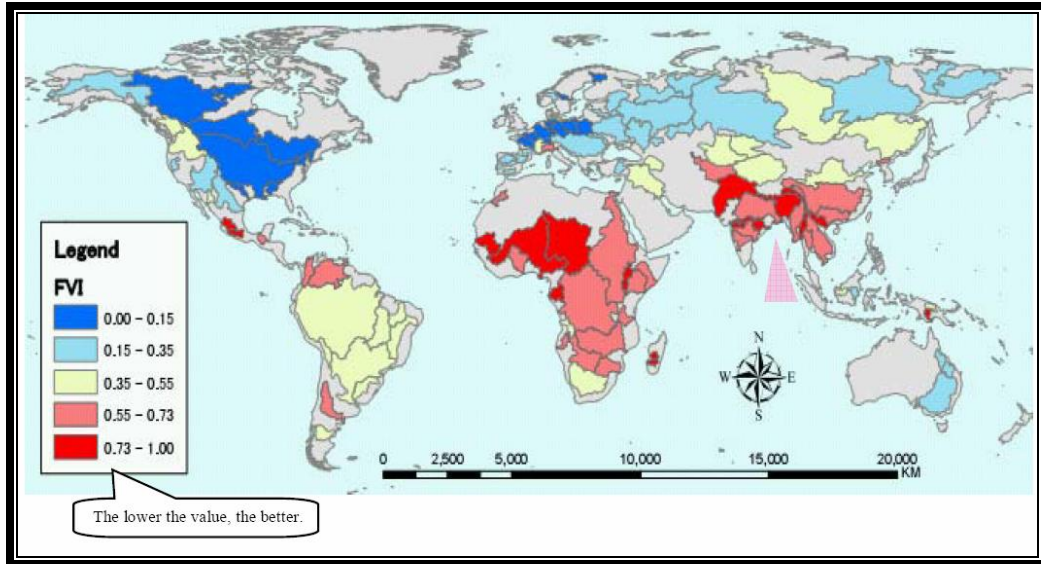


Figura 3-4 Rezultatele calculului FVI pentru bazinele hidrografice principale (114) ale lumii, folosind metodologia Connor & Hiroki (2005)

Folosind datele din Japonia, cercetătorii utilizează analiza de regresie multi-liniară pentru a calcula ponderile fiecărui indicator al FVI uman și material, pe baza numărului de victime și pagube materiale rezultate din inundații trecute; indicatorii au reflectat vulnerabilitatea actuală la inundații pentru fiecare bazin hidrografic. Ponderile indicatorilor sunt prezentate în ecuația următoare:

$$FVI = C + H + S - M$$

$$FVI = (3 * I_1) + (3 * I_2 + I_3) + (-I_4 - I_5 + I_6 - I_7 + I_8 + I_9) - (I_{10} + I_{11}),$$

Tabel 3-6 Indicatori și componente folosite pentru FVI existent

Component	Indicator	Abr.
Climatic	Frecvența precipitațiilor puternice	I ₁
Hidro-geologic	Panta medie	I ₂
	Procentul de zona urbanizată	I ₃
Socio-Economic	Rata de penetrare a televiziunii	I ₄
	Rata alfabetizării	I ₅
	Procentul de populație sub pragul sărăciei	I ₆
	Ani de viață sănătoasă	I ₇
	Populație în zona inundabilă	I ₈
	Rata de mortalitate infantilă	I ₉
Măsurile de contracarare	Volumul investițiilor structurale	I ₁₀
	Volumul investițiilor nestructurale	I ₁₁

După cum se vede în Figura 3-4 folosind această metodologie, valorile FVI oscilează între 0 și 1, unde 1 semnifică cea mai mare vulnerabilitate la Inundații și 0 reprezintă cea mai scăzută vulnerabilitate la inundații.

3.6.2.1 Indexul de vulnerabilitate la Inundații aplicat bazinelor hidrografice din Filipine

Metodologia a fost de asemenea testată în 18 bazine hidrografice din Filipine (Figura 3-5), unde unii indicatori au fost adăugați sau schimbați din lipsă de informații.

Ecuția folosită pentru Filipine:

$$FVI = \frac{w_c C + w_h H + w_s S}{w_m M},$$

Unde:

C – Componenta climatică;

H – Componenta hidro-geologică;

S – Componenta socio-economică;

M – Componenta măsurilor de contracarare.

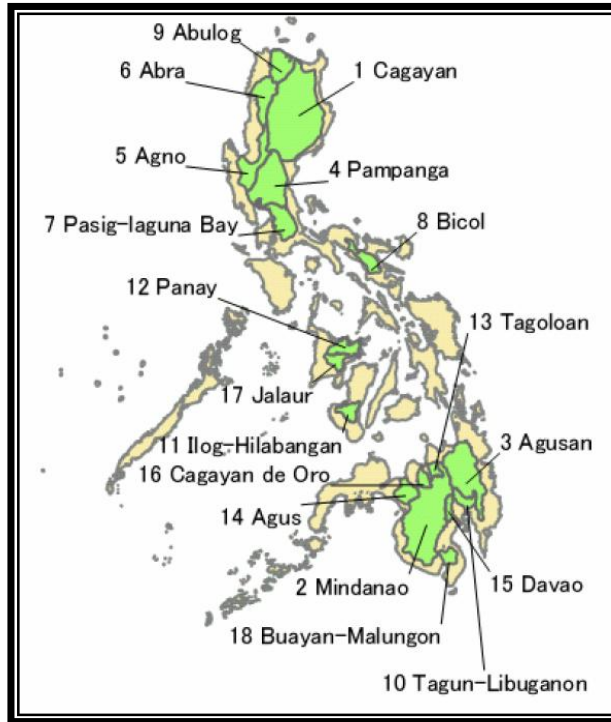


Figura 3-5 Bazine hidrografice în Filipine

$$FVI = \frac{3 * I_1 + 2 * \frac{\sum_{l=2}^3 I_l}{2} + \frac{\sum_{m=4}^9 I_m}{6}}{\frac{\sum_{n=10}^{11} I_n}{2}}$$

Panta medie a bazinului
 Frecvența medie de trecere a cicloanelor tropicale pe 5 ani
 Procentul zonei urbane și a capitalei în aria bazinului
 Rata mortalității infantile
 Rata alfabetizării
 Rata de penetrare a TV
 Ani de viață sănătoasă
 Populația sub pragul sărăciei
 Densitatea populației în bazin
 Statusul măsurilor structurale de contracarare
 Statusul măsurilor nestructurale de contracarare

Metodologia a inclus și pasul de convertire a indicatorilor în unități non-dimensionale, prin interpolarea maximului și minimului din seriile de date obținute, folosind formula de mai jos:

$$Valoarea = \frac{x_i - x_{\min}}{x_{\max} - x_{\min}}$$

Folosirea acestei metodologii permite comparații între o serie de bazine hidrografice, însă comparațiile între două serii diferite, de exemplu bazine hidrografice din țări diferite, pot fi derutante deoarece o parte a comparației implică interpolarea datelor, și nu valoarea indicatorului în sine.

3.7 Rezumat

Indicatorii pot constitui un ghid pentru înțelegerea într-un mod holistic a stării curente a unui sistem, indicând de asemenea posibile strategii de îmbunătățire a funcționării sistemului.

Indicatorii de vulnerabilitate nu sunt o noutate; ei au fost folosiți în diverse evaluări de risc în numeroase domenii cum sunt: științele sociale, economice, de mediu sau ingineria. O bună înțelegere a tuturor acestor domenii poate completa înțelegerea funcționării corecte a unui sistem hidrologic.

Pentru dezvoltarea acestor indecși, autorii au accentuat nevoia de a identifica indicatorii care reprezintă într-un mod clar și obiectiv realitatea. În afara EVI și GRAVITY, toți indecșii au diverse ponderi pentru fiecare indicator folosit, evaluarea acestei ponderi individuale trebuie să fie făcută în așa fel încât rezultatul final să îmbunătățească percepția realității date de index.

Cap. 4 Dezvoltarea Indicilor de Vulnerabilitate la Inundații pentru diverse scări

4.1 Introducere

Indicele de vulnerabilitate la inundații (FVI), are scopul de a identifica punctele critice legate de inundații în diverse regiuni ale lumii, astfel încât poate fi văzut ca un instrument de ajutorare a factorilor de decizie în stabilirea priorităților în zonele de intervenție și ca un instrument care oferă informații utile în creșterea nivelului de conștientizare.

Ideea principală constă în identificarea diverselor caracteristici ale unui sistem care îl fac vulnerabil la inundații la diverse nivele. Caracteristicile constau în aspectele: social, economic, de mediu și fizic ale unui sistem (vezi secțiunea 2.3.2) care pot fi afectate de inundații.

4.2 Identificarea indicatorilor cheie ai FVI dezvoltat

De vreme ce dezvoltarea FVI implică înțelegerea diferitelor situații relaționale și a caracteristicilor unui sistem în legătura cu inundațiile, s-a folosit o abordare deductivă pentru a identifica cei mai potriviți indicatori, pe baza principiilor existente și pe baza cadrului conceptual (Capitolul 2). Prin înțelegerea cauzelor inundațiilor și a principalelor lor efecte asupra diverselor componente ale unui sistem s-a ajuns la găsirea indicatorilor optimi (Figura 4-1).

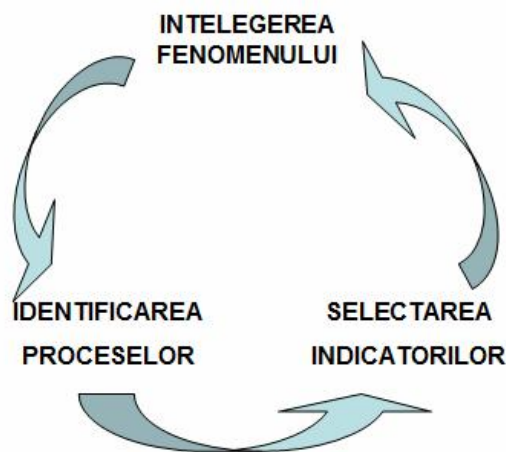


Figura 4-1 Procesele abordării deductive

Pentru îmbunătățirea “noului” FVI, s-au examinat aproape 80 de posibili indicatori, luând în considerare următoarele scări geografice: bazin hidrografic, subbazin și zonă urbană. În calculul FVI s-au inclus 40 de indicatori; ceilalți au fost scoși din ecuații datorită redundanței definițiilor, a relevanței scăzute pentru vulnerabilitatea la inundații sau datorită dificultăților în obținerea datelor necesare.

Principalele motive pentru împărțirea FVI în trei scări diferite sunt:

- Vulnerabilitatea se diferențiază geografic și social. Orice evaluare la nivel național trebuie să ia în considerare modelele regionale de vulnerabilitate de pe cuprinsul țării precum și distribuția vulnerabilității pe țară (Adger et al., 2004);
- Se acordă tot mai multă importanță faptului că vulnerabilitatea este o caracteristică dinamică, o funcție a evoluției constante a unui complex de procese interactive (Leichenko et al., 2002);
- Rezultatele eterogenității spațiale într-o descriere mai fidelă a realității;
- Diferențele în componentele vulnerabilității, așa cum sunt descrise în continuare;
- Diferențele în factorii de vulnerabilitate după cum s-a descris mai sus;
- Împărțirea politică și administrativă poate facilita sau împiedica disponibilitatea datelor, în funcție scară. Datele provenind de la bazinele hidrografice care se întind pe cuprinsul mai multor țări vor fi mai dificil de estimat; datele din zone urbane pot diferi de datele la nivel național;
- Rezultatele pot fi mai ușor de aplicat și de înțeles prin acumularea de cunoștințe despre modul de distribuire a vulnerabilității și despre felul în care aceasta se dezvoltă în lume.

Pentru fiecare scară geografică, indicatorii au fost selectați și împărțiți în patru componente principale ale vulnerabilității (sub-indici):

- Componenta socială;
- Componenta economică;
- Componenta de mediu;
- Componentele fizice.

Componenta socială include indicatori care sunt măsuri și/sau variabile descriind contextul, capacitatea, aptitudinile, cunoștințele, valorile, credințele și comportamentele indivizilor, ale gospodăriilor, ale organizațiilor și ale comunităților la diverse scări geografice. Indicatorii sociali sunt folosiți mai ales pentru a evalua condițiile curente sau îndeplinirea obiectivelor sociale privind sănătatea, locuințele, nivelul educațional, oportunitățile de recreere și echitatea socială.

Componenta economică reflectă bunăstarea regiunii studiate. Acești indicatori trebuie să dea informații despre capacitatea de a produce și de a distribui bunuri și servicii vulnerabile la inundații. De exemplu, țările în curs de dezvoltare sunt caracterizate de venituri scăzute pe cap de locuitor, deficit de resurse umane, lipsa investițiilor și a fondurilor și slabe conexiuni interne. Pe de altă parte, țările dezvoltate de disting prin investiții masive în rezolvarea problemelor și în măsuri de contracarare, speranță mare de viață, asigurări împotriva inundațiilor, planificare urbană, etc. Pe măsură ce țara se dezvoltă, pot crește și potențialele pagube datorate inundațiilor.

Componenta de mediu include indicatorii care se referă la pagubele aduse mediului de către inundații sau de către intervențiile omului care pot crește vulnerabilitatea anumitor zone. Activități cum sunt industrializarea, agricultura, urbanizarea, împăduririle, despăduririle, printre altele s-au dovedit a mări vulnerabilitatea la inundații, care pot aduce și mai multe pagube mediului. Cțiva dintre indicatorii luați în considerare sunt nivelul apei freactice, folosirea terenului pentru activități economice sau pentru bogățiile naturale, zonele degradate, procentul de zonei urbanizate, evoluția zonelor împădurite, etc.

Primul punct de vedere se concentrează pe susceptibilitatea și fragilitatea componentei de mediu în sine.

Componenta fizică încearcă să explice modul în care condițiile fizice, naturale sau rezultat al intervenției omului, pot influența vulnerabilitatea la inundații a unei anumite regiuni. Unii indicatori identificați sunt topografia, precipitațiile masive, viteza de evaporare, periodicitatea inundațiilor, apropierea de cursul de apă, revărsările râurilor, adâncimea apei la inundație, viteza apei, volumul sedimentării, lungimea coastei, etc.

Aceste componente au fost puse în legătură cu trei factori de vulnerabilitate, după cum se vede în Tabel 4-1. Se presupune că această relație că va mări relevanța FVI:

- Expunerea: ia în considerare indicatorii care explică modul în care entitățile sociale - indivizii, gospodăriile, organizațiile, comunitățile, sau activitățile economice cum sunt industria, agricultura, etc., sunt expuse la inundații;
- Susceptibilitatea: ia în considerare indicatorii care evaluează sensibilitatea unui element la risc înaintea unei inundații sau în

- timpul ei. Aceștia pot fi evaluați prin nivelul de pregătire, educație, venit, rata de penetrare a sistemelor de comunicație, încrederea în instituții, evoluția zonelor împădurite, etc.
- Reziliența: cuprinde indicatorii care exprimă capacitatea unui sistem de a-și continua existența în urma expunerii la o perturbație, prin refacere în timpul inundației sau ulterior. Indicatorii folosiți sunt sistemul de avertizare, căile de evacuare, capacitatea instituțională, serviciile de urgență, digurile, stăvilarele, etc.

Acest criteriu de selecție a indicatorilor a fost folosit pentru a obține rezultate adimensionale, ceea ce diferă de metodologia originală FVI de vreme ce procesul adimensional nu implică interpolarea între seriile de date.

Tabel 4-1 Relația dintre componente și factori

Indicatorii folositi in toate scările							
Relatia dintre componente si factori							
Vulnerabilitatea inundatii	=	Expunerea	+	Susceptibilitatea	-	Rezilienta	
			Scara geografica		Scara geografica	Scara geografica	
Componenta Sociala		Densitatea populatiei	R,S,U	Experienta trecuta	R,S,U	Sistemul de avertizarea	R,S,U
		Populatie in campia inundabila	R,S,U	Educatie (Literacy rate)	R,S,U	Cai de evacuare	R,S,U
		Apropierea de aria inundata	R,S,U	Pregatirea	R,S,U	Capacitatea institutionala	R,S,U
		Popul. aproape de malurile rau	R,S,U	Constientizarea	R,S,U	Servicii de urgente	R,S,U
		Populatie sub limita saraciei	R,S,U	Increderea in institutii	R,S,U	Adaposturi	R,S,U
		% de arii urbane	R,S	Rata de penetratie a comunicarii	R,S,U		
		Populatie rurala	R,S	Spitale	R,S,U		
		Supravecherea cadastrului	S,U	Populatie cu acces la apa salubra	R,S,U		
		Heritaje culturale	S,U	Popul. Rur. cu acces la alimen. cu apa	R,S		
		% tineri si batrani	S,U	Calitatea apei potabile	S,U		
		Slums	U	Calitatea alimentarii cu energie	S,U		
				Cresterea populatiei	S,U		
				Sanatatea umana	S,U		
			Planul urbanistic	U			
Componenta Economica		Folosinta terenului	R,S,U	Somajul	R,S,U	Investitii in masuri	R,S,U
		Apropierea de rau	R,S,U	Veniturile	R,S,U	Managementul infrastructurii	R,S,U
		Apropierea de aria inundata	R,S,U	Inegalitatea	R,S,U	Barage si capacitati de acumulare	R,S,U
		% de arii urbane	R,S	Calitatea infrastructurii	R,S,U	Asigurarii la inundatii	R,S,U
		Supravecherea cadastrului	S,U	Speranta de viata	R,S,U	Timp de recuperare	R,S,U
				Cresterea urbana	S,U	Experienta trecuta	S,U
				Mortalitatea la copii	S,U	Diguri/ protectii de rau	S,U
				PIB regional/ capita	S		
			Planul urbanistic	U			
Componenta de mediu		Nivelul apei subterane	R,S,U	Rezervatii naturale	R,S,U	Timpul de recuperare dupa inund	R,S,U
		Folosinta terenului	R,S,U	Varsta de pensionare	R,S,U	Concernul de mediu	R,S,U
		Arii folosite in extrem	R,S,U	Calitatea infrastructurii	R,S,U		
		Arii degradate	R,S,U	Sanatatea umana	S,U		
		Arii nepopulate	R,S	Cresterea urbana	S,U		
		Tipuri de vegetatii	R,S	Mortalitatea la copii	S,U		
		% de arii urbane	R,S				
	Rata schimbarii padurii	R					
Componenta Fizica		Topografie (panta)	R,S,U	Codul cladirilor	U	Barage si capacitati de stocare	R,S,U
		Geografia	R,S,U			Drumuri	R,S,U
		Geologia	R,S,U			Diguri/protectii de rau	S,U
		Ploi torentiale	R,S,U				
		Durata inundatiei	R,S,U				
		Perioada de reaparitie a viiturii	R,S,U				
		Apropierea de rau	R,S,U				
		Umiditatea solului	R,S,U				
		Rata de evaporare	R,S,U				
		Temperatura (media anuala)	R,S,U				
		Debitului raului	R,S,U				
		Frecventa de a apare	R,S,U				
		Viteza scurgerii	S,U				
		Furtuni	S,U				
		Tidal	S,U				
		Adancimea inundatiei	S,U				
	Incarcarea sedimente	S,U					
	Linia de km de coasta	S,U					
	Batimetria coastei	S,U					

Unde: R reprezintă scara bazinului hidrografic;
S reprezintă scara subbazinului;
U reprezintă scara urbană.

Prin formatul Tabel 4-1 se stabilesc patru tipuri de componente ale vulnerabilității per scară, care pot fi determinate ulterior folosind fiecare indicator. Disponibilitatea datelor, importanța anumitor indicatori și condiția care spune că toți indicii FVI calculați trebuie să fie adimensionali pentru a putea fi comparați, au dus la formularea ecuațiilor pentru fiecare scară și fiecare componentă a vulnerabilității.

4.3 Scara Bazinului Hidrografic

Bazinul hidrografic este suprafața de teren delimitată de cumpăna apelor unui râu și a afluenților săi. Cuprinde întreaga zonă parcursă de o serie de cursuri de apă și pârâuri care se varsă unul în altul și în final într-un singur râu. Destinația finală este un lac, un estuar sau un ocean (Figura 4-2).

În general bazinele hidrografice necesită informații din mai multe țări; prin urmare, subbazinele și zonele urbane trebuie luate în considerare și reprezentate ca sisteme propriu-zise.

Datele din fiecare țară trebuie interpolate pentru a reflecta realitatea ariei studiate și nu pe cea a întregii țări.

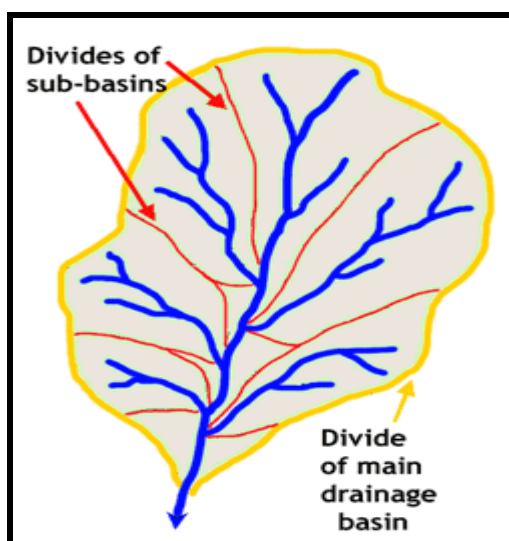


Figura 4-2 Bazinul hidrografic

Bazinul hidrografic este cea mai mare scară studiată în această lucrare. Poate include bazine hidrografice de dimensiunea Amazonului, cel mai mare bazin din lume, în suprafață de peste 7,000,000 km², sau de dimensiunea bazinului Rinului, cu doar 185,000 km², ori a bazinului riului Tagus de 81,600 km².

4.3.1 Componente și indicatori cheie

În total, pentru această scară geografică s-au luat în considerare 58 de indicatori, conform Tabel 4-2. Totuși, numai 26 de indicatori s-au folosit pentru a dezvolta ecuațiile pentru FVI al bazinului hidrografic, pentru fiecare factor de vulnerabilitate și pentru fiecare componentă, așa cum se vede în Tabel 4-2. Indicatorii rămași nu au fost aplicați datorită dificultăților de dezvoltare a unui FVI adimensional, redundanței definițiilor sau complexității procesului de obținere a datelor. Figura 4-3 prezintă numărul de indicatori per component și factori ai ecuațiilor FVI, luând în considerare numărul inițial de indicatori.

Tabel 4-2 Indicatorii la scara bazinului hidrografic

Indicatorii Bazinului Hidrografic						
Relatia dintre componente si factori						
Vulnerabilitatea inundatii =	Expunerea	+	Susceptibilitatea	-	Rezilienta	
		ABB.		ABB.		ABB.
<i>Componenta Sociala</i>	Apropierea de ariile inundate	Cia	Popul. Cu acces la salubritate	Pwas	Servicii de urgente	Es
	Densitatea populatiei	Pd	Experiente trecute	Pe	Sistemul de avertizarea	Ws
	Popul. In zone inundabile	Pfa	Incredere in institutii	Ti	Cai de evacuare	Er
	% de arii urbane	Ua	Rata de penetrare a comunicarii	Cpr	Capacitatea institutionala	Ic
	Popul. Aproape de malurile unui rau	Pccl	Spitale	H		
	Populatie rurala	Rp	Calitatea apei potabile	Qws		
			Popul. Rurala fara acces la apa potabila	Rpwaws		
			Educatie	E		
			Pregatirea	P		
			Constientizarea	A		
		Calitatea alimentarii cu energie	Qes			
<i>Componenta Economica</i>	Folosinta solului	Lu	Somaj	Um	Investitii in masuri de reducerea inundatiilor	AmInv
	% de arii urbane	Ua	Venituri	I	Barage si Capacitati de stocare	D_Sc
	Apropierea de un rau	Pr	Inegalitatea	Ineq	Managem. Infrastructurii	Im
	Apropierea de zone inundabile	Cia	Calitatea infrastructurii	Qi	Recuperarea economica	Er
			Indexul Uman de Dezvoltare	HDI	Capacitatea de stocare	Sc
<i>Componenta de Mediu</i>	Arii uzate in extrem	Oua	Rezervatii naturale	Nr		
	Tipuri de vegetatii	Tv	Rata de schimb. Padurii	FCR		
	Folosinta solului	Lu	Sanatatea umana	HH		
	Arii degradate	Da				
	Arii nepopulate	Unpop				
<i>Componenta Fizica</i>	Linia Costala	Cl			Drumuri	R
	Topografie	T			Barage/Capacit. de stocare	D_Sc
	Geografie	G			Diguri/ Lucrari de aparare	D_L
	Geologie	Gl				
	Ploi torentiale	Hr				
	Durata inundatiei	Fd				
	Rata de evaporare	Ev				
	Temperatura	Tc				
	Frecventa de aparitie	Fo				
	Apropierea de un rau	Pr				
	Debit	Q				
	Umiditatea solului	Sm				

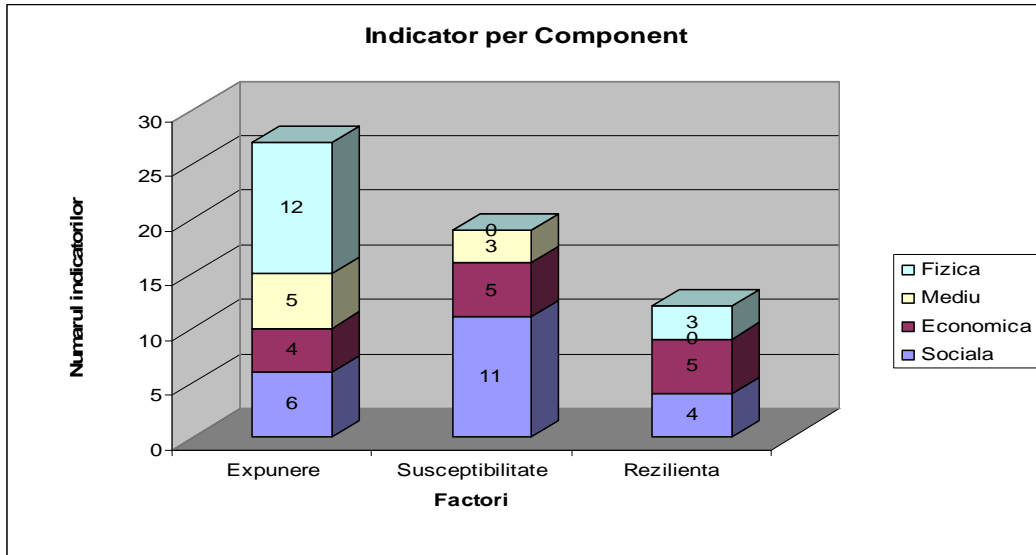


Figura 4-3 Numărul de indicatori per componentă la scara bazinului hidrografic

4.3.2 Ecuațiile

Ecuațiile prezentate pentru componentele de vulnerabilitate la scara bazinului hidrografic, prezintă indicatorii ca un raport, favorizând omisiunea unităților de măsură. Fiecare componentă a FVI are propriul interval de valori, funcție de valorile numerice ale indicatorilor, și reflectând nevoia de a evalua fiecare componentă independent.

Într-o perspectivă globală rezultatele vor avea valori între 0 și 1; 1 fiind cea mai ridicată vulnerabilitate găsită la mostrele studiate iar 0 – cea mai scăzută vulnerabilitate. Această procedură va fi folosită la toate scările geografice, avînd grijă ca comparația să se facă numai pe baza unei vulnerabilități relative ridicate în cadrul mostrei.

Indicele de Vulnerabilitate la Inundații pentru componenta socială

$$FVI_S = \left[\frac{P_{FA}, C_M, U_m}{P_E, AP, C_{PR}, HDI, W_S, E_R} \right] \quad 4.1$$

$$FVI_S = \frac{(populatie), (%), (%)}{(populatie), (-), (%), (-), (-), (%)} \text{ adimensional;}$$

Indicele de Vulnerabilitate la Inundații pentru componenta economică

$$FVI_{Ec} = \left[\frac{L_U, U_M, I_{neq}, HDI}{AmInv, E_R, Sc / yeardisch\ arg e} \right]$$

4.2

$$FVI_{Ec} = \frac{(\%), (\%), (-), (\%)}{(-), (-), (m^3 / m^3)} \text{ adimensional;}$$

Indicele de Vulnerabilitate la Inundații pentru componenta de mediu

$$FVI_{En} = \left[\frac{R_{a\ inf\ all}, D_A}{N_R, E_V, U_{n\ pop}, L_U} \right]$$

4.3

$$FVI_{En} = \frac{(m / an), (\%)}{(\%), (m / an), (\%), (\%), (\%)} \text{ adimensional;}$$

Indicele de Vulnerabilitate la Inundații pentru componenta fizică

$$FVI_{Ph} = \left[\frac{T, D_{HR}, R_D, F_o}{E_V / R_{a\ inf\ all}, D - S_C} \right]$$

4.4

$$FVI_{Ph} = \frac{(-), (no), (m^3 / s), (an)}{\frac{(mm / an)}{(mm / an)}, (m^3)} * 86400 * 365 - \text{ adimensional;}$$

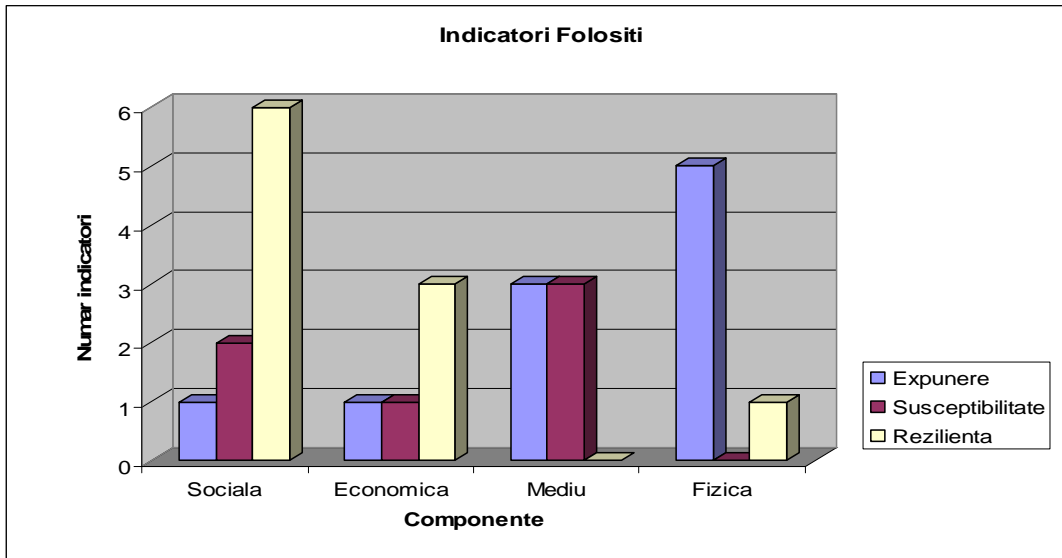


Figura 4-4 Indicatori folositi la scara bazinului hidrografic

Figura 4-4 ilustrează numărul de indicatori folosiți per componentă și factor. Fiecare set de coloane reprezintă o ecuație, împreună descriind FVI al unui bazin hidrografic.

Tabel 4-3 prezintă lista de indicatori propuși pentru scara bazinului hidrografic pentru diverse componente ale vulnerabilității. Fiecare indicator trebuie să fie un factor al expunerii, al susceptibilității sau al rezilienței.

Tabel 4-3 Informații despre indicatori la scara bazinului hidrografic

Scara bazinului hidrografic							
Nr	Abr.	Nume	Sub-Index	Factor FV	Unitatea	Definitia indicatorului	Relatia functionala cu vulnerabilitatea
1	P _{FA}	Populatia in zona expusa la inundatii	FV _{I_S}	E	persoane	Numarul de persoane care traiesc in zona inundabila	Direct proportionala
2	HDI	Indicele de dezvoltare umana	FV _{I_S,E₀}	S	-	$HDI = \frac{1}{3}(LEI) + \frac{1}{3}(EI) + \frac{1}{3}(GI)$	Invers proportionala
3	C _H	Mortalitatea infantila	FV _{I_S}	S	-	Numarul de copii sub un an decedati la 1000 nasteri	Direct proportionala
4	P _E	Experienta din trecut	FV _{I_S}	R	persoane	Numarul de persoane afectate de inundatii in ultimii 10 ani	Invers proportionala
5	A	Cunostiintele si pregatirea	FV _{I_S}	R	-	Scara intre 1-10	Invers proportionala
6	C _{PR}	Rata de penetrare a comunicatiilor	FV _{I_S}	R	%	Procentajul de camine cu surse de informare	Invers proportionala
7	W _S	Sistemul de avertizare	FV _{I_S}	R	-	Daca W _S nu sunt prezente atunci valoarea este 1, altfel valoarea este 10	Posesia W _S reduce vulnerabilitatea
8	E _R	Drumuri de evacuare	FV _{I_S}	R	%	Procentajul de drumuri asfaltate	Calitatea buna a drumurilor asfaltate imbunatateste

							evacuarea
9	L _U	Folosirea terenurilor	FVI _{Eo}	E	%	% din suprafata folosita pt industrie, agricultura, orice tip de activitati economice	Direct proportionala
10	U _M	Somajul	FVI _{S,Eo}	S	%	$U_M = \frac{\# \text{ someri}}{\text{Populatia activa}}$	Direct proportionala
11	I _{neq}	Inegalitatea	FVI _{Eo}	S	-	Coeficientul Gini pt inegalitatea averii, intre 0 si 1	Invers proportionala
12	A _{MInv}	Suma Investitiilor	FVI _{Eo}	R	-	Rata investitiilor comparat cu PIB	Invers proportionala
13	Er	Refacerea economica	FVI _{Eo}	R	-	Gradul de afectare a unei regiuni pe scara larga, datorita	Invers proportionala
14	R _{ainfall}	Precipitatii	FVI _{Eo}	E	m/an	Media precipitatii/an pt un intreg BH $R_{a\text{inf all}} = \frac{mm}{1000 * an} = \frac{m}{an}$	Direct proportionala
15	D _A	Suprafata degradata	FVI _{Eo}	E	%	Procentajul de suprafata degradata	Direct proportionala
16	N _R	Rezervatia naturala	FVI _{Eo}	S	%	Procentajul de rezervatie naturala raportat la intregul BH $N_R = \frac{A_{\text{naturala}}}{\text{Aria_totala_BH}} * 100$	Invers proportionala
17	Ev	Rata de evaporare	FVI _{Eo,Pb}	E	m/an	Rata anuala de evaporare	Direct proportionala
18	U _{npop}	Zona nepopulata	FVI _{Eo}	E	%	% suprafetelor cu o densitate mai mica de 10 pers/km ²	Invers proportionala
19	L _U	Folosirea terenurilor	FVI _{Eo}	E	%	Procentajul de suprafete impadurite	Invers proportionala
20	T	Topografia	FVI _{Pb}	E	-	Inclinarea medie a BH	Direct proportionala
21	D _{HR}	Nr zile cu precipitatii mari	FVI _{Pb}	E	#	Nr de zile cu precipitatii intense, mai mari de 100mm/zi	Direct proportionala
22	R _D	Debitul raului	FVI _{Pb}	E	m ³ /s	Debitul maxim in ultimii 10 ani, m ³ /s	Direct proportionala
23	F _o	Frecventa aparitiei	FVI _{Pb}	E	ani	Nr de ani intre aparitii	Direct proportionala
24	E _v /R _{ainfall}	Evaporarea/precipitatii	FVI _{Pb}	E	-	Evaporarea anuala raportat la precipitatiile anuale	Invers proportionala
25	D _{Sc}	Capacitatea de stocare a barajelor	FVI _{Pb}	R	m ³	Volumul de apa ce poate fi retinut de baraje, etc	Direct proportionala
26	Sc/D	Capacitatea de stocare raportata la debitul anual	FVI _{Eo}	R	m ³ /m ³	Capacitatea de stocare impartita la volumul anual	Invers proportionala

*HDI – Indexul de Dezvoltare Umană (HDI) reprezintă media următorilor trei indici:

$$\text{Indexul Speranței de Viață LEI} = \frac{LE - 25}{85 - 25}$$

$$\text{Indexul Educației EI} = \frac{2}{3}ALI + \frac{1}{3}GEI$$

$$\text{Indexul de Alfabetizare a Adulților: } ALI = \frac{ALR}{100}$$

Indicele Combinat de cuprindere școlară: $GEI = \frac{CGEI}{100}$

➤ Indexul Produsului Intern Brut (GI) = $\frac{\log(GDP_{pc}) - \log(100)}{\log(40000) - \log(100)}$

$$HDI = \frac{1}{3}(LEI) + \frac{1}{3}(EI) + \frac{1}{3}(GI),$$

Unde:

LE (speranța de viață),

ALR (rata de alfabetizare adulților),

CGEI (Indexul combinat de de cuprindere școlară),

GDPpc (PIB pe cap de locuitor la paritatea puterii de cumpărare PPP în \$);

Folosirea HDI integrează alți indicatori cum sunt speranța de viață, educația, sau efectul PIB-ului.

4.4 Scara subbazinului hidrografic

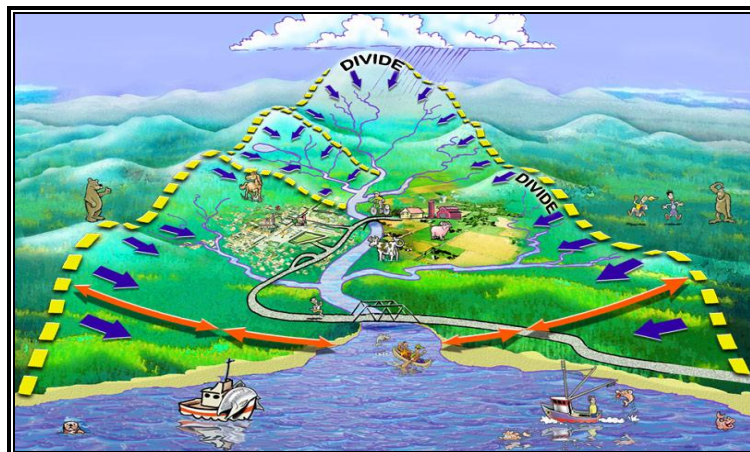


Figura 4-5 Subbazinul hidrografic

Termenul de subbazin descrie o zonă de teren care cuprinde partea de pantă a unui bazin hidrografic pînă la cel mai de jos punct (Figura 4-5). Apa se scurge de-a lungul unei rețele de canale de scurgere, atât subterană cît și de suprafață. În general, aceste canale converg în cursuri de apă și râuri, care cresc progresiv pe măsură ce apa coboară, ajungînd în final la un estuar și în ocean. Un termen alternativ pentru cumpăna apelor este bazinul de recepție.

4.4.1 Componente și indicatori cheie

Pentru această scară, s-au luat în considerare 71 de indicatori, prezentați în Tabel 4-4. 37 dintre acești indicatori au fost selectați pentru ecuațiile FVI ale subbazinului. Figura 4-6 prezintă numărul de indicatori luați în considerare pentru fiecare componentă și fiecare factor.

Tabel 4-4 Indicatorii la scara subbazinului

Indicatorii la scara subbazinului						
Relatia dintre componente si factori						
Vulnerabilitatea inundatii	=	Expunerea	+	Susceptibilitatea	-	Rezilienta
		ABB.		ABB.		ABB.
<i>Componenta Sociala</i>	Densitatea populatiei	Pd	Popul. cu acces la salubritate	Pwas	Servicii de urgenta	Es
	Popul. In zona inundabila	Pfa	Experienta la inundatii	Pe	sistemul de avertizare	Ws
	% of urbanized area	Ua	Indexul Uman de Dezvoltare	HDI	Cai de evacuare	Er
	Supraveghere cadastru	Cs	Pregatirea	P	Capacitate Institutionala	Ic
	Apropierea de zona inund	Cia	Constientizarea	A		
	Heritajul cultural	Ch	Rata penetratiei de comunicare	Cpr		
	Popul. Rurala	Rp	Increderea in institutii	Ti		
	Popul. Aproape de malurile unui rau, mare	Pccl	Spitale	H		
			Plan urbanistic	Up		
			Calitatea apei potabile	Qws		
			Calitatea alimentarii cu ener	Qes		
			Cresterea populatiei	Pg		
			% tineri si batrani	%ye		
			Popul. Rurala fara acces la alim cu apa	Rpwaws		
<i>Componenta Economica</i>	Apropierea de zona inundabila	Cia	PIB	GDP	Investitii in masuri de prevenirea inundatiilor	AmInv
	Folosita solului	Lu	Mortalitatea la copii	Cm	Experienta trecuta	Pe
	% arii urbane	Ua	Venituri	I	Managementul infrastructurii	Im
	Apropierea de rau	Pr	Somaj	Um	Recuperarea economica	Ecr
	Supraveghere cadastru	Cs	Crestere urbana	Ug	Capacitatea de stocare	Sc
			Inegalitatea	Ineq		
		Calitatea infrastructurii	Qi			
<i>Componenta de Mediu</i>	Arii nepopulate	Unpop	Rezervatii naturale	Nr	Recuperarea mediului	EnR
	Tipuri de vegetatii	Tv	Sanatatea umana	HH		
	Folosinta solului	Lu	Rata de schimbare a padurilor	Fcr		
	% de arii urbane	Ua	Nivelul apei subterane	Gwl		
	Arii degradate	Da				
	Arii folosite	Oua				
<i>Componenta Fizica</i>	Linia coastei	Cl			Barage/capac. de stocare	D_Sc
	Topografie	T			Diguri/lucrari de aparare	D_L
	Geografie	G				
	Geologie	Gl				
	Ploi torentiale	Hr				
	Durata inundatiei	Fd				
	Rata de evaporare	Ev				
	Temperatura	Tc				
	Perioada de apar. A viiturii	R				
	Contact cu raul	Cr				
	Debit	Q				
	Debitul mediu anual	AvD				
	Adancimea apei la inundatii	Fwd				
	Viteza scurgerii	Fv				
	Incarcarea de sedimente	Sl				
	Batimetria costala	Cb				
Furtuni	Ss					
Frecventa de aparitie	Fo					
Debitul anual	Vyear					

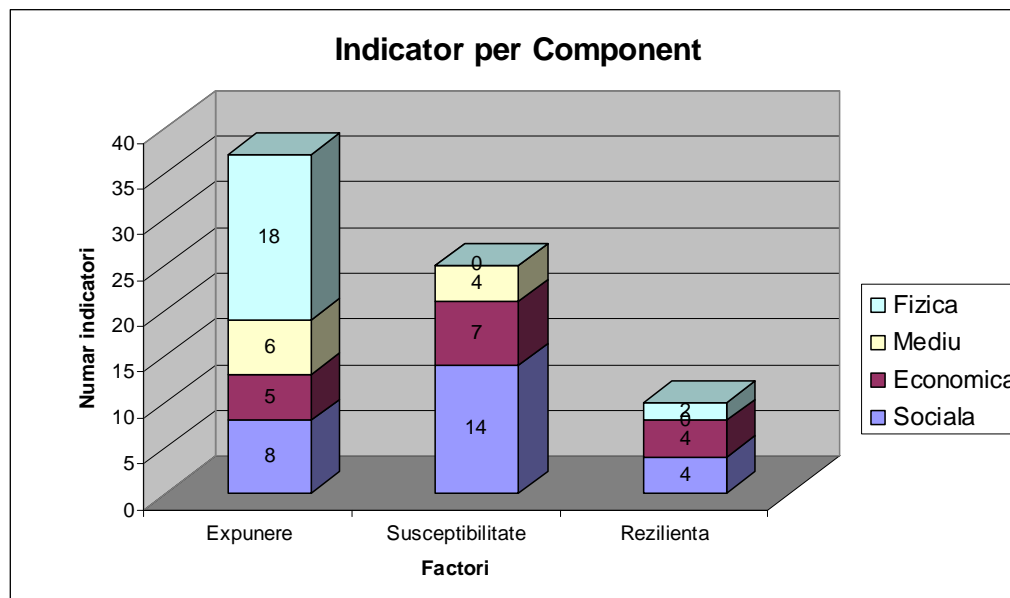


Figura 4-6 Numărul de indicatori pe componentă pentru scara subbazinului

4.4.2 Ecuațiile

Ecuațiile prezentate în această secțiune au scopul de a reflecta vulnerabilitatea unei zone geografice determinate, limitată de cumpăna apelor și nu de limite administrative, ceea ce face mai dificilă colectarea datelor.

