



**UNIVERSITATEA ALEXANDRU IOAN CUZA DIN IAȘI**  
**FACULTATEA DE GEOGRAFIE ȘI GEOLOGIE**  
**ȘCOALA DOCTORALĂ DE GEOȘTIINȚE**



**Evaluarea multicriterială a vulnerabilității seismice.**  
**Studii de caz: Municipiile Iași, Vaslui, Galați și Focșani**

**REZUMATUL TEZEI DE DOCTORAT**

Conducător de doctorat:

**Prof. univ. dr. Adrian GROZAVU**

Student- doctorand:

**Andra-Cosmina ALBULESCU**

**Iași, 2021**

## Cuprins

<b>Cuprins</b> .....	<b>2</b>
<b>Mulțumiri</b> .....	<b>6</b>
<b>Lista prescurtărilor</b> .....	<b>8</b>
<b>Lista traducerilor din limba engleză</b> .....	<b>9</b>
<b>INTRODUCERE</b> .....	<b>10</b>
1. Exordiu.....	10
2. Problematika vulnerabilității seismice în România.....	11
3. Ipoteze și obiective.....	16
4. Elemente de originalitate.....	19
5. Structura tezei.....	21
<b>1. TERMENI UTILIZAȚI ÎN CERCETAREA RISCURILOR</b> .....	<b>24</b>
1.1. Risc.....	26
1.2. Hazard .....	29
1.3. Expunere .....	31
1.4. Senzitivitate și susceptibilitate .....	32
1.5. Coping și capacitate de adaptare .....	32
1.6. Reziliență.....	34
1.7. Dezastru și catastrofă .....	36
<b>2. CONCEPTUL DE VULNERABILITATE</b> .....	<b>39</b>
2.1. Definire .....	39
2.1.1. Paleta definițiilor .....	39
2.1.2. Concepte cheie integrate vulnerabilității .....	45
2.2. Perspective asupra conceptului de vulnerabilitate.....	48
2.3. Caracterul multidimensional al vulnerabilității.....	52
2.4. Evaluarea vulnerabilității .....	53
2.5. Abordarea conceptuală a tezei de doctorat.....	55
<b>3. HAZARDUL SEISMIC</b> .....	<b>61</b>
3.1. Terminologie.....	61
3.2. Seismele din România.....	62
3.2.1. Zone seismogene de pe teritoriul României .....	63
3.2.1.1. Zone cu activitate seismică crustală .....	63
3.2.1.2. Zona Seismogenă Vrancea (VR).....	66
3.2.2. Considerații generale asupra istoriei seismelor din România.....	70
<b>4. VULNERABILITATEA SEISMICĂ</b> .....	<b>75</b>
4.1. Aspecte generale .....	75

4.2.	Modele și metode de evaluare a vulnerabilității seismice .....	78
4.3.	Tipuri de vulnerabilitate seismică .....	80
4.3.1.	Vulnerabilitatea seismică fizică.....	81
4.3.2.	Vulnerabilitatea seismică socială .....	83
4.3.3.	Vulnerabilitatea seismică sistemică.....	84
4.4.	Studierea vulnerabilității seismice din România .....	86
<b>5.</b>	<b>METODOLOGIE. EVALUAREA MULTICRITERIALĂ A VULNERABILITĂȚII SEISMICE .....</b>	<b>95</b>
5.1.	Aspecte introductive.....	95
5.2.	Metode de analiză multicriterială (Multi-Criteria Decision-Making methods, MCDM) .	98
5.2.1.	Analytic Hierarchy Process (AHP) .....	98
5.2.2.	Fuzzy Analytic Hierarchy Process (FAHP) .....	100
5.2.3.	Weighted Product Model (WPM) .....	101
5.2.4.	Technique for Order of Preference by Similarity to Ideal Solution (TOPSIS) .....	102
5.3.	Abordarea multicriterială a problemei vulnerabilității seismice .....	102
5.3.1.	Structurarea problemei vulnerabilității seismice .....	105
5.3.2.	Schema metodologică .....	111
<b>6.</b>	<b>REZULTATE. EVALUAREA MULTICRITERIALĂ A VULNERABILITĂȚII SEISMICE A MUNICIPIILOR IAȘI, VASLUI, GALAȚI ȘI FOCȘANI.....</b>	<b>114</b>
6.1.	Ponderile importanței relative a criteriilor/categoriilor de indicatori ai vulnerabilității seismice .....	114
6.2.	Ponderile importanței relative a subcriteriilor/indicatorilor vulnerabilității seismice....	118
6.2.1.	Raționamente.....	118
6.2.2.	Comparații ale rezultatelor obținute prin AHP și FAHP .....	121
6.3.	Analiza modulară .....	125
6.3.1.	Analiza modulară a vulnerabilității seismice geotehnice .....	126
6.3.2.	Analiza modulară a vulnerabilității seismice fizice.....	127
6.3.3.	Analiza modulară a vulnerabilității seismice social-economice .....	129
6.3.4.	Analiza modulară a vulnerabilității seismice sistemice.....	131
6.3.5.	Analiza modulară a vulnerabilității seismice aferente capacității de coping a populației133	
6.4.	Rezultatele evaluării multicriteriale a vulnerabilității seismice .....	134
6.5.	Validarea rezultatelor evaluării multicriteriale a vulnerabilității seismice.....	136
<b>7.</b>	<b>STUDII DE CAZ .....</b>	<b>141</b>
7.1.	Aspecte introductive.....	141
7.2.	Studiu de caz: Municipiul Iași.....	146
7.2.1.	Introducere .....	146
7.2.2.	Poziție geografică.....	147

7.2.3.	Factori naturali relevanți în contextul producerii unui seism major.....	148
7.2.4.	Istoricul seismelor .....	153
7.2.5.	Dimensiunile vulnerabilității seismice specifice municipiului Iași.....	156
7.2.5.1.	Vulnerabilitatea seismică geotehnică .....	157
7.2.5.2.	Vulnerabilitatea seismică fizică.....	161
7.2.5.3.	Vulnerabilitatea seismică social-economică.....	165
7.2.5.4.	Vulnerabilitatea seismică sistemică.....	166
7.2.5.5.	Capacitatea de coping a populației.....	167
7.2.6.	Vulnerabilitatea seismică a clădirilor expertizate tehnic din municipiul Iași.....	168
7.3.	Studiu de caz: Municipiul Vaslui .....	185
7.3.1.	Introducere .....	185
7.3.2.	Poziție geografică.....	186
7.3.3.	Factori naturali relevanți în contextul producerii unui seism major.....	188
7.3.4.	Istoricul seismelor .....	193
7.3.5.	Dimensiunile vulnerabilității seismice specifice municipiului Vaslui .....	195
7.3.5.1.	Vulnerabilitatea seismică geotehnică .....	196
7.3.5.2.	Vulnerabilitatea seismică fizică.....	200
7.3.5.3.	Vulnerabilitatea seismică social-economică.....	204
7.3.5.4.	Vulnerabilitatea seismică sistemică.....	204
7.3.5.5.	Capacitatea de coping a populației.....	205
7.3.6.	Vulnerabilitatea seismică a clădirilor expertizate tehnic din municipiul Vaslui ....	206
7.4.	Studiu de caz: Municipiul Galați.....	218
7.4.1.	Introducere .....	218
7.4.2.	Poziție geografică.....	219
7.4.3.	Factori naturali relevanți în contextul producerii unui seism major.....	221
7.4.4.	Istoricul seismelor .....	227
7.4.5.	Dimensiunile vulnerabilității seismice specifice municipiului Galați.....	230
7.4.5.1.	Vulnerabilitatea seismică geotehnică .....	231
7.4.5.2.	Vulnerabilitatea seismică fizică.....	234
7.4.5.3.	Vulnerabilitatea seismică social-economică.....	239
7.4.5.4.	Vulnerabilitatea seismică sistemică.....	240
7.4.5.5.	Capacitatea de coping a populației.....	240
7.4.6.	Vulnerabilitatea seismică a clădirilor expertizate tehnic din municipiul Galați.....	241
7.5.	Studiu de caz: Municipiul Focșani .....	265
7.5.1.	Introducere .....	265
7.5.2.	Poziție geografică.....	266
7.5.3.	Factori naturali relevanți în contextul producerii unui seism major.....	267

7.5.4.	Istoricul seismelor .....	271
7.5.5.	Dimensiunile vulnerabilității seismice specifice municipiului Focșani .....	274
7.5.5.1.	Vulnerabilitatea seismică geotehnică .....	275
7.5.5.2.	Vulnerabilitatea seismică fizică.....	277
7.5.5.3.	Vulnerabilitatea seismică social-economică.....	281
7.5.5.4.	Vulnerabilitatea seismică sistemică.....	282
7.5.5.5.	Capacitatea de coping a populației.....	282
7.5.6.	Vulnerabilitatea seismică a clădirilor expertizate tehnic din municipiul Focșani ..	283
<b>CONCLUZII.....</b>		<b>285</b>
<b>Bibliografie.....</b>		<b>294</b>
<b>ANEXE METODOLOGICE.....</b>		<b>328</b>
	Anexa 1. Chestionarul privind percepția riscului seismic de către populația ariilor de studiu ..	328
<b>ANEXE AFERENTE REZULTATELOR.....</b>		<b>337</b>
	Anexa 2. Implementarea metodelor de analiză multicriterială AHP și FAHP .....	337
	Anexa 3. Implementarea schemelor metodologice multicriteriale aferente analizelor modulare .....	342
<b>ANEXE AFERENTE STUDIILOR DE CAZ.....</b>		<b>344</b>
	Anexa 4. Aspecte privind percepția riscului seismic de către populația municipiilor selectate.	344
<b>Lista figurilor.....</b>		<b>349</b>
<b>Lista tabelor .....</b>		<b>352</b>

## Mulțumiri

Se cuvine a începe seria de mulțumiri cu cele adresate domnului Decan Prof. univ. dr. Adrian Grozavu, coordonator al tezei de doctorat. Acestuia îi sunt recunoscătoare pentru ajutorul și sprijinul acordat sub diverse forme, de la discuțiile privind complexitatea conceptului de vulnerabilitate și multitudinea perspectivelor de studiere a sa, până la observațiile punctuale, realizate cu manuscrisul tezei în față. Totodată, bunăvoința sa și deschiderea spre noi idei și abordări metodologice fac obiectul aprecierii mele. Este un privilegiu să fi colaborat cu un profesor ce privește noțiunea de vulnerabilitate cu un entuziasm pe măsura celui care mi-a animat și mie munca de cercetare pe parcursul acestor ani.

De asemenea, le mulțumesc membrilor comisiei de îndrumare – doamna Lect. univ. dr. Daniela Larion, domnul Conf. univ. dr. Mihai Niculiță și domnul Lect. univ. dr. Alexandru Bănică, pentru contribuțiile pe care le-au avut în ceea ce privește teza de doctorat. Domnului Conf. univ. dr. Mihai Niculiță îi sunt deosebit de recunoscătoare pentru îndrumarea referitoare la aspectele geotehnice ale vulnerabilității seismice și pentru ajutorul oferit (în colaborare cu Drd. Nicușor Necula) în extragerea datelor necesare realizării hărților depozitelor geologice de suprafață ale ariilor de studiu. Discuțiile ce au avut drept subiecte dimensiunile fizice și social-economice ale vulnerabilității seismice și selectarea indicatorilor vulnerabilității seismice purtate cu domnul Lect. univ. dr. Alexandru Bănică au constituit unele dintre cele mai importante contribuții ale sale, pentru care îi mulțumesc. Pe lângă ajutorul acordat în ceea ce privește realizarea și aplicarea chestionarului privind percepția riscului seismic și observațiile din teren, în zonele urbane în care există clădiri cu risc seismic (din municipiul Vaslui), doamnei Lect. univ. dr. Daniela Larion îi mulțumesc pentru modul frumos în care a contribuit la formarea mea pe plan profesional și personal. Sunt deosebit de recunoscătoare pentru că m-am bucurat de sprijinul și bunătatea ei, de faptul că îmi este mentor, încă din timpul studiilor de licență.

Tuturor celor amintiți le mulțumesc pentru resursele puse la dispoziție (cărți, articole științifice, date spațiale etc.), pentru promptitudinea și utilitatea feedback-ului primit ori de câte ori a fost solicitat. Doresc să mulțumesc Departamentului de Geografie, în cadrul căruia am desfășurat cercetarea doctorală și care mi-a furnizat resursele necesare acesteia și, în mod particular, domnilor Prof. univ. dr. Doru Toader Juravle, Conf. univ. dr. Lilian Niacșu și Conf. univ. dr. Ionuț Minea.

Totodată, le sunt recunoscătoare tuturor respondenților chestionarului privind percepția riscului seismic și persoanelor care au contribuit la răspândirea sa, precum și locatarilor imobilelor cu risc seismic cu care am discutat în etapa cercetărilor în teren.

Mulțumiri speciale revin doamnei profesoare de geografie și prietenei mele Gina Burghiu, pentru încrederea pe care a avut-o în mine și pentru timpul investit în formarea mea timpurie. Le mulțumesc oamenilor care au contribuit în mod indirect la realizarea tezei de doctorat, prin binele pe care l-au adus în viața mea (A.F.C., G.A., R.B.) – categorie în care se regăsesc și părinții mei. Într-un mod unic, de necuprins, îi mulțumesc mamei mele.

## Lista prescurtărilor

ag – Accelația terenului pentru proiectare  
AHP – Analytic Hierarchy Process  
EVI – Environmental Vulnerability Index  
FAHP – Fuzzy Analytic Hierarchy Process  
IMR – Interval mediu de recurență  
INCDFP – Institutul Național de Cercetare-Dezvoltare pentru Fizica Pământului  
INS – Institutul Național de Statistică  
ISC – Inspectoratul de Stat în Construcții  
MADM – Multi-Attribute Decision-Making  
MADRS – Modified Acceleration Displacement Response Spectra  
MCDM – Multi-Criteria Decision-Making  
MNAT – Model Numeric Altitudinal al Terenului  
MOVE – Methods for the Improvement of Vulnerability Assessment in Europe  
PAGER – Prompt Assessment of Global Earthquakes for Response  
PATN – Plan de Amenajare a Teritoriului Național  
PCA – Principal Component Analysis  
PVI – Prevalent Vulnerability Index  
QLARM – Earthquake Loss Assessment for Response and Mitigation  
REWS – Sistem Rapid de Alertare Seismică  
RPL – Recensământul Populației și Locuințelor  
SeisDaRo – Near Real-Time System for Estimating the Seismic Damage  
SIG – Sisteme Informaționale Geografice  
SoVi – Social Vulnerability Index  
TOPSIS – Technique for Order of Preference by Similarity to Ideal Solution  
UN – United Nations  
UN-DHA – United Nations-Department of Humanitarian Affairs  
UNDP – United Nations Development Programme  
UNDRR – United Nations Office for Disaster Risk Reduction  
UNEP – United Nations Environment Programme  
UNESCO – United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization  
UN-ISDR – United Nations-International Strategy for Disaster Reduction  
VR – Zona Seismogenă Vrancea  
WPM – Weighted Product Model  
WSM – Weighted Sum Model

## Lista traducerilor din limba engleză

Pentru o serie de termeni utilizați în cadrul tezei de doctorat, ce au fost preluați din literatura științifică internațională, nu există traduceri standard în limba română. În astfel de cazuri, sunt utilizate traduceri valide din punctul de vedere al semanticii și logicii lingvistice:

Adaptare – Adaptation

Ajustarea umană/Acțiuni de adaptare – (Human) Adjustment

Algoritm de verificare a consistenței rezultatelor – Consistency checking mechanism

Analiză adimensională – Dimensionless analysis

Analiza componentelor principale – Principal Component Analysis

Analiza de senzitivitate – Sensitivity Analysis

Capacitate de adaptare – Adaptation capacity

Capacitatea de reziliență – Resilience capacity

Comparații în pereche – Pair-wise comparison

Cuib seismic – Earthquake nest

Funcții de apartenență parțială – Partial membership function

Funcționalitate – Serviceability

Inversarea locurilor în clasament – Rank reversal

Limita sărăciei – Poverty line

Matrice de probabilitate a pierderilor umane sau materiale – Damage Probability Matrices

Metode de analiză multicriterială – Multi-Criteria Decision-Making methods

Numere fuzzy trapezoidale – Trapezoidal fuzzy numbers

Numere fuzzy triangulare – Triangular fuzzy numbers

Pondere a importanței relative – Weight

Problemă clar structurată – Well-structured problem

Problemă deficitar structurată – Ill-structured problem

Stabilirea/luarea deciziilor – Decision-Making

Strat SIG – layer

Vulnerabilitate de mediu/environmentală – Environmental vulnerability

În vederea îndeplinirii condiției clarității, denumirile metodelor de analiză multicriterială nu sunt traduse, fiind utilizată terminologia din limba engleză.

„Și acum că nu trebuie să fii perfect, poți să fii bun.”

– J. Steinbeck

„Suntem chemați să fim arhitecții viitorului, nu victimele sale.”

- R. Buckminster Fuller

## INTRODUCERE

### 1. Exordiu

Teza de doctorat tratează problematica vulnerabilității seismice din România, urmărind evaluarea acesteia și studierea sa la scara a 4 unități administrativ-teritoriale de tip municipiu – anume municipiile Iași, Vaslui, Galați și Focșani, utilizând metode de analiză multicriterială. Întrucât problema vulnerabilității seismice face parte din categoria problemelor deficitare structurate (Rashed și Weeks 2003), abordarea multicriterială se pretează dezideratului evaluării acestui element cu multiple fațete. În acest sens, merită amintit apanajul metodelor de analiză multicriterială, ce constă în posibilitatea integrării unui număr mare de elemente, adesea cu influență de semn opus asupra dimensiunii și evoluției vulnerabilității seismice, ce pot fi exprimate atât în manieră cantitativă, cât și în manieră calitativă.

Conceptul central al lucrării este definit din perspectiva celei mai extinse sfere a vulnerabilității (Birkmann 2013b), ceea ce înseamnă că accentul este plasat pe caracterul multidimensional și multiscalar al vulnerabilității seismice. Dimensiunile integrate acesteia sunt: vulnerabilitatea geotehnică, fizică, social-economică, sistemică și capacitatea de coping a populației. Fiecare dintre dimensiunile amintite este exprimată prin intermediul unui set particular de indicatori – întâlniți în literatura științifică, dar care integrează și elemente empirice, ce au rolul de subcriterii de evaluare a vulnerabilității seismice de ansamblu a celor 4 așezări urbane. Astfel, teza propune o schemă metodologică multicriterială de evaluare a vulnerabilității seismice la scară locală, ce poate fi aplicată și asupra altor așezări urbane.

Rezultatele evaluării multicriteriale a vulnerabilității seismice pot facilita demersul de stabilire a priorităților privind dirijarea fondurilor necesare implementării strategiilor de reducere a vulnerabilității și riscului seismic, de către autoritățile ce operează la nivel național, regional sau chiar local. Analiza modulară a tipurilor de vulnerabilitate pune în lumină punctele nevralgice ale fiecărei arii de studiu, oferind o imagine clară a aspectelor

ce necesită intervenții ameliorative urgente. Astfel, eforturile de modelare a vulnerabilității seismice pot fi orientate către direcțiile de obținere a rezultatelor optime. Adițional, pentru fiecare dintre cele 4 municipii selectate au fost elaborate studii de caz ce cuprind aspecte relevante în contextul manifestării unui seism cu magnitudinea de cel puțin 7  $M_w$ , ce trebuie avute în vedere în cadrul demersului de elaborare a strategiilor de reducere a vulnerabilității seismice la nivel local.

**Cuvinte cheie:** vulnerabilitate, evaluare vulnerabilitate seismică, analiză multicriterială, capacitate de coping, AHP, FAHP, TOPSIS, WPM

## 2. Problematika vulnerabilității seismice în România

Vulnerabilitatea seismică a spațiilor urbane din România și a comunităților umane ce trăiesc în aceste spații constituie una dintre cele mai stringente probleme. În mod paradoxal, această problemă se înscrie pe lista celor a căror rezolvare este plasată, an după an, într-un viitor incert. Spre această amânare converg mai mulți factori, printre care și dezinteresul autorităților locale și regionale, lipsa unui cadru legislativ și a unor reglementări tehnice clare, care să opereze la nivel național, precum și lipsa cunoașterii privind natura și dimensiunea reală a vulnerabilității seismice.

Problematika vulnerabilității seismice specifice României prezintă un caracter foarte controversat și particularizat prin raportare la celelalte state europene. Literatura de specialitate internațională și autohtonă abundă în studii privind riscul seismic specific teritoriului țării, însă cercetările privind vulnerabilitatea seismică aferentă acestuia se limitează la capitală (Trendafiloski et al. 2009, Armaș 2012, Lang et al. 2012, Armaș și Gavriș 2013, Armaș et al. 2015, Armaș et al. 2016a, b, Armaș et al. 2017, Toma-Danila și Armaș 2017) și alte câteva centre urbane: Iași (Atanasiu et al. 2008, Toma și Atanasiu 2010, Bănică și Muntele 2015, Bănică et al. 2016, 2017), Timișoara (Valotto 2015, Valotto et al. 2016, Apostol et al. 2019, Chieffo et al. 2019, Mosoarca et al. 2019), Galați (Albulescu et al. 2019) și Vaslui (Albulescu et al. 2020). În parte, această situație este conturată pe fondul confuziei privind noțiunile de vulnerabilitate și risc seismic, în majoritatea documentelor legislative, vulnerabilitatea seismică nefiind menționată sau fiind definită, cu precădere, în raport cu dimensiunea sa fizică. Celelalte dimensiuni ale vulnerabilității nu sunt precizate, referirea la ele fiind vagă.

Singurul document oficial care face referire la situația actuală a instrumentelor legislative, tehnice și metodologice utilizate în vederea modelării vulnerabilității și riscului seismic din România este „Analiza legislației și reglementărilor relevante, a programelor de reducere a riscului seismic anterioare, a planului de acțiune pentru reforma legislativă, de reglementare și instituțională” realizată în cadrul Acordului de servicii de asistență tehnică rambursabile privind consolidarea capacității de planificare strategică a Ministerului Dezvoltării Regionale și Administrației Publice în renovarea Fondului Construit Național din Perspectiva eficienței energetice și a riscului seismic în România (Banca Mondială 2020). Aspectele cheie ce contribuie la conturarea problemei vulnerabilității seismice din România, prezentate în acest document sunt (Banca Mondială 2020):

- Faptul că reglementările tehnice și cadrul legislativ care funcționează în România „nu folosesc întotdeauna terminologia adecvată”;

- Lipsa corelării cadrului legislativ și a reglementărilor tehnice din domeniul construcțiilor și nici între planurile de urbanism și amenajarea teritoriului;

- Confuzia privind utilizarea termenilor de risc seismic și hazard seismic în documentele cu caracter legislativ oficial ce funcționează în România (Exemplu tipic: neconcordanța dintre prerogativele Legii 575/2001 privind aprobarea Planului de Amenajare a Teritoriului Național (PATN), Secțiunea a V-a. Zone de risc natural, ce specifică necesitatea elaborării unor hărți de risc natural, și hărțile incluse efectiv în PATN, ce redau de fapt un parametru al hazardului seismic, anume intensitatea seismică);

- Abordarea descentralizată a cercetării hazardului seismic din România (impusă de Legea nr. 575/2001) și lipsa unor norme metodologice clare de elaborare a hărților de hazard seismic, caracteristică perioadei de dinainte de anul 2004;

- Neimplementarea unora dintre măsurile privind realizarea hărților de hazard seismic în sistem centralizat, prevăzute de H.G. 372/2004, din motive ce țin de dificultățile de raportare a datelor, caracterul eterogen al bazelor de date de la nivel județean, dificultățile de armonizare a bazelor de date, lipsa finanțării adecvate, neangajarea unor agenți economici care să furnizeze serviciile de cartografiere SIG profesionistă și de agregare a bazelor de date;

- Imposibilitatea integrării prin acte normative sau documente de politică publică a rezultatelor cercetării privind hazardul seismic realizate în universități și institute de cercetare;

- Considerarea ca fiind vulnerabile doar a clădirilor ce au fost expertizate tehnic conform O.G. nr. 20/1994 privind măsurile de reducere a riscului seismic a construcțiilor existente, modificată prin P100-3/2019 (UTCB 2019). În condițiile în care realizarea expertizelor tehnice necesită resurse deosebite, precum și un real interes din partea părților implicate (autorități ale administrației publice locale, proprietari ai clădirilor private, experți tehnici etc.), rezultă neconcordanțe între numărul real de clădiri vulnerabile și cele menționate scriptic;

- Slaba reprezentare numerică a resursei umane necesare evaluării vulnerabilității seismice conform cadrului legislativ aflat în vigoare în România, determinată de faptul că atestarea ca expert tehnic presupune atât absolvirea de studii în domeniu, cât și realizarea de activități practice – condiție dificil de îndeplinit în contextul în care numărul de proiecte de consolidare a clădirilor cu risc seismic este extrem de redus. Rezultă un cerc vicios, întrucât specialiștii cu studii nu beneficiază de experiență de lucru în cadrul proiectelor amintite, fiind neeligibili participării la concursurile de atestare, care se organizează la intervale mari de timp;

- Suprapunerea unor probleme precum: implementarea practicilor administrative într-un timp îndelungat și, uneori, în mod inconsecvent, capacitatea instituțională redusă (slaba reprezentare a personalului specializat în domeniul construcțiilor sau în domeniul juridic în cadrul administrațiilor publice locale), lipsa de interes real pentru digitalizarea demersurilor birocratice, practicile informale ce diferă de la o așezare urbană la alta;

- Nerespectarea prevederilor O.G. nr. 20/1994, conform căreia primarilor le revine responsabilitatea realizării unor inspecții vizuale asupra clădirilor ce pot fi considerate vulnerabile, prin luarea în considerare a avariilor și/sau degradărilor edificiilor respective. Aceste prevederi nu pot fi aplicate în mod sistematic, respectând criteriul continuității, întrucât nu există un mod standardizat de evaluare și raportare a avariilor determinate de seismele anterioare. Astfel, dispozițiile O.G. nr. 20/1994, republicată, cu modificările și completările ulterioare, deși cuprind inclusiv norme de sancționare, nu sunt de natură a produce efectele urmărite pentru reducerea riscului seismic, în contextul în care cuantumul amenzilor nu este proporțional cu gradul de pericol social. Dovada este chiar faptul că termenele de implementare a prevederilor au fost depășite cu mai mult de 20 de ani, fără a exista cerința reiterării;

- Probleme privind utilitatea expertizelor tehnice și menținerea acestora doar la nivel scriptic, teoretic, determinate de: depășirea termenelor de valabilitate, inexistența unei baze de date a expertizelor tehnice realizate, imposibilitatea verificării validității expertizelor

tehnice – în contextul litigiilor în care rezultatele unei expertize pot fi diferite de cele ale unei contraexpertize realizate pentru aceeași clădire, practica încadrării clădirilor expertizate în clase de risc inferior celor stabilite inițial, pentru a facilita accesul la fonduri pentru lucrări de creștere a eficienței energetice sau a grăbi demararea acestor lucrări, neînsoțirea rapoartelor de expertiză de bugete sau programe funcționale privind implementarea recomandărilor privind consolidarea/demolarea, așadar utilitatea lor se manifestă doar la nivel scriptic, teoretic, iar fondul construit continuă să rămână vulnerabil;

- Neachitarea autorităților de obligația publicării unor liste actualizate a imobilelor cu risc seismic, conform prevederilor O.G. nr. 20/1994;

- Dificultăți întâmpinate în etapa de reabilitare a fondului construit expertizat, printre care pot fi amintite: ambiguitățile terminologiei din cadrul normativelor sau reglementărilor tehnice privind lucrările de intervenție de tipul consolidărilor seismice, renovărilor, reparațiilor, reabilitărilor etc., lipsa de interes a firmelor de construcții pentru proiectele de consolidare a clădirilor cu Rs I (determinată de costurile dificil de estimat în perioada premergătoare executării și de rigiditatea cadrului legislativ referitor la procedurile de achiziții publice și la contractare), hiatusul din cadrul normativ privind transferul dreptului de proprietate al fiecărui proprietar, de la clădirea demolată la cea care ar urma să fie construită, în cazul în care expertiza conchide că este necesară demolarea unei clădiri, imposibilitatea demolării clădirilor aflate în proprietatea statului, înainte de deprecierea lor completă;

- Dificultăți de monitorizare a procesului de reabilitare a fondului construit, în condițiile în care multe dintre imobilele cu vechime apreciabilă nu dispun de carte tehnică sau, dacă aceasta există, nu a fost adusă la zi.

Toate acestea converg către imposibilitatea obținerii unei imagini clare a nivelului real de vulnerabilitate seismică a construcțiilor din așezările umane din România. Poate cel mai relevant exemplu este cel al municipiului Focșani, aflat în proximitatea Zonei Seismogene Vrancea (VR), așadar indiscutabil sub incidența seismelor subcrustale și crustale vrâncene, unde numărul clădirilor expertizate tehnic este extrem de redus, iar autoritățile locale nu pot prezenta date detaliate referitoare la acestea. Elaborarea unor metodologii alternative de evaluare a vulnerabilității clădirilor reprezintă o provocare, întrucât datele relevante cum ar fi profilul de înălțime, tipologia structurală, materialele de construcție ale pereților exteriori, vechimea clădirii, tipul de fundație, lucrările de intervenție asupra clădirilor etc., ce sunt colectate de către Inspectoratul de Stat în Construcții (ISC) nu sunt organizate într-o bază de date unitară digitală și accesibilă.

SeisDaRo (*Near Real-Time System for Estimating the Seismic Damage*) reprezintă cel mai bine dezvoltat sistem de estimare a pagubelor ce pot fi generate de un seism. Aceasta integrează metodologiile PAGER (Prompt Assessment of Global Earthquakes for Response) – în scopul estimării numărului de victime pe baza corelării intensității instrumentale a seismului cu numărul de victime aferent seismelor precedente, la scară locală și SELENA – în vederea estimării numărului de clădiri afectate, numărului de oameni afectați și a pagubelor economice directe, la scară locală. Datele privind potențialele pagube utilizate sunt preluate de la Recensământul Populației și Locuințelor (RPL 2011), iar cele referitoare la hazard provin de la stațiile Rețelei Seismice Naționale, de la Sistemul rapid de alertare REWS și de la sistemul ShakeMap. SeisDaRo a fost implementat în numeroase studii de caz recunoscute la nivel internațional (Toma-Danila 2012, Toma-Danila et al. 2015 a, b, Cioflan et al. 2016, Armaș et al. 2016a, 2017, Toma-Danila și Armaș 2017, Toma-Danila et al. 2018).

O metodologie alternativă de analiză a implicațiilor directe și indirecte ale hazardelor naturale asupra rețelelor de transport a fost dezvoltată de Toma-Danila (2018). Aceasta se numește *Network-risk* și a fost integrată în software-ul ArcGIS Desktop Advanced (10.2). Cutremurele, alunecările de teren și inundațiile se numără printre hazardele naturale pentru care pot fi realizate simulări privind diferite scenarii, iar elementele de infrastructură vizate sunt rețelele de transport rutier, feroviar, de distribuție a gazelor, curentului electric și apelor. Metodologia are caracter multiscalar, putând fi implementată la nivel local, regional sau național. Aceasta a fost aplicată în mod demonstrativ asupra capitalei (Toma-Danila et al. 2020), iar cu referire la cutremure au fost analizate implicațiile seismelor asupra timpilor de intervenție, în București (Toma-Danila 2018). De asemenea, metodologia a fost integrată în Proiectul RO-RISK, în demersurile de aducere la zi a Concepției Naționale de Răspuns Post Seism și la pregătirea simulărilor de intervenție în caz de cutremur major din cadrul proiectului SEISM.

Aceste sisteme și metodologii vizează, de fapt, evaluarea riscului seismic și nu a vulnerabilității seismice, întrucât integrează atât elemente referitoare la hazardul seismic, cât și elemente referitoare la vulnerabilitate și expunere. Chiar și rezultatele furnizate de aceste sisteme performante sunt marcate de stigmatul integrării unor date perimate temporal.

Pe cale de consecință, problema elaborării unor metodologii de estimare a vulnerabilității seismice *per se*, în acord cu definițiile și accepțiunile descrise în cadrul capitolelor 2 și 4 ale tezei de doctorat, rămâne deschisă spre rezolvare. Metodologiile de

analiză a vulnerabilității seismice s-ar putea desprinde de abordarea „clădire cu clădire” ce funcționează la momentul de față în România, conform celor descrise, și s-ar putea orienta către o abordare la scara așezărilor urbane, care să ia în calcul o gamă mai largă de elemente. În prezent, instrumentele legislative și tehnice de realizare a evaluării vulnerabilității seismice fac referire la dimensiunea fizică și, într-o măsură mai redusă, la dimensiunea geotehnică a acestui concept, neintegrând dimensiunea social-economică, sistemică sau elemente legate de capacitatea de coping a populației în contextul manifestării unui seism puternic sau de percepția riscului seismic de către populație.

### **3. Ipoteze și obiective**

Ipotezele și obiectivele tezei de doctorat sunt trasate urmărind aspectele puse în discuție de problematica detaliată în subcapitolul precedent. Fiecare ipoteză are asociat minim un obiectiv setat în vederea validării sau invalidării ei. Tabelul 1 redă ipotezele cercetării și obiectivele asociate, convergența acestora aducând în prim-plan necesitatea elaborării unor metodologii alternative de evaluare a vulnerabilității seismice.

Prezenta teză de doctorat are drept scop evaluarea vulnerabilității seismice la scara așezărilor urbane și nu la nivel de cartier sau clădire. Pentru aceasta, este necesară elaborarea unei scheme metodologice multicriteriale ( $O_1$ ), care integrează atât metode multicriteriale prin intermediul cărora se poate stabili importanța relativă a dimensiunilor vulnerabilității (criteriile de evaluare) și a indicatorilor acestora (subcriteriile de evaluare), cât și performanța alternativelor evaluate (ariile de studiu) în raport cu acestea. În vederea implementării schemei metodologice, au fost alese drept arii de studiu municipiile Iași, Vaslui, Galați și Focșani, întrucât acestea constituie centre urbane reprezentative pentru tipologiile de așezări urbane din regiunea Moldovei. Cu excepția Iașiului (Bănică și Muntele 2015, Bănică et al. 2016, 2017), asupra vulnerabilității seismice a celorlalte 3 arii de studiu nu au mai fost realizate cercetări până la începutul programului de studii doctorale.

**Tabel 1. Ipotezele cercetării și obiectivele aferente**

<b>Ipoteze</b>	<b>Obiective</b>	<b>Aspecte avute în vedere</b>	<b>Mijloace</b>
I <sub>1</sub> . Metodele de analiză multicriterială pot fi utilizate în vederea estimării vulnerabilității seismice la scara așezărilor urbane.	O <sub>1</sub> . Realizarea unei scheme de cercetare științifică bazate pe combinarea metodelor de analiză multicriterială, care să poată fi implementată în scopul estimării vulnerabilității seismice la scara unor așezări urbane. (Studii de caz: municipiile Iași, Vaslui, Galați și Focșani.)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Combinarea unor metode de analiză multicriterială care vizează i) ierarhizarea importanței relative a criteriilor și subcriteriilor, ii) evaluarea performanțelor alternativelor (cele 4 municipii) în raport cu fiecare criteriu și subcriteriu;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Literatura științifică;</li> <li>Portalul INS;</li> <li>Baze de date SIG;</li> <li>Software SIG;</li> <li>Chestionar privind percepția riscului seismic și capacitatea de coping a populației.</li> </ul>
	O <sub>2</sub> . Prezentarea definițiilor conceptului de vulnerabilitate și clarificarea raporturilor sale cu riscul, hazardul, expunerea, reziliența, în scopul elaborării unei abordări conceptuale particularizate a vulnerabilității.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Vulnerabilitatea constituie un concept multifacțat și multiscalar, ce suportă variate interpretări. Prezentarea abordărilor din literatura științifică și clarificarea elementelor incluse vulnerabilității seismice reprezintă precondiții ale evaluării acesteia.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Literatura științifică.</li> </ul>
I <sub>2</sub> . Municipiile selectate prezintă niveluri diferite ale tipurilor de vulnerabilitate seismică (geotehnică, fizică, social-economică, sistemică, asociată capacității de coping).	O <sub>3</sub> . Estimarea nivelului de vulnerabilitate geotehnică, fizică, social-economică, sistemică și a nivelului de vulnerabilitate asociată capacității de coping, proprii fiecărui municipiu selectat.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Vulnerabilitatea seismică de ansamblu este construită pe baza dimensiunilor menționate. Fiecare dintre acestea contribuie în mod diferit și în măsură proprie la conturarea vulnerabilității seismice.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Literatura științifică;</li> <li>Portalul INS;</li> <li>Baze de date SIG;</li> <li>Rapoarte de expertiză tehnică;</li> </ul>
I <sub>3</sub> . Municipiile situate mai aproape de zona seismică Vrancea (VR) prezintă niveluri mai ridicate ale vulnerabilității seismice față de cele situate la distanțe mai mari de aceasta.	O <sub>4</sub> . Estimarea vulnerabilității seismice a celor 4 arii de studiu prin integrarea dimensiunilor sale geotehnice, fizice, social-economice, sistemice și a capacității de coping a populației.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Metodele de analiză multicriterială sunt utilizate pentru a estima importanța relativă a fiecărei dimensiuni a vulnerabilității seismice.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Instrumente legislative;</li> <li>Software SIG;</li> <li>Chestionar privind percepția riscului</li> </ul>

	<p>O<sub>5</sub>. Realizarea unei baze de date privind aspecte relevante pentru dimensiunile vulnerabilității seismice, făcând apel la resursele tehnologice, instrumentele și structurile administrative, instrumentele legislative, precum și celelalte tipuri de surse de date din România.</p> <p>O<sub>6</sub>. Realizarea unor studii de caz ale municipiilor Iași, Vaslui, Galați și Focșani, vizând aspecte relevante pentru analiza vulnerabilității seismice.</p> <p>O<sub>7</sub>. Demararea acțiunii de alcătuire a unei baze de date privind capacitatea de coping a populației din ariile de studiu, în contextul manifestării unui seism cu magnitudinea de minim 7M<sub>w</sub>.</p> <p>O<sub>8</sub>. Analiza clădirilor expertizate tehnic din cele 4 arii de studiu.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fiecare dimensiune a vulnerabilității este exprimată prin intermediul unui set de indicatori, organizat sub forma unei baze de date.</li> <li>• Baza de date cuprinde indicatori ai dimensiunilor vulnerabilității, ce pot fi colectați pentru fiecare unitate administrativ-teritorială urbană din România;</li> <li>• Indicatorii dimensiunilor vulnerabilității au corespondent în literatura de specialitate de la nivel internațional sau național;</li> <li>• Integrarea datelor cu caracter empiric;</li> <li>• Caracterul unitar și reproductibil al bazei de date specifice fiecărei arii de studiu.</li> </ul>	<p>seismic și capacitatea de coping a populației.</p>
--	---	---	---

#### 4. Elemente de originalitate

Originalitatea tezei de doctorat rezidă în faptul că aceasta propune o schemă metodologică multicriterială de evaluare comparativă a vulnerabilității seismice specifice unor așezări urbane, având caracter unic la nivelul literaturii de specialitate, întrucât vulnerabilitatea seismică este, în general, analizată la nivel microzonal; respectivele studii urmărind determinarea nivelului de vulnerabilitate al unor areale urbane ce alcătuiesc un anumit oraș. Schema de cercetare propusă urmărește analiza comparativă a vulnerabilității seismice a 4 unități administrativ-teritoriale de tip municipiu, luând astfel în calcul elemente ce stabilesc raporturi de similitudine sau antagonism între centrele urbane comparate și nu între părțile componente ale unuia și aceluiași spațiu urban.

Această schemă metodologică integrează 4 combinații de metode multicriteriale utilizate în vederea stabilirii importanței relative a categoriilor de indicatori și a indicatorilor în sine (AHP și FAHP), precum și pentru a evalua performanța alternativelor cu privire la indicatorii respectivi (TOPSIS și WPM). Se construiește astfel o structură plurinivelară, pe primul palier fiind plasat scopul problemei (evaluarea comparativă a vulnerabilității seismice a municipiilor selectate), pe cel de-al doilea, dimensiunile integrate vulnerabilității, ce funcționează drept criterii de evaluare și drept categorii de indicatori, iar pe cel de-al treilea nivel se regăsesc indicatorii utilizați pentru a reda fațetele vulnerabilității seismice, ce îndeplinesc, totodată, rolul de subcriterii de evaluare. Pe ultimul nivel sunt plasate alternativele evaluate, mai exact municipiile Iași, Vaslui, Galați și Focșani. O astfel de schemă metodologică nu a mai fost utilizată până în prezent, fiind unică în literatura de specialitate.

De asemenea, abordarea conceptuală a vulnerabilității constituie un element de originalitate, întrucât aceasta a fost construită pentru a integra atât dimensiuni clasice ale vulnerabilității seismice – vulnerabilitatea geotehnică, fizică, social-economică, sistemică, cât și capacitatea de coping a populației. Dacă elementele din prima categorie redau fie elementele expuse hazardului seismic, fie acele particularități ale mediului sau comunităților umane ce condiționează susceptibilitatea acestora de a fi afectate negativ de impactul unui seism, capacitatea de coping acționează drept factor moderator al vulnerabilității, reunind acele elemente ce conferă comunităților umane rezistență la impactul seismic. Prin urmare, abordarea conceptuală pune accentul atât pe caracterul multidimensional al vulnerabilității (Birkmann 2013b), cât și pe caracterul său dual

(Chambers 1989) – întrucât integrează atât elemente specifice dimensiunii externe (expunerea), cât și dimensiunii interne (capacitatea de coping).

Abordarea se încadrează în categoria demersurilor de cercetare din domeniul reducerii riscului la dezastre, însă împrumută elemente specifice paradigmei behavioriste – de referință pentru studiile aferente științelor fizice, precum și elemente specifice școlii teoretice structurale – preferată de studiile aferente științelor umane. Convergența menționată este tipică domeniului geografiei, ale cărei particularități guvernează teza de doctorat. Abordarea conceptuală integrează și elemente proprii ecologiei sociale – precum cuplul societate-mediu (Turner et al. 2003a) și teoriei hazardelor specifice locurilor (Cutter 1996) – fiind integrate elemente empirice, proprii fiecărei arii de studiu. Se poate considera că abordarea propusă se constituie drept un model specific de estimare a vulnerabilității, construit în vederea integrării unui număr crescut de factori cu rol de condiționare pozitivă sau negativă a nivelului de vulnerabilitate seismică a centrelor urbane vizate, prin integrarea unor elemente ce se regăsesc în modelele dezvoltate de Chambers (1989), Cutter (1996), Bohle (2001), Turner et al. (2003a). Elementul de originalitate constă în faptul că modelul conceptual și metodologic propus urmărește strict evaluarea comparativă a vulnerabilității seismice, neintegrând elemente referitoare la risc sau hazard – cu precizarea că scenariul la care se raportează evaluarea este cel al unui cutremur cu magnitudinea de minim 7  $M_w$ .

Teza de doctorat constituie prima lucrare ce urmărește evaluarea comparativă a vulnerabilității seismice a unor centre urbane din regiunea Moldovei și chiar din România. În acest sens, merită menționat faptul că vulnerabilitatea seismică a municipiilor selectate nu a mai fost cercetată la un nivel atât de detaliat, prin abordarea specifică studiilor de caz, și că numărul articolelor științifice care au abordat această temă de cercetare, vizând ariile de studiu, este redus (Bănică și Muntele 2015, Bănică et al. 2017, Albulescu et al. 2019, 2020, 2021).

Astfel, teza de doctorat propune un cadru metodologic de evaluare a vulnerabilității seismice la scară urbană – ce poate fi utilizat și cu privire la alte așezări urbane din România sau din Europa. Caracterul multifacțat al vulnerabilității transformă acest concept într-un „teren” propice elaborării unor metodologii de evaluare extrem de particularizate, ce integrează dimensiuni diferite ale vulnerabilității, ce pot fi redată prin intermediul unor serii particulare de indicatori. În acest context, demersurile de cercetare pot ținti doar către estimarea vulnerabilității și nu spre determinarea dimensiunii acesteia fără urmă de îndoială, indiferent de aria de studiu sau scara la care se realizează cercetarea

– fapt motivat de fluiditatea noțiunii, de dinamica sa spațială și temporală și de paleta largă a interpretărilor sale, dictate de aspectele ontologice și metodologice proprii diferitelor domenii de cercetare ce operează cu acest concept. Prin urmare, abordarea conceptuală și metodologică propusă constituie un instrument original și eficient de comensurare estimativă a vulnerabilității seismice a municipiilor Iași, Vaslui, Galați și Focșani.

Pe lista elementelor ce conferă originalitate lucrării de doctorat pot fi menționate și elaborarea și implementarea chestionarului privind percepția riscului seismic și capacitatea de coping a locuitorilor municipiilor numite. Prin aceasta, au fost obținute informații relevante conturării vulnerabilității individuale, în special de factură psihologică, ce au fost integrate pentru prima oară unei evaluări multicriteriale a vulnerabilității seismice. Această componentă a vulnerabilității seismice nu este îndeajuns studiată în România – singurele arii de studiu cercetate cu privire la acest aspect fiind capitala (Armaș 2006, Armaș și Avram 2008) și municipiul Vaslui (Albulescu et al. 2021), constituind una dintre potențialele direcții de dezvoltare a cercetărilor realizate în cadrul programului de studii doctorale.

## **5. Structura tezei**

Teza de doctorat este structurată în 7 capitole, ce cuprind între 3 și 10 subcapitole, divizate la rândul lor în unități de conținut particularizat. Pornind de la elementele introductive, lucrarea urmărește trecerea în revistă a multiplelor definiții ale termenilor utilizați în cercetarea riscurilor și a suprapunerilor de sens ale acestora, continuând cu plasarea accentului pe conceptul de vulnerabilitate, în ceea ce privește definirea, prezentarea modalităților în care acest concept este integrat unor domenii de cercetare diverse, a modelelor vulnerabilității, caracterului său multidimensional și posibilităților de evaluare a vulnerabilității. Capitolul al doilea se încheie cu elemente de detaliere asupra abordării conceptuale a vulnerabilității. Întrucât atât noțiunea de vulnerabilitate, cât și cele de risc, hazard, expunere, dezastru etc. suportă o multitudine de definiții și fac obiectul unor interpretări variate ca formă și conținut, am considerat deosebit de important demersul de a prezenta sintetic aceste definiții și interpretări și de a le diferenția.

Întrucât noțiunea de vulnerabilitate este tratată, în mod standard, în raport cu un anumit tip de hazard sau în varianta multihazard, următorul capitol abordează hazardul seismic cu referire la terminologia specifică și la natura seismelor ce afectează teritoriul României. În acest context, sunt prezentate elemente ce țin de studiul seismelor din

România, zonele seismogene cuprinse în spațiul românesc, modalitățile de realizare a hărților de hazard seismic ale acestui spațiu și anumite aspecte privind istoria seismelor ce au afectat teritoriul țării.

Capitolul 4 urmărește definirea și trecerea în revistă a modalităților de evaluare a vulnerabilității seismice, prezentând modelele și metodele de evaluare, tipurile clasice de vulnerabilitate seismică (fizică, socială, sistemică) și situația actuală a studiului vulnerabilității seismice din România. Dintre indicatorii ce pot fi regăsiți în literatura de specialitate (Anexa 2), au fost selectați acei indicatori ce se pretează realităților geografice specifice așezărilor urbane din România și care îndeplinesc fie condiția regăsirii în bazele de date ce pot fi puse la dispoziție de instituțiile publice, fie condiția posibilității achiziției datelor respective prin realizarea de studiu în teren sau prin utilizarea tehnicilor SIG. Astfel, indicatorii utilizați în vederea evaluării vulnerabilității seismice a ariilor de studiu sunt prezentați succint în cadrul celei de-a doua părți a capitolului 5 (Abordarea multicriterială a problemei vulnerabilității seismice) și detaliați în cadrul Anexei 4. Este de subliniat faptul că acest capitol începe cu prezentarea celor 4 metode de analiză multicriterială integrate schemei metodologice propuse.

Capitolul 6 (Rezultate. Evaluarea multicriterială a vulnerabilității seismice a municipiilor Iași, Vaslui, Galați și Focșani) include rezultatele implementărilor metodelor de analiză multicriterială descrise în capitolul anterior, precum și considerații asupra validării acestor rezultate. Anexa 7 cuprinde conținutul matematic pe care se bazează interpretările rezultatelor. Primele două subcapitole fac referire la ponderile importanței relative a categoriilor de indicatori ai vulnerabilității seismice și la ponderile importanței relative specifice indicatorilor din cadrul fiecărei astfel de diviziuni. Urmează analiza modulară a vulnerabilității seismice a municipiilor selectate, fiecărui tip de vulnerabilitate fiindu-i dedicate două secțiuni: de interpretare a rezultatelor implementării schemelor metodologice multicriteriale și de validare a acestora. Ultimul subcapitol urmărește prezentarea, interpretarea și validarea rezultatelor evaluării vulnerabilității seismice de ansamblu a ariilor de studiu, adică rezultatele obținute prin integrarea celor 25 de indicatori ai vulnerabilității seismice, specifici celor 5 dimensiuni ale acesteia.

Capitolul final este și cel mai amplu capitol al tezei de doctorat, având drept subiect cele 4 studii de caz realizate asupra municipiilor Iași, Vaslui, Galați și Focșani. Fiecare studiu de caz constituie un subcapitol conturat urmărind aceleași puncte esențiale: poziția geografică, factorii naturali relevanți în contextul producerii unui seism major, originea și dezvoltarea urbană a municipiului de interes, evoluția sa teritorială, morfologia urbană,

istoricul seismelor, dimensiunile vulnerabilității seismice specifice municipiului vizat, percepția riscului seismic de către populația acestuia și vulnerabilitatea seismică a clădirilor expertizate tehnic din aria de studiu.

Pe lângă concluzii și bibliografie, lucrarea conține și 4 categorii de anexe – aferente aspectelor teoretice, anexe metodologice, anexe aferente studiilor de caz și anexe privind activitatea științifică din timpul doctoratului. Anexele constituie conținuturi adiționale, menite fie să prezinte în profunzime anumite aspecte ce au fost sintetizate în cadrul tezei de doctorat (Anexele 1–6), fie să redea anumite rezultate ale cercetării (Anexele 7 și 8).

## 1. TERMENI UTILIZAȚI ÎN CERCETAREA RISCURILOR

Cercetarea riscurilor naturale s-a conturat ca un domeniu științific de sine stătător încă din secolul trecut, iar în prezent acesta reprezintă, prin prisma implicațiilor fenomenelor naturale cu potențial distructiv și a frecvenței ridicate a hazardelor, un pilon al dezvoltării materiale și economice a societății. Cu toate acestea, atât la nivelul literaturii de specialitate, cât și în forurile științifice și politice pentru care domeniul în cauză prezintă interes, nu există consens privind terminologia utilizată. Multiplele definiții ale termenilor de risc, hazard, vulnerabilitate, expunere, senzitivitate, adaptare, coping, reziliență, dezastru sunt inventariate în Glosarul Comparativ al componentelor riscului elaborat de Thywissen (2006). Studiarea acestora indică suprapuneri ale definițiilor unor termeni diferiți, precum și definiții contradictorii ale aceluiași termen.

Lipsa convergenței definițiilor și terminologiei derivă, în mod firesc, din diferențierile ontologice și metodologice proprii fiecărei discipline care se folosește de acele concepte, precum și ca urmare a necesității integrării unor aspecte distincte ale conceptelor menționate, în acord cu specificul fiecărei discipline științifice. Astfel, se ajunge la o fragmentare a conținuturilor științifice și crește probabilitatea de conturare a situațiilor ambigue, deloc propice avansării demersurilor de cercetare (Hufschmidt 2011).

De altfel, varietatea definițiilor termenilor de risc, hazard, vulnerabilitate, reziliență, precum și suprapunerile definițiilor specifice unor termeni diferiți, complică și mai mult problematica abordării riscurilor și dezastrilor naturale. Acestea pot fi considerate „fenomene sociale” sau, mai adecvat, constructe sociale, însă pierderile de diferite tipuri provocate de fenomenele naturale distructive constituie o rezultată a fenomenelor în cauză, ce au rolul de factori declanșatori, și a factorilor sociali (Weichselgartner 2001). Includerea factorilor sociali, rezultați în urma unor decizii cumulative realizate de-a lungul unor perioade lungi de timp, plasează controlul dimensiunii riscurilor/dezastrilor naturale în sfera posibilităților societății umane. Cu alte cuvinte, prin eficientizarea proceselor de decizie și perfectarea rezultatelor acestora, se poate reduce impactul pe care fenomenele naturale sau antropice îl au asupra comunităților umane.

Dificultatea demersului de a ajunge la decizii care să asigure atingerea scopului menționat, precum și siguranța societății în raport cu amenințarea hazardelor, rezidă în faptul că deciziile sunt luate prin raportare la timpul prezent, neexistând informații concrete referitoare la implicațiile lor. Pe cale de consecință, deciziile din prezent nu pot fi

judicate fără echivoc ca fiind corecte sau greșite, însă urmările lor pot fi sau nu favorabile, rămânând necunoscute până la transformarea viitorului în timp prezent.

Weichselgartner (2001) subliniază faptul că dificultățile de înțelegere a contextelor în care au loc hazardele naturale reprezintă adevăratele bariere de gestionare a consecințelor dezastrelor naturale. Identificarea și comensurarea tuturor factorilor care contribuie la conturarea riscurilor naturale sau a dezastrelor sunt dificil de realizat, ca urmare a multitudinii acestor factori, a variabilității lor în timp și spațiu și a dinamicii relațiilor ce se stabilesc între ei. Abordările intradisciplinare nu sunt capabile să identifice și să cuantifice în mod adecvat, cuprinzător factorii de interes, astfel încât apare necesitatea abordărilor transdisciplinare. Fuchs et al. (2011) scoate în evidență necesitatea acestor abordări, amintind faptul că, prin intermediul lor, se poate analiza în mod adecvat „dinamica și caracteristicile multifacetate ale vulnerabilității”. În acest context, problema care se ridică este tocmai lipsa consensului privind definițiile termenilor, agravată de situațiile în care definiția proprie unui termen se suprapune cu cea a altui termen – situație frecvent întâlnită în cazul definirii vulnerabilității ca risc și invers.

Un alt aspect care pune în lumină dificultățile impuse de lipsa consensului privind definițiile termenilor de interes este acela al necesității evitării erorii de a fundamenta cunoașterea doar pe dezastrele sau evenimentele distructive anterioare. Această cunoaștere se extinde pe trei niveluri, anume cunoașterea referitoare la impactul hazardelor, la vulnerabilitatea comunităților umane și la mecanismele de coping necesare întăririi rezilienței. Aceste trei componente trebuie abordate atât din perspectiva scenariilor de anticipare a manifestării hazardelor (în special în cazul hazardelor recurente), cât și prin analize retroactive, referitoare la evenimente distructive deja consumate. De asemenea, trebuie avut în vedere faptul că un scenariu nu reprezintă o reprojecție a trecutului în viitor, ci o investigare a potențialelor consecințe ale unor dezastre viitoare, care integrează informații obținute pe baza evenimentelor anterioare (Schoemaker 1993, Alexander 2012).

Prin urmare, se impune studierea multiplelor definiții ale noțiunilor de risc, hazard, dezastru, catastrofă, expunere, reziliență, coping și capacitate de adaptare, sublinierea nuanțelor acestora și chiar clarificări suplimentare în cazul aspectelor ce țin de conceptul de vulnerabilitate. Întrucât această componentă a riscului constituie elementul de interes al tezei de doctorat, prezentarea noțiunii de vulnerabilitate a fost realizată la nivel de detaliu, incluzând elemente referitoare la diferitele definiții, elementele integrate vulnerabilității, perspective asupra conceptului conturate în literatura de specialitate, succesiunea paradigmelor, școlile teoretice ce tratează vulnerabilitatea, modele ale vulnerabilității etc.

## 1.1. Risc

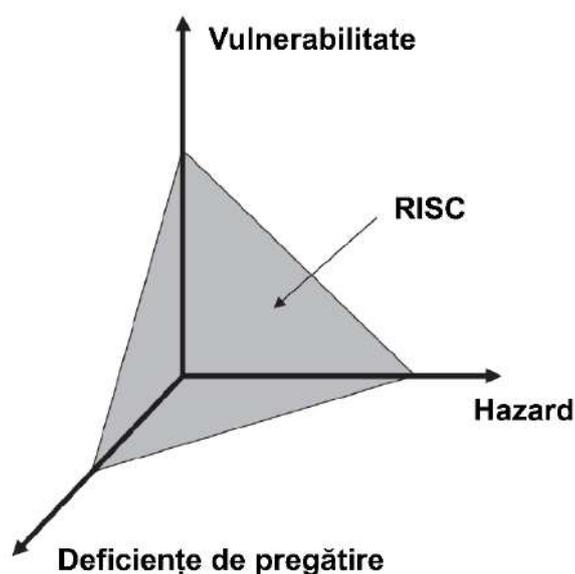
Multiplele definiții ale termenului risc sunt rezultatul utilizării acestuia în diferite domenii, cum ar fi geografia, economia, finanțele și auditul financiar, medicina, tehnologia, securitatea cibernetică etc. Chiar și în cazul disciplinelor conexe, precum managementul dezastrelor, domeniul asigurărilor, adaptarea la schimbările climatice, managementul mediului, termenul suportă definiții diferite, care se pretează specificului acelor discipline, scopurilor cercetării și metodologiilor aferente. Dezavantajele flexibilității utilizării acestui termen constau în creșterea fragmentării semantice, adesea asociată ambiguității.

Cele două perspective asupra conceptului de interes sunt: i) riscul produs dintre hazard și vulnerabilitate și ii) perspectiva sociologică, behavioristă, în care riscul este o caracteristică inerentă a deciziilor (Birkmann 2013c). În general, riscul desemnează posibilitatea de a pierde sau de a câștiga ceva, dar cu referire la hazarde, UN-DHA (1992) definește riscul drept probabilitate de producere a pierderilor de vieți omenești, rănirii persoanelor, pagubelor materiale și perturbării activităților economice în timpul unei perioade de referință, într-o anumită regiune, ca urmare a manifestării unui anumit hazard. Conform Comisiei Europene, termenul de risc desemnează combinația dintre probabilitatea de producere a unui eveniment și consecințele sale negative (EC 2013). Pe de altă parte, evaluarea și percepția riscului ca domenii de studiu de sine stătătoare consideră riscul ca fiind un construct social (Hufschmidt 2011).

Una dintre cele mai clare definiții este oferită de UN-ISDR (2004): riscul cuprinde magnitudinea și probabilitatea de înregistrare a unor consecințe negative sau pierderi, ce pot rezulta în urma interacțiunilor dintre hazardele naturale sau antropice și condițiile de vulnerabilitate. În acord cu definițiile conturate la nivel internațional, în literatura științifică de specialitate din România, riscul este definit ca produs al probabilității apariției unui fenomen și al consecințelor negative pe care acesta le poate determina (Stângă 2007).

Simplist, din punct de vedere matematic, riscul poate fi definit ca (UN-DHA 1992, Garatwa și Bollin 2002) produsul dintre hazard și vulnerabilitate (1). Formula a fost inclusă în raportul UN-ISDR (2004) și completată ulterior prin includerea elementelor la risc (expunerea) ca factor al produsului ce desemnează riscul (Varnes 1984, ADRC 2005). În general, expunerea constă în totalitatea persoanelor și a bunurilor materiale existente într-un anumit spațiu, care pot fi afectate de un anumit hazard (Crichton 1999, Pelling et al. 2004, ADRC 2005).

Integrând cele trei componente, Dwyer et al. (2004) exprimă dimensiunea riscului drept volum al piramidei construite pe direcțiile hazardului, vulnerabilității și expunerii. O altă reprezentare spațială a conceptului de risc este oferită de Crichton (1999) – „triunghiul riscului” și dezvoltată ulterior de Villagrán de León (2004). Și în această ultimă variantă, riscul reprezintă o funcție a celor trei componente ale sale: hazardul, vulnerabilitatea și deficiențele de pregătire (Figura 1). Contrar perspectivelor moderne asupra vulnerabilității, expunerea este considerată o componentă a hazardului, iar deficiențele de pregătire – care, de fapt, fac referire la lipsa capacității de coping a unui element (Villagrán de León 2001, 2004), sunt reunite sub forma unei componente de sine stătătoare.



*Figura 1. Riscul ca rezultată a hazardului, vulnerabilității și deficiențelor de pregătire (Villagrán de León 2001, 2004)*

De asemenea, riscul poate fi definit ca o funcție pătratică de ordinul doi a hazardului și a vulnerabilității (2), (3). Reprezentarea matricială presupune formarea unei contradicții între exprimarea liniară a componentelor sale și exprimarea riscului drept valoare punctuală (Stângă, 2007).

$$R^2 = H^2 + V^2 \quad (2)$$

$$R = \sqrt{H^2 + V^2} \quad (3)$$

Villagrán De León (2006) realizează o trecere în revistă a ecuațiilor specifice riscului, analizând prin prisma acestora definițiile specifice (Tabelul 2). Cu referire la acestea, UN-ISDR (2004) atrage atenția asupra importanței contextelor sociale de apariție a riscurilor, în cadrul cărora capacitățile de răspuns ale comunităților umane (exprimate drept capacități de coping sau deficiențe legate de pregătire), dar și percepția asupra riscului, diferă.

**Tabel 2. Formule ale riscului din literatura de specialitate (după Villagrán De León 2006)**

Formule	Explicații	Referințe
$R = H \cdot V$	R = risc H = hazard V = vulnerabilitate	UN-ISDR (2004)
$R = H \cdot V \cdot \sum E$	R = risc total H = hazard V = vulnerabilitate $\Sigma E$ = suma elementelor la risc	Alexander (2000)
$R = H \cdot E \cdot V$	R = risc total H = hazard V = vulnerabilitate E = expunere	Dilley et al. (2005)
$R = H \cdot V \cdot Def$	R = risc H = hazard V = vulnerabilitate Def = deficiențe în pregătire	Villagrán De León (2006)
$R = H + E + V - C$	R = risc total H = hazard V = vulnerabilitate E = expunere C = capacitate de coping	Hahn et al. (2003)

Birkmann (2013c) afirmă că riscurile nu trebuie considerate circumstanțe generate extern sau autonom, la care societatea reacționează, se adaptează sau răspunde, ci mai degrabă constituie rezultatul interacțiunii dintre societate, mediul natural și cel construit. În acest context, gestionarea eficientă a riscurilor presupune înțelegerea relațiilor dintre cele trei elemente și a factorilor ce le influențează (Vogel și O'Brien 2004, Birkmann 2013b). Autorul identifică șase cerințe referitoare la cunoașterea riscurilor, ce ar trebui incluse în demersurile de cercetare și ar trebui abordate din perspectiva multidisciplinarității:

„1. Identificarea noilor hazarde și schimbări ireversibile, precum și a schimbărilor de la nivelul hazardelor deja cunoscute;

2. Examinarea vulnerabilității și a componentelor sale de bază;

3. Identificarea riscului, ca produs al interacțiunii evenimentelor de tip hazard (incluzând probabilitatea de manifestare) și a vulnerabilității;

4. Percepția riscurilor (în mod particular în legătură cu hazardele „neexperimentate”, cum ar fi creșterea nivelului oceanic);

5. Evaluarea metodologiilor și a instrumentelor de analiză a dinamicii actuale și potențiale a vulnerabilității și fenomenelor de tip hazard;

6. Managementul riscurilor și guvernarea bazată pe adaptare”.

Teza de doctorat tratează punctele notate cu cifrele 2 și 5, mai exact cele referitoare în mod explicit la vulnerabilitatea comunităților umane. În acest fel, demersul de cercetare se încadrează directivelor trasate de Birkmann (2013c) cu privire la domeniul riscurilor, contribuind la lărgirea sferei cunoașterii acestora și, în special, a componentei reprezentate de vulnerabilitate.

## 1.2. Hazard

Originar din limba arabă (*az-zahr* însemnând joc de zaruri), termenul de hazard este utilizat în mod curent în sensul de „împrejurare sau concurs de împrejurări (favorabile sau nefavorabile) a căror cauză rămâne în general necunoscută” (DEX 2009). Una dintre definițiile hazardelor, larg utilizată în literatura de specialitate, este aceea de „evenimente sau condiții fizice cu potențialul de a cauza victime, răniri, pierderi la nivelul proprietăților, infrastructurii, agriculturii, mediului, întreruperea activităților economice sau alte tipuri de pierderi” (FEMA 1997).

O altă definiție este cea de probabilitate de producere a unui fenomen cu potențial distructiv, într-o anumită regiune și perioadă de timp (Cardona 2003, Marker 2013). Birkmann et al. (2014) subliniază faptul că hazardul nu se referă la procesele sau fenomenele cu potențial distructiv per se, ci constituie o probabilitate de manifestare a acestora, adică un element cu statut de potențialitate. În literatura de specialitate, există și definiții antagonice, conform cărora hazardul reprezintă un eveniment, fenomen, proces, situație sau activitate care poate afecta în mod negativ populația, societatea în ansamblu sau mediul (Nadim 2013, UNDRR 2017). În acest context, hazardul poate fi analizat prin prisma localizării sale, magnitudinii, geometriei, frecvenței și probabilității de apariție (Nadim 2013) – observându-se că această probabilitate de apariție, ce definea de fapt hazardul conform altor accepții, a devenit o particularitate a hazardului definit ca eveniment în sine.

Prin urmare, la fel ca în cazul riscului sau vulnerabilității, asupra definiției hazardelor nu există consens în forurile științifice. Primele definiții, referitoare la caracterul de probabilitate al hazardului, sunt utilizate cu precădere în cadrul cercetărilor despre riscuri și dezastre, din domeniul geostiințelor și riscurilor economice. Pentru a fi eliminate ambiguitățile care derivă din această dublă semnificație a termenului de hazard, Societatea Internațională a Mecanicii Solului și Inginerie Geotehnică (ISSMGE) au propus utilizarea termenilor de „pericol” sau „amenințare” pentru a desemna fenomenul cu potențial distructiv și termenul „hazard” pentru a desemna probabilitatea de manifestare (într-un anumit moment și într-un anumit spațiu) a fenomenului în cauză (Nadim 2013).

Componentele hazardelor sunt reprezentate de probabilitatea de producere a acestora și de magnitudinea lor (în unele cazuri, se adaugă noțiunea de intensitate). Între cele două există o corelație negativă, întrucât cu cât magnitudinea unui hazard este mai ridicată, cu atât probabilitatea sa de producere este mai redusă. Aceeași relație este stabilită și între frecvența hazardelor și magnitudinea lor. Acest raport are caracter logaritmic normal, întrucât magnitudinea crește liniar (1, 2, 3, ...), iar frecvența descrește conform unei funcții de ridicare la putere inverse ( $1/3$ ,  $1/9$ ,  $1/81$ , ...) (Keller et al. 2008).

O altă noțiune importantă este cea de hazard extensiv, alcătuit din hazarde cumulative, frecvente, de magnitudini reduse (UNDRR 2009), cu potențial de a cauza distrugereri mai mari (în timp) decât evenimentele singulare, de magnitudine de nivel mediu. Hazardele extensive diminuează treptat capacitatea de coping a comunităților umane, determinând creșterea vulnerabilității lor la hazardele cu magnitudini de ordin superior (Bull-Kamanga et al. 2003).

Aceste diferențieri își pierd din importanță atunci când este luat în considerare faptul că hazardele rezultă din interacțiunea sistemelor naturale, umane și tehnologice (Cutter 2001). Spre exemplu, impactul inundațiilor provocate de un episod diluvian poate fi amplificat de defrișările și/sau de practicile agricole nesustenabile, desfășurate într-o anumită regiune, premergător manifestării hazardului hidro-climatic menționat (Pine 2009). De asemenea, existența unor locuințe și elemente de infrastructură în ariile umede din apropierea râurilor afectate de viituri și/sau revărsări potențează impactul hazardului în cauză. Reiese că o analiză cuprinzătoare a unei situații de manifestare a hazardului este marcată de dificultăți privind încadrarea taxonomică a acestuia. Adițional, poate fi adusă în discuție problema delimitării resurselor de hazarde, oferind exemplul apei ca resursă (atunci când este cantonată în lacurile de acumulare) și ca hazard (inundație determinată de ruperea barajelor) (Weichselgartner 2001).

Având în vedere implicațiile manifestării hazardelor și creșterea frecvenței lor, la nivel mondial au fost create organizații al căror obiect de activitate este gestionarea acestora: United Nations International Strategy for Disaster Reduction (UN ISDR), EUR-OPA Major Hazard Agreement, GeoHazards International etc. (Komac și Zorn 2013).

### 1.3. Expunere

Expunerea este un indicator al distribuției spațio-temporale a elementelor la risc (Hollenstein 2005) – anume populația, infrastructura, fondul construit, bunurile materiale și activitățile economice desfășurate de aceasta, adică a elementelor care pot fi afectate în mod negativ, direct sau indirect, de un anumit hazard (UNDRR 2017). Altfel spus, expunerea constă în prezența bunurilor/activelor sociale, economice, de mediu sau culturale în arii care pot fi afectate de un hazard (Birkmann 2013a). Caracterul expunerii este condiționat de tipul de hazard la care se raportează, în sensul că fiecare tip de hazard plasează sub incidența pericolului elemente diferite (Coburn et al. 1994).

Expunerea se edifică drept o precondiție a unei situații ce presupune manifestarea unui hazard (Pelling et al. 2004), fiind veriga de legătură între elementele la risc și hazard (Fuchs et al. 2011). În anumite accepții, expunerea se individualizează ca o componentă stabilă a riscului, diferită de vulnerabilitate (Hahn et al. 2003, Dilley et al. 2005, Papathoma-Köhle et al. 2011, Totschnig et al. 2011). Contrar, o serie de autori (Birkmann 2013b, Willroth et al. 2011) specifică faptul că expunerea poate fi utilizată în scopul măsurării vulnerabilității, iar în contextul cercetării schimbărilor climatice, expunerea este inclusă vulnerabilității (Birkmann et al. 2014). În general, un nivel ridicat al vulnerabilității corespunde unui nivel ridicat al expunerii și invers (Hudschmidt 2011).

O importanță deosebită revine aspectelor temporale ale expunerii, referitoare la durata și momentele în care un element la risc poate fi afectat de un hazard sau un tip de stres (Birkmann 2013a). Setiadi et al. (2010) oferă un exemplu în acest sens în studiul expunerii populației la tsunami, în zona de coastă din orașul Padang, Indonezia. Autorii detaliază asupra expunerii diferite a populației masculine și feminine, minoră sau vârstnică; diferențieri explicate de activitățile desfășurate de fiecare segment de populație, ce imprimă anumite pattern-uri de mobilitate.

Și aspectele referitoare la dimensiunea spațială a expunerii sunt esențiale pentru evaluarea acesteia. Dimensiunea spațială poate fi analizată ca raport al teritoriului expus impactului unui fenomen cu potențial distructiv și totalitatea teritoriului ocupat de o

comunitate umană, astfel încât se pot emite concluzii referitoare la măsura în care comunitatea umană poate fi afectată de fenomenul distructiv. Cu cât suprafața afectată de impactul negativ este mai redusă, prin raportare la suprafața totală, cu atât potențialele pierderi pot fi mai puțin semnificative, iar procesul de revenire la normal poate fi mai rapid (Birkmann 2013a).

#### **1.4. Senzitivitate și susceptibilitate**

O noțiune tangență expunerii este cea de senzitivitate care, conform lui Cutter (2013), constă în predispoziția elementelor expuse de a fi afectate în mod negativ de impactul unui hazard. Pe de altă parte, și termenul de susceptibilitate este utilizat în același sens, iar Costa și Kropp (2013) realizează chiar o trecere în revistă a suprapunerilor definițiilor acestor doi termeni. Susceptibilitatea reliefează condițiile ce caracterizează elemente expuse și nu face referire la expunerea propriu-zisă, întrucât un element expus manifestării unui hazard, nu este neapărat susceptibil a fi afectat în mod negativ de acel hazard (Birkmann 2013b).

Susceptibilitatea este definită și în raport cu aspectele spațiale ale hazardului, drept tendința unei anumite zone de a fi afectată de efectele unui fenomen cu potențial distructiv (Dominguez-Cuesta 2013). Această tendință este independentă de momentul manifestării fenomenului respectiv sau de dimensiunea și tipul consecințelor negative. Pe de altă parte, există și suprapuneri ale definițiilor susceptibilității și hazardului. Cu referire la alunecările de teren, Brabb (1985) definește susceptibilitatea drept probabilitatea de manifestare a unui eveniment într-o anumită zonă, în funcție de corelația dintre factori destabilizatori și distribuția evenimentelor anterioare.

#### **1.5. Coping și capacitate de adaptare**

Copingul reprezintă totalitatea modalităților în care oamenii sau organizațiile utilizează resursele și abilitățile disponibile pentru a face față consecințelor adverse ale unui dezastru și a ajunge la situații favorabile (UNDP 2004). În mod asemănător, UNISDR (2004) definește capacitatea de coping drept „combinație a forțelor și resurselor disponibile în cadrul unei comunități umane sau organizații, care poate reduce nivelul riscului sau efectele unui dezastru”.

Termenul este folosit și în condiții de normalitate pentru a desemna gestionarea resurselor, dar și în legătură cu situațiile de criză. Această noțiune înglobează abilitatea de a absorbi impactul dezastrului prin implementarea unor măsuri de protecție împotriva sa sau prin adaptarea la impact, precum și acțiunile menite să acopere costurile unor potențiale pagube materiale (încheierea de asigurări, utilizarea economiilor) (UNEP 2002). Gallopin (2006) sintetizează aceste elemente, fundamentând capacitatea de coping a unui sistem în raport cu un hazard natural, pe abilitatea sistemului de a se adapta la perturbări, a modera posibilele pagube, de a valorifica oportunitățile și a se adapta consecințelor hazardului.

Capacitatea de adaptare constă în restructurarea unui sistem după contactul acestuia cu o formă de stres sau de perturbare (Turner et al. 2003a). Din perspectiva științelor umaniste, adaptarea se referă la un proces sau o acțiune ce are loc într-un sistem, la o anumită scară (comunitate, grup, țară, regiune, sector, locuință), în scopul îmbunătățirii capacității sistemului de a gestiona sau de a se adapta la schimbarea unor condiții, la stres, hazard, risc sau oportunitate (Smit și Wandel 2006). În cadrul științelor naturale, definițiile converg către ideea de dezvoltare genetică sau comportamentală a caracteristicilor care permit organismelor sau sistemelor să facă față schimbărilor de mediu, pentru a supraviețui și a se reproduce (Kitano 2002). Smit și Wandel (2006) realizează o analiză a evoluției conceptului, prezentând relația dintre adaptare, adaptabilitate și vulnerabilitate.

Literatura științifică realizează distincția între adaptare (*adaptation*) și capacitatea de adaptare (*adaptation capacity*), însă în limba română nu există o traducere exactă a acestor termeni, existând tendința de a-i plasa în relație de sinonimie. Capacitatea de adaptare este specifică unui anumit context și variază de la o țară la alta sau de la o regiune la alta, precum și în cadrul grupurilor. Totodată, aceasta variază în timp, în acord cu schimbările socio-economice, instituționale și politice (Smit și Wandel 2006). Coroborând aceste variații spațiale și temporale, Schmidt-Thomé și Juhola (2013) consideră că această capacitate este un concept de tip rețea, în sensul că adaptabilitatea unei regiuni este corelată cu cea a statului. Totuși, capacitatea de adaptare de la nivel național poate să difere de cea de la nivel local.

În studiile privind hazardele naturale, conceptul de adaptare are drept componente centrale percepția, acțiunile de adaptare (*adjustment*) și management al hazardelor. Acțiunile de adaptare constituie manifestări ale capacității de adaptare, fiind implementate în scopul întăririi sistemului și rezolvării problemelor legate de expunere (Smit și Wandel 2006). Clasificarea adaptărilor se poate realiza în funcție de timpul desfășurării acțiunilor

de adaptare (adaptări anticipative, concurente, reactive), în funcție de intenția desfășurării acestora (adaptări autonome sau planificate), în funcție de dimensiunea spațiului de implementare (adaptări locale sau de largă răspândire) și în funcție de natura acestora (adaptări tehnologice, de comportament, financiare, instituționale, informaționale) (Smit et al. 2000).

Există și autori care aderă la ideea sinonimiei între capacitatea de coping și cea de adaptare (Burkett 2013). În acest context, capacitatea de coping este definită ca „abilitate a unui sistem (natural sau uman) de a răspunde și a-și reveni, în urma efectelor stresului sau perturbărilor cu potential de alterare a structurii sau funcției sistemului” (Burkett 2013). Se observă că această definiție este similară cu cea a rezilienței. Totuși, Birkmann (2013b) argumentează că distincția dintre coping și adaptare este necesară și chiar utilă în demersurile de luare a deciziilor și în cadrul cercetărilor bazate pe abordări analitice.

Cu cât capacitățile de coping și de adaptare ale unei comunități umane sunt mai avansate, cu atât vulnerabilitatea comunității va fi mai redusă. Întărirea acestor capacități devine, astfel, un obiectiv de prim rang al strategiilor de mitigare a riscurilor, în special în regiunile și grupurile socio-economice deosebit de vulnerabile (Peltonen 2006). Burkett (2013) evidențiază faptul că, în unele situații, capacitatea de coping de nivel superior poate fi totuși inefficientă în reducerea vulnerabilității. Exemplul oferit se referă la infrastructura de transport și epurare a apei din zonele albiilor majore, realizată de o comunitate cu resurse financiare și capacități instituționale de ordin superior, care poate fi la fel de vulnerabilă la inundații precum infrastructura realizată de o comunitate cu o capacitate de coping redusă.

## 1.6. Reziliență

UNDRR (2017) definește reziliența drept abilitatea unui sistem, comunități sau societăți expuse hazardelor de a rezista, absorbi, integra, de a se adapta, transforma și de a-și reveni de pe urma unui hazard într-o manieră eficientă, inclusiv prin prezervarea sau restabilirea structurilor și funcțiilor sale de bază, prin acțiuni ce țin de managementul riscului. Reziliența constă în abilitatea unui sistem de a reveni la stadiul anterior producerii unei perturbări și în capacitatea acestuia de a-și menține active structurile și funcțiile, chiar și în contextul producerii acelei perturbări.

Definiția în acord cu etimologia termenului (*resilio* înseamnă a sări înapoi, în limba latină) este cea de capacitate a elementelor afectate de a reveni la starea inițială, în cel mai

scurt timp posibil, cu asistență minimă. Complementar, reziliența poate fi definită drept totalitate a atributelor indivizilor, comunităților sau infrastructurii ce permit prevenirea pierderilor sau menținerea unor condiții de viață normale și recuperarea după impact, în cazul în care se înregistrează pierderi (Buckle et al. 2000). De altfel, reziliența poate fi considerată un element de flexibilitate generator de oportunități de adaptare a sistemului (Pelling 2003).

Conform anumitor accepții, reziliența reprezintă cealaltă față a monedei, în raport cu vulnerabilitatea (Fortune și Peters 1995, Adger 2006, Twigg 2007). Astfel, reziliența și vulnerabilitatea reprezintă cele două extreme ale unei scări continue, fiind implicit faptul că prezența uneia este asociată absenței celeilalte (Manyena 2006). Contrar, în literatura de specialitate se conturează și ideea că aceste două noțiuni nu ar fi neapărat opuse (Gallopın 2006, King 2006, Paton și Johnston 2006), fiind de fapt elemente ce se măsoară pe scări distincte, conectate ocazional (King 2006).

Elementul ce diferențiază în mod clar reziliența de vulnerabilitate este capacitatea de revenire, de a „sări înapoi” (*bounce back*) la situația inițială a comunităților afectate (Manyena et al. 2011). Conceptul de „săritură înapoi” este însă limitat, întrucât nu înglobează noile realități, apărute ca urmare a dezastrelor. Chiar în situațiile în care comunitățile umane și-ar dori să se întoarcă la starea inițială, schimbările din mediul fizic și social, dar și schimbările psihologice determinate de dezastre, nu ar permite acest lucru. Astfel, singura soluție disponibilă este cea de adaptare a comunităților umane la realitățile post-dezastru (Paton și Johnston 2006).

O altă problemă asociată acestui concept este cea de revenire la nivelul de vulnerabilitate din situația pre-dezastru. Acest lucru ar trebui evitat, fiind urmărite scopurile reducerii vulnerabilității și eliminării deficiențelor structurale și funcționale ale societății. Prin urmare, o formulare mai adecvată a conceptului de „săritură” este cea de „săritură înainte” (*bounce forward*) (Manyena 2009). Astfel, o definiție mai clară a rezilienței, cu accent pe progres, este cea de „capacitate intrinsecă a unui sistem, comunitate sau societate predispusă la manifestarea unui șoc sau stres de a sări înainte și de a se adapta pentru a supraviețui, schimbându-și atributele non-esențiale și reconstruindu-se” (Manyena et al. 2011). În literatura științifică românească, această perspectivă asupra rezilienței ca „săritură înainte” este redată de un alt termen, anume de senzitivitate. Conform lui Stângă (2007), aceasta reprezintă „capacitatea unui sistem de a-și modifica atributele și de a se adapta unei noi stări de echilibru, diferită de cea anterioară”.

Caracterul de „cal troian” al conceptului de reziliență (De Weijer 2013) este explicat de faptul că acesta oferă un mecanism de înțelegere și integrare a interacțiunilor complexe dintre sisteme și variabilele cu funcționare impredictibilă, incluzând posibilitatea producerii unor schimbări favorabile în urma manifestării unor fenomene cu potențial distructiv (Manyena și Gordon 2015). Principala provocare din cadrul cercetărilor științifice axate pe reziliență constă în operaționalizarea conceptului (Galderisi și Ferrara 2013). În acest sens, Godschalk (2003) oferă o perspectivă asupra elementelor ce contribuie la formarea rezilienței unui sistem, iar Tierney și Bruneau (2007) elaborează metodologii de cuantificare a elementelor amintite.

În cadrul acestui concept, se individualizează două componente distincte, adesea aflate sub incidența confuziei semantice: capacitatea de reziliență (*resilience capacity*) și performanța rezilienței. Capacitatea de reziliență poate fi analizată la diferite scări spațiale și face referire la abilitatea comunităților umane de a anticipa recursivitatea dezastrelor și momentele sau elementele cheie ale structurii socio-economice, care pot contribui la prelungirea sau agravarea situațiilor de criză (Bănică et al. 2020). Pe de altă parte, performanța rezilienței rezidă în reacțiile comunităților umane la situațiile de criză anterioare (Bristow și Healy 2018).

### **1.7. Dezastru și catastrofă**

Termenul de dezastru desemnează un eveniment care provoacă pierderi de vieți omenești, avarii ale infrastructurii, pierderi la nivelul mediului, bunăstării economice și la nivelul altor elemente valorizate de societate. De fapt, acest termen desemnează un construct de ordin cultural referitor la impactul unui hazard (Guthrie 2013). Spre exemplu, un eveniment seismic constă în manifestarea unui seism, iar un hazard seismic se referă la amenințarea pe care impactul acestui eveniment o impune comunităților umane. Un dezastru seismic este reprezentat de impactul negativ, sever al hazardului seismic asupra elementelor valorizate de societatea umană.

Definiția propusă de UN-ISDR (2004) este cea de „perturbare serioasă a funcționării unei comunități sau societăți, cauzatoare de pierderi de vieți omenești, pierderi materiale, economice sau de mediu de anvergură, care depășesc abilitățile comunității sau societății afectate de a le face față, utilizând resurse proprii”. Astfel, la fel ca în cazul catastrofelor, dezastrele pot presupune depășirea efectivului de resurse disponibile în cadrul unei comunități umane și necesitatea primirii de ajutor extern.

Dezastrele reprezintă o formă de materializare a riscurilor, un produs complex al relațiilor stabilite între mediul fizic (natural și construit) și societatea umană (analizată în termeni de funcționalitate, organizare, dezvoltare, percepție umană și comportament uman) (Quarantelli 1998). Acestea apar la intersecția evenimentelor de tip hazard, a expunerii și a vulnerabilității, în contextul inabilității de a face față consecințelor acelor evenimente și de a reduce gravitatea lor (Bănică et al. 2020). Astfel, riscul se constituie drept o condiție latentă, caracterizată de continuitate, care poate conduce la înregistrarea de pierderi și pagube cu grade diferite de severitate, în timp ce dezastrul constituie un eveniment punctual, în care pierderile și pagubele se transpun în realitate (IPCC 2012). La fel ca în cazul riscurilor, în unele studii privind dezastrele, se subliniază rolul comunităților umane afectate de impactul negativ: „esența sa (a dezastrului) poate fi găsită în organizarea comunităților, mai degrabă decât în fenomenul cu efecte distructive sau perturbatorii asupra societății” (Oliver-Smith 1998).

Într-o notă optimistă, Birkmann (2013b) susține ideea că dezastrele pot deveni catalizatori ai schimbării (Paton și Johnston 2006), stimulând reorganizarea și progresul comunităților umane. Evenimentele de tip dezastru pot constitui „laboratoare” de studiere a factorilor care au condus la producerea pierderilor și pagubelor (Birkmann 2013b). În sprijinul acestei idei, Bănică et al. (2020) analizează dezastre petrecute în anii 2005-2011, în Statele Unite ale Americii (uraganul Katrina, 2005), China (cutremurul din provincia Sichuan, 2008), Haiti (cutremurul care a afectat întreaga țară, 2010), Chile (cutremurul din zona Maule, 2010), Japonia (cutremurul din regiunea Tōhoku, 2011). Aceste studii de caz ilustrează formarea unor bucle de feedback pozitiv în sistemele spațiale afectate de perturbări naturale. Prin creșterea rezilienței la dezastre, problemele asociate acestora devin nu doar surmontabile, ci contribuie la stimularea sentimentului de apartenență la comunitate, precum și la construirea unei economii mai diversificate (Vale și Campanella 2005).

Un termen similar celui de dezastru este „catastrofă”; UN-DHA (1992) stabilind un raport de sinonimie între cele două noțiuni. Pe de altă parte Quarantelli (1998, 2006) susține diferențierea celor două concepte. Catastrofele reprezintă situații în care societățile sunt afectate sau sunt amenințate de a fi afectate de pierderi, în materie de victime omenești și/sau pagube materiale, într-o măsură în care sunt necesare resurse și abilități deosebite, unele provenind din exterior (Blanchard 2007).

Diferența dintre dezastru și catastrofă constă, după Quarantelli (1998) în faptul că, în cazul catastrofelor, aproape întreaga comunitate umană este afectată, împreună cu centrele

de distribuire a proviziilor sau de acordare a altor forme de ajutor, astfel încât este aproape imposibil ca vecinii sau alte persoane din cadrul comunității să-și ofere sprijin reciproc sau unidirecțional. Pe de altă parte, în cazul dezastrelor, unele dintre serviciile și centrele de gestionare a situațiilor de urgență rămân funcționale, deși sunt la rândul lor afectate (Quarantelli 2006).

O altă trăsătură distinctivă a catastrofelor constă în faptul că autoritățile nu reușesc să gestioneze situația și nici să eficientizeze eforturile de revenire la starea de normalitate. Astfel, fie din cauza numărului mare de victime omenești din rândul persoanelor cu funcții de conducere sau al personalului specializat în gestionarea situațiilor de urgență, fie din cauza lipsei resurselor, este necesară preluarea rolurilor menționate de către agenți externi (Quarantelli 2006).

## 2. CONCEPTUL DE VULNERABILITATE

### 2.1. Definiere

#### 2.1.1. Paleta definițiilor

Termenul de vulnerabilitate suportă multiple definiții (Alexander 1997, Cutter et al. 2003, Cardona 2004, Birkmann 2007, Hinkel 2011) care converg spre ideea de dimensiune a potențialelor pierderi și pagube înregistrate de către elementele expuse riscului, ca urmare a manifestării unui hazard de o anumită intensitate (Coburn et al. 1994). Domeniile în care este utilizată noțiunea de vulnerabilitate sunt, de asemenea, numeroase: de la psihologie și antropologie, până la inginerie, schimbări de mediu și ecologie. Paleta largă a definițiilor conceptului determină fragmentarea sensului său, cu posibilitatea apariției inadvertențelor de sens și a reducerii eficienței operaționale (Cutter 1996, Hufschmidt 2011). Contrar, Adger (2006) consideră că diversitatea definițiilor vulnerabilității reprezintă o dovadă a vitalității cercetării, și nu o slăbiciune.

Tabelul 3 redă o serie de definiții ale vulnerabilității, din domeniul cercetărilor interacțiunilor dintre societatea umană și mediu, în scopul evidențierii inadvertențelor semantice și a ambiguității rezultate în lipsa consensului asupra definirii conceptului.

Lucrări de tip sinteză (*review*) ale conceptului de vulnerabilitate au fost elaborate de:

- Weichselgartner (2001): realizează o trecere în revistă a definițiilor vulnerabilității, regăsite și în Cutter (1996), evidențiază elementele cheie ale analizelor expunerii, hazardelor naturale, pregătirii și prevenției, acțiunilor de tip răspuns și vulnerabilității;
- Adger (2006): detaliază asupra evoluției abordărilor vulnerabilității, a direcțiilor cercetării vulnerabilității și provocărilor specifice;
- Villagrán De León (2006): explică diversele definiții ale vulnerabilității, realizând totodată integrarea lor în modele specifice, propunând totodată un model propriu, detaliază metodele de evaluare a vulnerabilității la diferite scări și discută despre relațiile dintre vulnerabilitate și capacitatea de coping, reziliență, precum și despre percepția vulnerabilității.
- Fuchs et al. (2011): analizează 9 lucrări științifice cu viziuni diferite asupra vulnerabilității, în încercarea de a determina în ce măsură este posibilă integrarea abordărilor științifice naturale și sociale ale vulnerabilității

**Tabel 3. Definiții ale vulnerabilității**

<b>Referințe</b>	<b>Definiție</b>
UNDRO (1979)	Vulnerabilitatea reprezintă nivelul pierderilor înregistrate de un anumit element sau set de elemente la risc, ca urmare a manifestării unui fenomen natural de o anumită magnitudine, exprimat pe o scară de la 0 (fără pierderi) la 1 (pierderi totale).
Gabor și Griffith (1980)	Vulnerabilitatea reprezintă amenințarea (la materialele asociate hazardelor) la care oamenii sunt expuși (inclusiv agenții chimici, contextul ecologic al comunităților umane și nivelul de pregătire al acestora).
Timmerman (1981)	Vulnerabilitatea este măsura în care un sistem acționează în mod advers în raport cu manifestarea unui eveniment de tip hazard. Nivelul și calitatea reacției adverse sunt condiționate de reziliența sistemului (definită ca măsură a capacității sistemului de a absorbi și de a-și reveni în urma evenimentului).
Susman et al. (1983)	Vulnerabilitatea este măsura în care diferite clase sociale sunt cu siguranță expuse riscului.
Kates (1985)	Vulnerabilitatea este „capacitatea de a suferi consecințe negative și de a acționa în mod advers”.
Pijawka și Radwan (1985)	Vulnerabilitatea reprezintă interacțiunea dintre risc și acțiunile de pregătire. Aceasta reprezintă măsura în care materialele asociate hazardului amenință o anumită populație (risc) și capacitatea comunității respective de a reduce riscul sau consecințele adverse ale eliberării de materiale asociate hazardului.
Bogardi (1988)	Vulnerabilitatea este definită, din perspectivă operațională, ca inabilitatea de implementa acțiuni eficiente în scopul reducerii pierderilor. Atunci când este definită la nivelul indivizilor, vulnerabilitatea este o consecință a imposibilității sau improbabilității realizării unei mitigări eficiente și este condiționată de abilitatea oamenilor de a detecta hazardele.
Chambers (1989)	Vulnerabilitatea reprezintă expunerea la șocuri și stres și dificultatea pe care anumite comunități o experimentează în contextul acestei expuneri
Mitchell (1989)	Vulnerabilitatea reprezintă potențialitatea de a înregistra pierderi.
Downing (1991b)	Vulnerabilitatea are trei conotații: i) face referire la o consecință, mai degrabă decât la o cauză; ii) consecința de referință are caracter advers; iii) constituie un termen relativ, care înglobează diferențierile dintre grupurile socio-economice și regiuni.
Dow (1992)	Vulnerabilitatea este capacitatea diferențiată a grupurilor și indivizilor de a gestiona hazardele, în funcție de poziția lor în lumea materială și cea socială.
UN-DHA (1992)	Vulnerabilitatea reprezintă nivelul pierderilor (de la 0% la 100%) ce rezultă în urma unui potențial fenomen distructiv.
Alexander (1993)	Vulnerabilitatea umană este o funcție a costurilor și beneficiilor locuirii ariilor expuse unui risc natural.
Watts și Bohle (1993)	Vulnerabilitatea are drept componente expunerea, capacitatea și potențialitatea. În scopul reducerii vulnerabilității, sunt necesare: reducerea expunerii, îmbunătățirea capacității de coping, creșterea potențialului de revenire la normal și îmbunătățirea controlului asupra pagubelor – toate acestea prin mijloace publice sau private.
Wilches-Chaux (1993)	Vulnerabilitatea reprezintă incapacitatea unei comunități de a absorbi, prin auto-adaptare, impactul unei schimbări a

	mediului.
Bohle et al. (1994)	Vulnerabilitatea este o măsură agregată a bunăstării umane, care integrează expunerea de mediu (environmentală), socială, economică și politică la o serie de perturbări potențiale. Vulnerabilitatea este un spațiu multidimensional și multistratificat, definit de capabilitățile de ordin economic, instituțional și politic ale unei comunități umane, într-un anumit loc și într-un anumit moment.
Coburn et al. (1994)	Vulnerabilitatea este capacitatea lucrurilor de a fi afectate negativ de un hazard. Aceasta constituie nivelul pierderilor ce pot fi înregistrate de un anumit element la risc (sau set de astfel de elemente), în raport cu un hazard de o anumită severitate.
Blaikie et al. (1996)	Vulnerabilitatea constă în capacitatea de a anticipa, a face față, a rezista și a se recupera de pe urma impactului unui hazard natural, caracteristică unei persoane sau a unui grup.
Cutter (1996)	Vulnerabilitatea reprezintă probabilitatea ca un individ sau un grup să fie expus și afectat în mod negativ de un hazard. Aceasta desemnează interacțiunea dintre nivelul de hazard al unui spațiu (format din risc și acțiunile de mitigare) și profilul social al comunităților umane.
Gilard și Givone (1997)	Vulnerabilitatea este senzitivitatea modurilor de utilizare a terenurilor la fenomenele de tip hazard.
Comfort et al. (1999)	Vulnerabilitatea reunește circumstanțele care plasează comunitățile umane sub incidența riscului, diminuându-le modalitățile de reacție și anulându-le protecția.
Alexander (2000)	Vulnerabilitatea constituie potențialul de înregistrare a victimelor, distrugerilor, pagubelor, perturbărilor și alte forme de pierderi.
ECLAC-IADB (2000)	Vulnerabilitatea reprezintă probabilitatea ca o comunitate expusă la un anumit hazard natural să înregistreze pierderi umane și pagube materiale, în funcție de gradul de fragilitate al elementelor asociate (fond locativ, infrastructură, activități economice, grad de organizare, dezvoltare politică și instituțională, sisteme de avertizare).
IPCC (2001)	Vulnerabilitatea este o funcție a caracteristicilor, magnitudinii și ratelor de variabilitate climatică la care este expus un sistem, a senzitivității sale și a capacității sale adaptive.
Cardona (2003, 2004)	Vulnerabilitatea reprezintă predispoziția unui element, sistem sau a unei comunități de a fi susceptibilă la producerea pagubelor. Aceasta se constituie drept un factor intern de risc.
Pelling (2003)	Vulnerabilitatea este expunerea la risc și inabilitatea de a evita sau absorbi potențialele consecințe negative.
Turner et al. (2003a)	Vulnerabilitatea este măsura a pierderilor suferite de un sistem, subsistem sau componentă a unui sistem expus(ă) unui hazard, unei perturbări sau unui stres.
UNDP (2004)	Vulnerabilitatea umană constituie o condiție sau un proces ce rezultă din factori fizici, sociali, economici și de mediu, ce determină potențialitatea și nivelul pagubelor cauzate de impactul unui anumit hazard.
Dilley et al. (2005)	Vulnerabilitatea este slăbiciunea aparentă a sistemelor fizice și sociale manifestată în raport cu anumite hazarde.
Hufschmidt (2011)	Vulnerabilitatea reprezintă nivelul pierderilor estimate, dependent de caracteristicile elementelor la risc, în raport cu un anumit hazard.

Kuhlicke et al. (2011)	Vulnerabilitatea este rezultatul contextelor spațiale, demografice, socio-economice, instituționale și culturale.
Papathoma-Köhle et al. (2011)	Vulnerabilitatea este o condiție pre-existentă referitoare la caracteristicile elementelor la risc care cresc susceptibilitatea lor la impactul hazardelor.
Totschnig et al. (2011)	Vulnerabilitatea este nivelul estimat al pierderilor suportate de un element la risc, ca urmare a impactului unui eveniment distructiv definit, într-o anumită perioadă și într-un anumit loc.
Willroth et al. (2011)	Vulnerabilitatea este compusă din expunere, senzitivitate, capacitatea de coping și/sau reziliență.
Birkmann et al. (2014)	Vulnerabilitatea este predispoziția elementelor expuse (cum ar fi bunurile fizice sau de capital, precum și ființele umane și modurile lor de trai) de a experimenta consecințe negative, a suferi pierderi și pagube, ca urmare a impactului unui eveniment de tip hazard.
UNDRR (2017)	Vulnerabilitatea este totalitatea condițiilor determinate de factorii sau procesele fizice, sociale, economice, de mediu care cresc susceptibilitatea unei comunități umane la impactul hazardelor.

- Hufschmidt (2011): realizează o comparație a 6 modele ale vulnerabilității, punând în lumină asemănările și deosebirile dintre acestea. În cadrul lucrării, vulnerabilitatea este explicată prin referire la multitudinea contextelor și scărilor aplicabilității sale, multitudinea dimensiunilor sale și variabilitatea sa temporală.

Termenul își are originea în limba latină, în care verbul *vunero*, *-are* înseamnă a răni, iar genitivul substantivului *vulnus*, *vulneris* se referă la rană (Stângă 2007). Definiția clasică a vulnerabilității este formulată de Varnes (1984), drept grad potențial al pagubelor ce se estimează a rezulta după manifestarea unui fenomen cu potențial distructiv, în funcție de caracteristicile elementelor la risc. În ultimii 30-40 de ani, definiția a fost modificată, ajungându-se la cea de totalitate a „condițiilor determinate de factorii sau procesele fizice, sociale, economice, de mediu care cresc susceptibilitatea unei comunități umane la impactul hazardelor” (UN-ISDR 2004, UNDRR 2017).

Vulnerabilitatea poate fi definită și ca potențial pentru înregistrarea de victime, pagube, perturbări sau alte forme de pierderi (Alexander 2000) sau ca măsură a pierderilor suferite de un sistem, subsistem sau componentă a unui sistem expus(ă) unui hazard, unei perturbări sau unui stres (Turner et al. 2003a); măsură exprimată utilizând o scară subunitară, în care valoarea 0 desemnează absența pierderilor și valoarea 1 desemnează pierderile totale (Buckle et al. 2000). Aceste definiții se pot combina cu cea oferită de UN-ISDR (2004), ajungând la definiția propusă de UNDP (2004): „vulnerabilitatea umană reprezintă o condiție sau un proces ce rezultă din factori fizici, sociali, economici și de mediu, ce determină potențialitatea și nivelul pagubelor cauzate de impactul unui anumit hazard”.

Analizând metodologiile specifice, Fuchs et al. (2011) descriu cele două abordări dominante ale vulnerabilității. Științele naturale consideră vulnerabilitatea drept o relație funcțională între magnitudinea unui fenomen distructiv, impactul fizic al acestuia asupra elementelor la risc și expunerea elementelor la risc. Această abordare ignoră contextul social, fiind situată la polul opus față de abordarea științelor sociale asupra vulnerabilității, care are un puternic caracter antropocentric. În acest caz, vulnerabilitatea se constituie drept rezultat al proceselor sociale, fiind un construct social (Fuchs et al. 2011).

În general, se conturează trei perspective referitoare la cauzele vulnerabilității:

- expunerea drept cauză a vulnerabilității, adesea cuantificată în termeni de proximitate (Alexander 1993), adică fragilitatea sau expunerea fizică identificate de Cardona (2003, 2004);

- condițiile sociale asociate nesiguranței (Cardona 2003, 2004, Blaikie et al. 2004);
- expunerea și condițiile sociale, considerate cauze convergente ale vulnerabilității (Hewitt și Burton 1971, Cutter et al. 2000, Cardona 2003, 2004, Turner et al. 2003a).

De altfel, în literatura de specialitate există numeroase definiții contradictorii, care suprapun noțiunea de risc cu cea de vulnerabilitate, când de fapt cele două sunt entități distincte (Dow 1992, Cutter 1996). Definiția riscului utilizată în domeniul cercetărilor asupra riscului la dezastre se suprapune definiției vulnerabilității din domeniul cercetărilor referitoare la schimbările climatice. În cadrul celei din urmă, sunt incluse magnitudinea și frecvența posibilelor evenimente de tip hazard, astfel încât are loc translarea atributelor conceptului de risc către cel de vulnerabilitate (Füsel și Klein 2006, Birkmann et al. 2014).

Vulnerabilitatea este o componentă a riscului, acesta fiind definit ca probabilitate de producere a pierderilor din anumite arii ce sunt expuse hazardelor și exprimat ca produs dintre probabilitatea de manifestare a unui hazard și nivelul de vulnerabilitate (UNDRO 1991, UN-DHA 1992). În acord cu perspectiva dihotomică menționată, Cardona (2003, 2004) consideră că vulnerabilitatea reprezintă un factor de risc intern, iar hazardul un factor de risc extern. În legătură cu distincția dintre cele două noțiuni, Coburn et al. (1994) menționează faptul că riscul include pierderile estimate în raport cu toate nivelurile de severitate (magnitudine) ale hazardului, precum și probabilitatea de manifestare a hazardului. Prin urmare, în cercetările ce urmăresc reducerea riscurilor, vulnerabilitatea este definită independent de magnitudinea unui fenomen natural distructiv, dar condiționat de contextul de manifestare a fenomenului de referință (Rashed și Weeks 2003).

Fuchs et al. (2011) argumentează că elaborarea unei definiții unice a vulnerabilității este un deziderat iluzoriu, întrucât procesul de definire este condiționat de scopurile analizelor realizate în cadrul diverselor discipline științifice. Aceste scopuri sunt diferite, în acord cu particularitățile disciplinelor științifice, astfel încât nu se poate ajunge la o definiție universală a vulnerabilității. Soluția propusă de acești autori constă în definirea clară, detaliată a componentelor vulnerabilității și riscului, care pot fi reprezentate de frecvența și magnitudinea unui hazard (incluse riscului), elementele expuse la hazard, susceptibilitatea acestor elemente, capacitățile de coping și de adaptare ale diferitelor categorii de elemente la risc (Fuchs et al. 2011).

Cert este că vulnerabilitatea trebuie studiată în contexte variate și cu referire la sectoare, componente și niveluri variate. Cu alte cuvinte, aceasta se conturează drept fenomen multidimensional, diferențial și dinamic, care se manifestă la scări diferite, în mod simultan (Birkmann 2013b). De asemenea, trebuie avut în vedere faptul că între comunitățile umane, dar și în cadrul lor, se remarcă diferențe privind nivelul vulnerabilității, cele mai vulnerabile grupuri fiind cele izolate, cu resurse financiare reduse, dezavantajate în ceea ce privește educația, accesul la serviciile medicale și protecția socială sau oprimare din punct de vedere religios, etnic etc.

Vulnerabilitatea este condiționată de factori și procese de ordin fizic, social, economic, instituțional, care pot contribui la potențarea, reducerea sau menținerea sa. De asemenea, vulnerabilitatea este influențată de fragilitate și mobilitate, ca elemente proprii stării fizice și mentale a individului (Eldar 1992, Fordham 2003, 2004, Hufschmidt 2011). Factorii cu rol de reducere a vulnerabilității se referă la perfecționarea capacității de coping, prin creșterea accesului la resurse, implementarea unor măsuri de diminuare sau eradicare a sărăciei, prin descentralizare și schimbări politice și instituționale. În schimb, factorii care contribuie la menținerea vulnerabilității derivă din diverse tipuri de inerție (socială, financiară, instituțională, politică) resimțită de diverse sisteme (Villagrán De León 2006).

### **2.1.2. Concepte cheie integrate vulnerabilității**

Conceptele cheie integrate vulnerabilității sunt expunerea, susceptibilitatea, senzitivitatea (adeseori aflată în relație de sinonimie cu fragilitatea) și copingul sau capacitatea de adaptare. La acestea se adaugă noțiunea de reziliență, asupra căreia există multiple perspective. Axarea evaluării vulnerabilității pe unul dintre elementele integrate este specifică fazei de început a cercetărilor; cele mai recente urmăresc mai multe dintre aceste elemente integrate, inclusiv diferitele legături stabilite între expunere, susceptibilitate, coping și adaptare (Birkmann 2013b).

Expunerea și reziliența stabilesc raporturi complexe cu vulnerabilitatea, ca urmare a definițiilor diferite ale acestora și metodologiilor variate, proprii fiecărei discipline științifice. Spre exemplu, există accepții conform cărora expunerea este integrată vulnerabilității – mai ales în cadrul studiilor care tratează vulnerabilitatea în tandem cu sustenabilitatea (Turner et al. 2003a, Birkmann 2013b), dar și perspectiva tratării acesteia drept concept de sine stătător – reliefată în cercetările din domeniul schimbărilor climatice (IPCC 2012).

Costa și Kropp (2013) ilustrează suprapunerile dintre termenii susceptibilitate și senzitivitate. Primul se referă la deficiențele care determină creșterea probabilității ca un sistem să experimenteze pierderi sau pagube severe, ca urmare a manifestării unui fenomen cu potențial distructiv. Din acest motiv, Birkmann (2013b) argumentează că termenul de susceptibilitate este mai adecvat utilizării în relație cu noțiunea de vulnerabilitate, așa cum este definită aceasta în cadrul cercetărilor ce vizează reducerea riscurilor și schimbările climatice. O definiție mai clară este cea de predispoziție și probabilitate ca o comunitate umană sau un sistem să sufere de pe urma manifestării unui hazard. Aceasta se referă la condițiile ce caracterizează elementele expuse și nu la expunerea propriu-zisă. Astfel, un element expus manifestării unui hazard, nu este neapărat susceptibil a înregistra daune în urma respectivei manifestări.

Susceptibilitatea este inclusă vulnerabilității ca element de contrabalansare a copingului, întrucât relevă factorii ce contribuie la deficiențele unui sistem, adică partea aflată în relație cu semn opus față de elementele de coping, funcționale în ciuda faptului că acele sisteme sunt expuse și susceptibile. Pe de altă parte, senzitivitatea poate face referire atât la direcții de evoluție negative, cât și pozitive, având un caracter neutru, ce transferă o notă de ambiguitate asupra vulnerabilității (Birkmann 2013b).

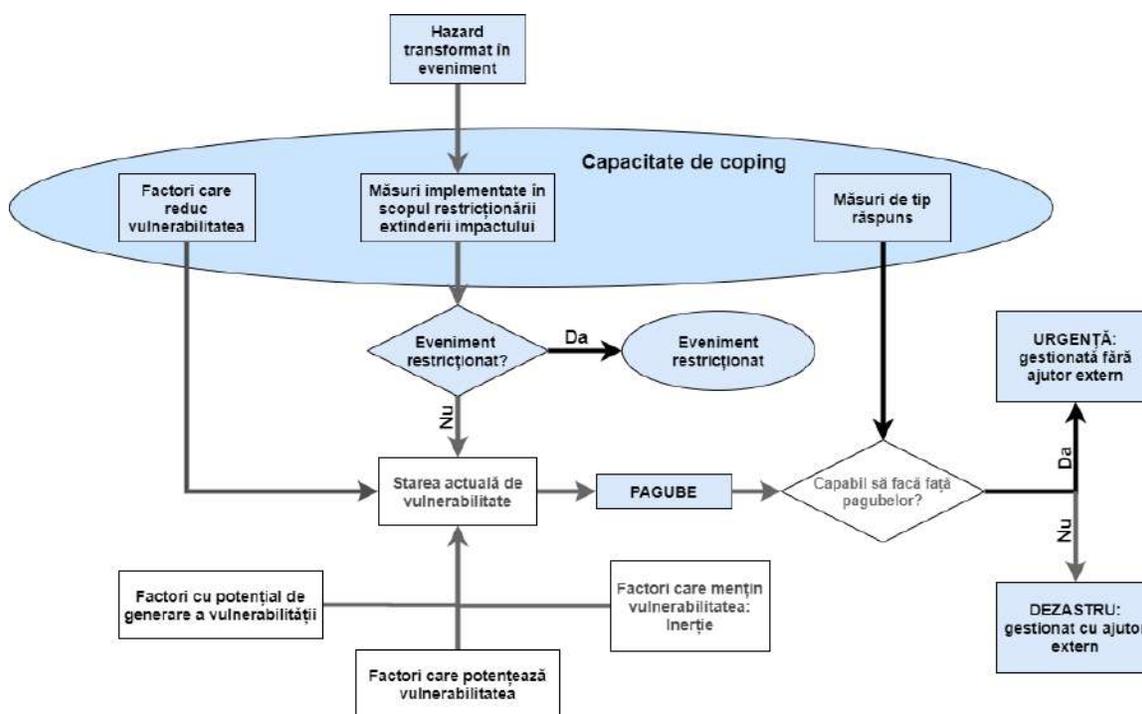
Relația dintre vulnerabilitate și capacitatea de coping diferă de la o viziune științifică la alta. Adeseori, capacitatea de coping este inclusă vulnerabilității (Chambers 1989, Watts și Bohle 1993, Turner et al. 2003a, Bogardi și Birkmann 2004, Birkmann 2013b), însă în contextul în care considerăm vulnerabilitatea drept o predispoziție a unui element de a fi afectat de impactul unui fenomen cu potențial distructiv, capacitatea de coping este exclusă din definiție.