Unii dintre indicatorii care nu au fost incluși în ecuația indicelui FVI_S (componenta socială) sunt: C_{IA} , Q_{WS} , Q_{WE} , C_S , P_{CCL} , $R_{PW/AWS}$, P_G , H_H , C_H , S_{Iums} , P_{WaccS} , U_P , H și I_C (vezi Tabelul 4.4). Unii au fost excluși din același motiv ca în cazul scării de bazin hidrografic, alții, de exemplu Q_{ws} și Q_{we} , sunt foarte dificil de cuantificat. Pentru C_S , C_H , P_{WaccS} și I_C datele ar fi dificil de obținut; în cazul P_{ccl} , datele sunt greu de obținut la scara subbazinului; S_{Iums} au foarte puține informații despre oamenii care locuiesc acolo, ducând la dificultăți de cuantificare.

Pentru FVI_{Ec} (componenta economică) au fost excluși următorii indicatori C_{IA} , C_S , Q_I , U_G , C_M , GDP , I , I_M , U_P , P_E , unde PIB/cap și I nu ar prezenta diferențe în cele două cazuri – subbazin și țară.

Indicatorii excluși pentru FVI_{En} (componenta de mediu), O_{ua} , Q_I , U_A , L_{EI} , T_V , C_M sunt prezentați în continuare. Indicatorul O_{ua} nu reflectă realitatea; T_V este unul dintre indicatorii greu de definit și de cuantificat iar indicatorul C_M nu va afecta de fapt mediul.

Din FVI_{Ph} (componenta fizică) au fost eliminați următorii indicatori T , F_D , S_M , G , G_I , R , P_R , C_B , F_V , S_S , F_{WD} , G , G_I , P_R , R . Majoritatea au fost excluși deoarece este posibil

ca relația lor cu sistemul fizic să nu aibă efect asupra vulnerabilității la inundații a subbazinului.

Indexul de Vulnerabilitate la Inundații pentru componenta socială

$$FVI_S = \left[\frac{P_{FA}, R_{Pop}, \% \text{ disable}, C_m}{P_E, A/P, C_{PR}, W_S, E_R, HDI} \right] \quad 4.5$$

$$FVI_S = \frac{(\text{persoane}), (\%), (\%), (-)}{(\text{persoane}), (-), (\%), (-), (\%), (-)} \text{ - adimensional;}$$

Indexul de Vulnerabilitate la Inundații pentru componenta economică

$$FVI_{Ec} = \left[\frac{L_U, U_M, I_{neq}, U_A}{L_{EI}, F_I, AmInv, S_C/V_{year}, E_{CR}} \right] \quad 4.6$$

$$FVI_{Ec} = \frac{(\%), (\%), (-), (\%)}{(-), (-), (\text{euro} / \text{euro}), (\text{m}^3 / \text{m}^3), (-)} \text{ adimensional;}$$

Indexul de Vulnerabilitate la Inundații pentru componenta de mediu

$$FVI_{En} = \left[\frac{R_{a\text{inf all}}, D_A, U_G}{L_U, E_V, N_R, U_{n\text{pop}}} \right] \quad 4.7$$

$$FVI_{En} = \frac{(\%), (\%), (\text{m} / \text{an})}{(\%), (\text{m} / \text{an}), (\%), (\%)} \text{ adimensional;}$$

Indexul de Vulnerabilitate la Inundații pentru componenta fizică

$$FVI_{ph} = \left[\frac{T}{E_V/R_{a\text{inf all}}, S_C/V_{year}, D-L} \right] \quad 4.8$$

$$FVI_{Ph} = \frac{(-)}{(mm/an) / (mm/an), \left[\frac{m^3}{m^3} \right] \left[\frac{Km}{Km} \right]} \text{ adimensional;}$$

Tabel 4-5 prezintă lista indicatorilor propuși pentru scara subbazinului pentru diverse componente de vulnerabilitate. Fiecare indicator trebuie să fie un factor de expunere, susceptibilitate sau reziliență.

Tabel 4-5 Informații privind indicatorii pentru scara subbazinului

Scara sub-bazinului hidrografic							
Nr	Abr.	Nume	Sub-Index	Factor FV	Unitatea	Definitia indicatorului	Relatia functionala cu vulnerabilitatea
1	PD	Densitatea populatiei	FV _S	E	Persoane / km ²	Exista o expunere importanta la un risc dat daca populatia este ...	Direct proportionala
2	P _{FA}	Populatia in zona expusa la inundatii	FV _S	E	Persoane	Nr de persoane ce traiesc in zona expusa la inundatii	Direct proportionala
3	U _A	Suprafata urbanizata	FV _{S,Eo}	E	%	% din suprafata totala care e urbanizata	Direct proportionala
4	R _{Pop}	Populatia rurala	FV _S	E	%	% din populatie care traieste in afara zonelor urbane	Direct proportionala
5	% pers dizab.	Persoane cu dizabilitati	FV _S	E	%	% din populatie cu dezabilitati sau sub 16 ani sau peste 65 ani	Direct proportionala
6	HDI	Indicele de dezvoltare umana	FV _S	S	-	$HDI = \frac{1}{3}(LEI) + \frac{1}{3}(EI) + \frac{1}{3}(GI)$	Invers proportionala
7	C _M	Mortalitatea infantila	FV _S	S	-	Numarul de copii sub un an decedati la 1000 nasteri	Direct proportionala
8	P _E	Experienta din trecut	FV _S	R	persoane	Numarul de persoane afectate de inundatii in ultimii 10 ani	Invers proportionala
9	A	Constientizarea si pregatirea	FV _S	R	-	Scara intre 1-10	Invers proportionala
10	C _{PR}	Rata de penetrare a comunicatiilor	FV _S	R	%	Procentajul de camine cu surse de informare	Invers proportionala
11	W _S	Sistemul de avertizare	FV _S	R	-	Daca W _S nu sunt prezente atunci valoarea este 1, altfel valoarea este 10	Posesia W _S reduce vulnerabilitatea
12	E _R	Drumuri de evacuare	FV _S	R	%	Procentajul de drumuri asfaltate	Invers proportionala
13	L _U	Folosirea terenurilor	FV _{Eo}	E	%	% din suprafata folosita pt industrie, agricultura, orice tip de activitati economice	Direct proportionala
14	U _M	Somajul	FV _{Eo}	S	%	$U_M = \frac{\#someri}{Populatia\ activa} * 100$	Direct proportionala
15	I _{neq}	Inegalitatea	FV _{Eo}	S	-	Coeficientul Gini pt inegalitatea averii, intre 0 si 1	Invers proportionala
16	L _{EI}	Speranta de viata	FV _{Eo}	S	-	$LEI = \frac{LE - 25}{85 - 25}$	Invers proportionala

17	Er	Refacerea economica	FVI _{Eo}	R	#		Direct proportionala
18	F _I	Asigurare contra inundatiilor	FVI _{Eo}	R	-	# asigurari contra inundatiilor, daca 0 se ia valoarea 1	Invers proportionala
19	A _{MInv}	Suma Investitiilor	FVI _{Eo}	R	-	Rata investitiilor comparat cu PIB	Invers proportionala
20	D _L	Diguri	FVI _{Pb}	R	Km/km	Km de diguri / lungimea raului	Invers proportionala
21	D _{Sc}	Capacitatea de stocare a barajelor	FVI _{Pb}	R	m ³	Capacitatea de stocaj pe suprafata sub-bazinului	Invers proportionala
22	R _{ainfall}	Precipitatii	FVI _{Eo}	E	m/an	Media precipitatii/an pt un intreg SB $R_{ainfall} = \frac{mm}{1000 * an} = \frac{m}{an}$	Direct proportionala
23	D _A	Suprafata degradata	FVI _{Eo}	E	%	Procentajul de suprafata degradata	Direct proportionala
24	U _G	Cresterea urbana	FVI _{Eo}	S	%	% de crestere a zonelor urbane in ultimii 10 ani	Direct proportionala
25	L _U	Folosirea terenurilor	FVI _{Eo}	E	%	Procentajul de suprafete impadurite	Invers proportionala
26	Ev	Rata de evaporare	FVI _{Eo,Pb}	S	m/an	Rata anuala de evaporare	Direct proportionala
27	N _R	Rezervatia naturala	FVI _{Eo}	S	%	% rezervatie naturala raportat la SB $N_R = \frac{A_{naturala}}{Aria_totala_BH} * 100$	Invers proportionala
28	U _{npop}	Zona nepopulata	FVI _{Eo}	E	%	% suprafetelor cu o densitate mai mica de 10 pers/km ²	Invers proportionala
29	T	Topografia	FVI _{Pb}	E	-	Inclinarea medie a SB	Direct proportionala
30	R _D	Debitul raului	FVI _{Pb}	E	m ³ /s	Debitul maxim in ultimii 10 ani, m ³ /s	Direct proportionala
31	F _o	Frecventa aparitiei	FVI _{Pb}	E	ani	Nr de ani intre inundatii	Direct proportionala
32	E _v /R _{ainfall}	Evaporarea/precipitatii	FVI _{Pb}	E	-	Evaporarea anuala raportat la precipitaiile anuale	Invers proportionala
33	D _{Sc}	Capacitatea de stocare a barajelor	FVI _{Pb}	R	m ³	Capacitatea de stocaj pe suprafata sub-bazinului	Direct proportionala
34	AvRd	Debitul mediu al raului	FVI _{Pb}	E	m ³ /s	Media debitului la varsare	Direct proportionala
35	Sc/D	Capacitatea de stocare raportata la debitul anual	FVI _{Eo}	R	m ³ /m ³	Capacitatea de retinere divizata la volumul anual	Invers proportionala

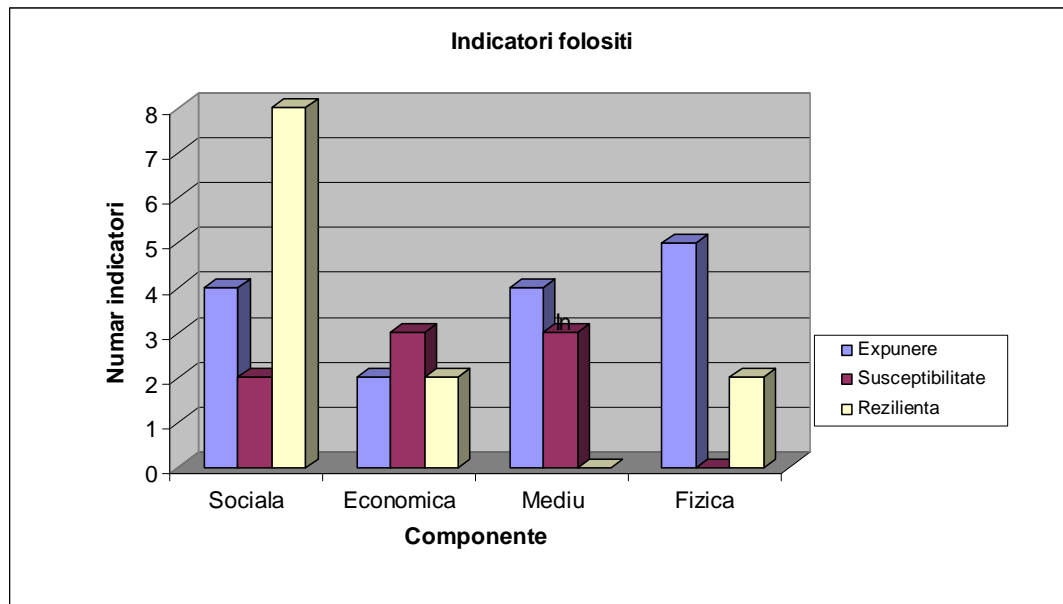


Figura 4-7 Indicatorii folosiți pentru scara Subbazinului

Figura 4-7 prezintă numărul de indicatori, pe componentă și pe factor, folosiți la dezvoltarea ecuațiilor care calculează vulnerabilitatea la inundații la scara subbazinului.

4.5 Scara Urbană

Conceptul tradițional de oraș este definit ca zona construită independentă, cu un nucleu care cuprinde suficiente servicii și facilități comerciale inclusiv o piață (Figura 4-8). Are funcții administrative, comerciale, educaționale, de divertisment și alte funcții sociale și cetățenești, și face dovada unei continuități istorice. Presupune o rețea locală de drumuri și alte mijloace de transport concentrate în zonă, este un loc care atrage oamenii din jur prin serviciile și locurile de muncă pe care le oferă (Statistics UK, 2001).

Procesul de urbanizare în sine este una dintre cauzele inundațiilor. Restringerea zonelor naturale de retenție a apei, existând înainte sub forma mlaștinilor și a stufărișurilor și a altor zone agricole, datorită expansiunii urbane a permis apei să circule cu viteză mai mare spre cursurile de apă receptoare, umflându-le peste capacitate (UNU, 2005). Fenomenul este exacerbă de peisajul urban pavat și de procesul continuu de urbanizare. În plus, zonele urbane sunt foarte dens populate ceea ce le crește în mod deosebit vulnerabilitatea în fața inundațiilor.



Figura 4-8 Exemplu de Scară Urbană

În general, orașele sau zonele urbane, au apărut pe locul unde s-au stabilit coloniștii, de-a lungul râurilor, unde aveau acces la rezerve de apă și posibilități de transport. În unele cazuri, orașul este înconjurat de mai multe râuri care se revarsă periodic, cum ar fi Dhaka, înconjurată de cinci râuri; aici inundațiile sunt un fenomen obișnuit și nu ceva excepțional (Kastrup, UNU-EHS, 2006).

Orașul chinez Wuhan este străbătut de râul Yangtze – al treilea fluviu ca mărime în lume – și se găsește pe estuarul celui mai lung afluent al său (râul Hanjiag). Un alt exemplu este fluviul Mississippi, pe cursul căruia se găsesc peste 50 de orașe pînă la vărsarea în Golful Mexic în apropierea orașului New Orleans.

4.5.1 Componente și indicatori cheie

Tabel 4-6 prezintă 63 de indicatori luați în considerare pentru această scară geografică. Distribuția indicatorilor pe factori și componente de vulnerabilitate este prezentată în Figura 4-9.

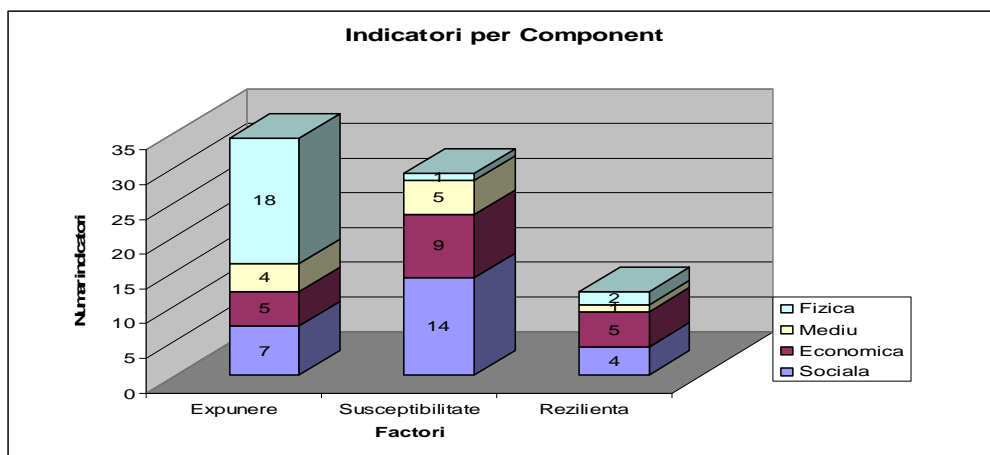


Figura 4-9 Numărul de indicatori pe componentă pentru scara urbană

Tabel 4-6 Indicatorii la scara urbană

Indicatorii la scara urbana						
Relatia dintre componente si factori						
Vulnerabilitatea inundatii	=	Expunerea	+	Susceptibilitatea	-	Rezilienta
		ABB.		ABB.		ABB.
<i>Componenta sociala</i>	Apropierea de arile inundabile	Cia	Popul. Cu acces la salubritate	Pwas	Servicii de urgente	Es
	Densitatea populatiei	Pd	Experienta la inundatii	Pe	Sistem de avertizare	Ws
	Popul. In arile inundabile	Pfa	Indexul Uman de dezvoltare	HDI	Cai de evacuare	Er
	Supraveghere cadastru	Cs	Pregatirea	P	Capacitate institutionala	Ic
	Heritaj cultural	Ch	Constientizarea	A		
	Popul. In apropierea malurilor	Pccl	Increderea in institutii	Ti		
	Slums	Sl	Rata de penetratie a comunicarii	Cpr		
			Adaposturi	S		
			Calitatea alimentarii cu apa	Qws		
			Calitatea alimentarii energie	Qes		
			Plan urbanistic	Up		
<i>Componenta economica</i>	Industrii	Ind	Somaj	Um	Investitii in masuri structurale si non structurale	Amlnv
	Apropierea de rau	Pr	Venituri	I	Managementul Infrastructurii	Im
	Supravegherea Cadastru	Cs	Asigurarea la inundatii	Fi	Experienta la inundatii	Pe
	Apropierea de arile inundabile	Cia	Mortalitate la copii	Cm	Drenaj	D
	Contact cu raul	Cr	Cresterea urbana	Ug	Timp de recuperare	Rt
			Plan urbanistic	Up		
			Indexul Uman de dezvoltare	HDI		
			Inegalitatea	Ineq		
			Calitatea infrastructurii	Qi		
<i>Componenta de Mediu</i>	Folosinta terenului	Lu	Rezervatii naturale	Nr	Recuperarea mediu	EnR
	Arii degradate	Da	Sanatatea umana	HH		
	Arii foarte uzate	Oua	Cresterea nivelului marii	SLR		
	Linia costala	Cl	Plan urbanistic	Up		
			Nivelul apei subterane	Gwl		
<i>Componenta Fizica</i>	Linia costala	Cl	Codurile cladirilor	Bc	Diguri/proctectii de mal	D_L
	Topografie	T			Baraje/Capacitatea stocare	D_Sc
	Geografie	G				
	Geologie	Gl				
	Ploi torentiale	Hr				
	Durata inundatiei	Fd				
	Rata de evaporare	Ev				
	Temperatura	Tc				
	Ferecventa de aparitie	Fo				
	Debitul raului	Q				
	Debitul mediu al raului	AvD				
	Adancimea inundatiei	Fwd				
	Viteza scurgerii	Fv				
	Incarcarea sedimentelor	Sl				
	Debitul anual	Vyear				
	Furtuni	Ss				
	Scurgerea anuala	Vyear				
Apropierea de rau	Pr					

4.5.2 Ecuațiile

Vulnerabilitatea urbană la inundații depinde în principal de schimbările impuse naturii de către om într-o zonă limitată. Densitatea mare a populației, nivelul mare al poluării, dezvoltarea infrastructurii, printre alte caracteristici ale zonelor urbane, măresc vulnerabilitatea la inundații.

Următoarele ecuații au scopul de a explica care dintre caracteristicile orașelor le fac mai vulnerabile la fiecare componentă a inundațiilor.

Indexul de Vulnerabilitate la Inundații pentru componenta socială

$$FVI_S = \left[\frac{P_D, P_{FA}, C_H, P_G, \% \text{ disables}, HDI, C_M}{P_E, A/P, C_{PR}, S, W_S, E_R, E_S} \right] \quad 4.9$$

$$FVI_S = \frac{\left(\frac{\text{populatie}}{km^2} \right), (\text{populatie}), (\%), (\%), (\%), (HDI), (\%)}{(\text{populatie}), (-), (\%), \left(\frac{1}{km^2} \right), (\%), (\text{populatie})} - \text{adimensional}$$

Indexul de Vulnerabilitate la Inundații pentru componenta economică

$$FVI_{Ec} = \left[\frac{I_{ND}, C_R, U_M, I_{neq}, U_G, HDI, R_D, R_T}{F_I, AmInv, D_{S_C}, D} \right] \quad 4.10$$

$$FVI_{Ec} = \frac{(\#), (km), (\%), (-), (\%), (-), (-), (m^3 / s), (zile)}{(-), (\%), (m^3), (km)} * 86400 - \text{adimensional};$$

Indexul de Vulnerabilitate la Inundații pentru componenta de mediu

$$FVI_{En} = \left[\frac{U_G, R_{a \text{ inf all}}}{E_V, L_U} \right] \quad 4.11$$

$$FVI_{En} = \frac{(\%), (m / an)}{(m / an), (\%)} - \text{adimensional};$$

Indexul de Vulnerabilitate la Inundații pentru componenta fizică

$$FVI_{Ph} = \left[\frac{T, C_R}{E_v / R_{a\text{inf all}}, S_c / Van, D - L} \right] \quad 4.12$$

$$FVI_{Ph} = \frac{(-), (km)}{(mm / an) / (mm / an), (m^3 / m^3), (km)} - \text{adimensional};$$

Figura 4-10 prezintă clasificarea indicatorilor prin componente și factori, folosită în ecuațiile care descriu vulnerabilitatea la inundații a zonelor urbane.

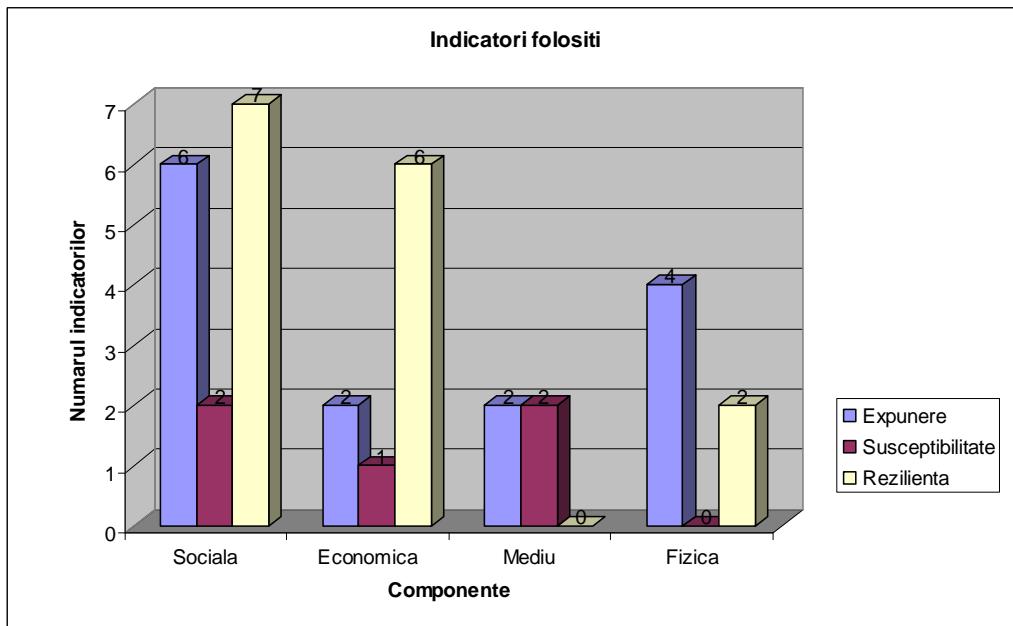


Figura 4-10 Indicatorii folosiți pentru scara urbană

Tabel 4-7 Informații despre indicatori la scara urbană

Scara urbana							
Nr	Abr.	Nume	Sub-Index	Factor FV	Unitatea	Definitia indicatorului	Relatia functionala cu vulnerabilitatea
1	PD	Densitatea populatiei	FV _{Is}	E	Persoane / km ²	Exista o expunere importanta la un risc dat daca populatia este ...	Direct proportionala
2	P _{FA}	Populatia in zona expusa la inundatii	FV _{Is}	E	Persoane	Nr de persoane ce traiesc in zona expusa la inundatii	Direct proportionala
3	C _H	Mostenirea culturala	FV _{Is}	E	-	# de cladiri istorice, muzee, etc., in pericol la inundatii (daca 0, se ia valoarea 1)	Direct proportionala
4	P _G	Cresterea populatiei	FV _{Is}	E	%	% de crestere a populatiei in zonelor urbane in ultimii 10 ani	Direct proportionala (ipoteza: cresterea populatiei creaza presiuni in capacitatea de gazduire)
5	% pers dezab.	Persoane cu dezabilitati	FV _{Is}	E	%	% din populatie cu dezabilitati sau sub 16 ani sau peste 65 ani	Direct proportionala
6	HDI	Indicele de dezvoltare umana	FV _{Is,E}	S	-	$HDI = \frac{1}{3}(LEI) + \frac{1}{3}(EI) + \frac{1}{3}(GI)$	Invers proportionala
7	C _M	Mortalitatea infantila	FV _{Is}	S	-	Numarul de copii sub un an decedati la 1000 nasteri	Direct proportionala
8	P _E	Experienta din trecut	FV _{Is}	R	persoane	Numarul de persoane afectate de inundatii in ultimii 10 ani	Invers proportionala
9	A	Constientizarea si pregatirea	FV _{Is}	R	-	Scara intre 1-10	Invers proportionala
10	C _{PR}	Rata de penetrare a comunicatiilor	FV _{Is}	R	%	Procentajul de camine cu surse de informare	Invers proportionala
11	S	Adaposturi	FV _{Is}	R	#/km ²	# de adaposturi pe km ² , incluzand spitale	Invers proportionala
12	W _S	Sistemul de avertizare	FV _{Is}	R	-	Daca W _S nu sunt prezente atunci valoarea este 1, altfel valoarea este 10	Posesia W _S reduce vulnerabilitatea
13	E _R	Servicii de urgenta	FV _{Is}	R	#	#persoane ce lucreaza in astfel de servicii	Invers proportionala
14	E _R	Drumuri de evacuare	FV _{Is}	R	%	Procentajul de drumuri asfaltate	Invers proportionala
15	Ind	Industria	FV _{Eo}	E	#	# de industrii sau orice activitate economica in zona	Direct proportionala
16	C _R	Contactul cu raul	FV _{Eo}	E	km	Distanta orasului pe lungul raului	Direct proportionala
17	U _M	Somajul	FV _{Eo}	S	%	$U_M = \frac{\#someri}{Populatia\ activa} * 100$	Direct proportionala
18	I _{neq}	Inegalitatea	FV _{Eo}	S	-	Coeficientul Gini pt inegalitatea averii, intre 0 si 1	Invers proportionala
19	F _I	Asigurare contra inundatiilor	FV _{Eo}	R	-	# asigurari contra inundatiilor, daca 0 se ia valoarea 1	Invers proportionala
20	A _{MInv}	Suma Investitiilor	FV _{Eo}	R	-	Rata investitiilor comparat cu PIB	Invers proportionala
21	D_L	Diguri	FV _{Pb}	R	km	Km de diguri	Invers proportionala
22	D_Sc	Capacitatea de stocare a barajelor	FV _{Pb}	R	m ³	Capacitatea de stocaj in m ³ a digurilor in amonte fata de oras	Direct proportionala
23	RT	Timpul de recuperare	FV _{Eo}	R	zile	Timpul necesar orasului pt a reveni la operare functionala dupa o inundatie	Direct proportionala
24	R _{ainfall}	Precipitatii	FV _{Eo}	E	m/an	Media precipitatii/an	Direct proportionala

25	L _U	Folosirea terenurilor	FVI _{Eo}	E	%	Procentajul de suprafete verzi in zona urbana	Invers proportionala
26	U _G	Cresterea urbana	FVI _{Eo}	S	%	% de crestere a zonelor urbane in ultimii 10 ani	Direct proportionala
27	Ev	Rata de evaporare	FVI _{Eo}	E	m/an	Rata anuala de evaporare	Direct proportionala
28	T	Topografia	FVI _{Pb}	E	-	Panta medie a BH	Direct proportionala
29	R _D	Debitul raului	FVI _{Pb}	E	m ³ /s	Debitul maxim in ultimii 10 ani, m ³ /s	Direct proportionala
30	E _v /R _{ainfall}	Evaporarea/precipitatii	FVI _{Pb}	E	-	Evaporarea anuala raportat la precipitaiile anuale	Invers proportionala
31	D_Sc	Capacitatea de stocare a barajelor	FVI _{Pb}	R	M ³	Capacitatea de stocaj	Direct proportionala
32	D	Sistemul de canalizare	FVI _{EC}	R	Km	Km de canalizare in oras	Invers proportionala
33	AvD	Debitul mediu	FVI _{Pb}	E	m ³ /s		
34	Sc/Van	Capacitatea de stocare raportata la scurgere	FVI _{Pb}	R	m ³ /m ³	Capacitatea de stocare divizata la volumul anual de scurgere	Invers proportionala

Tabel 4-7 prezintă lista indicatorilor propuși pentru scara urbană, pentru diverse componente de vulnerabilitate. Fiecare indicator trebuie să fie un factor de expunere, susceptibilitate sau reziliență.

4.6 Rezumat

Împărțirea FVI pe diverse componente, cum sunt cea socială, economică, de mediu și fizică și conectarea lor cu factorii de vulnerabilitate, cum sunt expunerea, susceptibilitatea și reziliența pot contribui la identificarea punctelor slabe ale unui sistem de apărare împotriva inundațiilor (la orice scară), și în același timp pot ajuta la elaborarea unor strategii de îmbunătățire a sistemului în ansamblu.

Ecuatiile propuse în acest capitol fac legătura dintre valorile tuturor indicatorilor și componentele și factorii vulnerabilității la inundații, fără compensare sau interpolare cu o serie de date. Dat fiind că rezultatul calculului este adimensional, aceste ecuații permit comparații între diverse scări geografice, Relaționarea tuturor indicilor FVI trebuie făcută în mod similar, de aceea comparațiile trebuie să se bazeze pe rezultate adimensionale, pentru aceleași componente și aceleași scări pentru diverse studii de caz.

Cap. 5 Testarea Metodologiei de obținere a Indicilor de Vulnerabilitate la Inundații la diverse scări

5.1 Introducere

În acest capitol se descriu studii de caz alese pentru aplicarea Indicilor de Vulnerabilitate la Inundații precum și procesul de colectare a datelor pentru fiecare scară. Pentru început, se face o prezentare generală și o descriere a fiecărui caz. Urmează descrierea surselor de date și prezentarea ipotezelor de lucru iar în final se descriu și se discută rezultatele fiecărui caz.

Cazurile sunt prezentate începând cu scara cea mai mare, a bazinelor hidrografice, și se încheie cu scara cea mai mică, a zonelor urbane.

5.2 Studiu de caz: Descrierea a trei cazuri la scara Bazinului Hidrografic

Un bazin hidrografic este porțiunea de teren delimitată de cumpăna apelor unui râu și a afluenților săi. Include întreaga suprafață limitată și brăzdată de mai multe cursuri de apă care se varsă unul în altul și în cele din urmă într-un singur fluviu. Destinația finală este un estuar, un fluviu și/sau o mare ori un ocean (vezi capitolul 4.3).

Cele trei studii de caz la nivel de bazin hidrografic au fost alese din motive diferite. Bazinul hidrografic al Dunării acoperă 18 state, din care 5 sunt țări dezvoltate, cu o puternică reziliență la inundații; celelalte 12 sunt țări în curs de dezvoltare susceptibile la inundații și cu o reziliență scăzută. Bazinul hidrografic al Rinului este alcătuit din 9 țări dezvoltate, cu o reziliență mare la inundații. În sfârșit, bazinul hidrografic al Mekongului include 6 țări dintre care unele sunt puternic expuse la inundații datorită caracteristicilor lor fizice și rezilienței scăzute.

5.2.1 Bazinul hidrografic al Dunării

Bazinul hidrografic al Dunării cuprinde 18 state: Austria (10 %), Albania (<0.1 %), Bulgaria (5.9 %), Bosnia (4.6 %), Republica Cehă (2.9 %), Croația (4.4 %), Germania (7 %), Ungaria (11.6 %), Italia (< 0.1 %), Macedonia (< 0.1 %), Moldova (1.6 %), Polonia (< 0.1 %), România (29 %), Slovenia (2 %), Slovacia (5.9 %), Elveția (0.2 %), Serbia (11.1 %) și Ucraina (3.8 %), după cum se vede în Figura 5.1 (ICPDR, 2004).



Figura 5.1 Bazinul hidrografic al Dunării (Water Resources eAtlas)

Dunărea este al doilea fluviu ca lungime în Europa, avînd aproximativ 2,900 km; bazinul său cuprinde o zonă de circa 817,000 km², cu o populație de 80,000,000 locuitori și un debit mediu anual de 6,500 m³/s. Izvorăște din Munții Pădurea Neagră din Germania și se varsă în Marea Neagră în România (UNEP, 2007).

Dunărea poate fi împărțită în trei sectoare în funcție de altitudine: Dunărea Superioară (Germania, Austria, Cehia) Dunărea Mijlocie (Slovacia, Ungaria, Serbia, Croația) și Dunărea de Jos (România, Bulgaria, Moldova, Ucraina) inclusiv Delta Dunării din România și din Ucraina (ICPDR, 2004).

Afluenții Dunării curg prin zece țări diferite. Unii dintre ei sunt la rîndul lor cursuri importante de apă. De la izvor la gura de vărsare, principalii afluenți sunt: Iller, Lech, Regen, Isar, Inn, Enns, Leitha, Vah, Hron, Ipel, Sio, Drava, Vuka, Tisa (cel mai lung afluent al Dunării, 966 km), Sava, Timișul, Velika Morava, Carașul, Jiul, Iskar, Oltul, Vedea, Argeșul, Ialomița, Siretul și Prutul.

Bazinul hidrografic al Dunării are o reziliență mai mare în partea superioară. Volumul anual al investițiilor în protecția împotriva inundațiilor este mai mare aici, deoarece țările sunt mai dezvoltate. Bazinul hidrografic este mai expus și mai susceptibil în zona inferioară datorită debitului mai mare iar pantelor mai line.

În decursul secolului trecut, s-au atins nivele caracteristice maxime de inundație în anii 1902, 1924, 1926, 1940, 1941, 1942, 1944, 1954, 1965, 1970, 1974, 1991, 2002, 2005 și 2006 (ICPDR, 2006).

Ploile masive căzute în Europa Centrală și de Est în august 2002 au dus la cele mai grave inundații pe care regiunea le-a suferit în decursul ultimului secol. Inundațiile au ucis peste 100 de oameni în Germania, Rusia, Austria, Ungaria și Cehia și au făcut pagube de 20 miliarde de dolari (NASA, 2002).

În aprilie 2006, precipitațiile puternice căzute în perioada de topire a zăpezilor au dus la inundații pe Dunărea inferioară, în România și în Bulgaria. 4,000 de locuitori ai satului Rast din sud-estul României au fost evacuați în școli, spitale sau în casele rudelor din zone mai înalte, în urma spargerii unui dig (BBC, 2006). Inundațiile din Balcani din 2005 au ucis zeci de oameni și au distrus terenuri agricole întinse. Se estimează că pierderile economice datorate inundațiilor din 2006 nu se ridică la nivelul celor din 2005 sau din 2002.

Bazinul hidrografic al Dunării include un sistem variat de habitate naturale. Printre acestea se numără Pădurea Neagră din Germania, Alpii și Carpații, cîmpiile puste maghiare, insulele Bulgărești și stufărișurile imense și mlaștinile din Delta Dunării.

Pădurile din luncile inundabile, mlaștinile, deltele, văile inundabile, malurile lacurilor și alte zone umede alcătuiesc baza bogatei biodiversități a Bazinului Hidrografic al Dunării. De fapt, bazinul hidrografic al Dunării se extinde pe cinci dintre cele opt regiuni bio-geografice ale Europei, fiecare avînd caracteristicile sale unice. Totuși, în aceste regiuni, industrializarea, creșterea populației și agricultura au avut un impact negativ asupra dimensiunii și biodiversității zonelor umede.

5.2.2 Bazinul hidrografic al Rinului

Țările care fac parte din acest bazin hidrografic sunt: Franța, Elveția și Olanda (de 20,000 la 30,000 km² fiecare), Austria și Luxemburg (circa 2,500 km² fiecare), Belgia, Italia, Liechtenstein (cu o porțiune foarte mică) și Germania. Bazinul Rinului este cel mai mare bazin hidrografic al Europei de Vest, cu o lungime de 1,320 km, un bazin de recepție de 185,000 km² și un debit mediu anual de 2,200 m³/s. În această zonă trăiesc circa 50,000,000 de locuitori (UNEP, 2007).

Acest bazin hidrografic este alcătuit din șase zone caracteristice: Rinul Alpin de la confluența izvoarelor la Reichenau (Elveția) pînă la Lacul Constanța, Rinul Înalt de la emisarul Lacului Untersee la Basel, Rinul Superior de la Basel pînă la Bingen, Rinul Mijlociu de la Bingen la Koeln, Rinul Inferior de la Koeln la Lobith și Delta Rinului de la Lobith pînă la Marea Nordului.

De-a lungul ultimei sute de ani, pe Rin s-au produs inundații în anii: 1819, 1847, 1883, 1918, 1926, 1949, 1983, 1998, 1999, 2000 și 2005 (ICPR, 2006)

Bazinul hidrografic al Rinului are o foarte mare reziliență la inundații, mai ales datorită volumului mare de investiții (anuale) de 419 milioane de euro (IRMA, 2004), folosite pentru protejarea malurilor și a populației. De-a lungul Rinului se găsesc de secole numeroase orașe și zone industriale importante. Principalele orașe sunt situate pe Rin sau pe afluenții săi importanți. Afluenții principali sunt Ill în Franța, Aare, Neckar, Main, Lippe, Mosselle, și Ruhr în Germania.

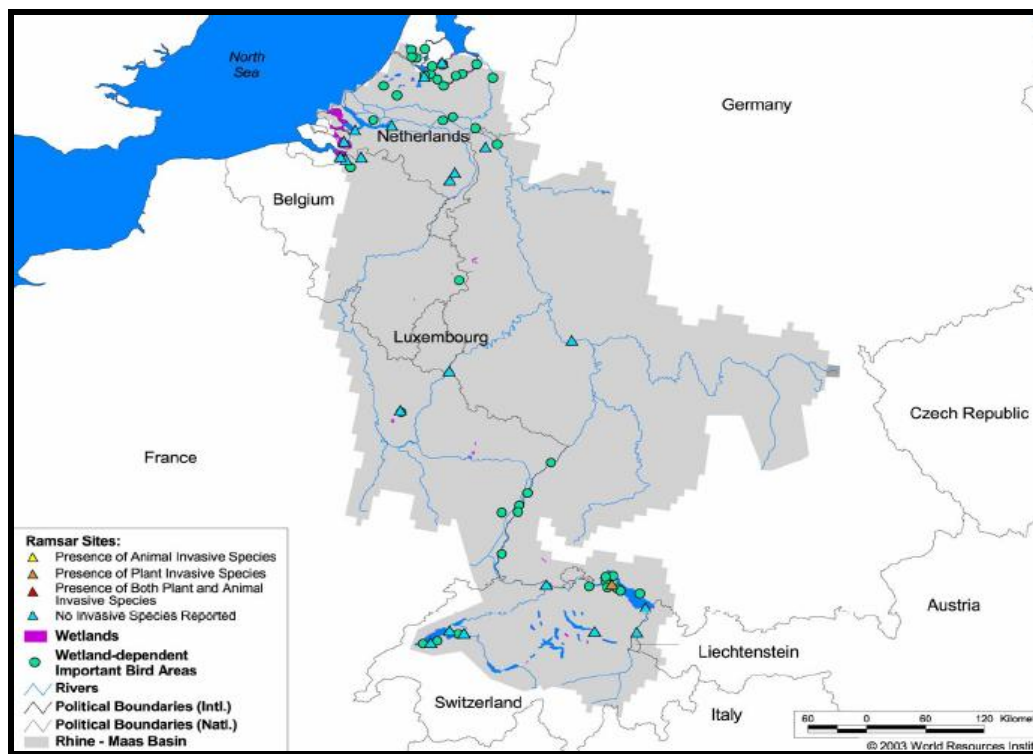


Figura 5.2 Bazinul hidrografic al Rinului (Water Resources eAtlas)

Rinul a fost supus unei poluări masive timp îndelungat. În particular, cantitățile mari de deșeuri organice (ape uzate) redus concentrația de oxigen la un nivel prea scăzut pentru a mai permite supraviețuirea multor specii pești. Rinul a devenit un râu mort, pierzându-și funcția de sursă de apă potabilă și depunând cantități mari de sedimente poluate în zonele de maree a fluviului și în văile inundabile (Klein et al., 2004).