Astfel, copingul s-ar referi, de fapt, la un răspuns la impact, adică la un set de activități desfășurate după manifestarea fenomenului cu potențial distructiv. Totuși, există și o viziune mai largă, care include în coping și măsurile implementate înainte de manifestarea fenomenului perturbator, cu rol de reducere a vulnerabilității – nu doar măsurile de tip „răspuns” sau cele menite să limiteze consecințele negative ale fenomenului, în situația în care acest lucru este posibil (Figura 2) (Villagrán De León 2006).

În acord cu multitudinea definițiilor conceptelor de vulnerabilitate și reziliență, în literatura de specialitate s-au conturat multiple moduri de abordare a acestui binom. În anumite studii, vulnerabilitatea este definită ca opus al conceptului de reziliență (Fuchs 2009), în timp ce altele

consideră reziliența parte integrantă a vulnerabilității, alături de susceptibilitate (Holling și Gunderson 2002, Brooks 2003, Turner et al. 2003a, b, Kaspersen et al. 2005, Adger 2006).

Birkmann et al. (2014) ilustrează relația dintre vulnerabilitate și reziliență prin menționarea unui scop comun, la atingerea căruia cele două elemente participă complementar: „Societățile vor trebui să se adapteze schimbărilor condițiilor de mediu, prin urmare va fi necesar să-și crească reziliența prin reducerea vulnerabilității la hazardele naturale”. Conform acestei accepții, între vulnerabilitate și reziliență se stabilește o relație inversă, întrucât valorile ridicate ale uneia fac trimitere la valorile reduse ale celeilalte.



**Figura 2. Relații între hazard, vulnerabilitate și capacitate de coping, în contextul dezastrelor (Villagrán De León 2006)**

La acest context, se pretează definiția rezilienței ca abilitate intrinsecă a unui sistem, element sau comunitate de a rezista la impactul unui eveniment natural sau de factură socială – în sensul de a nu fi afectat de evenimentul de referință (Villagrán De León 2006). Și în situația în care definim reziliența drept abilitate a unui sistem sau element de a absorbi impactul unui hazard și a-i face față cu succes acestuia, se poate considera că se menține aceeași relație inversă. Villagrán De León 2006 oferă exemplul comunităților rurale africane, care își construiesc locuințele din materiale ușoare, disponibile în cantități mari în apropierea râurilor (chirpici, paie).

Aceste locuințe prezintă vulnerabilitate ridicată la inundații, fiind distruse cu ușurință, însă pot fi construite din nou în scurt timp, ca urmare a disponibilității materialelor de construcții. Astfel, se poate afirma că respectivele comunități umane sunt reziliente în raport cu inundațiile, deși fondul construit este vulnerabil (Villagrán De León 2006).

Relațiile dintre vulnerabilitate și reziliență se modifică atunci când este introdusă o a treia variabilă, rezistența. Aceasta poate fi definită drept capacitate a unui sistem de a rămâne neschimbat pentru un anumit timp, după manifestarea unui fenomen cu potențial distructiv. Antonimul este reprezentat chiar de reziliență, definită drept capacitate a sistemului de a reveni la starea de dinainte de manifestarea fenomenului (Villagrán De León 2006). Vulnerabilitatea le include pe amândouă, precum și potențialul de a înregistra pagube.

O altă perspectivă este cea oferită de Pelling (2003), care include conceptului de vulnerabilitate expunerea, rezistența și reziliența; acestea din urmă având însă definiții diferite de cele prezentate. Rezistența se referă, în acest caz, la starea fizică, economică și psihologică a sistemelor, precum și la capacitatea indivizilor sau comunităților umane de a face față impactului unui eveniment cu potențial distructiv. Reziliența constituie abilitatea unui sistem de a face față sau de a se adapta la stresul asociat hazardului, prin acțiuni preventive și adaptări spontane, după manifestarea evenimentului în cauză.

## **2.2. Perspective asupra conceptului de vulnerabilitate**

Multitudinea și diversitatea definițiilor vulnerabilității se datorează faptului că noțiunea a fost integrată în multiple domenii științifice, diferențiate prin scopul cercetării, aspecte epistemologice, ontologice și metodologice și prin rolul îndeplinit de receptorii impactului hazardului (Fuchs et al. 2011). Din anii 1980, vulnerabilitatea a devenit un concept cheie în cercetarea riscurilor și a hazardelor, precum și în dezvoltarea strategiilor de mitigare a acestora la diferite scări (White și Haas 1975, Cutter 1996, Mileti 1999, Alexander 2000, Rashed și Weeks 2003), utilizând abordări interdisciplinare. Începând cu ultima decadă a secolului trecut, se conturează un interes crescut pentru studierea vulnerabilității urbane sau a metropolelor (Anderson 1992, Jones și Kandel 1992), iar din secolul XXI și pentru studierea vulnerabilității statelor insulare (Atkins et al. 2001, Pelling și Uitto 2001, Briguglio 2004).

În literatura de specialitate, se observă anumite tendințe de convergență a definițiilor vulnerabilității. Astfel, Cutter (1996) și Cutter et al. (2003) identifică trei unghiuri de abordare: i) vulnerabilitatea drept condiție pre-existentă (expunere la risc sau hazard), ii) vulnerabilitatea ca reacție de ordin social și iii) vulnerabilitatea asociată unui anumit spațiu geografic (Tabelul 4).

**Tabel 4. Perspective asupra vulnerabilității identificate de Cutter (1996) în literatura de specialitate de dinainte de începutul secolului XX**

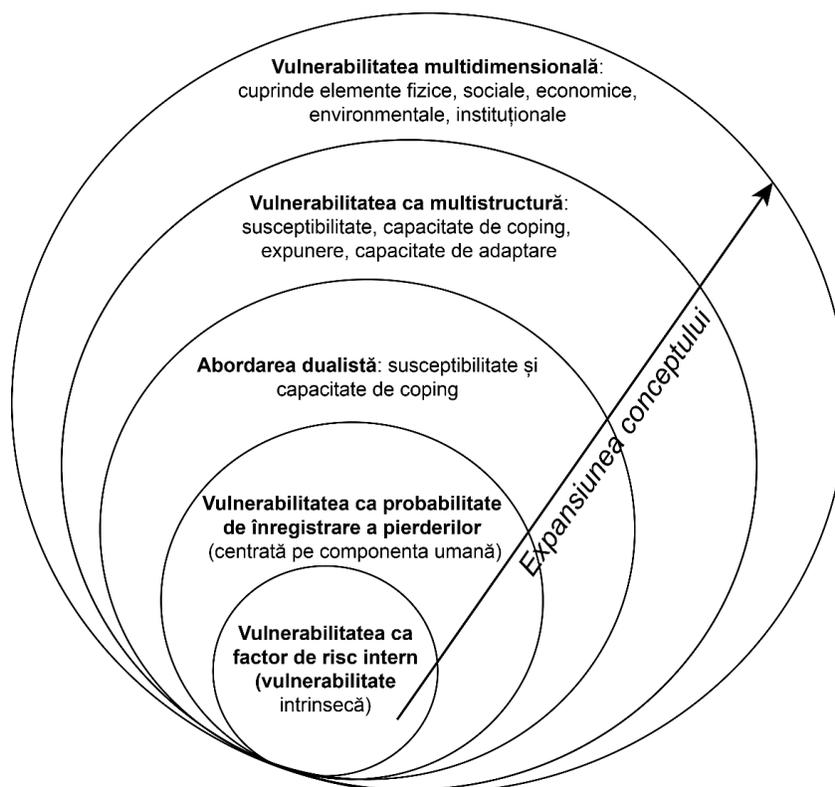
<b>Perspective</b>	<b>Referințe din literatura de specialitate</b>
Vulnerabilitatea drept condiție pre-existentă	Hewitt și Burton (1971), Gabor și Griffith (1980), Ambraseys și Jackson (1981), Gabor și Pelanda (1982), Pijawka și Radwan (1985), Cutter și Solecki (1989), Cutter și Tiefenbacher (1991), Burton et al. (1993), Haque și Blair (1992), Quarantelli (1992), Swearingen (1992), Alexander (1993)
Vulnerabilitatea ca reacție de ordin social	Susman et al. (1983), Bogardi (1988), Chambers (1989), Anderson și Woodrow (1991), Downing (1991a, b), Watts și Bohle (1993), Bohle et al. (1994), Chen (1994), Yarnal (1994)
Vulnerabilitatea asociată unui anumit spațiu geografic	Lewis (1999), Liverman (1986, 1990a), Palm și Hodgson (1992), Degg (1993), Longhurst (1995)

Rafinând perspectiva vulnerabilității locurilor, Liverman (1990b) face distincție între vulnerabilitatea definită drept condiție biofizică și vulnerabilitatea condiționată de elemente politice, sociale și economice. Cercetătoarea propune o abordare bivalentă a vulnerabilității: la nivelul spațiului geografic, care definește locul în care există comunități umane vulnerabile (sau chiar spații în sine) și vulnerabilitatea de la nivelul spațiului social, care desemnează cu exactitate persoanele vulnerabile din spațiul analizat. Reiese că o analiză adecvată a vulnerabilității trebuie să pornească de la înțelegerea modalităților în care sistemele fizice interacționează cu cele umane, precum și a variațiilor spațiale ale acestor interacțiuni (Cutter 2013).

În mod asemănător, Villagrán De León (2006) identifică în literatura de specialitate trei perspective de abordare a vulnerabilității: i) vulnerabilitatea drept condiție sau stare a unui sistem, existentă înainte de manifestarea unui hazard, descrisă prin intermediul susceptibilității, limitărilor, incapacităților sau deficiențelor, ii) vulnerabilitatea drept consecință a expunerii la un anumit hazard și iii) vulnerabilitatea ca probabilitate sau posibilitate de înregistrare a pierderilor și pagubelor. Se observă că între clasificările realizate de Cutter (1996) și Villagrán De León

(2006) există atât suprapuneri, cât și diferențe. De asemenea, ultimele trei perspective se pot combina, dând naștere unor ramificații ale definițiilor vulnerabilității.

Birkmann (2013b) realizează o analiză a evoluției conceptului de vulnerabilitate, evoluție marcată de expansiune continuă a conceptului, prin integrarea de noi și noi elemente sau prin dezvoltarea de noi perspective. Expansiunea conceptului de vulnerabilitate (Figura 3) reprezintă o precondiție a avansării cunoașterii legate de aceasta. Fiecărei sfere, implicit fiecărei accepții asupra vulnerabilității îi corespund definiții, școli teoretice, modele și metodologii specifice.



*Figura 3. Sferile cheie ale conceptului de vulnerabilitate (Birkmann 2013b)*

Aceasta pornește de la vulnerabilitatea considerată drept factor intern al riscului – cercul cel mai mic din cadrul Figurii 3. Un punct de vedere tangențial este cel în care vulnerabilitatea reprezintă o caracteristică intrinsecă a unui element sau sistem expus la risc, accentul fiind plasat pe susceptibilitate, adică pe condiția elementului expus (UN-ISDR 2004, Cardona 2004). A doua sferă este centrată pe componenta umană, mai exact pe condițiile care determină și potențează probabilitatea de înregistrare a consecințelor negative, în urma manifestării unui fenomen cu potențial distructiv. Definiția asociată este cea de vulnerabilitate ca probabilitate de producere a

vătămării, deceselor, pierderilor și perturbării vieții omenești, ca urmare a manifestării unui eveniment extrem sau a întâmpinării unor dificultăți neobișnuite în procesul de revenire a comunităților umane la starea anterioară (Wisner 2002, citat de Birkmann 2013b).

Următorul stadiu constă în abordarea dualistă a conceptului de vulnerabilitate (Figura 3), care integrează atât susceptibilitatea unui element de a fi afectat în mod negativ de un hazard, cât și capacitatea sa de coping la impactul negativ. A treia sferă este direct legată de dubla perspectivă asupra vulnerabilității propusă de Chambers (1989) și Bohle (2001). Ulterior, se realizează trecerea de la conceptul de structură duală la cel de multistructură, prin aducerea în prim-plan a numeroșilor factori ce influențează vulnerabilitatea și a cauzelor sale multiple. Se evidențiază emergența modelelor realizate de Turner et al. (2003a) și de Cardona și Barbat (2000), precum și a modelului MOVE (*Methods for the Improvement of Vulnerability Assessment in Europe*) elaborat de Birkmann et al. (2013), Birkmann et al. (2014).

Ultima sferă este cea a abordării multi-dimensionale a vulnerabilității, care tratează vulnerabilitatea în mod complex, dinamic, cu referire la componentele sale fizice, sociale, economice, de mediu (environmentale), instituționale etc. (Figura 3) – și nu doar în format clasic, cu referire la dimensiunea sa fizică. De altfel, Adger (2006) subliniază necesitatea studierii vulnerabilității drept concept dinamic, multidimensional și a integrării variabilelor cantitative și calitative, de ordin fizic, socio-economic etc. în evaluarea vulnerabilității.

În contextul valențelor multiple ale conceptului de interes, se individualizează mai multe școli teoretice de abordare a vulnerabilității: Birkmann (2013b) menționează școlile teoretice ale cercetărilor din domeniul i) dezvoltării și sărăciei (Chambers 1989, Watts și Bohle 1993, Bohle 2001), ii) hazardelor și reducerii dezastrelor (Burton et al. 1978, O’Keefe et al. 1976, Hewitt 1983), și iii) schimbărilor climatice (Birkmann et al. 2014). Pe de altă parte, Hufschidt (2011) evidențiază emergența școlilor teoretice ale ecologiei umane (Tobin și Montz 1997, Pelling 2003, Smith 2004) și perspectivei structurale (Smith 2004). La acestea se adaugă perspectivele ecologiei sociale (Turner et al. 2003a), care evidențiază rolul fundamental pe care sistemul societate umană-mediu îl are în cadrul analizei vulnerabilității, precum și abordările holistice ale vulnerabilității și riscului la dezastre (Cardona și Barbat 2000) sau abordarea la scară locală (Cutter 1996). Rashed și Weeks (2003) oferă o perspectivă modernă asupra conceptului de interes, plasându-l în categoria problemelor deficitare structurate (*ill-structured problem*).

### 2.3. Caracterul multidimensional al vulnerabilității

Vulnerabilitatea este un concept multiscalar și multidimensional, ceea ce implică apariția unor dificultăți în măsurarea și analiza sa. Utilizarea transdisciplinară a termenului conduce la integrări diferențiate ale dimensiunilor vulnerabilității, în acord cu scopurile și metodologiile cercetărilor respective. Aceste dimensiuni pot fi considerate fațete ale conceptului mai larg de vulnerabilitate, adică diviziuni elaborate în funcție de diferite criterii, ale factorilor și proceselor ce cresc susceptibilitatea unui individ sau a unei comunități umane de a fi afectată în mod negativ de manifestarea unui fenomen natural sau antropic cu potențial distructiv. De altfel, caracterul multidimensional al conceptului de vulnerabilitate poate fi urmărit până la originile sale, întrucât Cardona (2003, 2004) afirmă că vulnerabilitatea emerge ca urmare a convergenței fragilității sau expunerii fizice, social-economice și a lipsei rezilienței.

Villagrán De León 2006 (2006) identifică trei paliere de clasificare a tipurilor de vulnerabilități:

- Palierul geografic-politic: referitor la scara de analiză a vulnerabilității, de interes pentru administrația politică specifică fiecărui nivel;
- Palierul naturii vulnerabilității: încorporează dimensiunile fizice, sociale, economice, de mediu etc.;
- Palierul condițiilor de ordin intern și extern: cuprinde incapacitatea de a prevedea și a rezista la șocuri și stres (condiții interne) și susceptibilitatea și expunerea la șocuri și stres (condiții externe) (Chambers 1989, Watts și Bohle 1993).

În contextul în care considerăm că vulnerabilitatea poate fi cuantificată și are o natură „fractală” (Wisner 2005, citat de Villagrán De León 2006), problema scării la care se realizează analiza acesteia devine foarte importantă. De asemenea, trebuie ținut cont de faptul că integrarea vulnerabilităților individuale în vederea estimării vulnerabilității de la un nivel superior este necesară, însă nu reflectă în totalitate vulnerabilitatea plasată superior (Villagrán De León 2006)

Sub aspectul cuantificării elementelor susceptibile a resimți impactul negativ al hazardelor, se deosebesc **vulnerabilitatea individuală**, proprie fiecărei persoane și **vulnerabilitatea socială**, numită și **vulnerabilitate comunitară**, specifică grupurilor. La rândul ei, aceasta poate fi divizată în vulnerabilitate la nivel de gospodărie, nivel local sau comunitar, municipal, la nivel

de district, provincie sau la nivel național (Villagrán De León 2006). Se poate discuta și despre **vulnerabilitatea infrastructurii de transport sau a rețelelor electrice** (Weichselgartner 2001).

Criteriul principal de diferențiere a tipurilor de vulnerabilitate rezidă în natura factorilor și proceselor ce determină condițiile care cresc susceptibilitatea unei comunități umane la impactul negativ al hazardelor. Astfel, se individualizează dimensiuni tematice ale vulnerabilității, precum vulnerabilitatea fizică, socială, economică, sistemică, psihologică, a mediului (environmentală) etc. Acestea servesc drept cadru de desfășurare a tiparelor componentelor integrate vulnerabilității (expunere, susceptibilitate, coping etc.). Adeseori însă, linia de demarcație între dimensiunile vulnerabilității nu este clară (Birkmann 2013b).

În vederea realizării unei analize cuprinzătoare a vulnerabilității, se impune analiza conceptului dimensiune cu dimensiune, pornind de la vulnerabilitatea fizică – care în trecut reprezenta singura dimensiune cercetată a vulnerabilității și continuând cu vulnerabilitatea socială, economică, sistemică, environmentală etc., în acord cu noile tendințe ale cercetării. Pelling (2003) reunește vulnerabilitatea fizică și pe cea socială sub termenul de „vulnerabilitate umană”, fapt ce scoate în evidență axarea analizelor vulnerabilității pe aceste două dimensiuni.

Cutter (1996) aduce în discuție și **vulnerabilitatea biofizică**, definită ca potențial de înregistrare a pierderilor ce derivă din interacțiunile societății umane cu factorii sau condițiile biofizice. Aceste interacțiuni pot afecta în mod negativ modurile în care mediul reușește să gestioneze perturbările induse de fenomenele distructive, precum și capacitatea societății umane de a se adapta la schimbările rezultate.

De asemenea, Lavell (2004) identifică alte două categorii de vulnerabilitate: **vulnerabilitatea excepțională**, specifică evenimentelor excepționale și **vulnerabilitatea de zi cu zi**, determinată de permanentizarea anumitor condiții, cum ar fi problemele de sănătate, șomajul, sărăcia, analfabetismul, problemele legate de alcoolism, violența domestică etc. Tipuri similare acestora sunt reprezentate de **vulnerabilitatea de bază și cea recurentă**, amintite de Watts și Bohle (1993).

## 2.4. Evaluarea vulnerabilității

Evaluarea vulnerabilității reprezintă punctul central, de interes maxim al cercetărilor legate de acest concept, întrucât aceasta stă la baza elaborării ulterioare a planurilor și strategiilor de reducere a vulnerabilității, implicit a reducerii diverselor tipuri de riscuri. Exemplul tipic constă

în evaluarea vulnerabilității seismice, de la care pornesc elaborarea codurilor de proiectare seismică, întocmirea hărților de risc seismic și a planurilor de consolidare seismică (în cazul ariilor cu vulnerabilitate ridicată). Evaluarea vulnerabilității este o sarcină caracterizată de necesitatea repetabilității, întrucât obiectul analizei are caracter dinamic, dependent de modificările mediului fizic, social-economic, cultural și chiar politic.

Așa cum nu există consens asupra definiției vulnerabilității, nu există nici metodologii consacrate de evaluare a acesteia – cel puțin din perspectiva multidimensională sau a integrării vulnerabilității sociale, și nu doar a tratării vulnerabilității fizice. Totuși, diversitatea metodologiilor este semnificativ mai redusă comparativ cu cea a definițiilor conceptului. Astfel, se conturează paradoxul necesității de a măsura vulnerabilitatea, în condițiile în care aceasta nu poate fi definită precis (Birkmann 2013b). Fiecare definiție a vulnerabilității relevă o anumită perspectivă asupra conceptului de interes, perspectivă căreia îi corespunde un anumit set de priorități pe care se concentrează metodologia de evaluare a vulnerabilității.

În literatura de specialitate se observă două abordări ale evaluării vulnerabilității: i) abordări care au la bază modele ce urmăresc explicarea surselor vulnerabilității și dinamica acesteia și ii) abordări bazate pe indicatori și indici care redau anumite tipuri de vulnerabilitate și care pot fi utilizați drept puncte comune pentru compararea vulnerabilității unor elemente diferite (state, orașe, comunități umane. În cazul evaluării vulnerabilității seismice a municipiilor de referință, este utilizată a doua abordare. Aceasta prezintă apanajul îndeplinirii cerinței ca vulnerabilitatea să fie cuantificată astfel încât, pe baza evaluărilor din trecut și din prezent, să se poată conchide dacă aceasta s-a diminuat, a rămas la fel sau a fost potențată (Villagrán De León 2006).

Conform abordării bazate pe utilizarea indicatorilor și indicilor, este necesară descompunerea vulnerabilității în diferite tipuri (dimensiuni) și studierea acestora la diferite scări. Evaluarea punctuală a tipurilor de vulnerabilitate și coroborarea rezultatelor nu ridică însă pretenții de exhaustivitate, întrucât vulnerabilitatea este o noțiune cu caracter fluid, ce poate fi interpretată prin intermediul multiplelor perspective reliefate de definițiile specifice (Tabelul 3) și care variază în funcție de scara la care este studiată, precum și sub raport temporal.

Fiecare tip de vulnerabilitate poate fi analizat prin intermediul unor anumiți indicatori, definiți în mod amplu drept variabile „cu rol de reprezentare operațională a unei caracteristici sau calități a unui sistem, capabile să ofere informații privind susceptibilitatea, capacitatea de coping

și reziliența unui sistem în fața impactului unui hazard natural” (Birkmann 2013b). Simplificat, indicatorii reprezintă variabile de tip cantitativ (predominant) sau calitativ, care redau dimensiunile particularităților unui sistem.

Cutter (1996) argumentează că procesele de măsurare a vulnerabilității sunt mai ușor de operaționalizat decât cele de definire a conceptului, întrucât în cadrul analizelor vulnerabilității sunt utilizați indicatorii similari sau chiar identici, pentru măsurarea expunerii și a impactului social. Indicatorii din prima categorie sunt reprezentați de proximitatea față de sursa de pericol, frecvența și probabilitatea de manifestare a fenomenului distructiv și, în cazul cercetărilor din domeniul schimbărilor climatice, magnitudinea, durata și impactul spațial al hazardului. Impactul social al fenomenelor distructive este măsurat prin intermediul avariilor infrastructurii și utilităților, al segmentelor vulnerabile de populație (minori, vârstnici, persoane infirme sau dezavantajate din diverse puncte de vedere), prin indicatori referitori la sărăcie, la rasa sau sexul populației (Cutter 1996).

Ipoteza facilității operaționalizării demersului de măsurare a vulnerabilității este însă susținută de progresele științifice observabile prin studierea literaturii de specialitate mai noi. Studiile asupra vulnerabilității din secolul XXI, în special cele apărute începând cu anul 2010, integrează metodologii noi, preluate de la alte discipline și adaptate necesităților respectivelor demersuri de cercetare. Este vorba despre abordările multicriteriale ale evaluării vulnerabilității, de integrarea tehnicilor SIG, dar și de emergența unor indici agregați, precum *Prevalent Vulnerability Index (PVI)*, *Environmental Vulnerability Index (EVI)* și *Social Vulnerability Index (SoVi)*.

## **2.5. Abordarea conceptuală a tezei de doctorat**

Având în vedere multitudinea definițiilor și a abordărilor conceptuale ale vulnerabilității și termenilor asociați (risc, hazard, expunere, reziliență etc.), se impune specificarea definițiilor utilizate și descrierea abordării conceptuale a prezentei teze de doctorat. Din „labirintul” abordărilor descrise în cadrul primei părți a acestui capitol, au fost alese definițiile utilizate la nivel internațional (Tabelul 5), în lucrări de specialitate reputeate, acordând atenție preabilității acestora la realitățile geografice și social-economice specifice României, mai exact municipiilor Iași, Vaslui, Galați și Focșani. Pentru unele dintre aceste definiții s-au realizat adaptări, ca

urmare a necesităților de ordin metodologic sau ca urmare a necesității integrării elementelor empirice.

**Tabel 5. Definițiile termenilor asociați conceptului de vulnerabilitate, utilizate în cadrul tezei de doctorat**

<b>Termeni</b>	<b>Definiții</b>	<b>Referințe</b>
Risc	Riscul reprezintă probabilitatea de producere a pierderilor de vieți omenești, rănirii persoanelor, pagubelor materiale și perturbării activităților economice în timpul unei perioade de referință, într-o anumită regiune, ca urmare a manifestării unui anumit hazard. (În cazul riscului seismic, hazardul constă într-un cutremur de o anumită magnitudine.)	UN-DHA (1992), Garatwa și Bollin (2002)
Hazard	Hazardul constituie probabilitatea de producere a unui fenomen cu potențial distructiv, într-o anumită regiune și perioadă de timp. (În cazul hazardului seismic, fenomenul cu potențial distructiv este un seism de o anumită magnitudine.)	Cardona (2003), Marker (2013)
Expunere	Expunerea reprezintă totalitatea bunurilor/activelor sociale, economice, ambientale sau culturale localizate în arii ce pot fi afectate de un hazard. (În cazul expunerii seismice, hazardul în cauză este un seism de o anumită magnitudine.)	Birkmann (2013a), Coburn et al. (1994)
Susceptibilitate	Susceptibilitatea este tendința unei anumite zone de a fi afectată de efectele unui fenomen cu potențial distructiv.	Dominguez-Cuesta (2013)
Reziliență	Reziliența rezidă în abilitatea unui sistem, comunități sau societăți expuse hazardelor de a rezista, absorbi, integra, de a se adapta, transforma și de a-și reveni de pe urma unui hazard într-o manieră eficientă, inclusiv prin preservarea sau restabilirea structurilor și funcțiilor sale de bază, prin acțiuni ce țin de managementul riscului.	(UNDRR 2017)
Capacitate de coping	Capacitatea de coping desemnează totalitatea forțelor și resurselor disponibile în cadrul unei comunități umane sau organizații, utilizate în scopul reducerii nivelului riscului sau efectelor unui dezastru. (În cazul capacității de coping la seisme, dezastrul în cauză este reprezentat de un seism de o anumită magnitudine.)	UN-ISDR (2004), Gallopin (2006)

În cadrul tezei este utilizată definiția oficială a vulnerabilității, preluată de la UN-ISDR (2004) și UNDRR (2017), conform căreia vulnerabilitatea constituie totalitatea „condițiilor determinate de factorii sau procesele fizice, sociale, economice, de mediu care cresc susceptibilitatea unei comunități umane la impactul hazardelor”. Prin adaptarea acesteia la contextul manifestării unui seism, vulnerabilitatea seismică reprezintă totalitatea condițiilor determinate de factorii sau procesele fizice, sociale, economice, de mediu care cresc susceptibilitatea unei comunități umane la impactul unui cutremur. Se impune a sublinia realizarea următoarei adaptări a definiției oficiale: factorii și procesele integrate prezentei

evaluări, pot avea atât rolul de creștere a susceptibilității comunităților umane la impactul unui seism, cât și rolul de reducere a acesteia, acționând fie într-unul, fie în altul din cele două sensuri.

Abordarea aleasă pune accent pe caracterul multidimensional al conceptului, ce derivă din convergența numeroșilor factori ce influențează vulnerabilitatea. Astfel, prezenta teză de doctorat tratează conceptul său central din perspectiva celei mai extinse sfere elaborate de Birkmann (2013b) (Figura 3), în care vulnerabilitatea cuprinde elemente fizice, sociale, economice etc. De asemenea, este integrată și noțiunea de structură duală a vulnerabilității (Chambers 1989), întrucât vulnerabilitatea este tratată atât din perspectiva dimensiunii sale externe – expunerea fiind integrată acesteia, cât și din perspectiva dimensiunii interne – fiind integrate și elemente ce țin de capacitatea de coping a comunităților umane din cele 4 municipii pentru care s-au elaborat studii de caz.

Sintetizând, abordarea conceptuală are drept piloni 3 elemente îndelung studiate și vast detaliate în literatura de specialitate:

1. Integrarea susceptibilității, ce rezultă din definiția menționată. Cu alte cuvinte, vulnerabilitatea nu include doar elemente expuse, ci și acele segmente ale acestora care prezintă tendința de a fi afectate în mod special de efectele unui fenomen cu potențial distructiv.

2. Structura multidimensională, ce integrează multiplele fațete ale conceptului, redate de natura factorilor cu rol de creștere/reducere a susceptibilității comunităților umane de a fi afectate negativ de impactul hazardului seismic;

3. Structura duală, definită prin raportare la dimensiunea externă (expunerea) și dimensiunea internă (copingul) incluse vulnerabilității.

Prin înglobarea aspectelor ce țin de capacitatea de coping a comunităților umane, vulnerabilitatea se plasează într-o poziție „înrudită” cu noțiunea de reziliență. Aceasta din urmă nu este abordată în mod explicit în cadrul tezei – nefăcând obiectul analizei sale, însă este important de subliniat faptul că, în cadrul abordării conceptuale, vulnerabilitatea și reziliența sunt considerate fețe ale aceleiași monede și nu concepte antagonice.

Această abordare este specifică demersurilor de cercetare din domeniul reducerii riscului la dezastre, însă nu se încadrează în mod standard uneia dintre școlile teoretice. De fapt, abordarea conceptuală împrumută elemente specifice paradigmei behavioriste – preferată de studiile aferente științelor fizice, precum și elemente specifice școlii teoretice structurale – preferată de studiile aferente științelor umane. Această intersecție este tipică domeniului geografiei, ale cărui

particularități guvernează prezenta teză de doctorat. Totodată, abordarea conceptuală a tezei face apel la elemente specifice ecologiei sociale – cum ar fi primatul cuplului societate-mediul (Turner et al. 2003a), dar și elemente proprii teoriei hazardelor specifice locurilor (Cutter 1996), întrucât evaluarea vulnerabilității seismice se realizează prin integrarea elementelor empirice, adică a realităților geografice caracteristice fiecărei arii de studiu.

Prin intermediul acestei abordări a conceptului de vulnerabilitate se urmărește estimarea vulnerabilității seismice a municipiilor Iași, Vaslui, Galați și Focșani, utilizând metode de analiză multicriterială. Acestea se pretează scopului menționat, ca urmare a capacității lor de a integra aspecte diverse, adeseori contradictorii, proprii vulnerabilității seismice. Chiar structura multidimensională a vulnerabilității necesită utilizarea unei astfel de metodologii, ce prezintă și apanajul organizării plurinivelare a dimensiunilor în cauză.

Cu referire la multitudinea fațetelor noțiunii de vulnerabilitate și la contextul în care aceasta este definită prin asociere cu hazardul seismic, au fost integrate dimensiunile redade de factori (indicatori) geotehnici, fizici, social-economici, sistemici și factori referitori la capacitatea de coping a comunităților umane din cele 4 municipii din regiunea Moldovei. Acești indicatori fac referire la elementele expuse, dar și la elemente cu grad ridicat de susceptibilitate de a fi afectate în mod negativ de efectele seismelor (Figura 4).

A doua componentă a structurii duale a vulnerabilității seismice se referă la elementele interne ale acesteia, adică la capacitatea de coping a comunităților urbane expuse efectelor seismelor. În cadrul prezentei analize multicriteriale, capacitatea de coping este redată prin intermediul indicatorilor referitori la abilitățile de supraviețuire ale populației în contextul manifestării unui cutremur cu magnitudinea de minim 7  $M_w$ , la cunoștințele populației referitoare la seisme (mod de manifestare, cauze și consecințe, comportamente de autoprotecție ce trebuie adoptate în timpul manifestării seismelor), la implementarea adaptărilor seismice de către populație (fie acestea cu rol de reducere a riscului seismic, fie orientate către condițiile post-seism) și la nivelul de autonomie al populației în procesul de revenire la normal.

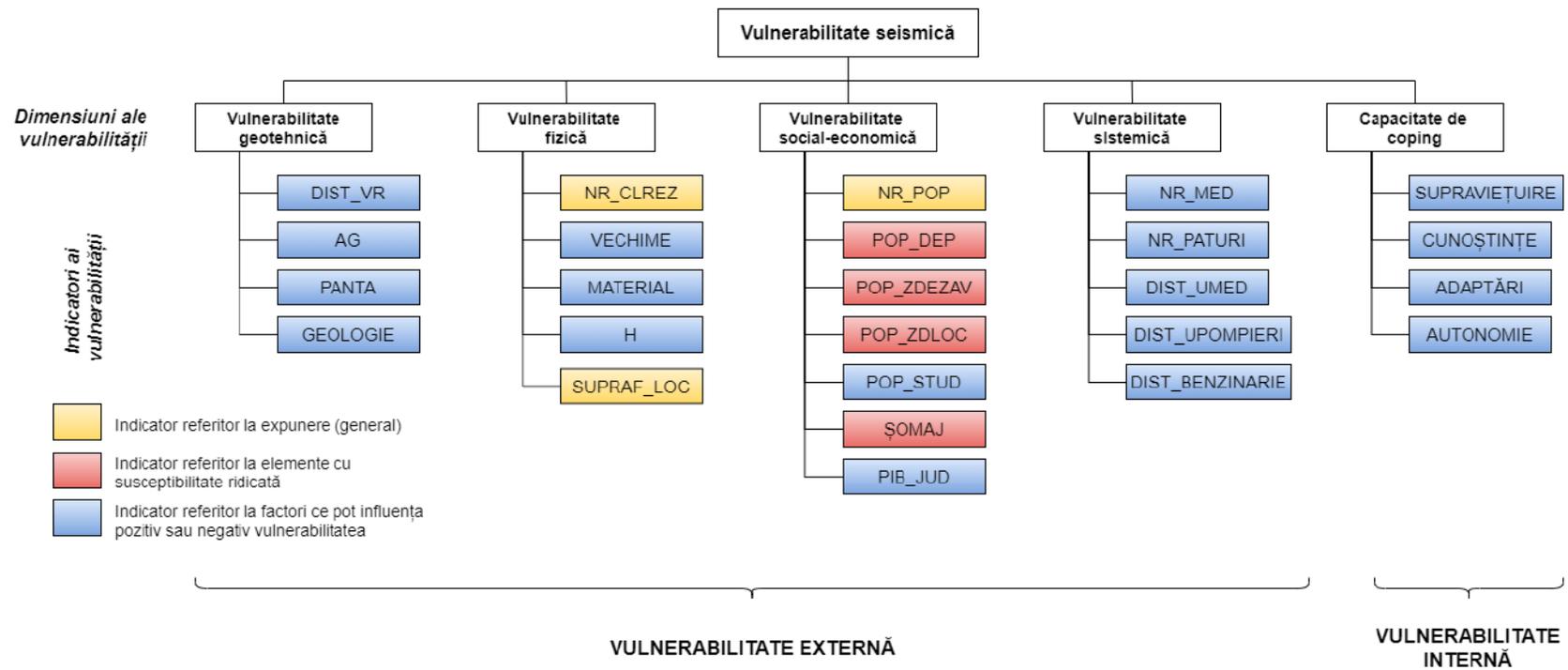
Prin urmare, indicatorii utilizați în vederea estimării vulnerabilității seismice a celor 4 municipii pot fi divizați atât prin raportare la dimensiunea vulnerabilității seismice de apartenență, cât și în relație cu elementele incluse sau definatorii ale vulnerabilității (expunerea, susceptibilitatea și copingul) (Figura 4):

- i) indicatori referitori la expunerea generală;

- ii) indicatori referitori la elemente cu susceptibilitate ridicată;
- iii) indicatori ce definesc factori, procese sau condiții ce au fie rol de potențare, fie rol de reducere a vulnerabilității;
- iv) indicatori referitori la capacitatea de coping a populației.

Abordarea conceptuală elaborată s-ar putea constitui drept un model specific de estimare a vulnerabilității, dezvoltat ca urmare a necesității integrării unui număr mare de factori cu influență de semn diferit asupra vulnerabilității, precum și a unei game diversificate de elemente ce țin de realitățile geografice proprii celor 4 arii de studiu. La baza acestuia stau elemente preluate din modelele dezvoltate de Kates (1971), Chambers (1989), Cutter (1996), Bohle (2001), Turner et al. (2003a). Spre deosebire de acestea, modelul conceptual și metodologic pe care se bazează prezenta teză de doctorat face referire strict la evaluarea vulnerabilității seismice – neintegrând elemente referitoare la risc sau hazard (cu excepția precizării că scenariul la care se raportează evaluarea prevede un potențial seism cu magnitudinea de minim 7  $M_w$ ). De asemenea, este important de precizat faptul că scara la care se efectuează estimarea vulnerabilității seismice este locală, întrucât ariile de studiu sunt reprezentate de unități teritorial-administrative de rangul II (municipii de importanță interjudețeană, județeană sau cu rol de echilibru în rețeaua de localități). Totuși, acesta poate fi aplicat și la scară județeană sau chiar regională, pentru aceasta din urmă fiind necesare modificări de ordin metodologic.

Privind în ansamblu abordarea metodologică elaborată, în paralel cu multitudinea definițiilor noțiunilor de vulnerabilitate, risc, hazard, expunere, susceptibilitate, coping etc., precum și a modelelor și metodologiilor de evaluare a acestora, consider că este recomandată utilizarea termenului de „estimare” și nu a celor de „evaluare” sau „analiză” a vulnerabilității seismice. Aceasta constituie un concept vast și flexibil, multifacțat, deci un „teren” pentru ample dispute ideologice și/sau referitoare la metodologie, imposibil de surprins de o singură definiție și de abordat într-un mod standard, conform unei metodologii universale valabile – drept pentru care cercetările pot încerca să estimeze dimensiunea sa, fără a avea pretenția determinării sale fără echivoc. În mod similar, prezentul model de estimare a vulnerabilității seismice a celor 4 municipii selectate se constituie drept un instrument valid și eficient de comensurare estimativă a vulnerabilității, fără a invoca însă pretenția caracterului exhaustiv.



*Figura 4. Schema conceptuală a estimării vulnerabilității seismice*

### 3. HAZARDUL SEISMIC

#### 3.1. Terminologie

Termenul de **hazard seismic** se referă la probabilitatea de producere a unui seism de o anumită magnitudine, într-un anumit moment și într-un anumit loc – adică a unor mișcări bruște ale scoarței terestre declanșate, în general, de eliberarea unei mari cantități de energie, în lungul unei falii. Hazardele seismice sunt cunoscute și sub denumirea de **hazarde tectono-seismice**, reprezentând un subset al **hazardelor tectonice**, alături de procesele care presupun deplasarea sau deformarea scoarței terestre și mișcările magmei în adâncime (activitatea magmatică intruzivă) sau la suprafață (activitatea vulcanică) (McCalpin 2013). Principalul criteriu de diferențiere a hazardelor tectono-seismice de cele tectonice este viteza de manifestare, ridicată în cazul primelor și semnificativ mai redusă în cazul hazardelor tectonice. Categoria hazardelor tectono-seismice cuprinde acele hazarde care se manifestă fie în timpul unui cutremur, fie după încetarea acestuia.

De asemenea, hazardele seismice fac parte din categoria **geohazardelor**, care reunește procesele, fenomenele și condițiile geologice, geomorfologice și ambientale, care pot amenința viața și sănătatea umană, proprietățile sau mediul. Din această categorie fac parte și erupțiile vulcanice, deplasările în masă (alunecări de teren, prăbușiri), eroziunea, inundațiile, valurile tsunami. Cercetările referitoare la riscurile asociate geohazardelor sunt specifice domeniului geografiei, întrucât includ atât componentele naturale, cât și cele sociale, atingând aspecte referitoare la evaluarea, prevenirea și mitigarea hazardelor în cauză, cât și la modurile în care comunitățile umane se adaptează la acestea (Komac și Zorn 2013).

**Seismele** reprezintă mișcările vibratorii de scurtă durată ale scoarței terestre, provocate de transformarea energiei potențiale acumulate în interiorul scoarței (stres tectonic) în energie cinetică și eliberarea bruscă a acesteia din urmă, sub forma unor unde seismice elastice. Stresul tectonic se acumulează în lungul unei fracturi tectonice a scoarței terestre în raport cu care se produc deplasări orizontale, verticale sau diagonale ale segmentelor scoarței terestre, numită falie (Bryant 2013). Cutremurele sunt unele dintre cele mai înspăimântătoare fenomene naturale, provocând teamă și stimulând curiozitatea umanității încă din cele mai vechi timpuri. Acestea înspăimântă atât de profund prin faptul că amenință însăși stabilitatea terenului, producându-se fără a putea emite întotdeauna sau în timp util avertizări, uneori cu replici ce afectează

comunitățile umane timp de luni sau ani și provocând pierderi umane și pagube materiale sau chiar efecte în lanț (tsunami, alunecări de teren, lichefiere, incendii etc.).

**Dezastrele seismice** sunt reprezentate de evenimentele seismice deosebit de distructive, care cauzează pierderi de vieți omenești, pierderi materiale, economice sau de mediu de anvergură, perturbând funcționarea comunităților umane. Acestea se încadrează în categoria dezastrelor geologice sau geofizice (Guthrie 2013).

### 3.2. Seismele din România

Conform raportului realizat de INFP, UTCB și URBAN INCERC în cadrul Proiectului Evaluarea riscurilor de dezastre la nivel național (RO-RISK), „România este o țară cu un potențial ridicat de risc seismic (unul din cele mai mari din Europa), având în vedere rata ridicată de producere a cutremurelor distrugătoare (cele mai periculoase fiind cele din regiunea Vrancea) ce afectează arii dens populate și cu numeroase obiective cu un nivel ridicat de vulnerabilitate” (INFP, UTCB, URBAN INCERC 2016).

Activitatea seismică este concentrată în zonele de contact al unităților tectonice majore de pe teritoriul României: Platforma Est Europeană, Platforma Scitică, Platforma Moesică, Placa Intra-Alpină și Placa Mării Negre. Evenimentele seismice se produc în două intervale de adâncime caracteristice: în domeniul crustal (la adâncimi mai mici de 50 km) și în domeniul subcrustal, adică la adâncimi intermediare (mai mari de 50 km) (Radulian et al. 2019).

Seismicitatea subcrustală este concentrată pe un volum activ de dimensiuni reduse, cu o formă cvasi-cilindrică, în cadrul căruia focarele sunt distribuite aproape vertical. Această zonă se află în Sud-Estul Arcului Carpatic, adică în VR, singura în care se produc seisme de adâncime intermediară (Radulian et al. 2019). Antagonic, seismicitatea superficială este, în general, moderată și se manifestă în toate zonele seismogene. În acest caz, rata de eliberare a energiei cinetice este mai redusă (Radulian et al. 2018). În schimb, zonele de platformă sunt, în cea mai mare parte, stabile sub raport seismic (Bala et al. 2003).

### 3.2.1. Zone seismogene de pe teritoriul României

Zonele seismice reprezintă areale cu activitate seismică presupus uniformă, redată de aceeași probabilitate de apariție a unui cutremur caracteristic, pentru oricare punct din cuprinsul arealului. Este vorba de surse seismice de tip zonă, cunoscute și sub denumirea de zone seismogene. Definiția este validă în cazul zonelor cu seismicitate difuză și sisteme de falii complexe, ierarhizate, dar nu și în cazul zonelor cu falii majore clar individualizate din punct de vedere geografic, geostructural și din punct de vedere al activității seismice (INFP, UTCB, URBAN INCERC 2016).

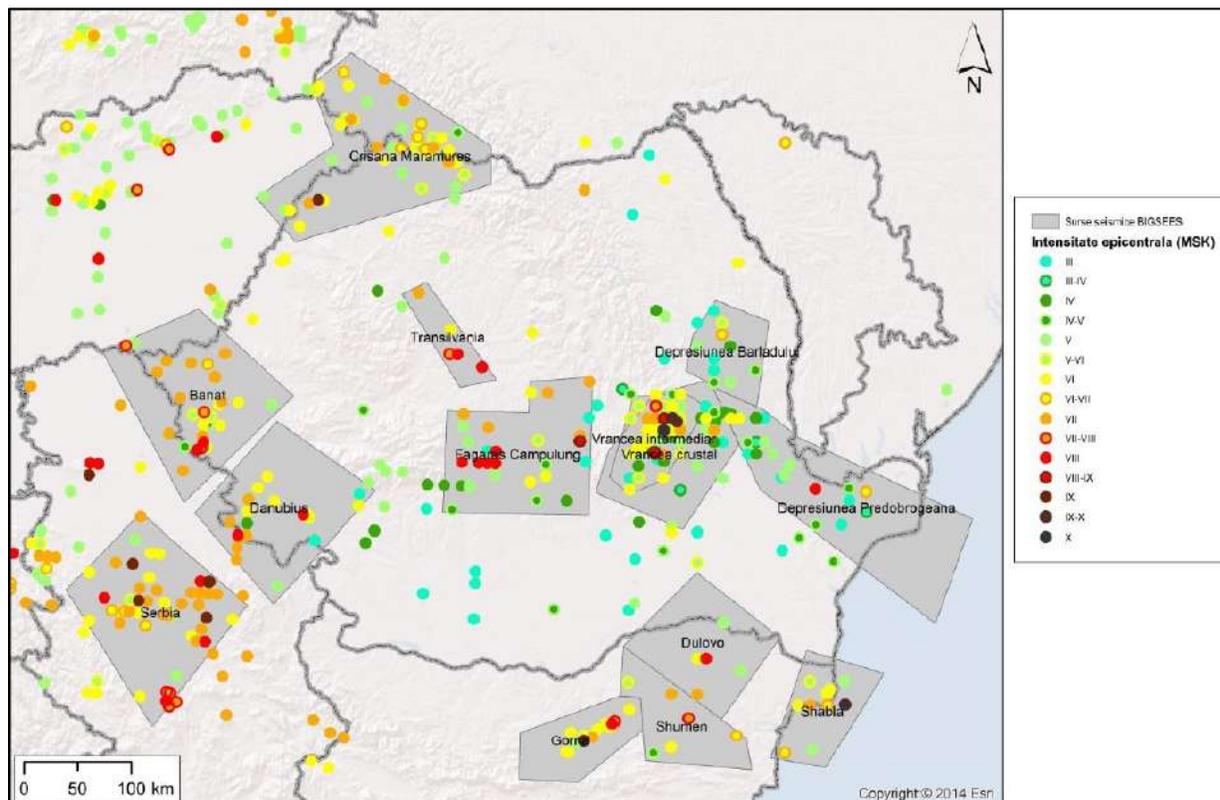
#### 3.2.1.1. Zone cu activitate seismică crustală

Pe teritoriul României există mai multe zone seismice (Tabelul 6, Figura 5), identificate inițial de Radulian et al. (2000) și actualizate sub raport dimensional atât în Raportul Analizei de hazard aferent RO-RISK (INFP, UTCB, URBAN INCERC 2016), cât și în lucrarea realizată de Radulian et al. (2019). Doar VR prezintă un domeniu subcrustal (VRI) și un domeniu crustal (VRC), celelalte zone seismogene fiind caracterizate de seismicitate superficială, de origine crustală.

**Tabel 6. Zone seismogene de importanță mai redusă de pe teritoriul României (după Radulian et al. 2000, INFP, UTCB, URBAN INCERC 2016)**

Zonă seismogenă	Caracteristici seismicitate	Alte observații	Cel mai important cutremur înregistrat
Depresiunea Bârladului	- Seismicitate moderată - ROMPLUS: 56 de seisme $\geq 2,8 M_w$ , 9 seisme $\geq 4 M_w$	Falii caracteristice: Vaslui, Troțuș, Bistrița	Preinstrumental: Seism din 31.01.1900 ( $> 5 M_w$ , VI MSK)
Depresiunea Predobrogeană	- Seismicitate moderată și superficială - Regim predominant extensional	Falie caracteristică: Sf. Gheorgie	Seism din 13.11.1981 (5,4 $M_w$ , h 4 km)
Făgăraș-Câmpulung (FC)	- Faliere normală și faliere de alunecare în direcție - Regim extensional	Extindere spre Nordul Făgărașului, înspre Depresiunea Transilvaniei	Seism din 26.01.1916 (6,4 $M_w$ , VIII-IX MSK)
Danubiană	- Rată relativ ridicată a activității seismice - Faliere normală - Regim extensional	Zonă retrasă decuplat de Zona Banat, extinsă către Nord-Est (Târgu Jiu)	Seism din 18.07.1991 (5,6 $M_w$ , VIII-IX MSK)
Banat	- Seismicitate semnificativă, a doua cea mai periculoasă zonă seismogenă din România - Seisme $> 5 M_w$ , cu replici	Zonă retrasă decuplat de Zona Danubiană	Preinstrumental: Seism din 04.08.1444 (6 $M_w$ ) Instrumental: Seism din 12.07.1991 (5,6 $M_w$ ,

	(frecvent) - Faliere inversă și faliere pe direcție		VII-VIII MMI)
Crișana-Maramureș	- Seisme cu multiple replici, cu intensități de V-VI în 1978, 1979 - ROMPLUS: 75 seisme,	Activitate crustală, concentrată în afara granițelor	Preinstrumental: Seism din 01.07.1829 (6,2 M <sub>w</sub> )
Depresiunea Transilvaniei	ROMPLUS: 1 seism (2,8 M <sub>w</sub> , 2008)	Seismicitate aproape absentă în prezent	



**Figura 5. Zonele seismogene din România și din statele învecinate, cu evenimentele seismice redată prin intensitățile macroseismice epicentrale (INFP, UTCB, URBAN INCERC 2016)**

Activitatea seismică de acest tip se manifestă în proximitatea Carpaților Meridionali (Zona Seismogenă Făgăraș-Câmpulung, FC), în lungul Faliei Cerna și spre cursul Dunării (Zona Seismogenă Danubiană, DA), la contactul dintre Munții Apuseni și Bazinul Panonic (Zona Seismogenă Banat, BA; Zona Seismogenă Crișana-Maramureș, CM), în Bazinul Transilvaniei (Depresiunea Transilvaniei, TD), precum și la Est de Carpați (Depresiunea Bârladului, BD) și în Dobrogea (Zona Seismogenă Nord-Dobrogeană, numită și Depresiunea Predobrogeană, DP) (Figura 5). Toate aceste zone seismogene sunt caracterizate de valori specifice ale ratei medii de producere a seismelor de anumite magnitudini – redată prin intervale caracteristice, valori

specifice ale magnitudinii maxime observate, ale magnitudinii maxime așteptate și de un anumit tip de mecanism focal (INFP, UTCB, URBAN INCERC 2016).

În cadrul actualizării catalogului mecanismelor focale ale seismelor din perioada 1929-2000, Radulian et al. (2019) menționează ca zonă seismogenă și sectorul estic al Platformei Moesice (MO) (Figura 6). Acesta este cuprins între Falia Intramoestică la Vest și Falia Peceneaga-Camena Est. Activitatea seismică specifică este redusă spre moderată, înregistrându-se un singur eveniment seismic cu magnitudinea de peste 5  $M_w$  (5,4  $M_w$ , anul 1960) (Radulian et al. 2019). La Nord de această zonă, în Bazinul Focșani, s-au înregistrat seisme crustale cu magnitudini sub 5,6  $M_w$ , în două intervale de adâncime (5-20 km și la peste 30 km adâncime) (Radulian et al. 2019).

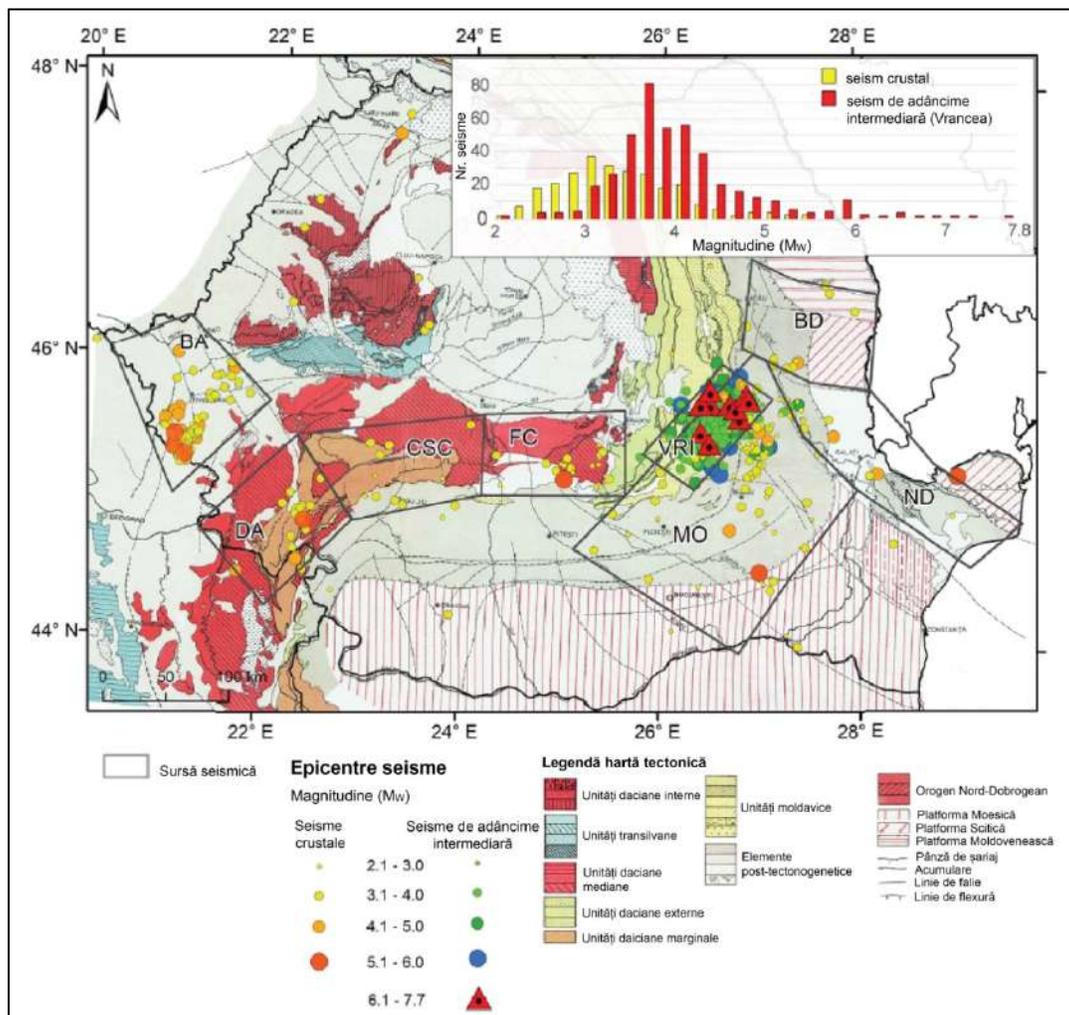


Figura 6. Harta zonelor seismogene și distribuția epicentrelor seismelor din România (Radulian et al. 2019, după Săndulescu 1984)

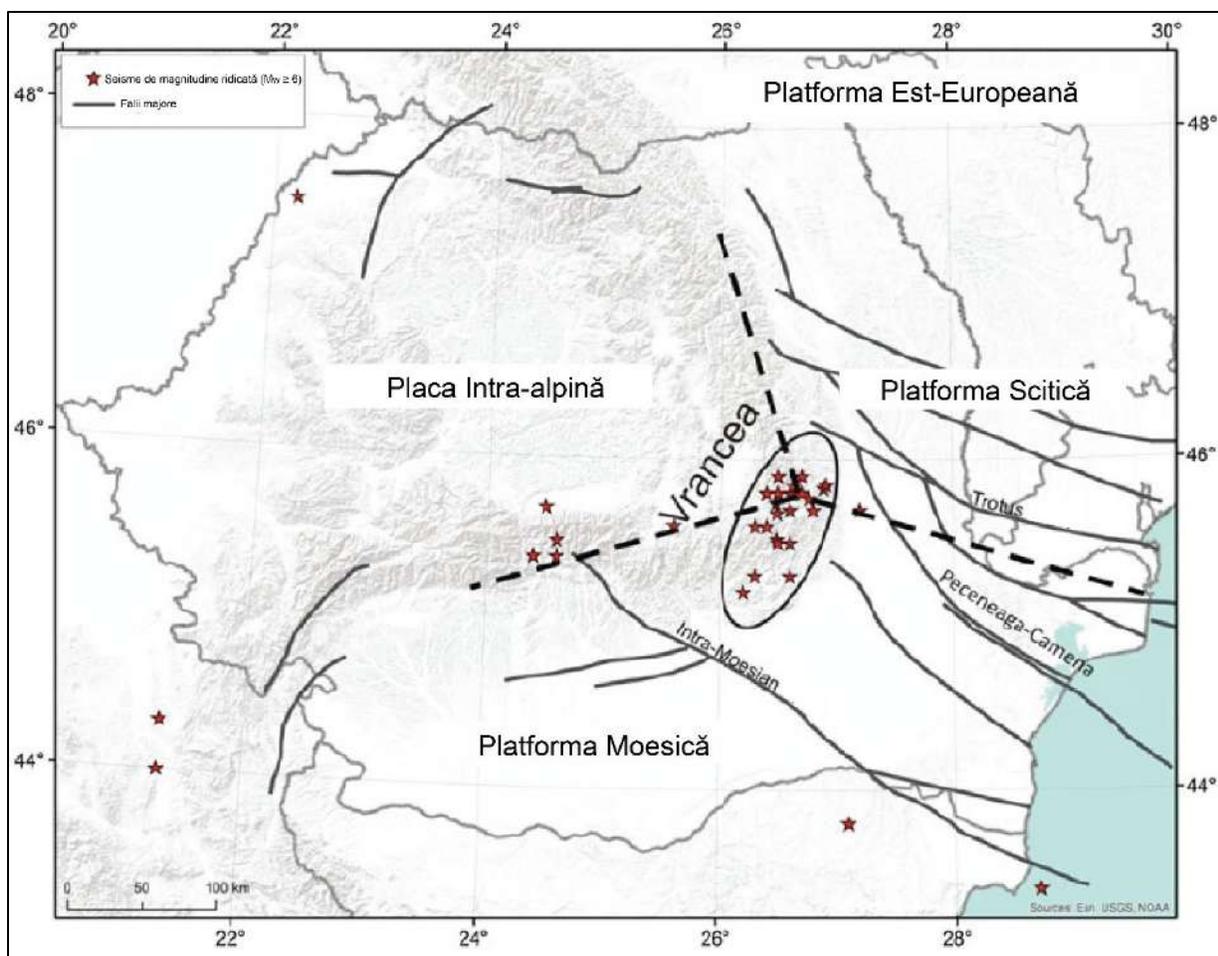
VR va fi analizată în detaliu, întrucât reprezintă cea mai importantă astfel de zonă din România și este, totodată, zona sursă a seismelor ce afectează municipiile pentru care s-au elaborat studii de caz (Iași, Vaslui, Galați și Focșani). Importanța acestora derivă din faptul că seismele vrâncene reprezintă 90% din activitatea seismică din țară, eliberând mai mult de 95% din totalul energiei cinetice acumulate în lungul faliilor de pe teritoriul României (Pantea și Constantin 2013).

Particularitățile celorlalte zone seismogene din țară sunt redată în Tabelul 6, pe baza informațiilor din Raportul Analizei de hazard a RO-RISK. În acest raport sunt identificate și zone seismice din afara României, mai exact din Serbia și Nordul Bulgariei (Simeonova et al. 2006, Stucchi et al. 2013).

### **3.2.1.2. Zona Seismogenă Vrancea (VR)**

VR este situată în domeniul continental, în Sud-Estul Arcului Carpat, adică la exteriorul curburii acestui lanț montan (Wenzel et al. 1999). În partea de Nord și Nord-Est a VR se află Platforma Est-Europeană, în Est Platforma Scitică, în Sud-Est Orogenul Nord-Dobrogean, iar în Vest și Nord-Vest Placa Intra-Alpină (mai exact, Bazinul Transilvaniei) (Figura 7). Tocmai acest mozaic de unități geotectonice distincte, alături de variațiile cinematice produse în zona orogenului carpatic au determinat geodinamica VR și istoria sa tectonică, ce suscită interes la nivel internațional (Ismail-Zadeh et al. 2012).

Seismele originare în această zonă sunt de adâncime intermediară, reprezentând sursa de risc pentru mai mult de 2/3 din teritoriul României (Vacareanu et al. 2013b), dar și pentru statele învecinate (Radulian 2014). De asemenea, VR prezintă și un domeniu crustal, în care se produc seisme la adâncimi superficiale. Se estimează că numărul seismelor majore vrâncene este de 2-3 pe secol (Vacareanu et al. 2013a), iar cel al seismelor cu magnitudini de minim 6,5 MW se ridică la 3-5 pe secol (Radu 1979). Pe hărțile hazardului seismic din zona de Nord a Balcanilor elaborate de Musson (1999), VR prezintă cele mai ridicate valori ale hazardului: 0,4 g pentru un IMR de 475 de ani, 0,5-0,55 g pentru un IMR de 1.000 de ani, 0,65-0,7 g pentru un IMR de 3.000 de ani.



**Figura 7. VR și unitățile geotectonice de pe teritoriul României (Radulian 2014, cu modificări)**

Aceasta este una dintre cele mai active zone seismogene din Europa (Landes et al. 2004), deși se află la distanță semnificativă față de marginile active ale plăcilor tectonice (Ismail-Zadeh et al. 2012). VR reprezintă un „cuib seismic” (earthquake nest), adică o zonă cu activitate și persistentă (cu durată de câteva decade), izolată de activitățile de acest tip din proximitate (Radulian 2014). Activitatea seismică se concentrează pe un volum de formă cvasi-cilindrică, de 110 km adâncime și 30 x 70 km<sup>2</sup> (Ismail-Zadeh et al. 2012) sau 40 x 80 km<sup>2</sup> în secțiune orizontală (Oncescu et al. 1999a, Lungu et al. 2007). Prin urmare, VR se remarcă drept zona cu cele mai adânci hipocentre și drept zonă unică în care se produc seisme de adâncime intermediară, din întregul oroclin carpatic (Oncescu 1984). Aceasta este una dintre cele mai reprezentative și mai studiate zone de tipul menționat, alături de zonele Bucaramanga (Columbia) (Zarifi et al. 2007), Hindu Kush (Afghanistan) (Khalturin et al. 1977, Mellors et al. 1995) și Arcul Banda (Indonezia) (Milsom 2005).

Originea VR este legată de etapa finală de formare a Munților Carpați, adică de faza post-coliziune de la finalul miocenului (acum 10-11 milioane de ani) (Matenco et al. 2003). Fazele anterioare au constat în extensia între Plăcile Apulliană și Europeană (în triasic și începutul cretacicului) și în coliziunea continentală a Plăcii Africane și a segmentului european al Plăcii Eurasiatice. Coliziunea continentală a dus la închiderea Bazinului Tethys și la deplasarea laterală a Plăcii Intra-Alpine, cu antrenarea migrației frontului de coliziune carpatic și a subducției ultimului fragment al scoarței terestre care alcătuiă Bazinul Tethys. Este vorba de ultimul stadiu din evoluția zonei mobile a Oceanului Ceahlău-Severin (Săndulescu 1988), individualizat ca regiune estică a NeoTethysului (Stampfli et al. 2002) încă de la finalul triasicului-începutul cretacicului, între unitățile fragmentate ale Rodopilor și unitățile de platformă (Platforma Est Europeană și cea Moesică) (Van der Hoeven et al. 2005).

În literatura de specialitate există multiple ipoteze și modele privind cauzele seismelor din VR, remarcându-se două tipuri de modele geodinamice regionale: i) modele bazate pe dinamica unui fragment relict de litosferă oceanică, aflat în curs de scufundare sub sectorul Sud-Estic al Carpaților și ii) modele bazate pe ipoteza deformării prin îngroșare a litosferei în urma coliziunii continentale, destabilizarea și scufundarea acesteia în manta, însoțită de procese de delaminare (Ismail-Zadeh et al. 2012). Pentru a stabili în mod clar originea fragmentului de litosferă din VR, sunt necesare reconstrucția cât mai exactă a evoluției Carpaților, a Oceanului Ceahlău-Severin și a altor fragmente din zona Tethysului (Ismail-Zadeh et al. 2012).

Conform observațiilor realizate de Ismail-Zadeh et al. (2012), dinamica descrisă de modelele geodinamice din prima categorie presupune fie procese de rupere a litosferei (Fuchs et al. 1979, Wortel și Spakman 2000, Sperner et al. 2001, Sperner 2005), fie migrarea laterală a litosferei oceanice (Gîrbacea și Frisch 1998, Wortel și Spakman 2000, Gvirtzman 2002) sau subducția și ruperea laterală a litosferei oceanice (Wenzel et al. 1998, Wortel și Spakman 2000, Martin și Rietbrock 2006).

Activitatea seismică specifică celor două domenii prezintă particularități și cauze diferite (Ardeleanu 1999). McKenzie (1972) afirmă că seismicitatea crustală se datorează avansării spre Nord-Vest a Plăcii Mării Negre, în timp ce pentru explicarea seismicității de adâncime intermediară au fost emise ipotezele descrise, care vizează coborârea în manta a unui fragment de litosferă (Fuchs et al. 1979, Wenzel et al. 1998, Wortel și Spakman 2000, Sperner et al. 2001, Knapp et al. 2005, Martin și Rietbrock 2006, Lorinczi și Houseman 2009, Koulakov et al. 2010,

Ren et al. 2012). În domeniul subcrustal, numărul mediu anual de seisme cu magnitudinea de minim 5 M, produse la adâncimi de 60-220 km este de 1,8, prin raportare la perioada anilor 2000-2016. Magnitudinile maxime determinate instrumental sau observate au valori ridicate, de 7,7  $M_W$  la cutremurul din 10.11.1940 pentru magnitudinea maximă determinată instrumental și de 7,9  $M_W$  la cutremurul din 1802, pentru magnitudinea maximă observată (INFP, UTCB, URBAN INCERC 2016).

Pe de altă parte, activitatea seismică din domeniul crustal este mai slabă, sporadică și difuză, ca urmare a extinderii focarelor seismice pe arii mai mari – în proximitatea epicentrelor seismelor subcrustale cantonate în aria de subsidență reprezentată de bazinul Focșani, precum și în lungul faliilor Intramoestică și Peceneaga-Camena (Popescu și Radulian 2001, INFP, UTCB, URBAN INCERC 2016). Seismicitatea crustală vrânceană se extinde spre Sud-Est, între Falia Troțuș și Falia Intra-Moesică, însă rata de eliberare a energiei este semnificativ mai redusă, chiar cu trei ordine de magnitudine, comparativ cu cea a seismelor subcrustale (Ismail-Zadeh et al. 2012). Domeniul crustal are o suprafață de aproximativ 7.000 km<sup>2</sup> și înconjoară domeniul subcrustal, la exteriorul curburii (Marmureanu et al. 2010). În catalogul ROMPLUS sunt menționate 26 de seisme crustale vrâncene cu magnitudini de minim 4  $M_W$ , dintre care doar 5 au magnitudini de minim 5  $M_W$ . Din perioada preinstrumentală, se remarcă seismul din 1894 (5,9  $M_W$ , VII MSK), iar din perioada instrumentală poate fi menționat seismul din 1954 ( $M_W = 5,6$ ) (INFP, UTCB, URBAN INCERC 2016).

Focarele cutremurelor cu magnitudini de aproximativ 7  $M_W$  sunt concentrate într-un areal îngust: aproximativ 60 x 20 km<sup>2</sup>, în secțiune orizontală (Radulian 2014). Litosfera descendentă se află între 70 km și 170 km adâncime, fapt ce determină caracterul intermediar al seismelor, cu focare răspândite pe direcție aproape verticală. Sub 170 km adâncime, nu au fost detectate semne importante ale activității seismice (Vacareanu et al. 2013b, Radulian 2014) – cu excepția seismului de 4,1  $M_W$ , din anul 1982, al cărui focar a fost detectat la adâncimea maximă de 218 km (Ismail-Zadeh et al. 2012). Atât seismele puternice, cât și cele de magnitudine moderată prezintă mecanisme de falie inversă și de tip dip-slip (Enescu 1980, Oncescu 1987, Oncescu și Trifu 1987). Radulian (2014) menționează asemănarea dintre seismele vrâncene și cele sud-californiene (Wenzel et al. 1998, Wenzel et al. 1999), din punctul de vedere al ratei momentului seismic/volum – de  $\sim 0,8 \times 10^{19}$  N m/an<sup>-1</sup> pentru VR (Wenzel et al. 1999, Ismail-Zadeh et al.

2000, Ismail-Zadeh et al. 2012) și de  $1,0 \times 10^{19}$  N m/an<sup>-1</sup> pentru partea de Sud a Californiei (Ward 1994).

Concentrarea hipocentrelor seismelor pe o suprafață atât de redusă constituie un argument al unicității VR. Punctul de vedere menționat este contrazis de Milsom (2005), care realizează o paralelă între VR și Zona Arcului Banda din Estul Indoneziei. Arcul Carpatic s-a format prin coliziunea de tip continental a Plăcii Africane și a Plăcii Eurasiatice, proces ce a condus la închiderea Bazinului Tethys și la subducția litosferei relicte a acestui bazin. Similar, Arcul Banda închide la exterior bazinul extensional al Mării Banda (Hinschberger et al. 2001), astfel încât se poate conchide că Arcul carpatic și Arcul Banda constituie două lanțuri muntoase reprezentative pentru etape diferite ale aceluiași proces (Milsom 2005).

### **3.2.2. Considerații generale asupra istoriei seismelor din România**

Seisme de magnitudine ridicată care au afectat România s-au produs la adâncimi intermediare, de 90-120 km (seismele din 1738, 1838, 1977) sau de 130-150 km (seismele din 1802, 1940, 1986) (Marmureanu et al. 2010). Producerea seismelor la aceste adâncimi este specifică doar VR, singura zonă seismogenă de pe teritoriul României cu activitate seismică subcrustală. Anvergura impactului indus de seismele originare în VR a fost apreciată de Georgescu și Pomonis (2012) la intensități ce variază de la VII la IX, afectând aproximativ 50% din teritoriul României și 35% din populația țării.

Lipsa informațiilor referitoare la modul de manifestare și consecințele seismelor produse în secolele XIII-XVIII este explicată de numărul redus de izvoare istorice cu astfel de conținut. Georgescu (2004) face referire la seisme importante produse în anii 1230 ( $M_1 = 6,9$ , intensitate VIII), 1471 ( $M = 6,7$ , intensitate maximă VIII), 1516 ( $M_1 = 7,2$ , intensitate presupusă IX), 1545 ( $M_1 = 6,7$ ), 1590 ( $M = 6,7-6,9$ , intensitate maximă VIII-IX), 1620 ( $M = 6,9$ , intensitate maximă VIII-IX), 1679 ( $M_1 = 6,7$ , intensitate epicentrală VIII), 1681 ( $M_w = 7,1$ , intensitate epicentrală VIII), 1738 ( $M_w = 7,7$ , intensitate maximă 9,5 MSK), 1740 (intensitate maximă 8,5 MSK), 1790 ( $M_s = 6,8$ , intensitate maximă VIII MSK). Efectele seismelor din 29.08.1471 și 11.06.1738 sunt descrise pe scurt de Georgescu (2004), iar informații sumare cu privire la celelalte seisme din secolele XV-XVIII sunt redată în Tabelul 7, realizat pe baza materialului de tip StoryMaps al INFP (2017).

**Tabel 7. Date referitoare la seismele care au afectat România în secolele XV-XVIII**

<b>Data seism</b>	<b>Magnitudine estimată (M<sub>w</sub>)</b>	<b>Adâncime focală estimată (km)</b>	<b>Observații</b>	<b>Referințe</b>
29.08.1471	7,5	110	- Origine în VR; - Seism resimțit pe teritoriul României, în Ucraina și Crimeea; - Pagube semnificative în Brașov, Turda, Bistrița, Sălaj.	Nussbächer (1987), Cernovodeanu și Binder (1993), INFP (2017)
24.11.1516	7,5	150	- Origine în VR; - Pagube semnificative în Brașov (case dărmate, zidul din incinta orașului dărmat).	Nussbächer (1987), Dudaș (1992), INFP (2017)
19.11.1523	5,5	10	- Origine în TD; - Pagube însemnate în Ardeal și Transilvania.	Cernovodeanu și Binder (1993), INFP (2017)
10.04.1571	6,5	10	- Origine în FC; - Seism simțit în Brașov și Sibiu; - Seismul a fost urmat de trei replici cu magnitudini mai reduse.	Atanasiu (1961), INFP (2017)
10.08.1590	6	10	- Origine în FC; - Seism simțit în Transilvania.	INFP (2017)
30.04.1590	7,3	150	- Origine în VR; - Seism simțit în Țara Bârsei.	Florinesco (1958), INFP (2017)
03.05.1604	6,8	130	- Origine în VR; - Efecte în bazinul intracarpatic; - Seism simțit în Vestul țării (Alba Iulia, Cluj-Napoca, Oradea) și în Sud-Vest (Caransebeș). - Pagube semnificative în Sibiu (colapsul zidului cetății și a Turnului Țesătorilor);	INFP (2017)
24.12.1605	7,1	150	- Origine în VR; - Pagube semnificative în Brașov (avarii ale Bisericii Negre) și Sibiu.	INFP (2017)
08.11.1620	5,6	30	- Origine în TD; - Seism simțit în Cluj-Napoca, Brașov, Sibiu, restul Transilvaniei și Muntenia; - Pagube semnificative în Brașov (prăbușirea turnurilor Bisericii Negre, a Turnului Strungarilor).	Florinesco (1958), Cernovodeanu și Binder (1993), INFP (2017)
19.08.1681	7,1	150	- Origine în VR; - Pagube semnificative în Brașov (prăbușirea parțială a boltii Bisericii Negre) și Iași.	Florinesco (1958), INFP (2017)

12.06.1701	7,1	150	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Origine în VR;</li> <li>- Seism simțit în Moldova, Muntenia, Transilvania, Polonia;</li> <li>- Pagube semnificative la Brașov (dărmașia unor clădiri și a unei părți din zidul orașului), Cluj-Napoca (avarii ale clădirilor din piatră);</li> <li>- Seism alcătuit din 3 șocuri.</li> </ul>	Cernovodeanu și Binder (1993), INFP (2017)
11.06.1738	7,7	130	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Origine în VR;</li> <li>- Seism simțit pe întreg teritoriul țării și în zona balcanică;</li> <li>- Pagube însemnate în București, Iași, Focșani, Buzău, Brașov, Sibiu, Sfântu Gheorghe, Târgoviște, Vălenii de Munte, Bacău, Bârlad;</li> <li>- Prăbușirea parțială a Cetății Nis din Serbia.</li> </ul>	Atanasiu (1961), Corfus (1967), Huica (1977), Ștefănescu (1901), Cernovodeanu și Binder (1993), INFP (2017)
06.04.1790	7,1	150	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Origine în VR;</li> <li>- Pagube semnificative în Moldova, București, Craiova, Chișinău, Bălți, Brașov, Bod.</li> </ul>	Ștefănescu (1901), Cernovodeanu și Binder (1993), INFP (2017)
08.12.1793	6,2	10	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Origine în FC;</li> <li>- Seism simțit în Brașov, Sibiu, Bodoc, Codlea, București, Curtea de Argeș, Florești, Moldova;</li> <li>- Pagube semnificative în Sibiu și Codlea.</li> </ul>	INFP (2017)

Înregistrările seismologice instrumentale din România au început în 1935, astfel încât informațiile referitoare la efectele seismelor din secolele anterioare sunt de ordin descriptiv și provin din surse precum documentele oficiale sau mănăstirești. La acestea se adaugă rapoartele cu privire la efectele seismelor realizate de Serviciul Național de Meteorologie, în urma unor investigații de teren din perioada anilor 1893-1926 (cu o întrerupere în 1916-1920) (Constantin et al. 2011).

Numărul victimelor rezultate în urma seismelor de dinaintea secolului XX este semnificativ mai redus decât cel specific seismelor din 1940 și 1977, fapt explicat de mărimea demografică redusă a centrelor urbane, densitatea redusă a clădirilor (Constantin et al. 2011) și predominarea clădirilor construite din materiale ușoare (lemn, chirpici, paiantă), de tip rural,

popular, cu profil de înălțime redus și acoperișuri ușoare (din lemn, șindrilă sau stuf) (Georgescu și Pomonis 2012). Acestea pot fi avariate cu ușurință, până la distrugere, însă nu provoacă răni grave. Clădirile de cărămidă, mai solide, dar cu potențial mai mare de rănire a locatarilor, în cazul avarierii lor, erau reprezentate doar de edificii religioase, conace și case boierești. În secolul XVIII, numărul acestora a început să crească, clădirile de cărămidă înlocuind treptat casele de lemn. Numărul mai ridicat de victime omenești rezultat în urma seismelor din secolul XX poate fi explicat de predominarea clădirilor de zidărie, mai rezistente la anumite tipuri de mișcări ale scoarței terestre, dar cu potențial mai ridicat de a cauza răni și decese în contextul manifestării unor seisme majore. Această afirmație este valabilă mai ales în cazul structurilor cu profil înalt (Georgescu și Pomonis 2012).

În secolul trecut, s-au realizat înregistrări instrumentale pentru peste 100 de seisme cu magnitudini de peste 5  $M_w$  și intensități epicentrale de minim VII MSK. Cele mai importante dintre aceste s-au produs în anii 1901, 1903, 1908, 1912, 1916, 1929, 1934, 1940, 1945, 1948, 1977, 1986, 1990, 1992 (Georgescu 2004, INFP 2017). Seismele cu cele mai ridicate magnitudini, care au afectat arii extinse s-au produs pe 10.11.1940 (7,7  $M_w$ ), 04.03.1977 (7,4  $M_w$ ), 30.08.1986 (7,1  $M_w$ ), 30.05.1990 (6,9  $M_w$ ) și 31.05.1990 (6,4  $M_w$ ) (Oncescu et al. 1999b, Konrod et al. 2013). Datele referitoare la magnitudinea, adâncimea focarului și consecințele acestora sunt redată în Tabelul 8. Tocmai aceste evenimente seismice importante au fost cele care au stimulat elaborarea diverselor modele geodinamice regionale care vizau explicarea cauzelor seismicității din VR (Ismail-Zadeh et al. 2012) și cercetarea seismicității de pe teritoriul României, în general.

**Tabel 8. Date referitoare la seismele importante care au afectat teritoriul României (Oncescu et al. 1999b, Georgescu 2004, Georgescu și Pomonis 2012, Pantea și Constantin 2013, INFP 2017)**

Seism	Ora locală	Magnitudine ( $M_w$ )	Adâncime focală (km)	Intensitatea epicentrală	Victime (România)	
					Decese	Răniți
26.10.1802	12:55	7,9	~150	IX-X	necunoscut	necunoscut
10.11.1940	03:39	7,6-7,7	150	X	593	1.271
04.03.1977	21:22	7,4-7,5	109	IX	1.578	11.321
31.08.1986	00:28	7,1-7,3	133	VIII	8	317
30.05.1990	12:40	7,0-7,1	91	VIII	9	296
31.05.1990	02:17	6,4	82	VII	0	0

Majoritatea seismelor amintite s-au produs în perioada regimului comunist, în care anvergura impactului fenomenelor distructive era raportată distorsionat, fiind diminuată în mod

intenționat, iar accesul la informațiile referitoare la consecințele seismelor era restricționat. Prin urmare, reconstituirea exactă a pierderilor și pagubelor materiale este dificil de realizat. Cu referire la acest subiect, în literatura de specialitate din secolul actual, se remarcă lucrările realizate de Georgescu și Pomonis (2008, 2012). De asemenea, Panza et al. (2010) și Kronrod et al. (2013) analizează seismele menționate cu referire la datele macroseismice specifice, într-o abordare transfrontalieră.

Diferențele privind numărul de victime omenești rezultate în urma seismelor de dinainte și de după anul 1980 sunt explicate de magnitudinile mai reduse (în cazul cutremurelor din 1990), de adâncimea focarului (în cazul seismului din 1986) (Georgescu și Pomonis 2012), de momentul din zi în care s-au produs seismele sau de particularitățile construcțiilor din așezările umane din România acelor timpuri, de implementarea diferitelor coduri de proiectare seismică (din 1963, 1978, 1992 etc.) – având în vedere faptul că, după seismul din 1977, normativele de construcții au fost semnificativ îmbunătățite (Tabelul 8).

De asemenea, trebuie amintit faptul că multe dintre clădirile prăbușite în 1977 au fost avariate în urma seismului din 1940, fapt ce arată importanța efectelor seismelor asupra rezistenței generale a clădirilor la șocurile seismice. După seismul din 1940, lucrările de consolidare seismică nu s-au realizat în toate cazurile în care erau necesare, motiv pentru care clădirile datând de dinainte de acest an au constituit principalele surse de pericol de prăbușire, în contextul manifestării cutremurului din 1977, mai ales în București. Aceasta explică numărul mai ridicat de victime cu care s-a soldat seismul din 1977, în ciuda faptului că magnitudinea acestuia a fost mai redusă decât a celui din 1940 (Georgescu și Pomonis 2012).

## 4. VULNERABILITATEA SEISMICĂ

### 4.1. Aspecte generale

Prin adaptarea definiției generale a vulnerabilității, vulnerabilitatea seismică rezidă în „condițiile determinate de factorii sau procesele fizice, sociale, economice, de mediu, care cresc susceptibilitatea unei comunități umane” la impactul cutremurelor (UN-ISDR 2004, UNDRR 2017). Elementele expuse ce pot fi afectate negativ de un seism sunt: populația rezidentă și populația temporară dintr-un anumit areal, fondul construit și elementele de infrastructură, structurile cu importanță strategică, printre care și structurile ce servesc drept sedii ale unor servicii cu rol în domeniul gestionării situațiilor de criză.

Vulnerabilitatea seismică este una dintre componentele riscului seismic, alături de hazardul seismic. Studiarea comparativă a impactului seismului din Haiti (12.01.2010) și a impactului seismului din regiunea Tōhoku a Japoniei (11.03.2011) constituie un bun exemplu în care importanța vulnerabilității comunităților umane este subliniată. Primul dintre acestea a avut o magnitudine de 7  $M_w$ , estimându-se că s-a soldat cu 230.000 de decese și 300.000 de cazuri de rănire (World Bank 2019) sau cu 316.000 de decese (Ritchie 2018). De asemenea, a fost provocat un val tsunami dublu, ce a afectat orașul Petit Paradis (Fritz et al. 2013). Seismul din Japonia a atins magnitudinea de 9  $M_w$  și a determinat decesul a aproximativ 20.000 de persoane, în condițiile în care a cauzat un val tsunami și defecțiuni ale Atomocentralei Fukushima (Lay și Kanamori 2011, Norio et al. 2011, Simons et al. 2011). Se observă că seismul de magnitudine mai redusă a cauzat consecințe mai grave, fapt ce poate fi explicat doar făcând apel la factorii și condițiile ce influențează vulnerabilitatea comunităților umane.

Printre motivele invocate pentru a explica impactul mai accentuat al seismului din Haiti, Gauthier și Moita (2011) evidențiază i) fenomenul sărăciei cronice, specific statului Haiti, pus în evidență de faptul că 76% din populație trăiește sub limita sărăciei (de 2\$/zi), ii) situația politică fragilă (Birkmann 2013b) și iii) tendința de anarhie civică. Aceste caracteristici ale vieții social-economice din Haiti converg către conturarea unui climat de nesiguranță, întrucât populația cu resurse financiare deficitare nu își poate permite închirierea sau achiziționarea unor locuințe rezistente la șocurile seismice și nici capitalul necesar redresării în urma manifestării unui seism de anvergură. Astfel, populația haitiană este dependentă de ajutorul statului, ale cărui instituții eșuează în îndeplinirea misiunii de oferire de asistență și sprijin cetățenilor (Birkmann 2013b).

Pe de altă parte, situația din Japonia se încadrează scenariului „societății la risc” (*risk society*) amintit de Beck (1992). Dezvoltarea fondului construit și a infrastructurii critice induce stimularea dependenței comunităților umane în raport cu acestea, astfel încât avarierea sau distrugerea lor creează disfuncționalități din ce în ce mai ample pe plan economic și social. Astfel, vulnerabilitatea poate fi potențată atât de elemente precum sărăcia, tensiunile politice și sociale, corupția, cât și de o prea mare dependență față de structurile antropice și economice moderne (Birkmann 2013b).

Rashed și Weeks (2003) definesc vulnerabilitatea drept o problemă deficitar structurată, adică drept o problemă pentru care există mai multe soluții și incertitudini privind principiile și conceptele specifice procedurii de soluționare (Sinnott 1989, Voss și Means 1989). Aceste probleme sunt caracterizate de lipsa consensului privind soluția optimă sau metodologia ce trebuie aplicată pentru a ajunge la rezolvare (Hong 1998). Multitudinea definițiilor vulnerabilității (Cutter et al. 2003), disensiunile de abordare a conceptului (Wisner și Luce 1993), inexistența unui model unic de analiză (Rashed și Weeks 2003) reprezintă argumente pentru încadrarea acestora în categoria problemelor deficitar structurate.

Analiza vulnerabilității seismice specifice unui anumit spațiu sau unei anumite comunități umane reprezintă o precondiție a elaborării planurilor de reducere a riscului seismic. De fapt, acest deziderat poate fi atins doar prin modelarea vulnerabilității, întrucât manifestarea seismelor nu poate fi controlată de către umanitate. Astfel, devine evident faptul că vulnerabilitatea trebuie tratată drept o componentă individuală a riscului, de primă importanță. Analiza ei se dovedește imperativ necesară, întrucât nu se poate acționa în scopul ameliorativ asupra unui element necunoscut sau vag cunoscut.

De asemenea, importanța estimării vulnerabilității este pusă în lumină prin considerarea faptului că populația din zonele predispuse la manifestarea fenomenelor distructive a crescut numeric; evoluție ce a fost acompaniată, în unele situații, de o ridicare a nivelului de trai (UN-ISDR 2011, IPCC 2012, Doocy et al. 2013, Blaikie et al. 2004). Acesta înseamnă că și expunerea a crescut semnificativ, amplificându-se posibilitatea înregistrării unor pagube materiale semnificative.

Perspectiva conform căreia sistemele umane afectate sunt pasive, iar hazardul constituie un agent activ este specifică științelor naturale (Roberts et al. 2009, De Ruyter et al. 2017). Pe de altă parte, studiile de referință axate pe abordarea specifică științelor sociale subliniază rolul

comunităților umane în construirea vulnerabilității seismice (Roberts et al. 2009). Colectivitățile umane pot influența impactul hazardelor naturale, ce sunt privite drept fenomene dinamice, care afectează omul neimpunându-i statutul de victimă, ci delegându-i statutul de modificador al propriei condiții de vulnerabilitate (Kates 1996).

La conturarea vulnerabilității seismice participă atât elemente statice, specifice fondului construit, cât și elementele dinamice, proprii colectivităților umane. În contextul manifestărilor frecvente sau de anvergură ale seismelor, integrarea elementelor ce asigură stabilitatea și integritatea clădirilor în urma interacțiunii cu șocurile seismice se individualizează drept o necesitate reală (Manohar et al. 2012). Unele dintre cele mai utilizate strategii de reducere a riscului seismic prin modelarea vulnerabilității se referă la construirea structurilor antropice conform unor planuri de proiectare seismică și la realizarea unor lucrări de consolidare seismică a clădirilor ce necesită astfel de intervenții. Aceste lucrări prezintă costuri mai reduse decât reconstrucția și sunt mai puțin consumatoare de timp (UNESCO și UNDP India 2007).

De asemenea, trebuie avut în vedere faptul că oamenii se diferențiază între ei sub raport anatomic, social și financiar, având totodată capacități diferite de înțelegere a riscului seismic, de pregătire pentru impactul seismelor, precum și modalități distincte de a reacționa la acestea și de a-și reveni la stări dezirabile (Civiletti et al. 2016, Vecere et al. 2016, 2017, Rodriquez et al. 2018). Prin urmare, particularitățile demografice, sociale și economice ale comunităților ce pot fi afectate de efectele distructive ale cutremurelor au, la rândul lor, un rol important în conturarea vulnerabilității seismice, alături de particularitățile fondului construit și de pattern-urile expansiunii urbane (Rodriquez et al. 2018).

Intervențiile rapide și eficiente ce au loc imediat după cutremur pot contribui în mod decisiv la reducerea impactului seismic, iar sistemele de monitorizare în timp real a mișcărilor scoarței terestre constituie instrumente de mare utilitate în cazul operațiunilor de gestionare a situațiilor de urgență înainte, în timpul și după manifestarea unui cutremur. Cunoașterea vulnerabilității seismice anterior producerii acestuia favorizează eficientizarea eforturilor de coordonare a serviciilor de urgență și a proceselor de alocare a resurselor sau de stabilire a priorităților privind intervențiile salvatoare (Erdik et al. 2010). Implementarea strategiilor de reducere a vulnerabilității seismice devine imperativă pentru atingerea dezideratului supraviețuirii și dezvoltării comunităților umane, iar cunoașterea detaliată a acestei vulnerabilități condiționează succesul sau insuccesul strategiilor (Douglas 2007).

Comparativ cu celelalte tipuri de vulnerabilitate aferente diferitelor hazarde, studierea vulnerabilității seismice se bazează pe metode și modele verificate și adaptate, perfectate, existând totuși provocări științifice însemnate (Douglas 2007, Roberts et al. 2009, De Ruiter et al. 2017). De-a lungul timpului s-au impus diferite abordări de cercetare a vulnerabilității seismice, majoritatea utilizând indici sau curbe de vulnerabilitate, existând însă și metode ce utilizează matrice de probabilitate a pierderilor umane sau materiale (*Damage Probability Matrices*).

Adaptarea și rafinarea contextuală a metodelor de evaluare a vulnerabilității constituie „veriga lipsă” ce ar facilita demersul studierii riscurilor (Douglas 2007). În vederea atingerii acestui deziderat, elaborarea și selectarea unor indicatori adecvați ai vulnerabilității constituie procese esențiale. Un alt element cu reale necesități de îmbunătățire din domeniul cercetării vulnerabilității seismice constă în disparitățile privind numărul de studii ale vulnerabilității seismice din zonele predispuse la cutremure (Rashed și Weeks 2003, Kircher et al. 2006, Schmidtlein et al. 2011, Zebardast 2013, Torres et al. 2016) și numărul studiilor efectuate asupra zonelor cu seismicitate medie (Tantala et al. 2008, Remo și Pinter et al. 2012, Rein și Corotis 2013, Wei et al. 2014, Narita et al. 2016). Devine necesară realizarea de analize ale acestui parametru în ariile cu risc seismic moderat, într-o manieră adaptată.

Prin manifestarea unui cutremur de magnitudine ridicată într-o arie cu seismicitate generală moderată, pierderile de vieți omenești și pagubele materiale pot atinge valori mult mai mari decât ar fi de așteptat prin raportare la nivelul obișnuit al seismicității. În acest context, carențele privind informațiile referitoare la ariile și comunitățile umane cele mai vulnerabile, precum și problemele de conștientizare a riscului seismic conduc la integrarea unor erori în strategiile de reducere a impactului seismic, cu posibilitatea amplificării consecințelor negative ale hazardului (Prater și Lindell 2000, Smyth et al. 2004, Bostrom et al. 2008, Shohet et al. 2014, Wei et al. 2014).

#### **4.2. Modele și metode de evaluare a vulnerabilității seismice**

Modelele de evaluare a pierderilor induse de cutremure au drept scop corelarea particularităților hazardului seismic cu elementele vulnerabile la impactul acestuia, astfel încât estimarea dimensiunilor și distribuției pierderilor, realizată anterior producerii efective a

seismului, să servească drept bază științifică pentru implementarea unor planuri de reducere a riscului seismic. Aceste planuri includ variate elemente, precum calibrarea codurilor de construcție în funcție de analiza vulnerabilității seismice, elaborarea documentației necesare consolidării antiseismice a clădirilor, evitarea unor erori umane care au contribuit la amplificarea efectelor negative ale unor seisme din trecut (Calvi et al. 2006). În 1996, Cutter (1996) critica faptul că modelele vulnerabilității sunt majoritar descriptive, cu un caracter prea general pentru a realiza distincția dintre importanța relativă a factorilor de influență ai vulnerabilității.

Fiecare evaluare a vulnerabilității seismice se realizează în contextul anumitor particularități ale mișcărilor scoarței terestre care influențează dimensiunea posibilelor pagube materiale. Pentru clădirile din România, parametrii cei mai utilizați drept exponenți ai mișcărilor scoarței sunt:

- accelerația terenului pentru proiectare ( $a_g$ ), definită drept „valoarea caracteristică a accelerației seismice orizontale a terenului pentru determinarea valorii caracteristice a acțiunii seismice,  $A_{EK}$ ” (UTCB 2013);
- valoarea perioadei de control sau de colț ( $T_C$ ) a spectrului de răspuns, care reprezintă „granița dintre zona (palierul) de valori maxime în spectrul de accelerații absolute și zona (palierul) de valori maxime în spectrul de viteze relative” (UTCB 2013).

Majoritatea modelelor de estimare a pierderilor induse de seisme integrează cu predilecție factori și scenarii referitoare la vulnerabilitatea fizică. Calvi et al. (2006) specifică faptul că un model robust de estimare a pierderilor în urma impactului unui cutremur ar trebui să includă toate posibilele efecte induse de hazardele asociate seismelor: zguduirile amplificate ale scoarței terestre, alunecările de teren, lichefierea, deschiderea faliilor și valurile tsunami. Contrar recomandării menționate, multe dintre modelele de evaluare a pierderilor rezultate în urma cutremurelor iau în calcul cu precădere consecințele zguduirilor scoarței. Pe de altă parte, Bird și Bommer (2004) afirmă că pentru 88% dintre cele 50 de cutremure analizate în cadrul studiului lor, pagubele materiale au fost provocate predominant de zguduirile scoarței terestre și doar în mică măsură de alte hazardele asociate, cum ar fi lichefierea solului, rupturile scoarței terestre sau alunecările de teren. Această abordare non-holistică este acceptată, deoarece pe măsură ce gradul de agregare al modelelor crește, influența relativă a hazardelor asociate descrește (Bird și Bommer 2004) – fapt ce nu este dezirabil.

Hollenstein (2005) identifică peste 100 de modele de evaluare a vulnerabilității seismice, divizate în modele empirice – bazate pe metodologii empirice, modele analitice sau modele hibrid (Calvi et al. 2006). În cazul metodologiilor empirice, scările de măsurare a nivelului pagubelor sunt utilizate pentru a obține statistici ale pagubelor post-eveniment, pe când în metodologiile analitice scările au rolul de a reda anumite limite mecanice ale construcțiilor afectate de seisme (Calvi et al. 2006).

Metodele empirice de evaluare a vulnerabilității seismice sunt folosite încă de la începutul anilor 1970 și presupun analiza vulnerabilității seismice după manifestarea seismului. Principalele metode sunt bazate fie pe matricele de probabilitate a pierderilor (Whitman et al. 1973, Braga et al. 1982), fie pe funcții ale vulnerabilității. Se remarcă și metodologiile ce utilizează index-uri ale vulnerabilității, curbe continue ale vulnerabilității și tehnicile de screening.

Drept concluzie a lucrării de sinteză a literaturii de specialitate privind principalele metode utilizate în evaluarea vulnerabilității seismice începând cu anii 1970, Calvi et al. (2006) descriu caracteristicile esențiale ale unui model robust de estimare a acesteia: integrarea celor mai recente elemente din cercetarea evaluării hazardelor seismice, detalierea asupra tuturor surselor de incertitudine, capacitatea modelului de a se adapta diferitelor practici de construcție din lume, capacitatea modelului de a integra noi tipuri de construcții și modificările survenite în urma lucrărilor de consolidare seismică, stabilirea unui echilibru între complexitatea calculelor, nivelul de detaliere a datelor și nivelul de acuratețe a rezultatelor obținute.

Îndeplinirea tuturor acestor criterii este însă un deziderat ce iese din sfera posibilului actual, pentru fiecare metodă existând atât puncte forte, cât și aspecte ce lasă de dorit. Spre exemplu, metodele analitice prezintă apanajul superiorității teoretice, dar necesită un nivel ridicat de detaliere a datelor. De asemenea, multe dintre metode nu detaliază asupra numeroaselor incertitudini a căror apariție este inerentă în procesul de evaluare a vulnerabilității seismice. Astfel, o evaluare eficientă a vulnerabilității seismice ar trebui să se bazeze pe mai multe modele complementare, care să poată fi folosite drept instrumente de validare reciprocă.

### 4.3. Tipuri de vulnerabilitate seismică

Pornind de la conceptul multidimensional al vulnerabilității generale, cu referire la vulnerabilitatea seismică se pot distinge **dimensiuni fizice, social-economice, sistemice,**

**psihologice** etc. Între elementele specifice tipurilor de vulnerabilitate se dezvoltă diferite relații, supuse legilor universale, care amintesc că unicul element statornic constă în certitudinea schimbării în timp.

Corsanego et al. (1993) discută despre o **vulnerabilitate seismică primară**, definită ca posibilele pagube materiale suportate de clădiri ca urmare a manifestării unui cutremur și despre o **vulnerabilitate secundară**, referitoare la potențialele pierderi înregistrate la nivelul elementelor expuse, ca urmare a afectării integrității clădirilor. Astfel, vulnerabilitatea fizică influențează în mod semnificativ vulnerabilitatea socio-economică, deoarece deteriorarea sau distrugerea clădirilor poate duce la vătămarea fizică și/sau psihologică a populației și poate împiedica desfășurarea normală a activităților economice (Pitilakis et al. 2014).

#### **4.3.1. Vulnerabilitatea seismică fizică**

Vulnerabilitatea fizică poate fi considerată drept cea mai importantă fațetă a vulnerabilității seismice, deoarece cutremurele în sine rareori produc victime omenești, de această consecință fiind responsabile colapsul clădirilor sau avarierea acestora (Douglas 2007). Vulnerabilitatea fizică se referă la vulnerabilitatea fondului construit, la particularitățile de construcție ale clădirilor, abilitățile lor de a face față forțelor seismice cu acțiune laterală și la influența pe care aceste elemente o au asupra numărului posibil de victime omenești (Coburn și Spence 2002), dar și la vulnerabilitatea elementelor de infrastructură de transport (rețele rutiere, feroviare, porturi etc.), de utilități (rețele de transport a apei potabile, a apelor menajere, rețele electrice etc.) și cele aferente instituțiilor ce prestează servicii esențiale (spitale, unități de pompieri și poliție, instituții de învățământ) (FEMA 2013). În cazul în care elementele de infrastructură sunt avariate, se pot produce efecte secundare ale manifestării seismelor, precum incendiile provocate de defecțiunile instalațiilor de alimentare cu gaze sau curent electric, dar și inundații în situația deteriorării sau ruperii conductelor de apă (Atanasiu et al. 2008). În unele lucrări de specialitate, această categorie include și factorii referitori la vulnerabilitatea mediului.

Deoarece seismele pot afecta zone extinse, cunoașterea numărului de clădiri ce pot fi deteriorate sau distruse în urma manifestării unui seism și a particularităților acestora poate oferi informații importante pentru stabilirea modalităților de intervenție de urgență, estimarea

numărului populației afectate ce va avea nevoie de asistență medicală, hrană și apă, adăpost provizoriu sau pe termen lung etc.

Între vulnerabilitatea fizică și numărul de pierderi de vieți umane sau de răniți există o strânsă legătură, motivată de faptul că seismele *per se* rareori produc aceste efecte, dar distrugerea clădirilor conduce frecvent la urmările amintite (Douglas 2007). O estimare mai eficientă a numărului de victime omenești și de persoane ce rămân fără locuință în urma impactului cutremurelor integrează și indicatori socio-economici, așa cum relevă modelul dezvoltat de Khazai et al. (2013).

Totodată, în cadrul vulnerabilității fizice individuale se disting două tipuri principale de vulnerabilități, referitoare la elementele structurale și la cele non-structurale. Vulnerabilitatea structurală rezidă în susceptibilitatea elementelor structurale ale unei construcții, anume fundația, acoperișul, coloanele și stâlpii de susținere, pereții de rezistență, lespezile de beton, elementele de îmbinare a segmentelor etc., de a fi deteriorate sau distruse în urma manifestării unui cutremur. Vulnerabilitatea non-structurală reprezintă susceptibilitatea elementelor non-structurale, precum componentele arhitecturale (tavanele, ușile, ferestrele, pereții), instalațiile electrice, de aer condiționat, de alimentare cu apă sau cu gaze, alarmele de incendii, de a fi afectate în mod negativ de seisme (Morán-Rodríguez și Novelo-Casanova 2017).

Cercetarea vulnerabilității seismice fizice la nivelul anumitor clădiri este coordonată, în general, de criteriul folosinței imobilelor. În acest sens se evidențiază numărul semnificativ al lucrărilor axate pe evaluarea vulnerabilității seismice a unităților școlare (Augenti et al. 2004, Baballëku et al. 2008, Panahi et al. 2014, Chrysostomou et al. 2015, Clementi et al. 2015, De Angelis și Pecce 2015, Petal et al. 2015, Azizi-Bondarabadi et al. 2016, Michel et al. 2017, Korkmaz et al. 2018, O'Reilly et al. 2018, Rodrigues et al. 2018, Anelli et al. 2019, Di Ludovico et al. 2019, Zain et al. 2019, Albulescu et al. 2020, Giordano et al. 2020), ce surclasează numărul studiilor privind vulnerabilitatea seismică a unităților medicale (Morán-Rodríguez și Novelo-Casanova 2017).

De asemenea, evaluarea vulnerabilității clădirilor se poate realiza din punct de vedere calitativ sau din punct de vedere cantitativ. Ambele tipuri de analiză a vulnerabilității fizice se realizează pe baza observațiilor în teren, consultării documentației tehnice și istorice și alcătuirii bazelor de date statistice (D'Ayala et al. 2008). Evaluarea calitativă este o procedură aproximativă, ce prezintă apanajul costurilor de timp reduse. Aceasta constă în colectarea de date

calitative prin realizarea de observații în teren și documentarea asupra istoriei clădirilor și a caracteristicilor arhitecturale și tehnice. Principalele obiective ale observațiilor din teren sunt: înțelegerea morfologiei clădirilor, a caracteristicilor geometriei lor și a relației lor cu împrejurimile, analiza stării de degradare a clădirilor și a alterărilor apărute în structura lor de rezistență ca urmare a trecerii timpului sau manifestării unor seisme, relevarea aspectelor ce țin de lucrările de consolidare seismică sau de alte tipuri de reparații. Datele calitative obținute în urma acestui demers sunt validate și perfectate studiind literatura de specialitate și arhivele ce cuprind informații referitoare la clădirile analizate, la zona urbană în care sunt localizate acestea, la materialele și tehnicile de construcție folosite la nivel local în perioada proiectării și ridicării clădirilor de interes. (D'Ayala et al. 2008).

Evaluarea cantitativă urmărește în faza preliminară inventarierea și încadrarea clădirilor în anumite tipologii, în funcție de sistemele orizontale sau de suport a încărcăturii. Pe baza taxonomiei adoptate este aleasă metoda analitică și sunt sugerate posibilitățile de identificare a caracteristicilor generale. Procesul de clasificare a clădirilor este realizat prin observații în teren și studierea pieselor scrise și grafice ale documentației tehnice aferente construcțiilor. Datele numerice obținute prin măsurători la fața locului sau prin calcule pe baza documentației se referă la detaliile de construcție, cum ar fi elementele orizontale, zidăria, acoperișul, nivelurile etc. (D'Ayala et al. 2008).

#### **4.3.2. Vulnerabilitatea seismică socială**

Acest tip de vulnerabilitate seismică este caracterizat de lipsa consensului privind componentele sale și de existența unei multitudini de definiții (Ebert et al. 2009). O definiție clară a conceptului este aceea de totalitate a caracteristicilor unei persoane sau grup de persoane care afectează capacitatea de a anticipa, gestiona, rezista la și a-și reveni de pe urma impactului unui dezastru (Wisner și Uitto 2009). Această capacitate este puternic influențată de factori social-economici și demografici (Zebardast 2013) și este un element reprezentativ pentru nivelul de dezvoltare a comunităților umane (Cardona 2001).

Abordarea conform căreia dezastrele nu sunt cauzate de evenimente externe, precum hazardele naturale, ci de sisteme sociale deficitare (Cutter et al. 2000, 2009) pune în lumină tipul de vulnerabilitate socială. Pe cale de consecință, aceasta reprezintă o condiție pre-existentă sau o

trăsătură inerentă a comunităților umane, independentă de tipul de hazard sau de sursa de pericol (Cutter et al. 2009).

Categoriile sociale ce prezintă o anumită propensiune de a fi afectate semnificativ de impactul unui seism, ținând cont de faptul că depind de ajutor mai mult decât alte segmente de populație, includ populația vârstnică, cea de sex feminin, cea cu un nivel de trai precar, populația din locuințele insalubre sau prea aglomerate, populația cu deficiențe mentale sau cu o stare de sănătate deteriorată, minoritățile, categoria turiștilor sau a celor vorbitori ai unei limbi non-dominante (Buckle 2006, Shohet et al. 2014, Rodriques et al. 2018). Pe de altă parte, categoriile vulnerabile menționate pot fi în același timp reziliente (Thomas et al. 2013, Epstein et al. 2014), în cazul în care nivelul lor de conștientizare a riscului și cel de pregătire privind modalitățile de a se proteja și de a reduce intensitatea efectelor negative ale hazardului sunt ridicate (Rodriquez et al. 2018).

Precum celelalte tipuri de vulnerabilitate seismică, vulnerabilitatea socială este supusă variației timp-spațiu și nu poate fi definită de o singură variabilă (Cutter și Finch 2008). În privința variației spațiale, este de remarcă faptul că populațiile cu caracteristici social-economice și culturale omogene tind să ocupe arii bine determinate, edificându-se astfel o spațializare a diferitelor niveluri de vulnerabilitate socială. Variația temporală se referă la influența vârstei persoanelor și la influența sezonelor sau a anumitor perioade din an asupra nivelului de vulnerabilitate socială (Wisner și Uitto 2009).

Evaluarea vulnerabilității sociale poate fi realizată în mod cantitativ, prin stabilirea unor indicatori care descriu diferite aspecte ale vulnerabilității (Cutter et al. 2008, 2010) sau calitativ (participativ), vizând colectarea de informații prin aplicarea unor chestionare asupra populației potențial afectate de impactul seismelor (Burton et al. 2017). Cele două abordări sunt complementare, metodologiile calitative oferind informații de detaliu, improbabil de obținut prin consultarea datelor specifice recensămintelor (Birkmann 2013b).

#### **4.3.3. Vulnerabilitatea seismică sistemică**

Vulnerabilitatea sistemică face referire la modul în care sistemele umane fac față situațiilor de criză provocate de hazardele naturale. În raport cu seismele, această dimensiune a vulnerabilității integrează aspecte privind accesibilitatea unor posibile zone afectate de impactul

unui seism pentru intervenția echipajelor și vehiculelor a căror sarcină rezidă în gestionarea eficientă și ameliorarea situației de urgență, prin salvarea de vieți omenești, identificarea și ajutorarea răniților, protejarea populației, stingerea posibilelor incendii etc. De asemenea, analizele acestei vulnerabilități urmăresc identificarea rutelor de realizare a intervențiilor de urgență caracterizate de eficiență, rapiditate și siguranță (Opasanon și Miller-Hooks 2006, Yuan și Wang 2009, Ruan et al. 2013, Zhang et al. 2018, Artese și Achilli 2019).

Elementul cheie al analizei vulnerabilității seismice sistemice este accesibilitatea, definită de Jones (1981) și Goodall (1987) drept noțiunea care exprimă facilitatea cu care se poate ajunge într-un anumit loc pornind dintr-un alt punct. Un alt concept cheie este cel de funcționalitate (*serviceability*) a unei rute sau rețele de transport. Aceasta este definită ca posibilitatea de a folosi o rută sau rețea de transport, într-o anumită perioadă (Berdica 2002).

Importanța vulnerabilității sistemice devine evidentă în cazul situațiilor de criză, când cooperarea dintre mediile private și cele publice în scopul creșterii accesibilității și eficientizarea traficului spre și dinspre zonele afectate de hazarde se dovedește a fi un element cheie în stabilirea dimensiunilor impactului seismului. Primele două ore post-seism se dovedesc a fi critice pentru supraviețuirea persoanelor rănite ca urmare a cutremurului (Merciu et al. 2018). Această idee este susținută și de Amram et al. (2011), care afirmă că distanța față de centrele de gestionare a traumatismelor este corelată în mod negativ cu probabilitatea ca pacientul să supraviețuiască. Complementar, Gitis et al. (2012) evidențiază faptul că, în perioada post-seism, comunitățile umane aflate la distanțe mai mari față de centrele de gestionare a traumatismelor sunt mai susceptibile a înregistra probleme de sănătate.