După dezastrul ecologic din cursul superior (incendiul de la o uzină chimică din Schweizerhalle (lângă Basel) în noiembrie 1986 urmat de o scurgere de substanțe chimice toxice de uz agricol în Rin (Guttinger, 1990)), țările situate de-a lungul Rinului au contribuit la restabilirea sănătății râului. Reaparitia peștilor constituie un semn cert de îmbunătățire a calității apei, totuși, rămân câteva probleme de mediu. O situație critică se înregistrează în delta Rinului în Olanda, unde începând cu anii 1970 a fost deversat mil toxic dragat din portul Rotterdam. Nivelul de contaminare scade acum, dar unele substanțe toxice din sedimentele fluviului se îndepărtează foarte încet.

5.2.3 Bazinul hidrografic al râului Mekong

Mekong este unul din principalele fluvii ale lumii. Este al 13-lea ca lungime, și al 10-lea ca debit (debit de 475 km³ de apă anual). Lungimea estimată este de 4,620 km (Akira, 2007). Drenează o zonă în suprafață de 795,000 km², din care circa 606,000 km² constituie bazinul Mekongului Inferior, care începe lângă Chiang Saen (Thailanda), la punctul de întâlnire al frontierelor Thailandei, Laosului și Myanmarului. Aproape 90,000,000 de oameni își datorează existența fluviului, din care 55,000,000 trăiesc pe Mekongul Inferior (MRC, 2005).

Bazinul hidrografic al Mekongului traversează 6 state, și e împărțit astfel: Mekongul Superior parcurge (18%) prin China (16%) și Myanmar (2%), iar Mekong inferior (82%) prin Cambodgia (18%), Laos (35%) Thailanda (18%), și Viet Nam (11%) (MRC, 2005).

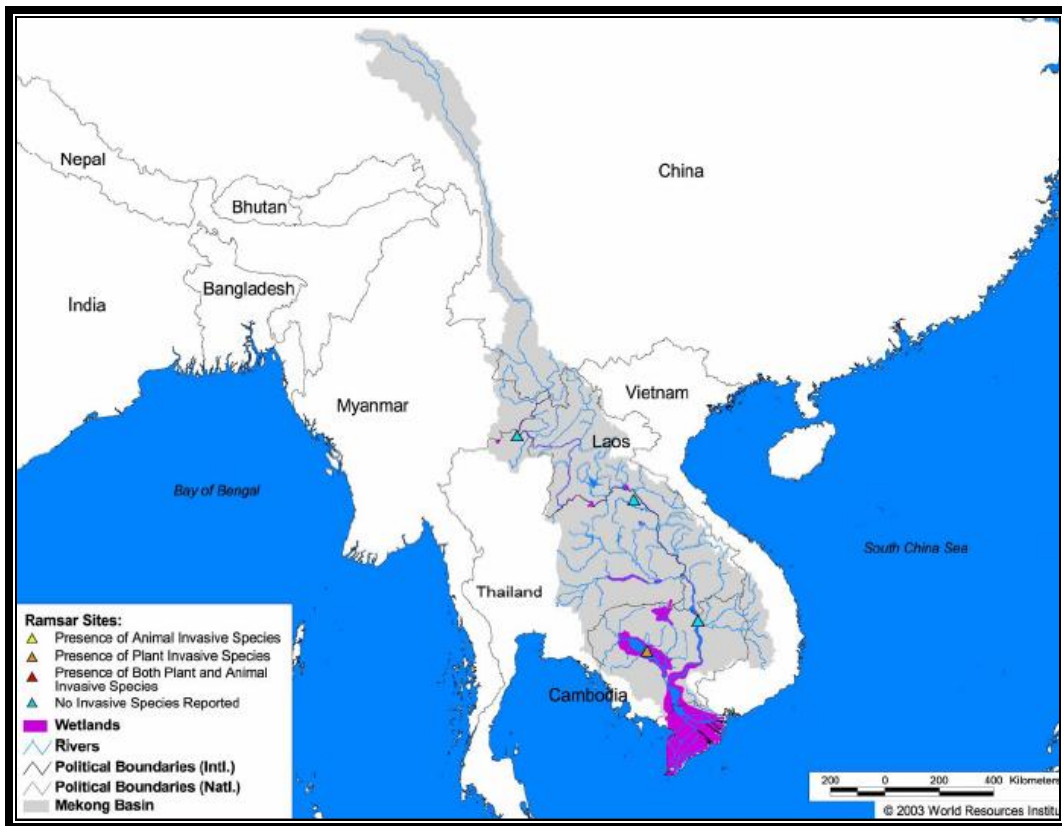


Figura 5.3 Bazinul hidrografic al râului Mekong (Water Resources eAtlas)

Partea inferioară a bazinului Mekongului inferior constă dintr-o deltă întinsă, începând din Cambodgia și pînă în Viet Nam. Delta Mekongului începe în orașul Phnom Penh, unde râul se împarte în două brațe principale, Mekongul și Bassacul.

Apoi, Mekongul se împarte în șase canale principale, iar Bassac în trei, formînd "Cei Nouă Dragoni" ai deltei exterioare în Viet Nam. Delta principală este alcătuită dintr-o cîmpie întinsă de formă triunghiulară cu altitudine sub cinci metri peste nivelul mării, zone întinse care sunt inundate în fiecare an.

Pe malurile fluviului se găsesc orașe mari și numeroase sate. Și agricultura depinde mult de cursul de apă, în unele țări acesta fiind singurul rîu care le traversează.

Cei mai mari afluenți ai Mekongului sunt rîurile Mun și Chi (Thailanda); rîul Khan întîlnește Mekongul la Luang Prabang (Cambodgia).

Bazinul hidrografic al Mekongului este expus la inundații datorită localizării sale în Sudul Asiei. Cele mai expuse sunt populațiile din Cambodgia și Viet Nam, a căror reziliență la inundații este mică. Volumul de investiții în măsuri de înlăturare a efectelor inundațiilor rareori depășește 6,000,000 de dolari pe an, chiar dacă populația este bine pregătită și conștientă în privința inundațiilor în urma experienței dobîndite.

Pe parcursul ultimilor 40 de ani (din 1966 pînă în 2005), au avut loc 30 de inundații semnificative cu o frecvență medie de una la 1.4 ani. Din acestea, numai patru au fost puternice, acoperind toate țările riverane (1966, 1971, 1978 și 1995), rezultînd o frecvență medie de una la fiecare 7.5 ani (FAO, 1999). Inundația din 1966 a rămas în istorie ca una dintre cele mai dezastruoase și probabil cea mai îndelungată. Aceasta a ridicat apele Mekongului la nivele nemaiîntîlnite, a inundat suprafețe întinse și a produs mari pagube. Cel mai afectate au fost agricultura și infrastructura agricolă. Modelul de inundații din Laos diferă la rîndul său de cele din Thailanda sau din Cambodgia deoarece au tendința de a fi mai repezi și mai frecvente decît în Thailanda, datorită precipitațiilor relativ bogate care cad în munții Laosului și absenței reglementărilor în domeniul îmbunătățirilor funciare de-a lungul afluenților săi.

Pentru cîteva milioane de oameni care locuiesc în aceste zone, modul de viață și calitatea ei depind de de resursele fluviului Mekong. Viețile oamenilor din țările riverane depind de resursele naturale bogate disponibile ca factori vitali, cum sunt orezul, și alte produse agricole cum sunt pescăriile. Revirimentul iminent al creșterii economice în regiune, probabil să se accelereze odată cu o mai mare liberalizare a comerțului și a investițiilor, va avea un impact semnificativ asupra modului de viață al comunităților, asupra culturii și modului de viață, precum și asupra echilibrului ecologic al acestei regiuni cu o bogată biodiversitate (MERI, 2007).

5.2.4 Colectarea datelor pentru studiile de caz al bazinelor hidrografice

Așa cum s-a menționat în secțiunea 4.3.2, ecuațiile FVI la scara bazinului hidrografic necesită 26 de indicatori diferiți. În căutarea valorilor pentru indicatorii de vulnerabilitate la inundații pentru trei studii de caz, s-au consultat 15 surse diferite. Nouă pagini de Internet au fost suficiente pentru a aduna indicatorii pentru toate cele trei cazuri studiate: CRED, UNDP/BCPR, UNDP, EPI, INTUTE, WRI, World FactBook, Water Resources eAtlas și FVI.

CRED EM-DAT este Centrul de Cercetări asupra Epidemiologiei Dezastrelor Naturale (Centre for Research on the Epidemiology of Disasters) de la Universitatea Catolică din Louvain, Belgia. *UNDP* este Programul de Dezvoltare al Națiunilor Unite (United Nations Development Programme); acesta finanțează *BCPR*, adică Biroul de Prevenire a Situațiilor de Criză și Redresare (Bureau for Crisis Prevention and Recovery). *EPI* este Indexul de Comportare a Mediului (Environmental Performance Index), un indice dezvoltat de către Centrul Yale pentru Legislație și Politici de Mediu (the Yale Centre for Environmental Law and Policy) pentru a servi ca instrument de cercetare pentru elaborarea unor politici, a unor indicatori de mediu, și a unei evaluări cantitative a dezvoltării sustenabile pe baza datelor concrete. *INTUTE* este un serviciu online gratuit care permite accesul la resurse pentru educație și cercetare în științe sociale, dezvoltat de către o rețea de universități din Marea Britanie împreună cu instituții partenere. *WRI* este Institutul de Resurse Mondiale (World Resources Institute), o organizație neguvernamentală de mediu din Statele Unite. *World FactBook* este o bază de date pusă la punct de către CIA curpinzând informații de bază asupra tuturor țărilor din lume. *Water Resources eAtlas* este un atlas electronic creat de IUCN, IWMI, Ramsar și WRI, care cuprinde informații despre pânzele freatice de pe glob; în fine, *FVI* existent (Connor & Hiroki, 2005), care conține date despre principalele bazine hidrografice din lume.

Indicatorii colectați din aceste surse de informații au fost: HDI (indicele de dezvoltare umană), Mortalitatea infantilă, Rutele de Evacuare, șomajul, indicele Gini, PIB/cap, Rata de penetrare a Comunicațiilor, Populația din zonele susceptibile la Inundații, Rezervațiile Naturale, Zonele nepopulate și Îmbunătățirile funciare (vezi Anexa I).

Pentru indicatorii din cazurile specifice ale bazinelor hidrografice s-au folosit șase surse, *Comisia Riului Mekong (MRC)*, *Comisia Internațională pentru Protejarea Fluviului Dunărea (ICPDR)*, *Proiectul EU-IRMA*, *Banca Mondială*, *UNH/GRDC* și *Ekstrom et al., 2006*.

MRC este o organizație care include toate statele membre Mekong, cu excepția Chinei și a Myanmarului, având drept scop o administrare comună a resurselor comune de apă și dezvoltarea potențialului economic al Mekongului. ICPDR este o organizație care cuprinde 13 Părți Contractante care s-au angajat să implementeze Convenția de Protejare a Dunării. Proiectul IRMA al Uniunii Europene, a cărui denumire provine de la Activitățile INTERREG Rhine-Meuse (INTERREG Rhine-Meuse Activities), este un proiect destinat întregului bazin al Rinului și urmărește reducerea efectelor inundațiilor. Banca Mondială (WB) deține date relevante asupra resurselor de apă ale țărilor în curs de dezvoltare; UNH/GRDC este Centrul Global de Date privind Apele Pluviale de la Universitatea New Hampshire (Global Runoff Data Centre) și în Ekstrom et al., 2006 unde sunt analizate date pentru evaluarea schimbărilor climatice.

Pentru Bazinul fluviului Mekong, MRC a oferit date privind volumele investițiilor anuale făcute pentru contracararea efectelor inundațiilor, date despre precipitații și evaporare, iar Banca Mondială a prezentat date despre capacitatea de stocare. Pentru bazinul hidrografic al Dunării, ICPDR a oferit date despre debitele râurilor iar Ekstrom et al., 2006 despre precipitații și evaporare. Pentru bazinul Rinului, proiectul IRMA a venit cu date despre volumul anual al investițiilor, iar Ekstrom et

al., 2006 cu date despre precipitații și evaporare. Sursele datelor colectate sunt prezentate în Anexa I.

Unii indicatori, din cauza naturii lor subiective, nu au fost cuantificabili pe baza datelor din diverse surse. Indicatori cum sunt *conștiența și pregătirea* sunt prezentați pe o scară de la 1 la 10 pentru evaluare la fiecare bazin, pe baza capacității instituționale, a experienței și a înțelegerii de către populație a riscurilor de inundație (vezi Tabel 5-1), iar Indicatorul de Refacere Economică a fost evaluat pe o scară de la 10 la 100, pe baza amplitudinii și duratei activităților economice afectate de inundațiile anterioare, vezi Tabel 5-2.

Tabel 5-1 Scara Indicatorului de Conștientizarea și Pregătire

Scara	Urbană și subbazin	Bazin hidrografic
Scorul	Indică	
1	Populația nu este preocupată de inundații	Inundațiile nu reprezintă o problemă pentru populație
2	Populația nu a suferit recent inundații	Populația nu a suferit recent inundații
3	Populația are o experiență limitată în privința inundațiilor; nu există instituții care să coordoneze contracararea inundațiilor. Populația nu conștientizează efectele acțiunilor ei în direcția protecției împotriva inundațiilor	Populația are o experiență limitată în privința inundațiilor; nu există instituții la nivel de bazin hidrografic care să coordoneze contracararea inundațiilor. Populația nu conștientizează efectele acțiunilor ei în direcția protecției împotriva inundațiilor
4	Populația are o experiență limitată în privința inundațiilor; instituțiile și-au neglijat îndatoririle. Populația nu conștientizează efectele acțiunilor ei în direcția protecției împotriva inundațiilor și nu este pregătită pentru situații de urgență.	Populația are o experiență limitată în privința inundațiilor; organizațiile la nivel de bazin hidrografic și-au neglijat îndatoririle. Populația nu conștientizează efectele acțiunilor ei în direcția protecției împotriva inundațiilor și nu este pregătită pentru situații de urgență.
5	Populația a trăit experiența inundațiilor cu mult timp în urmă, deci instituțiile încă există, populația nu este conștientă de existența lor; bugetul este suficient, nu există asigurări împotriva inundațiilor	Populația a trăit experiența inundațiilor cu mult timp în urmă, deci organizațiile la nivel de bazin hidrografic încă există, populația nu este conștientă de existența lor; bugetul este suficient, populația nu este pregătită
6	Populația are experiența inundațiilor; s-au creat recent instituții pentru contracararea efectului inundațiilor, bugetul este mic, nivelul de conștientă și pregătire a populației este pe cale de a crește	Populația are experiența inundațiilor; s-au creat recent organizații la nivel de bazin hidrografic pentru contracararea efectului inundațiilor, bugetul este mic, nivelul de conștientă și pregătire a populației este pe cale de a crește
7	Populația are o experiență îndelungată în inundații; există instituții pentru contracararea efectului inundațiilor, dar populația are puțină încredere în ele; populația este puțin preocupată de acțiunile ei în direcția protecției împotriva inundațiilor și este slab pregătită pentru situații de urgență	Populația are o experiență îndelungată în inundații; există organizații la nivel de bazin hidrografic pentru contracararea efectului inundațiilor, dar populația are puțină încredere în ele; populația este puțin preocupată de acțiunile ei în direcția protecției împotriva inundațiilor și este slab pregătită pentru situații de urgență
8	Populația are o experiență îndelungată în inundații; există instituții pentru contracararea efectului inundațiilor, și populația are o oarecare încredere în ele; nu există asigurări împotriva inundațiilor; populația înțelege consecințele și limitele acțiunilor ei, este pregătită pentru anumite situații de urgență	Populația are o experiență îndelungată în inundații; există organizații la nivel de bazin hidrografic pentru contracararea efectului inundațiilor, și populația are o oarecare încredere în ele; nu există asigurări împotriva inundațiilor; populația înțelege consecințele și limitele acțiunilor ei, este pregătită pentru anumite situații de urgență
9	Populația are o experiență îndelungată în inundații; există instituții pentru contracararea efectului inundațiilor, și populația are încredere în ele; există asigurări limitate împotriva inundațiilor; populația înțelege consecințele și limitele acțiunilor ei, este pregătită pentru situații de urgență	Populația are o experiență îndelungată în inundații; există organizații la nivel de bazin hidrografic pentru contracararea efectului inundațiilor, și populația are încredere în ele; există asigurări limitate împotriva inundațiilor; populația înțelege consecințele și limitele acțiunilor ei, este pregătită pentru situații de urgență

10	Populația are o experiență îndelungată în inundații (cunoaște potențialul de inundații al zonei); există instituții pentru contracararea efectului inundațiilor, și populația are încredere deplină în ele; există asigurări împotriva inundațiilor; populația înțelege consecințele și limitele acțiunilor ei, este pregătită pentru situații de urgență	Populația are o experiență îndelungată în inundații (cunoaște potențialul de inundații al zonei); există organizații la nivel de bazin hidrografic pentru contracararea efectului inundațiilor, și populația are încredere deplină în ele; există asigurări împotriva inundațiilor; populația înțelege consecințele și limitele acțiunilor ei, este pregătită pentru situații de urgență
----	---	--

Tabel 5-2 Scara Refacerii Economice

Scara	Bazin hidrografic și Subbazin
Scorul	Indică
10	Toate activitățile economice sunt puternic afectate și este posibil să se refacă abia peste câțiva ani
20	Cea mai reprezentativă activitate economică este puternic afectată, dar se va reface după o perioadă lungă de timp (ani)
30	Cea mai reprezentativă activitate economică este afectată, dar se va reface după un timp (luni)
40	Cea mai reprezentativă activitate economică este ușor afectată, dar se va reface în scurt timp (săptămâni)
50	Unele activități economice sunt puternic afectate, dar se vor reface după o perioadă lungă de timp (ani)
60	Unele activități economice sunt afectate, dar se vor reface după un timp (luni)
70	Unele activități economice sunt ușor afectate, dar se vor reface în scurt timp (săptămâni)
80	Unele activități economice nerepresentative sunt puternic afectate, din acest motiv, se vor reface după o perioadă lungă de timp
90	Economia este puțin afectată în sectoare nerepresentative, care se vor reface în scurt timp
100	Activitățile economice din zonă: agricultura, industria, comerțul, etc., nu sunt aproape deloc afectate de inundații, nici pe termen lung, nici pe termen scurt

Pentru majoritatea indicatorilor colectați la această scară, s-a folosit metoda de alocare pentru a determina o valoare medie din datele diferitelor țări, dând astfel fiecărei țări o pondere pe baza ariei proporționale reprezentată în suprafața totală a bazinului hidrografic (Figura 5.4).

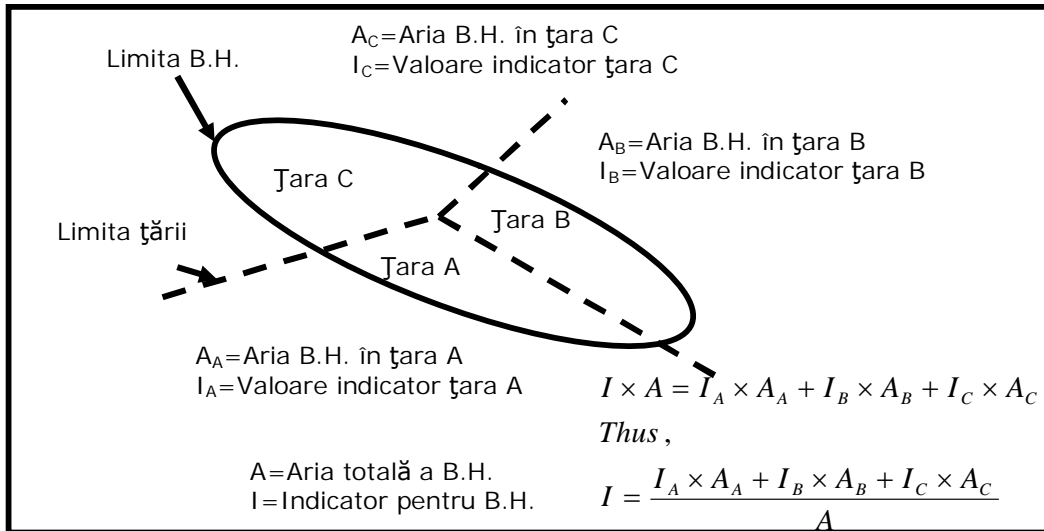


Figura 5.4 Explicarea metodei de alocare (Connor & Hiroki, 2005)

5.3 Rezultate și discuții la scara bazinului hidrografic

După colectarea datelor, a rămas de identificat doar un indicator. Capacitatea totală de stocare a bazinului hidrografic al Dunării este încă necunoscută. Prin urmare, s-a efectuat o analiză de sensibilitate pentru a evalua ponderea reală pe care o are acest indicator în valoarea FVI. Acest indicator influențează două dintre componentele FVI, pe cea economică și pe cea fizică (vezi paragrafele 5.3.2 și 5.3.4).

Pentru celelalte bazine hidrografice studiate există date din sursele menționate în capitolul anterior 5.2.4. Alături de valorile FVI pentru fiecare componentă, sunt prezentate rezultate standardizate pentru a se putea face o comparație între componente și FVI curent și pentru o interpretare mai facilă. Formula folosită pentru standardizarea valorilor FVI între 1 și 0 este:

$$sFVI = \frac{FVI_{bazin}}{FVI_{max}} \quad 5.1$$

5.3.1 Componenta Socială

Valorile indicatorilor au fost folosite în ecuația 4.1, descrisă în capitolul 4.3.2. În Figura 5.5 sunt prezentate rezultatele FVIs.

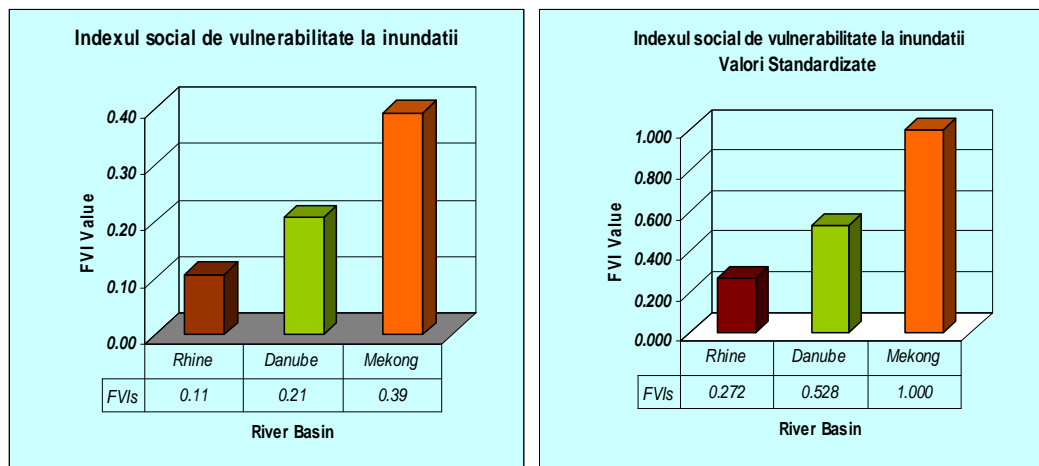


Figura 5.5 Valorile normale și standardizate pentru FVI la scara bazinului hidrografic

Pentru determinarea valorilor FVI se folosesc nouă indicatori, împărțiți pe factori de vulnerabilitate după cum urmează: doi reprezintă expunerea, trei - susceptibilitatea și ceilalți patru - reziliența.

Bazinul hidrografic cel mai vulnerabil la inundații din punct de vedere social, este Mekong, urmat de Dunăre, Rinul fiind cel mai puțin vulnerabil. Având în vedere factorii de vulnerabilitate, Mekong este cel mai expus, cel mai susceptibil și cel mai puțin rezilient, chiar dacă în cazul unora dintre factori, cum ar fi susceptibilitatea tuturor bazinelor, diferența nu este mare.

Reziliența ridicată a bazinului Rinului se datorează mai ales ratei mari de penetrare a comunicațiilor și căilor de evacuare, care reprezintă uneori dublul valorilor altor bazine hidrografice. Bazinul Dunării are valori extreme.

Se poate găsi justificarea acestor rezultate privind la numărul persoanelor afectate de inundații în decursul ultimilor zece ani în cele trei bazine hidrografice. Mekongul a avut de cinci ori mai multe situații critice decât Dunărea și de peste 30 ori mai multe decât Rinul.

5.3.2 Componenta Economică

Se folosesc șapte indicatori pentru a determina valorile FVI_{ec}, vezi capitolul 4.3.2. După cum am menționat înainte, a trebuit elaborată o analiză de sensibilitate pentru bazinul hidrografic al Dunării cu valorile capacității de stocare. În Figura 5.6 sunt prezentate rezultatele acestei analize:

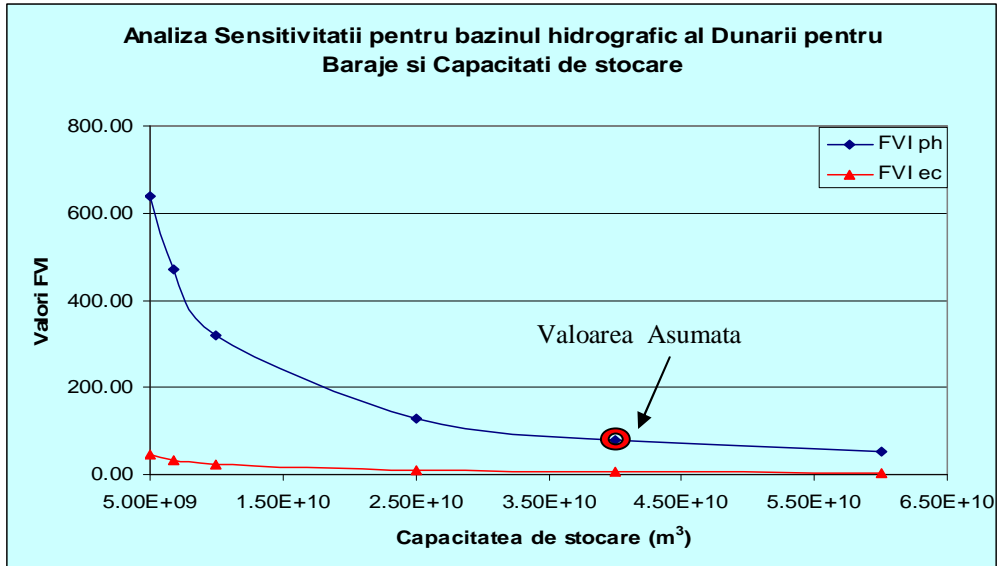


Figura 5.6 Analiza de sensibilitate a bazinului Dunării pentru diguri și capacitatea de stocare

Figura 5.6 prezintă rata de schimbare a FVI economic în bazinul Dunării, pe baza capacității de stocare. FVI economic nu este afectat semnificativ de valoarea capacității de stocare, totuși, s-a folosit o valoare de 40 miliarde de m³ datorită bazinului de recepție mare și capacității de stocare a unora dintre baraje, ca de exemplu Porțile de Fier I și II, care împreună pot stoca peste 5 miliarde de m³.

Rezultatele componente economice FVI, calculată folosind ecuația 4.2 din capitolul 4.3.2, sunt prezentate în Figura 5.7.

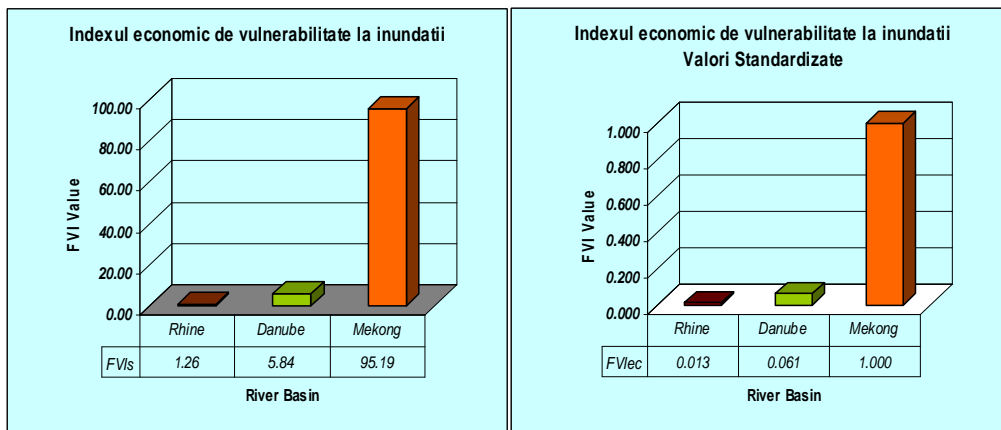


Figura 5.7 Valorile normale și standardizate pentru FVIec la scara bazinului hidrografic

După cum s-a văzut în Figura 5.7, valorile Rinului și ale Dunării sunt foarte scăzute în comparație cu valorile Mekongului, care este de peste 50 de ori mai mare decât Rinul și de 10 ori mai mare decât Dunărea.

Indicatorii selectați pentru analiza FVI economic favorizează acele bazine care au o mare capacitate de stocare, cum sunt Rinul și Dunărea, ca o măsură a bunăstării economice și a rezilienței. Mekongul are o vulnerabilitate economică mai ridicată datorită investițiilor relativ mici în protecția împotriva inundațiilor și capacității scăzute de stocare care ar putea proteja activitatea economică din regiune.

Ceilalți factori ai vulnerabilității, expunerea și susceptibilitatea, au o influență redusă, mai ales expunerea, care este reprezentată în ecuație de un singur indicator.

Valoarea scăzută pentru bazinul Rinului poate fi interpretată greșit ca o absență a vulnerabilității economice la inundații. Totuși, nu este cazul, de vreme ce toate sistemele pot fi deteriorate în anumite condiții. Trebuie înțeles că condițiile în care sistemul devine vulnerabil au șanse mici de a fi îndeplinite. O cercetare la scară mai mică poate prezenta rezultate mai detaliate pentru interpretare; de exemplu, s-a întocmit un studiu pentru râul Neckar (vezi capitolul 5.5.2).

5.3.3 Componenta de Mediu

Se folosesc șase indicatori pentru a identifica FVI de mediu, cu particularitatea că nici unul nu reprezintă reziliența la factorii de mediu, iar cinci dintre ei sunt un factor de expunere, rămânând doar unul pentru susceptibilitate. Rezultatele sunt prezentate în Figura 5.8.

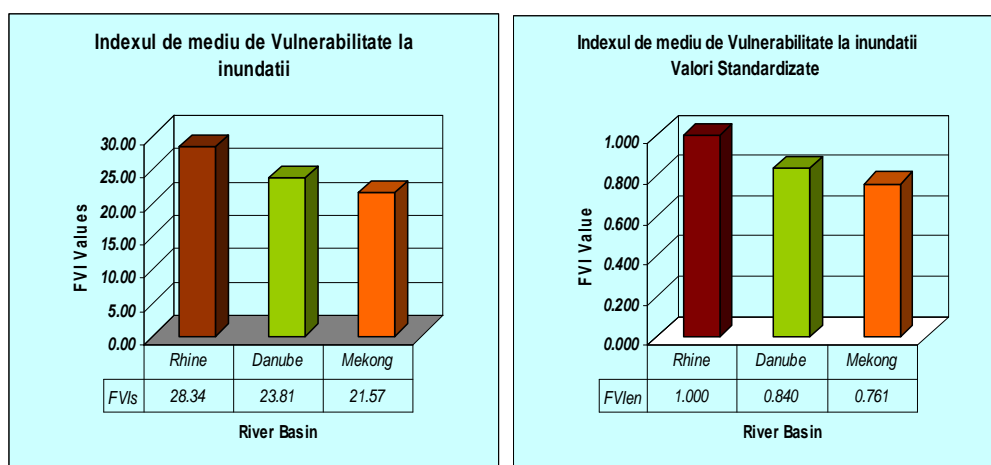


Figura 5.8 Rezultatele normale și standardizate pentru FVI de mediu

Rezultatele indică faptul că bazinul hidrografic al Rinului este mai vulnerabil la impactul de mediu ca rezultat al inundațiilor. Totuși, cu foarte mici diferențe față de celelalte două cazuri studiate, bazinul Mekongului este cel mai puțin vulnerabil din punct de vedere al mediului. Valorile sunt atât de apropiate încât este nevoie de un studiu mai detaliat pentru a obține o comparație rezonabilă.

Expunerea de mediu a Rinului este de aproape 5 ori mai mare decât cea a Mekongului; aceasta se poate explica prin procesul vast de industrializare susținut de Rin timp de decenii, ceea ce a dus la o degradare a mediului pe râu. Cu toate acestea, această valoare este contrabalansată de către procentul de rezervații naturale înființate pe Rin după creșterea preocupării pentru protecția mediului din ultimii 20 - 30 de ani, ceea ce a dus la conceptul de *spațiu pentru riuri*, care (încă) nu este cunoscut în Mekong.

În acest caz, rezultatele pot fi înșelătoare din cauza definițiilor indicatorilor. Indicatorul de susceptibilitate al Rezervațiilor Naturale poate fi interpretat în diverse moduri, comparând țările vestice și pe cele în curs de dezvoltare. În vederea unei analize mai aprofundate, detalierea scării permite o interpretare mai complexă.

5.3.4 Componenta fizică

În mod similar componentei economice, trebuie realizată o analiză de sensibilitate pentru a studia influența capacității de stocare din bazinul hidrografic al Dunării asupra FVI fizic, rezultatele fiind prezentate în Figura 5.6. Se observă că rata schimbării pentru FVI fizic este mult mai mare decât pentru componenta economică. O schimbare în estimarea acestei valori poate schimba considerabil valoarea FVI fizic. De aceea este nevoie de o analiza la o scară mai detaliată pentru această componentă.

Pentru valoarea presupusă a capacității de stocare de 40 miliarde de m³, așa cum s-a menționat în capitolul 5.3.2, rezultatele FVI fizic sunt prezentate în Figura 5.9.

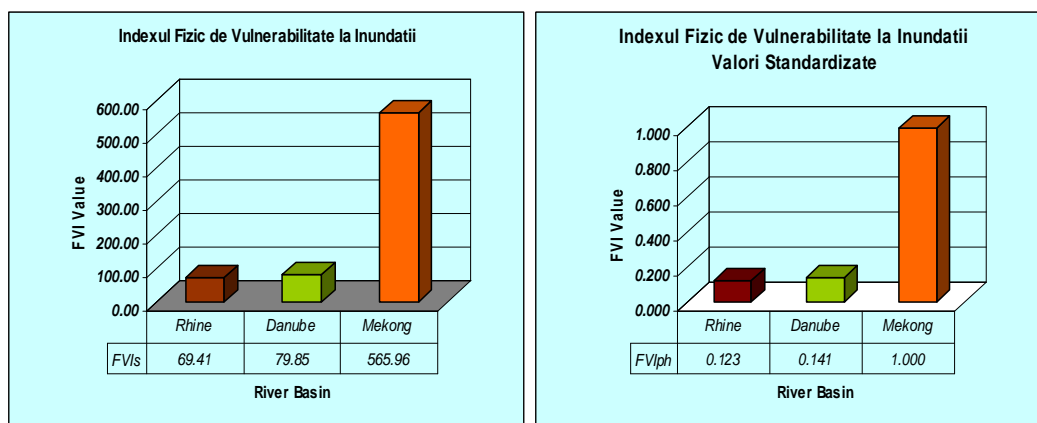


Figura 5.9 Rezultatele normale și standardizate pentru FVI fizic

Rezultatele arată o diferență mare între Rin și Dunăre pe de o parte, care sunt foarte apropiate, și Mekong, care este de câteva ori mai mare, pe de altă parte. Această componentă a FVI este strâns legată de capacitatea de stocare a bazinului, așa cum se poate explica cu ajutorul analizei de sensibilitate făcută pentru Dunăre. În acest caz, capacitatea de stocare a Mekongului este foarte redusă comparativ cu Rinul, având în vedere datele incerte din bazinul hidrografic al Dunării.

Pentru a reprezenta vulnerabilitatea fizică la inundații, s-au ales șase indicatori, cu particularitatea că cinci dintre ei sunt indicatori de expunere iar ultimul de reziliență. Cel mai expus bazin este cel al Mekongului, dar nu la o diferență foarte mare. Principala diferență rezidă în indicatorul de reziliență al fiecărui bazin, reprezentat de capacitatea de stocare a bazinului respectiv.

Mekongul prezintă o capacitate de stocare de cinci ori mai redusă decât cea a Rinului, și de șase ori mai scăzută decât capacitatea presupusă a Dunării.

5.3.5 Sumarul rezultatelor

Diversele componente ale FVI au fost însumate pentru a calcula FVI total, rezultatele fiind prezentate în Figura 5.10. La scara bazinului hidrografic, rezultatele FVI au fost comparate cu metodologia existentă pentru FVI (Connor și Hiroki, 2005), care sunt prezentate în Figura 5.11. Figura 5.12 arată aceste valori într-o formă grafică.

Rezultatele pentru FVI total arată că fluviul Mekong este cel mai vulnerabil, așa cum a reieșit în trei din cele patru componente explicate anterior. O diferență mare se întâlnește la componentele economică și fizică, unde poate fi de zece și respectiv cinci ori mai mare comparativ cu bazinele Rinului și al Dunării.

Există diferențe mari între cazurile studiate. Mekongul este cel mai vulnerabil dintre toate. Factorii care influențează acest rezultat pot fi atribuiți expunerii și rezilienței. Susceptibilitatea poate fi cea mai apropiată dintre factorii studiați, chiar dacă Mekongul este cel mai susceptibil dintre toate.

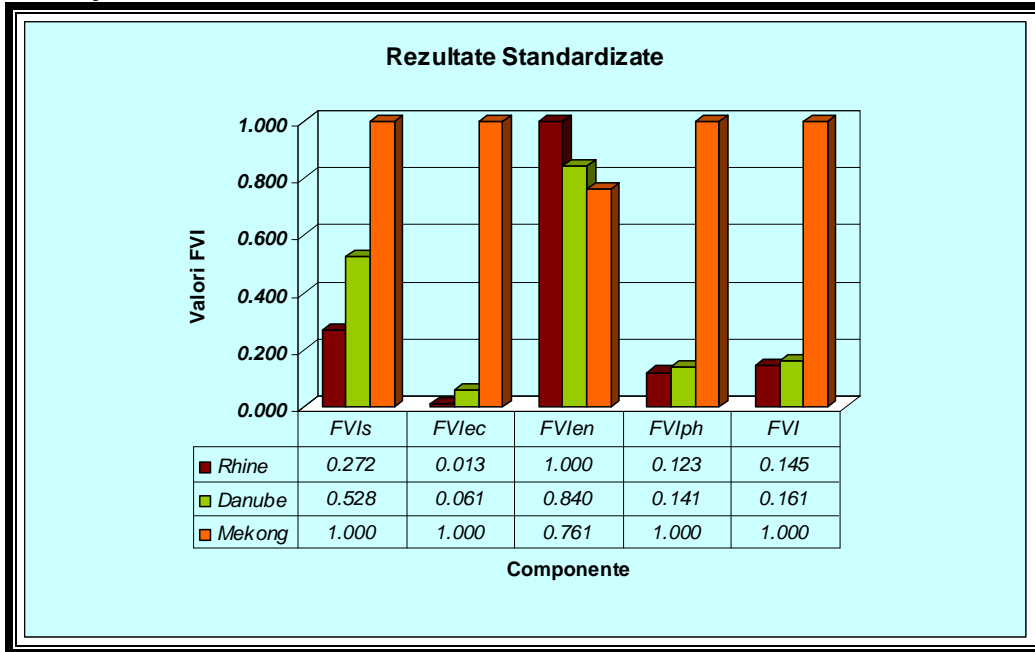


Figura 5.10 Rezultatele de ansamblu standardizate pentru FVI la scara bazinului hidrografic

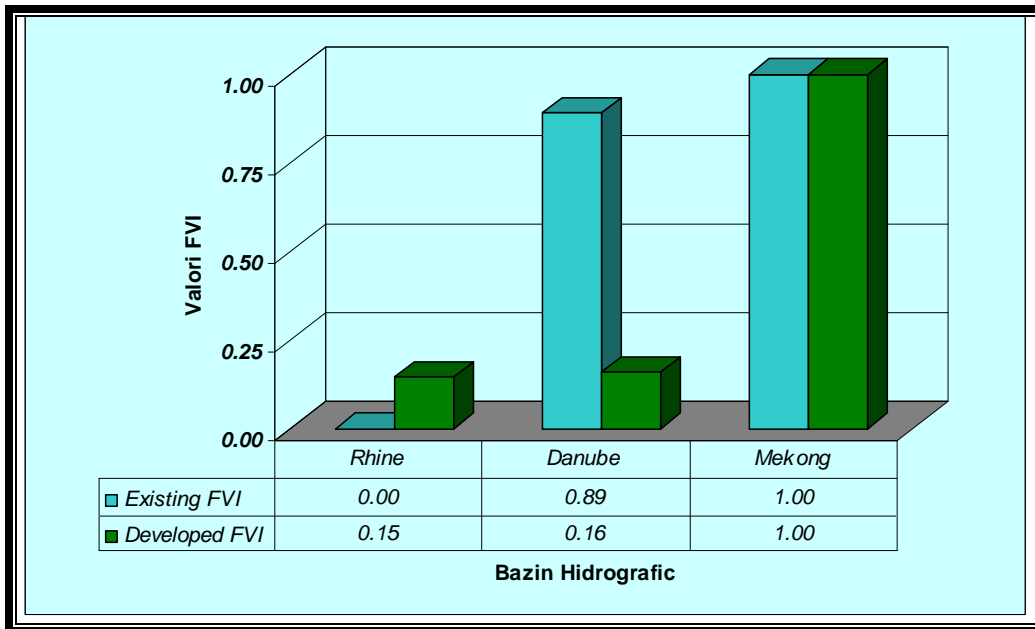


Figura 5.11 Comparația între metodologii

Politicile de ameliorare a acestor factori în bazinul hidrografic al Mekongului pot reduce vulnerabilitatea la inundații în toate componentele. Trebuie atenție sporită în creșterea rezilienței la toate nivelurile, mai ales privitor la componentele economică și fizică.