La acestea se adaugă faptul că acțiunile de ameliorare a efectelor negative din primele trei zile ce urmează momentului manifestării seismului sunt critice pentru gestionarea eficientă a consecințelor distructive (Fiedrich 2006). În acest context, se evidențiază necesitatea elaborării unor politici urbane de gestionare a riscului seismic mai coerente și proactive, axate pe eradicarea blocajelor inerente întâlnite în cazul intervențiilor de urgență (Boștenaru et al. 2014, Ianoș et al. 2017).

Tehnicile de analiză SIG sunt utilizate în numeroase studii privind accesibilitatea (Pitilakis et al. 2014, Merciu et al. 2018, Artese și Achilli 2019, Albulescu et al. 2020), modulul *Network Analyst* al software-ului ArcMap permițând rularea unor scenarii relevante, menite să simuleze posibile situații de criză. În aceste simulări sunt stabilite ariile ce necesită intervenții, pozițiile

sediilor instituțiilor care se ocupă cu gestionarea situațiilor de urgență, rețeaua de căi de transport, particularitățile traficului din localitatea de interes și sunt calculate cele mai scurte sau mai rapide rute, ariile deservite de anumite servicii de urgență etc. Se pot simula scenarii complexe, în care intervin bariere și blocaje de diferite tipuri, care induc posibile întârzieri ce constituie de fapt surse de reducere a eficienței intervențiilor de urgență. Astfel de analize trebuie să ia în considerare estimări ale populației ce poate fi afectată de seisme (Mandrescu 1990, Armaș 2012, Pollino et al. 2012, Rufat 2013, Merciu et al. 2018), precum și particularități ale ariei urbane studiate și ale cartierelor acesteia (Noto 2017).

Adeseori, vulnerabilitatea seismică este evaluată în raport cu daunele ce pot fi suferite de infrastructura de transport rutier. Există studii care evaluează aceste daune și efectele lor asupra traficului și activităților economice, după manifestarea anumitor evenimente seismice (Cho et al. 2001, Ham et al. 2005, Franchin et al. 2006, Bono și Gutiérrez 2011), precum și studii realizate în scopul analizării vulnerabilității căilor de transport rutiere înainte de manifestarea seismelor (Chunguang și Huiying 2000, Goretti și Sarli 2006, Bell et al. 2008).

În studiile robuste, vulnerabilitatea rețelelor de transport este analizată alături de eficiența serviciilor ce se ocupă cu gestionarea situațiilor de urgență, în vederea obținerii unei imagini de ansamblu a vulnerabilității seismice sistemice, bazate pe evaluarea eficienței rutelor de evacuare și a acțiunilor de tip răspuns întreprinse de serviciile de urgență (Bell et al. 2008, Tamima și Chouinard 2017). De altfel, McLafferty (2013) subliniază importanța acestor particularități într-un mod clar: „Informațiile referitoare la localizarea, capacitățile și caracteristicile resurselor medicale, serviciilor de urgență, laboratoarelor medicale, facilităților sanitare sunt de importanță critică”. Astfel, în literatura de specialitate se individualizează mai multe lucrări referitoare la planurile logistice de gestionare a situațiilor de urgență ce apar după un dezastru (Özdamar et al. 2004, Sheu 2007, Özdamar și Pdamallu 2011).

#### **4.4. Studiarea vulnerabilității seismice din România**

La nivelul României, vulnerabilitatea seismică este cunoscută superficial, cercetările din domeniul reducerii riscului seismic fiind axate pe hazardul seismic cu origine în VR sau în celelalte zone seismice mai puțin semnificative. De asemenea, cercetările din domeniul vulnerabilității seismice au caracter focalizat, aria de studiu asupra căreia au fost realizate

numeroase evaluări ale conceptului de interes, utilizând variate metodologii, fiind capitala. Pe lângă analizele privind vulnerabilitatea seismică a Bucureștiului, se remarcă și cele ale riscului seismic (Toma-Danila et al. 2015b, Pavel et al. 2018) sau ale percepției riscului seismic de către populația bucureșteană (Armaș și Avram 2008).

Dimensiunea demografică, existența unui centru universitar și a unor institute de cercetare de renume, dar și includerea Bucureștiului în ariile de studiu integrate în proiecte de cercetare dezvoltate la nivel European explică monopolul acestui centru urban în ceea ce privește studiile din domeniul vulnerabilității seismice. Un astfel de proiect de cercetare este reprezentat de Proiectul RISK-UE, lansat în 1999, deci la finalul Decadei Internaționale pentru Reducerea Dezastrelor Naturale, și finalizat în anul 2004. Proiectul urmărește analiza scenariilor seismice la nivelul a 7 orașe europene (Barcelona, Bitola, București, Catania, Nisa, Tesalonik) în scopul stimulării conștientizării importanței riscului seismic și creșterii eficienței implementării programelor de reducere a acestuia (Mouroux et al. 2004). Pe de altă parte, vulnerabilitatea seismică aferentă altor centre urbane este puțin cunoscută, municipii precum Iași (Atanasiu et al. 2008, Toma și Atanasiu 2010, Bănică și Muntele 2015, Bănică et al. 2016, 2017), Timișoara (Valotto 2015, Valotto et al. 2016, Apostol et al. 2019, Chieffo et al. 2019, Mosoarca et al. 2019), Galați (Albulescu et al. 2019), Vaslui (Albulescu et al. 2020, 2021) numărându-se printre cele care fac obiectul unor astfel de analize.

### **Evaluarea vulnerabilității seismice: București**

București este capitala cu cel mai mare risc seismic din Uniunea Europeană (Armaș et al. 2017). Vulnerabilitatea sa seismică a fost extensiv cercetată de la sfârșitul decadei anterioare (Armaș 2012, Armaș și Gavriș 2013, Armaș et al. 2015, Armaș et al. 2016a, b, Armaș et al. 2017). Aceasta a fost analizată utilizând atât indici ai vulnerabilității, precum în cazul aplicării modelului SEVI și a indexului SoVI pentru a determina vulnerabilitatea sa socială în contextul manifestării unui cutremur major (Armaș și Gavriș 2013), cât și curbe ale vulnerabilității (Trendafiloski et al. 2009, Lang et al. 2012, Armaș et al. 2015, Armaș et al. 2017, Toma-Danila și Armaș 2017).

Primul model de evaluare a dimensiunilor impactului unui seism de magnitudinea celui din 1977, cu originea în VR, a fost propus de Trendafiloski et al. (2009). Acesta propune

scenariul manifestării unui cutremur cu intensitatea 8 pe scara MSK (deci de 7,4 M), utilizarea software-ului QLARM (Earthquake Loss Assessment for Response and Mitigation) și a claselor de vulnerabilitate elaborate de Giovinazzi (2005). Rezultatele inițiale diferă de pagubele provocate de cutremurul din 1977 în proporție de 20-30%, iar acest procent a fost redus până la aproximativ 4% prin calibrarea distribuției tipurilor de clădiri în clasele de vulnerabilitate, luând în considerare comportamentul lor la șocurile seismice din 1977.

Lang et al. (2012) realizează o evaluare deterministică a pagubelor materiale și pierderilor de vieți omenești ce ar putea fi înregistrate în București ca urmare a producerii unui cutremur major, utilizând modulul de analiză a riscurilor și estimare a pagubelor din software-ul SELENA, mai exact metoda MADRS (Modified Acceleration Displacement Response Spectra). Cele 117.592 de clădiri evaluate sunt grupate în funcție de tipologiile elaborate pentru modelul HAZUS-MH (FEMA 2013) și pentru Proiectul RISK-UE (Milutinovic și Trendafiloski 2003).

Analiza multicriterială a vulnerabilității seismice a Bucureștiului realizată de Armaș (2012) este prima de acest fel din România, ulterior fiind urmată de altele ce au drept arii de studiu municipii din regiunea Moldovei (Bănică et al. 2016, Albulescu et al. 2019, 2020). Metodele multicriteriale utilizate diferă de cele integrate în prezenta teză de doctorat sau de cele specifice celorlalte analize multicriteriale asupra municipiilor Moldovei, elementul metodologic comun tuturor acestor lucrări fiind utilizarea instrumentelor SIG. Armaș (2012) utilizează modulul SMCE specific software-ului ILWIS-GIS pentru a efectua analiza multicriterială spațială, modul ce integrează indicatori ai:

- vulnerabilității fizice: densitatea clădirilor pe unitate spațială prestabilită de aplicare a sondajului, vechimea clădirilor, înălțimea clădirilor, numărul de clădiri de un anumit tip pe unitate spațială prestabilită de aplicare a sondajului;
- vulnerabilității de mediu: valori ale accelerației medii pentru cutremure de magnitudine medie și mare;
- vulnerabilității sociale: procentul populației tinere și al celei vârstnice, procentul populației feminine, numărul populației feminine cu mulți copii, procentul populației feminine văduve, densitatea locuințelor, numărul mediu de persoane dintr-o locuință, numărul mediu de persoane salariate/locuință, nivelul minim de educație;
- vulnerabilității economice: procentul șomerilor, raportul veniturilor reduse și al celor ridicate pe unități cartografice, rata ocupării camerelor din locuințe, aria camerelor/persoană, aria

medie a camerelor, numărul de locuințe private cu mai mult de cinci camere, densitatea populației la nivel de locuință;

- vulnerabilității spațiale: distanța față de spitale, de stații de pompieri, de secții de poliție, accesibilitatea și distanța față de ariile verzi și față de terenurile libere, rata alfabetismului.

Rezultatele arată că zonele cele mai vulnerabile sunt centrul istoric, caracterizat de vechimi semnificative ale clădirilor cu grade diferite de deteriorare și localizarea nefavorabilă pe substratul friabil al teraselor fluviale, și cartierele periferice, caracterizate de grade reduse de accesibilitate și condiții socio-economice precare (Armaș 2012).

Ulterior, modelul SEVI specific analizei spațiale multicriteriale a fost utilizat în combinație cu indexul SoVI pentru a estima vulnerabilitatea socială a capitalei (Armaș și Gavriș 2013). Modelul SEVI are caracter inductiv și este derivat din metoda AHP, față de care prezintă avantajul selectării mai facile a indicatorilor prin evidențierea variației acestora în spațiu. La fel ca în cazul analizei multicriteriale anterioare, datele sunt prelevate la nivelul anului 2002. Indicatorii sociali, economici și cei referitori la calitatea locuințelor sunt identici cu cei prezentați în lucrarea elaborată de Armaș (2012). Practic, această nouă cercetare este un exercițiu de rafinare a celei anterioare prin utilizarea a două metode de analiză spațială multicriterială a vulnerabilității seismice.

De asemenea, centrul istoric al capitalei a fost evaluat în ceea ce privește pagube materiale ce pot fi înregistrate la nivelul clădirilor, în cazul unui cutremur de magnitudinea celui din anul 1977 (Armaș et al. 2015). În acest scop a fost aplicată metoda îmbunătățită a coeficientului de deplasare (Improved Displacement Coefficient Method). Cele 358 de clădiri au fost încadrate în tipologii (specifice modelului SeisDaRo) pentru care au fost calculate curbe ale vulnerabilității, în funcție de vechimea clădirilor, materialele de construcție din alcătuirea lor și profilul lor de înălțime.

În 2016 a fost efectuată o evaluare cantitativă a potențialelor pierderi de vieți omenești utilizând date demografice din anul 2002, în contextul a diferite scenarii seismice: scenariul unui cutremur precum cel din 1990, din 1977 și scenariul unui seism cu potențial de distrugere uriaș (*worst case scenario*) (Armaș et al. 2016b). Problema determinării vulnerabilității sociale a fost abordată din perspectiva elaborării unui index utilizând modulul SMCE al software-ului ILWIS, iar problema determinării vulnerabilității fizice a fost rezolvată prin utilizarea metodei analitice îmbunătățite a coeficientului de deplasare din software-ul SELINA.

O analiză asemănătoare a fost realizată în cursul aceluiași an, în scopul identificării hot-spot-urilor vulnerabilității sociale din București (Armaș et al. 2016a). Au fost utilizate aceleași metode de analiză spațială multicriterială, dar datele demografice au fost preluate din recensămintele din anii 2002 și 2011. Punctele nevralgice identificate sunt localizate în Sectorul 1 (Bucureștii Noi, Chitila), Sectorul 3 (Titan), Sectorul 4 (Berceni), Sectorul 5 (Ferentari) și Sectorul 6 (Giulești-Sîrbi) în 2002 și Centru, Sectorul 1 (Bucureștii Noi, Chitila) și Sectorul 5 (Ferentari) în 2011 (Armaș et al. 2016a).

O lucrare tangențială vulnerabilității seismice a fondului construit al capitalei aparține lui Luca et al. (2016). Aceasta descrie principalele probleme ale practicilor de construcție din centrele urbane din România, cu referire specială la București și propune o metodologie de evaluare cu valențe tehnice a pagubelor care pot apărea în urma prăbușirii clădirilor învecinate în cazul manifestării unui cutremur. De asemenea, lucrarea cuprinde o trecere în revistă a codurilor de construcție elaborate la nivel național în perioada anilor 1941-2013, fiind deosebit de utilă pentru referințe ulterioare.

În cea mai recentă evaluare a vulnerabilității seismice a Bucureștiului (Armaș et al. 2017) utilizează o combinație de metode analitice: metoda îmbunătățită a coeficientului de deplasare și curbe ale vulnerabilității, alături de tehnici SIG pentru a determina pattern-uri ale pagubelor ce pot surveni în urma unui seism major. Baza de date cuprinde date socio-economice spațiale referitoare la densitatea populației din locuințe, numărul populației vârstnice, numărul populației feminine, numărul populației feminine cu trei sau mai mulți copii, procentul de femei al căror soț a decedat, nivelul minim de educație, procentul populației dependente, numărul populației inactive din punct de vedere economic, aria medie a camerelor locuințelor, valoarea medie a ariei camerelor/persoană etc. Abordarea se încadrează în categoria metodologiilor hibrid, întrucât integrează atât ipoteze cu valențe empirice, cât și metode de analiză statistică și metode analitice de evaluare a comportamentului clădirilor (Armaș et al. 2017).

Schema metodologică prezentată a fost aplicată și în scopul evaluării vulnerabilității fizice a clădirilor rezidențiale din București (Toma-Danila și Armaș 2017). Datele demografice specifice recensămintelor din 2002 și 2011, taxonomia elaborată pentru SeisDaRo și metoda analitică îmbunătățită a coeficientului de deplasare din software-ul SELINA au fost utilizate pentru calcularea a 48 de curbe de vulnerabilitate pentru cele aproape 31.430 de clădiri cu folosință rezidențială.

În 2018, Merciu et al. (2018) dezvoltă o analiză a accesibilității centrului istoric al Bucureștiului în contextul intervențiilor necesare ca urmare a manifestării unui cutremur. Simularea propusă pleacă de la premisa că toate clădirile incluse în clasa de risc seismic  $R_s I$  s-ar prăbuși sub efectul șocurilor seismice aferente unui cutremur asemănător celor din 1940 și 1977. Acest scenariu este rulat în software-ul SIG ArcMap, utilizând modulul *Network Analyst* pentru a identifica cel mai apropiat centru al serviciilor de intervenție în caz de urgență (unități medicale și de pompieri), precum și rutele optime de transport ce se pot stabili între aceste puncte și clădirile avariate.

### **Evaluarea vulnerabilității seismice: Iași**

Vulnerabilitatea seismică a municipiului Iași a fost studiată utilizând atât abordări tehnice (Atanasiu et al. 2008, Toma și Atanasiu 2010), cât și abordări moderne, inclusiv utilizând metode de analiză multicriterială și tehnici SIG (Bănică et al. 2016, 2017).

Atanasiu et al. (2008) utilizează modele de analiză non-lineară pentru a compara vulnerabilitatea fizică a clădirilor din beton armat cu parter și două, patru sau opt etaje, precum și instrumente SIG și tehnici specifice inteligenței artificiale. Urmând aceleași coordonate tehnice, proprii domeniului ingineriei, Toma și Atanasiu (2010) evaluează vulnerabilitatea seismică fizică individuală a clădirilor construite din beton și numărul de etaje specificat, aplicând simulări numerice deterministe cu ajutorul software-ului ETABS v. 9.

Bănică et al. (2016) realizează un inventar a 369 de clădiri din centrul urban din Nord-Estul României, integrând date referitoare la categoria de risc seismic a clădirilor, vechimea lor, aria pereților exteriori, la numărul lor de etaje, dar și date demografice, date de natură geologică și date privind susceptibilitatea la alunecări de teren. Lucrarea are ca obiect corelarea diversilor indicatori ai vulnerabilității seismice și identificarea clusterelor de clădiri cu vulnerabilități induse de cauze asemănătoare. Clusterelor sunt specifice cartierelor din partea central-sudică a orașului (Cantemir, Podul de Piatră, Pod Roș) și din partea sa estică (Tătărași, Ciurchi).

Bănică et al. (2017) utilizează analiza componentelor principale (PCA) pentru a selecta o serie de indicatori ai vulnerabilității, standardizați prin aplicarea scorului  $Z$ , și metoda AHP pentru calcularea ponderilor importanței relative ale indicatorilor astfel obținuți. Baza de date este cea utilizată în lucrarea anterioară a autorului principal. Indicatorii sunt specifici

vulnerabilității fizice (categoria de risc seismic în care se încadrează clădirile, numărul lor de etaje și materialele de construcție, aria pereților exteriori, lucrările de reabilitare termică, amploarea deteriorărilor, susceptibilitatea la alunecările de teren), sociale (numărul și densitatea populației, procentul populației vârstnice, valoarea empirică a pagubelor economice) și vulnerabilității sistemice (densitatea clădirilor, distanța față de spitale și față de centrele de ambulanță, SMURD, unitățile de pompieri). Prin însumarea valorilor indicatorilor este obținut un index al vulnerabilității seismice analizat spațial la nivelul municipiului Iași. Acest index prezintă cele mai ridicate valori în cartierele Cantemir, Podul de Piatră și Ciurchi.

De asemenea, Bănică și Muntele (2015) au realizat un studiu comparativ al vulnerabilității și rezilienței urbane specifice municipiilor și ariilor metropolitane Iași și Bacău. Vulnerabilitatea seismică este integrată drept indicator al vulnerabilității totale a centrelor urbane și este exprimată drept raport între numărul clădirilor cu risc seismic și numărul total al clădirilor.

### **Evaluarea vulnerabilității seismice: Timișoara**

Apostol et al. (2019) evaluează vulnerabilitatea seismică fizică a 11 clădiri din trei zone de importanță istorică din Timișoara, clădiri ce se încadrează în trei mari tipologii. Vulnerabilitatea lor este evaluată prin calcularea unui index atât pe baza metodelor empirice (rulate în software-ul Temuri), cât și pe baza celor mecanice (aplicate cu ajutorul software-ului Vulnus). De asemenea, vulnerabilitatea eșantionului de clădiri este evaluată și prin aplicarea metodologiei dezvoltate special pentru construcțiile istorice propuse de Codul P100-3/2013. Rezultatele obținute cu ajutorul celor trei metode sunt apoi comparate, fiind elaborate și curbele de vulnerabilitate aferente.

Chieffo et al. (2019) evaluează vulnerabilitatea seismică fizică a 21 de clădiri din centrul vechi al Timișoarei (zona Pieței Unirii), pe baza unui indice al vulnerabilității elaborat anterior de Benedetti și Petrini (1984). Pentru cele două tipuri de clădiri analizate (clădiri cu zidărie și structură din lemn a nivelurilor, clădiri cu zidărie și structură din beton armat a nivelurilor), preluate din modelul RISK-UE, au fost calculate curbe ale vulnerabilității.

Vulnerabilitatea seismică fizică a centrului istoric din acest oraș a fost evaluată anterior în manieră extensivă de către Valotto (2015), în cadrul studiilor sale doctorale. Metodologia

utilizată este specifică software-ului Vulnus, dezvoltat de cercetătorii de la Universitatea din Padova (Bernardini et al. 2009). Totodată, centrul istoric al Timișoarei a fost studiat cu referire la vulnerabilitatea sa seismică fizică, aplicând metoda curbelor vulnerabilității în contextul mecanismului de colaps local (Valotto et al. 2016). Aceste curbe exprimă probabilitatea ca un anumit element să atingă sau să depășească un anumit prag al pagubelor (numit și nivel de performanță) pentru diferite niveluri de amplitudine ale mișcărilor scoarței terestre, exprimate frecvent ca valori ale accelerației spectrale sau ale accelerației terenului pentru proiectare (Valotto et al. 2016).

### **Evaluarea vulnerabilității seismice: Alte centre urbane**

Ca părți integrante a prezentei teze de doctorat au fost elaborate două articole privind vulnerabilitatea seismică a municipiului Galați (Albulescu et al. 2019) și a unităților școlare din municipiul Vaslui (Albulescu et al. 2020). În prima lucrare, varianta fuzzy a AHP a fost utilizată pentru a stabili importanța relativă a factorilor precum: clasa de risc seismic a clădirilor, vechimea clădirilor, numărul de etaje, materialele de construcție ale clădirilor, gradul de degradare a acestora și valoarea lor economică. Cele 91 de clădiri pentru care a fost estimată vulnerabilitatea seismică au fost evaluate integrând aceste ponderi în algoritmul metodei TOPSIS, iar rezultatele au fost redactate făcând uz de instrumente SIG. Harta vulnerabilității seismice obținută arată că structurile cu cea mai ridicată vulnerabilitate seismică sunt localizate în partea sud-estică a municipiului, în zona străzilor Domnească, Traian, Tecuci, Democrației, Dogăriei, Nicolae Bălcescu.

Evaluarea vulnerabilității seismice a unităților școlare din Vaslui a fost realizată prin combinarea a două metode multicriteriale clasice: AHP pentru evaluarea ponderilor de importanță ale factorilor și WPM pentru a calcula scorurile de performanță a celor 25 de școli în raport cu factorii amintiți. Factorii luați în considerare funcționează drept indicatori ai vulnerabilității fizice (vechimea clădirilor, materialul de construcție, numărul de etaje, de ieșiri și de ferestre, realizarea lucrărilor de consolidare seismică sau de renovare), vulnerabilității sociale (raportul dintre numărul adulților și cel al elevilor dintr-o unitate școlară, numărul de elevi cu dizabilități, numărul de ore de funcționare zilnică a școlilor și tipul unităților școlare) și ai vulnerabilității sistemice (distanța față de spitale, de centrele de ambulanță și unitățile de

pompieri, spațiul liber din proximitatea școlilor) (Albulescu et al. 2020). Aceasta este prima lucrare din literatura de specialitate din România care are drept obiect evaluarea vulnerabilității seismice a unor instituții de învățământ.

Adițional, aceeași echipă de autori a realizat o lucrare privind percepția riscului seismic a locuitorilor municipiului Vaslui și implementarea adaptărilor seismice de către aceștia (Albulescu et al. 2021), utilizând chestionarul din cadrul prezentei teze de doctorat. Variabilele referitoare la profilul socio-demografic, rezidențial, la percepția riscului seismic, la implementarea adaptărilor seismice și la alte mecanisme de coping, au fost analizate descriptiv, corelativ și diferențiat.

## 5. METODOLOGIE. EVALUAREA MULTICRITERIALĂ A VULNERABILITĂȚII SEISMICE

### 5.1. Aspecte introductive

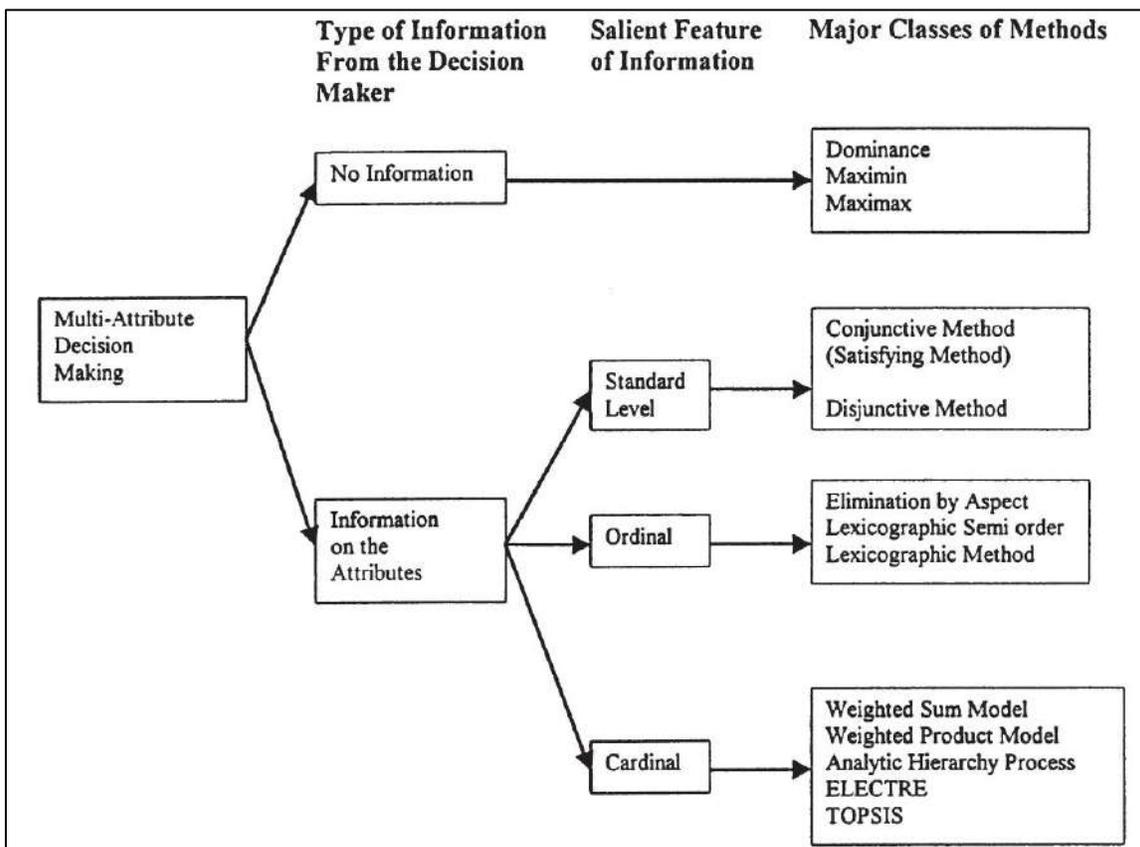
Caracterul multidimensional al vulnerabilității seismice și calitatea sa de problemă deficitar structurată subliniază necesitatea utilizării unor metode științifice capabile să integreze un număr mare de indicatori cu rol de criterii/factori de evaluare și de alternative. Adesea, criteriile sunt antagonice, iar valorile de tip scor, proprii alternativelor sunt exprimate utilizând unități de măsură diferite. Acestor cerințe li se pretează metodele de analiză multicriterială, al căror scop constă în „a investiga un număr de posibile alegeri în contextul unor criterii multiple și unor priorități contrastante” (Voogd 1983). În urma aplicării algoritmilor specifici, alternativele vor fi ordonate în acord cu „atractivitatea” lor (Carver 1991), mai exact cu gradul lor de adecvare în raport cu criteriile considerate. Prin urmare, evaluarea vulnerabilității seismice a municipiilor Iași, Vaslui, Galați și Focșani se poate realiza prin aplicarea unei scheme de lucru bazate pe diferite combinații de metode de analiză multicriterială.

Analiza multicriterială sau stabilirea multicriterială a deciziilor reprezintă o ramură a domeniului stabilirii deciziilor (*Decision-Making*). Această analiză poate fi orientată spre mai multe obiective (*Multi-Objective Decision-Making, MODM*), când spațiul de decizie are caracter continuu sau poate fi orientată spre procese de decizie care implică mai multe atribute (*Multi-Attribute Decision-Making, MADM*). Atributele sunt numite și criterii, motiv pentru care denumirea se poate schimba în stabilirea multicriterială a deciziilor (*Multi-Criteria Decision-Making, MCDM*). În cazul MCDM, spațiul deciziilor este discret, adică alternativele sunt predeterminate și, în general, finite (Triantaphyllou 2000).

Elementele de bază ale metodelor MCDM sunt criteriile/factorii/atributele și alternativele. Criteriile sunt dimensiuni ale alternativelor relevante pentru rezolvarea problemei propuse. Acestea pot îngloba subcriterii, care pot fi divizate la rândul lor în factori de ordin inferior. Alternativele constituie acțiunile sau elementele dintre care se poate alege în vederea soluționării problemei în cauză, fiecare având scoruri specifice de performanță în raport cu criteriile considerate (Triantaphyllou 2000). În practică, problemele de stabilire a deciziilor integrează factori contrastanți și scoruri ale alternativelor exprimate utilizând unități de măsură diferite. De

asemenea, criteriile prezintă grade de relevanță diferite pentru soluționarea problemei, motiv pentru care pot avea ponderi ale importanței (*weights*) diferite.

Metodele MCDM pot fi clasificate în funcție de mai multe criterii, cum ar fi tipurile de date utilizate (metode deterministice, stochastice sau fuzzy), numărul de persoane care stabilesc deciziile (metode individuale/*single decision maker MCDM* sau de grup/*group decision makers MCDM*), tipurile de informații utilizate și de acuratețea lor (Figura 8) (Chen și Hwang 1992, Triantaphyllou 2000).



**Figura 8. Taxonomia metodelor MCDM (Chen și Hwang 1991)**

Metodele ce urmează a fi implementate pentru a estima vulnerabilitatea seismică a municipiilor Iași, Vaslui, Galați și Focșani sunt de tip cardinal:

- Analytic Hierarchy Process (AHP);
- Varianta fuzzy a Analytic Hierarchy Process (FAHP);
- Weighted Product Model (WPM);
- Technique for Order of Preference by Similarity to Ideal Solution (TOPSIS).

Acestea se aseamănă prin faptul că respectă aceleași 3 principii ale abordării analitice ierarhice semi-cantitative menționate de Malczewski (1999): i) descompunerea problemei, ii) judecățile comparative și iii) sinteza priorităților. De asemenea, metodele MCDM utilizează criterii/factori în funcție de care sunt evaluate alternativele avute în vedere și pentru că aplicarea lor rezidă în trei pași fundamentali (Triantaphyllou 2000):

1. Stabilirea factorilor și alternativelor cu relevanță pentru obiectivul propus;
2. Stabilirea ponderilor importanței relative ale factorilor și atribuirea de scoruri alternativelor în funcție de performanța lor privind factorii avuți în vedere;
3. Procesarea valorilor atribuite factorilor și alternativelor în scopul ordonării celor din urmă de la cea mai favorabilă la cea mai puțin favorabilă.

Deosebiriile dintre metode se referă la modul de organizare a factorilor și la procesarea valorilor acestora și ale alternativelor. Unele dintre metode sunt aplicabile unui număr redus de elemente, astfel încât sunt mai potrivite pentru stabilirea ponderilor importanței relative ale factorilor (AHP, AHP revizuit, FAHP), pe când altele pot fi utilizate pentru evaluarea unui număr mare de alternative (WPM, TOPSIS).

Utilizarea metodelor multicriteriale în scopul evaluării vulnerabilității în general, precum și al vulnerabilității seismice în mod particular, constituie o abordare în curs de emergență. Exemplele de studii de caz în care sunt aplicate astfel de metode, adesea combinate cu tehnicile SIG, nu alcătuiesc încă un volum semnificativ al literaturii de specialitate, dar evoluția lor prezintă tendințe ascendente. Se remarcă în special aplicațiile axate pe estimarea vulnerabilității seismice (Rashed și Weeks 2003, Walker et al. 2014, Rezaie și Panahi 2015, Sadrykia et al. 2017a, b, Alizadeh et al. 2018 a, b, Ranjbar și Nekooie 2018, Han și Kim 2019) și vulnerabilității hidrologice (Chung și Lee 2009, Jun et al. 2013, De Ruiter et al. 2017, Lee et al. 2017).

În ceea ce privește aplicarea metodelor de analiză multicriterială în vederea evaluării vulnerabilității seismice din România, pot fi amintite lucrările realizate de Armaș (2012), Armaș și Gavriș (2013), Bănică et al. (2017) și o parte dintre cele realizate în cadrul cercetării doctorale (Albulescu et al. 2019, 2020).

## 5.2. Metode de analiză multicriterială (Multi-Criteria Decision-Making methods, MCDM)

Pentru descrierea detaliată a metodelor de analiză multicriterială implementate, este recomandată consultarea tezei de doctorat, întrucât rezumatul tezei cuprinde doar o scurtă descriere a acestora.

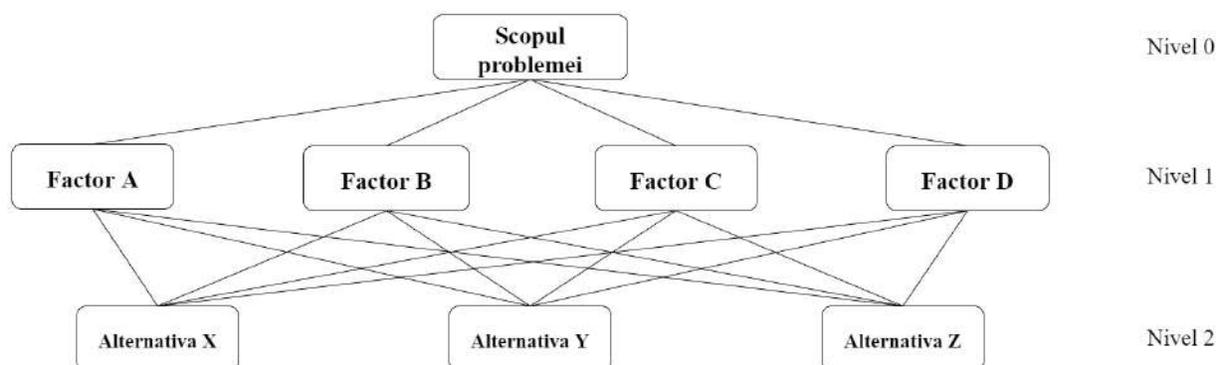
### 5.2.1. Analytic Hierarchy Process (AHP)

Analytic Hierarchy Process (AHP) este o metodă MCDM dezvoltată de T. Saaty la sfârșitul anilor 1970 (Saaty 1977) și perfectată de-a lungul timpului (Saaty 1980, 1987, 2004, 2008, Saaty și Vargas 2006). Având drept scop soluționarea problemelor de stabilire a deciziilor, metoda poate fi adaptată astfel încât să se preteze utilizării în multiple domenii, cum ar fi analiza riscurilor (Sinha et al. 2008, Ouma și Tateishi 2014, Danumah et al. 2016), analize de propicitate a localizării unor situri de folosință diversă (Banai-Kashani 1989, Wang et al. 2009, Amiri 2010, Bunruamkaew și Murayam 2011, Chandio et al. 2011), evaluarea performanțelor unor produse (Hassan et al. 2012, Muerza et al. 2014), selectarea proiectelor și stabilirea importanței lor (Vargas 2010), marketing (Wind și Saaty 1980, Davies 1994, Changchien și Lin 2005), managementul conflictelor (Saaty 1990) etc. Albulescu et al. (2017) au realizat o lucrare introductivă privind oportunitățile de utilizare a AHP în cercetarea din domeniul geografiei, în care metoda este prezentată la nivel detaliat, inclusiv prin aplicarea pe un studiu de caz. Această lucrare aduce în discuție atât punctele forte ale metodei, cât și pe cele ce ar putea fi îmbunătățite.

Asemenea celorlalte metode MCDM, AHP urmărește evaluarea unor alternative pe baza unor criterii cu relevanță în identificarea unei soluții pentru o problemă dată. În plus, AHP include și un algoritm de verificare a consistenței rezultatelor (*consistency checking mechanism*), astfel încât posibilele erori pot fi reperate și corectate (Saaty 2008).

AHP se bazează pe o structură ierarhică și intuitivă, acesta fiind unul dintre motivele pentru care în prezent este cea mai frecvent utilizată metodă MCDM. Pe primul nivel al acestei structuri se află scopul problemei, urmat de criteriile relevante pentru evaluarea alternativelor, ce sunt plasate pe ultimul nivel (Figura 9). Alternativa optimă reprezintă acțiunea/elementul prin care este îndeplinit scopul propus – cu alte cuvinte, alternativa optimă constituie soluția

problemei. În cazul problemelor mai complexe, care presupun existența unui număr mare de criterii, se poate adăuga un nivel al subcriteriilor ce vor fi grupate în funcție de apartenența la criteriile de ordin superior. Elementele de pe același nivel trebuie să fie independente unele în raport cu altele (Shapiro și Koissi 2015) și să îndeplinească criteriul non-redundanței, astfel încât compararea lor să se desfășoare în mod eficient.



**Figura 9. Structura ierarhică a metodei AHP**

Elementele de pe același nivel sunt evaluate utilizând comparațiile în pereche (*pair-wise comparison technique*). La nivel simplist, această tehnică se referă la oferirea de răspunsuri la întrebări de tipul „Cât de important este factorul A în comparație cu factorul B?” Rezultatul comparației va fi redat cu ajutorul unei scări de numere absolute (Tabelul 9) și notat într-o matrice a comparațiilor.

**Tabel 9. Scara numerelor absolute utilizate pentru efectuarea comparațiilor (după Saaty 2008)**

Intensitatea importanței	Definiție	Explicație
1	Importanță egală	Două elemente contribuie în mod egal la realizarea obiectivului
2	Ușor mai important	
3	Moderat mai important	Experiența și raționamentele favorizează sensibil unul dintre elemente în detrimentul celuilalt
4	Moderat mai important (plus)	
5	Importanță semnificativă	Experiența și raționamentele favorizează semnificativ unul dintre elemente în detrimentul celuilalt
6	Importanță semnificativă (plus)	
7	Importanță mult mai semnificativă sau demonstrată	Un element este favorizat în mod mult mai semnificativ decât celălalt; dominanța sa este demonstrată în practică
8	Importanță mult, mult mai	

9	semnificativă Importanță extremă	Dovezile care certifică dominanța unuia dintre elemente prezintă cel mai înalt grad de afirmare
Valorile reciproce ale numerelor de mai sus	Dacă elementul $i$ are una dintre valorile mai mari decât 0 de mai sus în comparație cu elementul $j$ , atunci elementul $j$ are valoarea reciprocă prin comparație cu elementul $i$	
1.1 – 1.9	Utilizate în cazul în care comparațiile prezintă un nivel de detaliere crescut	Stabilirea valorilor optime pentru comparații poate fi dificilă, motiv pentru care numerele acestea, aparent redând diferențe nesemnificative, pot fi relevante în stabilirea importanței relative a elementelor comparate

### 5.2.2. Fuzzy Analytic Hierarchy Process (FAHP)

Atât varianta clasică a AHP (Saaty 1977, 1980), cât și varianta revizuită (Belton și Gear 1983) a acestei metode MDCM, prezintă anumite dezavantaje ce sunt puse în lumină de diferite configurații ale schemei de criterii de evaluare și de alternative evaluate. În acest sens, se remarcă două tipuri de limitări: i) limitări asociate metodologiei AHP propriu-zise și ii) limitări determinate de incertitudinile referitoare la parametrii considerați (Shapiro și Koissi 2015).

Din prima categorie fac parte:

- eroarea inversării locurilor din clasament (*rank reversal*): alternativa optimă este modificată atunci când este exclusă o alternativă de importanță redusă (Watson și Freeling 1982), Dyer (1990);

- scorurile finale ale alternativelor se modifică atunci când este inclus un criteriu în raport cu care performanțele alternativelor sunt identice (Pérez et al. 2006);

- erori referitoare la dificultățile de cuantificare a factorilor/alternativelor și la scara numerelor absolute, ce nu include grade de libertate (Bouyssou et al. 2000).

Integrarea unor elemente de logică fuzzy în AHP poate contribui în mod semnificativ la creșterea acurateții rezultatelor analizei în cauză. Principalele avantaje ale variantei fuzzy a AHP (FAHP) constau în: posibilitatea integrării judecăților de tip fuzzy, a căror structură se aseamănă raționamentelor umane, prin utilizarea numerelor fuzzy (Van Laarhoven și Pedrycz 1983, Kutlu și Ekmekçioğlu 2012), posibilitatea utilizării variabilelor lingvistice (Lee et al. 2013) și a

raționamentelor de tip interval, care beneficiază de un nivel mai ridicat de acuratețe decât raționamentele ce folosesc valori fixe (Jia et al. 2014).

În cadrul logicii fuzzy, numerele întregi pozitive sunt înlocuite cu seturi de numere fuzzy, ce permit aplicarea unor funcții de apartenență parțială (*partial membership functions*), ce redau cu destul de multă fidelitate gândirea umană (Zadeh 1965). Varianta fuzzy a AHP utilizează o scară de numere fuzzy predefinită, ce redau raporturile dintre două elemente comparate. Numerele fuzzy pot fi triangulare (*Traingular Fuzzy Numbers, TFNs*) sau trapezoidale (*Trapezoidal Fuzzy Numbers*). Avantajul seturilor de date fuzzy este capacitatea lor mai mare de a reda raporturile incerte dintre cele 2 elemente comparate (Zadeh 1965, Shapiro și Koissi 2015).

De-a lungul timpului, au fost dezvoltate mai multe modele ale FAHP, fiecare prezentând anumite avantaje și dezavantaje. În cadrul tezei de doctorat, este utilizat modelul Chang (1996) al FAHP. Acesta este modelul cel mai asemănător algoritmului clasic AHP. Modelul Chang (1996) integrează numere fuzzy triangulare (Tabelul 10).

**Tabel 10. Scara numerelor fuzzy triangulare utilizată pentru comparațiile în pereche (Zhu et al. 1999, Anagnostopoulos et al. 2007)**

Variabile lingvistice	Numere întregi pozitive	Numere fuzzy triangulare	Valorile reciproce ale numerelor fuzzy triangulare
Preferință egală	1	(1, 1, 1)	(1, 1, 1)
Preferință egală spre moderată	2	(1, 2, 3)	(1/3, 1/2, 1)
Preferință moderată	3	(2, 3, 4)	(1/4, 1/3, 1/2)
Preferință moderată spre puternică	4	(3, 4, 5)	(1/5, 1/4, 1/3)
Preferință puternică	5	(4, 5, 6)	(1/6, 1/5, 1/4)
Preferință puternică spre foarte puternică	6	(5, 6, 7)	(1/7, 1/6, 1/5)
Preferință foarte puternică	7	(6, 7, 8)	(1/8, 1/7, 1/6)
Preferință foarte puternică spre extrem de puternică	8	(7, 8, 9)	(1/9, 1/8, 1/7)
Preferință extrem de puternică	9	(8, 9, 9)	(1/9, 1/9, 1/8)

### 5.2.3. Weighted Product Model (WPM)

Weighted Product Model (WPM) reprezintă o variantă modificată a metodei Weighted Sum Model (WSM), față de care prezintă avantajul că poate integra criteriile pentru care scorurile de performanță ale alternativelor sunt exprimate utilizând unități de măsură diferite. Acest lucru este posibil deoarece operația de adunare implementată pentru calcularea scorului final al

fiecăreia dintre alternative specifică pentru WSM este înlocuită de cea de înmulțire. Faptul că metoda WSM operează doar cu elemente redade prin aceeași unitate de măsură o face neaplicabilă prezentei analize a vulnerabilității seismice, care integrează multiple dimensiuni ale conceptului și indicatori ai acestora, redați prin intermediul unor unități de măsură diferite. Din motivele menționate, WPM mai este numită și analiză adimensională (*dimensionless analysis*), ceea ce înseamnă că se poate utiliza atât pentru soluționarea problemelor MDCM unidimensionale, cât și pentru a celor multidimensionale (Triantaphyllou 2000).

#### **5.2.4. Technique for Order of Preference by Similarity to Ideal Solution (TOPSIS)**

Technique for Order of Preference by Similarity to Ideal Solution (TOPSIS) este o metodă de rezolvare a problemelor cu multiple atribute, dezvoltată de C.L. Hwang și K. Yoon (Hwang și Yoon 1981, Hwang et al. 1993). Aceasta presupune identificarea unei soluții de compromis, definită drept soluția localizată la cea mai redusă distanță față de soluția pozitivă ideală ( $A^+$ ) și la cea mai mare distanță față de soluția negativă ideală ( $A^-$ ). Precum în cazul WPM, unitățile de măsură care exprimă dimensiunile alternativelor evaluate pot fi diferite (Pavić and Novoselac 2013).

TOPSIS poate integra criterii antagonice, adică atât criterii de tip beneficiu (monoton crescătoare), cât și criterii non-beneficiu (monoton descrescătoare). Caracterul criteriilor este determinat de raportul lor cu scopul problemei de selectare a alternativelor (Roszkowska 2011, Tzeng and Huang 2011). În situația maximizării, criteriile beneficiu sunt cele ale căror valori ridicate corespund valorilor ridicate ale elementului ce trebuie determinat, iar criteriile non-beneficiu sunt cele ale căror valori reduse sunt asociate valorilor ridicate al elementului de interes și invers.

### **5.3. Abordarea multicriterială a problemei vulnerabilității seismice**

În cercetările din ultimele decade, vulnerabilitatea a devenit un concept cheie al analizelor riscurilor și al elaborării planurilor de mitigare a acestora (White și Haas 1975, Mileti 1999, Rashed și Weeks 2003). Kates (1996) subliniază faptul că societatea umană se constituie drept factor modelator al hazardelor naturale și nu drept victimă a acestora; interacțiunile dintre om și

fenomenele naturale distructive fiind de fapt obiectul modelelor de analiză a vulnerabilității. Întrucât comunitățile umane vulnerabile ocupă și funcționează într-un anumit spațiu, mai mult sau mai puțin delimitat, problema studierii vulnerabilității lor capătă valențe spațiale (Rashed și Weeks 2003).

În acest context, instrumentele SIG se dovedesc deosebit de utile în realizarea estimărilor privind vulnerabilitatea urbană, fapt relevat de numeroasele aplicații SIG în domeniu (Rashed și Weeks, Armaș 2012, Rezaie și Panahi 2015, Bănică et al. 2017, Alizadeh et al. 2018, Albulescu et al. 2019, 2020). Integrarea tehnicilor SIG nu soluționează însă problema analizei vulnerabilității pentru că, așa cum menționează Rashed și Weeks (2003), demersurile de estimare a vulnerabilității se încadrează în categoria problemelor spațiale deficitare structurate, dar spre rezolvarea lor sunt propuse metodologii specifice rezolvării problemelor clar structurate (*well-structured problems*). Acestea din urmă se diferențiază de problemele deficitare structurate prin faptul că au o soluție cunoscută, unică, la care se ajunge pe calea deducției, prin aplicarea unor algoritmi bine definiți, cu caracter finit (Sinnot 1989, citat de Rashed și Weeks).

Pe de altă parte, algoritmi respectivi nu pot fi aplicați în vederea estimării vulnerabilității urbane, acesta fiind un concept fațetat, care reunește elemente în continuă transformare sau având caracter incert, incomplet și adesea intangibil, deci dificil de cuantificat. Chiar multitudinea de modalități de a înțelege și defini vulnerabilitatea, derivată din integrarea unor dimensiuni distincte, determină caracterul ei de problemă deficitare structurată (Rashed și Weeks 2003). Astfel de probleme prezintă mai multe soluții la care se poate ajunge prin utilizarea unor concepte și reguli volubile, a căror operaționalizare este marcată incertitudinii (Sinnot 1989, citat de Rashed și Weeks 2003) și necesită adaptare la context. Precum în cazul definirii și abordării conceptului de vulnerabilitate, asupra adecvării soluțiilor problemelor deficitare structurate nu există consens (Hong 1998).

Absența corespondenței dintre tipul de problemă și soluțiile adecvate derivă atât din multitudinea definițiilor privind riscurile și vulnerabilitatea, cât și din suprapunerea parțială a acestora. Exemplul tipic este cel al algoritmului SIG *Community Vulnerability Assessment Tool*, elaborat de NOAA. Pentru evaluarea vulnerabilității, sunt delimitate arii cu anumite intensități ale hazardelor naturale, urmând ca stratele SIG (*layers*) astfel obținute să fie suprapuse pentru formarea unui strat compozit. Acesta este suprapus stratului care redă expunerea populației, fondului construit, elementelor de infrastructură din zona de studiu. Algoritmul ar trebui să aibă

drept rezultat o imagine a diferitelor niveluri de vulnerabilitate din cadrul ariei de studiu, dar de fapt relevă o imagine a nivelului de risc din acea zonă. Exemplul este amintit de Rashed și Weeks (2003) în partea introductivă a articolului în care problema vulnerabilității este înfățișată drept problemă spațială, în scopul explicării diferențelor privind pierderile de vieți omenești și/sau pagubele materiale înregistrate în rândul comunităților umane situate în areale cu aceeași intensitate a hazardului. Diferențele apar tocmai pentru că nu sunt luate în calcul acele particularități ale comunităților umane care le fac mai mult sau mai puțin rezistente la impactul negativ al unui hazard natural, adică acele particularități care le condiționează susceptibilitatea.

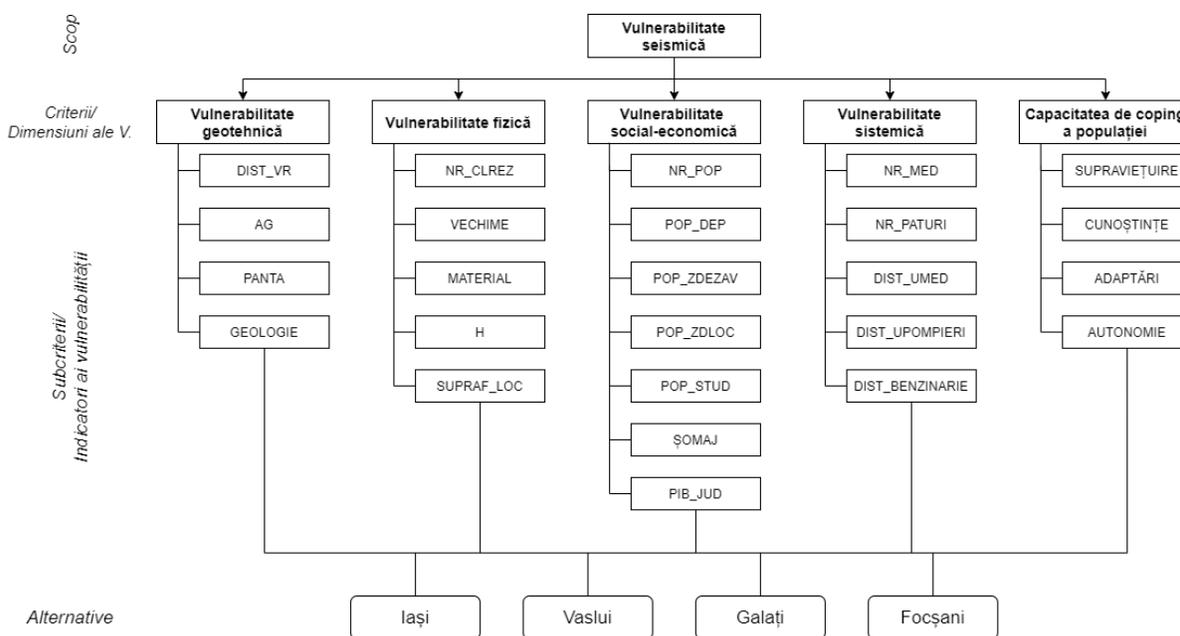
Metodele de analiză multicriterială se pretează dezideratului integrării particularităților menționate, putând fi, totodată, combinate cu tehnicile SIG, în vederea constituirii unei metodologii care să răspundă necesităților rezolvării problemei deficitare structurate a vulnerabilității seismice. Analiza multicriterială prezintă apanajul operării cu subcriterii și criterii de evaluare ce pot avea roluri antagonice, de tip beneficiu și non-beneficiu. Elementele de tip beneficiu acționează în direcția maximizării – în cazul prezentei cercetări, al creșterii vulnerabilității seismice, pe când cele non-beneficiu se comportă în mod opus. De asemenea, analiza multicriterială poate îngloba fațetele conceptului de vulnerabilitate, obținându-se o manieră complexă de evaluare a mărimii vulnerabilității, care face apel la toate elementele menționate la nivel teoretic. Cu alte cuvinte, metodele de analiză multicriterială constituie o punte de legătură între aspectele teoretice ale problemei vulnerabilității seismice și cele de ordin practic, oferind posibilitatea integrării unor indicatori relevanți, adaptați realităților ariilor de studiu și diverselor scenarii de analiză, corelați cu necesitățile identificate în sfera teoretică.

Perspectiva tezei de doctorat în legătură cu vulnerabilitatea seismică face referire la caracterul multidimensional al conceptului, considerând că acesta integrează particularități ale terenului ce influențează dimensiunea și caracteristicile impactului seismic, precum și numeroase elemente de factură antropică, referitoare la fondul construit, comunitățile umane, caracteristicile acestora, capacitatea lor de coping (inclusiv de a interveni pentru a atenua impactul seismic) (Figura 10, Tabelul 11). Pe calea argumentelor menționate, am ales în vederea estimării acesteia, o abordare multicriterială. Am considerat că o astfel de abordare este optimă în contextul considerării vulnerabilității drept „o caracteristică a comunității umane care poate fi evaluată prin combinarea unor factori ecologici asociați condițiilor fizice specifice spațiului geografic ocupat

de comunitatea vizată («unde se află?») și condițiile de natură socială proprii acelei comunități umane («cine este?»)” (Rashed și Weeks 2003).

### 5.3.1. Structurarea problemei vulnerabilității seismice

În cadrul tezei, problema vulnerabilității seismice este organizată sub forma unor niveluri ierarhice: pe treapta de sus este plasat scopul – estimarea vulnerabilității seismice specifice municipiilor Iași, Vaslui, Galați și Focșani, urmat de dimensiunile vulnerabilității, de indicatorii fiecărui tip de vulnerabilitate și de alternativele ce urmează a fi evaluate (municipiile selectate) (Figura 10). În cadrul schemelor metodologice multicriteriale, dimensiunile vulnerabilității funcționează drept criterii de evaluare, iar indicatorii aceluiași tip de vulnerabilitate sunt considerați subcriterii de evaluare.



**Figura 10. Nivelurile ierarhice de structurare a problemei vulnerabilității seismice**

Spre exemplu, dimensiunea social-economică a vulnerabilității seismice este parte integrantă a vulnerabilității seismice și constituie criteriul care reunește subcriteriile referitoare la numărul populației, rata de dependență demografică, ponderea persoanelor care trăiesc în zone urbane dezavantajate sau în zone urbane dezavantajate pe criteriul locuirii, procentul populației absolvente de studii superioare, procentul de șomeri înregistrați în totalul forței de muncă și

valoarea PIB/locuitor la scară județeană (Tabelul 11). Aceste subcriterii sunt, de fapt, caracteristici ale comunităților umane din așezările urbane care condiționează nivelul de vulnerabilitate seismică, prin prisma influenței pe care o au asupra dimensiunii sale social-economice.

Din cei 25 de indicatori ai vulnerabilității seismice, 16 reprezintă indicatori de tip beneficiu; valorile lor ridicate fiind asociate unor niveluri superioare ale vulnerabilității seismice. În Tabelul 11, acești indicatori sunt notați cu semnul „+”, pentru a indica efectul pe care valori lor ridicate asupra vulnerabilității seismice. Schemele metodologice multicriteriale integrează și 9 indicatori non-beneficiu, referitori la distanța față de zona seismogenă VR, procentul populației absolvente de studii superioare, valoarea PIB/locuitor la scară județeană, numărul de medici/1.000 de locuitori, numărul de paturi de spital/1.000 de locuitori, abilitățile de supraviețuire ale populației în contextul manifestării unui seism puternic, cunoștințele populației cu privire la seisme și la comportamentele ce trebuie adoptate în contextul menționat, în scopul menținerii propriei siguranțe, adaptările seismice implementate de populație și nivelul de autonomie al acesteia în procesul de revenire la starea de normalitate, ulterior producerii unui cutremur cu magnitudinea de minim 7  $M_W$ . Valorile ridicate ale indicatorilor non-beneficiu corespund unui nivel redus de vulnerabilitate seismică – fiind integrați ca atare în schemele metodologice, motiv pentru care au fost notați cu semnul „-” în Tabelul 11. Valorile indicatorilor vulnerabilității seismice sunt redade de către Tabelul 12, iar metodologia de calcul pentru fiecare indicator este descrisă în cadrul tezei de doctorat.

**Tabel 11. Indicatorii componentelor vulnerabilității seismice**

Acronim indicator (subcriteriu)	Descriere indicator (subcriteriu)	U.M.	Sursa datelor	Tip indicator	Referințe
<b>Indicatori ai vulnerabilității geotehnice</b>					
<b>DIST_VR</b>	Distanța față de VR	km	Prelucrare SIG, Giardini (2013)	-	Sarris et al. (2010), Hizbaron et al. (2011), Delavar et al. (2015), Rezaie și Panahi (2015), Sadrykia et al. (2017b), Alizadeh et al. (2018b), Han și Kim (2019)
<b>AG</b>	Accelerația terenului pentru proiectare pentru IMR = 225 ani și 20% probabilitate de depășire în 50 de ani	g	UTCB (2013)	+	Amiri et al. (2010), Armaș (2012), Panahi et al. (2014), Delavar et al. (2015), Toma-Danila et al. (2015b), Pavel et al. (2017)
<b>PANTA</b>	Ponderea suprafețelor de versant cu pante de minim 20°	Medie aritmetică	Prelucrare SIG, MNAT de mare rezoluție	+	Sarris et al. (2010), Delavar et al. (2015), Rezaie și Panahi (2015), Sadrykia et al. (2017a), Alizadeh et al. (2018b), Han și Kim (2019)
<b>GEOLOGIE</b>	Geologia depozitelor de suprafață	Medie ponderată	Prelucrare SIG, MNAT de mare rezoluție	+	Sarris et al. (2010), Sadrykia et al. (2017b), Alizadeh et al. (2018b)
<b>Indicatori ai vulnerabilității fizice</b>					
<b>NR_CLREZ</b>	Numărul de clădiri rezidențiale	Clădiri	RPL (2011)	+	Martins et al. (2012), Han și Kim (2019)
<b>VECHIME</b>	Vechimea clădirilor rezidențiale	Medie ponderată	RPL (2011)	+	Botero Fernández (2009), Sarris et al. (2010), Armaș (2012), Martins et al. (2012), Zhang și Huang (2013), Panahi et al. (2014), Delavar et al. (2015), Rezaie și Panahi (2015), Bănică et al. (2016), Bănică et al. (2017), Pavel et al. (2017), Sadrykia et al. (2017b), Alizadeh et al. (2018b), Han și Kim (2019), Albulescu et al. (2019, 2020)
<b>MATERIAL</b>	Materialele de construcție din care sunt alcătuiți pereții exteriori ai clădirilor rezidențiale	Medie ponderată	RPL (2011)	+	Botero Fernández (2009), Trendafiloski et al. (2009), Barbat et al. (2010), Sarris et al. (2010), Armaș (2012), Martins et al. (2012), Panahi et al. (2014), Armaș et al. (2015), Rezaie și Panahi (2015), Toma-Dănilă et al. (2015b), Bănică et al. (2017), Pavel et al. (2017), Sadrykia et al. (2017b), Toma-Dănilă și Armaș (2017), Alizadeh et al. (2018b), Han și Kim (2019), Albulescu et al. (2019, 2020)
<b>H</b>	Profilul de înălțime al clădirilor rezidențiale	Medie ponderată	RPL (2011)	+	Botero Fernández (2009), Trendafiloski et al. (2009), Barbat et al. (2010), Sarris et al. (2010), Armaș (2012), Martins et al. (2012), Delavar et al. (2015), Bănică et al. (2016), Bănică et al.

					(2017), Pavel et al. (2017), Sadrykia et al. (2017b), Toma-Dănilă și Armaș (2017), Han și Kim (2019), Albuлесcu et al. (2019, 2020)
<b>SUPRAF_LOC</b>	Suprafața locuibilă desfășurată medie	m <sup>2</sup> arie desfășurată / clădire	INS (2011), Prelucrare	+	
<b>Indicatori ai vulnerabilității social-economice</b>					
<b>NR_POP</b>	Numărul populației cu domiciliul în aria de studiu (la 1 ianuarie 2021)	Locuitori	INS (2021)	+	Armaș și Gavriș (2013), Armaș et al. (2016b), Bănică et al. (2017)
<b>POP_DEP</b>	Raportul de dependență demografică	Raport	INS (2021)	+	Martins et al. (2012), Armaș și Gavriș (2013), Walker et al. (2014), Armaș et al. (2016a, b), Frigerio et al. (2016), Armaș et al. (2017)
<b>POP_ZDEZAV</b>	Procentul populației care trăiește în zone urbane dezavantajate	%	Banca Mondială (2011)	+	Barbat et al. (2010)
<b>POP_ZDLOC</b>	Procentul populației care trăiește în zone urbane dezavantajate pe criteriul locuirii	%	Banca Mondială (2011)	+	Banca Mondială (2011)
<b>POP_STUD</b>	Procentul populației absolvente de studii superioare (de lungă durată și de scurtă durată) din totalul populației	%	RPL (2011)	-	Hizbaron et al. (2011), Armaș et al. (2012), Frigerio et al. (2016)
<b>ȘOMAJ</b>	Procentul șomerilor înregistrați la sfârșitul anului în totalul resurselor de muncă	%	INS (2020)	+	Cutter et al. (2003), Dwyer et al. (2004), Holand et al. (2011), Martins et al. (2012), Armaș și Gavriș (2013), Zebardast (2013), Zhang și Huang (2013), Walker et al. (2014), Bănică și Muntele (2015), Rezaie și Panahi (2015), Armaș et al. (2016a, b), Frigerio et al. (2016), Alizadeh et al. (2018b)
<b>PIB_JUD</b>	Valoarea PIB/locuitor la nivel de județ	Euro	CNSP (2019)	-	
<b>Indicatori ai vulnerabilității sistemice</b>					
<b>NR_MED</b>	Numărul de medici raportat la 1.000 de locuitori	Raport	INS (2018)	-	Barbat et al. (2010), Zebardast (2013), Zhang și Huang (2013)
<b>NR_PATURI</b>	Numărul de paturi de spital raportat la 1.000 de locuitori	Raport	INS (2019)	-	Barbat et al. (2010), Zebardast (2013), Zhang și Huang (2013)
<b>DIST_UMED</b>	Distanța față de cea mai apropiată unitate medicală	Medie ponderată	Prelucrare SIG	+	Servi (2004), Botero Fernández (2009), Armaș (2012), Walker et al. (2014), Rezaie și Panahi (2015), Bănică et al. (2017), Alizadeh et al. (2018b), Han și Kim (2019), Albuлесcu et al. (2020), Toma-Danila et al. (2020)
<b>DIST_UPOMPIERI</b>	Distanța față de cea mai apropiată unitate de pompieri	Medie ponderată	Prelucrare SIG	+	Armaș (2012), Rezaie și Panahi (2015), Bănică et al. (2017), Alizadeh et al. (2018b), Han și

					Kim (2019), Albulescu et al. (2020)
<b>DIST_BENZINĂRIE</b>	Distanța față de cea mai apropiată stație de alimentare cu benzină, motorină sau GPL	Medie ponderată	Prelucrare SIG, Site gazonline (2021)	+	Rezaie și Panahi (2015), Alizadeh et al. (2018b), Han și Kim (2019)
<b>Indicatori ai capacității de coping</b>					
<b>SUPRAVIEȚUIRE</b>	Abilitățile de supraviețuire ale populației în contextul manifestării unui seism major	Medie ponderată	Chestionar	-	
<b>CUNOȘTINȚE</b>	Cunoștințele populației privind seismele și comportamentele ce trebuie adoptate în timpul acestora	Medie ponderată	Chestionar	-	
<b>ADAPTĂRI</b>	Adaptările seismice implementate de populație	Medie ponderată	Chestionar	-	
<b>AUTONOMIE</b>	Nivelul de autonomie al populației în procesul de revenire la starea de normalitate anterioară manifestării seismului major	Medie ponderată	Chestionar	-	

+ – Indicator benefic, – - Indicator non-benefic

**Tabel 12. Valorile indicatorilor componentelor vulnerabilității seismice specifice ariilor de studiu**

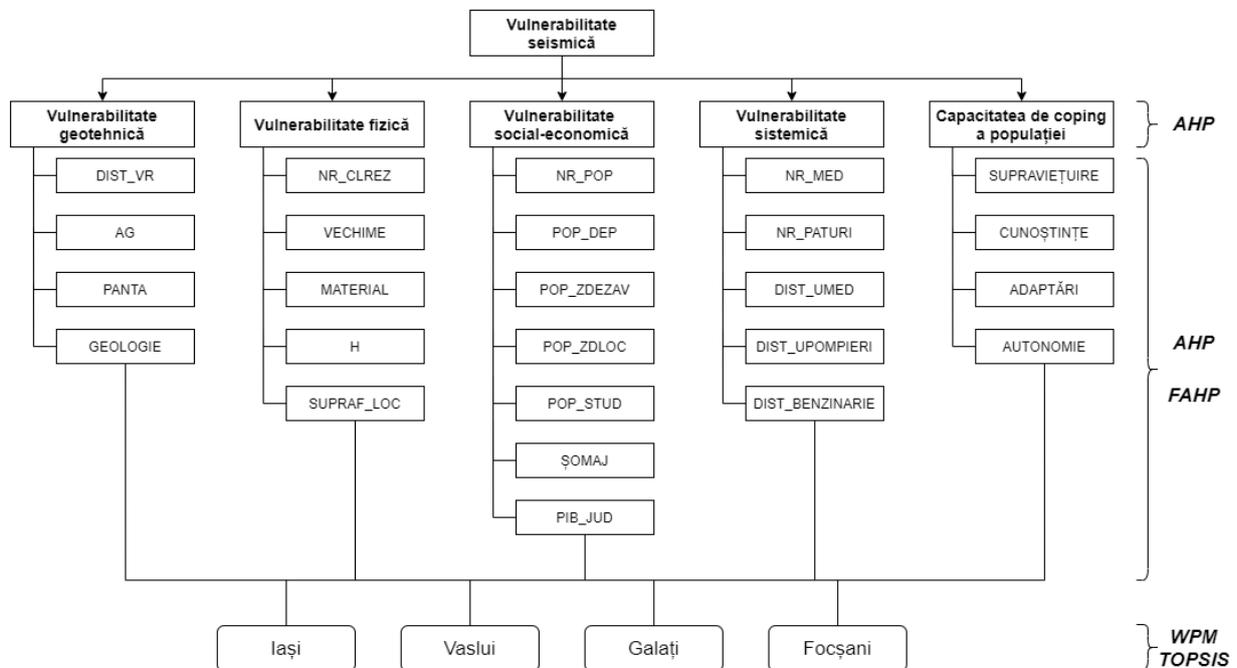
Categoriile de indicatori	Acronim	Iași	Vaslui	Galați	Focșani
Indicatori ai vulnerabilității geotehnice	DIST_VR	265	204	180	82
	AG	0,25	0,3	0,3	0,4
	PANTA	2,94	2,03	5,68	0,13
	GEOLOGIE	2,1	2,23	1,82	2,74
Indicatori ai vulnerabilității fizice	NR_CLREZ	20.882	5.266	14.526	7.091
	VECHIME	2,3	2,12	2,76	2,13
	MATERIAL	2,87	3,51	2,77	2,63
	H	1,5	1,22	1,38	1,41
	SUPRAF_LOC	256,89	177,33	308,29	230,39
Indicatori ai vulnerabilității social-economice	NR_POP	389.020	133.184	304.985	90.446
	POP_DEP	45,23	32,5	41	42,48
	POP_ZDEZAV	26,27	32,32	26,17	19,44
	POP_ZDLOC	13,09	7,81	6,75	3,56
	POP_STUD	30,65	18,36	20,36	22,99
	ȘOMAJ	0,4	0,6	1	0,7
	PIB_JUD	8.519	5.425	7.741	7.224

	NR_MED	8,82	1,8	2,47	3,23
	NR_PATURI	14,52	6,45	8,61	9,67
Indicatori ai vulnerabilității sistemice	DIST_UMED	4,23	2,35	2,1	2,67
	DIST_UPOMPIERI	4,72	2,7	2,57	2,76
	DIST_BENZINĂRIE	4,26	5,31	5,18	5
	SUPRAVIEȚUIRE	1,83	1,57	1,71	1,71
Indicatori ai capacității de coping	CUNOȘTINȚE	2,66	2,39	2,38	2,67
	ADAPTĂRI	4,28	3,93	4,3	4,01
	AUTONOMIE	0,81	0,72	0,8	0,76

### 5.3.2. Schema metodologică

Partea inovatoare a tezei de doctorat cu titlul „Evaluarea multicriterială a vulnerabilității seismice. Studii de caz: municipiile Iași, Vaslui, Galați și Focșani” constă în realizarea unei estimări multicriteriale comparative a vulnerabilității seismice specifice ariilor de studiu menționate. În acest scop, sunt utilizate 5 categorii de indicatori – fiecare categorie reprezentând una dintre componentele integrate conceptului de vulnerabilitate seismică și funcționând drept criteriu de evaluare: indicatori ai vulnerabilității geotehnice, fizice, social-economice, sistemice și capacității de coping (Figura 11). Categoriilor de indicatori le sunt atribuite ponderi ale importanței relative prin metoda AHP.

La nivelul fiecărei categorii, metodele AHP și FAHP sunt implementate pentru a stabili importanța relativă a fiecărui indicator – care funcționează drept subcriteriu de evaluare a vulnerabilității seismice. Ponderile astfel obținute sunt calibrate prin înmulțire cu ponderea importanței relative a categoriei de apartenență a indicatorului în cauză. Pe palierul inferior al structurii problemei estimării multicriteriale se situează scorurile de performanță ale alternativelor, reprezentate, în acest caz, de municipiile selectate. Rezultatele finale sunt obținute prin integrarea ponderilor importanței relative a indicatorilor cu scorurile alternativelor, în algoritmiile metodelor multicriteriale WPM și TOPSIS.



**Figura 11. Metodologia de estimare multicriterială a vulnerabilității seismice comparative a municipiilor Iași, Vaslui, Galați și Focșani**

Rezultatele obținute prin combinațiile de metode multicriteriale ce urmăresc stabilirea importanței relative a indicatorilor (AHP în varianta clasică și în varianta fuzzy) și de metode multicriteriale de evaluare a performanțelor alternativelor (WPM și TOPSIS) sunt interpretate individual, dar și în manieră comparativă. Schemele metodologice sunt implementate atât la nivel modular, la nivelul fiecărei categorii de indicatori – caz în care sunt utilizate ponderile necalibrate ale importanței relative a indicatorilor, obținute prin metodele AHP și FAHP, cât și în vederea obținerii ierarhiei finale a ariilor de studiu, în ceea ce privește vulnerabilitatea seismică, prin integrarea tuturor indicatorilor acesteia (analiza rezultatelor) (Figura 11).

Trebuie subliniat faptul că nivelurile de vulnerabilitate seismică proprii municipiilor Iași, Vaslui, Galați și Focșani trebuie tratate comparativ, pe baza implementării combinațiilor metodologice fiind posibilă formularea unor concluzii privind superioritatea/inferioritatea unei arii de studiu în raport cu alta, în ceea ce privește vulnerabilitatea seismică.

Validarea rezultatelor se realizează prin intermediul analizei de senzitivitate, care constă în interschimbarea ponderilor importanței relative (două câte două) și reiterarea implementării combinațiilor metodologice multicriteriale AHP/FAHP-WPM/TOPSIS. Cu alte cuvinte, la nivelul fiecărei categorii de indicatori, ponderea importanței relative a primului indicator este fi schimbată cu cea a indicatorului numărul 2, apoi cu cea a indicatorului numărul 3 etc., până la epuizarea numărului de interschimbări posibile. Pentru fiecare interschimbare se reimplementează schema de evaluare multicriterială, în final calculându-se rata de concordanță față de rezultatele inițiale. În vederea validării unui set de rezultate, rata de concordanță obținută prin rularea analizei de senzitivitate trebuie să fie cel puțin egală cu 50% – însemnând că în cel puțin jumătate dintre reiterările realizate prin interschimbarea ponderilor importanței relative, se ajunge la rezultatul a cărui validitate este verificată.

Analiza de senzitivitate nu reprezintă doar o modalitate de a monitoriza constanța rezultatelor obținute, ci și un instrument de identificare a surselor de incertitudine și a impactului diferitelor raționamente pe baza cărora se realizează evaluarea alternativelor. În ceea ce privește analiza multicriterială a vulnerabilității seismice specifică municipiilor de interes, analiza de senzitivitate constituie un i) instrument de detectare a erorilor din schemele de evaluare a vulnerabilității seismice, ii) un instrument de studiu al influenței fiecărui subcriteriu de evaluare a vulnerabilității seismice, precum și iii) un instrument de comparare a eficienței combinațiilor de metode multicriteriale propuse.

Problema estimării vulnerabilității seismice și aspectele metodologice descrise aduc în atenție un neajuns aparent al tezei de doctorat, motivat de factori obiectivi, precum lipsa

datelor caracterizate de acuratețe și precizie privind fondul construit și comunitățile umane care se folosesc de acesta în scopul stabilirii rezidenței. Sursele datelor utilizate sunt redate în Tabelul 11. Teza de doctorat propune un model de analiză multicriterială a vulnerabilității seismice, care poate fi utilizat ulterior prin integrarea unor seturi de date mai recente, care să corespundă realităților spațiale din ariile de studiu evaluate. În cadrul lucrării sunt utilizate cele mai recente și adecvate date disponibile, care pot fi puse la dispoziție de autoritățile locale, județene și naționale. Creșterea calității acestora reprezintă, deci, o condiție a creșterii acurateței rezultatelor ce pot fi obținute utilizând schema de cercetare propusă.

## **6. REZULTATE. EVALUAREA MULTICRITERIALĂ A VULNERABILITĂȚII SEISMICE A MUNICIPIILOR IAȘI, VASLUI, GALAȚI ȘI FOCȘANI**

### **6.1. Ponderile importanței relative a criteriilor/categoriilor de indicatori ai vulnerabilității seismice**

Stabilirea ponderilor importanței relative a categoriilor de indicatori ai vulnerabilității seismice se realizează prin implementarea metodei AHP. Aceasta are drept mecanism fundamental comparațiile în pereche ale elementelor pentru care trebuie determinate ponderile importanței relative. Rezultatele acestor comparații sunt exprimate cu ajutorul unor valori numerice ce aparțin unei scări predeterminate (Tabel 9), care reflectă atât elementul cu importanță superioară, cât și măsura superiorității acestuia în raport cu perechea sa. Valorile numerice sunt organizate drept valori ale unei matrice. Întregul demers are în spate elaborarea de raționamente logice, cu fundament în literatura de specialitate și experiența științifică a cercetătorilor. Pentru a reduce din subiectivismul inerent, metoda AHP înglobează un algoritm de verificare a constanței logicii raționamentelor.

Subcriteriile avute în vedere pentru estimarea vulnerabilității seismice a municipiilor Iași, Vaslui, Galați și Focșani se diferențiază prin modul și măsura în care contribuie la creșterea/reducerea tipului de vulnerabilitate în cauză. Proporțiile diferite ale influenței sunt motivate de caracteristicile acelor subcriterii, de perioadele de timp în care importanța lor primează, de dinamica lor spațială și de interacțiunile stabilite între ele și celelalte componente ale geosistemului. Diferențele provin și din surse ce țin de manipularea datelor și posibilitățile de realizare a cercetării științifice, cum ar fi acuratețea și/sau precizia datelor utilizate, intervalul temporal de referință al acestora, dimensiunile eșantioanelor utilizate în cazul datelor obținute cu ajutorul unor instrumente precum chestionarele etc. Toate aceste argumente au fost avute în vedere în demersul de realizare a comparațiilor în pereche ale categoriilor de indicatori ai vulnerabilității seismice.

Întrucât întreaga analiză este condiționată de stabilirea ponderilor importanței relative a indicatorilor, fie la nivel de categorie (criterii), fie la nivel individual (subcriterii), procesul de elaborare a raționamentelor pe baza cărora sunt stabilite aceste ponderi are un rol cheie. De fapt, principala dificultate constă în construirea unor raționamente valide, complementare și adecvate îndeplinirii scopului evaluării. Astfel, elaborarea raționamentelor pornește de la următoarele premise:

1. Diferențierea criteriilor și subcriteriilor în funcție de importanța lor se realizează pe baza principiilor teoretice enunțate în literatura de specialitate.

2. Este necesară integrarea cunoștințelor empirice privind ariile de studiu în procesul de realizare a comparațiilor în pereche dintre elemente (criterii/subcriterii).
3. În cazurile în care consistența teoretică a diferențierilor dintre elemente (criterii/subcriterii) are un caracter discutabil, valorile numerice atribuite comparațiilor vor fi reduse; rezultând ponderi ale importanței apropiate ca valoare.

Vulnerabilitatea fizică este dimensiunea principală a vulnerabilității seismice, deoarece cutremurele în sine nu cauzează victime omenești, ci acestea rezultă ca urmare a alterării integrității clădirilor (Douglas 2007). De altfel, vechea paradigmă se baza pe evaluarea vulnerabilității seismice doar prin intermediul elementelor referitoare la vulnerabilitatea fizică – fie acesteia indicatori, fie curbe ale vulnerabilității (Sarris et al. 2010, Panahi et al. 2014). Abia în ultimii ani s-a conturat necesitatea integrării indicatorilor de natură socială (Rashed și Weeks 2003, Rezaie și Panahi 2015, Alizadeh et al. 2018b, Han și Kim 2019, Albulescu et al. 2020), economică (Alizadeh et al. 2018b), social-economică (Bănică et al. 2017) sau sistemică (Rashed și Weeks 2003, Rezaie și Panahi 2015, Han și Kim 2019, Bănică et al. 2017, Albulescu et al. 2020) ai vulnerabilității seismice.

Categoria indicatorilor vulnerabilității geotehnice reunește factori ai cadrului natural care pot influența dimensiunea și tipul consecințelor negative ale cutremurelor majore. Am considerat că indicatorii geotehnici se află pe o treaptă de importanță egală cu cea a indicatorilor vulnerabilității fizice, în virtutea faptului că elementele precum  $a_g$ , distanța față de zonele seismogene și caracteristicile referitoare la depozitele de suprafață ale substratului geologic dictează întreg specificul construcțiilor ce pot fi ridicate într-o anumită zonă.

De altfel, egalitatea celor două dimensiuni ale vulnerabilității seismice apare ca soluție mediatore pentru lipsa convergenței opiniilor științifice. Rezaie și Panahi (2015) plasează vulnerabilitatea geotehnică pe o treaptă superioară celei structurale. Alizadeh et al. (2018b) inversează ordinea importanței, pe primul loc regăsindu-se indicatorii vulnerabilității fizice, iar pe locul al doilea, cu o pondere de aproape 3 ori mai redusă, indicatorii referitori la factorii de mediu. Sadrykia et al. (2017b) propun o ierarhie în care subcriteriile nu sunt grupate în categorii de nivel superior. Astfel, primele locuri în ordinea importanței relative sunt împărțite atât de indicatori geotehnici (1. distanța până la falii, 3. substratul litologic), cât și de indicatori specifici vulnerabilității fizice (2. vechimea clădirilor, 4. tipologia clădirilor în funcție de materialul de construcție). O abordare asemănătoare este regăsită în analiza elaborată de Han și Kim (2019) asupra orașului Gyeongju (Coreea de Sud), cu diferența că indicatorii geotehnici sunt împărțiți în două categorii (fizici și geofizici), iar cei care

corespund vulnerabilității asociate particularităților clădirilor se numesc indicatori structurali. Clasamentul în ordinea ponderilor importanței relative este: 1. indicatorii vulnerabilității fizice (epicentrul seismic, liniile de falie,  $a_g$ ), 2. indicatorii structurali (vechimea clădirilor, materialele de construcție, numărul de etaje, densitatea clădirilor), 3. indicatorii geotehnici (panta, altitudinea, nivelul piezometric).

Unul dintre raționamentele de prim ordin ale evaluării rezidă în faptul că ambele tipuri de vulnerabilitate prezintă o importanță superioară atât față de vulnerabilitatea social-economică, cât și față de cea sistemică. Argumentul nu este combătut în cadrul altor analize ale vulnerabilității seismice sau de alt tip (Rezaie și Panahi 2015, Alizadeh et al. 2018b, Han și Kim 2019). Valoarea comparației a fost notată cu 2 în cazul comparațiilor cu dimensiunea social-economică a vulnerabilității seismice și cu 3 în cazul comparațiilor cu vulnerabilitatea sistemică. În ceea ce privește vulnerabilitatea social-economică, a fost preferată treapta intermediară dintre situația egalității (1) și cea a importanței moderate (3), ca urmare a faptului că tipul de vulnerabilitate în cauză include cel mai mare număr de indicatori (7) – fapt ce ar putea conduce la distorsionări ale importanței relative a acelor indicatori.

Avarierea clădirilor ca urmare a manifestării cutremurelor afectează toate categoriile de populație, chiar și pe cele mai puțin vulnerabile – cum ar fi populația adultă tânără, cea masculină, cea care nu are persoane în îngrijire, cu un nivel de educație ridicat, cu resurse financiare consistente etc. De altfel, chiar această vulnerabilitate mai redusă a anumitor segmente de populație poate fi anulată în anumite condiții. Spre exemplu, manifestarea cutremurului la ore târzii din noapte sau manifestarea unui cutremur cu magnitudine foarte ridicată (de 8  $M_w$ -9  $M_w$ ) anulează parțial și temporar superioritatea indusă de anumite caracteristici fizice, sociale, economice ale comunităților umane. Acestor argumente li se adaugă și efectele panicii, care pot reduce categoric superioritatea conferită de caracteristicile personale menționate, în momentul manifestării seismului. Distrugerile ce pot fi provocate de cutremurele majore în zonele caracterizate de labilitate a substratului, situate la distanțe mici față de epicentru, nu pot fi suplinite cu adevărat de abilitățile de supraviețuire ale populației, de starea sa de sănătate sau de performanțele economice.

Vulnerabilitatea fizică se impune în raport cu cea sistemică în situațiile în care inclusiv clădirile spitalelor și unităților de pompieri sunt grav avariate, intervențiile către clădirile rezidențiale prăbușite, precum și spitalizarea victimelor fiind dificil de realizat. În contextul manifestării unor cutremure cu magnitudini peste 7  $M_w$ , clădirile alcătuite din materiale slab rezistente sau cele cu vechime apreciabilă pot suferi distrugerii semnificative,

rezultând decesul spontan al locatarilor și anularea utilității intervențiilor de acordare a îngrijirilor medicale.

Dominând ca importanță vulnerabilitatea social-economică, vulnerabilitatea redată de indicatorii geotehnici domină și vulnerabilitatea sistemică. În cazul în care terenul se dovedește propice potențării distrugerilor provocate de cutremurele majore, intervențiile de ameliorare a consecințelor pot fi îngreunate. Spre exemplu, lichefierea terenului și dislocarea volumelor de roci pot determina apariția de fisuri în scoarța terestră, deci secționarea căilor de transport terestre. Fisurarea șoselelor conduce la creșterea timpului de efectuare a intervențiilor de către detașamentele de pompieri sau ambulanțe, spre zonele afectate de incendii sau cele în care se găsesc persoane rănite. Fracturile scoarței pot izola anumite clădiri prăbușite sau avariate și chiar unitățile medicale sau de pompieri, astfel încât circulația spre și dinspre acestea se desfășoară cu dificultate sau este oprită.

Pentru a realiza prezenta analiză, am considerat că vulnerabilitatea social-economică este sensibil superioară celei sistemice, întrucât integrează două dimensiuni ale vulnerabilității seismice – pe cea socială și pe cea economică. Astfel, numărul de indicatori din această categorie este mai mare decât cel din categoria vulnerabilității sistemice. Comparăția a fost notată cu valoarea 2, intermediară între egalitatea exprimată de valoarea 1 și importanța moderată sugerată de valoarea 3. Un alt argument este reprezentat de faptul că intervențiile post-seism se pot dovedi tardive în cazul în care populația afectată este deosebit de vulnerabilă (populația în vârstă, cu probleme de sănătate și dificultăți de deplasare, populația cu rol de îngrijitor al unui număr mare de persoane, populația săracă din locuințele improvizate din materiale inadecvate etc.). Plasarea vulnerabilității sociale pe un nivel superior celui caracteristic vulnerabilității sistemice se regăsește și în analizele multicriteriale dezvoltate de Rezaie și Panahi (2015), Bănică et al. (2017), Han și Kim (2019); nefiind contrazisă de alte studii de acest fel.

Comparațiile cu diviziunea indicatorilor capacității de coping a populației au fost realizate având în vedere faptul că eșantioanele de populație asupra cărora a fost aplicat chestionarul sunt de dimensiuni reduse, între 114 (municipiul Focșani) și 311 respondenți (municipiul Vaslui). Aplicarea chestionarului în cadrul tezei are atât rol practic, cât mai ales rol de exercițiu. Mărirea eșantionului ar determina o acuratețe mai mare a rezultatelor și creșterea treptei de importanță a categoriei. În acest context, este necesară uniformizarea valorilor comparațiilor celorlalte dimensiuni ale vulnerabilității cu diviziunea capacității de coping. Valoarea setată este 1/6 în defavoarea capacității de coping, ceea ce corespunde unei importanțe relative semnificativ mai reduse.

Raționamentele explicate sunt transpuse în formă numerică în matricea de mai jos (Tabelul 13). Pentru ca implementarea AHP să fie validă, rata constanței (CR) trebuie să fie mai mică de 0,1 (Saaty 2008). În cazul de față, se impune validarea rezultatelor, întrucât valoarea CR este de 0,07.

**Tabel 13. Matricea comparațiilor dintre categoriile de indicatori ai vulnerabilității seismice**

	V_GEO	V_FIZ	V_SEC	V_SIST	COPING
V_GEO	1	1	2	3	6
V_FIZ	1	1	2	3	6
V_SEC	1/2	1/2	1	2	6
V_SIST	1/3	1/3	1/2	1	6
COPING	1/6	1/6	1/6	1/6	1

Prin parcurgerea tuturor etapelor aferente implementării metodei AHP, pe baza matricei comparațiilor și a raționamentelor, rezultă ponderile importanței relative redade de Tabelul 14. Indicatorii vulnerabilității geotehnice și cei ai vulnerabilității fizice prezintă cele mai ridicate ponderi, egale ca valoare (31,73%). Urmează vulnerabilitatea social-economică (19,35%), având o pondere ce reprezintă aproape 50% din cea a indicatorilor geotehnici și fizici. Diferența dintre aceasta și vulnerabilitatea sistemică (13,19%) este redusă, conform valorilor din matricea comparațiilor. Pe ultimul loc în ordinea importanței relative se situează capacitatea de coping a populației municipiilor de referință (3,97%), fapt explicat de insuficiența reprezentativității datelor din această categorie.

**Tabel 14. Ponderile importanței relative a categoriilor de indicatori ai vulnerabilității seismice**

Categoriile de indicatori	Pondere importanță relativă (Eigen vector)	Pondere importanță relativă (%)
V_GEO	0,31737	31,73
V_FIZ	0,31737	31,73
V_SEC	0,19359	19,35
V_SIST	0,13191	13,19
COPING	0,03974	3,97

## 6.2. Ponderile importanței relative a subcriteriilor/indicatorilor vulnerabilității seismice

### 6.2.1. Raționamente

Următorul pas al implementării metodelor MDCM în scopul estimării vulnerabilității seismice a celor 4 alternative (arii de studiu), constă în stabilirea ponderilor importanței relative a fiecărui indicator, la nivelul categoriei din care face parte. Compararea indicatorilor

se realizează pe baza unor raționamente ce vor fi aplicate atât în cazul implementării metodei AHP, cât și al variantei fuzzy a acesteia (Tabelul 15). Ulterior, ponderea fiecărui indicator – obținută la nivelul diviziunii de apartenență, va fi calibrată prin operația de înmulțire cu ponderea importanței relative a diviziunii din care face parte.

Raționamentele sunt construite pe baza literaturii de specialitate, referințele relevante fiind indicate în mod corespunzător. Excepția constă în capacitatea de coping a populației, care nu se regăsește în analizele vulnerabilității seismice din literatură, în contextul în care elementele ce țin de psihologia și percepția populației sau de abilitățile individuale nu sunt, în general, integrate în cadrul unor astfel de analize – ca urmare a dificultății efectuării cercetărilor la acest nivel de detaliere.

**Tabel 15. Raționamente utilizate în implementarea metodelor AHP și FAHP**

<b>Raționamente</b>	<b>Referințe</b>
<b>Indicatori ai vulnerabilității geotehnice</b>	
Geologia depozitelor de suprafață este un indicator agregat calculat la scară microzonală, pe baza unor seturi de date spațiale de mare rezoluție. Pe de altă parte, $a_g$ este calculată la nivel local sau chiar regional (conform hărții zonării teritoriului României din P100-1/2013, UTCB 2013). Nivelul mai detaliat la care este analizată geologia depozitelor de suprafață determină creșterea (sensibilă) a ponderii importanței relative a acestui indicator, în raport cu cel al accelerației terenului pentru proiectare.	
Deși distanța față de zona VR este calculată drept distanță euclidiană, aceasta prezintă importanță relativă de nivel mediu, întrucât indică atât susceptibilitatea înregistrării consecințelor negative ale seismelor de mică adâncime (care prezintă intensități crescute pe plan local), cât și ale seismelor subcrustale (cu impact regional sau chiar la scară națională).	
Versanții reprezintă elemente luate în calcul și în cazul indicatorului referitor la geologia depozitelor de suprafață, astfel încât indicatorul referitor la procentul suprafețelor de versant cu pante de minim 20° prezintă o importanță relativă inferioară în raport cu indicatorul respectiv. De asemenea, decalajele înregistrate de scorurile de performanță ale alternativelor cu privire la acest indicator impun calibrarea ponderii sale, în scopul evitării distorsionării rezultatelor analizei multicriteriale.	
<b>Indicatori ai vulnerabilității fizice</b>	
Vechimea clădirilor influențează în mod fundamental rezistența acestora la șocurile seismice, atât ca urmare a degradării în timp a materialelor, cât și din cauza posibilității ca structurile să înregistreze avarii în contextul manifestării unor seisme majore. Pe de altă parte, ritmurile de degradare și probabilitatea înregistrării avariilor depind de materialul de construcție specific imobilului analizat.	Martins et al. (2012), Bănica et al. (2017), Alizadeh et al. (2018b), Albulescu et al. (2019), Han și Kim (2019)
În situația în care se compară două clădiri cu același număr de etaje, dar alcătuite din materiale de construcție diferite, factorul din urmă are rol hotărâtor în stabilirea elementului mai vulnerabil. De asemenea, în situația în care se compară două clădiri alcătuite din aceleași materiale, dar cu profilul de înălțime diferit, factorul din urmă condiționează alegerea elementului mai vulnerabil. Prin urmare, se poate considera că importanța relativă a materialelor de construcție ce alcătuiesc pereții exteriori este egală cu cea a	

profilului de înălțime a imobilelor rezidențiale.	
Având în vedere cele două raționamente reiese că factorii referitori la vechimea, materialele de construcție și profilul de înălțime, specifice clădirilor analizate, sunt egali ca importanță. De altfel, în literatura de specialitate, cei 3 factori sunt tratați în mod agregat. Formatul datelor RPL (2011), puse la dispoziție de Direcțiile Județene de Statistică, nu permit tratarea celor 3 factori în mod agregat. Deficiența este ameliorată prin stabilirea unor ponderi egale ale importanței relative.	Armaș et al. (2015), Toma-Danila et al. (2015b), Pavel et al. (2017), Toma-Danila și Armaș (2017)
Indicatorii referitori la numărul de clădiri rezidențiale și la suprafața locuibilă medie sunt plasați pe aceeași treaptă a importanței, întrucât ambele elemente fac referire la expunerea la hazardul seismic.	
Indicatorii referitori la particularitățile clădirilor, ce pot condiționa producerea de pagube materiale (vechimea, materialele de construcție, profilul de înălțime), primează în fața indicatorilor referitori la expunerea imobilelor la hazardul seismic (numărul de clădiri, suprafața medie locuibilă a clădirilor).	
<b>Indicatori ai vulnerabilității social-economice</b>	
Vulnerabilitatea social-economică este cel mai bine redată de indicatorii referitori la segmentele populației dezavantajate pe diverse criterii, caracterizate de propensiunea de a fi afectate în mod negativ de impactul unui seism major. Prin urmare, indicatorii în cauză dețin cele mai ridicate ponderi ale importanței relative.	Barbat et al. (2010), Martins et al. (2012), Rezaie și Panahi (2015), Armaș et al. (2017)
Procentul populației urbane dezavantajate pe criteriul locuirii este inclus celui ce exprimă populația urbană dezavantajată, motiv pentru care acesta din urmă prezintă o pondere mai ridicată a importanței relative.	Banca Mondială (2011)
Indicatorul referitor la ponderea șomerilor în totalul forței de muncă redă aspecte cu privire la populația dezavantajată, însă prezintă o pondere a importanței relative mai redusă decât ceilalți indicatori din această categorie, din cauza faptului că face trimitere la aspecte problematice în procesul de revenire la normal – și nu neapărat la aspecte referitoare la siguranța populației din momentul manifestării unui seism.	Walker et al. (2014)
Nivelul de educație al populației nu este corelat în mod clar cu implementarea adaptărilor seismice sau cu percepția corectă a riscului seismic, motiv pentru care ponderea importanței relative a indicatorului în cauză este relativ redusă.	Farley (1998), Lindell and Prater (2000), Martins et al. (2012), Walker et al. (2014), Alizadeh et al. (2018b)
Numărul populației cu domiciliul în aria de studiu relevă aspecte referitoare la expunerea față de hazardul seismic, mai exact la numărul de pierderi de vieți omenești și cazuri de rănire ce ar putea rezulta în urma unui cutremur major. Indicatorul face trimitere și la presiunile exercitate asupra resurselor de folosință colectivă, necesare revenirii la starea de normalitate în contextul manifestării unui seism major și la presiunea asupra serviciilor de gestionare a situațiilor de criză.	Banică et al. (2017)
Valoarea PIB/locuitor este calculată la scară județeană, fapt ce determină calibrarea ponderii importanței sale relative, pe motivul neconcordanței scârilor spațiale.	
<b>Indicatori ai vulnerabilității sistemice</b>	
Cea mai crescută importanță relativă revine indicatorilor referitori la accesibilitatea centrelor/serviciilor de gestionare a situațiilor de urgență și la dotările acestor servicii. Fiecare dintre aceste elemente contribuie în mod diferit la construirea vulnerabilității seismice sistemice.	Bănică et al. (2017)

Indicatorul referitor la accesibilitatea serviciilor medicale este mai important decât cel referitor la accesibilitatea unităților de pompieri, întrucât probabilitatea de rănire a populației în urma unui seism puternic este mai mare decât cea a producerii incendiilor.	Barbat et al. (2010), Zhang și Huan (2013), Han și Kim (2019)
Indicatorii referitori la centrele/serviciile și dotările medicale dețin cele mai ridicate ponderi ale importanței relative, întrucât acestea sunt fundamentale necesare în primele câteva ore și zile post-seism.	Barbat et al. (2010), Zhang și Huan (2013), Han și Kim (2019)
Resursele umane din domeniul medical primează în fața celor fizice, întrucât cele fizice pot fi substituite mai facil. (Se pot amenaja spitale de campanie, puncte mobile de acordare a primului ajutor etc.)	Zhang și Huan (2013)
Accesibilitatea față de unitățile medicale primează în fața dotărilor infrastructurii medicale, întrucât deficiențele celei din urmă pot fi suplinite prin suplimentarea resurselor necesare, prin ajutor extern.	
Indicatorul referitor la distanțele față de stațiile de alimentare cu diverși combustibili inflamabili prezintă o importanță mai redusă, în virtutea faptului că obiectivele amintite sunt dotate cu echipamente de prevenire a exploziilor și/sau incendiilor – existând o probabilitate mai redusă de producere a incendiilor, decât în cazul locuințelor individuale. Faptul că incendiile pot izbucni din mai multe surse (nu doar din zonele de stocare și alimentare cu materii combustibile), indică importanța superioară a accesibilității serviciilor de pompieri.	Alizadeh et al. (2018b), Han și Kim (2019)
<b>Indicatori ai capacității de coping</b>	
Indicatorii referitori la abilitățile de supraviețuire ale populației în contextul manifestării unui seism major și la implementarea adaptărilor seismice de către populație primează, întrucât contribuie în modul cel mai semnificativ la reducerea vulnerabilității individuale.	
Cunoștințele populației prezintă o importanță relativă mai redusă, deoarece utilitatea acestora poate fi diminuată de panica asociată producerii seismelor puternice.	
Autonomia populației în procesul de revenire la starea de normalitate, de dinaintea situației de criză provocată de potențialul seism, este importantă pentru calibrarea presiunii exercitate asupra resurselor de folosință comună, însă nu prezintă importanță notabilă în primele ore de la manifestarea seismului.	

### 6.2.2. Comparații ale rezultatelor obținute prin AHP și FAHP

Tabelul 16 redă atât ponderile necalibrate ale importanței relative a indicatorilor – calculate la nivelul categoriei de apartenență, cât și ponderile calibrate ale acestora – calculate prin înmulțire cu ponderea importanței relative a categoriei de apartenență. Teza de doctorat cuprinde interpretări ale rezultatelor privind ponderile necalibrate, în continuare fiind descrise pe scurt doar rezultatele referitoare la ponderile calibrate ale importanței relative a indicatorilor. Anexa 2 include matricele comparațiilor aferente implementărilor metodelor AHP și FAHP, precum și rezultatele respectivelor implementări.

În ceea ce privește primele 5 locuri și ultimele 2 locuri ale clasamentului importanței relative a indicatorilor utilizați în vederea estimării vulnerabilității seismice, ierarhia obținută

prin implementarea AHP este identică ierarhiei rezultate în urma implementării variantei fuzzy a metodei – însă ponderile specifice acestor indicatori diferă. Principalele diferențe dintre cele două seturi de rezultate pot fi observate în partea mediană a clasamentelor. Rezultatele obținute prin AHP diferă de cele determinate prin implementarea FAHP în intervalul locurilor 6 și 14/16 (Tabelul 16), în sensul că în intervalul amintit se regăsesc indicatori a căror relevanță a fost invalidată prin implementarea FAHP și care au fost plasați pe ultimul loc al clasamentului.

Diferențele privind ponderile importanței relative a indicatorilor, obținute prin cele două metode MCDM, se datorează particularităților algoritmilor implementați. În cazul FAHP, indicatorii cu importanță relativă minimă de la nivelul fiecărei categorii au fost invalidați, fiindu-le acordate ponderi nule – excepția fiind constituită de indicatorii vulnerabilității geotehnice, ale căror comparații au fost redare prin valorile 3 și 1/3, de pe scara numerică prezentată, doar pentru perechea factorilor GEOLOGIE-PANTA. Procentele în cauză au fost atribuite celorlalți factori cu importanță relativă mai mare de la nivelul categoriei de indicatori de apartenență, în timp ce factorii situați pe ultimele locuri din punctul de vedere al importanței relative din cadrul acelor diviziuni, au înregistrat scăderi ale ponderilor importanței relative. Această dinamică explică diferențele de configurație a părții mediane a clasamentelor.

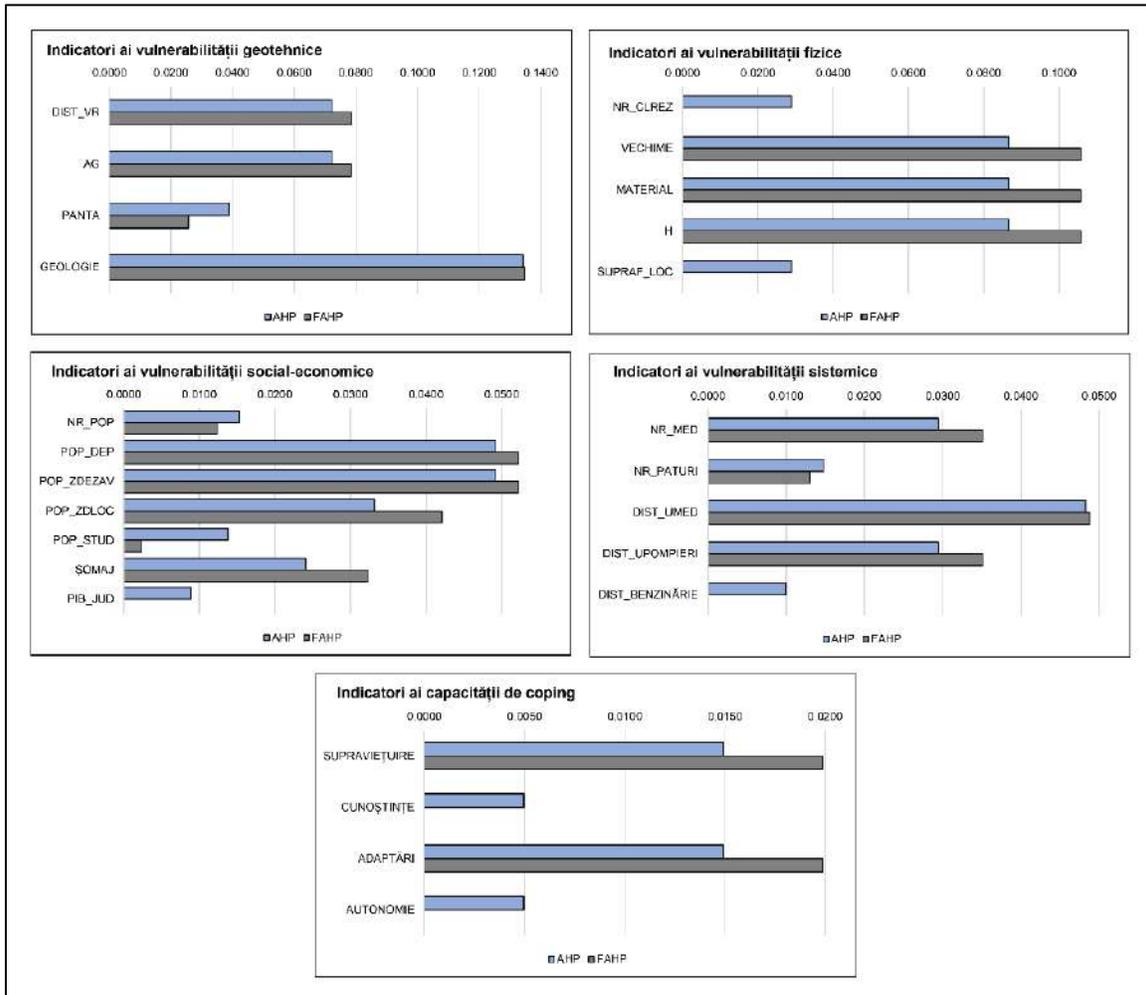
Figura 12 pune în evidență faptul că diferențele dintre ponderile importanței relative calibrate, obținute prin varianta clasică a AHP și varianta sa fuzzy, nu sunt ridicate, variind între  $-0,02885$  și  $0,01923$ . Comparând ponderile obținute de indicatori prin cele 2 metode, se observă că 15 indicatori înregistrează valori mai ridicate ale acestor parametri în cazul aplicării FAHP, în timp ce 10 indicatori prezintă ponderi mai reduse în cazul aplicării acestei metode.

În cazul rezultatelor obținute în urma implementării AHP, mediana ponderilor importanței relative are valoarea 2,94, iar deviația standard, 3,29. Comparativ, mediana ponderilor importanței relative obținute prin FAHP este de 3,22, iar deviația standard de 4,02. De asemenea, trebuie avut în vedere faptul că, în cazul implementării metodei AHP, ponderile importanței relative a primilor 5 indicatori totalizau 68,47%, iar cele ale primilor 10 indicatori, 89,76%. Pe de altă parte, rezultatele obținute prin FAHP indică o pondere totală de 76,22% pentru primii 5 indicatori și de 97,22% pentru primii 10 indicatori. Valorile mai ridicate specifice variantei fuzzy a metodei MCDM se datorează invalidării a 6 factori și redistribuirii procentelor importanței relative ce aparțineau acestora către alți factori. Per ansamblu, rezultatele pun în evidență o distribuție mai echitabilă a ponderilor importanței

**Tabel 16. Ponderile importanței relative a indicatorilor, obținute prin metodele AHP și FAHP**

Indicatori	Pondere importanță relativă necalibrată		Pondere importanță relativă calibrată			Loc importanță relativă calibrată	
	AHP	FAHP	AHP	FAHP	Diferență FAHP-AHP	AHP	FAHP
DIST_VR	0,22718	0,24738	0,07210	0,07851	0,00641	3	3
AG	0,22718	0,24738	0,07210	0,07851	0,00641	3	3
PANTA	0,12252	0,08085	0,03888	0,02566	-0,01322	6	9
GEOLOGIE	0,42311	0,42437	0,13428	0,13468	0,00040	1	1
NR_CLREZ	0,09090	0,00000	0,02885	0,00000	-0,02885	9	14
VECHIME	0,27272	0,33333	0,08655	0,10579	0,01923	2	2
MATERIAL	0,27272	0,33333	0,08655	0,10579	0,01923	2	2
H	0,27272	0,33333	0,08655	0,10579	0,01923	2	2
SUPRAF_LOC	0,09090	0,00000	0,02885	0,00000	-0,02885	9	14
NR_POP	0,07882	0,06380	0,01525	0,01235	-0,00290	11	12
POP_DEP	0,25406	0,26979	0,04918	0,05223	0,00304	4	4
POP_ZDEZAV	0,25406	0,26979	0,04918	0,05223	0,00304	4	4
POP_ZDLOC	0,17141	0,21752	0,03318	0,04211	0,00892	7	6
POP_STUD	0,07116	0,01229	0,01377	0,00238	-0,01139	14	13
ȘOMAJ	0,12451	0,16677	0,02410	0,03228	0,00818	10	8
PIB_JUD	0,04596	0,00000	0,00889	0,00000	-0,00889	16	14
NR_MED	0,22351	0,26596	0,02948	0,03508	0,00559	8	7
NR_PATURI	0,11172	0,09865	0,01473	0,01301	-0,00172	13	11
DIST_UMED	0,36559	0,36943	0,04822	0,04873	0,00050	5	5
DIST_UPOMPIERI	0,22351	0,26596	0,02948	0,03508	0,00559	8	7
DIST_BENZINĂRIE	0,07564	0,00000	0,00997	0,00000	-0,00997	15	14
SUPRAVIEȚUIRE	0,37500	0,50000	0,01490	0,01987	0,00496	12	10
CUNOȘTINȚE	0,12500	0,00000	0,00496	0,00000	-0,00496	17	14
ADAPTĂRI	0,37500	0,50000	0,01490	0,01987	0,00496	12	10
AUTONOMIE	0,12500	0,00000	0,00496	0,00000	-0,00496	17	14

relative în cazul implementării metodei AHP, indicată și de faptul că în cazul metodei numite, ierarhizarea celor 25 de indicatori se realizează pe 17 locuri – ca urmare a înregistrării unor ponderi identice ale importanței relative, în timp ce prin metoda FAHP, ierarhia cuprinde doar 14 locuri.



**Figura 12. Ponderile importanței relative calibrate obținute de indicatorii vulnerabilității seismice prin metodele AHP și FAHP**

În ceea ce privește modificările poziției indicatorilor în clasamentul ponderilor importanței relative, se observă că 9 indicatori se situează pe același loc atât în clasamentul rezultat în urma aplicării AHP, cât și în clasamentul obținut prin varianta fuzzy a metodei (Tabelul 16). Comparând cele 2 ierarhii, reiese că 4 indicatori – anume PANTA, NR\_CLREZ, SUPRAF\_LOC și NR\_POP, s-au clasat pe locuri superioare în cazul implementării variantei clasice a AHP. Pe de altă parte, datele din Tabelul 16 arată că 12 indicatori au urcat în clasamentul obținut prin

metoda FAHP, comparativ cu locul ocupat în clasamentul obținut prin AHP. Dintre aceste 12 evoluții pozitive din punctul de vedere al poziției în clasament, 6 sunt de fapt false, întrucât indicatorii în cauză au fost fie invalidați de algoritmul FAHP, fie au înregistrat ponderi mai reduse prin FAHP decât prin AHP (POP\_STUD, NR\_PATURI). Spre exemplu, indicatorii referitori la cunoștințele populației privind seismele și comportamentele adecvate autoprotecției în timpul manifestării acestora și la autonomia populației în procesul de revenire la starea de normalitate, în urma manifestării unui seism major, se clasează pe locul 17 în clasamentul obținut prin metoda AHP și pe locul 14 în clasamentul rezultat prin FAHP – dar, în cazul din urmă, ponderea lor este nulă, ceea ce înseamnă că elementele pot fi eliminate din schema de analiză a vulnerabilității seismice. Avansări în clasamentul final și scăderi ale ponderilor (comparativ cu cele obținute prin metoda AHP), în urma implementării variantei sale fuzzy, au înregistrat și indicatorii POP\_STUD, PIB\_JUD, NR\_PATURI și DIST\_BENZINĂRIE (Figura 12, Tabelul 16).

### **6.3. Analiza modulară**

Analiza modulară a vulnerabilității seismice urmărește ierarhizarea ariilor de studiu prin raportare la fiecare dimensiune integrată a vulnerabilității seismice, precum și realizarea unor inferențe privind diferențele dintre ariile de studiu în ceea ce privește diversele aspecte ale tipurilor de vulnerabilitate, relevate de indicatorii specifici. Diferențele derivă din ierarhiile scorurilor de performanță ale municipiilor cu privire la fiecare indicator, acestea având potențialul de a conduce la neconcordanțe ale rezultatelor obținute prin combinațiile de metodologii multicriteriale.

În cadrul analizei modulare au fost utilizate ponderile necalibrate ale importanței relative a indicatorilor; pentru fiecare dimensiune integrată a vulnerabilității seismice fiind realizată câte o analiză modulară distinctă. În cadrul aceleiași analize, schemele metodologice multicriteriale pot conduce la rezultate diferite – fapt ce nu semnalează ineficiența metodologiilor implementate, ci constituie o pârgă de explorare a diferențelor dintre modurile de operare ale combinațiilor metodologice în cauză.