Metodologia existentă pentru FVI (Hiroki & Connor, 2005) folosește următoarea ecuație pentru a standardiza (FVI între 1 și 0) valorile obținute:

$$sFVI = \frac{FVI_{\text{bazin}} - FVI_{\text{min}}}{FVI_{\text{max}} - FVI_{\text{min}}} \quad 5.2$$

FVI de ansamblu, ilustrat în Figura 5.11 prezintă aceeași tendință, Mekongul fiind cel mai vulnerabil, Rinul cel mai puțin vulnerabil, iar Dunărea între ele. Totuși, pentru FVI existent, Dunărea este mai aproape de Mekong.

Valoarea FVI obținută pentru Rin are valoare zero pentru metodologia existentă. Această valoare poate crea confuzie, de vreme ce se poate interpreta greșit cum că Rinul nu este vulnerabil la inundații. În metodologia nou dezvoltată, rezultă o minimă vulnerabilitate, chiar dacă în cazul Rinului valoarea este foarte mică.

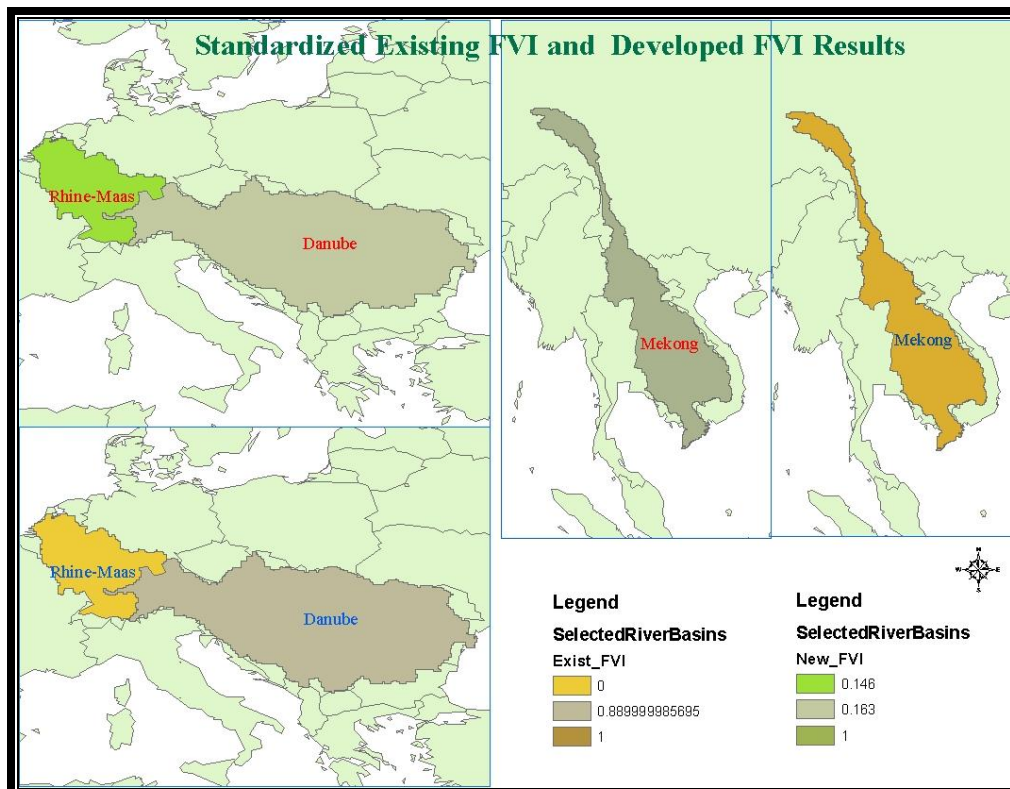


Figura 5.12 Hărțile bazinelor hidrografice, pentru compararea metodelor FVI

5.4 Studiu de caz: Descrierea studiilor de caz la scara Subbazinului hidrografic

Așa cum s-a arătat în capitolul 4.4 termenul de subbazin descrie o zonă care cuprinde o parte a unui bazin hidrografic în aval pînă la cel mai inferior punct.

Pentru acest studiu au fost selectate cinci subbazine; trei în bazinul hidrografic al Dunării: râurile Tisa, Timiș și Bega, unul în bazinul Rinului: râul Neckar, și unul în bazinul Mekong: râul Mun.

Se va face o analiză comparativă a rezultatelor de la bazinele hidrografice și subbazine (reducerea scării, detalieri) pentru a evalua robustețea metodologiei FVI. S-au ales aceste subbazine deoarece permit comparații între bazine hidrografice și subbazine, pe lângă compararea unor subbazine din același bazin hidrografic. Subbazinele selectate prezintă condiții sociale, economice, de mediu și fizice diferite.

5.4.1 Subbazinul

Tisa este cel mai lung afluent al Dunării (966 km în Ungaria) și cuprinde o suprafață de 157,186 km² în cinci țări (Slovacia, Ucraina, Ungaria, România, Serbia și Muntenegru) cu o populație de 14,200,000 locuitori. Lungimea râului este de 1,358 km iar debitul maxim este de 4,000m³/s, vezi Figura 5.13. Bazinul său hidrografic este inclus în cel al Dunării (Jolankai, 2004, ICPDR, 2004).

Tisa poate fi împărțită în trei secțiuni principale: Tisa Superioară în Ucraina, Tisa Mijlocie în Ungaria, Slovacia și România și Tisa Inferioară în Serbia-Muntenegru și România. Principalii săi afluenți sunt: Bodrogul, Slava, Someșul, Mureșul, Crișul și Bega.

Pe râul Tisa au avut loc inundații mari în 1895, 1913, 1932, 1940-42, 1947-48, 1964, 1970, 1974, 1979, 1985 (poduri de gheață), 1993, 1998, 1999, 2000 and 2001 (Szlávik, 2003).

Între 1998 și 2001, au avut loc în bazinul Tisei patru inundații extraordinare. Considerînd magnitudinea zonelor afectate, populația amenințată, și bunurile distruse, aceste inundații au bătut toate recordurile Tisei superioare și mijlocii (ICPDR, 2004).



Figura 5.13 Subbazinul Tisei (UNEP)

Tisa a intrat în atenția opiniei publice în ianuarie 2000, când în nord-vestul României, pe un afluent al său au avut loc două accidente industriale; la un iaz de decantare în apropierea orașului Baia Mare (România). Atunci s-au scurs în râu aproape 100,000 m³ de ape reziduale, conținând 120 de tone de cianuri și metale grele. Al doilea accident a avut loc în martie 2000 când în Baia Borșa s-a creat o breșă într-un iaz de decantare, dar materialul a fost reținut în interiorul sistemului de baraje (ICPDR, 2004).

5.4.2 Subbazinul Timișului

Timis este un râu lung de 359 km, care izvorăște din Munții Semenic, în Carpații Sudici, județul Caraș-Severin, România (Figura 5.14). Traversază Banatul și se varsă în Dunăre lângă Pancevo, în nordul Serbiei. The bazin de captare acoperă 13,085 km² (în România 8,085 km², în Serbia 5,000 km²) cu o populație de circa 800,000 de locuitori. Debitul maxim măsurat a fost de 1,290 m³/s la Grăniceri în 2005.



Figura 5.14 Rîul Timiș (DFO) și b) Inundații pe Timiș în primăvara anului 2005

Principali afluenți ai Timișului sunt: Rîul Rece, Slatina, Valea Mare, Rugiul, Armenișul, Sebeșul, Pogănișul, Timișul Mort și Bîrzava.

Inundații cu 'pagube importante' au avut loc în 1912 ($Q= 1,500 \text{ m}^3/\text{s}$), 1966 ($Q= 1,200 \text{ m}^3/\text{s}$), 2000 ($Q= 1,100 \text{ m}^3/\text{s}$), 2005 ($Q= 1,200 \text{ m}^3/\text{s}$), 2006 (Stănescu și Drobot, 2005).

5.4.3 Subbazinul Begăi

Rîul Bega are lungimea de 254 de km din care 178 km în România și 76 km în Serbia. Izvorăște din Munții Poiana Ruscă, parte a lanțului carpatic și se varsă în Tisa lângă Titel, Vojvodina, Serbia. Bazinul colector cuprinde $2,878 \text{ km}^2$ cu o populație de circa 500,000 de locuitori. Bega face parte din subbazinul Tisei.

În partea mediană a râului s-a construit un nod hidrotehnic care permite transferul apei din Bega în Timiș, permițînd o deversare de maximum $83 \text{ m}^3/\text{s}$ prin Bega, așa cum s-a stipulat în convenția cu Serbia. În Figura 5.15 se prezintă schița ambelor râuri și cea a nodului hidrotehnic.

Aceasta diverssiune exista de 270 de ani, este dovada preocuparii din timpuri vechi pentru managementul apei in regiunea Banat. (Cretu, 2002b) Necesitatea regularizarii de apa de pe canalul Bega a impus constructia dublei conexiunii, amonte de Timisoara pe raul Timis, care poate face un transfer de debit de pe raul Timis pe raul Bega in cazul insuficientei apei, si de protectie in caz de inundatii, prin surplusul de apa de pe raul Bega pe raul Timis (Cretu, 2002a).

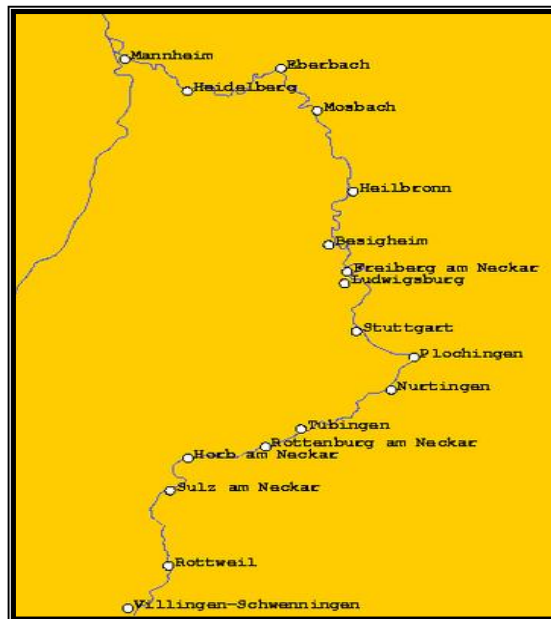


Figura 5.16 Rîul Neckar

5.4.5 Subbazinul râului Mun

Rîul Mun este un afluent al fluviului Mekong, care izvorăște din zona Isan, Thailanda, din Parcul Național Khao Yai. Are o lungime de 673 km, pînă la vărsarea în Mekong la Khong Chiam în Cambodgia. Principalul afluent al râului Mun River este Chi (Wikipedia, 2006). Viețile a 10 milioane de oameni care trăiesc în bazinul hidrografic al râului (bazin de captare de 70,961 km²) depind de bogăția ecosistemului râului și de resursele naturale. Debitul mediu este de 760 m³/s.



Figura 5.17 Rîul Mun (MRC, 2005)

În subbazinul râului Mun, în ultimii 45 de ani, între 1962 și 2007, au avut loc 14 inundații, cele majore fiind înregistrate în 1962, 1966, 1969, 1972, 1976, 1982, 1983, 1991, 2000 și 2001 (Comitetul Național Thaiandez pentru Mekong, 2005).

Cu toate că Asia de Sud-Est face față anual inundațiilor musonice, 2006 a adus inundații neobișnuit de puternice și de întinse; datorită inundațiilor musonice, 39 de oameni și-au pierdut viața în Thailanda din august 2006, și cel puțin 138,000 au contractat boli transmise prin apă (EO, 2006).

5.4.6 Colectarea datelor în studiile de caz pentru subbazine hidrografice

Ecuatiile FVI la scara subbazinului necesită 35 din 71 de indicatori diferiți, după cum am menționat în capitolul 4.4.2. Valorile indicatorilor de vulnerabilitate la inundații pentru scara subbazinului au fost găsite pe internet. Au fost consultate peste 20 de site-uri pentru toate cele cinci subbazine; zece dintre acestea au fost folosite pentru bazinele hidrografice: UNDP/BCPR, INTUTE, EPI, CRED/EM-DAT, UN, Ekstrom et al., 2006, World FactBook, WRI, Water Resources eAtlas și MRC.

Alte surse folosite pentru subbazinele europene au fost: PELCOM, Sistemul de Monitorizare Pan-European de Îmbunătățiri Funciare și s-au colectat date din

zonele urbanizate; Wikipedia, de unde s-au obținut date topografice despre subbazinul Mun, și Google Earth cu ajutorul căruia s-au măsurat distanțele medii dintre zonele locuite și râu.

Alte surse folosite sunt: Comisia Mondială pentru Baraje (The World Commission on Dams), Autoritatea Română a Apelor, Ministerul Român al Mediului, Programul de Dezvoltare Economică a Bazinului Tisei, Planul de Acțiune Împotriva Inundațiilor pe Tisa, proiectul IKONE, Aktionsplan Hochwasser Neckar, UNEP și un articol de Weesakul (2005). Mai multe date specifice cazurilor sunt prezentate în Anexele II (a, b, c, d și e).

5.5 Rezultate și discuții privind scara subbazinului

După colectarea datelor, rămân de identificat cinci din treizeci și cinci de indicatori. Capacitatea totală de stocare a râului Tisa este încă necunoscută, ca și valoarea investițiilor anuale de protecție împotriva inundațiilor pe râurile Tisa și Mun iar lungimea barajelor și digurilor pe Neckar și Mun trebuie deduse. Prin urmare, s-a realizat o analiză de sensibilitate pentru a evalua ponderea reală a acestor indicatori asupra valorii FVI.

Indicatorul capacității de stocare influențează două din componentele FVI: pe cea economică și pe cea fizică. Suma investițiilor anuale influențează numai componenta economică a subbazinelor Tisei și a râului Mun, barajele și digurile influențează componenta fizică a râurilor Neckar și Mun.

Împreună cu valorile FVI pentru fiecare componentă, sunt prezentate rezultate standardizate, folosind aceeași abordare ca și cea din capitolul 5.3.

5.5.1 Componenta socială

Valorile indicatorilor componente sociale au fost folosiți în ecuația 4.5, descrisă în capitolul 4.4.2. Rezultatele FVI social sunt prezentate în Figura 5.18.

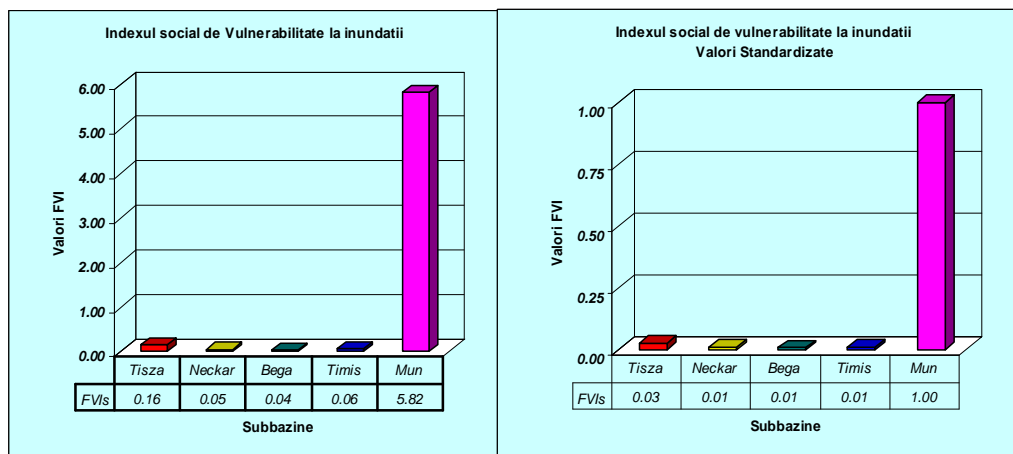


Figura 5.18 Valorile normale și standardizate pentru FVIs la scara subbazinului

Pentru a determina valorile FVI social se utilizează zece indicatori. Indicatorii sunt împărțiți în următorii factori de vulnerabilitate: trei pentru expunere, doi pentru susceptibilitate și ceilalți cinci pentru reziliență.

Din punct de vedere social, râul Mun este cel mai vulnerabil la inundații, datorită populației numeroase din regiune. În plus, acest subbazin este cel mai expus și cel mai rezilient dintre toate.

Rîul Tisa este al doilea ca reziliență socială; astfel, expunerea socială ridicată este contracarată.

Datorită rezilienței mari, râurile Bega, Timiș și Neckar au o vulnerabilitate socială la inundații foarte scăzută; ele prezintă valori diferite ale expunerii sociale. Cel mai puțin expus social la inundații este râul Bega, valoarea fiind confirmată de lucrările hidrotehnice din amonte, datorită cărora populația vulnerabilă este puțin numeroasă. Pe râul Neckar s-au înregistrat inundații la mijlocul secolului 20, ceea ce a făcut populația mai conștientă și a determinat direcționarea investițiilor spre acțiuni de protecție împotriva inundațiilor, cum este dezvoltarea Comunicării sau a Căilor de evacuare.

Un indicator care confirmă aceste valori este numărul mare de persoane afectate pe râul Mun în ultimii zece ani. Aproape 10% din populația totală din subbazin a fost afectată de inundații, un număr mult mai mare comparativ cu celelalte subbazine.

5.5.2 Componenta economică

Pentru a determina valorile FVI economic se folosesc nouă indicatori. Așa cum s-a menționat anterior, trebuie făcută o analiză de sensibilitate cu valorile indicatorului de capacitate de stocare pentru subbazinul Tisei și cu valoarea investițiilor anuale

pentru subbazinul Tisei și pentru subbazinul râului Mun. Rezultatele acestor analize sunt prezentate în Figura 5.19, Figura 5.20 și respectiv în Figura 5.21.

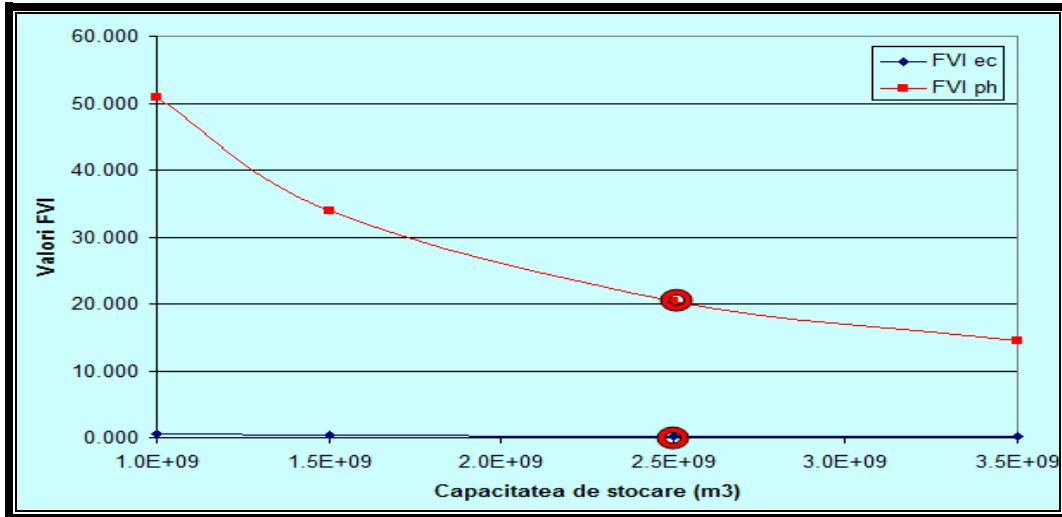


Figura 5.19 Analiza de sensibilitate a capacității de stocare a subbazinului Tisa

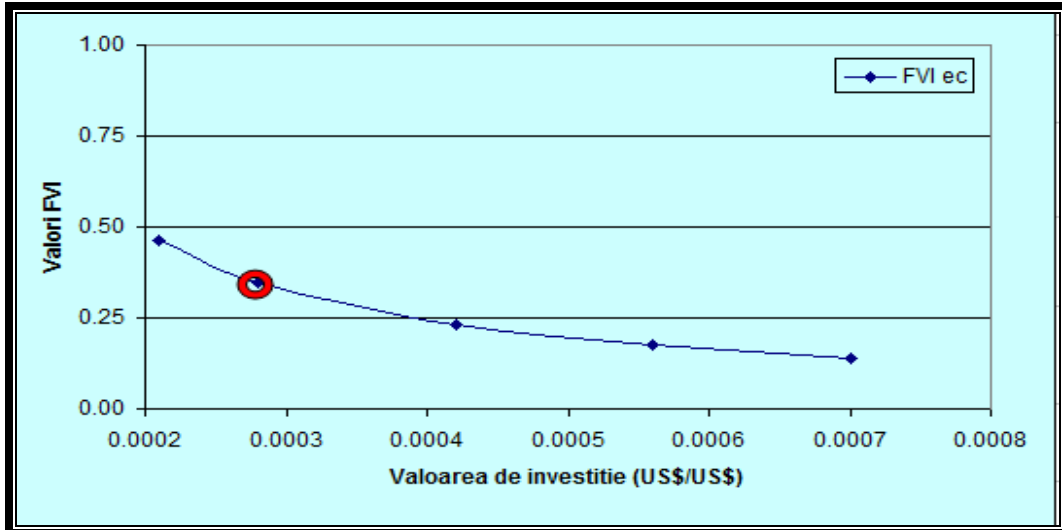


Figura 5.20 Analiza de sensibilitate pentru valoarea de investiție în subbazinul Tisei

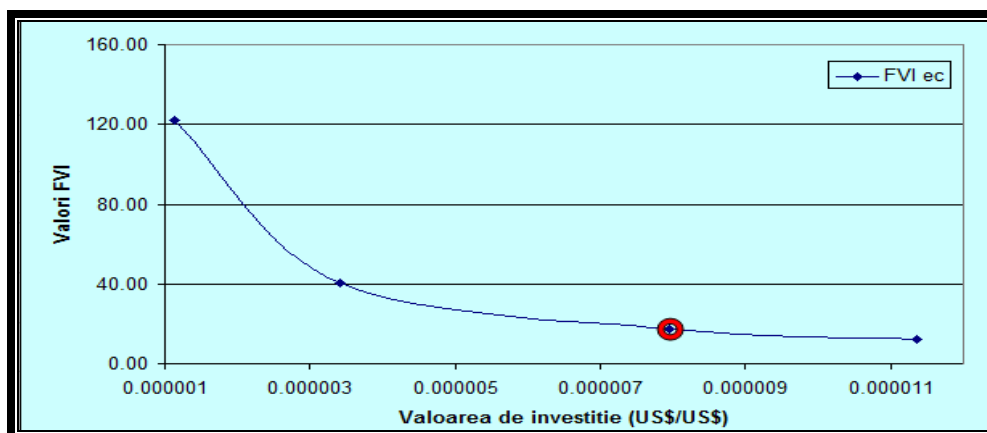


Figura 5.21 Analiza de sensibilitate pentru valoarea investițiilor în subbazinul riului Mun

După cum se vede în Figura 5.19, capacitatea de stocare nu are o influență majoră asupra componentei FVI economică, de vreme ce viteza de schimbare a FVI economic este relativ scăzută când stocarea se modifică, mai ales pentru volume mari de stocare. O tendință similară apare pentru valorile investițiilor, unde o modificare a acestei valori schimbă doar puțin FVI economic, așa cum se vede în Figura 5.20 pentru subbazinul Tisei. Pentru riul Mun (Figura 5.21), curba prezintă două tendințe diferite; cea din stânga prezintă o viteză mare de schimbare, iar cea din dreapta, una mai scăzută. Aceasta poate ridica întrebări în ceea ce privește sensibilitatea, deoarece valorile presupuse, reprezentate printr-un punct roșu, apar în partea dreaptă (mai puțin înclinată) a curbei.

Pentru riul Tisa s-a estimat o capacitate de stocare de 2.5 miliarde de m³ din cauza capacității mari de stocare din Ungaria, unde se găsește o mare parte din bazin; aproape 30% din subbazin revine acestei țări. Cea mai mare parte din subbazin este situată în România, dar capacitatea de stocare de aici este relativ scăzută. Cea mai mare parte a capacității de stocare a întregului subbazin se găsește în Ungaria.

Valoarea investițiilor anuale în protecția împotriva inundațiilor pentru Tisa a fost estimată la 40 milioane de € (52 de milioane de US\$), știind că investițiile totale pentru protecția împotriva inundațiilor pe Dunăre se ridică la 220 de milioane de € (288 de milioane de US\$), iar țările aparținând subbazinului Tisei nu sunt țări dezvoltate, procentul din această sumă a fost considerat a fi mai mic.

Graficul din Figura 5.21 arată o investiție anuală de 700,000 US\$ în subbazinul Mun, o valoare estimată ținând cont de poziționarea într-o țară în curs de dezvoltare, și un volum redus de investiții în bazinul fluviului Mekong în ansamblu (6 milioane de US\$), care se axează mai mult pe protecția împotriva inundațiilor în delta fluviului Mekong.

Pentru a evalua componenta economică, se folosesc nouă indicatori, împărțiți astfel: doi indicatori pentru expunere, trei pentru susceptibilitate și patru pentru reziliență.

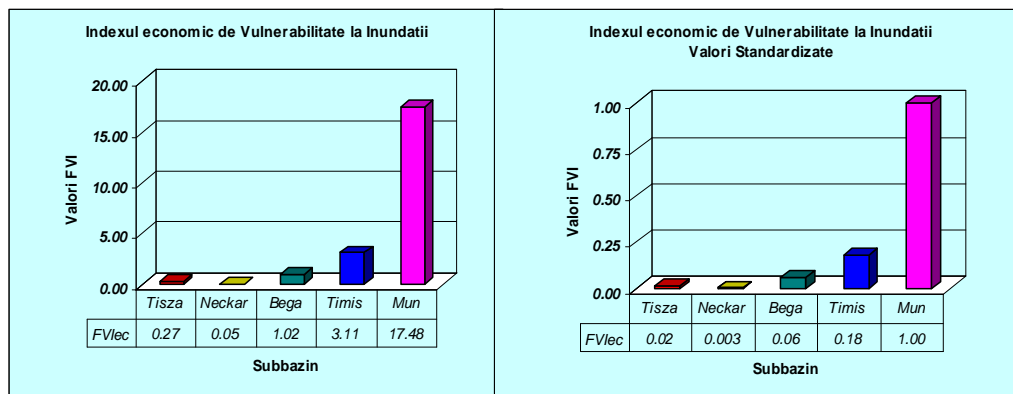


Figura 5.22 Valorile normale și standardizate ale FVIec la scara subbazinului

Figura 5.22 prezintă valorile pentru vulnerabilitatea economică la inundații, așa cum s-a calculat folosind ecuația 4.6, din capitolul 4.4.2. Valoarea pentru râul Mun este cea mai ridicată, însemnând că acest subbazin este cel mai vulnerabil din punct de vedere economic. Aceasta se datorează mediului agricol din subbazin, care necesită o perioadă relativ lungă de timp pentru a se reface în urma pagubelor produse de inundații în acest sector economic.

În Europa, cele mai vulnerabile din punct de vedere economic sunt râurile Bega și Timiș, clasate imediat după Mun. Aceste râuri sunt legate printr-un nod hidrotehnic, care transferă apa din Bega în Timiș. Prin urmare, numai partea superioară a Begăi este vulnerabilă la inundații. Valoarea FVI său economic poate fi explicată prin populația rurală puțin numeroasă, a cărei principală activitate economică este agricultura cu o reziliență relativ scăzută în fața inundațiilor. Timișul este mai vulnerabil din punct de vedere economic datorită nodului, care lasă zonele active economic din aval mai expuse și mai puțin reziliente.

Râul Tisa este al doilea în rândul celor mai susceptibile subbazine studiate, dar și al doilea între cele mai reziliente. Nu este un râu foarte expus, dar FVI-ul său economic arată că nu este foarte vulnerabil la inundații din punct de vedere economic. Totuși, aceste date trebuie verificate, de vreme ce în urma unei analize de sensibilitate s-au estimat doi indicatori.

Râul Neckar pare a fi cel mai puțin vulnerabil la inundații din perspectiva activităților economice. Instalațiile industriale sunt bine protejate împotriva inundațiilor, iar vulnerabilitatea este redusă prin existența unei asigurări împotriva inundațiilor, care dă măsura bunăstării economice și îi reduce durata de refacere. Acești factori fac din râul Neckar subbazinul cel mai puțin vulnerabil economic dintre cele cinci studiate, lucru care se poate verifica și prin faptul că este cel mai rezilient subbazin, cu toate că este cel mai susceptibil.

5.5.3 Componenta de mediu

În total, în determinarea FVI de mediu se folosesc șapte indicatori, trei dintre ei sunt pentru expunere iar ceilalți patru pentru susceptibilitate. În ecuația 4.7 (capitolul 4.4.2) nici un indicator nu reprezintă reziliența la FVI de mediu. În Figura 5.23 sunt prezentate rezultatele pentru cele cinci studii de caz.

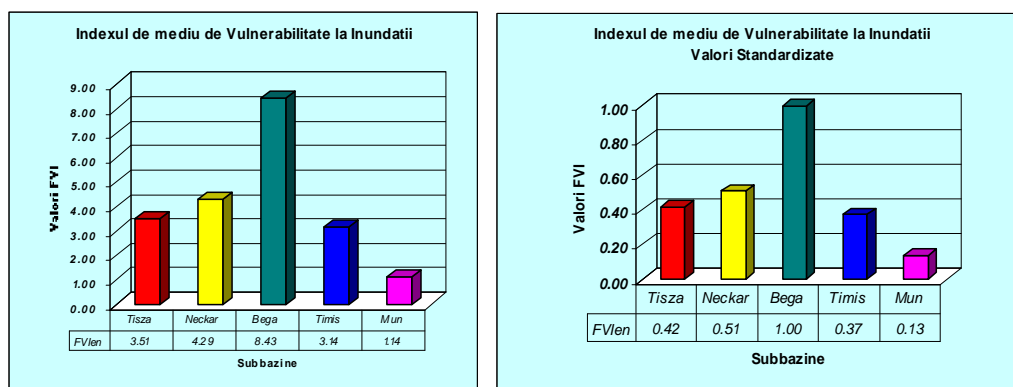


Figura 5.23 Valorile normale și standardizate pentru FVI_{en} la scara subbazinului

După cum se vede în Figura 5.23, subbazinul cel mai vulnerabil din punct de vedere al mediului este cel al râului Bega, aproape dublu ca valoare comparativ cu cel mai apropiat rival, râul Neckar. Pentru râul Bega, problemele de mediu se referă la curgerea nenaturală a râului în aval de nodul hidrotehnic, aducând pagube ecologiei râului, evidențiată prin slaba populare cu pește, algele și eutrofizarea pe unele porțiuni ale râului.

Și pe râul Neckar s-au înregistrat probleme de mediu, datorită industriei puternice și absenței preocupărilor în domeniu timp îndelungat. Acest mod de gândire s-a schimbat în ultimii 20 de ani spre o abordare mai favorabilă protecției mediului; aceste îmbunătățiri au contribuit la reducerea pagubelor produse de inundații.

Riurile Tisa și Timiș au valori foarte apropiate, dar valorile lor corespund unor factori total diferiți; Tisa este mai susceptibilă iar Timișul mai expus. Cunoașterea acestor valori poate fi de ajutor în analizele de definire a strategiilor de reducere a acestui FVI. Pentru Timiș va fi mai eficientă o strategie axată pe reducerea expunerii, spre deosebire de Tisa, unde strategia ar trebui să se concentreze pe reducerea susceptibilității.

Contrar componentelor discutate anterior, râul Mun este cel mai puțin vulnerabil la pagube aduse mediului de către inundații. Această valoare se poate explica prin influența antropogenică scăzută asupra subbazinului, care îl face cel mai expus, dar și cel mai puțin susceptibil.

5.5.4 Componenta fizică

Pentru a determina aceste valori se folosesc patru indicatori, doi dintre ei sunt factori de expunere iar ceilalți doi de reziliență.

Așa cum s-a menționat anterior a trebuit făcută o analiză de sensibilitate cu valorile de capacitate de stocare pentru subbazinul Tisei, pentru baraje și diguri la subbazinul Neckarului și la subbazinul râului Mun. Rezultatele sunt prezentate în Figura 5.19 (capitolul 5.5.2), Figura 5.24 și respectiv Figura 5.25.

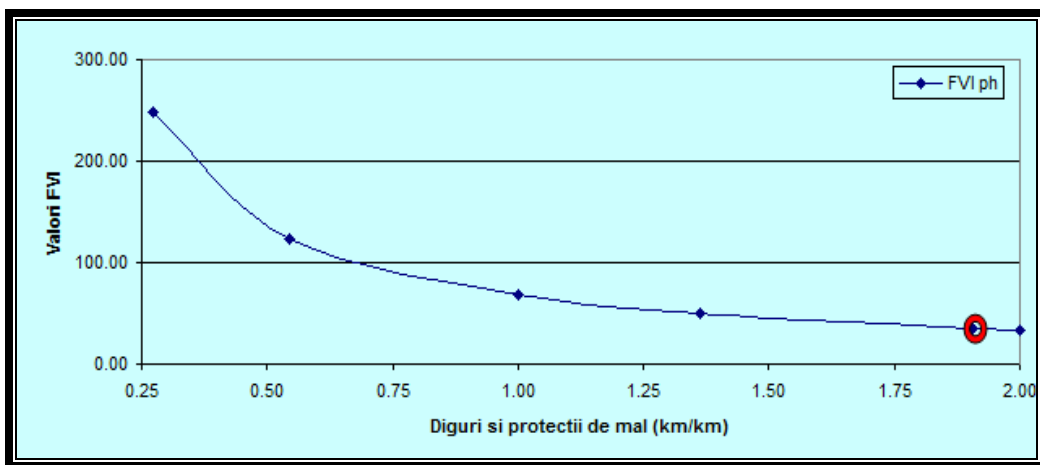


Figura 5.24 Analiza de sensibilitate a subbazinului Neckar pentru indicatorul Baraje și diguri

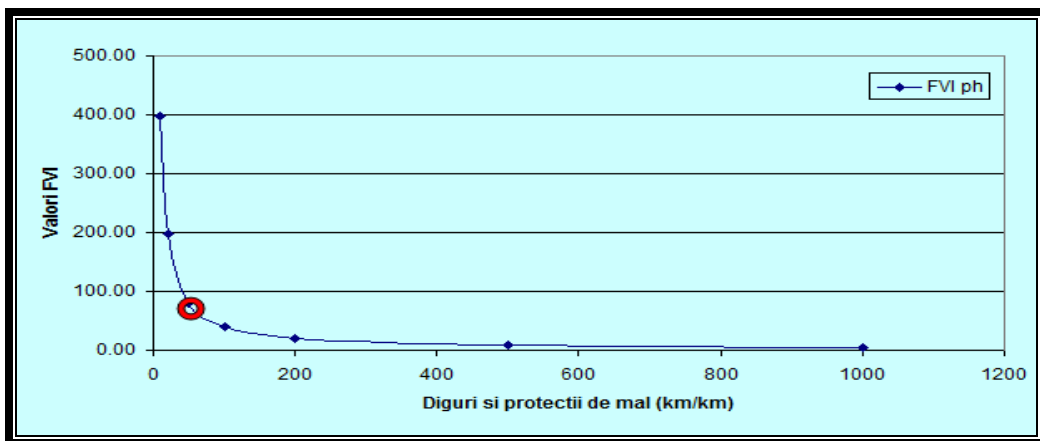


Figura 5.25 Analiza de sensibilitate a subbazinului râului Mun pentru indicatorul Baraje și diguri

Figura 5.19 prezintă analiza de sensibilitate a capacității de stocare în râul Tisa, ilustrând curbele pentru componentele fizică și economică. Chiar dacă curba pentru componenta fizică arată o mai mare sensibilitate decât curba pentru componenta economică, se vede că valorile dintr-un interval anume apropiat valorii selectate de 2.5 miliarde m³ nu vor varia considerabil.

Analiza de sensibilitate a subbazinului Neckar pentru indicatorul Baraje și diguri este prezentată în Figura 5.24. Curba arată că pentru o valoare selectată de 700 km de diguri (indicatorul este definit ca și km de diguri de-a lungul lungimii totale a râului) panta curbei este mică, oricare valori din zona acestui interval sunt considerate ca fiind mai corecte pentru acest subbazin pe baza dezvoltării economice și lipsei de preocupări în domeniul mediului existente până cu puțin timp în urmă în regiune.

Analiza de sensibilitate pentru subbazinul Mun pentru indicatorul de Baraje și diguri se prezintă în Figura 5.25. În acest caz valoarea selectată este o porțiune foarte sensibilă a curbei, unde orice schimbare în valoare poate modifica mult rezultatul FVI fizic. În acest caz se recomandă continuarea cercetării pentru subbazinul Mun până când se găsesc surse de încredere pentru acest indicator. Valoarea presupusă de 50 km de diguri a fost obținută vizualizând imaginile digitale de pe Google Earth, o sursă care poate fi considerată ca neprezentând încredere.

Figura 5.26 arată valorile găsite pentru vulnerabilitatea fizică la inundații, așa cum s-a calculat folosind ecuația 4.8, din capitolul 4.4.2. Considerând drept ipoteză valoarea menționată anterior, râul Mun este cel mai vulnerabil fizic în fața inundațiilor. Aceasta se poate dovedi prin reziliența deosebit de scăzută, în ciuda celei mai reduse expuneri.

În ceea ce privește vulnerabilitatea fizică, urmează râul Neckar, cu o valoare apropiată de jumătatea celei aparținând râului Mun. Principala problemă fizică este expunerea mare, datorată debitului mediu ridicat și capacității de stocare reduse. Aceeași problemă se întâlnește la râul Tisa, totuși, o reziliență mai mare îi reduce vulnerabilitatea fizică.

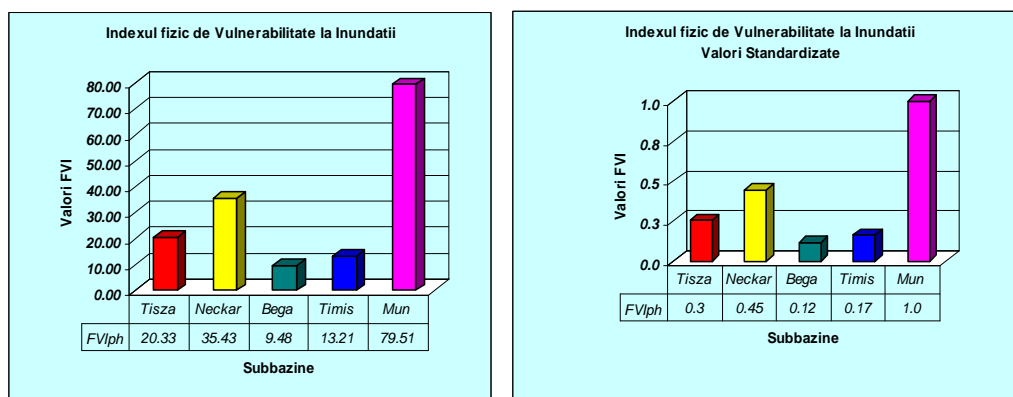


Figura 5.26 Valorile normale și standardizate pentru FVIph la scara subbazinului

Bega și Timișul au rezultate apropiate în ceea ce privește vulnerabilitatea fizică la inundații, cu diferențe practic inexistente în expunere sau reziliență. Principala

diferență constă în debitul mediu, care este mai mare în cazul Timișului. Ele au cele mai scăzute rezultate de FVIph dintre subbazinele studiate.

5.5.5 Sumarul rezultatelor

Rezultatele pentru FVI în toate componentele și în FVI total, sunt prezentate pe scurt în Figura 5.27. Este evident că râul Mun este subbazinul cel mai vulnerabil la inundații dintre cele cinci studiate, urmat de Neckar. Celelalte trei: Tisa, Timișul și Bega au valori apropiate.

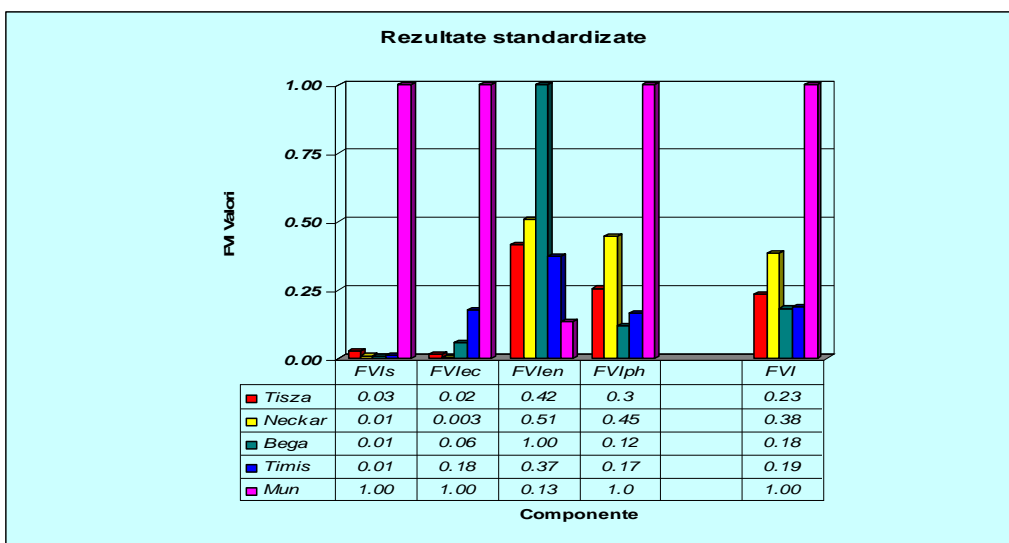


Figura 5.27 Comparația dintre valorile standardizate ale subbazinelor

În toate componentele râul Mun este cel mai vulnerabil, cu excepția componentei de mediu. Mai ales din punct de vedere social și economic, râul Mun are o mare vulnerabilitate la inundații. Dezvoltarea unor planuri de reducere a acestor două componente pot scădea FVI total al râului Mun.

5.5.6 Analiza detaliată a rezultatelor de la scara bazinului hidrografic la scara subbazinului

De vreme ce studiarea bazinelor hidrografice acoperă zone întinse, interpretarea FVI poate fi limitată sau incorectă. Prin urmare, studiarea la scări mai mici poate duce la o evaluare mai corectă a FVI al unei regiuni. Interpretarea valorilor tuturor subbazinelor dintr-un bazin hidrografic pot genera o imagine mai clară a situației bazinului

Au fost alese trei subbazine din bazinul hidrografic al Dunării pentru a reduce scara și a analiza rezultatele FVI: râurile Tisa, Bega și Timiș. Aceste râuri sunt apropiate unul de altul, Bega este afluent al Tisei, iar Timișul se varsă în Dunăre la numai 10 km după confluența Tisei. Unele dintre caracteristicile lor fizice sunt foarte asemănătoare, de exemplu precipitațiile și evaporarea.

Aceste asemănări duc la valori ale FVI mai mult sau mai puțin similare, chiar dacă există diferențe în rezultatele componentelor FVI. În Figura 5.28A este prezentat un grafic comparativ al rezultatelor de la bazinul hidrografic al Dunării și subbazinele sale studiate. Cele mai înalte valori FVI apar întotdeauna la scara bazinului hidrografic, mai mare decât valorile corespunzătoare oricăruia dintre subbazinele sale.

Așa cum s-a menționat anterior, toate cele trei subbazine studiate au aproximativ aceeași valoare a FVI, valori care sunt mai mici decât cea a întregului bazin. Aceasta poate indica faptul că subbazinele studiate au o vulnerabilitate la inundații mai mică față de bazinul hidrografic. Alte subbazine din bazinul hidrografic ar trebui să aibă vulnerabilitate mai mare pentru a echilibra rezultatele la nivel de bazin. Localizarea și reducerea vulnerabilității la inundații a acestor subbazine ar reduce și vulnerabilitatea nivel de bazin hidrografic.

Acest aspect al metodologiei FVI poate fi folosit ca un instrument de direcționare a investițiilor spre cele mai vulnerabile zone la nivel local și regional, reducând astfel vulnerabilitatea pe scară largă.

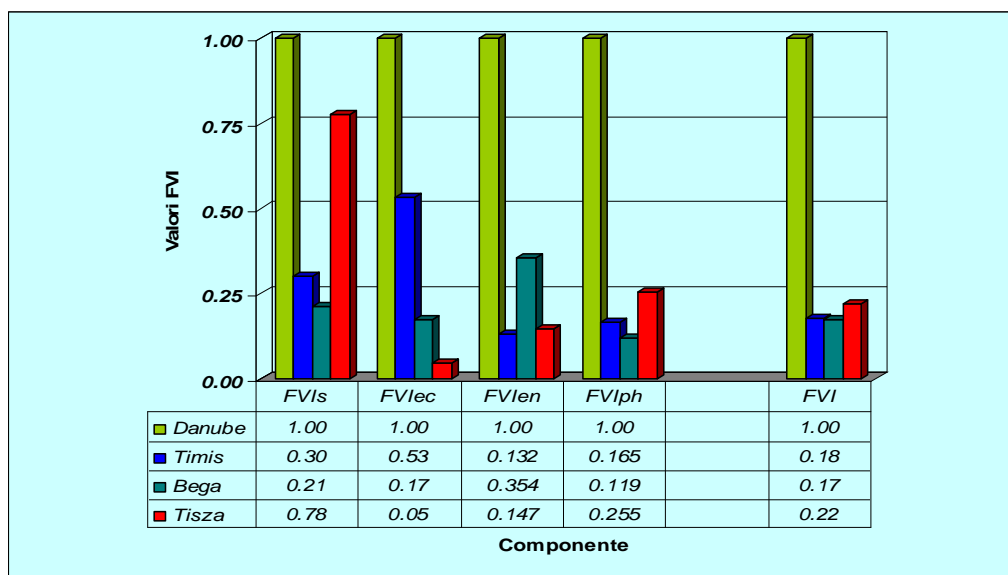


Figura 5.28 Compararea valorilor FVI ale bazinului Dunării și ale subbazinelor sale

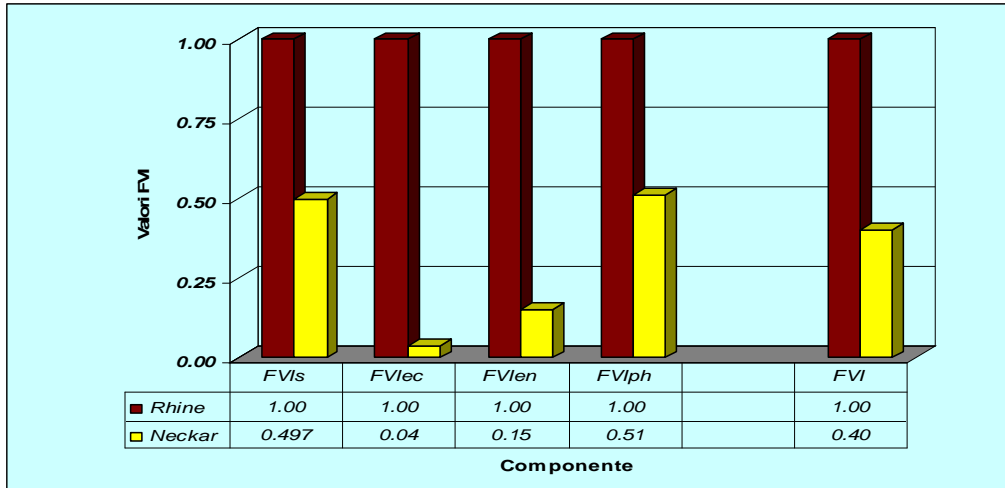


Figura 5.29 Compararea FVI al bazinului Rinului și al subbazinului Neckarului

Figura 5.29 prezintă comparația dintre subbazinul Rinului și subbazinul său Neckar, similar comparației dintre Dunăre și subbazinele sale. Valorile FVI la scara bazinului hidrografic sunt întotdeauna mai mari decât cele de la nivelul subbazinelor. Aceste valori erau de așteptat, de vreme ce râul Neckar are o importanță economică deosebită în zona fluviului Rin, și s-a depus mult efort pentru a asigura protecția împotriva inundațiilor în diverse feluri, inclusiv: reconstrucția mediului, creșterea conștienței și implementarea unui sistem de avertizare în timp real. Alte subbazine din bazinul Rinului sunt mai vulnerabile la inundații și sunt necesare mai multe studii pentru a le identifica în scopul de a reduce FVI la nivel de bazin.

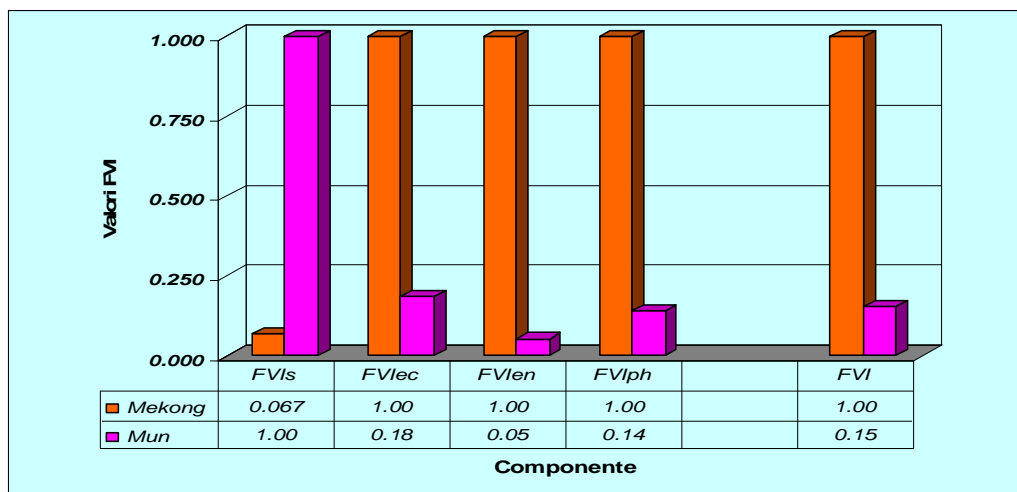


Figura 5.30 Compararea FVI între bazinul hidrografic al Mekongului și subbazinul râului Mun

Figura 5.30 prezintă comparația între bazinului fluviului Mekong și subbazinul său Mun. Ca și în celelalte studii de caz, bazinul Mekongului este mai vulnerabil decât subbazinul, cu excepția componentei sociale, unde subbazinul râului Mun este mai vulnerabil decât bazinul Mekongului. Acest lucru poate fi dovedit de faptul că riul Mun este de 30 ori mai susceptibil decât Mekongul iar bazinul Mekongului este de cinci ori mai rezilient la inundații din punct de vedere social decât riul Mun.

O analiză mai aprofundată a acestor rezultate pe scări tot mai mici ar trebui să includă o cuantificare mai detaliată a impactului analizei de sensibilitate asupra anumitor indicatori la scara subbazinului, ceea ce a fost necesar pentru trei din cele cinci subbazine studiate. Cu excepția unui indicator, indicatorul baraje și diguri din subbazinul râului Mun, valorile presupuse nu prezintă o variație mare a rezultatelor FVI. Valorile FVI pentru subbazin rămân întotdeauna sub valorile bazinului hidrografic, pentru cazurile studiate.

Studiul subbazinului este mai detaliat decât studiul bazinului hidrografic, ceea ce poate fi dovedit prin numărul mai mare de indicatori necesari pentru a calcula FVI la nivel de subbazin. Unii dintre indicatorii care nu au fost luați în considerare la scara bazinului hidrografic au fost folosiți la subbazine, deoarece erau mai ușor de identificat la scări mai mici, sau nu erau reprezentativi la scări mai mari. Această situație ar trebui să facă studiul tuturor subbazinilor dintr-un bazin hidrografic mai reprezentativ decât studiul unui bazin întreg, un studiu care este recomandat pentru cercetări viitoare.

5.6 Studiu de caz: Descrierea studiilor de caz la scară urbană

Trei studii de caz pentru zone urbane au fost alese datorită istoricului lor diferit în privința inundațiilor, a locației în cadrul subbazinului și în cadrul bazinului și a condițiilor lor sociale și economice. Timișoara, în România, a fost ales datorită locației, pe râul Bega în subbazinul Tisei și în bazinul Dunării; un oraș în dezvoltare, cu o mare reziliență la inundații. Orașul Mannheim a fost ales datorită așezării într-o țară dezvoltată - Germania, și datorită poziției la confluența a două râuri mari, Rinul și Neckarul și, în fine orașul Phnom Penh, care se găsește într-o țară mai puțin dezvoltată, Cambodgia, cu o mare expunere la inundații.

5.6.1 Orașul Timișoara, România

Timișoara este un oraș din regiunea Banat, în partea de vest a României. Având o populație de 336,089 de locuitori în 2006, este reședința județului Timiș. Suprafața orașului este de 130.5 km².

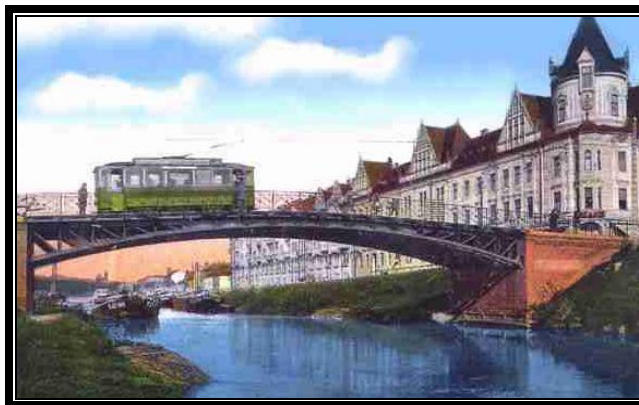


Figura 5.31 Orașul Timișoara

Timișoara este unul din cele mai mare orașe ale României, fiind un centru economic și cultural important în zona Banatului.

Râul Bega străbate Timișoara cu un debit anual de 83 m³/s. După construcția nodului hidrotehnic din amonte (vezi Figura 5.15) orașul nu a suferit niciodată în urma inundațiilor.

5.6.2 Orașul Mannheim, Germania

Mannheim este un oraș situat în vestul Germaniei, în apropierea confluenței Rinului cu Neckarul. Are 307,640 de locuitori și o suprafață de 145 km². Mannheim este unul dintre cele mai bogate orașe din landul Baden-Wurtemberg. Orașul este foarte dezvoltat, cu mai bine de 10 unități industriale mari, situate în apropierea malurilor.



Figura 5.32 Orașul Mannheim

Riul Neckar care străbate orașul Mannheim înainte de a se vărsa în fluviul Rin, are un debit anual de $145 \text{ m}^3/\text{s}$.

5.6.3 Orașul Phnom Penh, Cambodgia

Phnom Penh este situat în zona central-sudică a Cambodgiei, la confluența Lacului Tonle Sap cu fluviul Mekong. Fiind capitala Cambodgiei, Phnom Penh este orașul cel mai mare și mai populat; este de asemenea centrul comercial, politic și cultural al Cambodgiei. Phnom Penh este căminul a 2,009,263 de locuitori din populația totală a Cambodgiei de aproape 15,000,000. Suprafața orașului este de 367 km^2 .

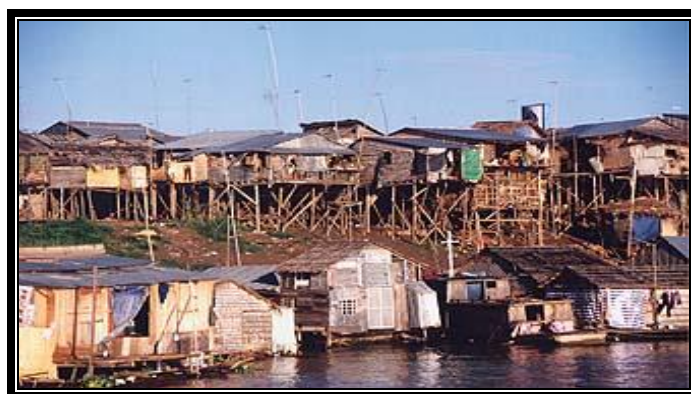


Figura 5.33 Orașul Phnom Penh

Orașul este foarte expus inundațiilor datorită așezării. Inundațiile se produc în timpul căderilor masive de precipitații cu debite foarte mari, o situație care se repetă tot mai fecvent.

5.6.4 Colectarea datelor pentru studiile de caz la scară urbană

Ecuatiile pentru FVI la scara urbană necesită 35 din cei 63 de indicatori luați în considerare inițial, așa cum s-a menționat în capitolul 4.5.1. Valorile indicatorilor de vulnerabilitate la inundații pentru scara urbană au fost găsiți pe Internet, de la Direcția Apelor Banat pentru Timișoara și de la Standtentwassering pentru Mannheim. S-au consultat site-uri pentru toate cele trei zone urbane; unele dintre acestea au fost folosite și pentru bazinele hidrografice și pentru subbazine: UNDP/BCPR, INTUTE, UN, Ekstrom et al. (2006), World FactBook, WRI, ADB.

Alte surse folosite pentru zonele urbane sunt: Wikipedia, de unde s-au obținut date pentru Timișoara, Mannheim și Phnom Penh în ceea ce privește topografia și densitatea populației, și Google Earth care s-a folosit pentru a afla lungimea barajelor și a digurilor și distanța pînă la riuri.

Surse adiționale au fost: Autoritatea Română a Apelor, Ministerul Român al Mediului, Aquatim Timișoara și proiectul IKONE, Aktionsplan Hochwasser Neckar. Pentru date mai precise, informații se găsesc în Anexele III (a, b și c).

5.7 Rezultate și discuții pentru scara urbană

După colectarea datelor rămîn de identificat trei din cei 35 de indicatori. Capacitatea totală de stocare a orașelor Phnom Penh și Mannheim nu este cunoscută, valoarea investițiilor anuale în protecția împotriva inundațiilor în orașul Mannheim nu s-a putut identifica, ca și îmbunătățirile funciare pentru zonele verzi din Mannheim. Prin urmare s-a făcut o analiză de sensibilitate pentru a evalua influența acestor indicatori asupra valorii FVI.

Indicatorul de capacitate de stocare influențează două dintre componentele FVI: pe cea economică și pe cea fizică. Valoarea investițiilor anuale influențează numai componenta economică a orașului Mannheim, iar Îmbunătățirile funciare s-au luat în calcul la ecuația componentei de mediu.

Alături de valorile FVI pentru fiecare componentă, sunt prezentate rezultate standardizate, folosind aceeași abordare care s-a prezentat în capitolul 5.3.

5.7.1 Componenta socială

Valorile indicatorilor componente sociale au fost folosiți în ecuația 4.9, descrisă în capitolul 4.5.2; rezultatele FVI social sunt prezentate în Figura 5.34.

Pentru a determina valorile FVI social se folosesc paisprezece indicatori. Indicatorii sunt împărțiți pe următorii factori de vulnerabilitate: cinci pentru expunere, doi pentru susceptibilitate iar ceilalți șapte pentru reziliență.

Orașul Penh City este cel mai vulnerabil la inundații din punct de vedere social, datorită numărului mare de locuitori. În plus, această zonă urbană este și cea mai expusă, susceptibilă, dar și cea mai rezilientă dintre toate (luând în considerare și Lacul Tonle Sap).

Mannheim este al doilea ca reziliență socială, cel mai puțin expus social și cel mai puțin susceptibil. Mannheim are o vulnerabilitate socială foarte scăzută la inundații.

Timișoara este pe locul doi în ceea ce privește componenta socială a vulnerabilității la inundații, fiind și a doua ca expunere.

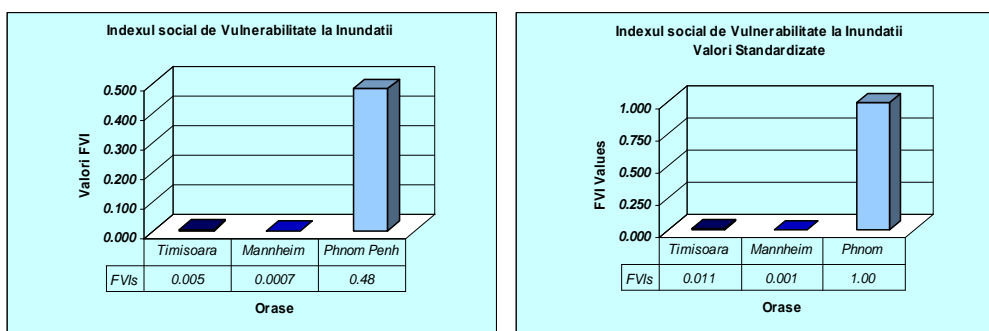


Figura 5.34 Valorile normale și standardizate pentru FVI la scara urbană

5.7.2 Componenta Economică

Trei dintre indicatorii evaluați prin analiza de sensibilitate influențează componenta economică a FVI pentru zone urbane. Figura 5.35, Figura 5.36 și Figura 5.37 prezintă valorile estimate pentru Capacitatea de stocare a orașelor Phnom Penh și Mannheim, și valoarea investițiilor pentru Mannheim.

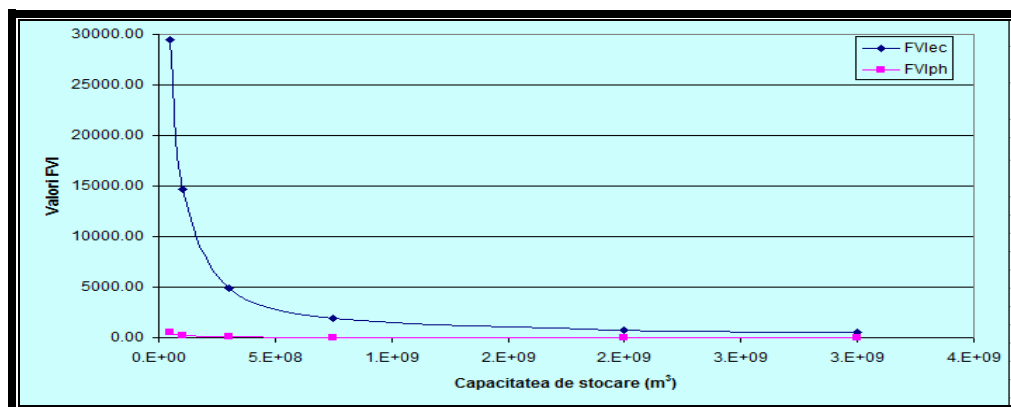


Figura 5.35 Analiza de sensibilitate pentru Capacitatea de Stocare a orașului Phnom Penh

Figura 5.35 arată că valoarea pentru FV_{lec} este mult influențată de valoarea capacității de stocare a zonei; pentru componenta fizică, sensibilitatea este mult mai mică. Orașul are particularitatea că în nordul său se găsește lacul Tonle Sap, ceea ce limitează debitul fluviului Mekong, care curge spre estul orașului, dar îl protejează de precipitațiile din sezonul ploios. Pe fluviul Mekong, nu s-au găsit structuri cu capacitate relevantă de stocare, altele decât mlaștinile naturale și câmpiile inundabile.

S-au analizat două cazuri extreme, luarea și neluarea în calcul a capacității de stocare a lacului Tonle Sap, așa cum se vede în Figura 5.38.

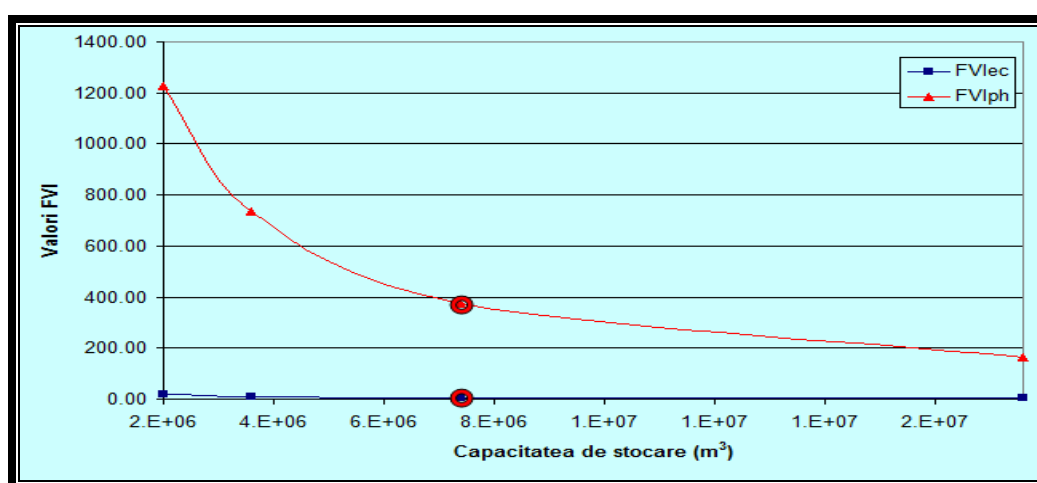


Figura 5.36 Analiza de sensibilitate a capacității de stocare pentru orașul Mannheim

Figura 5.36 prezintă influența minoră pe care valorile estimate ale capacității de stocare le au asupra rezultatelor obținute pentru componenta economică. Valoarea aleasă este capacitatea de stocare a râului Neckar, considerând că râul are lungimea de 673 km; această capacitate de retenție îmbunătățește reziliența orașelor din aval, inclusiv Mannheim.

În Figura 5.37, curba pentru valoarea investițiilor în Mannheim arată o oarecare sensibilitate a componentei economice a FVI. Valoarea presupusă rămâne într-o porțiune mai puțin înclinată a curbei, indicând faptul că valori apropiate celei selectate vor duce doar la schimbări mici ale rezultatelor. În planul de acțiune împotriva inundațiilor pentru subbazinul Neckarului, valoarea anuală a investițiilor se apropie de 20 de milioane de US\$; un oraș important ca Mannheim ar absorbi o mare parte din aceste investiții, totuși în acest studiu am luat în calcul o valoare de 3 milioane de US\$ pe an.

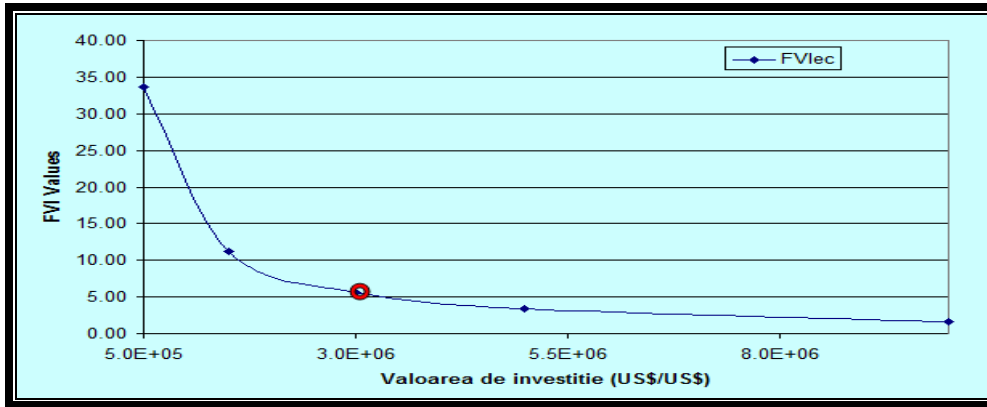


Figura 5.37 Analiza de sensibilitate a valorii investițiilor pentru orașul Mannheim

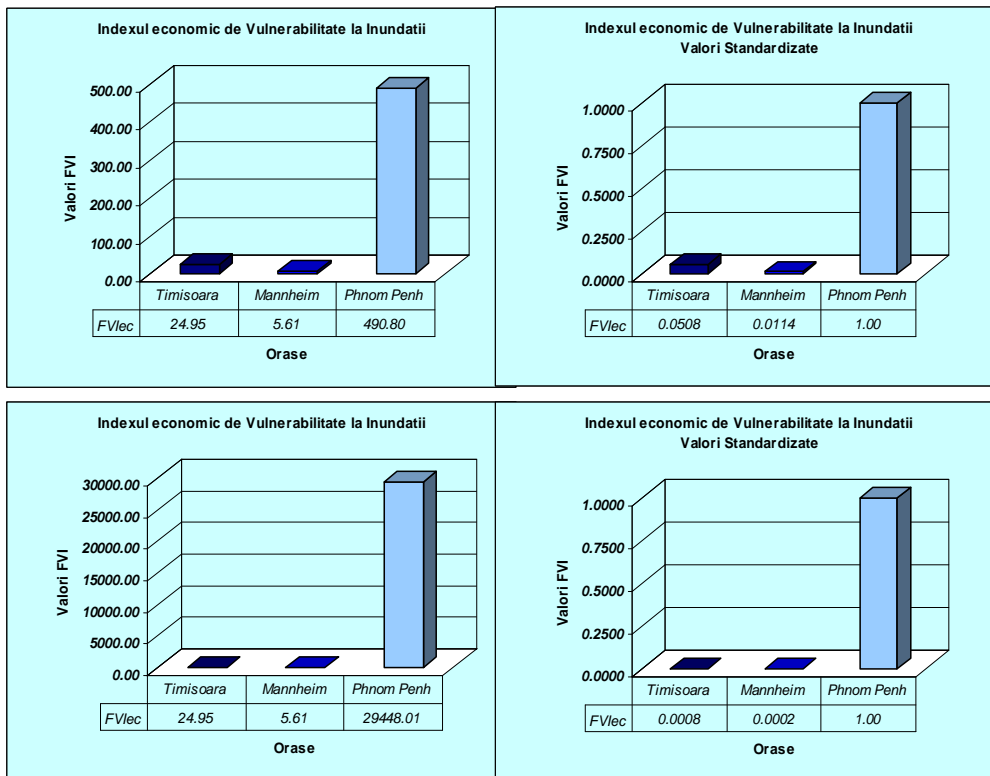


Figura 5.38 a) și b) Valorile pentru FVlec la scară urbană, cu valori extreme ale capacității de stocare în Phnom Penh

Așa cum s-a prezentat în ecuația 4.10, capitolul 4.5.2 au fost aleși doisprezece indicatori pentru a calcula componenta economică FVI: trei pentru expunere, patru pentru susceptibilitate și cinci pentru reziliență.

Rezultatele finale, luând în considerare valorile estimate menționate anterior, sunt prezentate în Figura 5.38 a) și b). Primul grafic arată valorile pentru vulnerabilitatea economică la inundații luând în considerare capacitatea de stocare a Lacului Tonle Sap; valorile arată ca Phnom Penh este foarte vulnerabil din punct de vedere economic în comparație cu celelalte două orașe.

Neluarea în calcul a capacității de stocare a Lacului Tonle Sap face Phnom Penh extrem de vulnerabil la inundații, așa cum se vede în Figura 5.38 b), unde valorile vulnerabilității economice la inundații cresc la 29,448.

În ceea ce privește celelalte două studii de caz, cazul orașului Timișoara prezintă câteva caracteristici, având valori foarte scăzute ale expunerii și o valoare redusă a rezilienței. Dimpotrivă, Mannheim are valori mari ale expunerii, dar și mai mari pentru reziliență.

5.7.3 Componenta de mediu

Referitor la componenta de mediu, s-a întocmit o analiza de sensibilitate pentru indicatorul de Îmbunătățiri funciare pentru zonele verzi ale orașului Mannheim. Așa cum se vede în Figura 5.39, apare o mare sensibilitate a componentei de mediu, valoarea estimată pentru îmbunătățirile funciare se situează în partea medie a curbei, ceea ce semnifică faptul că FVI fizic pentru orașul Mannheim poate oscila între o valoare apropiată de 0 și aproape 8, ceea ce va face semnificativă o diferență în valoarea FVI de mediu.

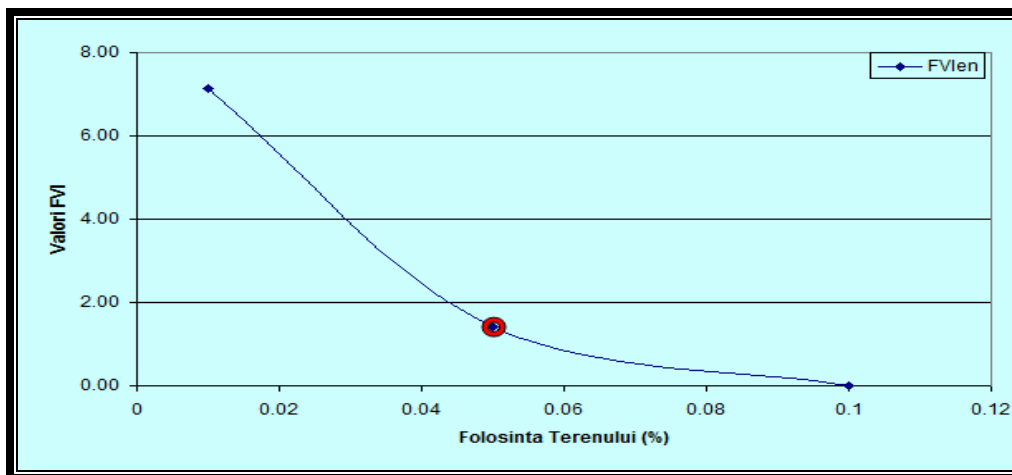


Figura 5.39 Analiza de sensibilitate a Îmbunătățirilor funciare pentru orașul Mannheim

Pentru a calcula valorile componentei FVI economic cu ecuația 4.11 din capitolul 4.5.2 au fost aleși patru indicatori: doi pentru expunere și ceilalți doi pentru susceptibilitate. Rezultatele pentru această componentă se văd în Figura 5.40, și arată că orașul Phnom Penh City are o mare vulnerabilitate de mediu la inundații datorită precipitațiilor bogate, evaporării și procentului mic de spații verzi. Timișoara

și Mannheim au cam același FVI de mediu, iar raportul dintre precipitații și evaporare, creșterea urbană și îmbunătățirile funciare (luând în considerare valorile estimate) sunt foarte asemănătoare, vis-à-vis de acuratețea datelor.

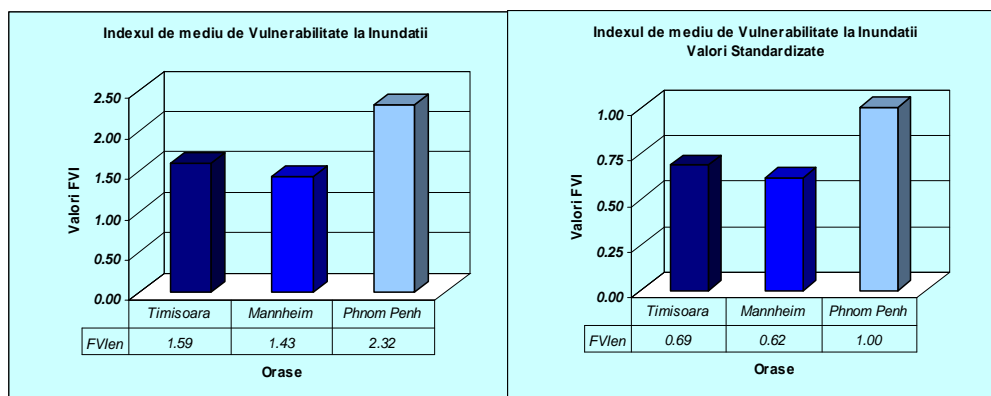
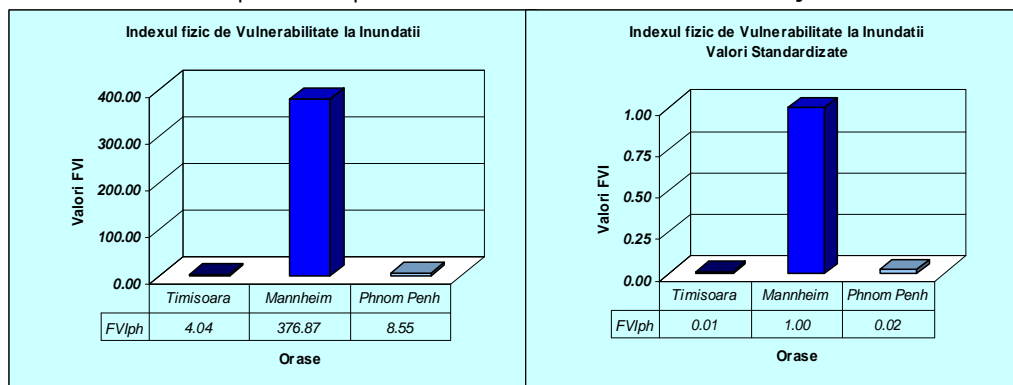


Figura 5.40 Valorile normale și standardizate pentru FVI_{en} la scara urbană

5.7.4 Componenta fizică

În paragraful 5.7.2 au fost evaluate două analize de sensibilitate privind componenta fizică a vulnerabilității la inundații. Figura 5.35 și Figura 5.36 prezintă rezultatele analizei pentru capacitatea de stocare la Phnom Penh și Mannheim.



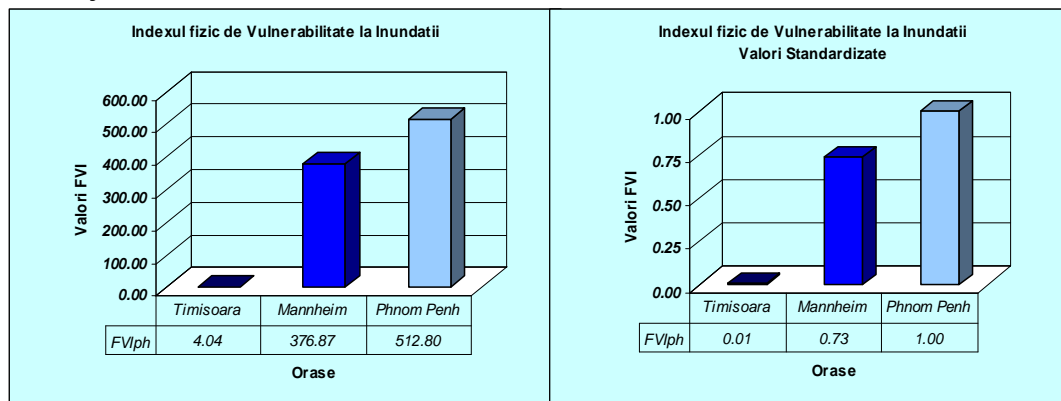


Figura 5.41 a) și b) Valorile obținute pentru FVI_{ph}, față de valorile capacității de stocare pentru Phnom Penh

Figura 5.35 arată intervalul de valori care pot fi obținute dacă se consideră că Lacul Tonle Sap furnizează o capacitate de stocare care protejează orașul de inundații. Rezultatele pentru FVI_{ph} sunt prezentate pentru toate cele trei studii de caz în Figura 5.41 a) și b).

În Figura 5.41 a), unde este inclusă capacitatea de stocare a Lacului Tonle Sap Lake, rezultatele arată că Mannheim este cel mai vulnerabil fizic la inundații, datorită rezilienței fizice scăzute (capacitate a de stocare a orașului Mannheim este foarte scăzută, 7,8 milioane de m³) și are o foarte mare expunere fizică; Timișoara și Phnom Penh au valori similare datorită raportului foarte mare dintre capacitatea de stocare și debitul mediu.

Rezultatele din Figura 5.41 b) consideră că Lacul Tonle Sap nu protejează Phnom Penh de inundații, în acest caz Phnom Penh va fi cel mai vulnerabil fizic, mai vulnerabil decât Mannheim și Timișoara, ale căror valori nu se schimbă de la Figura la Figura.

5.7.5 Sumarul rezultatelor

Toate componentele luate împreună definesc vulnerabilitatea totală la inundații a unei zone urbane. Totuși, din rezultatele prezentate anterior, se vede că trebuie avute în vedere anumite elemente; de exemplu luarea în calcul a Lacului Tonle Sap ca element de protecție împotriva inundațiilor pentru orașul Phnom Penh.

Încă ne confruntăm cu absența unor criterii pentru componentele economică și fizică în ceea ce privește capacitatea de stocare, care protejează o zonă urbană de inundații. Acest aspect mai trebuie revizuit în viitor.

Din acest motiv, s-au dat drept sinteză două seturi de rezultate, așa cum se vede în Figura 5.42 a) și b). Primul a) arată că trei componente au o valoare mai ridicată în orașul Phnom Penh, și că valoarea de ansamblu plasează orașul Mannheim pe locul doi.

Orașul Timișoara are rezultate bune la toate componentele, cu excepția vulnerabilității de mediu, discutabile. Acesta este un rezultat așteptat, de vreme ce nu a suferit pe urma inundațiilor în ultimele trei decade.

Rezultatele din Figura 5.42 b) se schimbă cu privire la componentele economică și fizică, unde diferența dintre orașele Phnom Penh, Mannheim și Timișoara se mărește foarte mult, în special pentru componenta economică a vulnerabilității la inundații. Pentru componenta fizică există o vulnerabilitate crescândă a orașului Phnom Penh, pînă la o valoare superioară celei pentru Mannheim, făcîndu-l și cea mai vulnerabilă zonă urbană în toate componentele.

Dintre toate componentele studiate, vulnerabilitatea de mediu la inundații a sîrșit prin a fi cea mai apropiată ca valori; de vreme ce valoarea cea mai mică reprezintă doar 60% din cea maximă.

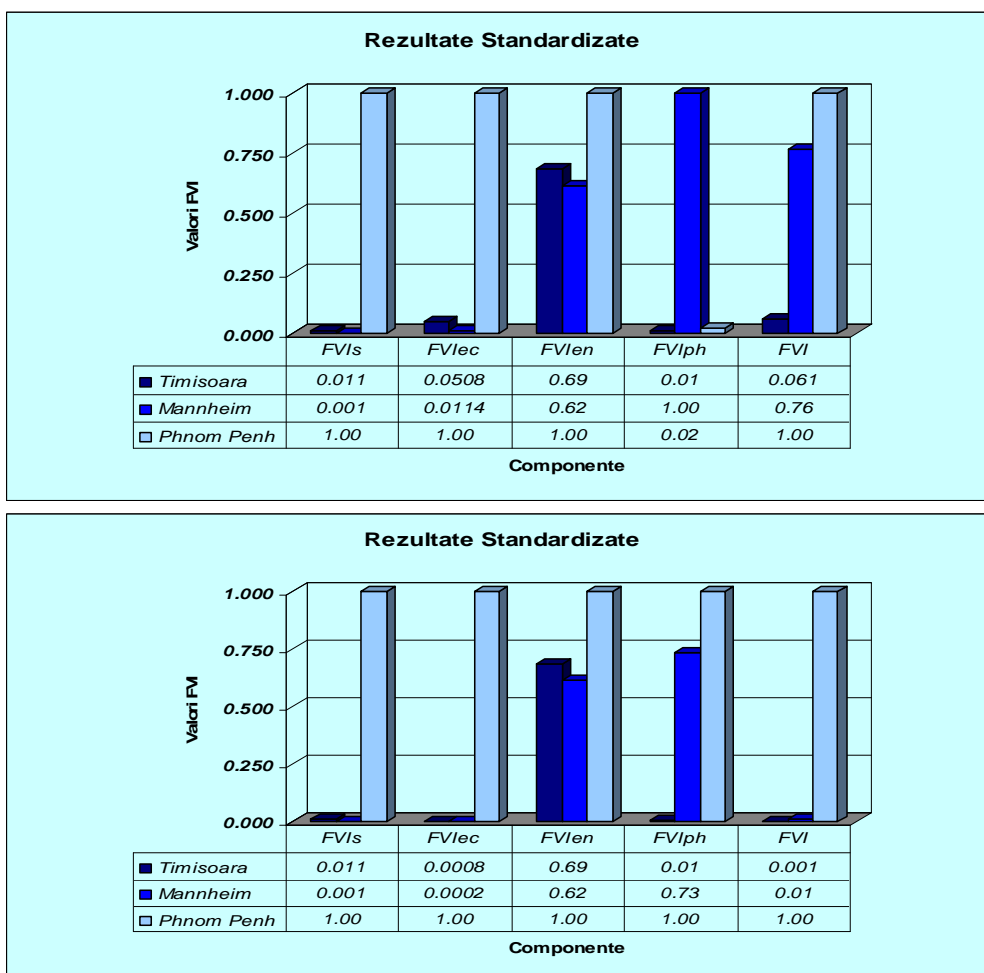


Figura 5.42 a) și b) Sumarul rezultatelor, luînd în calcul și respectiv neluînd în calcul Lacul Tonle Sap

Rezultatele prezentate în Figura 5.42 a) și b) demonstrează o diferență evidentă între vulnerabilitatea la inundații urbane a orașelor dezvoltate și a celor în curs de dezvoltare. Orașul Phnom Penh are nevoie de un plan de protecție împotriva inundațiilor în conformitate cu toate componentele de vulnerabilitate analizate, socială, economică, de mediu și fizică.