Validarea rezultatelor obținute prin cele 4 scheme metodologice multicriteriale se realizează pe baza analizei de senzitivitate, rulată la nivelul fiecărei categorii de indicatori. În

total, au fost rulate 16 analize de senzitivitate ce însumează 160 de reiterări ale combinațiilor metodologice. Pragul setat drept reper al validării rezultatelor este de 50% concordanță față de rezultatele obținute prin implementarea aceleiași metodologii, cu diferența schimbării în pereche a ponderilor ce redau importanța relativă. În cazul în care ratele de concordanță sunt egale și nu pot fi utilizate în vederea departajării relevanței rezultatelor, se face apel la alte modalități de stabilire a ierarhiei ariilor de studiu cu privire la dimensiunea integrată vulnerabilității seismice.

### **6.3.1. Analiza modulară a vulnerabilității seismice geotehnice**

Analiza modulară a vulnerabilității seismice geotehnice specifice celor 4 arii de studiu, realizată prin implementarea combinațiilor de metode multicriteriale descrise, pune în vedere rezultate diferite. Acestea sunt determinate atât de diferențele dintre ponderile importanței relative a indicatorilor, setate prin metodele AHP și FAHP, cât și de specificul algoritmilor metodelor utilizate pentru evaluarea alternativelor (TOPSIS și WPM). Este important de subliniat faptul că rezultatele diferite nu indică erori de implementare, ci doar aspecte diferite privind integrarea ponderilor indicatorilor și a scorurilor de performanță aferente municipiilor selectate, prin analiza cărora se pot elabora importante inferențe privind particularitățile metodologice, dar și influența condițiilor locale asupra nivelului vulnerabilității geotehnice.

Combinațiile de metode AHP/FAHP-TOPSIS, converg către plasarea Focșaniului pe primul loc din punctul de vedere al vulnerabilității geotehnice. Acesta este urmat de Galați, Vaslui și Iași; ierarhie ce respectă ordinea nivelului de vulnerabilitate geotehnică asociat valorilor indicatorilor privind distanța față de zona seismogenă VR și accelerația terenului pentru proiectare. Scorurile obținute de municipii prin aplicarea combinațiilor de metode multicriteriale diferă (Tabelul A3.1., Anexa 3), cele mai mari diferențe înregistrate între scorul cu valoare maximă și cel minim fiind specifice metodologiei FAHP-TOPSIS (27,49%), iar cele mai mici diferențe metodologiei FAHP-WPM (1,6%). În ceea ce privește procentul de concordanță obținut prin implementarea analizei de senzitivitate, acesta atinge pragul de 50% pentru toate cele 4 scheme metodologice.

Nota discordantă privind rezultatele referitoare la vulnerabilitatea seismică geotehnică este determinată de integrarea metodei WPM drept metodă de evaluare a alternativelor. Atât în cazul combinării acestei metode cu AHP, cât și în cel al combinării sale cu varianta fuzzy a AHP,

Galațiul și Vasluiul sunt plasate pe locurile 1, respectiv 2. În cazul combinației AHP-WPM, locul al 3-lea revine Iașiului și ultimul loc Focșaniului. Pe de altă parte, rezultatele obținute prin metodologia FAHP-WPM indică inversarea municipiilor de pe ultimele 2 locuri (Tabelul A3.1., Anexa 3). Această diferență se datorează faptului că algoritmul WPM utilizat în această lucrare integrează scorurile obținute de alternative cu privire la toate criteriile, tratând rezultatul final drept scor de performanță al fiecărei alternative în parte și nu drept scor relativ al performanței. Un aspect interesant al clasamentului obținut prin metoda WPM este cel referitor la diferențele dintre scorurile alternativelor de pe locurile extreme, ce ating valori reduse: 1,6% în cazul metodologiei FAHP-WPM și 4,88% în cazul metodologiei AHP-WPM.

În scopul validării rezultatelor, a fost rulată analiza de senzitivitate, ce presupune reiterarea implementării fiecărei combinații de metode multicriteriale, prin interschimbarea ponderilor indicatorilor în pereche. Astfel, au fost realizate 24 de reimplementări ale metodologiilor, în seturi de câte 6 reimplementări pentru fiecare combinație metodologică.

Ratele de concordanță a rezultatelor obținute prin combinațiile de metode multicriteriale sunt egale și indică validarea rezultatelor, motive pentru care nu pot fi utilizate în vederea stabilirii ierarhiei finale. Pentru aceasta, se recurge la criteriul frecvenței apariției unui anumit set de rezultate, prin implementarea unor scheme metodologice diferite. Întrucât 2 dintre cele 4 combinații de metode multicriteriale converg către același rezultat al analizei modulare a vulnerabilității seismice geotehnice, se consideră drept rezultat final ierarhia 1. Focșani, 2. Galați, 3. Vaslui, 4. Iași.

### **6.3.2. Analiza modulară a vulnerabilității seismice fizice**

Rezultatele obținute în cadrul analizei modulare a vulnerabilității seismice fizice diferă atât în funcție de metoda multicriterială utilizată pentru evaluarea indicatorilor, cât și în funcție de metoda multicriterială utilizată în scopul evaluării alternativelor. Seturile de rezultate sunt diferite între ele, însă există puncte de convergență notabile: municipiul Galați prezintă cea mai crescută vulnerabilitate structurală, conform metodologiilor FAHP-TOPSIS și AHP/FAHP-WPM, iar municipiul Focșani este plasat pe ultimul loc din acest punct de vedere, conform metodologiilor AHP/FAHP-TOPSIS și FAHP-WPM. De asemenea, ambele scheme metodologice ce integrează metoda WPM plasează Iașiul pe locul al doilea, iar metodologiile

AHP-TOPSIS și FAHP-WPM plasează Vasluiul pe locul al treilea (Tabelul A3.2., Anexa 3). Privind în ansamblu, se conturează tendința de plasare pe primele două locuri în ordinea mărimii vulnerabilității seismice fizice a municipiilor Iași și Galați; în timp ce jumătatea inferioară a clasamentului tinde să fie ocupată de municipiile Vaslui și Focșani.

Diferențele evidente existente între rezultatele obținute prin metodologiile care stabilesc importanța relativă a indicatorilor prin metoda AHP și prin varianta sa fuzzy sunt explicate de faptul că, prin intermediul metodei FAHP, indicatorii referitori la numărul de clădiri rezidențiale și la suprafața locuibilă medie a acestora sunt invalidați, întrucât ponderea importanței lor relative a fost stabilită la 0%. Astfel, analiza vulnerabilității fizice prin metoda FAHP integrează doar factorii referitori la vechimea imobilelor rezidențiale, înălțimea lor și la materialele ce intră în alcătuirea pereților exteriori ai acestora. Ponderile acestor factori sunt egale (33,33%), motiv pentru care procentul concordanței obținut prin analiza de senzitivitate este de 100%. Pe de altă parte, ratele de concordanță ale rezultatelor obținute prin integrarea metodei AHP variază între 60% (AHP-TOPSIS) și 70% (AHP-WPM), ca urmare a diferențierilor ierarhice ale scorurilor de performanță ale alternativelor, obținute cu privire la fiecare indicator în parte (Tabelul A3.2., Anexa 3).

Prin urmare, se impune comutarea atenției pe rezultatele obținute prin combinațiile metodologice multicriteriale care integrează varianta clasică a AHP. Conform metodologiei AHP-TOPSIS, ierarhia ariilor de studiu este 1. Iași, 2. Galați, 3. Vaslui, 4. Focșani. Contrar, în cazul rezultatelor obținute prin metodologia AHP-WPM, are loc inversarea alternativelor de pe locurile 1 și 2, precum și de pe locurile 3 și 4. Diferențele sunt determinate de faptul că algoritmul specific metodei de evaluare a alternativelor WPM calculează scorul final drept scor absolut de performanță al alternativei cu privire la totalitatea indicatorilor – spre deosebire de scorul de performanță calculat prin TOPSIS, care indică performanța relativă a alternativelor.

Pornind de la premisa că rezultatele obținute prin metodologiile ce integrează varianta fuzzy a AHP nu pot fi considerate viabile, întrucât sunt obținute pe baza a 3 indicatori cu ponderi egale și a faptului că rata de concordanță a rezultatelor obținute prin combinarea metodelor AHP și WPM (70%) este mai mare decât cea a rezultatelor obținute prin metodologia AHP-TOPSIS, se poate considera că vulnerabilitatea seismică fizică atinge nivelul cel mai ridicat în cazul Galațiului și nivelul cel mai redus în cazul Vasluiului.

O altă abordare se bazează pe frecvența ocupării fiecărui loc de către o anumită alternativă. Astfel, în 3 din cele 4 seturi de rezultate (conform AHP/FAHP-WPM și FAHP-TOPSIS), Galațiul ocupă locul 1 în ceea ce privește vulnerabilitatea seismică fizică. Locul al doilea este ocupat de Iași în 2 din cele 4 ierarhii (conform AHP/FAHP-WPM), iar locul al treilea este ocupat de municipiul Vaslui în 2 dintre cele 4 ierarhii (conform AHP-TOPSIS și FAHP-WPM). Vulnerabilitatea seismică structurală cea mai redusă revine Focșaniului în 3 din cele 4 implementări ale combinațiilor metodologice (conform AHP/FAHP-TOPSIS și FAHP-WPM) (Tabelul A3.2., Anexa 3). Prin urmare, se poate considera că ierarhia rezultată în urma implementării schemei metodologice FAHP-WPM (1. Galați, 2. Iași, 3. Vaslui, 4. Focșani) este cea mai relevantă.

Ambele concluzii sunt supuse unui larg spectru de incertitudini, iar o formulare mai adecvată a concluziilor privind vulnerabilitatea seismică structurală ar trebui să se limiteze la:

- Faptul că vulnerabilitatea seismică fizică a municipiilor Iași și Galați este foarte ridicată și comparabilă;

- Plasarea municipiului Focșani pe ultimul loc din punctul de vedere al acestui tip de vulnerabilitate;

- Vulnerabilitatea fizică a municipiului Vaslui ocupă o poziție intermediară, fiind mai redusă decât cea a municipiilor Iași și Galați și mai ridicată de cât cea a Focșaniului.

Validarea rezultatelor obținute prin metodologiile ce integrează metoda AHP s-a realizat prin implementarea analizei senzitivității, adică prin reiterarea implementării fiecărei combinații metodologice (AHP-TOPSIS/WPM) de câte 10 ori, în contextul interschimbării ponderilor importanței relative a indicatorilor. În cazul metodologiilor ce stabilesc ponderile importanței relative a indicatorilor prin metoda FAHP, rularea analizei senzitivității nu este necesară, întrucât prin implementarea metodei, importanța relativă a indicatorilor referitori la numărul de imobile rezidențiale și la suprafața locuibilă desfășurată medie a acestora a fost stabilită la 0%, iar cea a indicatorilor VECHIME, MATERIAL și H la 33,33% fiecare.

### **6.3.3. Analiza modulară a vulnerabilității seismice social-economice**

Implementarea celor 4 scheme metodologice multicriteriale determină aceeași ierarhie a ariilor de studiu în ceea ce privește vulnerabilitatea social-economică, pe primul loc situându-se

municipiul Iași, iar pe ultimul, municipiul Focșani. Galațiul ocupă locul al doilea, iar Vasluiul locul al treilea (Tabelul A3.3., Anexa 3). Pe de altă parte, ratele de concordanță a rezultatelor sunt reduse, variind între 42,85% și 53,33%. Rezultatele combinațiilor metodologice AHP-TOPSIS și AHP-WPM, cărora le corespund cele mai reduse rate de concordanță, sunt astfel invalidate. Totuși, rezultatul unic obținut prin multiplele combinații metodologice multicriteriale relevă faptul că ierarhia menționată este corectă.

Diferențele dintre scorurile obținute de alternativele de pe locurile extreme variază între 7,65% (AHP-WPM) și 20,92% (FAHP-TOPSIS). De asemenea, se observă că scorurile obținute de către aceeași alternativă, prin schemele metodologice, sunt mai mari în ceea ce privește locurile extreme decât locurile 2 și 3. Scorul final maxim obținut de municipiul Iași este mai mare decât cel minim obținut de acesta cu 6,41%, iar diferența specifică municipiului Focșani se ridică la 6,85%. În schimb, diferențele specifice locurilor 2 (Galați) și 3 (Vaslui) ajung la 0,47%, respectiv 0,75%.

Analiza de senzitivitate utilizată în vederea validării rezultatelor a presupus reiterarea implementării fiecărei scheme metodologice de câte 21 de ori pentru metodologiile ce integrează AHP și de câte 15 ori pentru metodologiile ce integrează varianta fuzzy a acestei metode multicriteriale, fiecare reiterare integrând o schimbare în pereche a ponderilor indicatorilor. Ratele de concordanță a rezultatelor depășesc pragul de 50% setat pentru validare doar în ceea ce privește metodologiile FAHP-TOPSIS/WPM.

Analiza de senzitivitate pune în evidență fluctuații semnificative ale primelor 3 locuri din cadrul ierarhiei ariilor de studiu, însă un aspect interesant este reprezentat de poziția neschimbată a municipiului Focșani. Acesta prezintă cel mai redus nivel al vulnerabilității social-economice, conform tuturor celor 4 scheme metodologice multicriteriale și al tuturor celor 72 de reiterări ale implementării acestora, cu modificările de rigoare.

În cazul rezultatelor invalidate, clasamentul privind vulnerabilitatea social-economică se dovedește extrem de volatil, 12 dintre cele 21 de reiterări fiind soldate cu ierarhii diferite ale ariilor de studiu. Aceasta se datorează diferențelor semnificative ale scorurilor de performanță înregistrate de alternative prin raportare la subcriteriile selectate. Atribuirea unor ponderi ale importanței relative mai mari unor indicatori ce prezintă importanțe relative reduse în cadrul implementării inițiale, conduce la neconcordanțe, întrucât scorurile maxime din cadrul ierarhiilor

aferente acelor indicatori sunt înregistrate de municipii ce prezintă, per total, un nivel de vulnerabilitate social-economică mediu (Galați) sau redus (Vaslui).

#### **6.3.4. Analiza modulară a vulnerabilității seismice sistemice**

Rezultatele obținute în urma aplicării combinațiilor metodologice multicriteriale pot fi divizate în 2 ierarhii: cele obținute prin metodologiile ce integrează ca metodă de evaluare a alternativelor, metoda TOPSIS (1. Vaslui, 2. Focșani, 3. Galați, 4. Iași) și cele obținute prin metodologiile ce utilizează WPM drept metodă de evaluare a alternativelor (1. Iași, 2. Focșani, 3. Vaslui, 4. Galați) (Tabelul A3.4., Anexa 3). Scorurile finale obținute prin combinațiile de metode AHP/FAHP- WPM prezintă variații reduse, de 0,19-0,83%, iar cele rezultate în urma combinațiilor AHP/FAHP-TOPSIS sunt ușor mai ridicate, ajungând la 0,4-1,73%. Prima ierarhie prezintă un procent de concordanță egal cu pragul necesar validării (50%), în timp rata concordanței celei de-a doua ierarhii variază între 80% și 100%.

Aceste rezultate pun în evidență particularitățile algoritmului TOPSIS, bazat pe identificarea soluțiilor ideale pozitive și negative și stabilirea poziției fiecărei alternative în raport cu acestea. Pe de altă parte, WPM este o metodă tipică de agregare a scorurilor de performanță ale alternativelor prin simpla operație matematică de înmulțire a scorurilor obținute prin ridicare la putere a scorurilor de performanță a alternativelor – puterile fiind egale cu ponderile subcriteriilor. Conform algoritmului TOPSIS, scorurile aferente municipiului Vaslui plasează această arie de studiu aproape de soluția ideală pozitivă (care indică nivelul maxim de vulnerabilitate sistemică), după municipiul Focșani, și cel mai departe de soluția ideală negativă (care indică nivelul minim de vulnerabilitate sistemică). Prin urmare, Vasluiul se află pe primul loc din punctul de vedere al vulnerabilității sistemice (Tabelul A3.4., Anexa 3).

Contrar celor prezentate și în acord cu ierarhia scorurilor de performanță obținute de municipiul Vaslui cu privire la fiecare dintre indicatorii vulnerabilității sistemice, metodologiile care integrează metoda WPM plasează Vasluiul pe penultimul loc în clasament. Acesta se află pe penultimul loc în ceea ce privește distanța față de unitățile medicale și cele de pompieri și pe primul loc în ceea ce privește distanța față de benzinării. Vasluiul prezintă cel mai redus număr de medici/1.000 de locuitori și de paturi de spital/1.000 de locuitori, valori asociate unui nivel crescut al vulnerabilității seismice sistemice. Pe de altă parte, acești indicatori prezintă ponderi

ale importanței relative moderate spre reduse, motiv pentru care municipiul în cauză este plasat pe locul al treilea în clasamentele obținute prin schemele metodologice AHP/FAHP-WPM.

Pozițiile ocupate de municipiul Iași în cadrul celor 2 ierarhii sunt diametral opuse, tot ca urmare a particularităților algoritmilor implementați (Tabelul A3.4., Anexa 3). În cazul evaluării alternativelor prin metoda TOPSIS și al ponderilor obținute prin varianta clasică a AHP, Iașiul este plasat pe ultimul loc din punctul de vedere al vulnerabilității sistemice, întrucât se află cel mai departe de soluția ideală pozitivă și pe locul al treilea în ordinea apropierii față de soluția ideală negativă. Pe de altă parte, metoda WPM ține cont de faptul că Iașiul prezintă cel mai crescut nivel de vulnerabilitate seismică prin raportare la distanța față de unitățile medicale și de pompieri – fapt cu relevanță semnificativă, conferită de ponderile crescute ale importanței relative a indicatorilor amintiți. Scorurile ridicate obținute de acest oraș cu privire la numărul de medici/1.000 de locuitori și numărul de paturi de spital/1.000 de locuitori sunt asociate unui nivel scăzut de vulnerabilitate sistemică, însă ponderile indicatorilor în cauză sunt moderate spre reduse.

Analiza de senzitivitate efectuată în scopul validării rezultatelor a presupus reiterarea implementării celor 4 combinații metodologice de 32 de ori în total (de câte 10 ori pentru fiecare combinație ce integrează AHP și de câte 6 ori pentru fiecare schemă ce include FAHP), cu interschimbarea ponderii importanței relative a indicatorilor, doi câte doi. Ratele de concordanță rezultate sunt mai mari sau cel puțin egale cu pragul setat pentru validare (50%), în cazul metodologiei FAHP-WPM obținându-se chiar o concordanță perfectă a rezultatelor, în condițiile schimbării în pereche a ponderilor importanței relative a indicatorilor.

Luând în considerare faptul că ratele de concordanță ale rezultatelor obținute prin analiza senzitivității aferente schemelor metodologice multicriteriale AHP/FAHP-WPM sunt mai mari decât cele ale rezultate în urma rulării analizei de senzitivitate a seturilor de rezultate obținute prin metodologiile AHP/FAHP-TOPSIS, se poate concluziona că ierarhia validă a ariilor de studiu în ceea ce privește vulnerabilitatea seismică sistemică este: 1. Iași, 2. Focșani, 3. Vaslui, 4. Galați. Această ierarhie prezintă o rată de concordanță de 100%, obținută prin efectuarea unei analize a senzitivității în ceea ce privește metodologia FAHP-WPM.

### **6.3.5. Analiza modulară a vulnerabilității seismice aferente capacității de coping a populației**

Implementarea celor 4 scheme metodologice multicriteriale conduce la aceeași ierarhie a ariilor de studiu: 1. Vaslui, 2. Focșani, 3. Galați, 4. Iași. Trebuie avut în vedere faptul că primul loc al clasamentului nu indică cea mai crescută capacitate de coping, ci cea mai crescută vulnerabilitate seismică asociată nivelului capacității de coping. Cu alte cuvinte, în vederea determinării capacității de coping ale populației din municipiile selectate, clasamentul trebuie parcurs de la final către început. Ierarhia menționată este preferabilă pentru a servi scopului de prim ordin al prezentei analize, anume cel de estimare a vulnerabilității seismice.

Ratele de concordanță obținute în urma rulării analizei de senzitivitate depășesc în unanimitate pragul de validare a rezultatelor, oscilând între 66,66% și 100%. Este de menționat faptul că diferențele dintre locurile extreme ale clasamentului sunt foarte mari în cazul rezultatelor obținute prin schemele metodologice ce integrează metoda TOPSIS (de 50,13% pentru metodologia AHP-TOPSIS și de 50,29% pentru metodologia FAHP-TOPSIS) și foarte mici în cazul rezultatelor obținute prin aplicarea combinației metodologice ce integrează metoda WPM (de 0,07%) (Tabelul A3.5., Anexa 3).

Aceasta înseamnă că și scorurile obținute de municipiul Vaslui, caracterizat de nivelul cel mai ridicat de vulnerabilitate seismică asociat capacității de coping – deci cu cea mai redusă capacitate de coping, prin metodologiile ce integrează TOPSIS drept metodă multicriterială de evaluare a alternativelor, diferă semnificativ de scorurile obținute prin celelalte scheme metodologice. Valoarea scorului final al Vasluiului ajunge la aproximativ 51% în cazul metodologiilor AHP/FAHP-TOPSIS și doar la aproximativ 25% în cazul metodologiilor AHP/FAHP-WPM. Aceleași amplori ale diferențierilor sunt întâlnite și în cazul municipiului Iași, care înregistrează cea mai crescută capacitate de coping, implicit cel mai redus nivel de vulnerabilitate asociată. Astfel, scorurile minime obținute prin metodologiile ce cuprind TOPSIS ajung la 1,38-1,39%, iar cele obținute prin combinațiile metodologice AHP/FAHP-WPM se ridică la 24,96%. Pe de altă parte, diferențele înregistrate de scorurile alternativelor de pe locurile 3 și 4 sunt reduse, de 2,95% pentru Focșani (locul 2) și de 6,03% pentru Galați (locul 3).

În cadrul analizei de senzitivitate, cele 4 scheme metodologice au fost rulate de câte 6 ori fiecare, cu diferența interschimbării ponderilor importanței relative a indicatorilor, doi câte doi.

Această analiză a fost realizată doar pentru combinațiile metodologice care integrează AHP drept metodă de stabilire a ponderilor importanței relative a indicatorilor, întrucât doar acestea operau cu toți cei 4 indicatori ai capacității de coping. Deoarece metoda FAHP invalidează doi dintre factorii utilizați (CUNOȘTINȚE și AUTONOMIE), iar ponderile indicatorilor valizi sunt egale, procedura de interschimbare a ponderilor iese din sfera necesității.

#### **6.4. Rezultatele evaluării multicriteriale a vulnerabilității seismice**

Implementarea celor 4 combinații metodologice prin integrarea tuturor celor 25 de indicatori (în cazul metodologiilor ce stabilesc importanța relativă a indicatorilor prin AHP) și a 19 indicatori (în cazul metodologiilor ce stabilesc importanța relativă a indicatorilor prin FAHP), conduce la ierarhii diferite ale ariilor de studiu, în privința vulnerabilității seismice de ansamblu. Aceste diferențe provin din multiple surse: particularitățile algoritmilor metodelor multicriteriale, integrarea unui număr diferit de indicatori, utilizarea unor ponderi ale importanței relative diferite pentru aceiași indicatori.

Seturile de rezultate obținute prin combinațiile metodologice AHP/FAHP-WPM sunt identice, indicând că vulnerabilitatea seismică maximă revine Iașiului, iar cea minimă, municipiului Focșani. Galațiul este plasat pe locul al doilea, iar Vasluiul pe locul al treilea. În cazul ierarhiei obținute prin aplicarea metodologiei FAHP-TOPSIS, Galațiul și Vasluiul își mențin locurile menționate, însă are loc interschimbarea alternativelor de pe locurile extreme; Focșaniul prezentând vulnerabilitate seismică maximă, iar Iașiul, nivelul cel mai redus al acestui parametru (Tabelul 17). Pe de altă parte, în clasamentul rezultat în urma implementării schemei metodologice AHP-TOPSIS, Galațiul este plasat pe primul loc în ordinea mărimii vulnerabilității seismice, iar Vasluiul pe ultimul loc. În această situație, locul al doilea este ocupat de Focșani, iar ultimul loc de municipiul Iași – conturându-se practic un clasament în care alternativele de pe locurile 1-2 și 3-4 sunt inversate, comparativ cu ierarhia obținută prin metodologia FAHP-TOPSIS.

În acest context, integrarea unui număr diferit de indicatori în schemele metodologice bazate pe AHP și pe varianta sa fuzzy are rolul de a genera rezultate diferite, însă doar în cazul metodologiilor ce folosesc TOPSIS în scopul evaluării alternativelor. Diferențele AHP/FAHP sunt determinate de faptul că algoritmul AHP integrează toți cei 25 de indicatori ai

vulnerabilității seismice, în timp ce FAHP invalidează 6 indicatori (NR\_CLREZ, SUPRAF\_LOC, PIB\_JUD, DIST\_BENZINĂRIE, CUNOȘTINȚE, AUTONOMIE), atribuindu-le ponderi negative; operând, deci, cu cei 19 indicatori ce prezintă ponderi între 0,23% și 13,46%.

**Tabel 17. Rezultatele evaluării multicriteriale a vulnerabilității seismice specifice ariilor de studiu**

Metodă evaluare indicatori	Metodă evaluare alternative	Clasament vulnerabilitate seismică							
		1		2		3		4	
		Municipiu	Scor (%)	Municipiu	Scor (%)	Municipiu	Scor (%)	Municipiu	Scor (%)
AHP	TOPSIS	Galați	27,47	Focșani	27,08	Iași	22,96	Vaslui	22,47
FAHP	TOPSIS	Focșani	29,11	Galați	25,38	Vaslui	24,23	Iași	21,26
AHP	WPM	Iași	26,94	Galați	26,35	Vaslui	24,33	Focșani	22,36
FAHP	WPM	Iași	26,38	Galați	25,56	Vaslui	24,78	Focșani	23,26

Relevante sunt și decalajele dintre scorurile finale înregistrate de cele 4 alternative, în urma aplicării combinațiilor metodologice. Cele mai mari diferențe înregistrate între scorurile alternativelor de pe locurile extreme se observă în cazul metodologiei FAHP-TOPSIS (7,84%), iar cele mai reduse în cazul metodologiei FAHP-WPM (3,11%) (Tabelul 17). În ceea ce privește diferențele înregistrate la nivelul aceluiași loc din clasament, se observă că locurile extreme prezintă cele mai semnificative decalaje (2,73% pentru locul 1 și 2% pentru locul 4), în timp ce diferențele dintre scorurile finale maxime și minime înregistrate de alternativele de pe locul 2 coboară la 1,69% și la 1,82%, în cazul locului 3 (Tabelul 18). Se observă că valori minime și cele maxime ale alternativelor de pe același loc sunt obținute în 3 cazuri din 4, în urma implementării combinațiilor metodologice ce integrează metoda FAHP.

**Tabel 18. Valorile minime, maxime și amplitudinile scorurilor de la nivelul locurilor clasamentului ariilor de studiu**

Loc	Valoare minimă		Valoarea maximă		Diferență (%)
	Scor (%)	Schemă metodologică multicriterială	Scor (%)	Schemă metodologică multicriterială	
1	26,38	FAHP-WPM	29,11	FAHP-TOPSIS	2,73
2	25,38	FAHP-TOPSIS	27,08	AHP-TOPSIS	1,69
3	22,96	AHP-TOPSIS	24,78	FAHP-WPM	1,82
4	21,26	FAHP-TOPSIS	23,26	FAHP-WPM	2,00

## 6.5. Validarea rezultatelor evaluării multicriteriale a vulnerabilității seismice

Validitatea rezultatelor descrise nu poate fi verificată prin intermediul analizei de sensibilitate, întrucât aplicabilitatea acesteia se pretează optim analizei modulare – care ia în calcul indicatori relevanți pentru redarea aceleiași dimensiuni a vulnerabilității seismice. Interschimbarea ponderilor unor indicatori din categorii diferite este irelevantă, motiv pentru care analiza de sensibilitate nu poate fi utilizată drept metodă de validare a rezultatelor. De asemenea, interschimbarea ponderilor categoriilor de indicatori este lipsită de temei, întrucât fiecare dimensiune a vulnerabilității seismice contribuie într-un anumit mod la conturarea de ansamblu a acestei noțiuni, integrând un număr diferit de indicatori, ce prezintă diferite grade de reprezentativitate și acuratețe. În aceste condiții, validarea rezultatelor se realizează în manieră analitică, reprezentând, de fapt, un procedeu de subliniere a unor concluzii cu un grad acceptabil de acuratețe și nu o modalitate de stabilire clară a unei ierarhii a ariilor de studiu cu privire la vulnerabilitatea seismică.

Din informațiile prezentate în subcapitolul anterior reiese că seturile de date aferente implementării schemelor metodologice sunt volatile și nu pot conduce la concluzii fără echivoc. Pe de altă parte, eterogenitatea ierarhiilor obținute în urma implementării schemelor metodologice multicriteriale nu trebuie privită drept o dovadă a ineficienței metodelor, ci drept elemente ce pun în lumină caracterul complex al problemei estimării vulnerabilității seismice. Nu trebuie pierdut din vedere faptul că fiecare set de rezultate este corect și poate fi explicat prin urmărirea pas cu pas a algoritmilor metodelor multicriteriale de evaluare a alternativelor.

În cazul metodologiei AHP-TOPSIS, Galațiul prezintă nivelul maxim de vulnerabilitate seismică, întrucât este plasat cel mai aproape de soluția ideală pozitivă (care indică cea mai crescută vulnerabilitate seismică). Prin raportare la aceasta, Focșaniul și Vasluiul ocupă poziții intermediare foarte apropiate, iar Iașiul se situează la distanță maximă. În ceea ce privește distanța față de soluția ideală negativă (ce corespunde nivelului cel mai redus de vulnerabilitate seismică), cel mai departe este situat Focșaniul – motiv pentru care ocupă locul al doilea în cadrul ierarhiei finale, iar pe locul al doilea în ordinea depărtării, se regăsește Galațiul. Cel mai aproape de soluția ideală negativă se află municipiul Vaslui, ce ocupă ultimul loc din clasamentul final, în timp ce pe locul al doilea în ordinea apropiării față de această soluție se află municipiul ce ocupă locul 3 în cadrul ierarhiei finale (Iași).

Algoritmul TOPSIS, implementat în combinație cu ponderile importanței relative rezultate prin metoda FAHP, pune în evidență o situație diferită: cel mai aproape de soluția ideală pozitivă este situat Focșaniul; acesta fiind urmat de Vaslui, Galați și Iași. În clasamentul final obținut prin metodologia în cauză, Galațiul ocupă locul al doilea, fiind situat mai departe de soluția ideală negativă decât Vasluiul – municipiul dunărean se află pe locul al treilea în ordinea depărtării față de nivelul minim de vulnerabilitate, iar Vasluiul, pe locul al doilea. Cel mai aproape de soluția ideală negativă este poziționat municipiul Iași, pe când Focșaniul se situează la cea mai mare distanță față de aceasta.

Schemele metodologice care integrează WPM nu operează cu noțiunea de soluție de compromis și algoritmi de stabilire a distanțelor dintre scorurile aferente alternativelor și cele specifice soluțiilor ideale pozitive și negative, ci cu scoruri de performanță absolută, obținute de alternative cu privire la fiecare indicator integrat analizei. Astfel, atât în cazul metodologiei AHP-WPM, cât și în cel al metodologiei FAHP-WPM, scorurile de performanță maxime sunt obținute de Iași, iar cele minime, de Focșani. Pe locurile 2 și 3 se regăsesc reședințele județelor Galați și Vaslui.

De maximă relevanță este faptul că scorurile de performanță absolută obținute prin WPM integrând ponderile specifice metodei AHP, aferente Iașului și Galațiului sunt foarte apropiate – diferența normalizată fiind de 0,58%. În ceea ce privește diferențele dintre scorurile ce ocupă locurile 2 și 3 sau 3 și 4, delimitările dintre nivelurile de vulnerabilitate indicate de acele scoruri sunt mai clare (Tabelul 17). Comparativ, metodologia FAHP-WPM conduce la scoruri finale ale alternativelor ce indică o ierarhie clară, cea mai mare diferență înregistrându-se între Vaslui și Focșani (1,52%).

Interpretarea rezultatelor evaluării se poate realiza urmând două direcții distincte:

1. Se poate considera că ierarhia rezultată prin implementarea schemelor metodologice multicriteriale AHP/FAHP-WPM este validă, în virtutea faptului că setul de rezultate respectiv este emergent atât în urma integrării ponderilor obținute prin aplicarea AHP, cât și a celor determinate prin varianta sa fuzzy. Cu alte cuvinte, fie că sunt integrați toți cei 25 de indicatori, fie că sunt integrați doar indicatorii validați de FAHP, se ajunge la aceleași rezultate.

Astfel, vulnerabilitatea seismică de nivel maxim corespunde municipiului Iași, iar nivelul cel mai redus de vulnerabilitate seismică este specific Focșaniului. Municipiile Galați și Vaslui ocupă locurile 2 și 3 în ordinea mărimii vulnerabilității seismice. Această ierarhie este validată

prin aplicarea criteriului frecvenței apariției unei anumite alternative pe un anumit loc. Primul loc în ceea ce privește vulnerabilitatea seismică revine Iașiului conform rezultatelor a 2 dintre cele 4 combinații metodologice (AHP/FAHP-WPM), iar cel de-al doilea este ocupat de Galați în 3 din 4 cazuri (AHP/FAHP-WPM și FAHP-TOPSIS). Vasluiul se regăsește pe locul al treilea în aceeași proporție, conform ultimelor metodologii menționate, în timp ce Focșaniul ocupă locul 4 conform schemelor metodologice AHP/FAHP-WPM (Tabelul 17).

2. Se poate considera că vulnerabilitatea seismică a Galațiului este superioară celei specifice Iașiului și că vulnerabilitatea seismică a Vasluiului este inferioară celei a municipiului Focșani, în situația în care locurile ocupate alternative sunt analizate cantitativ. Tabelul 19 redă scorurile finale și locurile ocupate de cele 4 arii de studiu conform schemelor metodologice multicriteriale. Media aritmetică a locurilor plasează Galațiul pe primul loc în ordinea vulnerabilității seismice, acesta fiind urmat de Iași, Focșani și Vaslui.

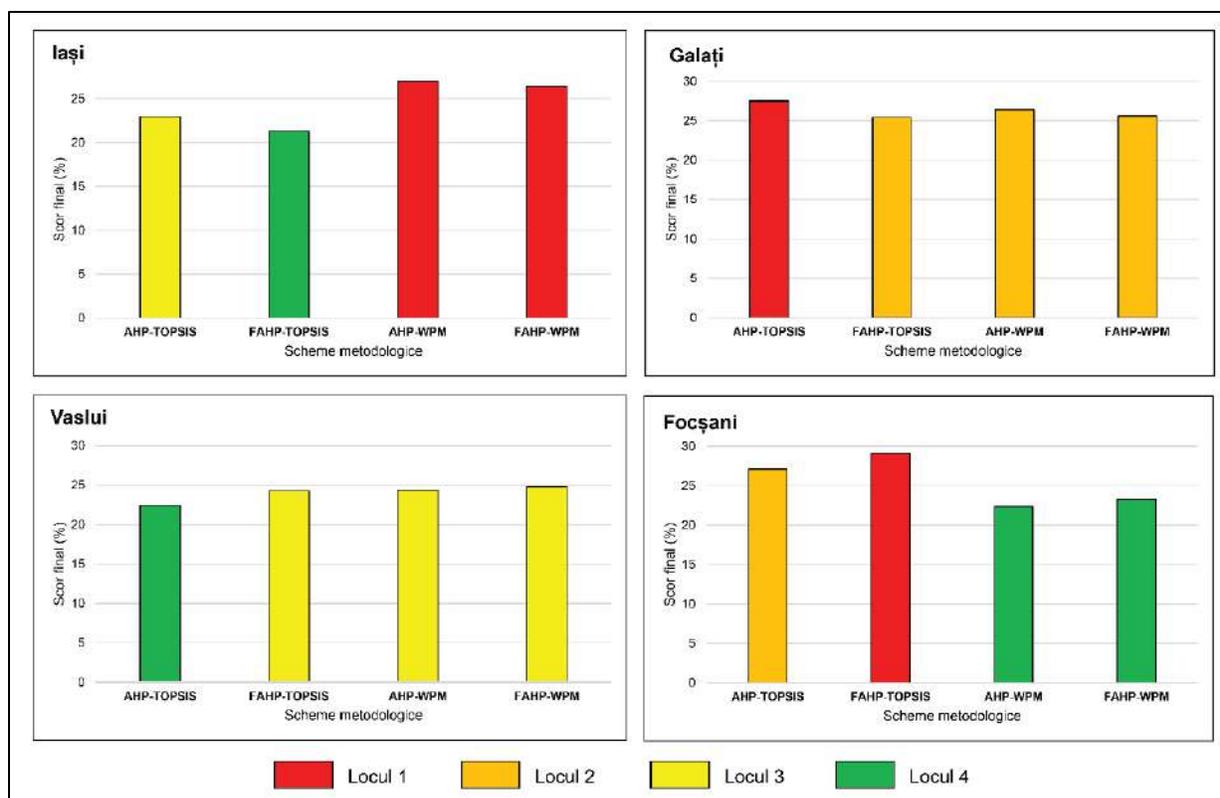
**Tabel 19. Rezultatele obținute de ariile de studiu prin schemele metodologice multicriteriale propuse**

Scheme metodologice	Iași		Vaslui		Galați		Focșani	
	Scor (%)	Loc						
AHP-TOPSIS	22,96	3	22,47	4	27,47	1	27,08	2
FAHP-TOPSIS	21,26	4	24,23	3	25,38	2	29,11	1
AHP-WPM	26,94	1	24,33	3	26,35	2	22,36	4
FAHP-WPM	26,38	1	24,78	3	25,56	2	23,26	4
Medie aritmetică locuri*		2,25		3,25		1,75		2,75

\* Valorile reduse ale mediei aritmetice corespund unor niveluri ridicate de vulnerabilitate seismică.

Figura 13 pune în evidență faptul că locurile ocupate de Focșani în clasamentele aferente combinațiilor metodologice sugerează că acesta prezintă un nivel mai crescut de vulnerabilitate seismică decât municipiul Vaslui. Acesta din urmă ocupă exclusiv poziții din partea inferioară a clasamentelor – locul 4 conform metodologiei AHP-TOPSIS și locul 3 conform metodologiilor AHP-FAHP-WPM și FAHP-TOPSIS, în timp ce Focșaniul este plasat în prima jumătate a clasamentelor obținute prin combinațiile metodologice ce includ TOPSIS (locul 1 conform FAHP-TOPSIS și locul 2 conform AHP-TOPSIS) și pe locul 4 în cadrul seturilor de rezultate obținute prin AHP/FAHP-WPM.

O altă idee emergentă prin studierea Figurii 13 este cea a superiorității vulnerabilității seismice a Galațiului, comparativ cu cea a Iașiului. Orașul dunărean ocupă exclusiv poziții din prima jumătate a clasamentelor – locul 1 în urma implementării AHP-TOPSIS și locul 2 conform



**Figura 13. Rezultatele obținute de ariile de studiu prin schemele metodologice multicriteriale propuse**

celorlalte 3 scheme metodologice. În schimb, Iașiul ocupă locul 1 în clasamentele obținute prin aplicarea metodologiilor ce folosesc metoda WPM în vederea evaluării alternativelor, dar coboară pe locurile 3 și 4 conform metodologiilor AHP-TOPSIS și FAHP-TOPSIS.

Ierarhia menționată este sprijinită și de mediile ponderate ale locurilor obținute de fiecare arie de studiu în cadrul analizelor modulare și ale ponderilor importanței relative a categoriilor de indicatori. Tabelul 20 redă locul ocupat de fiecare alternativă cu privire la cele 5 componente integrate vulnerabilității, precum și mediile ponderate amintite. Aceste clasamente sunt descrise în cadrul subcapitolelor aferente analizelor modulare, validitatea lor fiind verificată prin intermediul analizei de senzitivitate și, în cazurile în care este necesar, prin apel la alte proceduri de validare.

Întrucât valorile cele mai reduse corespund nivelurilor superioare de vulnerabilitate seismică, mediile ponderate trebuie ordonate crescător în vederea obținerii clasamentului final al alternativelor. Municipiul cu cea mai redusă medie ponderată – deci cu cel mai ridicat nivel de vulnerabilitate seismică, este Galați. Pe ultimul loc al clasamentului este situat municipiul Vaslui, iar pe locurile intermediare, municipiile Iași (locul 2) și Focșani (locul 3) (Tabelul 20).

**Tabel 20. Locurile obținute de ariile de studiu în cadrul ierarhiilor privind componentele integrate vulnerabilității seismice**

Pondere importanță relativă	Componente integrate vulnerabilității seismice	Locuri arii de studiu			
		Iași	Vaslui	Galați	Focșani
0,31737	Vulnerabilitate geotehnică	4	3	2	1
0,31737	Vulnerabilitate fizică	2	3	1	4
0,19359	Vulnerabilitate social-economică	1	3	2	4
0,13191	Vulnerabilitate sistemică	1	3	4	2
0,03974	Capacitate de coping	4	1	3	2
Medie ponderată		2,38	2,92	1,98	2,70

\* Valorile reduse ale mediei ponderate corespund unor niveluri ridicate de vulnerabilitate seismică.

În ceea ce privește analiza modulară a vulnerabilității seismice fizice, validarea rezultatelor se dovedește o sarcină dificilă. Una dintre direcțiile de validare plasează Galațiul pe primul loc în ordinea mărimii acestui tip de vulnerabilitate; Iașiului revenindu-i locul al doilea. Pe de altă parte, se poate considera că ambele arii de studiu prezintă niveluri crescute, comparabile de vulnerabilitate seismică structurală și că pot fi plasate împreună pe treapta de vulnerabilitate fizică maximă – caz în care valoarea din clasament este de 1,5 pentru amândouă. În cazul ambelor ipoteze, mediile ponderate rezultate indică faptul că ierarhia alternativelor se păstrează.

În acest context, s-ar putea dovedi necesară o soluție de compromis, menită să armonizeze informațiile contradictorii prezentate în cadrul punctelor anterioare. Scorurile apropiate valoric ale municipiilor Iași și Galați, obținute prin metodologiile ce integrează WPM drept metodă multicriterială de evaluare a alternativelor, sugerează că plasarea acestor alternative pe primul loc în ceea ce privește vulnerabilitatea seismică s-ar putea constitui drept o soluție de compromis validă – diferența dintre aceste scoruri fiind de 0,58% (în cazul AHP-WPM) și de 0,81% (în cazul FAHP-WPM). De asemenea, se poate concluziona că jumătatea inferioară a ierarhiei privind vulnerabilitatea seismică, este ocupată de municipiile Vaslui și Focșani. Stabilirea naturii raportului dintre acestea se dovedește dificilă, însă a doua direcție de interpretare a rezultatelor este susținută de mai multe argumente, astfel încât se poate considera valid raționamentul conform căruia Vasluiul prezintă un nivel de vulnerabilitate seismică mai redus decât reședința județului Vrancea.

## 7. STUDII DE CAZ

### 7.1. Aspecte introductive

În vederea realizării unei estimări cât mai exacte și mai robuste a vulnerabilității seismice urbane, au fost elaborate 4 studii de caz pentru municipiile Iași, Vaslui, Galați și Focșani. Aceste orașe sunt reprezentative pentru regiunea Moldovei, pentru județele ale căror reședințe sunt, precum și pentru categoriile taxonomice de apartenență (Tabelul 21), ce au fost delimitate pe baza criteriilor de ordin istoric, funcțiilor economice, specificului dezvoltării urbane și evoluției teritoriale, ariilor de polarizare, performanțelor economice etc.

Municipiile pentru care s-au elaborat studii de caz sunt orașe est-carpătice formate la contactul unor subunități de relief – fapt ce a favorizat dezvoltarea lor ca puncte de schimb între ținuturi diferite și spații de efervescente interacțiuni umane și/sau la intersecția unor importante căi de comunicații – ceea ce a contribuit, de asemenea, la stimularea activităților comerciale. Municipiul Iași se află la contactul dintre Câmpia Jijiei și Podișul Central Moldovenesc, iar municipiul Vaslui la contactul dintre subunitățile de relief mai joase și cele mai înalte ale Podișului Bârladului (Colinele Tutovei, respectiv Podișul Central Moldovenesc). Pe de altă parte, municipiul Focșani este localizat în Câmpia Siretului Inferior, la intersecția unor importante drumuri comerciale și la fostul hotar al celor două Principate românești. Municipiul Galați este atât un oraș de contact – fiind situat la limita dintre Câmpia Întăa a Covurluiului, Câmpia Siretului Inferior, Balta Dunării și horstul Nord Dobrogean, cât și un oraș cu poziție de intersecție a arterelor ce asigură circulația între Moldova, Muntenia și Dobrogea și a unor importante artere hidrografice (Dunărea-Siret-Prut).

Siturile pe care s-au dezvoltat vetrele urbane se diferențiază între ele, în linii mari putându-se menționa caracterul strategic al siturilor de terase fluviale ale Iașului, Vasluiului și Galațiului și lipsa acestuia în cazul sitului vetrei Focșaniului. De altfel, pentru acest oraș, poziția la granița dintre Moldova și Țara Românească, alături de implicațiile sale economice, au avut rolul hotărâtor în privința dezvoltării așezării urbane și nu factorii urbigeni de factură naturală, cum ar fi relieful sau rețeaua hidrografică. Factorul din urmă, reprezentat de poziția la confluența unor râuri importante (Dunăre-Siret-Prut pentru Galați, Bahlui-Nicolina pentru Iași, Bârlad-Vaslui pentru Vaslui) și de prezența vadurilor peste apele curgătoare, a influențat însă dezvoltarea celorlalte trei centre urbane de interes, mai ales a portului dunărean Galați.

**Tabel 21. Caracteristici generale ale municipiilor selectate**

	Iași	Vaslui	Galați	Focșani
<b>Tipologie în funcție de poziția geografică</b>	oraș cu poziție de contact și de intersecție	oraș cu poziție de intersecție	oraș cu poziție de contact, de intersecție și poziție favorabilă față de o mare arteră navigabilă	oraș cu poziție de intersecție
<b>Origine</b>			origine feudală	
<b>An atestare documentară</b>	1408	1375	1418	1575
<b>Perioada ritmului maxim de creștere teritorială (Ungureanu 1980)</b>	secolele XVI-XVII	secolul XIX	secolul XIX	secolul XVIII
<b>Profil funcțional</b>	profil funcțional complex, cu puternice valențe culturale și educaționale	profil funcțional complex, dominat de servicii	profil funcțional complex, dominat de activități de transport	profil funcțional complex, dominat de servicii
<b>Populație (2021)</b>	389.020	133.184	304.985	90.446
<b>Tipologia în funcție de mărimea demografică (Ilinca 2012)</b>	oraș de mărime foarte mare	oraș de mărime relativ mare	oraș de mărime foarte mare	oraș de mărime supermedie
<b>Statut administrativ</b>	reședința județului Iași	reședința județului Vaslui	reședința județului Galați	reședința județului Vrancea
<b>Tipologia în funcție de mărimea polarizării (Istrate 2008)</b>	centru de polarizare de rangul I	centru de polarizare de rangul III	centru de polarizare de rangul II	centru de polarizare de rangul III
<b>Tipologie în funcție de rang (Ungureanu 1980)</b>	oraș de rangul II	oraș de rangul III	oraș de rangul II	oraș de rangul III
<b>Regiune de Dezvoltare</b>	Regiunea de Dezvoltare Nord-Est	Regiunea de Dezvoltare Nord-Est	Regiunea de Dezvoltare Sud-Est	Regiunea de Dezvoltare Sud-Est
<b>Rol în cadrul regiunii de dezvoltare</b>	pol de creștere	centru urban component	pol de dezvoltare	centru urban component

Toate cele 4 așezări urbane pentru care s-au elaborat studii de caz au origine feudală, însă Iașiul și Vasluiul s-au dezvoltat pe situri de cetate, iar Galațiul și Focșaniul ca importante puncte vamale fără fortificații. Tipologia stabilită în funcție de ritmul de creștere urbană maximă pune în evidență particularități ale originii și dezvoltării ariilor de studiu, Iașiul și Focșaniul cunoscând ritmuri de creștere maximă mai timpuriu, în secolele XVI-XVII în primul caz și un secol mai târziu, în al doilea caz. Pe de altă parte, Vasluiul și Galațiul au înregistrat creșteri urbane maxime în secolul XIX (Ungureanu 1980).

Merită subliniat faptul că toate cele 4 orașe au îndeplinit funcții administrativ-politice de timpuriu, fiind centre de polarizare administrativă și economică de ținut, județ, regiune (Iași, Galați) sau chiar la scară națională (Iași). Cel mai mare dintre municipiile selectate a avut rolul de capitală a Moldovei din timpul celei de-a treia domnii a lui Alexandru Lăpușneanu (1564-1568) și până în 1862; în anii 1916-1918 fiind capitală a României. Galațiul a constituit centrul administrativ al ținutului Covurlui (secolul XV) și ulterior, a devenit reședința județului cu același nume. Atât Vasluiul, cât și Focșaniul au reprezentat puncte vamale importante, fiind desemnate ulterior drept reședințe ale județelor Vaslui, respectiv Vrancea. Focșaniul a îndeplinit și rolul de reședință a județului Putna, iar înainte de Unire diviziunile sale erau reședințe ale ținuturilor Putna (Focșaniul Moldovenesc) și Slam-Râmnic (Focșaniul Muntenesc).

Ca tipologie, Iașiul face parte din categoria orașelor cu dispuneau de o domnească. Inițial a fost târg, iar apoi a devenit reședință administrativă și nobiliară. Galațiul este un oraș port cu continuitate a funcției portuare, iar Vasluiul și Focșaniul sunt orașe târg de schimb, dezvoltate la contactul unor importante regiuni geografice (Cucu 1970) sau etno-istorice.

Instaurarea regimului comunist a determinat modificări majore ale evoluției economice pentru centrele urbane de interes, procesul de industrializare schimbând atât profilul funcțional al orașelor, cât și aspectul lor. În cazul municipiului Galați, s-au realizat investiții masive în ramurile industriei grele, în timp ce la Focșani s-au dezvoltat mai ales ramurile industriei ușoare. La Iași și Vaslui dezvoltarea celor două segmente ale activităților industriale a cunoscut un parcurs mai echilibrat, balanța înclinând totuși către industria grea în cazul Iașiului și către industria ușoară în cazul Vasluiului. În ariile de studiu existau unități industriale și înainte de jumătatea secolului XX, dar industrializarea s-a desfășurat în ritm accelerat mai ales sub egida idealurilor socialiste. Din acest punct de vedere, Galațiul și Iașiul s-au dezvoltat fulminant în primele două etape ale procesului de industrializare – în anii 1948-1958 și 1959-1967, iar

Vasluiul și Focșaniul în etapa a doua și a treia – în anii 1959-1967 și 1968-1989 (Ungureanu 1980).

Întrucât în perioada comunistă „urbanizarea este sinonimă cu industrializarea” (Cucu 1970), în cele 4 așezări urbane au avut loc avansări teritoriale semnificative ale țesutului urban. Atât în Iași și Galați, cât și în Vaslui și Focșani, au apărut noi cartiere de locuințe colective destinate cazării forței de muncă lucrătoare în industrie. Multe dintre noile blocuri au fost ridicate pe terenuri cu favorabilitate redusă pentru locuire, în ritm rapid și fără a lua în considerare necesitățile de adaptare la substratul geologic sau la alți factori cu acțiune restrictivă asupra proiectării construcțiilor.

Între orașele selectate există diferențe de încadrare taxonomică bazată pe mărimea demografică. Conform clasificării lui Ilinca (2012), Iașiul și Galațiul fac parte din categoria orașelor foarte mari (cu peste 300.000 de locuitori), în timp ce Vasluiul se încadrează în diviziunea orașelor mari (cu 100.001-200.000 de locuitori), iar Focșaniul în categoria orașelor de mărime supermedie (cu 50.001-100.000 de locuitori).

Conform ierarhiei centrelor polarizatoare elaborată de Istrate (2008), cele 4 municipii de referință sunt reprezentative pentru primele 3 categorii de centre polarizatoare în ordinea importanței. Iașiul reprezintă un centru polarizator de prim rang, fiind o metropolă regională cu funcții complexe. Galațiul aparține tipologiei centrelor polarizatoare de rangul II, fiind un „centru coordonator de echilibru” și o „metropolă (sub)regională”, cu influență și în afara regiunii Moldovei (spre Sud și Sud-Est), ca urmare a poziției sale periferice (Istrate 2008). Pe de altă parte, Vasluiul și Focșaniul se încadrează în categoria centrelor de polarizare de rangul III, cu influență la nivel județean și funcții mixte. În acest context, merită menționate relațiile de subordonare dintre binomurile Vaslui-Iași și Focșani-Galați (Istrate 2008).

Municipiile Iași, Vaslui și Galați sunt reședințe administrative pentru județe marginale de la granița de Est a României, motiv pentru care îndeplinesc și rolul de nuclee urbane cu funcție polarizantă pentru euroregiunile transfrontaliere: Iași și Vaslui pentru Euroregiunea Prutul Superior și Galați pentru Euroregiunea Dunărea de Jos (Săgeată 2006). În schimb, municipiul Focșani este reședința județului Vrancea și nu este afiliat niciunei euroregiuni.

Din punctul de vedere al apartenenței la regiunile de dezvoltare de pe teritoriul României, se remarcă diviziunea pe binomuri a celor 4 așezări urbane de referință. Iașiul și Vasluiul sunt incluse Regiunii de Dezvoltare Nord-Est – pentru care Iașiul are rol de pol de creștere, în timp ce

Galațiul și Focșaniul aparțin Regiunii de Dezvoltare Sud-Est – pentru care municipiul dunărean are rol de pol de dezvoltare.

Aceste afilieri și roluri în cadrul regiunilor de dezvoltare sunt edificatoare pentru statutul socio-economic al așezărilor urbane de interes. În prezent, Iașiul se constituie drept cel mai important centru urban al regiunii Moldovei, având profil funcțional complex cu puternice valențe culturale și educaționale. Dintre municipiile selectate, următorul loc în ordinea importanței este deținut de Galați, ce se remarcă prin funcția sa portuară și evoluția economică ascendentă din perioada comunismului, bazată pe productivitatea ridicată a industriei grele. Vasluiul și Focșaniul reprezintă centre urbane de importanță mai redusă, cu profil funcțional complex, necompetitive pe plan național din punct de vedere economic, cu tendințe de stagnare în ceea ce privește evoluția social-economică.