5.7.6 Analiza detaliată a rezultatelor de la scara bazinului hidrografic la scara ariei urbane

S-a realizat o analiză mai detaliată pentru toate cele scări studiate; bazin hidrografic, subbazin și zonă urbană. În acest capitol sunt prezentate rezultatele tuturor celor trei orașe studiate începând cu Timișoara, continuând cu Mannheim și încheind cu Phnom Penh.

Această analiză a fost făcută pentru a examina diferențele în vulnerabilitate la inundații între scările geografice pentru toate componentele. FVI este diferit de la o componentă la alta și de la o scară la alta, așa cum se vede din Figura 5.43 până la Figura 5.45.

De la bazinul hidrografic al Dunării la Timișoara

Figura 5.43 ilustrează relația pe care bazinul hidrografic al Dunării o are cu scările spațiale mai mici în sistemul studiat în această lucrare. Se observă că bazinul hidrografic al Dunării este în ansamblu mai vulnerabil decât subbazinele și decât orașul Timișoara. Rîurile Tisa și Bega și Timișoara au rezultate foarte apropiate.

Considerînd fiecare componentă, bazinul Dunării nu este cel mai vulnerabil economic la inundații. Este însă cazul orașului Timișoara, datorită volumului anual scăzut de investiții, inexistenței asigurărilor împotriva inundațiilor și numărului mare de unități industriale care pot fi afectate în caz de inundație. Pentru componentele rămase, Timișoara este cea mai puțin vulnerabilă la inundații, mai ales datorită nodului hidrotehnic care protejează orașul de inundații, după cum s-a văzut în capitolul 5.6.1, Figura 5.15.

Pe ansamblu, rîul Bega este cea mai puțin vulnerabilă scară spațială din grafic; nu este surprinzător avînd în vedere nodul hidrotehnic menționat anterior, care protejează de inundații toate zonele din aval, reducînd vulnerabilitatea tuturor componentelor.

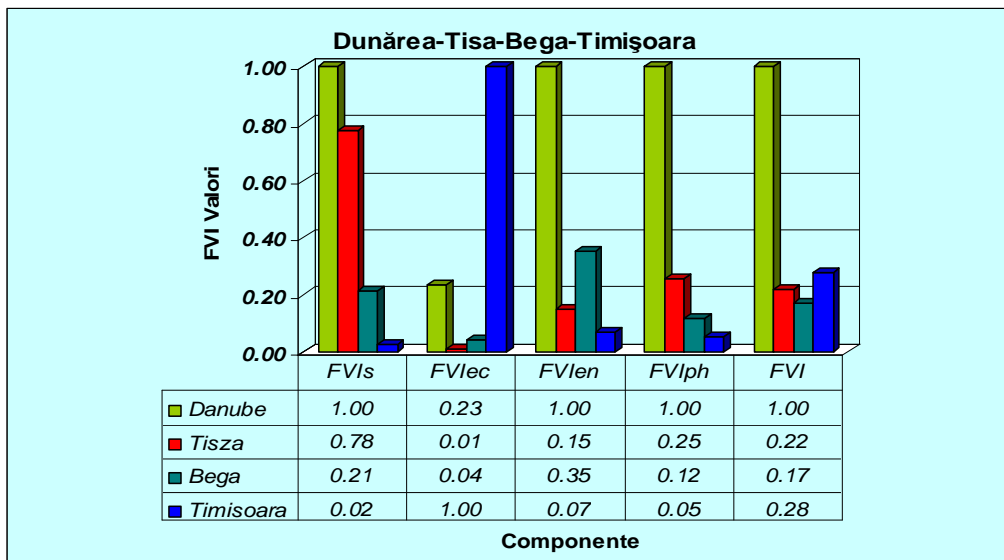


Figura 5.43 Comparație între valorile standardizate *bazin hidrografic-subbazin -oraș*

De la bazinul hidrografic al Rinului la Mannheim

Graficul din Figura 5.44 pentru bazinul hidrografic al Rinului, subbazinul Neckarului și orașul Mannheim urmează aceeași linie a rezultatelor pentru componentele socială, economică și de mediu ca bazinul hidrografic al Dunării și scările sale mai mici, cu excepția că subbazinul Neckarului este cel mai vulnerabil fizic la inundații.

Orașul Mannheim este în această regiune scara cea mai vulnerabilă atât din punct de vedere economic cit și fizic. În ceea ce privește componenta economică, acest rezultat este conform așteptărilor, având în vedere numărul mare de unități industriale din zonă, care în caz de inundații ar duce la pagube permanente economiei regiunii. În ceea ce privește componenta fizică, unii indicatori cum sunt: contactul cu cursul de apă, capacitatea de stocare în amonte și panta orașului măresc considerabil vulnerabilitatea orașului la inundații.

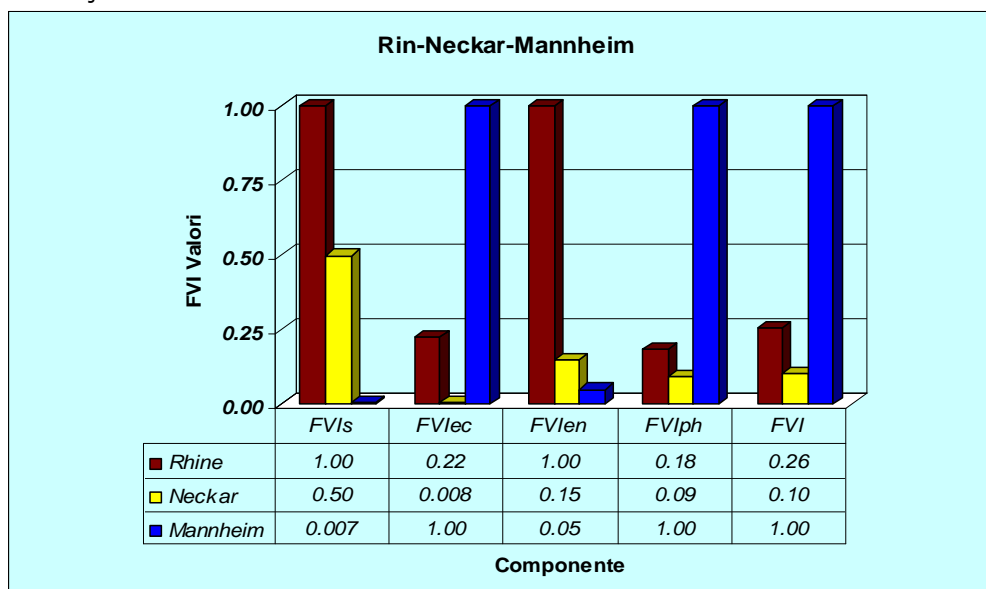


Figura 5.44 Compația între valorile standardizate pentru *bazin hidrografic-subbazin-oraș*

În valorile de ansamblu, râul Neckar nu prezintă vulnerabilitate în nici una din componentele sale, rezultând cea mai scăzută valoare a vulnerabilității dintre cele trei scări studiate în bazinul hidrografic al Rinului.

De la bazinul hidrografic al fluviului Mekong la Phnom Penh

Pentru cazul bazinului hidrografic al fluviului Mekong, orașul studiat (Phnom Penh) nu se găsește în subbazinul studiat - râul Mun, făcând analiza mai corectă, considerându-se doar două elemente în loc de trei.

Un alt punct de discuție este faptul că încă trebuie luată o decizie referitor la capacitatea de stocare care protejează râul de inundații din amonte, cu alte cuvinte dacă să fie inclusă capacitatea de stocare a Lacului Tonle Sap așa cum s-a explicat anterior. Figura 5.45 a) descrie rezultatele luând în considerare capacitatea de stocare a lacului, iar, Figura 5.45 b) prezintă rezultatele fără această capacitate.

După cum se vede, rezultatele sunt foarte sensibile la decizia de includere a volumului de stocare, de vreme ce în primul caz se vede că bazinul hidrografic al fluviului Mekong are o vulnerabilitate la inundații mai mare decât cea a zonei urbane, iar cazul al doilea duce la o diferență mult mai mare în rezultatele pe ansamblu.

În al doilea caz, orașul Phnom Penh City este pe total cea mai vulnerabilă scară datorită vulnerabilității maxime pentru componentele socială și economică. Neluarea în calcul a capacității de stocare crește influența componentei economice în rezultatul de ansamblu.

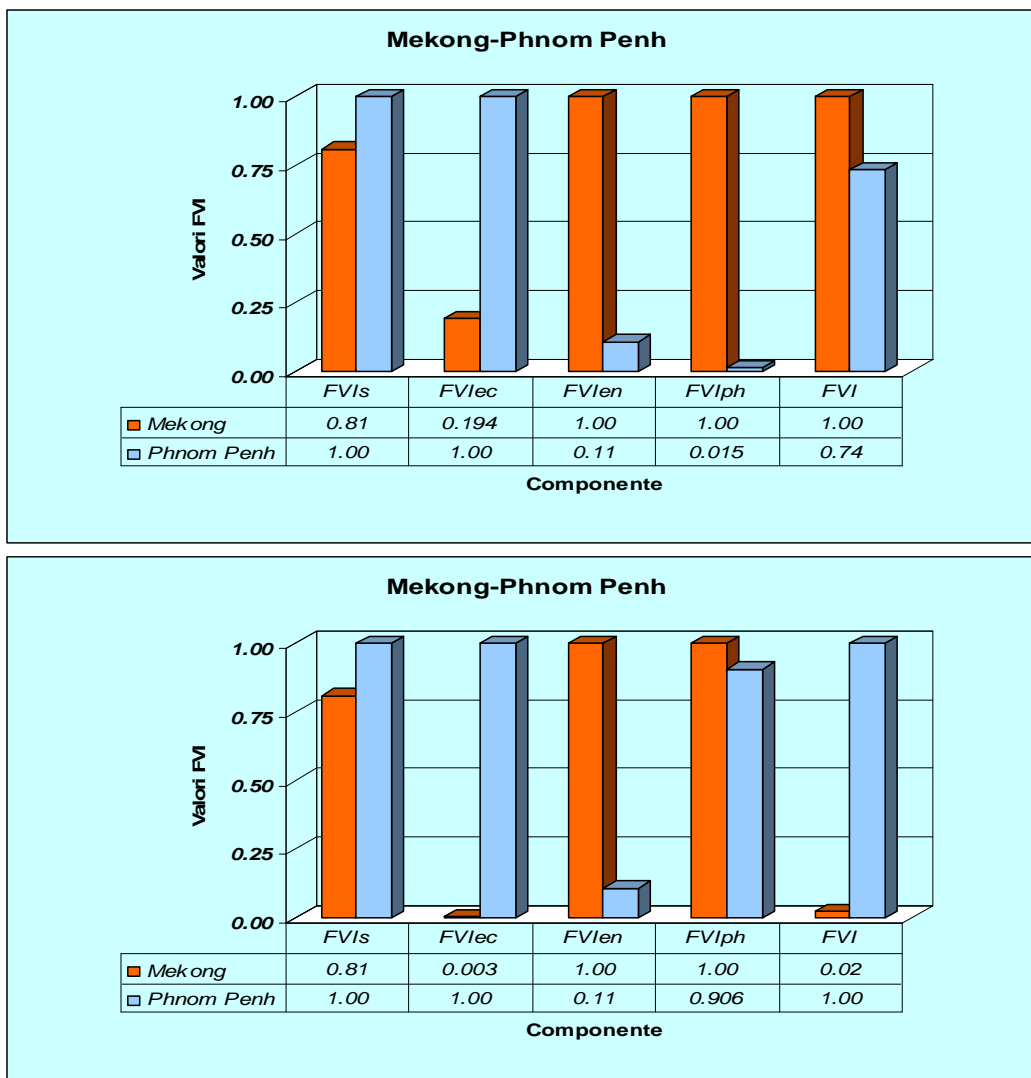


Figura 5.45 a) și b) Comparația dintre valorile standardizate *bazin hidrografic-oraș*

Micșorarea scării este un instrument puternic care ajută factorii de decizie în îmbunătățirea strategiilor de investiții pentru reducerea pagubelor produse de inundații. A recunoaște care scară este mai vulnerabilă la inundații și în ce loc poate fi redusă cu mai multă ușurință această vulnerabilitate, poate indica factorilor de decizie cum să prioritizeze anumite proiecte de protecția împotriva inundațiilor pe plan local și regional.

Unele valori ale indicatorilor care nu pot fi estimate datorită incertitudinilor în analiza de sensibilitate pot altera aceste rezultate. Acesta este cazul indicatorului de capacitate de stocare pentru orașele Mannheim și Phnom Penh. Valori diferite de cele estimate pot duce la rezultate diferite în această analiză.

Scările mai mici sunt mai detaliate și mai specifice în acest studiu. Sunt mai mulți indicatori de evaluare a FVI pentru subbazine și zone urbane decât pentru bazine hidrografice, chiar dacă indicatorii diferă. Ecuațiile dezvoltate pentru fiecare componentă aduc informații mai detaliate la scări mai reduse. Totuși, unele din aceste valori nu ar avea influență la scări mai mari.

Pentru detalierea rezultatelor, se poate concluziona ca zonele urbane sunt entități de sine stătătoare; rezultatele provenind din studiarea lor ar fi reprezentative pentru acea porțiune de teren. Valorile FVI ale tuturor orașelor dintr-un subbazin sau dintr-un bazin hidrografic nu pot fi legate cu valorile FVI obținute la scări mai mari. Cu toate acestea, reducerea vulnerabilității la inundații a unui oraș poate reduce de asemenea vulnerabilitatea unei zone mai întinse.

Cap. 6 Discuții

În acest capitol se vor discuta aspecte generale legate de dezvoltarea indicilor de vulnerabilitate și de analizarea vulnerabilității la inundații în diverse studii de caz. Discuția se axează pe probleme ca: indicatori care nu au fost luați în calcul, acuratețea datelor și posibile puncte slabe identificate în timpul testării metodologiei.

Cea mai mare parte a literaturii studiate în capitolul 2 definește vulnerabilitatea ca o predispoziție a unei entități de a fi afectată. Un alt aspect de luat în seamă în ceea ce privește vulnerabilitatea la inundații se referă la felul în care este percepută de către cei afectați, și de către factorii de decizie care ar trebui să elaboreze măsuri de contracarare.

Metodologia, în principiu, se bazează pe un set de indicatori pentru diverși factori și diverse scări geografice, cu accent pe inundații fluviale și urbane. Pentru a cuantifica vulnerabilitatea la inundații, s-au luat în calcul diverși indicatori. Unii dintre cei propuși inițial nu au fost luați în calcul în ecuațiile finale, datorită dificultății de a-i cuantifica, de a găsi date, datorită posibilei redundanțe cu alți indicatori sau cu scopul de a obține rezultate adimensionale pentru fiecare ecuație.

De exemplu, indicatori cum ar fi: *nivelul apei fretice, geologia și normele din construcții* erau dificil de găsit pe Internet. Indicatori cum sunt *calitatea infrastructurii, managementul infrastructurii și starea de sănătate a populației* erau dificil de cuantificat, totuși, indicatori de tipul *apropierii de zonele inundabile, proximității cursurilor de apă* au fost înlocuite cu *contactul cu riul*, datorită informațiilor similare pe care le oferă.

Pentru cele trei scări geografice studiate, nu s-au folosit indicatori pentru a analiza indexul de vulnerabilitate la inundații pentru factorul de reziliență al componentei de mediu și pentru factorul de susceptibilitate al componentei fizice. Pentru scara bazinului hidrografic nu au putut fi identificați indicatori care să descrie aceste două componente.

Totuși, indicatorul de *reconstrucție ecologică* pentru componenta de mediu a fost identificat pentru scara subbazinului, dar nu a fost folosit din cauza dificultății de cuantificare; ar fi trebuit creată o scară a duratei de refacere a mediului, dar lipsa anumitor cunoștințe și timpul limitat au împiedicat detalierea în această direcție.

Aceeași problemă a apărut pentru scara urbană, unde s-a identificat câte un indicator pentru fiecare componentă, *reconstrucție ecologică* pentru componenta de

mediu și *normele din construcții* pentru componenta fizică. Prima nu a fost folosită din același motiv ca în cazul scării subbazinului, a doua a fost foarte greu de găsit pe Internet sau prin contact direct cu municipalitatea anumitor orașe.

Unii indicatori nu au fost luați în calcul datorită deciziei de a simplifica rezultatele FVI într-o singură valoare adimensională. Cel mai convenabil mod de a obține acest rezultat este folosirea fracțiilor indicatorii ca parte a numărătorului sau a numitorului, funcție de efectul asupra vulnerabilității, eliminând în acest fel toate unitățile de măsură. Cîteva dintre indicatorii neluați în calcul au fost: *debitul maxim al rîului*, *viteza de curgere*, *durata inundației*, *nivelul apei freatice* sau *temperatura*, ale căror unități de măsură nu puteau fi eliminate folosind alți indicatori.

Impactul posibil al folosirii acestor indicatori asupra indicilor de vulnerabilitate nu a fost verificată în timpul acestei cercetări, dar folosirea sa poate duce la diverse rezultate, de exemplu: includerea *debitului maximum al rîului*, *viteza cursului de apă* și *durata inundației* ar trebui să mărească valoarea vulnerabilității la toate scările spațiale; *nivelul apei freatice* ar trebui să aibă un impact mai mare la scări mai mici decît la scări mai mari, însemnînd că ar crește vulnerabilitatea la scară urbană mai mult decît la scara bazinului hidrografic, *temperatura* nu ar trebui să influențeze valorile vulnerabilității la nici o scară. Totuși, ar fi util ca influența reală a acestor indicatori și a altora, încă necunoscuți să fie studiată în lucrări viitoare.

De vreme ce metodologia se bazează pe indicatori, principalul său *neajuns* este *acuratețea datelor* folosite în calculul ecuațiilor. Pentru ca rezultatele să fie valide, este necesar ca datele să provină din surse de încredere, specificate pentru un areal precis la un moment bine definit.

Exemple de astfel de probleme s-au găsit în studiile de caz. Unele informații provin din surse care pot fi considerate ca nesigure, de exemplu distanța dintre orașe și rîuri, care a fost preluată de la *Google Earth*, prin calcularea distanței folosind instrumentul *riglă (ruler)* din program. Unele date de la diverse scări au fost colectate în ani diferiți, de exemplu: mortalitatea infantilă și rata șomajului au fost găsite abia pentru 2005, alte date mai vechi au fost găsite pentru anul 2001, creînd o anume incertitudine pentru unele rezultate.

Indicatorii trebuie explicați iar conceptele trebuie clarificate pentru toți utilizatorii metodologiei. De exemplu, indicatorul de volum al investițiilor pentru planurile de protecție împotriva inundațiilor a putut fi găsit numai per proiect, fără a avea durata proiectului. În definiția indicatorului, valoarea se referă la investițiile anuale în protecția împotriva inundațiilor. Se poate asuma acest tip de libertate în folosirea metodologiei, totuși, ar trebui păstrată aceeași abordare pentru toate studiile de caz.

Un alt exemplu de slabă calitate a datelor este indicatorul de *suma investită*, unde suma investițiilor este împărțită la PIB, luat din *PIB pe cap de locuitor și populația care trăiește în zona susceptibilă de a fi inundată*. La scara subbazinului, *PIB pe cap de locuitor* selectat este identic pentru fiecare țară, uneori folosindu-se o metodă de alocare, în loc de folosirea PIB-urilor regionale, care nu au putut fi obținute de pe Internet.

Unii indicatori, cum sunt *moștenirea culturală*, *adăposturile* și *serviciile de urgență* pentru zonele urbane, care nu au fost găsite, s-au presupus a fi la fel pentru toate cazurile studiate.

Un alt indicator care poate provoca confuzie este *capacitatea de stocare*, folosită pentru componentele economică și fizică. În cercetarea de față aceste două valori au fost estimate a fi identice, dar luând în considerare scopul lor în metodologie se propune folosirea lor separată pentru viitoare studii de caz. Principala diferență dintre ele este aceea că prima încearcă să explice capacitatea unei societăți de a finanța măsuri structurale extinse de protecție, însemnând diguri, baraje, poldere, totuși, pentru componenta fizică trebuie să fie folosită pentru a cuprinde toate mijloacele posibile de protecție, indiferent dacă sunt naturale ca de exemplu lacurile, mlaștinile, cîmpurile inundabile, sau artificiale după cum s-a presupus la componenta economică. Se propune o revizuire a acestor concepte pentru a evita rezultatele eronate.

Remedierea punctelor slabe identificate în acest capitol poate duce la variații în cazul unora dintre rezultate. Această variație este foarte dificil de evaluat fără anumite abordări matematice, cum sunt analizele de sensibilitate, dar avînd în vedere abordarea din cadrul metodologiei și omogenitatea conceptelor, variația rezultatelor ar trebui să se încadreze într-un interval restrîns.

De vreme ce metodologia este încă în dezvoltare, aceste puncte slabe și alte probleme care ar putea fi identificate în timp util pot fi îmbunătățite ducînd la o adaptare superioară a conceptelor existente sau la introducerea unora noi, ceea ce în final va avea ca rezultat o metodologie mai bună.

Cap. 7 Concluzii și perspective

În acest capitol se prezintă pe scurt concluziile și principalele contribuții aduse de Indicele de Vulnerabilitate la Inundații (Flood Vulnerability Index), care a fost dezvoltat și studiat în această lucrare. La sfârșitul capitolului sunt prezentate perspectivele viitoare în domeniu (recomandări).

7.1 Concluzii

Concluziile în ceea ce privește dezvoltarea metodologiei FVI și aplicabilitatea ei pot fi exprimate astfel:

- FVI furnizează o metodă de exprimare sistematică a vulnerabilității unui rîu în fața factorilor perturbatori, cum sunt inundațiile;
- Vulnerabilitatea poate fi reflectată de trei factori: expunerea, susceptibilitatea și reziliența;
- Riul și orașele pot fi afectate negativ din perspectiva a patru componente diferite: socială, economică, de mediu și fizică. Inundațiile pot fi o cauză a acestor pagube;
- FVI este aplicabil la trei scări diferite: la scara bazinului hidrografic, la scara subbazinului și la scara urbană;
- FVI este un instrument puternic în a ajuta factorii de decizie să stabilească prioritățile în investiții, crescînd și gradul de transparență al procesului de luare a deciziei. Identificarea zonelor cu o mare vulnerabilitate la inundații poate ghida procesul de luare a deciziilor spre o cale mai bună de a face față inundațiilor;
- FVI oferă rezultate ușor de înțeles, prin folosirea unei singure valori care reflectă o vulnerabilitate înaltă sau scăzută. Aceasta permite și o interpretare continuă a datelor pentru o analiză mai aprofundată și este adecvată pentru factorii de luare a deciziilor;
- Din rezultatele testelor se observă că FVI al unui bazin hidrografic ca un ansamblu poate fi reflectat prin media valorilor FVI ale subbazinelor sale;
- FVI ai zonelor urbane nu pot reflecta FVI al subbazinului sau al bazinului hidrografic de care aparțin;

- În fine, metodologia propusă pentru calculul FVI oferă o abordare care permite să se cuantifice măsura în care inundațiile afectează sau pot afecta condițiile de viață de la o scară anume în toate aspectele care asigură buna funcționare a unei societăți.

7.2 Lucrări viitoare și perspective

Având la bază acest studiu, se disting câteva perspective de dezvoltare în viitor. Acestea privesc pe de o parte Metodologia de Vulnerabilitate la Inundații pentru inundații de coastă și pe de altă parte, perfecționarea metodologiei propuse.

Lucrările viitoare și perspectivele privind metodologia și aplicabilitatea ei pot fi rezumate astfel:

- Pe baza acestei teze de Doctorat, care tratează dezvoltarea unei metodologii FVI aplicabile la scara bazinelor hidrografice, a subbazinelor și la scara urbană, metodologia de continuare a cercetării se referă la *colectarea informațiilor necesare pentru testarea indicilor*, și la *îmbunătățirea metodologiei* cu rezultatele specifice studiilor de caz.
- *Studii de caz suplimentare*. Pentru a înțelege pe deplin capacitatea metodologiei FVI, studiile de caz care au fost analizate în această lucrare nu pot fi considerate ca fiind suficiente, de aici recomandarea de a continua cu studii de caz suplimentare pentru a *căuta indicatori mai utili, pentru perfecționarea ecuațiilor și pentru dezvoltarea conceptelor*.
- Se recomandă analizarea în studiile de caz sugerate pentru lucrări viitoare a influenței reale a indicatorilor nefolosiți și a altora nerecunoscuți.
- *Instrument software pentru studii de caz*. Testarea aplicabilității implică existența a cât mai multe studii de caz, pentru fiecare din scările studiate. Aceasta necesită soluții rapide pentru procesarea unui volum mare de date, ceea ce sugerează necesitatea unui instrument disponibil pe calculator care să ajute la organizarea, monitorizarea, procesarea și compararea datelor din diferitele studii de caz.
- Se recomandă insistent crearea unei *rețele de informații* între diverse instituții și universități unde această metodologie ar putea fi folosită. Un alt punct de interes în acest stadiu este încurajarea colaborării dintre toți membrii rețelei, în ceea ce privește nevoia de a administra informațiile despre vulnerabilitatea la inundații, și promovarea altor studii despre evaluarea riscului de inundații la toate scările.

- Folosind metodologia elaborată, se poate alcătui *un set nou de ecuații* pentru a cuantifica vulnerabilitatea unei anumite scări în fața pericolelor fenomenelor extreme care provoacă *inundații de coastă*, cum sunt: marea de furtună, valurile uriașe, tsunami, etc.

7.3 Principalele contribuții aduse de această teză

În timpul elaborării acestei teze au fost definiți termenii: factori de vulnerabilitate, expunere, susceptibilitate și reziliență; de asemenea, s-a făcut o sinteză a diversilor indici de vulnerabilitate pentru a contribui mai departe la dezvoltarea unei noi metodologii FVI, care a fost aplicată la diverse scări.

Contribuțiile aduse de această teză pot fi rezumate astfel:

1. Întocmirea unui studiu teoretic asupra redefinirii factorilor de vulnerabilitate (expunere, susceptibilitate și reziliență), care ne permit să înțelegem mai bine conceptul.
2. O sinteză a indicilor de vulnerabilitate, care a dus la o mai bună înțelegere a metodologiilor existente privind indicii de vulnerabilitate și o mai bună înțelegere a indicatorilor.
3. Determinarea și abordarea sistemului resurselor de apă;
4. Identificarea și dezvoltarea indicatorilor cheie pentru indexul de vulnerabilitate la inundații, pentru diferitele scări spațiale și definirea fiecărui indicator în relația funcțională cu vulnerabilitatea;
5. Dezvoltarea unei noi metodologii (bazate pe un model teoretic propriu), cu formularea a 12 ecuații adimensionale, evitând ponderile și folosind rapoarte de indicatori măsurabili, pentru patru componente ale vulnerabilității la inundații: socială, economică, de mediu și fizică, la fiecare dintre cele trei scări identificate: bazin hidrografic, subbazin și zonă urbană.
6. Introducerea unei noi formule pentru standardizarea rezultatelor, această formulă standardizează FVI cu valori cuprinse între 1 și 0, 1 fiind cel mai vulnerabil la inundații, deasemenea comparând vulnerabilitatea mare sau scăzută între diferitele scări spațiale, cât și diferențele dintre cele trei scări spațiale;
7. Testarea aplicabilității metodologiei nou dezvoltate în trei bazine hidrografice, cinci subbazine și trei orașe, compararea rezultatelor dintre diferite scări în același bazin hidrografic și de asemenea, între bazine hidrografice pentru metodologia existentă de Connor & Hiroki, 2005.

7.3.1 Studiul teoretic al factorilor de vulnerabilitate

Prima parte a cercetării, descrisă în Capitolul 2, s-a axat pe studiul teoretic al redefinirii factorilor de vulnerabilitate; începînd cu definiția vulnerabilității, care în această cercetare este considerată a fi *amplourea pagubelor care sunt așteptate în anumite condiții de expunere, susceptibilitate și reziliență*.

$$\text{Vulnerabilitate} = \text{Expunere} + \text{Susceptibilitate} - \text{Reziliență}$$

Sistemele s-au abordat din punct de vedere al sistemului socio-economic, natural și instituțional al resurselor de apă, pentru a include componentele vulnerabilității în diferite sisteme; de exemplu componentele socială și economică sunt parte a sistemului socio-economic și instituțional, componentele de mediu și fizică fac parte din sistemul natural.

Ulterior, factorii de vulnerabilitate au fost redefiniți în această teză; *expunerea este definită ca predispoziția unui sistem de a fi dereglat de către o inundație datorită localizării în aceeași zonă de influență*; *susceptibilitatea este definită ca elementele expuse din cadrul sistemului, care influențează probabilitatea de a fi afectat în condiții de inundații periculoase*; iar *reziliența este definită ca fiind capacitatea unui sistem de a suporta orice perturbație, cum ar fi inundațiile, păstrînd un nivel semnificativ de eficiență în componentele sale sociale, economice, de mediu și fizice*.

Indicatorii au fost clasificați pentru fiecare factor.

7.3.2 Sinteza metodologiilor de vulnerabilitate

Pe baza studiului teoretic al factorilor de vulnerabilitate, în capitolul 3 s-a vulnerabilitate folosite pentru a înțelege importanța indicatorilor și pentru a reprezenta într-un mod clar și obiectiv realitatea au fost: EVI, SVI, CVI_{SIS}, GRAVITY, CVI și FVI.

7.3.3 Determinarea și abordarea sistemului resurselor de apă

Abordarea sistematică are scopul de a identifica interacțiunile diferiților actori sau ale diferitelor componente într-un cadru bine definit. Este considerată ca fiind o abordare holistică și reducționistă pentru înțelegerea proceselor complexe. Principal este de a înțelege procesele în cadrul limitelor între care datele de intrare devin date de ieșire.

În această teză, în secțiunea 2.3, cele trei subsisteme cel natural, cel socio-economic și cel administrativ și instituțional au o legătură cu cele patru componente ale vulnerabilității, în acest fel fiind definit sistemul pentru o mai bună interpretare a rezultatelor.

7.3.4 Identificarea și dezvoltarea indicatorilor cheie ai Indexul Vulnerabilității la Inundații

De vreme ce dezvoltarea FVI implică înțelegerea diferitelor situații relaționale și a caracteristicilor unui sistem în legătura cu inundațiile, s-a folosit o abordare deductivă pentru a identifica cei mai potriviți indicatori, pe baza principiilor existente și pe baza cadrului conceptual (Capitolul 2). Prin înțelegerea cauzelor inundațiilor și

a principalelor lor efecte asupra diverselor componente ale unui sistem s-a ajuns la găsirea indicatorilor optimi. Fiecare dintre acești indicatori au fost definiți în funcție de relația pe care fiecare o are cu vulnerabilitatea, crește sau scade vulnerabilitatea la inundații.

7.3.5 O metodologie nou dezvoltată

Pe baza studiilor făcute în capitolele 2 și 3, s-a propus o nouă metodologie, dezvoltând ecuații pe baza principiilor de a nu folosi ponderi, ci rapoarte de indicatori măsurabili. La numărătorul acestor ecuații se găsesc indicatorii care cresc vulnerabilitatea iar la numitor sunt cei care scad vulnerabilitatea.

Împărțirea FVI în componente diferite, adică în socială, economică, de mediu și fizică și punerea lor în legătură cu factori de vulnerabilitate, cum sunt expunerea, susceptibilitatea și reziliența pot ajuta la identificarea punctelor slabe ale unui sistem de apărare împotriva inundațiilor (la orice scară), și să ofere în acest fel asistență în propunerile de strategii pentru îmbunătățirea sistemului de apărare împotriva inundațiilor în ansamblu.

Ecuatiile propuse leagă valorile tuturor indicatorilor de componentele (care au fost definite și determinate în capitolul 4) și factorii de vulnerabilitate, fără echilibrare sau interpolare cu o serie de date. Ecuatiile permit comparații între diverse scări, deoarece rezultatul calculului este adimensional. Conectarea tuturor FVI trebuie făcută în mod similar, acesta fiind motivul pentru care comparațiile trebuie făcute cu rezultate adimensionale, pentru aceleași componente și aceleași scări pentru diverse studii de caz.

Într-o perspectivă globală, rezultatele au fost prezentate în valori între 0 și 1; 1 fiind cea mai mare vulnerabilitate găsită în mostrele studiate iar 0 cea mai scăzută vulnerabilitate. Această procedură a fost folosită pentru toate scările. Ecuația standardizată se bazează pe principiul conform căruia nici un bazin hidrografic, subbazin sau zonă urbană pot avea vulnerabilitate 0.

7.3.6 Standardizarea rezultatelor

De a lungul valorilor FVI pentru fiecare component, rezultatele standardizate sunt prezentate pentru comparațiile viitoare între componentele indicelui și indexul existent al vulnerabilității la inundații (Connor, 2005); servind în scopul înțelegerii mai clare a interpretării.

Formula folosită pentru standardizarea rezultatelor FVI-ului cuprinde valori între 1 și 0 (1 reprezentând cea mai mare vulnerabilitate la inundații), care simbolizează comparativ mare sau mică vulnerabilitate între aceleași scări spațiale sau scări spațiale mai mici; formula standardizării este prezentată sub forma următoare și reprezintă indexul de vulnerabilitate la inundații al unui sistem împărțit la maximum indexului de vulnerabilitate la inundații dintre sisteme:

$$sFVI = \frac{FVI_{scale}}{FVI_{max}}$$

7.3.7 Aplicații ale FVI

După dezvoltarea metodologiei în Capitolul 4, am aplicat-o la diverse scări. Pentru scara bazinului hidrografic s-au ales bazinele hidrografice ale Dunării, Rinului și Mekongului, pentru scara subbazinului s-au ales următoarele subbazine: ale râurilor Tisa, Timiș și Bega din bazinul hidrografic al Dunării; al râului Neckar din bazinul hidrografic al Rinului și râul Mun din bazinul hidrografic al fluviului Mekong, iar pentru zone urbane, s-au ales orașele: Timișoara, din România; Mannheim, din Germania și Phnom Penh din Cambodgia. Aceste studii de caz au fost alese pentru a permite comparația între scări și diferite condiții sociale, economice, de mediu și fizice.

Cap. 8 Referințe

- Adger W.N., 2000, Social and ecological resilience: are they related? Progress in Human Geography 24 (3):347-364.
- Adger, N., Kelly, M.P., Huu Ninh, N., 2004, Living with Environmental Change: Social Vulnerability, Adaptation and Resilience in Viet Nam, Journal of Comparative Economics 32, pp. 367-369
- Adger, N.W., 1999, Social vulnerability to climate change and extremes in coastal Viet Nam, World Development 27, no. 2, pp. 249-269
- Adger, W. N., Vincent, K., 2005, Uncertainty in adaptive capacity, C.R. Geo-science 337, pp. 399-410
- Adger, W.N., 2006. Vulnerability; Global Environmental Change 16 (3), 268–281.
- Adger, W.N., et al, 2004, New indicators of vulnerability and adaptive capacity; Tyndall Centre for Climate Change Research Technical Report 7
- Adriaanse, A., 1993, Environmental policy performance indicators; A study on the development of indicators of environmental policy in the Netherlands, Amsterdam
- Adrianto L. & Matsuda Y., 2002, Developing economic vulnerability indices of environmental disasters in small island regions, Environmental Impact Assessment Review 22, pp. 393-414
- Advisory Board to the Joint Commonwealth Secretariat/World Bank Task Force on Small States, 2003, Small states: A composite vulnerability index, St. Lucia as see on <http://www.fivims.net/documents/ASTUDYONTHEVULNERABILITYOFDEVELOPINGISLANDSTATES.doc>, on 17th of November, 2006
- Akira Yamashita, 2007, Outline of the Mekong River From Tibetan Mountains to the Mekong Delta Department of Environment and Natural Resources Management, Can Tho University, Vietnam as see on: Mekong Delta in Viet Nam (<http://cantho.cool.ne.jp>), on 14th of February, 2007
- Amornsakchai, S., et al, 2000, The Pak Mun Dam in Mekong River Basin, Thailand Annexes, World Commission on Dams as see on <http://www.dams.org/docs/kbase/studies/drafts/thscope.pdf> on 14th of February 2007
- Andjelkovic I., 2001, International Hydrological Programme Guidelines on non-structural measures in urban flood management, IHP-V Technical Documents in Hydrology No. 50 as see on <http://unesdoc.unesco.org/images/0012/001240/124004e.pdf> 8th of October 2006
- Aquatim, 2007, as seen on <http://www.aquatim.ro/> on 1st of March 2007, copyright 1999-2007 Aquatim
- Balint, Z., 2004, Flood protection in the Tisza basin. Proc. of the NATO Advanced Research Workshop – Flood Risk Management Hazards, Vulnerability, Mitigation Measures, Ostrov u Tise, Czech Republik, pp.171 – 183
- Barredo, J.I., Lavalle, C., Camia, A., Hierderer, R., Niemeyer, S., de Rao, A., 2006, Towards an integrated assessment of weather-driven natural risk in Europe, 1st Armonia Conference, Barcelona,

- BBC, 2006, BBC NEWS, Rain deepens Danube flood misery, Thursday 20th April, 2006, as see on <http://news.bbc.co.uk/1/hi/world/europe/4927688.stm> on 19th of February 2007
- Birkmann, J., & Wisner, B., 2006, Measuring the Un-Measurable, The Challenge of Vulnerability UNU – EHS, no 5/2006, Bonn, Germany
- Blaikie P., Cannon T., Davis I., and Wisner B. (1994) At risk – natural hazards, people’s vulnerability and disasters. London.
- Boeriu, P., Petry, B., 2004, Water Resources Development in River Basins, Water Projects, Environmental Impact Assessment, Lecture Notes, UNESCO-IHE, Delft
- Briguglio, L., 2003, Methodological and Practical Considerations for Constructing Socio-Economic Indicators to Evaluate Disaster Risk, Institute of Environmental Studies, University of Colombia, Manizales, Colombia, Programme on Information and Indicators for Risk Management, IADB-ECLAC-IDEA
- Briguglio, L., 2004, Economic Vulnerability and Resilience: Concepts and Measurements, http://home.um.edu.mt/islands/brigugliopaper_version3.doc
- Brooks, N., Adger, W.N., Mick Kelly, P., 2005, The determinants of vulnerability and adaptive capacity at the national level and the implications for adaptation, *Global Environmental Change* 15, pp. 151-163
- Burrell E. Montz, E. Gruntfest, 2002, Flash Flood mitigation: recommendations for research and applications, *Environmental Hazard* 4, pp. 15-22
- Canadian Council of Ministers of the Environment, 2003, Climate, Nature, People: Indicators of Canada’s changing climate, as seen in www.ccme.ca , on 22nd of November, 2006
- Cardona, O., 2003, A need for rethinking the concept of vulnerability and risk from a holistic perspective: A necessary review and criticism for effective risk management, as see on http://www.desenredando.org/public/articulos/2003/nrcvrfhp/nrcvrfhp_ago-04-2003.pdf , on 8th of November, 2006
- Common, M., 1995, Sustainability and Policy: Limits to Economics. Cambridge University Press, Cambridge, UK
- Conference Internationale, 25-27 mars 1998, Les systeme fluviaux anthropises, Le fonctionnement des systemes fluviaux a l’echelle du bassin, Presses de l’ecole des Ponts et chaussees
- Connor R.F., & Hiroki K., 2005, Development of a method for assessing flood vulnerability,
- Coulson, D., Joyce, L., 2006, Indexing variability: A case study with climate change impacts on ecosystems, *Ecological Indicators* 6, pp. 749-769
- Craciunescu V., Stanca Ghe., 2005, Contribution of Earth Observation Data Supplied by the New Satellite Sensors to Flood Disaster Assessment and Hazard Reduction, *Geo-information for disaster management*, Springer, pp. 1315-1332
- Cretu, Gh., 2002a, Revitalization of the Bega Canal, Conference Integrated Water Management within the Tisza-Danube Circle, Belgrad, 11-13.04.2002
- Cretu, Gh., Bojin, T., Madar, M., Nagy, C.M., 2005, Economical analysis of catchment area, Conference EWRA, Nice, France, 09.2005
- Cretu, Gh., Rosu, C., 1991, Floods in Hydrotechnical System, *Lucrare Stiintifica, European Conference “Advances in Water Resources Technology”*, Athena, 03.1991

- Cretu, Gh., Rosu, C., 1994, Generation and simulation of accidental floods and their impact on the environment, 2nd European Conference EWRA, Lisabon, vol. sp.
- Cretu, Gh., Rosu, C., 1997, Regarding the strategy of prevention and protection against the accidental floods, EWRA Conference, Copenhaga, 3-6.09.1997
- Cretu, Gh., Rosu, C., 1998, On the hydrological condition of the river Danube in Romania, Hidrologiai Kozlony, EVF 1 SZ
- Cretu, Gh., Rosu, C., Bojin, T., Vlaicu, I., 2002b, 270 years from the first water works in Banat region.
- Cretu, Gh., Rosu, C., Cretu, M., Nagy, C.M., 2002, Mathematical model for a sustainable management of the Bega Canal's water resources, EWRA, 5th International Conference Water Resources Management in the Era of Transition, Athena 09.2002
- Cutter S.L., 1996 Vulnerability to environmental hazards; Progress in Human Geography 20(4):529-539.
- Dao, H., Peduzzi, P., 2004, Global evaluation of human risk and vulnerability to natural hazards, Enviroinfo, Geneva, vol 1, pp. 435-446
- Davison C. M., Robinson S., Neufeld V., 2004, Mapping the Canadian Contribution to Strengthening National Health Research Systems in Low and Middle Income Countries: A concept paper, as see on <http://www.ccgpr.ca/docs/ConceptPaperPostWrkshp.doc> on the 29th of November, 2006
- De Waal, A., 1989, Famine that Kills: Darfur, Sudan, 1984-1985. Clarendon Press, Oxford
- Denevan, W.M., 1983, Adaptation, variation and cultural geography. Professional Geographer 35 (4), pp. 399-406.
- Di Mauro, C., 2006, Regional vulnerability map for supporting policy definitions Directiva Cadru a Apei, 2000/60/CE
- Dixit, A., 2003, Floods and vulnerability: Need to rethink flood management, Natural Hazards, 28, pp. 155-179
- Douben, N., 2006a, Characteristics of river floods and flooding: a global overview, 1985 – 2003, Irrigation and Drainage 55, S9 –S21, published online in Wiley InterScience
- Douben, N., 2006b, Flood Management, UNESCO-IHE, Lecture Notes
- Douben, N., Ratnayake, RMW, 2005, Characteristic data on river floods; facts and Figuras. In Floods, from Defense to Management, Symposium Papers, van Alphen J, van Beek E, Taal M (eds). Taylor & Francis Group: London, UK; pp 11-27
- Douben, N., van Os, A.G., 2004, Dealing with floods with constrains, NCR days 2003, ISSN 1568-234X
- Dovers, S.R., Handmer, J.W., 1992, Uncertainty, sustainability and change; Global Environmental Change 2 (4), 262-276
- Downing, T.E. and Patwardhan, A., with Klein, R.J.T., Mukhala, E., Stephen, L., Winograd, M. and Ziervogel, G. 2005, Assessing Vulnerability for Climate Adaptation; In Adaptation Policy Frameworks for Climate Change: Developing Strategies, Policies and Measures. Lim, B., Spanger-Siegfried, E., Burton, I., Malone, E. and Huq, S. (Eds). Cambridge University Press, Cambridge
- Downing, T.E., Aerts, J., Soussan, J., Bharwani, S., Hinkel, J., Ionescu C., Klein, J.T., Mata, J.L., Matin, N., Moss, S., Purkey, D., Ziervogel, G., 2005,

- Integrating social vulnerability into water management, SEI, NeWater Working Paper No. 5, New Approaches to Adaptive Water Management under Uncertainty, www.newwater.info
- Drobot, R., Ilinca, C., 2006, A Stochastic Approach to Flood Wave Propagation on the Crișul Alb River, Transboundary Floods: Reducing Risks Through Flood Management volume 72, ISBN 978-1-4020-4902-6
- Drobot, R., Tecuci, I., Stănescu, Vl. A., Oprisan, E., 2002, What method to choose for flood risk estimation in Romania?, International Conference Preventing and Fighting Hydrological Disasters, Editura Orizonturi Universitare, Timișoara
- Dyson, L.L., van Heerden, J., 2001, The heavy rainfall and floods over the north-eastern interior of South Africa during February 2000, S. Afr. J. Sci. 97 (3–4), pp. 80–86
- Egli, T., Gallen, St., 2002, Non Structural Flood Plain Management Measures and their Effectiveness, Commission Internationale pour la Protection du Rhin (IRMA Project)
- Ekström, M., Jones, P.D., Fowler, H.J., Lenderink, G., Buishand, T.A. and Conway, D., 2006, Regional climate model data used within the SWURVE project 1: projected changes in seasonal patterns and estimation of PET, Hydrology and Earth Press
- Enserink, M., and Bohannon, J., 2005, Questioning the 'Dutch Solution', Science, Vol 309, Issue 5742, 1809, 16th September 2005
- EO, 2002, Flooding along Danube River, Natural Hazards, Earth Observatory, as see on http://earthobservatory.nasa.gov/NaturalHazards/natural_hazards_v2.php3?img_id=4715 on 20th of February 2007
- EO, 2006, Floods in Thailand, Natural Hazards, Earth Observatory, as see on http://earthobservatory.nasa.gov/NaturalHazards/shownh.php3?img_id=13921 on 20th of February 2007
- ESPN, 2006, <http://www.espn.eu> as seen on 29 September 2006
- Esty, D., et al, 2006, Pilot 2006 Environmental Performance Index, Yale Centre for environmental Law and Policy & CIESIN
- FAO, 1999, Flood Management and Mitigation in the Mekong River Basin, Proceedings of the Regional Workshop, Vientiane, LAO PDR 19–21 March 1998
- Farber, S., 1995, Economic resilience and economic policy, Ecological Economics 15, pp 105-107
- Floods, 2005, Emergency and disasters, Management Inc., as see on <http://www.emergency-management.net/flood.htm> in October, 2006
- Folke, C., 2006. Resilience: the emergence of a perspective for social–ecological systems analyses. Global Environmental Change 16 (3), 253–267.
- Fox, I. B., 2003, Reducing the vulnerability of the poor to the negative impacts of floods, Asian Development Bank, 3rd World Water Forum, Kyoto, Japan
- Füssel, H-M, Klein Richard J. T., 2004, Conceptual Frameworks of Adaptation to Climate Change and their Applicability to Human Health, PIK, Potsdam, August 2004
- Futuyama, D.J., 1979, Evolutionary Biology; Sinauer, Sunderland
- Gallopin, G.C., 2006, Linkages between vulnerability, resilience, and adaptive capacity, Global Environmental Change 16 (3), pp. 293–303
- Gasser J. and Snitofsky E. (1990) Vulnerability analyses plan for wastewater emergencies. In: American City and County 105, pp. 81-82

- Gheorghe, A., 2005, Risk, Vulnerability and sustainability for critical infrastructures, as seen on <http://www.caenz.com/info/2005Conf/pres/Gheorghe.pdf> on 1st of December, 2006
- Green C., van der Veen A., Wierstra E., and Penning-Rowsell E. (1994) Vulnerability refined: analyzing full flood impacts. In: Penning-Rowsell E., Fordham M. (Eds.) Floods across Europe – Flood hazard assessment, modeling and management. Middlesex University Press, London
- Green, C., 2004, The evaluation of vulnerability to flooding, Disaster Prevention and Management, volume 13, pp. 323-329, Emerald Group Publishing Limited
- Grünthal, G., Thieken, A. H., Schwarz, J., Radtke, K. S., Smolka, A., Merz, B., 2006, Comparative Risk Assessments for the City of Cologne – Storms, Floods, Earthquakes, Springer Netherlands, vol. 38, no 1-2, pp. 21-44
- Gupta, S., Javed, A., Datt, D., 2002, Economics of Flood Protection in India, Natural Hazards 28, pp. 199-210
- Guttinger H, Stumm W., 1990, Eco-toxicology exemplified by an analysis of the chemical spill into the caused Rhine by Sandoz in Basel, Naturwissenschaften. 1990 Jun; 77(6):253-61
- H.G. Nr. 447/2003, Pentru aprobarea normelor metodologice privind modul de elaborare și conținutul hărților de risc natural la alunecările de teren și inundații
- H.G. Nr. 615/1992, Privind aprobarea regulamentului de apărare împotriva inundațiilor, fenomenelor meteorologice periculoase și accidentelor la construcțiile hidrotehnice
- Haan, N., Farmer, G., Wheeler, R., 2001, Chronic vulnerability to food insecurity in Kenya—2001 a WFP pilot study for improving vulnerability analysis. World Food Programme as see on http://www.wfp.org/operations/vam/country_experience/kenya_vam/index.asp, on 20 November 2006
- Hall Jim W., Evans Edward P., Penning-Rowsell Edmund C., Sayers Paul B., Thorne Colin R., Saul Adrian J., 2003, Quantified scenarios analysis of drivers and impacts of changing flood risk in England and Wales: 2030–2100, Environmental Hazards 5, pp. 51–65
- Hammond, A; Adrianse, A; Rodenburg, E; Bryant, D. and R. Woodward, 1995, Environmental indicators: a systematic approach to measuring and reporting on environmental policy performance in the context of sustainable development. Washington DC: World Resources Institute
- Handmer, J.W., Dovers, S.R., 1996. A typology of resilience: rethinking institutions for sustainable development. Industrial and Environmental Crisis Quarterly 9 (4), pp. 482–511
- Hewitt, K. (1997): Regions of risk, A geographical introduction to disasters, Longman, Ltd: Essex, U.K. Chorley, R. J., 1978,: Introduction to Geographical Hydrology, Methuen and Company Ltd: New York
- Heyman B.N., Davis C., and Krumpel P.F. (1991) An assessment of world wide disaster vulnerability; Disaster Management 4:3-36.
- Holling C.S. (1973) Resilience and stability of ecological systems, Annual Review of Ecological Systems 4: 1-23.
- Hoyois Ph. Guha - Sapir, D., 2003, *Three decades of floods in Europe : a preliminary analysis of EMDAT data. Working paper (draft)*. Brussels, CRED, 2003. [ID n197]

- Hoyois, P. and Guha - Sapir, D. (2005): 'Flood Disasters in Europe' - a Short Analysis of EM DAT International Disaster Database for Years 1985 – 2004', CRED, Université Catholique de Louvain, Belgium
- Hoyt, G.W., Langbein, W., 1955, Floods, Princeton, New Jersey, Princeton University Press
- ICPDR, 2004, Flood Action Programme, Action Programme for Sustainable Flood Protection in the Danube River Basin, Vienna, Austria, 13th of December, 2004
- IKONE project, Aktionsplan Hochwasser Neckar, 2006
- IPCC, 2001, Climate change 2001: The scientific basis. Cambridge, Cambridge University Press
- IRMA, 2004, Communication from the Commission to the Council, the European Parliament, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions, Flood risk management, Flood prevention, protection and mitigation as seen on <http://eisnet.eis.be/own/graph/2004/en07/enve:0661;600.pdf> on 16th of February 2007
- Janssen, M.A., Ostrom, E., 2006, Resilience, vulnerability and adaptation: A cross-cutting theme of the International Human Dimension Programme on Global Environmental Change, *Global Environmental Change* 16, pp. 237-239
- Jolankai, Geza, 2004, The Tisza River Project, Real-life scale integrated catchment models for supporting water- and environmental management decisions, section 5, VITUKI, Hungary as see on <http://www.tiszariver.com/SECTION%205%20report%20of%20the%20Tisza%20River%20Project.pdf> on 10th of January 2007
- Jones, R. and Boer, R., 2003. Assessing current climate risks Adaptation Policy Framework: A Guide for Policies to Facilitate Adaptation to Climate Change, UNDP, in review, as see on <http://www.undp.org/cc/apf-outline.htm>), on 15th of November, 2006
- Kaly, U., Briguglio, L., McLeod, H., Schmall, S., Pratt, C. and Pal, R., 1999, Proceedings of the Environmental Vulnerability Index (EVI) Think Tank 7-10 September 1999. SOPAC Technical Report
- Khandhela, M., May, J., 2006, Poverty, vulnerability and the impact of flooding in the Limpopo Province, South Africa, *Natural Hazards*, 39, pp. 275-287
- Klein R.J.T., Nicholls R.J., Thomalla F., 2003, Resilience to natural hazards: How useful is this concept? *Environmental Hazards* 5 (2003) 35–45
- Klein, H., Douben, N., Deursen, W. van & E.D. de Ruyter van Steveninck, 2004. Increasing Climate Variability in the Rhine Basin: Business as Usual? , In: Aerts, J.C.J.H. & P. Droogers, 2004 (eds.), *Climate Change in Contrasting River Basins; Adaptation Strategies for Water, Food and Environment*. CABI Publishing. Wallingford, UK. pp. 133-156.)
- Klein, R., 2004, Vulnerability Indices – An academic perspective, Expert Meeting "Developing a Method for Addressing Vulnerability to Climate Change and Climate Change Impact Management: To Index or Not To Index?" Bonn, Germany, 26 January 2004
- Kleinen, J., 2006, Historical perspectives on typhoons and tropical storms in the natural and socio-economic system of Nam Dinh (Vietnam), *Journal of Asian Earth Sciences*
- Klijin, F., de Bruijn, K.M., van Buuren, M., 2003, Resilience strategies for flood risk management in The Netherlands, *Intl. J. River Basin Management* 1, pp. 33-40

- Knogge, T., Schirmer M., Schuchardt B., 2004, Landscape-scale socio-economics of sea-level rise, *Ibis* 146 (Suppl.1), 11–17 as see on <http://www.blackwell-synergy.com/doi/pdf/10.1111/j.1474-919X.2004.00322.x>, on 7th of November, 2006
- Kundzewicz, Z. W., Schellnhuber, H. J., 2004, Floods in the IPCC TAR perspective, *Natural Hazards*, 31, pp. 111-128
- Leichenko, R. M. and K. L. O'Brien, 2002, The Dynamics of Rural Vulnerability to Global Change: The Case of southern Africa. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change* 7(1) pp. 1-18
- Li A., Wang A., Liang S., Zhou W., 2006, Eco-environmental vulnerability evaluation in mountainous region using remote sensing and GIS – A case study in the upper reaches of Minjiang River, China, *Ecological Modeling* 192, pp. 175-187
- Lohani, B. N., &Mustapha, N., 1982, Indices for water quality assessment in rivers: a case study of the Linggi River in Malaysia. *Water Supply and Management*, 6(6), 545–555
- Loucks, D.P., and van Beek, Eelco, 2005, *Water Resources Systems Planning and Management - An Introduction to Methods, Models and Applications*, UNESCO and WL/ Delft Hydraulics, pp 22-24
- Marshall, B., Chen, H., Madhusudan, T., 2005, Matching knowledge elements in concept maps using a similarity flooding algorithm, *Decision Support System* 11197
- Meigh J.R., Sullivan C.A., 2003, Identification of hot spots of vulnerability to climate variations using a Climate Vulnerability Index. 13th Stockholm Water Symposium, Stockholm, Sweden, August 2003
- MERI, The Mekong Environment and Resource Institute, as see on: <http://www.merimekong.or.th/> on 10th of February, 2007
- Messer, F., Meyer, V., 2005, Flood damage, vulnerability and risk perception – challenges for flood damage research, UFZ-Umweltforschungszentrum, Leipzig
- Metzger, M.J., Rounsevell, M.D.A., Acosta-Michlik, L., Leemans, R., Schroter, D., 2006, The vulnerability of ecosystem services to land use change, *Agriculture, Ecosystems and Environment Journal* 114 pp. 69–85
- Ministerul Mediului, 2007, Strategia Națională de Management a Riscului la Inundații, as seen on www.mmediu.ro/legislatie/ape/fix/strategie_inundatii.pdf, on 25th of Martie 2007
- Mirza M. Monirul Qader, 2003, Climate change and extreme weather events: can developing countries adapt? *Climate Policy* 3, pp. 233-248
- Montz, B.E., Grunfest, E., 2002, Flash Flood mitigation: recommendations for research and applications, *Environmental Hazards* 4, pp. 15-22
- Moss, R.H., Brenkert, A.L., Malone, E.L., 2001, Vulnerability to climate change – A quantitative approach, Pacific Northwest National Laboratory, www.ntis.gov
- MRC, 2005, Mekong River Commission, Overview of the Hydrology of the Mekong Basin, Vientiane, November 2005, 73 pp
- MunichRe, 1997, *Flooding and insurance*, Munich Reinsurance Company
- Mustafa Daanish, 2003, Reinforcing vulnerability? Disaster relief, recovery, and response to the 2001 flood in Rawalpindi, Pakistan, *Environmental Hazards* 5 , pp. 71–82

- Næss Lars Otto, Bang Guri, Eriksen Siri, Vevatne Jonas, 2005, Institutional adaptation to climate change: Flood responses at the municipal level in Norway, *Global Environmental Change* 15, pp. 125-138
- Natural Environmental, 2007, Coastal Flooding, as see on http://www.heritage.nf.ca/environment/c_flooding.html on the 10th of December, 2006
- Néelz, S. G. Pender, I. Villanueva, M. Wilson, N. G. Wright, P. Bates, D. Mason and C.D. Whitlow, 2006, Using Remotely Sensed Data to Support Flood Modelling, *Proceedings of ICE, Water Management*, 159(1), pp. 35-43, doi: 10.1680/wama.2006.159.1.35
- Nicholls Robert J., 2004, Coastal flooding and wetland loss in the 21st century: changes under the SRES climate and socio-economics scenarios, *Global Environmental Change* 14, pp 69-86
- NYC Hazards, 2007, Coastal Flooding, as see on <http://www.nyc.gov/portal/site/nycgov/> on 10th of December, 2006
- O'Brien, M., Holland, T.D., 1992. The role of adaptation in archeological explanation; *American Antiquity* 57, pp 36-69
- Page, D.L., 2000, Floods: A Predictable Disaster (<http://www.sn.apc.org/wmail/issues/0103316/OTHERS86.html>)
- Peduzzi, P., Dao, H., Herold, C., Rochette, D., Martin Diaz, A., Mouton, F., Nordbeck, O., Rochette, D., Ton-That, T., Widmer, B., 2002, Global Risk and Vulnerability Index Trends per Year (GRAVITY) Phase II: Development, analysis and results, United Nations Development Programme Emergency Response Division UNDP/ERD
- Peduzzi, P., Dao, H., Herold, C., Rochette, D., Sanahuja, H., 2001, Feasibility Study Report –On Global Risk and Vulnerability Index –Trends per Year (GRAVITY), United Nations Development Programme Emergency Response Division UNDP/ERD, Geneva
- Pelling, M., 2003, The vulnerability of cities; Natural disaster and social resilience, Earthscan Publications, UK & USA
- Penning-Rowsell E.C., Chatterton J.B., 1977, The benefits of flood alleviations: a manual of assessment techniques (The blue manual) Aldershot, UK Gower Technical Press
- Penning-Rowsell, E., Floyd, P., Ramsbottom, D., Surendran, S., 2005, Estimating injury and loss of life in floods: A deterministic framework, *Natural Hazards* 36, pp. 43-64
- Perry, C., 2000, Significant Floods in the United States During the 20th Century - USGS Measures a Century of Floods, Fact Sheet 024 00 as see on <http://ks.water.usgs.gov> on the 8th of December, 2006
- Peterson, G.D., Allen, C.R., Holling, C.S., 1998. Ecological resilience, biodiversity and scale Ecosystems 1 (1), pp. 6-18
- Pimm, S.L., 1984. The complexity and stability of ecosystems *Nature* 307, 321-326
- Plate Erich J., 2002, Flood risk and flood management, *Journal of Hydrology* 267 pp. 2-11
- Platt R. (1990) Lifelines: An emergency management priority for the United States in the 1990s. *Disasters* 15:172-176
- Pratt, C., Kaly, U., Mitchell, J., 2004, How to use the environmental vulnerability index, UNEP/SOPAC South Pacific Applied Geo-science Commission, Technical Report 383

- Reuters, AlertNet, 2000, Flooding around Phnom Penh and Tonle Sap lake, as see on <http://www.reliefweb.int/rw/RWB.NSF/db900SID/SKAR-64GEEE?OpenDocument> on 15th of February 2007
- Rijsberman, F.R., 2006, Water scarcity: Fact or fiction?, *Agricultural Water Management* vol 80, pp. 5-22
- Rosu, C., Cretu, Gh., 1998, *Inundatii accidentale*, Ed. HGA 98, 189, Bucuresti
- Rozendaal, S., 2005, HURRICANE KATRINA What the Dutch did to save themselves after the flood of 1953, Elsevier Science, Wall Street Journal
- Salmond, C., Crampton, P., King, P., Waldegrave, C., 2006, NZiDep: A New Zealand index of socioeconomic deprivation for individuals, *Social Science & Medicine* 62, pp. 1474-1485
- Sayers P., Hall J., Dawson R., Rosu C., Chatterton J., Deakin R., Risk assessment of flood and coastal defenses for strategic planning (rasp) – a high level methodology. Wallingford, as seen on http://www.rasp-project.net/RASP_defra2002_Paper_Final.pdf, on 29th of September, 2006
- Schmidt-Thome, P., Greiving, S., Kallio, H., Fleischhauer, M., Jarva, J., Economic risk maps of floods and earthquakes for European regions, *Quaternary International* 150, pp. 103-112
- Schroter, D., et al., 2005, Ecosystem service supply and vulnerability to global change in Europe, *Science*, vol 310
- Schultz, M.T., 2001, A critique of EPA's index of watershed indicators, *Journal of Environmental Management* 62, pp. 429-442
- Schulze, E.D., Mooney, H.A., 1993. *Biodiversity and Ecosystem Function*, Springer, Berlin, Germany
- Smit, B., Wandel, J., 2006, Adaptation, adaptive capacity and vulnerability, *Global Environmental Change*, 16, pp. 282- 292
- Smith K. (2001) *Assessing risk and reducing disaster*, London
- Smith K., Ward R., 1998, *Floods, Physical Processes and Human Impacts*, Wiley, England
- Smithers, J.C., Schulze, R.E., Pike, A., Jewitt, G.P.W., 2001, A hydrological perspective of the February 2000 floods: a case study in the Sabie River Catchment. *Water SA* 27 (3), pp. 25–31
- Spooner, C. and Lehmann, S., 1998, Index of watershed indicators. *Sea Technology* 39, pp. 51–53
- Stancalie, G., Alecu, C., Catana, S., Simota, M., 2000, Estimation of flooding risk indices using the Geographic Information System and remotely sensed data, Proc. of the XX-th Conference of the Danubian Countries on hydrological forecasting and hydrological bases of water management, Bratislava, Slovakia
- Statistics, UK, 2001, Definition of urban areas, as see on http://www.statistics.gov.uk/census2001/pdfs/urban_area_defn.pdf on 23rd of December 2006
- Stănescu, Al. V., Drobot, R., 2002, *Măsuri nestructurale de gestiune a inundațiilor*, Editura H*G*A, București
- Stănescu, V. Al., Drobot, R., 2005, Hydro-meteorological characterization of the flood from the period 14-30 April 2005 in the Timis-Bega River Basin, as see on http://balwois.mpl.ird.fr/balwois/administration/full_paper/ffp-769.pdf on 19th of February 2007
- Stematiu, D., 2002, Legal provisions concerning the prevention of accidental floods induced by dam failure, *International Conference Preventing and Fighting Hydrological Disasters*, Ed. Orizonturi Universitare, Timișoara

- Sullivan C.A, 2002, Calculating a Water Poverty Index, Wallingford, World Development 7, pp 1195-1210
- Sullivan C.A., Meigh J.R., 2005, Targeting attention on local vulnerabilities using an integrated index approach: the example of the Climate Vulnerability Index. Water Science and Technology, 51:5
- Sullivan, C.A, Meigh, J., 2003, Using the Climate Vulnerability Index to assess vulnerability to climate variations, Water Policy and Management, CEH Wallingford as seen on: <http://www.ceh.ac.uk/sections/ph/ClimateVulnerabilityIndex.html> on 12th of December, 2006
- Szlávik L, Ijjas I, 2003, Action Plan on Flood Prevention for Tisza River, Precautionary Flood Protection in Europe International Workshop 5 – 6 February 2003, Bonn, Germany
- Tănăsescu, M., 1997, Măsurii non-structurale în gospodărirea apelor, Contribuții la optimizarea exploataării în condiții de siguranță a lacurilor de acumulare în contextual gospodăririi integrate a apelor, Editura H*G*A, București
- Thai National Mekong Committee, 2005, Thailand Country Paper for the Third Annual Mekong Flood Forum, 07-08 April 2005, Vientiane, Loa PDR as see on http://www.mrcmekong.org/download/free_download/AFF3/Annex%201.2%20Submitted%20Papers/03-%20Thailand%20Country%20Paper%20for%203rd%20AFF.pdf on 19th of February 2007
- Timmerman, P., 1981. Vulnerability, Resilience and the Collapse of Society: A Review of Models and Possible Climatic Applications. Institute for Environmental Studies, University of Toronto, Canada.
- Tixier J. , Dandrieux A., Dusserre G., Bubbico R., Mazzarota B., Silvetti B., Hubert E., Rodrigues N., Salvi O. ,2006, Environmental vulnerability assessment in the vicinity of an industrial site in the frame of ARAMIS European project, Journal of Hazardous Materials 130 , pp. 251–264
- Tol, R.S.J., Langen, A., 2000, A concise history of Dutch river floods, Climatic Change 46, pp. 357-369
- Turner II, B. L., Kasperson, R. E., Matson, P. A., McCarthy, J. J., Corell, R. W., Christensen, L., Eckley, N., Kasperson, J. X., Luers, A., Martello, M. L., Polsky, C., Pulsipher, A., and Schiller, A., 2003a, A framework for vulnerability analysis in sustainability science, Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 100:8074–8079
- Turner, B. L., II et al, 2003, A framework for vulnerability analysis in sustainability science, as see on <http://www.pnas.org/cgi/content/abstract/100/14/8074> on 1st of November, 2006
- UNEP, 2002, Global Environment Outlook 3, Earthscan, London, UK, pp. 446
- UNEP, 2004, Manual: How to Use the Environmental Vulnerability Index (EVI), as see on http://www.vulnerabilityindex.net/EVI_Calculator.htm , 1st of October, 2006
- UNEP, Publications Freshwater in Europe Major European Watersheds Rhine as see on http://www.grid.unep.ch/product/publication/freshwater_europe/rhine.php on 13 of February, 2007
- UNESCO, Paris

- United Nation, UN, 2003, Guidelines on participatory planning and management for flood mitigation and preparedness, ix, 129 s.: ill., Water resources series, 0082-8130, no. 82, United Nations: New York
- United Nations, 1982, Proceedings of the seminars on flood vulnerability analysis and on the principles of floodplain management for flood loss prevention, September, Bangkok
- United States Agency, 1991, Department of Regional Development and Environment Executive Secretariat for Economic and Social Affairs Organization of American States With support from the Office of Foreign Disaster Assistance United States Agency for International Development Washington, D.C., Primer on Natural Hazard Management in Integrated Regional Development Planning
- UNU, 2005, Know Risk, World Conference on Disaster Reduction, 18-22 January 2005, Kobe, Japan
- UNU-EHS, 2006a, Vulnerability Indicators Floods Vulnerability Assessment of Rural and Urban Communities to Floods, as see on <http://www.ehs.unu.edu> , on 13th of November, 2006
- UNU-EHS, 2006b, Water-Related Risk Management in Urban Agglomerations, Report, Case Study of Seven Cities, Urban Training Programme, Bonn, Germany
- US Environmental Protection Agency (US EPA), 1997, The Index of Watershed Indicators (EPA- 841-R-97-010).Office of Water, Washington, DC
- Van Beek, Eelco, 2006, Water Resources Development, UNESCO-IHE, Lecture Notes
- Vaz, A.C., 2000, Coping with floods—the experience of Mozambique. In: Paper Presented in the International Conference on Mozambique Floods, Maputo, 27–28 October 2000, 15
- Villagran de Leon, 2006, Vulnerability – A conceptual and Methodological review, UNU – EHS, no 4/2006, Bonn, Germany
- Villanueva and N.G. Wright, 2006, Linking Riemann and Storage Cell Models for Flood Prediction , Proceedings of ICE, Water Management, 159(1), pp. 27-33, doi: 10.1680/wama.2006.159.1.27
- Vincent, K., 2004, Creating an index of social vulnerability to climate change for Africa, Tyndall Centre for Climate Change Research, Working Paper 56
- Walker, B., C. S. Holling, S. R. Carpenter, and A. Kinzig 2004, Resilience, adaptability and transformability in social–ecological systems. Ecology and Society 9(2): 5. [online] URL: <http://www.ecologyandsociety.org/vol9/iss2/art5/>
- Ward, R., 1978, Floods, Focal problems in geography, A Geographical Perspective, The Macmillan Press LTD
- Water Authority of Banat, 2007, National Administration of Romanian Waters, as seen on <http://www.rowater.ro/ViewTopic.asp?Topic=1013&lang=RO> on 19th of February 2007
- Watts M.J. and Bohle H.G., 1993, The space of vulnerability: the causal structure of hunger and famine. Progress in Human Geography 17:43-67.
- Winterhalder, G., 1980, Environmental analysis in human evolution and adaptation research; Human Ecology 8, pp. 135–170
- Witter M., Briguglio L., Bhuglah A., Measuring and Managing the Economic Vulnerability of Small Island Developing States, as see on <http://www.un.org/esa/sustdev/sids/sids.htm> , on 3rd of October 2006
- World Bank, 1994, Social indicators of development; Washington, DC: World Bank.

- World Bank, 1996a, Poverty monitoring and analysis systems; Washington, DC: World Bank
- World Bank, 1996b, A guide to LSMS surveys and their datasets. Washington, DC: World Bank
- World Bank, 1997, Expanding the measure of wealth indicators of environmentally sustainable development. Rio 5 Edition, discussion draft. Washington, DC: World Bank.
- World Bank, 2005, African Development Indicators 2005, as see on http://www4.worldbank.org/afr/stats/adi2005/adi05_booklet_rev_061505.pdf, on 16th of November, 2006
- World Socialist Web Site (WSWS), 2001, Mozambique Flood Disaster Returns as see on (<http://www.wsws.org/articles/2001/feb2001/moz-f28.shtml>), on 21st of November, 2006
- WRI, 2007, World Resource Institute, Watersheds of the World, as seen on http://multimedia.wri.org/watersheds_2003/index.html on 5th of January 2007
- Yohe, G., Tol, R.S.J., 2002, Indicators for Social and Economic Coping Capacity - Moving Toward a Working Definition of Adaptive Capacity, Global Environmental Change, 12, pp. 25-40, 2002
- Zerger, A., 2002, Examining GIS decision utility for natural hazard risk modelling, 2002, Environmental Modelling & Software 17, pp. 287-294

Anexe

Anexa I Surse de date pentru bazinul hidrografic al Rinului

Rhine River Basin Scale							
No	Abb.	Name	Sub-index	Factor of	Units	Definition of indicator	Data Source
1	P _{FA}	Population in flood prone area	FVI _s	E	people	Number of people living in flood prone area	CRED, UNDP/BCPR
2	HDI	Human Development Index	FVI _{s, L}	S	-	$HDI = \frac{1}{3}(LEI) + \frac{1}{3}(EI) + \frac{1}{3}(GI)$	UNDP, 2004
3	C _H	Child Mortality	FVI _s	S	-	Number of children less than 1 year old, died per 1000 births	EPI report 2006
4	P _E	Past Experience	FVI _s	R	people	# of people affected in last 10 years because floods;	EM-DAT
5	A	Awareness&Preparedness	FVI _s	R	-	Range between 1-10	refer to table
6	C _{PR}	Communication Penetration Rate	FVI _s	R	%	% of mobile phones over the total population	INTUTE
7	W _s	Warning system	FVI _s	R	-	if No W _s than the value is 1, if yes W _s than the value is 10	YIN
8	E _R	Evacuation Roads	FVI _s	R	%	% of asphalted roads.	INTUTE
9	L _U	Land Use	FVI _L	E	%	% area used for industry, agriculture, any types of economic activities	WRI
10	U _H	Unemployment	FVI _s	S	#	$U_H = \frac{\text{No of people Unempl}}{\text{Total Pop Apt To Work}} * 100$	The World Factbook
11	I _W	Inequality	FVI _L	S	-	Gini Coefficient for wealth inequality, between 0 and 1	UN
12	A _{Inv}	Amount of Investment	FVI _L	R	-	Ratio of investment over the total GDP	IRMA Project - EF
13	E _R	Economic Recovery	FVI _L	R	-	How affected is the economy of a region at a large time scale, because of the average rainfall/year of a whole RB	Refer to table
14	R _{rainfall}	Rainfall	FVI _L	E	m/year	$R_{rainfall} = \frac{mm}{1000 * year} = \frac{m}{year}$	Ekstrom et al.
15	D _R	Degraded Area	FVI _L	E	%	% of degraded area	WRI
16	N _R	Natural Reservation	FVI _L	S	%	% of natural reservation over total RB $N_R = \frac{\text{Area of Natural Reservation}}{\text{Total Area of River Basin}} * 100$	World Resources Institute
17	E _v	Evaporation rate	FVI _L	S	m/year	yearly evaporation rate	Ekstrom et al.
18	U _{pop}	Unpopulated Area	FVI _L	E	%	% of area with density of population less than 10 pers/km ²	Water Resources Atlas
19	L _U	Land Use	FVI _L	E	%	% of forested area	World Resources Institute
20	T	Topography	FVI _{ps}	E	-	average slope of river basin	FVI
21	D _{HR}	# of days with heavy rainfall	FVI _{ps}	E	#	number of days with heavy rainfall, more than 100mm/day	FVI
22	R _D	River Discharge	FVI _{ps}	E	m ³ /s	maximum discharge in record of the last 10 years, m ³ /s	ICPR
23	F _O	Frequency of occurrence	FVI _{ps}	E	years	years between floods	ICPR
24	E _{v/Rainfall}	Evaporation rate/Rainfall	FVI _{ps}	E	-	Yearly Evaporation over yearly rainfall	Ekstrom et al.
25	D _{Sc}	Dams_Storage capacity	FVI _{ps}	R	m ³	The total volume of water, which can be stored by dams, polders, etc.	ICPR
26	A _{vRd}	Average River Discharge			m ³ /s	average river discharge at the mouth	ICPR
27	Sc/Year	Storage capacity over yearly discharge	FVI _L	R	m ³ /m ³	Storage capacity divided by yearly volume runoff	Refer to 25 & 26

Anexa II Surse de date pentru bazinul hidrografic al Dunarii

Danube River Basin Scale							
No	Abb.	Name	Sub-index	Factor	Units	Definition of indicator	Data Source
1	P _{FA}	Population in flood prone area	FV _{I_s}	E	people	Number of people living in flood prone area	UNDP/BCPR
2	HDI	Human Development Index	FV _{I_s,E}	S	-	$HDI = \frac{1}{3}(LEI) + \frac{1}{3}(EI) + \frac{1}{3}(GI)$	UNDP, 2004
3	C _H	Child Mortality	FV _{I_s}	S	-	Number of children less than 1 year old, died per 1000 births	EPI report 2006
4	P _E	Past Experience	FV _{I_s}	R	people	# of people affected in last 10 years because floods;	ICPDR, EM-DAT
5	A	Awareness&Preparedness	FV _{I_s}	R	-	Range between 1-10	refer to table
6	C _{PR}	Communication Penetration Rate	FV _{I_s}	R	%	% of mobile phones over the total population	INTUTE
7	W _s	Warning system	FV _{I_s}	R	-	if No W _s than the value is 1, if yes W _s than the value is 10	Y/N
8	E _R	Evacuation Roads	FV _{I_s}	R	%	% of asphalted roads.	INTUTE
9	L _U	Land Use	FV _{I_s,E}	E	%	% area used for industry, agriculture, any types of economic activities	WRI
10	U _H	Unemployment	FV _{I_s}	S	%	$U_H = \frac{\#of_people_Unempl}{Total_Pop_Apt_To_Work} * 100$	World Factbook 2005
11	I _W	Inequality	FV _{I_s,E}	S	-	Gini Coefficient for wealth inequality, between 0 and 1	UN
12	A _{Inv}	Amount of Investment	FV _{I_s,E}	R	-	Ratio of investment over the total GDP	Index Mundi for GDP
13	E _R	Economic Recovery	FV _{I_s,E}	R	-	How affected is the economy of a region at a large time scale, because	Refer to table
14	R _{rainfall}	Rainfall	FV _{I_s,E}	E	mm/year	the average rainfall year of a whole $R_{rainfall} = \frac{mm}{1000R_{B/year}} = \frac{m}{year}$	Ekstrom et al.
15	D _A	Degraded Area	FV _{I_s,E}	E	%	% of degraded area	WRI
16	N _R	Natural Reservation	FV _{I_s,E}	S	%	% of natural reservation over total $N_R = \frac{A_{NR}}{Total_Area_of_River_Basin} * 100$	WRI
17	E _V	Evaporation rate	FV _{I_s,E}	S	mm/year	yearly evaporation rate	Ekstrom et al.
18	U _{pop}	Unpopulated Area	FV _{I_s,E}	E	%	% of area with density of population less than 10 pers/km ²	Water Resources Atlas
19	L _U	Land Use	FV _{I_s,E}	E	%	% of forested area	World resources institute
20	T	Topography	FV _{I_s}	E	-	average slope of river basin	FVI
21	D _{HR}	# of days with heavy rainfall	FV _{I_s}	E	#	number of days with heavy rainfall, more than 100mm/day	FVI
22	R _D	River Discharge	FV _{I_s}	E	m ³ /s	maximum discharge in record of the last 10 years, m ³ /s	ICPDR
23	F _O	Frequency of occurrence	FV _{I_s}	E	years	years between floods	ICPDR
24	E _{V/Rainfall}	Evaporation rate/Rainfall	FV _{I_s}	E	-	Yearly Evaporation over yearly rainfall	Ekstrom et al.
25	D _{Sc}	Dams_Storage capacity	FV _{I_s}	R	m ³	The total volume of water, which can be stored by dams, polders, etc.	Sensitivity analysis
26	A _{VRd}	Average River Discharge			m ³ /s	average river discharge at the mouth	ICPDR
27	ScD	Storage capacity over yearly discharge	FV _{I_s}	R	m ³ /m ³	Storage capacity divided by yearly volume runoff	Refer to 25 & 26

Anexa III Surse de date pentru bazinul hidrografic al Mekongului

Mekong River Basin Scale							
No	Abb.	Name	Sub-index	Factor	Units	Definition of indicator	Data Source
1	P _{FA}	Population in flood prone area	FVI ₁	E	people	Number of people living in flood prone area	CRED, UNDP/BCPR
2	HDI	Human Development Index	FVI _{1,2,3}	S	-	$HDI = \frac{1}{3}(LEI) + \frac{1}{3}(EI) + \frac{1}{3}(GI)$	UNDP, 2004
3	C _H	Child Mortality	FVI ₃	S	-	Number of children less than 1 year old, died per 1000 births	EPI report 2006
4	P _E	Past Experience	FVI ₄	R	people	# of people affected in last 10 years because floods;	Mekong River Commission, 2005
5	A	Awareness&Preparedness	FVI ₅	R	-	Range between 1-10	refer to table
6	C _{PR}	Communication Penetration Rate	FVI ₆	R	%	% of mobile phones over the total population	INTUTE
7	W _S	Warning system	FVI ₇	R	-	if No W _S than the value is 1, if yes W _S than the value is 10	YN
8	E _R	Evacuation Roads	FVI ₈	R	%	% of asphalted roads.	INTUTE
9	L _U	Land Use	FVI ₉	E	%	% area used for industry, agriculture, any types of economic activities	WRI
10	U _H	Unemployment	FVI ₁₀	S	%	$U_H = \frac{\text{No. of people Unempl.}}{\text{Total Pop. Age 15 to Work}} \cdot 100$	World Factbook 2005
11	I _{...}	Inequality	FVI ₁₁	S	-	Gini Coefficient for wealth inequality, between 0 and 1	UN
12	A _{I...}	Amount of Investment	FVI ₁₂	R	-	Ratio of investment over the total GDP	Mekong River Commission, 2005
13	E _r	Economic Recovery	FVI ₁₃	R	-	How affected is the economy of a region at a large time scale, because of	refer to table
14	R _{...rain}	Rainfall	FVI ₁₄	E	mm/year	the average rainfall/year of a whole RB $R_{rainfall} = \frac{mm}{1000 * year} = \frac{m}{year}$	Mekong River Commission, 2005
15	D _a	Degraded Area	FVI ₁₅	E	%	% of degraded area	water resources institute
16	N _r	Natural Reservation	FVI ₁₆	S	%	% of natural reservation over total RB $N_r = \frac{Area_{of\ Natural\ Res.}}{\text{Total Area of the River Basin}} * 100$	water resources institute
17	E _v	Evaporation rate	FVI ₁₇	S	mm/year	yearly evaporation rate	Mekong River Commission, 2005
18	U _{...pop}	Unpopulated Area	FVI ₁₈	E	%	% of area with density of population less than 10 pers/km ²	Water Resources Atlas
19	L _u	Land Use	FVI ₁₉	E	%	% of forested area	water resources institute
20	T	Topography	FVI ₂₀	E	-	average slope of river basin	FVI
21	D _{NR}	# of days with heavy rainfall	FVI ₂₁	E	#	number of days with heavy rainfall, more than 100mm/day	FVI
22	R _d	River Discharge	FVI ₂₂	E	m ³ /s	maximum discharge in record of the last 10 years, m ³ /s	UNH/GRDC
23	F _o	Frequency of occurrence	FVI ₂₃	E	years	years between floods	Mekong River Commission, 2005
24	E _{v/R...rain}	Evaporation rate/Rainfall	FVI ₂₄	E	-	Yearly Evaporation over yearly rainfall	Mekong River Commission, 2005
25	D _{Sc}	Dams_Storage capacity	FVI ₂₅	R	m ³	The total volume of water, which can be stored by dams, polders, etc.	WB
26	AvRd	Average River Discharge			m ³ /s	average river discharge at the mouth	MRC
27	Sc/D	Storage capacity over yearly discharge	FVI ₂₇	R	m ³ /m ³	Storage capacity divided by yearly volume runoff	Refer to 25 & 26

Anexa IV Surse de date pentru subbazinul Tisei

Tizza Sub-catchment Scale								
No	Abb.	Name	Sub-index	FV Factor	Units	Definition of indicator	Functional relationship with	Data Source
1	PD	Population density	FVL _i	E	people/km ²	There is an important exposure to a given hazard if population is concentrated	Higher # of people, higher vulnerability	Tizza River Basin Economic Development Programme
2	P _{FA}	Population in flood prone area	FVL _i	E	people	Number of people living in flood prone area	The higher number of people, higher vulnerability	Tizza River Basin Economic Development
3	U _a	Urbanized Area	FVL _{i,e}	E	%	% of total area which is urbanized	higher %, higher vulnerability	PELCOM
4	P _{RU}	Rural population	FVL _i	E	%	% of population living outside of urbanized area	higher %, higher vulnerability	Platts, UNDP
5	% of disable	Disabled People	FVL _i	E	%	% of population with any kind of disabilities, also people less 15 and more than 65	higher %, higher vulnerability	INTUTE
6	HDI	Human Development Index	FVL _i	S	-	$HDI = \frac{1}{3}(LEI) + \frac{1}{3}(EI) + \frac{1}{3}(GI)$	The higher value, lower vulnerability	UNDP, 2004
7	C _H	Child Mortality	FVL _i	S	-	Number of children less than 1 year old, died per 1000 births	The higher number of children, higher vulnerability	EPI report 2006
8	P _e	Past Experience	FVL _i	R	people	# of people who have been affected in last 10 years because flood events;	The higher value, lower vulnerability	Selected Global Extreme Information, Reuter News, EM-DAT
9	A	Awareness&Preparedness	FVL _i	R	-	Range between 1-10	10 means lower vulnerability	Refer to Table
10	C _{PK}	Communication Penetration Rate	FVL _i	R	%	% of households with sources of information	Higher percentage means lower vulnerability	INTUTE
11	W _s	Warning system	FVL _i	R	-	if No W _s than the value is 1, if yes W _s than the value is 10	Having W/S reduces the vulnerability	Yes/No
12	E _r	Evacuation Roads	FVL _i	R	%	% of asphalted roads.	The better the quality of roads, improves the evacuation during floods	INTUTE
13	L _u	Land Use	FVL _{i,e}	E	%	% area used for industry, agriculture, any types of economic activities	The higher %, the high vulnerability	UNEP
14	U _H	Unemployment	FVL _{i,e}	S	%	$= \frac{\text{No of people Unempl}}{\text{Total Pop. Apt To Work}} * 100$	The higher %, the high vulnerability	World Factbook 2005
15	L _u	Inequality	FVL _{i,e}	S	-	Gini Coefficient for wealth inequality, between 0 and 1	Where 1 means low vulnerability	UN
16	L _e	Life expectancy Index	FVL _{i,e}	S	-	$LEI = \frac{LE - 25}{85 - 25}$	Higher LEI, Lower vulnerability	UNDP, 2004
17	FI	Flood Insurance	FVL _{i,e}	R	-	the number flood insurances per 100 inhabitants, if 0 than take 1	higher # of FI, lower vulnerability	
18	A _I	Amount of Investment	FVL _{i,e}	R	-	Ratio of investment over the total GDP	Higher the investment lower vulnerability	UNEP, 2004
19	D _L	Dikes_Levees	FVL _{i,e}	R	km/km	Km of dikes/levees over total length of river	Longer D _L , lower vulnerability	sensitivity analysis
20	D _{Sc}	Dams_Storage capacity	FVL _{i,e}	R	m	amount of storage capacity over area of sub-catchment	higher capacity, lower vulnerability	sensitivity analysis
21	E _{cr}	Economic recovery	FVL _{i,e}	R	#	How affected is the economy of a region at a large time scale, because of floods		Refer to table
22	R _{rainfall}	Rainfall	FVL _{i,e}	E	m/year	the average rainfall/year of a whole RB $= \frac{\sum m}{1000 * year} = \frac{m}{year}$	Higher rainfall, higher vulnerability	Ekstrom et al.
23	D _a	Degraded Area	FVL _{i,e}	E	%	% of degraded area	Bigger D _a , higher vulnerability	WRI
24	U _c	Urban Growth	FVL _{i,e}	S	%	% of increase in urban area in last 10 years;	fast urban growth may result in poor quality housing and thus make	UNDP/BCPR, 2004
25	L _u	Land Use	FVL _{i,e}	E	%	% of forested area	The higher %, the low vulnerability	Tizza River Basin Economic Development Programme
26	EV	Evaporation rate	FVL _{i,e}	S	m/year	yearly evaporation rate	higher EV, lower vulnerability	Ekstrom et al.
27	N _r	Natural Reservation	FVL _{i,e}	S	%	% of natural reservation over total SC $= \frac{A_{na}}{\text{Total Area of River Basin}} * 100$	Higher %, Lower vulnerability	UNEP

Tisza Sub-catchment Scale								
No	Abb.	Name	Sub-index	FV Factor	Units	Definition of indicator	Functional relationship with	Data Source
28	U _{pop}	Unpopulated Area	FV _{Le}	E	%	% of area with density of population less than 10 pers/km ²	Higher Unpop area, Lower vulnerability	Water Resource Atlas
29	T	Topography	FV _{Is}	E	-	average slope of sub-catchment	The steeper slope, higher vulnerability	wikipedia
30	F _o	River Discharge	FV _{Is}	E	m ³ /s	maximum discharge in record of the last 10 years, m ³ /s	higher RD, higher vulnerability	Tisza Flood action plan
31	F _o	Frequency of occurrence	FV _{Is}	E	years	years between floods	bigger # of years, high vulnerability	Tisza Flood action plan
32	Ev/R _{rainfall}	Evaporation rate/Rainfall	FV _{Is}	E	-	Yearly Evaporation over yearly rainfall	Higher the Ev, lower vulnerability	Ekstrom et al.
33	D _{So}	Dams Storage capacity	FV _{Is}	R	m ³	amount of storage capacity	higher m ³ , higher vulnerability	UNEP, rec.hu,
34	AvRd	Average River Discharge	FV _{Is}	E	m ³ /s	average river discharge at the mouth		S. Djordjevic et al
35	SoF/year	Storage capacity over yearly	FV _{Le}	R	m ³ /m ³	Storage capacity divided by yearly volume runoff	higher So means lower vulnerability	Refer to 35 & 36

Anexa V Surse de date pentru subbazinul Timisului si Begai

Bega and Timis Sub-catchment Scale								
No	Abb.	Name	Sub-index	FV Factor	Units	Definition of indicator	Functional relationship with vulnerability	Data Source
1	PD	Population density	FV _{Is}	E	people/km ²	There is an important exposure to a given hazard if population is	Higher # of people, higher vulnerability	answer.com
2	P _{ra}	Population in flood prone area	FV _{Is}	E	people	Number of people living in flood prone area	The higher number of people, higher vulnerability	UNDP/BCPR
3	U _k	Urbanized Area	FV _{Is,Le}	E	%	% of total area which is urbanized	higher %, higher vulnerability	PELCOM, 2001
4	R _{pop}	Rural population	FV _{Is}	E	%	% of population living outside of urbanized area	higher %, higher vulnerability	wikipedia, Flatts, UNDP
5	% of disable	Disable People	FV _{Is}	E	%	% of population with any kind of disabilities, also people less 12 and more than 65	higher %, higher vulnerability	INTUTE
6	HDI	Human Development Index	FV _{Is}	S	-	$HDI = \frac{1}{3}(LEI) + \frac{1}{3}(EI) + \frac{1}{3}(GI)$	The higher value, lower vulnerability	UNDP, 2004
7	C _n	Child Mortality	FV _{Is}	S	-	Number of children less than 1 year old, died per 1000 births	The higher number of children, higher vulnerability	EPI report 2006
8	P _e	Past Experience	FV _{Is}	R	people	# of people who have been affected in last 10 years because flood events;	The higher value, lower vulnerability	Selected Global Extreme Information, Fleuter News, EM-DAT
9	A	Awareness&Preparedness	FV _{Is}	R	-	Range between 1-10	10 means lower vulnerability	Refer to table
10	C _{pr}	Communication Penetration Rate	FV _{Is}	R	%	% of mobile phones over the total population	Higher percentage means lower vulnerability	INTUTE
11	W _s	Warning system	FV _{Is}	R	-	if No W _s than the value is 1, if yes W _s than the value is 10	Having W/S reduces the vulnerability	Y/N
12	E _s	Evacuation Roads	FV _{Is}	R	%	% of asphalted roads.	The better the quality of roads, improves the evacuation during floods	INTUTE
13	L _u	Land Use	FV _{Le}	E	%	% area used for industry, agriculture, any types of economic activities	The higher %, the high vulnerability	UNEP
14	P _r	Proximity to river	FV _{Le}	E	km	average proximity of populated areas to flood prone areas	close to the river, higher vulnerability	Google Earth
15	U _n	Unemployment	FV _{Le}	S	%	$\frac{\#of_people_Unempl}{Total_Pop_Apt\ To\ Work} * 100$	The higher %, the high vulnerability	UNDP, 2004, World Factbook, 2005
16	L _u	Inequality	FV _{Le}	S	-	Gini Coefficient for wealth inequality, between 0 and 1	where 1 means low vulnerability	UN
17	L _{ei}	Life expectancy Index	FV _{Le}	S	-	$LEI = \frac{LE - 25}{85 - 25}$	Higher LEI, Lower vulnerability	UNDP, 2004
18	FI	Flood Insurance	FV _{Le}	R	-	the number flood insurances per 100 inhabitants, if 0 than take 1	higher # of FI, lower vulnerability	
19	A _{inv}	Amount of Investment	FV _{Le}	R	-	Ratio of investment over the total GDP	Higher the investment lower vulnerability	Environmental Minister of Romania UNEP

Bega and Timis Sub-catchment Scale								
No	Abb.	Name	Sub-index	FY Factor	Units	Definition of indicator	Functional relationship with vulnerability	Data Source
20	D_L	Dikes_Levees	FVL _L	R	km/km	Km of dikes/levees over total length of river	Longer D_L, lower vulnerability	Authority of Water, Romania
21	D_Sc	Dams_Storage capacity	FVL _L	R	m	amount of storage capacity over area of sub-catchment	higher capacity, lower vulnerability	Authority of Water, Romania
22	Er	Economic recovery	FVL _L	R	#	How affected is the economy of a region at a large time scale, because of floods	Higher economic recovery, less vulnerable	Refer to table
23	R _{year}	Rainfall	FVL _L	E	m/year	the average rainfall/year of a whole RB $= \frac{mm}{1000 * year} = \frac{m}{year}$	Higher rainfall, higher vulnerability	Ekstrom et al.
24	D _a	Degraded Area	FVL _L	E	%	% of degraded area	Bigger D _a , higher vulnerability	WRI
25	U _c	Urban Growth	FVL _L	S	%	% of increase in urban area in last 3 years;	fast urban growth may result in poor quality housing and thus make people more vulnerable	UNDP/BCPR, 2004
26	L _u	Land Use	FVL _L	E	%	% of forested area	The higher %, the low vulnerability	WRI
27	Ev	Evaporation Rate	FVL _L	S	m/year	yearly evaporation rate	higher EV, lower vulnerability	Ekstrom et al.
28	N _R	Natural Reservation	FVL _L	S	%	% of natural reservation over total SC $= \frac{A_{NR}}{Total_Area_of_River_Basi_area} * 100$	Higher %, Lower vulnerability	http://www.iatp.md/tarii/TEXT/RO/international/ariaiRO.htm , UNEP
29	U _{pop}	Unpopulated Area	FVL _L	E	%	% of area with density of population less than 10 pers/km ²	Higher Unpop area. Lower vulnerability	Water Resource Atlas
30	T	Topography	FVL _S	E	-	average slope of sub-catchment	The steeper slope, higher vulnerability	Authority of Water, Romania, Wikipedia
31	R _D	River Discharge	FVL _S	E	m ³ /s	maximum discharge in record of the last 10 years, m ³ /s	higher RD, higher vulnerability	Authority of Water, Romania,
32	F _O	Frequency of occurrence	FVL _S	E	years	years between floods	bigger # of years, high vulnerability	Authority of Water, Romania,
33	Ev/R _{year}	Evaporation rate/Rainfall	FVL _S	E	-	Yearly Evaporation over yearly rainfall	Higher the Ev, lower vulnerability	Ekstrom et al.
34	D_Sc	Dams_Storage capacity	FVL _S	R	m ³	amount of storage capacity	higher m ³ , higher vulnerability	Authority of Water, Romania
36	A _v R _D	Average River Discharge	FVL _S	E	m ³ /s	average river discharge at the mouth		Authority of Water, Romania
37	Sc/V _{year}	Storage capacity over yearly	FVL _L	R	m ³ /m ³	Storage capacity divided by yearly volume runoff	higher Sc means lower vulnerability	Refer to 35 & 36

Anexa VI Surse de date pentru subbazinul Neckarului

Neckar Sub-catchment Scale								
No	Abb.	Name	Sub-index	FY Factor	Units	Definition of indicator	Functional relationship with vulnerability	Data Source
1	PD	Population density	FVL _S	E	people/km ²	There is an important exposure to a given hazard if population is	Higher # of people, higher vulnerability	IKONE project, Aktionsplan Hochwasser
2	P _{ra}	Population in flood prone area	FVL _S	E	people	Number of people living in flood prone area	The higher number of people, higher vulnerability	IKONE project, Aktionsplan Hochwasser
3	U _a	Urbanized Area	FVL _L	E	%	% of total area which is urbanized	higher %, higher vulnerability	PELCOM
4	R _{pop}	Rural population	FVL _S	E	%	% of population living outside of urbanized area	higher %, higher vulnerability	Platts, UNDP
5	% of disable	Disabled People	FVL _S	E	%	% of population with any kind of disabilities, also people less 15 and more than 85	higher %, higher vulnerability	INTUTE
6	HDI	Human Development Index	FVL _S	S	-	$HDI = \frac{1}{3}(LID) + \frac{1}{3}(ED) + \frac{1}{3}(GI)$	The higher value, lower vulnerability	UNDP, 2004
7	C _H	Child Mortality	FVL _S	S	-	Number of children less than 1 year old, died per 1000 births	The higher number of children, higher vulnerability	EPI report 2006
8	P _E	Past Experience	FVL _S	R	people	# of people who have been affected in last 10 years because flood events.	The higher value, lower vulnerability	Selected Global Extreme Information, Reuter News, EM.DAT

Neckar Sub-catchment Scale								
No	Abb.	Name	Sub-index	FY Factor	Units	Definition of indicator	Functional relationship with	Data Source
9	A	Awareness&Preparedness	FVL _s	R	-	Range between 1-10	10 means lower vulnerability	Refer to Table
10	C _{PR}	Communication Penetration Rate	FVL _s	R	%	% of households with sources of information	Higher percentage means lower vulnerability	INTUTE
11	W _s	Warning system	FVL _s	R	-	if No W _s than the value is 1, if yes W _s than the value is 10	Having W/S reduces the vulnerability	Yes/No
12	E _R	Evacuation Roads	FVL _s	R	%	% of asphalted roads.	The better the quality of roads, improves the evacuation during floods	INTUTE
13	L _u	Land Use	FVL _e	E	%	% area used for industry, agriculture, any types of economic activities	The higher %, the high vulnerability	UNEP
14	P _R	Proximity to river	FVL _e	E	km	average proximity of populated areas to flood prone areas	close to the river, higher vulnerability	Google Earth
15	U _H	Unemployment	FVL _e	S	%	$\frac{\text{Haf_paaple_Unemp}}{\text{Total_Pop_AgiToMark}} * 100$	The higher %, the high vulnerability	World Factbook 2005
16	L ₁₁	Inequality	FVL _e	S	-	Gini Coefficient for wealth inequality, between 0 and 1	Where 1 means low vulnerability	UN
17	L _{E1}	Life expectancy Index	FVL _e	S	-	$LEI = \frac{LE - 25}{85 - 25}$	Higher LEI, Lower vulnerability	UNDP, 2004
18	FI	Flood Insurance	FVL _e	R	-	the number flood insurances per 100 inhabitants, if 0 than take 1	higher # of FI, lower vulnerability	MunichRE
19	A _I	Amount of Investment	FVL _e	R	-	Ratio of investment over the total GDP	Higher the investment lower vulnerability	IKONE project, Aktionsplan Hochwasser
20	D _L	Dikes_Levees	FVL _e	R	km/km	Km of dikes/levees over total length of river	Longer D _L , lower vulnerability	sensitivity analysis
21	D _{Sc}	Dams_Storage capacity	FVL _e	R	m	amount of storage capacity over area of sub-catchment	higher capacity, lower vulnerability	IKONE project, Aktionsplan Hochwasser
22	Er	Economic	FVL _e	R	#			refer to table
23	R _{rainfall}	Rainfall	FVL _e	E	m/year	$\frac{\text{the average rainfall/year of a whole RB}}{1000} * \frac{\text{year}}{\text{year}}$	Higher rainfall, higher vulnerability	Ekstrom et al.
24	D _a	Degraded Area	FVL _e	E	%	% of degraded area	Bigger D _a , higher vulnerability	WRI
25	U _c	Urban Growth	FVL _e	S	%	% of increase in urban area in last 10 years;	fast urban growth may result in poor quality housing and thus make people more vulnerable	UNDP/BCPR, 2004
26	L _u	Land Use	FVL _e	E	%	% of forested area	The higher %, the low vulnerability	
27	EV	Evaporation rate	FVL _e	S	m/year	yearly evaporation rate	higher EV, lower vulnerability	Ekstrom et al.
28	N _R	Natural Reservation	FVL _e	S	%	$\frac{A_{NR}}{\text{Total_Area_of_River_Basin}} * 100$	Higher %, Lower vulnerability	UNEP
29	U _{pop}	Unpopulated Area	FVL _e	E	%	% of area with density of population less than 10 pers/km ²	Higher Unpop area. Lower vulnerability	Water Resource Atlas
30	T	Topography	FVL _s	E	-	average slope of sub-catchment	The steeper slope, higher vulnerability	wikipedia
31	R _D	River Discharge	FVL _s	E	m ³ /s	maximum discharge in record of the last 10 years, m ³ /s	higher RD, higher vulnerability	21 December 1993 [wikipedia]
32	F _o	Frequency of occurrence	FVL _s	E	years	years between floods	bigger # of years, high vulnerability	IKONE project, Aktionsplan Hochwasser
33	E _v /R _{rainfall}	Evaporation rate/Rainfall	FVL _s	E	-	Yearly Evaporation over yearly rainfall	Higher the Ev, lower vulnerability	Ekstrom et al.
34	D _{Sc}	Dams_Storage capacity	FVL _s	R	m ³	amount of storage capacity	higher m ³ , higher vulnerability	IKONE project, Aktionsplan Hochwasser
35	AvRd	Average River Discharge			m ³ /s	average river discharge at the mouth		wikipedia
36	Sc/V _{year}	Storage capacity over yearly discharge	FVL _e	R	m ³ /m ³	Storage capacity divided by yearly volume runoff	higher Sc means lower vulnerability	Refer to 34 & 35

Anexa VII Surse de date pentru subbazinul Munului

Mun Sub-catchment Scale								
No	Abb.	Name	Sub-index	FY Factor	Units	Definition of indicator	Functional relationship with	Data Source
1	PD	Population density	FVL ₁	E	people/km ²	There is an important exposure to a given hazard if population is concentrated	Higher # of people, higher vulnerability	http://www.dams.org/docs/kbase/studies/csthanx.pdf
2	P _{FA}	Population in flood prone area	FVL ₂	E	people	Number of people living in flood prone area	The higher number of people, higher vulnerability	http://www.dams.org/docs/kbase/studies/csthanx.pdf
3	U _A	Urbanized Area	FVL _{3,4}	E	%	% of total area which is urbanized	higher %, higher vulnerability	INTUTE
4	R _{POP}	Rural population	FVL ₄	E	%	% of population living outside of urbanized area	higher %, higher vulnerability	http://www.dams.org/docs/kbase/studies/csthanx.pdf
5	% of disable	Disabled People	FVL ₅	E	%	% of population with any kind of disabilities, also people less 15 and more than 65	higher %, higher vulnerability	INTUTE
6	HDI	Human Development Index	FVL ₆	S	-	$HDI = \frac{1}{3}(LEI) + \frac{1}{3}(EI) + \frac{1}{3}(GI)$	The higher value, lower vulnerability	UNDP, 2004
7	C _H	Child Mortality	FVL ₇	S	-	Number of children less than 1 year old, died per 1000 births	The higher number of children, higher vulnerability	http://www.dams.org/docs/kbase/studies/csthanx.pdf
8	P _E	Past Experience	FVL ₈	R	people	# of people who have been affected in last 10 years because flood events;	The higher value, lower vulnerability	http://68.178.233.117/MPcomp/2003/maps/Academicindividual-Caquard.pdf
9	A	Awareness&Preparedness	FVL ₉	R	-	Range between 1-10	10 means lower vulnerability	Refer to Table
10	C _{PR}	Communication Penetration	FVL ₁₀	R	%	% of households with sources of information	Higher percentage means lower vulnerability	INTUTE
11	W _S	Warning system	FVL ₁₁	R	-	If no W _S than the value is 1, if yes W _S than the value is 10	Having W _S reduces the vulnerability	Yes/No
12	E _R	Evacuation Roads	FVL ₁₂	R	%	% of asphalted roads.	The better the quality of roads, improves the evacuation during floods	INTUTE
13	L _U	Land Use	FVL ₁₃	E	%	% area used for industry, agriculture, any types of economic activities	The higher %, the high vulnerability	INTUTE
14	U _H	Unemployment	FVL ₁₄	S	%	$\frac{\text{No of people Unempl}}{\text{Total Pop. Age 15 to 64}} * 100$	The higher %, the high vulnerability	World Factbook 2005
15	I _W	Inequality	FVL ₁₅	S	-	Gini Coefficient for wealth inequality, between 0 and 1	Where 1 means low vulnerability	UN
16	L _{EI}	Life expectancy Index	FVL ₁₆	S	-	$LEI = \frac{LE - 25}{85 - 25}$	Higher LEI, Lower vulnerability	http://www.dams.org/docs/kbase/studies/drafts/thscop.pdf
17	FI	Flood Insurance	FVL ₁₇	R	-	the number flood insurances per 100 inhabitants, if 0 than take 1	higher # of FI, lower vulnerability	
18	A _I	Amount of Investment	FVL ₁₈	R	-	Ratio of investment over the total GDP	Higher the investment lower vulnerability	UNEP, 2004
19	D _L	Dikes_Levees	FVL ₁₉	R	km/km	Km of dikes/levees over total length of river	Longer D _L , lower vulnerability	Google earth
20	D _{Sc}	Dams_Storage capacity	FVL ₂₀	R	m	amount of storage capacity over area of sub-catchment	higher capacity, lower vulnerability	www.ucovr.siu.edu
21	E _r	Economic recovery	FVL ₂₁	R	#			Refer to Table
22	R _{RAI}	Rainfall	FVL ₂₂	E	m/year	the average rainfall/year of a whole $= \frac{mm}{1000 * \text{year}} = \frac{m}{\text{year}}$	Higher rainfall, higher vulnerability	http://www.dams.org/docs/kbase/studies/csthanx.pdf
23	D _A	Degraded Area	FVL ₂₃	E	%	% of degraded area	Bigger D _A , higher vulnerability	WRI
24	U _G	Urban Growth	FVL ₂₄	S	%	% of increase in urban area in last 10 years;	fast urban growth may result in poor quality housing and thus make	UNDP/BCPR, 2004
25	L _U	Land Use	FVL ₂₅	E	%	% of forested area	The higher %, the low vulnerability	http://www.mekongnet.org/images/5/5b/Urya.pdf
26	EV	Evaporation rate	FVL ₂₆	S	m/year	yearly evaporation rate	higher Ev, higher vulnerability	Mekong River Commission
27	N _R	Natural Reservation	FVL ₂₇	S	%	$\frac{A_{NR}}{\text{Total Area of River Basin SC area}} * 100$	Higher %, Lower vulnerability	UNEP

Mun Sub-catchment Scale								
No	Abb.	Name	Sub-index	FY Factor	Units	Definition of indicator	Functional relationship with vulnerability	Data Source
28	U _{pop}	Unpopulated Area	FVL _z	E	%	% of area with density of population less than 10 pers/km ²	Higher Unpop area. Lower vulnerability	Water Resource Atlas
29	T	Topography	FVL _h	E	-	average slope of sub-catchment	The steeper slope, higher vulnerability	wikipedia, google earth, http://www.hydro.washington.edu
30	F ₀	River Discharge	FVL _h	E	m ³ /s	maximum discharge in record of the last 10 years, m ³ /s	higher RD, higher vulnerability	http://www.dams.org/docs/kbasestudiesfosthanx.p
31	F _o	Frequency of occurrence	FVL _h	E	years	years between floods	bigger # of years, high vulnerability	http://www.dams.org/docs/kbasestudiesfosthanx.p
32	Ev/R _{rainfall}	Evaporation rate/Rainfall	FVL _h	E	-	Yearly Evaporation over yearly rainfall	Higher the Ev, lower vulnerability	http://www.dams.org/docs/kbasestudiesfosthanx.p
33	D_Sc	Dams_Storage capacity	FVL _h	R	m ³	amount of storage capacity	higher m ³ , higher vulnerability	http://www.dams.org/docs/kbasestudiesfosthanx.p
34	AvRd	Average River Discharge	FVL _h	E	m ³ /s	average river discharge at the mouth		www.dams.org
35	Sc/Yyear	Storage capacity over yearly discharge	FVL _z	R	m ³ /m ³	Storage capacity divided by yearly volume runoff	higher Sc means lower vulnerability	Refer to 35 & 36

Anexa VIII Surse de date pentru orasul Timisoara

Timisoara Urban Scale								
No	Abb.	Name	Sub-index	FY Factor	Units	Definition of indicator	Functional relationship with vulnerability	Data Source
1	PD	Population density	FVL _z	E	people/km ²	There is an important exposure to a given hazard if population is concentrated	Higher # of people, higher vulnerability	wikipedia
2	P _{FA}	Population in flood prone area	FVL _z	E	people	Number of people living in flood prone area	The higher number of people, higher vulnerability	wikipedia
3	C _H	Cultural Heritage	FVL _z	E	-	number of historical buildings, museums, etc., in danger when flood occurs, if none take 1	high # of CH, higher the vulnerability	water authority of Banat, INTUTE
4	P _G	Population growth	FVL _z	E	%	% of growth of population in urban areas in the last 10 years	fast PG, higher vulnerability, hypothesis is made that fast population growth may create pressing on housing capacities	wikipedia, INTUTE
5	% of disable	Disable People	FVL _z	E	%	% of population with any kind of disabilities, also people less 12 and more than 65	higher %, higher vulnerability	wikipedia, INTUTE
6	HDI	Human Development Index	FVL _{z,e}	S	-	$HDI = \frac{1}{3}(\frac{LPI}{22}) + \frac{1}{3}(\frac{EI}{22}) + \frac{1}{3}(\frac{GI}{22})$	The higher value, lower vulnerability	UNDP, 2004
7	C _M	Child Mortality	FVL _z	S	-	Number of children less than 1 year old, died per 1000 births	The higher number of children, higher vulnerability	UNDP, 2004
8	P _E	Past Experience	FVL _z	R	people	# of people who have been affected in last 10 years because flood events;	The higher value, lower vulnerability	water authority of Banat
9	A	Awareness&Preparedness	FVL _z	R	-	Range between 1-10	10 means lower vulnerability	refer to table
10	C _{PR}	Communication Penetration Rate	FVL _z	R	%	% of households with sources of information	Higher percentage means lower vulnerability	INTUTE
11	S	Shelters	FVL _z	R	#/km ²	number of shelters per km ² including hospitals	bigger # of S, lower vulnerability	water authority of Banat
12	W _s	Warning system	FVL _z	R	-	if No W _s than the value is 1, if yes W _s than the value is 10	Having WS reduces the vulnerability	water authority of Banat
13	E _s	Emergency Service	FVL _z	R	#	number of people working in this service	bigger # of people, less vulnerable they are	water authority of Banat
14	E _R	Evacuation Roads	FVL _z	R	%	% of asphalted roads.	The better the quality of roads, improves the evacuation during floods	INTUTE
15	Ind	Industries	FVL _z	E	#	# of industries or any types of economic activities in urban area	The higher %, the high vulnerability	water authority of Banat, INTUTE
16	Cr	Contact with River	FVL _z	E	km	Distance of city along the river	more distance, more vulnerability	google earth
17	U _H	Unemployment	FVL _z	S	%	$U_H = \frac{\text{No of people Unemployed}}{\text{Total Pop. Age 15 to Work}} \cdot 100$	The higher %, the high vulnerability	Worldfact Book, 2007
18	I _{ineq}	Inequality	FVL _z	S	-	Gini Coefficient for wealth inequality, between 0 and 1	Where 1 means low vulnerability	UNDP, 2004
19	FI	Flood Insurance	FVL _z	R	-	the number flood insurances, if 0 than take 1	higher # of FI, lower vulnerability	water authority of Banat

Timisoara Urban Scale								
No	Abb.	Name	Sub-index	FV Factor	Units	Definition of indicator	Functional relationship with vulnerability	Data Source
20	A _{I..}	Amount of Investment	FV _{I..}	R	-	Ratio of investment over the total GDP	Higher the investment lower vulnerability	water authority of Banat
21	D _L	Dikes_Levees	FV _{I..}	R	km	Km of dikes/levees	Longer D _L , lower vulnerability	water authority of Banat
22	D _{Sc}	Dams_Storage capacity	FV _{I..}	R	m ³	Storage capacity in m3 of dams, polders, etc., upstream of	higher m3, higher vulnerability	water authority of Banat
23	RT	Recovery time	FV _{I..}	R	days	Amount of time needed by the city to recover to a functional operation after flood events	the higher amount of time, the higher vulnerability	
24	R _{rainfall}	Rainfall	FV _{I..}	E	m/year	the average rainfall/year of a whole RB	Higher rainfall, higher vulnerability	Ekstrom et al., http://lweb2.loc.gov/frd/tcs/khtoc.html
25	L _u	Land Use	FV _{I..}	E	%	area destined for green areas inside the urban area	The higher %, the low vulnerability	water authority of Banat
26	UG	Urban Growth	FV _{I..}	S	%	% of increase in urban area in last 10 years	fast urban growth may result in poor quality housing and thus make people more vulnerable	water authority of Banat
27	EV	Evaporation	FV _{I..}	S	m/year		higher ev, lower vulnerability	Ekstrom et al.
28	T	Topography	FV _{I..}	E	-	average slope of the city	The steeper slope, higher vulnerability	water authority of Banat, google earth
29	R _o	River Discharge	FV _{I..}	E	m ³ /s	maximum river discharge in record of the last 10 years, m ³ /s	higher RD, higher vulnerability	water authority of Banat, http://www.aie.edu.kh/pp/pp.html
30	Ev/R _{rain}	Evaporation rate/Rainfall	FV _{I..}	E	-	Yearly Evaporation over yearly rainfall	Higher the Ev, lower vulnerability	Ekstrom et al., http://lweb2.loc.gov/frd/tcs/khtoc.html
31	D _{Sc}	Dams_Storage capacity	FV _{I..}	R	m ³	amount of storage capacity	higher m3, higher vulnerability	water authority of Banat
32	D	Drainage system	FV _{I..}	R	Km	Km of canalization in the city	higher km, low vulnerability	Aquatim Ro
33	AvD	Average Discharge	FV _{I..}	E	m ³ /s			Water Authority of Banat
34	ScI/year	Storage over yearly runoff	FV _{I..}	R	m ³ /m ³	Amount of storage capacity over the yearly average runoff	Larger storage capacity means lower vulnerability	Water Authority of Banat

Anexa IX Surse de date pentru orasul Mannheim

Mannheim Urban Scale								
No	Abb.	Name	Sub-index	FV Factor	Units	Definition of indicator	Functional relationship with vulnerability	Data Source
1	PD	Population density	FV _{I..}	E	people/km ²	There is an important exposure to a given hazard if population is concentrated	Higher # of people, higher vulnerability	wikipedia
2	P _{FA}	Population in flood prone area	FV _{I..}	E	people	Number of people living in flood prone area	The higher number of people, higher vulnerability	wikipedia
3	C _H	Cultural Heritage	FV _{I..}	E	-	number of historical buildings, museums, etc., in danger when flood occurs	high # of CH, higher the vulnerability	identic for all cities
4	P _G	Population growth	FV _{I..}	E	%	% of growth of population in urban areas in the last 10 years	fast PG, higher vulnerability, hypothesis is made that fast population growth may create pressing on housing capacities	INTUTE
5	% of disable	Disable People	FV _{I..}	E	%	% of population with any kind of disabilities, also people less than 12 and more than 65	higher %, higher vulnerability	INTUTE
6	HDI	Human Development Index	FV _{I..}	S	-	$HDI = \frac{1}{3}(LI) + \frac{1}{3}(EI) + \frac{1}{3}(GI)$	The higher value, lower vulnerability	UNDP, 2004
7	C _M	Child Mortality	FV _{I..}	S	-	Number of children less than 1 year old, died per 1000 births	The higher number of children, higher vulnerability	UNDP, 2004
8	P _E	Past Experience	FV _{I..}	R	people	# of people who have been affected in last 10 years because flood events;	The higher value, lower vulnerability	

Mannheim Urban Scale								
No	Abb.	Name	Sub-index	FV Factor	Units	Definition of indicator	Functional relationship with vulnerability	Data Source
9	A	Awareness&Preparedness	FVL _s	R	-	Range between 1-10	10 means lower vulnerability	refer to table
10	C _{PR}	Communication Penetration Rate	FVL _s	R	%	% of households with sources of information	Higher percentage means lower vulnerability	INTUTE
11	S	Shelters	FVL _s	R	#/km ²	number of shelters per km ² including hospitals	bigger # of S, lower vulnerability	identic for all cities
12	W _s	Warning system	FVL _s	R	-	if No W _s than the value is 1, if yes W _s than the value is 10	Having W/S reduces the vulnerability	yes
13	E _s	Emergency Service	FVL _s	R	#	number of people working in this service	bigger # of people, less vulnerable they are	identic for all cities
14	E _R	Evacuation Roads	FVL _s	R	%	% of asphalted roads.	The better the quality of roads, improves the evacuation during floods	INTUTE
15	Ind	Industries	FVL _e	E	#	# of industries or any types of economic activities in urban	The higher %, the high vulnerability	google map, industry
16	Cr	Contact with	FVL _e	E	km	Distance of city along the river	more distance, more	google earth
17	U _H	Unemployment	FVL _e	S	%	$U_H = \frac{\text{no of people Unemp}}{\text{Total Pop. Age To Work}} \cdot 100$	The higher %, the high vulnerability	Worldfact Book, 2007
18	I _W	Inequality	FVL _e	S	-	Gini Coefficient for wealth inequality, between 0 and 1	Where 1 means low vulnerability	UNDP, 2004
19	FI	Flood Insurance	FVL _e	R	-	the number flood insurances per 100 inhabitants, if 0 than	higher # of FI, lower vulnerability	MunichRe
20	A _I	Amount of Investment	FVL _e	R	-	Ratio of investment over the total GDP	Higher the investment lower vulnerability	See sensitivity analysis
21	D _L	Dikes_Levees	FVL _e	R	km	Km of dikes/levees	Longer D _L , lower vulnerability	google earth
22	D _{Sc}	Dams_Storage capacity	FVL _e	R	m ³	Storage capacity in m3 of dams, polders, etc., 100 km upstream of the city	higher m3, lower vulnerability	IKONE project, Aktionsplan Hochwasser Neckar, 2006
23	RT	Recovery time	FVL _e	R	days	Amount of time needed by the city to recover to a functional operation after flood events	the higher amount of time, the higher vulnerability	
24	R _{rainfall}	Rainfall	FVL _e	E	m/year	the average rainfall/year of a whole RE	Higher rainfall, higher vulnerability	Ekstrom et al.
25	L _u	Land Use	FVL _e	E	%	area destined for green areas inside the urban area	The higher %, the low vulnerability	Sensitivity Analysis
26	UG	Urban Growth	FVL _e	S	%	% of increase in urban area in last 10 years	fast urban growth may result in poor quality housing and thus make people more vulnerable	UNDP/BCPR, 2004
27	EV	Evaporation	FVL _e	S	m/year	yearly decrease rate in groundwater level	higher GWL, higher vulnerability	Ekstrom et al.
28	T	Topography	FVL _s	E	-	average slope of sub-catchment	The steeper slope, higher vulnerability	wikipedia
29	R _D	River Discharge	FVL _s	E	m ³ /s	maximum river discharge in recor of the last 10 years, m ³ /s	higher RD, higher vulnerability	21 December 1993 [Wikipedia]
30	E _{v/R_{rainfall}}	Evaporation rate/Rainfall	FVL _s	E	-	Yearly Evaporation over yearly rainfall	Higher the Ev, lower vulnerability	Ekstrom et al.
31	D _{Sc}	Dams_Storage capacity	FVL _s	R	m ³	amount of storage capacity	higher m3, lower vulnerability	IKONE project, Aktionsplan Hochwasser Neckar, 2006
32	Drain	Drainage system	FVlec	R	Km	Km of canalization in the city	higher km less vulnerability	Stadtentwasserung Mannheim
33	AvD	Average	FVL _s	E	m ³ /s	Average discharge		wikipedia
34	Sc/Y _{year}	Storage over yearly runoff	FVL _s	R	m ³ /m ³	Amount of storage capacity over the yearly average runoff	Larger storage capacity means lower vulnerability	refer to 34 and 36

Anexa X Surse de date pentru orasul Phnom Penh

Phnom Penh Urban Scale								
No	Abb.	Name	Sub-index	FY Factor	Units	Definition of indicator	Functional relationship with vulnerability	Data Source
1	PD	Population density	FVL _s	E	people/km ²	There is an important exposure to a given hazard if population is concentrated	Higher # of people, higher vulnerability	wikipedia
2	P _{FA}	Population in flood prone area	FVL _s	E	people	Number of people living in flood prone area	The higher number of people, higher vulnerability	Mekong Organization
3	C _H	Cultural Heritage	FVL _s	E	-	number of historical buildings, museums, etc., in danger when flood occurs, if none take 1	high # of CH, higher the vulnerability	
4	P _G	Population growth	FVL _s	E	%	% of growth of population in urban areas in the last 10 years	fast PG, higher vulnerability, hypothesis is made that fast population growth may create pressing on housing capacities	INTUTE, Worldfact
5	% of disable	Disable People	FVL _s	E	%	% of population with any kind of disabilities, also people less 12 and more than 65	higher %, higher vulnerability	Book, 2007 Worldfact Book, 2007
6	HDI	Human Development Index	FVL _{s,e}	S	-	$HDI = \frac{1}{3}(L/E) + \frac{1}{3}(E/I) + \frac{1}{3}(C/I)$	The higher value, lower vulnerability	wikipedia
7	C _M	Child Mortality	FVL _s	S	-	Number of children less than 1 year old, died per 1000 births	The higher number of children, higher vulnerability	UNDP, 2004
8	P _E	Past Experience	FVL _s	R	people	# of people who have been affected in last 10 years because flood events;	The higher value, lower vulnerability	ADB, 2005
9	A	Awareness&Preparedness	FVL _s	R	-	Range between 1-10	10 means lower vulnerability	refer to table
10	C _{PR}	Communication Penetration Rate	FVL _s	R	%	% of households with sources of information	Higher percentage means lower vulnerability	INTUTE
11	S	Shelters	FVL _s	R	#/km ²	number of shelters per km ² including hospitals	bigger # of S, lower vulnerability	identic for all cities
12	W _s	Warning system	FVL _s	R	-	if No W _s than the value is 1, if yes W _s than the value is 10	Having W/S reduces the vulnerability	Y/N
13	E _s	Emergency Service	FVL _s	R	#	number of people working in this service	bigger # of people, less vulnerable they are	identic for all cities
14	E _R	Evacuation Roads	FVL _s	R	%	% of asphalted roads.	The better the quality of roads, improves the evacuation during floods	INTUTE
15	Ind	Industries	FVL _e	E	#	# of industries or any types of economic activities in urban	The higher %, the high vulnerability	INTUTE
16	Cr	Contact with River	FVL _e	E	km	Distance of city along the river	more distance, more	google earth
17	U _H	Unemployment	FVL _e	S	%	$U_H = \frac{\text{Total Population Unemployed}}{\text{Total Population}} \cdot 100$	The higher %, the high vulnerability	Worldfact Book, 2007
18	L _g	Inequality	FVL _e	S	-	Gini Coefficient for wealth inequality, between 0 and 1	Where 1 means low vulnerability	UNDP, 2004
19	FI	Flood Insurance	FVL _e	R	-	the number flood insurances, if 0 than take 1	higher # of FI, lower vulnerability	Mekong Organization
20	A _I	Amount of Investment	FVL _e	R	-	Ratio of investment over the total GDP	Higher the investment lower vulnerability	ADB, 2005
21	D _L	Dikes_Levees	FVL _e	R	km	Km of dikes/levees	Longer D _L , lower vulnerability	ADB, 2006
22	D _{Sc}	Dams_Storage capacity	FVL _e	R	m ³	Storage capacity in m3 of dams, polders, etc., upstream of the city	higher m3, higher vulnerability	Tonle Sap Lake
23	RT	Recovery time	FVL _e	R	days	Amount of time needed by the city to recover to a functional operation after flood events	the higher amount of time, the higher vulnerability	
24	R _{rainfall}	Rainfall	FVL _e	E	m/year	the average rainfall/year of a whole RB	Higher rainfall, higher vulnerability	http://lweb2.loc.gov/frd/cs/khtoc.htm
25	L _U	Land Use	FVL _e	E	%	area destined for green areas inside the urban area	The higher %, the low vulnerability	
26	UG	Urban Growth	FVL _e	S	%	% of increase in urban area in last 10 years	fast urban growth may result in poor quality housing and thus make people more vulnerable	ADB, 2005
27	EV	Evaporation	FVL _e	S	m/year	yearly decrease rate in groundwater level	higher GWL, higher vulnerability	http://lweb2.loc.gov/frd/cs/khtoc.htm
28	T	Topography	FVL _s	E	-	average slope of the city	The steeper slope, higher vulnerability	ADB, 2005
29	R _D	River Discharge	FVL _s	E	m ³ /s	maximum river discharge in record of the last 10 years, m ³ /s	higher RD, higher vulnerability	http://www.ail.edu.kh/ppppp.html
30	Ev/R _{rainfall}	Evaporation rate/Rainfall	FVL _s	E	-	Yearly Evaporation over yearly rainfall	Higher the Ev, lower vulnerability	http://lweb2.loc.gov/frd/cs/khtoc.htm
31	D _{Sc}	Dams_Storage capacity	FVL _s	R	m ³	amount of storage capacity within 100Km upstream of the	higher m, higher vulnerability	Tonle sap lake

Phnom Penh Urban Scale								
No	Abb.	Name	Sub-index	FY Factor	Units	Definition of indicator	Functional relationship with vulnerability	Data Source
32	Drain	Drainage system	FV _{lec}	R	Km	Km of canalization in the city		ADB, 2005
33	AvD	Average Discharge	FV _{lv}	E	m ³ /s	average discharge		wikipedia
34	Sc/Yyear	Storage over yearly runoff	FV _{lv}	R	m ³ /m ³	Amount of storage capacity over the yearly average runoff	Larger storage capacity means lower vulnerability	refer to 34 and 36