Studiile de caz sunt structurate pornind de la aspectele generale privind poziția geografică și factorii naturali relevanți în contextul producerii unui seism major, continuând cu o serie de elemente de geografie umană, de asemenea relevante pentru contextul propus – originea și dezvoltarea urbană, evoluția teritorială, morfologia urbană. De asemenea, este prezentat istoricul seismelor de anvergură care au afectat aria de studiu în decursul timpului, precum și aspecte legate de dimensiunile vulnerabilității, ce au fost utilizate în analiza multicriterială comparativă. A doua parte a studiului de caz constă în analiza descriptivă a rezultatelor chestionarului privind percepția locuitorilor ariei de studiu asupra riscului seismic, iar a treia parte cuprinde elemente de detaliere a situației imobilelor rezidențiale încadrate în diverse clase de risc seismic din aria de studiu.

În cadrul rezumatului, au fost incluse doar aspectele privind poziția geografică, factorii naturali relevanți în contextul manifestării unui seism major, istoricul seismelor importante ce au afectat ariile de studiu, aspecte privind dimensiunile vulnerabilității seismice specifice ariilor de studiu și analiza clădirilor rezidențiale expertizate tehnic din cadrul acestora. Vulnerabilitatea de ordin geotehnic și fizic este descrisă pe larg, iar cele de natură social-economică, sistemică și vulnerabilitatea asociată capacității de coping sunt redate succint; o analiză detaliată putând fi consultată în cadrul tezei. Anexa 4 redă elemente ale analizei descriptive a rezultatelor chestionarului privind percepția locuitorilor ariilor de studiu asupra riscului seismic, iar interpretarea acestora poate fi consultată în cadrul tezei de doctorat, ca parte integrantă a studiilor de caz.

## 7.2. Studiu de caz: Municipiul Iași

### 7.2.1. Introducere

Municipiul Iași este situat în partea de Nord-Est a României, iar în cadrul județului a cărui reședință este, se află poziționat în partea central-estică (Figura 14). Acesta reprezintă un pol cultural și de creștere la nivel național, întrecând din punctul de vedere al mărimii demografice și importanței reședințele de județ din Regiunea de Dezvoltare Nord-Est (SIDU ZMI 2015-2030, 2017). Teritoriul urban s-a dezvoltat în lunca și pe cele 7 terase ale Bahluiului, care se succed vertical de la 20 la 170 m altitudine relativă (Barbu și Ungureanu 1987). Prin urmare, substratul geologic este de tip sedimentar și, în mare parte, de vârstă recentă.

Fiind situat la aproximativ 265 km față de VR, Iașiul se află sub incidența cutremurelor originare în această arie seismogenă (Knapp et al. 2005). Vacareanu et al. (2016) afirmă că Iașiul este al doilea oraș din țară, în termeni de risc seismic. Evenimente seismice notabile au afectat municipiul Iași în secolele mai îndepărtate – mai exact în anii 1471, 1516, 1620, 1738, 1802, dar și în secolul XX, în anii 1940 și 1977.

De altfel, autoritățile locale sunt conștiente de importanța vulnerabilității seismice a Iașiului, riscul seismic ridicat și „Apropierea de perioada expirării termenelor de valabilitate a clădirilor de locuințe colective construite în perioada comunistă” fiind menționate în Strategia Integrată de Dezvoltare Urbană a Zonei Metropolitane Iași realizată pentru anii 2015-2030, în cadrul analizei SWOT, la capitolul amenințărilor ce vizează locuirea. În cadrul aceluiași document este recunoscut faptul că în Zona Metropolitană Iași există un număr mare de construcții cu risc seismic ridicat, iar pentru rezolvarea acestei probleme se propune realizarea de expertize tehnice și lucrări de consolidare a construcțiilor de pe lista imobilelor cu risc seismic ridicat. Scopul propus este ca, până în 2023, 30% dintre clădirile incluse în lista imobilelor cu risc seismic crescut să fie expertizate tehnic și consolidate. Pentru anul 2030, procentul propus pentru atingerea acestor scopuri crește la 50% (SIDU ZMI 2015-2030, 2017).

Municipiul este traversat și de afluenții Bahluiului, Nicolina și Șorogari (numit în Evul Mediu Cacaina). Râurile Bahlui și Nicolina, alături de calea ferată, reprezintă și astăzi adevărate linii de discontinuitate socio-spațială, care separă nucleul central-nordic cu valențe culturale și estetice, de zona sudică a cartierelor muncitorești și platformelor industriale (Stoleru 2008).

Iașiul se remarcă drept unul dintre cele mai dinamice așezări urbane din țară, atât din punct de vedere economic, cât și din punct de vedere cultural. Fostă capitală a statului feudal al Moldovei în perioada 1564-1859 și apoi una dintre cele două capitale ale Principatelor Unite (1859-1862), Iașiul a fost pentru scurt timp și capitală a Regatului României (1916-1918). Astăzi, Iașiul își păstrează funcția de centru administrativ județean și al Regiunii de Dezvoltare Nord-Est, având totodată și cea mai bine populată arie metropolitană, după București (Site Zona Metropolitană Iași 2021).

### 7.2.2. Poziție geografică

Municipiul Iași este localizat la 47°9'44" latitudine N și 27°35'20" longitudine E, în partea de Nord-Est a Podișului Moldovei, mai exact la contactul Câmpiei Jijiei cu Podișul Central Moldovenesc (Figura 14). Acesta este reședința județului cu aceeași denumire; ocupând în cadrul său o poziție central-estică. Perimetrul urban este străbătut de râul Bahlui și afluenții săi (Nicolina și Șorogari), aparținând, deci, bazinului hidrografic al Prutului.

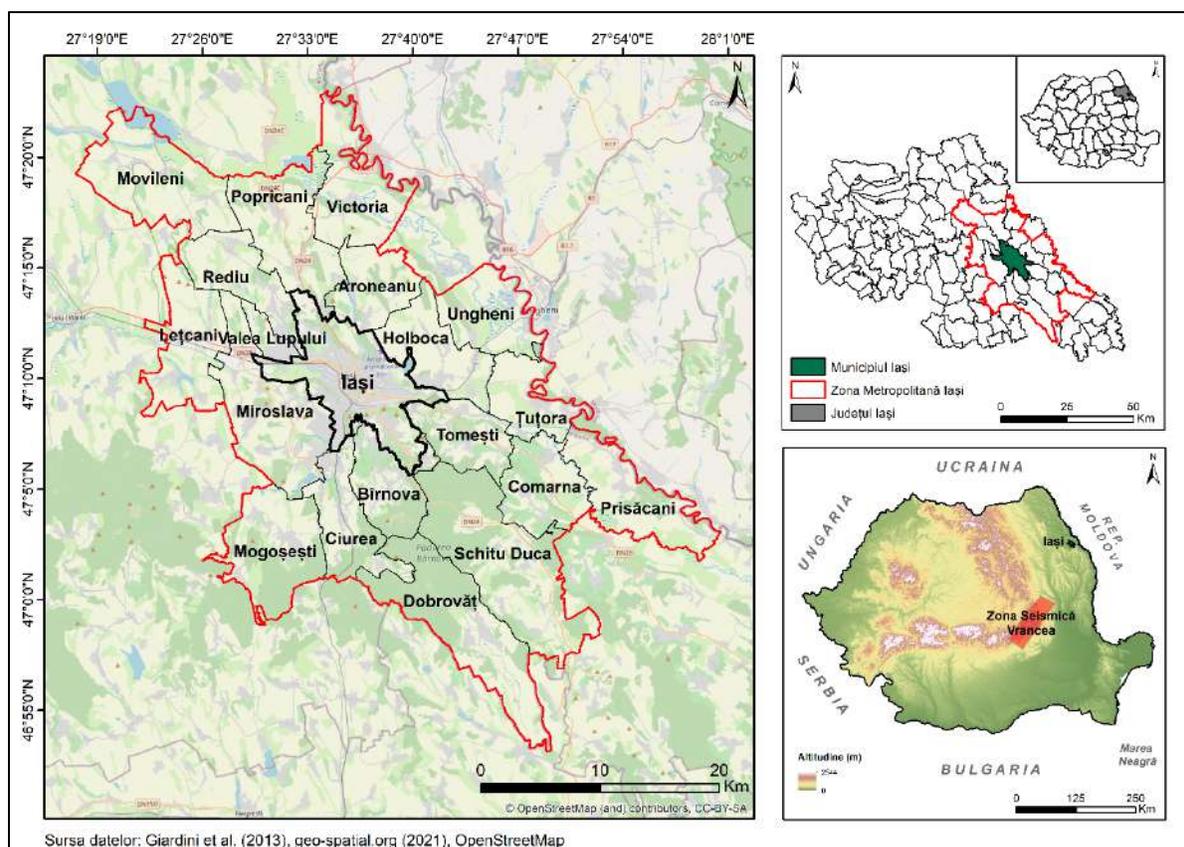


Figura 14. Poziția geografică a municipiului Iași

Iașiul este poziționat în apropierea graniței cu Republica Moldova, ceea ce face ca influența sa să transcendă scările regionale și naționale. În Strategia Integrată de Dezvoltare Urbană a Zonei Metropolitane Iași pentru perioada 2015-2030 este menționat faptul că municipiul de referință are rolul de „poartă dinspre Est, respectiv interfață între Uniunea Europeană și Republica Moldova (și, mai departe Ucraina și Europa de Est)”. De menționat este și apartenența Iașiului la sistemul transfrontalier din care fac parte și orașele Chișinău și Bălți din Republica Moldova și din sistemul regional Iași-Bacău-Suceava-Botoșani-Piatra Neamț-Vaslui.

Țesutul urban al Iașiului se dezvoltă în lunca Bahluiului și pe relieful unor coline cu aspect domol (situate pe partea stângă a Văii Bahluiului) și pe dealurile și platourile ce țin de Coasta Iașilor (localizate pe partea dreaptă a acestei văi). Cele 7 coline care au inspirat apelativul de „oraș al colinelor” sunt: Breazu, Bucium-Păun, Cetățuia, Copou, Galata, Repedea și Șorogari. Aspectul general este cel de amfiteatru natural, determinat pe de-o parte de plasarea celor mai mari altitudini spre limitele nordice (dealurile La Coșari, Rediu, Șorogari, Aroneanu) și limitele sudice (dealurile Mirolava, Galata, Cetățuia, Socola, Căprița, Vlădiceni, Trelea, Păun) și, pe de altă parte, de reducerea altitudinilor spre Valea Bahluiului, în mod treptat pe partea stângă și mai brusc pe dreapta (Barbu și Ungureanu 1987).

În jurul Iașiului se dezvoltă a doua cea mai extinsă Zonă Metropolitană din România (1.159 km<sup>2</sup>), cu o populație de 500.668 locuitori în 2018 (Site Zona Metropolitană Iași 2021). Dintre aceștia, 375.269 persoane aveau domiciliul în municipiul Iași (INS 2018). Aceasta este prima zonă metropolitană din România și datează din aprilie 2004. Inițial, zona cuprindea municipiul Iași și cele 13 comune adiacente (Aroneanu, Bârnova, Ciurea, Holboca, Lețcani, Mirolava, Popricani, Rediu, Schitu Duca, Tomești, Ungheni, Valea Lupului și Victoria), la care s-au adăugat alte 6 comune cu statut de membru activ (Comarna, Dobrovăț, Mogoșești, Movileni, Prisăcani și Țuțora) (Figura 14).

### **7.2.3. Factori naturali relevanți în contextul producerii unui seism major**

Perimetrul municipiului Iași se suprapune părții central-estice a Platformei Moldovenești, unitate cu o îndelungată evoluție paleogeografică, consolidată încă din Proterozoic și alcătuită din două etaje structurale (soclul și cuvertura) (Băcăuanu et al. 1980). În cadrul platformei, la peste 1.121 m adâncime, se întâlnesc elementele unui sistem montan ce se aseamănă prin vârstă

cu cele din Estul și Nordul Europei. Formarea acestuia a început prin cutările arhaice, definitivându-se în timpul cutărilor elsoniene din proterozoicul mijlociu. Alcătuit din șisturi cristaline cu intruziuni granitice, sistemul montan din baza platformei s-a cratonizat în timp, căpătând stabilitate geologică. Denudarea pe cale erozională și nivelarea au determinat transformarea sa într-o suprafață sculpturală ce corespunde peneplenei soclului cristalin precambrian. Ulterior, au avut loc mișcări epirogenetice basculante, urmate de cicluri de sedimentare răspunzătoare pentru formarea cuverturilor (Barbu și Ungureanu 1987). Astfel, în zona municipiului Iași se disting patru cicluri de sedimentare: ciclul vendian-ordovician, ciclul silurian, ciclul cretacic și ciclul badenian-basarabian.

Relieful actual a rezultat în urma exondării de la finalul sarmațianului mediu și începutul sarmațianului superior, când câmpia de acumulare marină a fost fragmentată într-un relief cu altitudini mai reduse. Cele mai recente depozite geologice au grosimi de 10-30 m și corespund teraselor: nisipuri, pietrișuri, argile și luturi loessoide. Acestea li se adaugă, pe același palier de vechime, aluviunile din lunca Bahluiului și de pe văile afluenților, precum și argilele și luturile nisipoase din zona de racord a teraselor Bahluiului sau din baza versanților. Tot de vârstă recentă sunt și argilele, nisipurile și blocurile de calcare sau gresii, alături de luturile cu lentile de pietriș din cuverturile deluviale ale versanților afectați de alunecări de teren și depozitele nisipo-argiloase și lutoase, cu intercalații de nisipuri și pietrișuri din conurile de dejecții (Barbu și Ungureanu 1987). Fiecare dintre aceste formațiuni geologice de adâncime sau de suprafață prezintă o anumită reacție la șocurile seismice, ceea ce imprimă un caracter complex sub raport seismic al zonei municipiului Iași.

Cu referire la aspectele geomorfometrice, se impune a menționa variația valorilor altitudinale și cele ale pantelor, pe teritoriul municipiului Iași. Altitudinile oscilează între 32,42 m și 371,55 m, valoarea medie fiind de 87,71 m, cu o deviație standard de 56,04 m. Aceste valori, precum și harta hipsometrică a teritoriului municipiului au fost obținute pe baza unui MNAT obținut prin scanarea aeriană laser LiDAR. Rezoluția MNAT-ului este de 5 x 5 m. Harta hipsometrică a așezării urbane de referință (Figura 15) înfățișează amintitul aspect de amfiteatru natural larg; altitudinile cele mai ridicate întâlnindu-se în extremitățile de Sud-Est (peste 350 m) și Nord-Vest (peste 200 m) ale teritoriului. Axul central al perimetrului urban, care corespunde Văii Bahluiului, este caracterizat de altitudini reduse, sub 50 m, care cresc treptat spre Nord-Vest și Sud-Est, urmând înclinarea stratelor geologice. Se observă că șesul Bahluiului este mai extins

pe partea sa dreaptă, spre Sud. Pe această formă de relief plană se grefează cartiere cu densități mari ale populației, precum Canta, Dacia, Alexandru cel Bun, Sf. Andrei, Centru, Podul de Fier, Tudor Vladimirescu, Ciurchi și Metalurgiei.

Colinele de 100-150 m din partea de Nord a teritoriului urban, pe care se grefează cartierele Păcurari, Crucea Roșie, Copou, Țicău, Sărărie, Moara de Vânt prezintă versanți clar conturați (Figura 15). Pe de altă parte, colinele din partea de Sud-Vest a Iașiului sunt mai domoale, având altitudini similare – în această parte desfășurându-se cartierul Galata. Cartierul Bucium din partea extrem Sud-Estică a Iașiului, unde se întâlnesc și altitudini de peste 350 m, prezintă versanți abrupti, fapt reliefat de apropierea curbelor de nivel.

Distribuția hipsometrică influențează și distribuția valorii pantelor, alături de factorii geologici și cei de modelare subaeriană. Valorile pantelor variază în limite largi – ca urmare a rezoluției ridicate (5 x 5 m) a MNAT-ului pe baza căruia a fost construită harta pantelor (Figura 16), între 0° și 54,4°. Panta medie este redusă (4,94°), întrucât teritoriul municipiului este dominat de suprafețele plane ale podurilor de terasă și albiilor majore, în timp ce deviația standard ajunge la 4,95°. Cele mai ridicate valori ale pantelor, de peste 50° sunt întâlnite în mod izolat, în cazul unor porțiuni mai abrupte ale versanților din zonele Galata și Bucium. Valori ale pantelor de 10°-20°corespund cartierelor sudice – Bucium, CUG, Frumoasa, Bularga. Cartierele Păcurari, Alexandru cel Bun, Mircea cel Bătrân, Gară, Tudor Vladimirescu, Nicolina 1 și 2, Tătărași Sud, Zona Industrială și Baza 3 prezintă pante reduse, sub 10°, însă cele mai reduse valori (sub 5°) sunt asociate axului central marcat de Valea Bahluiului. (Figura 16).

Se evidențiază și întinsele suprafețe nefavorabile sau cu favorabilitate medie pentru construire, cu rol de segregare spațială și influență limitativă pentru extinderea teritorială a Iașiului. Este vorba despre terenurile caracterizate de exces de umiditate (din lunca Bahluiului și Nicolinei), versanții cu pante mari ce determină frecvența ridicată a proceselor geomorfologice (cartierele Țicău, Moara de Vânt-Brândușa, versantul drept al Nicolinei, cel nordic al Dealului Galata, versanții Ciricului). În trecut, aceste cartiere erau locuite de pătura săracă a populației ieșene, ulterior dezvoltându-se fie drept cartiere de blocuri cu inserții de unități industriale (în Sudul și Sud-Estul orașului), fie drept cartiere de locuințe individuale dezvoltate pe versanții abrupti (Stoleru 2008).

Caracteristicile terenurilor nefavorabile construirii au rolul de a potența vulnerabilitatea seismică prin posibilitatea producerii fenomenului de lichefiere în zonele limitrofe râurilor, cu

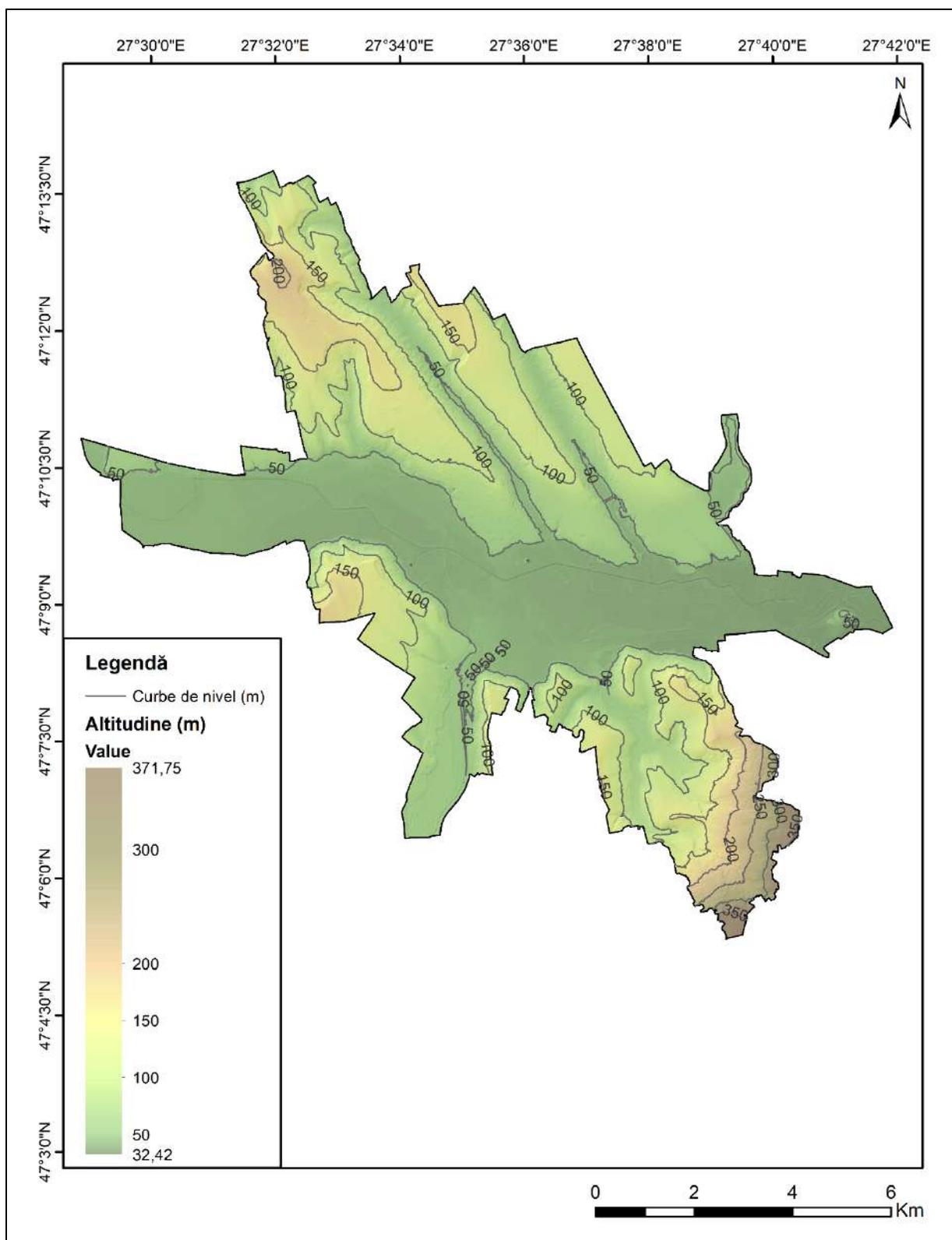
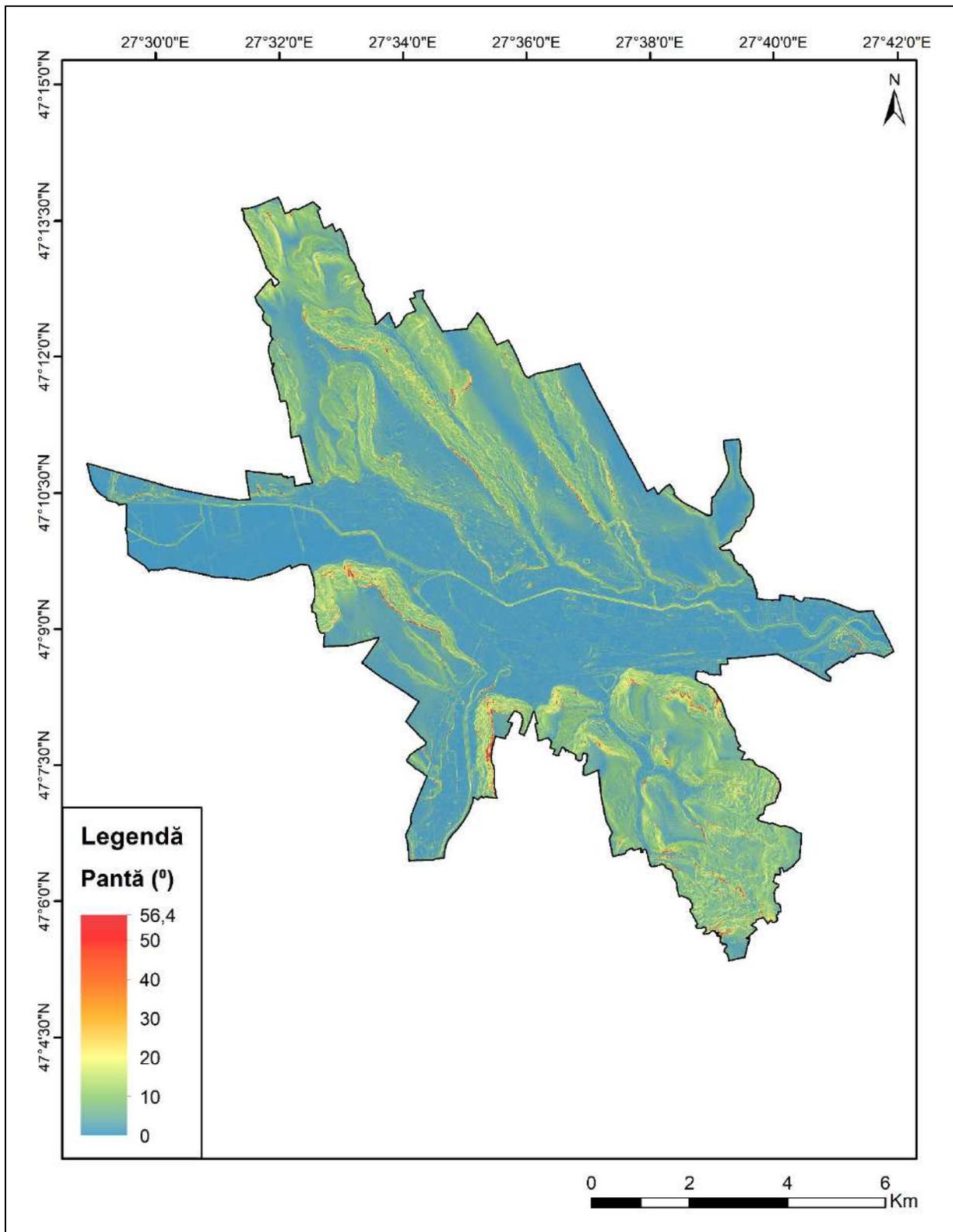


Figura 15. Harta hipsometrică a teritoriului municipiului Iași



*Figura 16. Harta pantelor teritoriului municipiului Iași*

exces de umiditate sau prin favorizarea producerii alunecărilor de teren, în cartierele rezidențiale dezvoltate pe versanți. Inventarul geomorfologic al alunecărilor de teren din municipiu a fost realizat de Necula și Niculiță (2017), iar cel de la nivelul județului Iași de către Niculiță et al. (2017). Pe teritoriul municipiului se întâlnesc în total 1.498 de alunecări de teren, ariile cel mai frecvent afectate de reactivări ale acestora, în ultimii 100 de ani, fiind partea de Nord-Est a Dealului Copou (zonele Țicău, Sărărie), zona Grădinii Botanice, cartierul Munteni, Dealul Galata și Dealul Bucium. De asemenea, zonele urbane conturate în timpul perioadei comuniste – Breazu, Ciric, Cetățuia-Vișani, sunt predispuse la reactivarea alunecărilor de teren (Necula și Niculiță 2017). Pe lângă rolul pe care îl ocupă în rândul efectelor de tip cascadă ce pot fi declanșate de seisme, alunecările de teren impun și restricții referitoare la extinderea urbană, individualizându-se drept factori ce trebuie luați neapărat în considerare în demersurile de planificare teritorială și extindere urbană (Necula și Niculiță 2017).

De altfel, extinderea teritorială a municipiului nu mai este dependentă de nivelul vulnerabilității induse de caracteristicile terenului, acesta constituindu-se drept un element de diferențiere economică a rezidenților. Fenomenul este pus în evidență de ridicarea unor cartiere rezidențiale de lux în zonele cu niveluri medii și ridicate ale vulnerabilității determinate de particularitățile terenului: cartierul Bucium, zona Iezăreni, versantul nordic al Dealului Galata (Stoleru 2008).

După cum a fost menționat și în partea introductivă a acestui studiu de caz, autoritățile locale ieșene sunt informate cu privire la nivelul ridicat de vulnerabilitate seismică a municipiului. În vederea atingerii dezideratelor de expertizare tehnică și consolidare a 30% dintre clădirile cu risc seismic ridicat până în 2023 și a 50% dintre acestea până în 2030, se estimează că se vor aloca fonduri în valoare de 150.000 euro sau 664.500 lei. Proveniența acestui capital este legată de bugetul local, fonduri private și alte surse, iar proiectul cu desfășurare în 2017-2023 este la stadiul de idee (SIDU ZMI 2015-2030, 2017).

#### **7.2.4. Istoricul seismelor**

Prin poziția sa, municipiul Iași se află sub incidența cutremurelor cu origine în VR. Izvoarele istorice din secolele XV-XX înregistrează astfel de fenomene geologice, care au avut impact asupra așezării urbane de interes, în anii 1471, 1516, 1620, 1738, 1802, 1868, 1894, 1908

(Barbu și Ungureanu 1987, Rogozea et al. 2016). Dintre acestea, cel mai puternic a fost cutremurul din 26 octombrie 1802, supranumit „cutremurul cel mare”, cu o magnitudine de 7,9  $M_w$  (Georgescu și Pomonis 2012) și o intensitate estimată la VIII-IX pe scara Mercalli. Cutremurul a afectat puternic toată țara și chiar Republica Moldova și Bulgaria, la București producându-se chiar prăbușirea unei părți din Turnul Colțea și pierzându-și viața 4 persoane.

În secolul trecut s-au produs cutremure de magnitudine ridicată pe 10 noiembrie 1940 (7,6-7,7  $M_w$ ), 4 martie 1977 (7,4-7,5  $M_w$ ), 30 august 1986 (7,1-7,3  $M_w$ ) și 30, 31 mai 1990 (7,0-7,1  $M_w$  și 6,4  $M_w$ ) (Oncescu et al. 1999a, Georgescu 2004, Georgescu și Pomonis 2012, Pantea și Constantin 2013, INFP 2017). Seismele au avut intensități diferite, condiționate de mai mulți factori, printre care și substratul geologic, specificul clădirilor afectate și particularitățile comunităților umane expuse.

Cutremurul din 1940 se remarcă drept al doilea cel mai puternic seism înregistrat în România, după cel din 1802. Magnitudinea sa a fost estimată la 7,4 MG-R, valoare echivalentă cu 7,6-7,7  $M_w$ , iar adâncimea focarului a fost apreciată la 150 km (Demetrescu 1941, citat de Georgescu și Pomonis 2012). Numărul total de victime omenești s-a ridicat la 593 morți și 1.271 răniți (Georgescu și Pomonis (2012)). La Iași, s-au înregistrat 8 decese (Sima 1982 citat de Georgescu și Pomonis 2012) și 5 cazuri de rănire (Georgescu și Pomonis 2012).

Revista L'illustration (1940) menționa Iașul pe lista centrelor urbane în care s-au înregistrat cele mai mari distrugerii, alături de București, Focșani, Galați, Ploiești, Târgoviște, Câmpina, Mizil. Impactul ridicat al acestui seism asupra fostei capitale a Moldovei este confirmat și de Bala și Toma-Danila (2016) și de Cioflan et al. (2016).

Conform hărții intensității macroseismice realizate de Pantea și Constantin (2011), valoarea intensității specifică municipiului Iași a fost de VIII-IX MSK. De subliniat este faptul că aceiași cercetători apreciază că intensitatea macroseismică a acestui cutremur crește spre Nord-Nord-Est.

Cutremurul din 4 martie 1977 a avut o magnitudine de 7,4-7,5  $M_w$  (Georgescu și Pomonis 2012) și a rămas în mentalul colectiv drept unul dintre cele mai tragice evenimente de acest fel din România. Pe baza datelor oferite de Kronrod et al. (2013), Harta intensităților macroseismice (pe scara MSK64) pentru cutremurul din 4 martie 1977 de pe portalul MOBEE (2021), indică o intensitate de VII MSK a cutremurului de referință, pentru municipiul Iași („Distrugător”). Valoarea se coroborează cu gradul VII-VIII MSK apreciat de Pantea și Constantin (2013) pentru

zona înconjurătoare Iașiului – intensitatea specifică municipiului nu a putut fi determinată ca urmare a lipsei chestionarelor macroseismice din cadrul arhivei consultate de autori, și cu gradul VI al intensității instrumentale a seismului, redată de harta de tip ShakeMap (INCDFP 2011a).

În mod oficial, cutremurul din 1977 nu s-a soldat cu victime în municipiul Iași, dar Georgescu și Pomonis (2012) menționează printre consecințele seismului decesul a 4 persoane și rănirea a 270-440 de oameni din județul Iași. Consecințele negative ale seismului amintite de presa vremii sunt, în mare parte, laconice și incomplete, ca urmare a tendinței de diminuare a valorii adevăratelor pagube de către autoritățile regimului comunist. În legătură cu municipiul de referință, presa menționează următoarele: „deteriorate: hale industriale, Palatul Culturii, săli de teatru, cinema, cămine studențești, locuințe” (Buhoiu et al. 1977). Au fost avariate rețelele de telecomunicații, precum și utilajele platformelor industriale ieșene, semnalându-se și lichefierea depozitelor nisipoase (Cornea și Radu 1979). Alte mărturii incluse în cartea tip cronică a cutremurului din 1977 menționează că „La Iași, nu exista clădire neatinsă: Platul Administrativ, prezenta crăpături mari; facultatea de medicină a devenit inutilizabilă; dezastrul cel mai mare a fost la Râpa Galbenă” (Buhoiu et al. 1977).

Georgescu și Pomonis (2008) apreciază că 48,3% dintre locuințele existente în județul Iași au fost afectate de seism – mai multe decât în București (47,8%). Această anvergură a pagubelor materiale este explicată de numărul ridicat de clădiri cu vechime mare din Iași, construite în special din cărămidă. De asemenea, 13% dintre locuințele distruse la nivel național și 23% dintre locuințele care au necesitat reparații din totalul național, se aflau în județul Iași (Georgescu și Pomonis 2008).

Pagubele semnificative înregistrate la nivelul Iașiului sunt semnalate și de către Crucea Roșie într-un comunicat către Liga Societăților de Cruce Roșie (Buhoiu et al. 1977). Sursele oficiale enunțau că Iașiul s-a aflat în categoria orașelor în care efectele cutremurului au fost mai puțin grave. În comunicatul Consiliului de miniștri emis în data de 12 noiembrie 1977 se menționează: „[...] cutremurul a avut un caracter mai grav în patru centre: București, Valea Prahovei, Galați și Focșani; a doua zonă, cu efecte mai puțin grave, a fost constituită din: Turnu-Măgurele, Cîmpulung, Tîrgoviște, Mizil, Rîmnicul Sărat, Tecuci, Bîrlad, Iași, Brăila [...]” (Buhoiu et al. 1977).

În termeni de intensitate, se menționează gradul 7 pentru o suprafață de 100.000km<sup>2</sup>, extinsă de la Craiova și Zimnicea până spre Iași și dincolo de Prut (Cornea și Radu 1979).

Ulterior, intensitatea macroseismică a fost stabilită la 8 grade pe scara MSK64 (Kronrod et al. 2013), gradul de percepție specific fiind „distrugător”. Aceasta înseamnă că erau posibile prăbușirea totală sau parțială a unor clădiri, răsturnarea mobilelor din locuințe, producerea alunecărilor de teren pe versanții abrupti, precum și apariția crăpăturilor în teren.

Ca în toate localitățile afectate, încercările de revenire la normal au mobilizat numeroși voluntari, inclusiv elevi și studenți. Presa vremii ține să amintească ritmul rapid de redresare: ziarul Pravda publică un articol despre normalizarea vieții, în care se subliniază faptul că „Lucrările pentru salvarea oamenilor și restabilirea activității întreprinderilor se desfășoară zi și noapte. În aceste zile și-au reluat lucrul uzinele și fabricile din județele Bacău, Brăila, Iași, Ilfov, Covasna și Vaslui” (Buhoiu et al. 1977).

Seismele de la finalul secolului trecut nu au provocat victime omenești în municipiul Iași, având magnitudini mai reduse. Evenimentul seismic din 30 august 1986 (7,1-7,3 MW) s-a produs la 133 km adâncime (Alcaz et al. 2010, Georgescu și Pomonis 2012). Conform hărții de tip ShakeMap realizată de INCDFP (2011b), intensitatea instrumentală specifică din zona Iașiului a atins gradul VI. Această valoare este asociată unor pagube potențiale de nivel redus și unor mișcări percepute ale scoarței terestre ce pot fi calificate drept puternice.

Seismele de la finalul lunii mai 1990 au înregistrat magnitudini de 7,0-7,1  $M_w$ , respectiv 6,4  $M_w$ , având hipocentrele la mai puțin de 100 km adâncime (Georgescu și Pomonis 2012, Kronrod et al. 2013). Acestea nu au provocat pagube însemnate la Iași, fapt redat și de valorile intensității instrumentale de pe hărțile ShakeMap, de V grade pentru seismul din 30 mai 1990 și de IV grade pentru seismul din 31 mai 1990 (INCDFP 2010, 2011c).

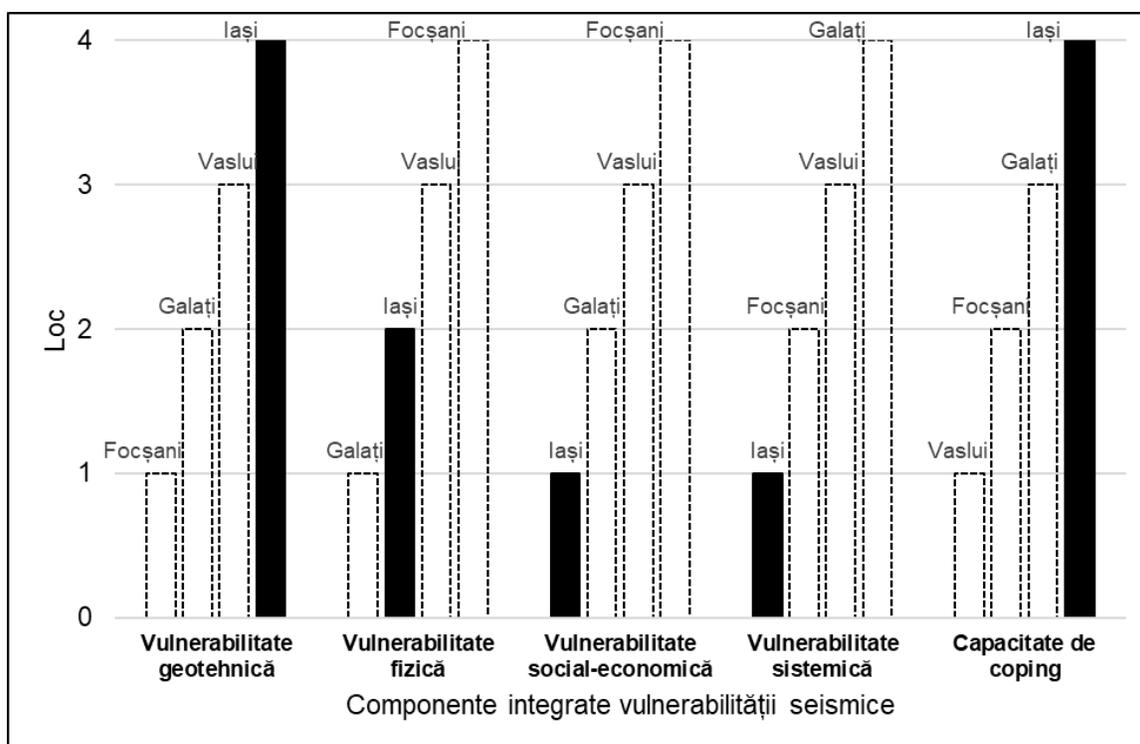
### **7.2.5. Dimensiunile vulnerabilității seismice specifice municipiului Iași**

Analizele modulare efectuate cu privire la dimensiunile vulnerabilității seismice arată faptul că municipiul Iași prezintă, în general, niveluri ridicate în ceea ce privește vulnerabilitatea de ordin social-economic, sistemic, fizic și niveluri mai reduse ale vulnerabilității geotehnice. Acestea sunt relevate de locurile din prima jumătate a ierarhiilor municipiilor cu privire la dimensiunile în cauză.

În ceea ce privește vulnerabilitatea seismică social-economică și cea sistemică, fosta capitală a Moldovei se situează pe locul 1 al clasamentului ariilor de studiu (Figura 17). Nivelul său de vulnerabilitate seismică structurală este mai dificil de plasat în raport cu municipiul

Galați, putându-se considera că vulnerabilitatea celui din urmă este superioară celei specifice Iașiului, însă apropiată valoric. Pe de altă parte, poziția geografică a Iașiului și condițiile locale ale cadrului natural plasează aria de studiu de interes pe ultimul loc în clasamentul referitor la vulnerabilitatea geotehnică.

Importantă este și capacitatea de coping a populației ieșene în contextul manifestării unui seism major. Municipiul de referință este plasat pe locul 4 în cadrul clasamentului ce arată vulnerabilitatea asociată capacității de coping, ceea ce înseamnă populația sa prezintă o bună capacitate de coping. În acest caz, locul 4 nu relevă o valoare scăzută a scorului final aferent capacității de coping, ci un nivel redus de vulnerabilitate seismică.



*Figura 17. Locurile ocupate de municipiul Iași în cadrul ierarhiilor privind dimensiunile vulnerabilității seismice*

### 7.2.5.1. Vulnerabilitatea seismică geotehnică

Indicatorii vulnerabilității geotehnice specifici municipiului Iași converg către un nivel redus al acestei dimensiuni a vulnerabilității seismice (Tabelul 22). Atât distanța față de zona VR, cât și valoarea accelerației terenului pentru proiectare și proporția suprafețelor de versant cu pante de cel puțin 20° atenuază vulnerabilitatea geotehnică. Un posibil rol de potențare a

acesteia revine factorului geologic – o mare parte din municipiul Iași fiind greșit fie pe depozite sedimentare saturate de luncă, fie pe depozite deluvio-proluviale aferente versanților.

**Tabel 22. Indicatorii vulnerabilității geotehnice a municipiului Iași**

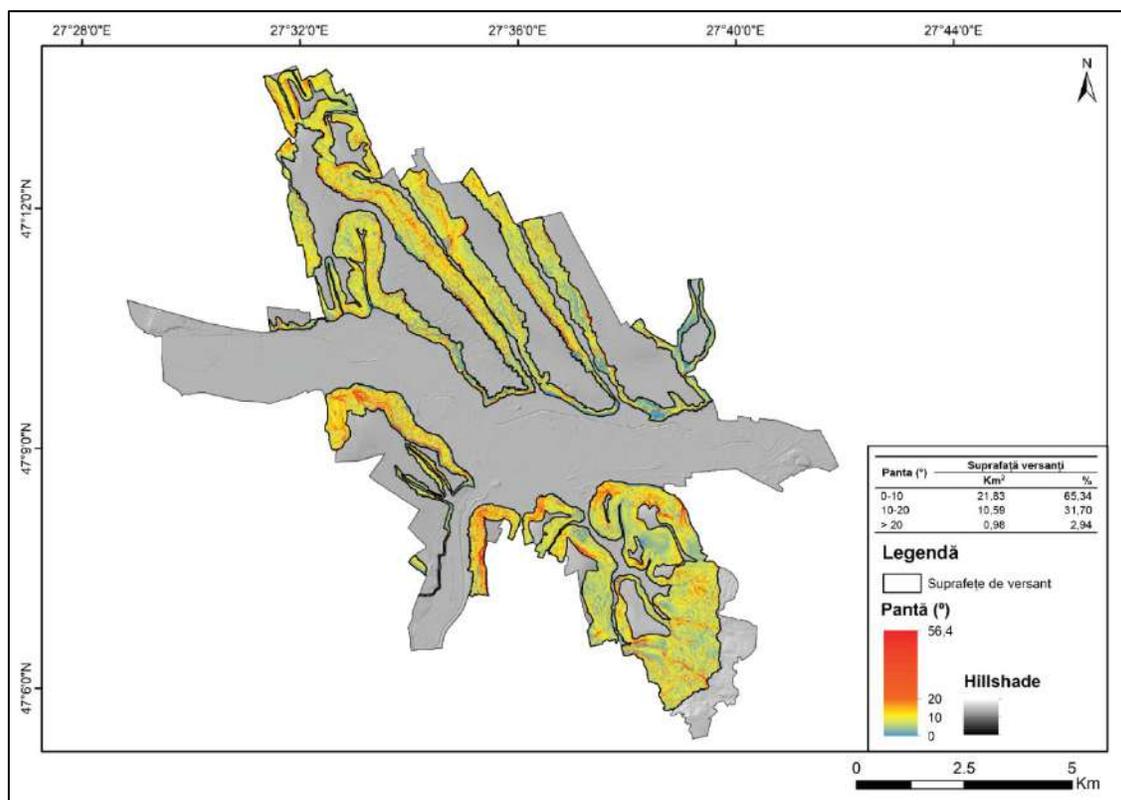
<b>Indicatori</b>	<b>Valoare</b>	<b>U.M.</b>	<b>Sursa datelor</b>
Distanța față de VR	265	km	Prelucrare SIG, Giardini (2013)
Accelerația terenului pentru proiectare (IMR = 225 ani, 20% probabilitate de depășire în 50 de ani)	0,25	g	UTCB (2013)
Ponderea suprafețelor de versant cu pante de minim 20°	2,94	Medie aritmetică	Prelucrare SIG, MNAT de mare rezoluție
Geologia depozitelor de suprafață	2,1	Medie ponderată	Prelucrare SIG, MNAT de mare rezoluție

Municipiul Iași este situat la aproximativ 265 km față de VR, fiind astfel cel mai îndepărtat dintre cele patru așezări urbane selectate. Poziția sa geografică determină valori reduse (0,25 g) ale accelerației terenului pentru proiectare ( $a_g$ ) cu IMR de 225 de ani și 20% probabilitate de depășire în 50 de ani. Totuși, această valoare depășește pragul de 0,20 g setat pentru a desemna zonele cu risc seismic semnificativ.

Indicatorul privind proporția suprafețelor de versant cu pante de minim 20° înregistrează o valoare redusă (2,94%), având în vedere faptul că mai mult de o treime din suprafața municipiului este reprezentată de versanți. Aceasta este mai mică decât cea specifică Galațiului (5,68%), dar suprafața versanților cu pante de cel puțin 20° din cadrul Iașului (0,98 km<sup>2</sup>) este aproape dublă față de cea din orașul dunărean (0,43 km<sup>2</sup>). Astfel de suprafețe înclinate se găsesc în partea de Sud-Vest a teritoriului urban (zona de versant a Colinei Galata) și în partea de Sud (zonele Frumoasa și Bucium). La fel ca în cazul celorlalte arii de studiu, suprafața versanților este dominată de pante reduse, de maxim 10° (65,34%), dar proporția acestora este mai mică, fiind contrabalansată de ponderea de 31,7% a versanților cu pante de 10°-20° (Figura 18).

Rolul de potențare a vulnerabilității geotehnice a municipiului Iași revine depozitelor geologice de suprafață. Depozitele de albie majoră și cele de versant prezintă ponderi apropiate valoric (36,95% și 36,54%), iar cele caracterizate de un grad mai crescut de stabilitate constituie, la rândul lor, aproape o treime din suprafața urbană – 21,38% depozite de pod de terasă și 5,1% depozite de culme (Tabelul 23). Valoarea indicatorului specific (2,1) este intermediară prin

raportare la celelalte municipii, mai redusă decât ale Vasluiului (2,23) și Focșaniului (2,74), dar mai ridicată decât a Galațiului (1,82).

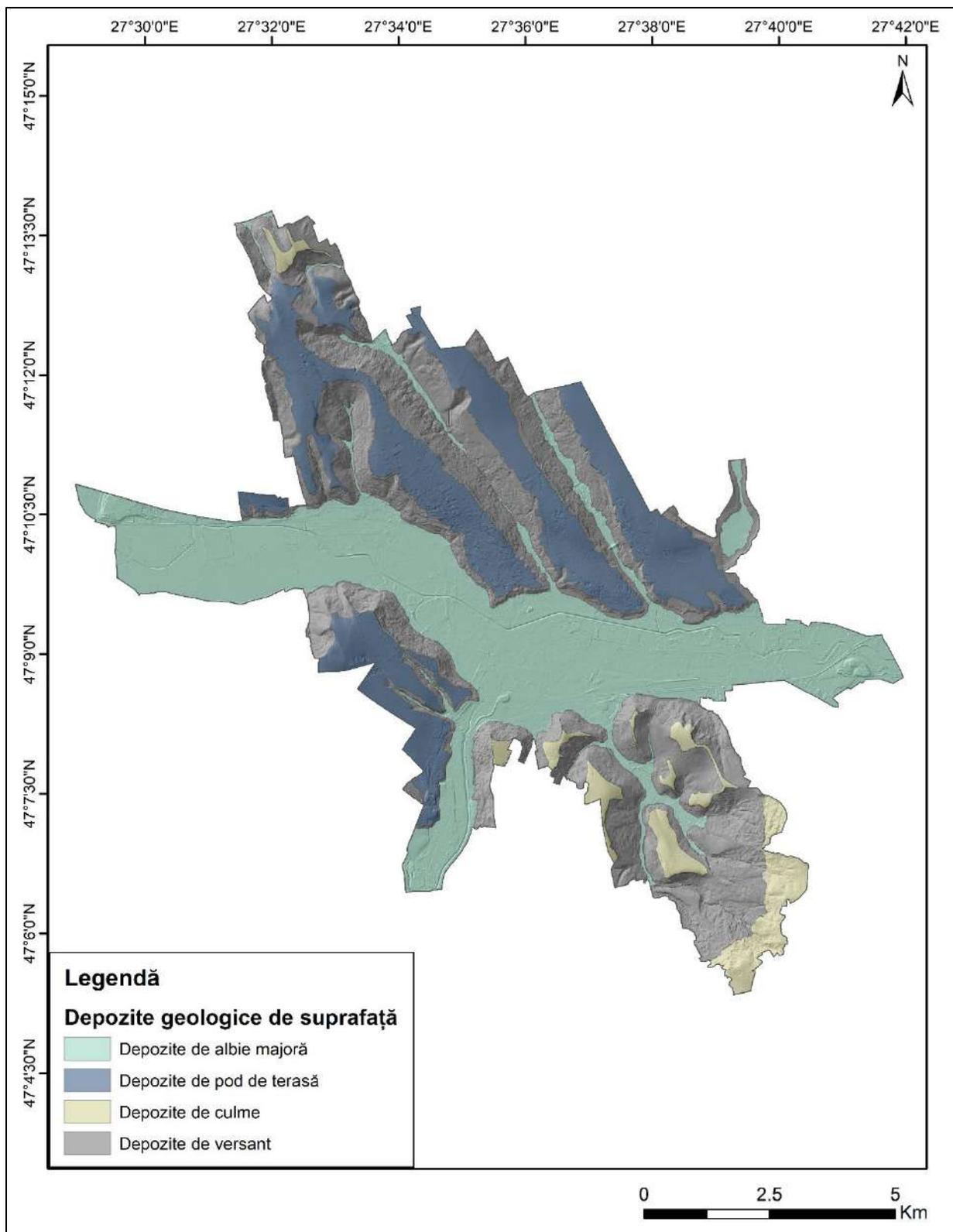


**Figura 18. Harta pantelor suprafețelor de versant de pe teritoriul municipiului Iași**

**Tabel 23. Date privind depozitele de geologice de suprafață de pe teritoriul municipiului Iași**

Tipuri de depozite geologice de suprafață	Suprafață		Alcătuire geologică/Vârsta (Institutul Geologic 1966)
	Km <sup>2</sup>	%	
Depozite de albie majoră	33,82	36,95	pietrișuri, nisipuri/holocen
Depozite de pod de terasă	19,56	21,38	pietrișuri, nisipuri/pleistocen
Depozite de culme	4,67	5,10	marne argiloase, gresii, calcare oolitice /basarabian
Depozite de versant	33,44	36,54	marne argiloase, nisipuri/basarabian

Ca areale cu un nivel deosebit de vulnerabilitate geotehnică, determinat de prezența depozitelor de albie majoră, alcătuite din nisipuri și pietrișuri, cu potențial de lichefiere crescut și cu adâncimi reduse ale pânzei freactice, se remarcă zonele rezidențiale Dacia, Alexandru cel Bun, Sf. Andrei, Centru, Podul de Piatră, Cantemir, Podul de Fier, Tudor Vladimirescu, Aviației, Metalurgie și zona industrială sud-estică (Figura 19). În cazul producerii unui seism major, și zonele urbane dezvoltate pe versanți din cartierele Copou, Țicău, Sărărie, Nicolina II, CUG I ar putea înregistra importante consecințe negative.



*Figura 19. Harta depozitelor geologice de suprafață ale municipiului Iași*

### 7.2.5.2. Vulnerabilitatea seismică fizică

Cele mai noi date privind fondul de locuințe din cadrul municipiului Iași arată că, în anul 2020, existau 130.925 de locuințe, dintre care 97,76% reprezentau proprietăți private (INS 2021). Creșterea procentuală a fondului de locuințe din perioada 2009-2012 a fost de 9,6%, așadar superioară mediei naționale de 4,5% și mediei Regiunii de Dezvoltare Nord-Est de 4,9%. Totuși, în anii 2012-2014, creșterea procentuală a fondului de locuințe s-a redus la 0,5%, fiind inferioară mediilor naționale și specifice Regiunii de Dezvoltare de apartenență (de 0,9%) (SIDU ZMI 2015-2030, 2017). Cu privire la clădirile rezidențiale existente în anul 2020 nu există date de detaliu, pentru analiza următoare fiind necesar apelul la datele ultimului RPL.

Indicatorii calculați pe baza setului de date amintit corespund unui nivel ridicat al vulnerabilității seismice fizice a Iașului (Tabelul 24). Numărul de clădiri rezidențiale, vechimea acestora, profilul lor de înălțime și materialele de construcție pot amplifica acest tip de vulnerabilitate – raționament ce trebuie privit cu precauție, ca urmare a lacunelor din seturile de date integrate.

**Tabel 24. Indicatorii vulnerabilității fizice a municipiului Iași**

<b>Indicatori</b>	<b>Valoare</b>	<b>U.M.</b>	<b>Sursa datelor</b>
Numărul de clădiri rezidențiale	20.882	Clădiri	RPL (2011)
Vechimea clădirilor rezidențiale	2,3	Medie ponderată	RPL (2011)
Materialele de construcție din care sunt alcătuiți pereții exteriori ai clădirilor rezidențiale	2,87	Medie ponderată	RPL (2011)
Profilul de înălțime al clădirilor rezidențiale	1,5	Medie ponderată	RPL (2011)
Suprafața locuibilă desfășurată medie	256,89	m <sup>2</sup> arie desfășurată/ clădire	INS (2011), Prelucrare

În anul 2011, în Iași existau 20.882 de clădiri rezidențiale, care totalizau o suprafață locuibilă desfășurată de 5.364.496 m<sup>2</sup>. Suprafața locuibilă desfășurată medie ajungea la 256,89 m<sup>2</sup>/clădire. Procentul pentru care datele privind anumiți indicatori structurali ai clădirilor sunt indisponibile variază, de la 37,58% pentru datele referitoare la vechimea construcțiilor, la 37,51% pentru datele privind materialele de construcție din care sunt alcătuiți pereții exteriori (pentru un total de 20.919 clădiri în care se află locuințe) și 25,58% pentru datele privind profilul de înălțime al clădirilor rezidențiale.

RPL (2011) include date privind vechimea a 13.034 clădiri rezidențiale din municipiul Iași. Pe baza acestora a fost calculat indicatorul agregat aferent (2,3), ce sugerează un nivel mediu spre ridicat al vulnerabilității seismice – posibil distorsionat ca urmare a procentului crescut de date indisponibile (37,58%). Cea mai mare parte a fondului construit în scop rezidențial datează de dinainte de anul 1961 (32,67%), iar 19,71% dintre clădirile rezidențiale ieșene au fost construite înainte de 1945 (Tabelul 25). Aceasta înseamnă că aproape 20% din fondul construit în scop rezidențial a fost afectat de seismul din 1940, implicit de toate celelalte seisme majore ce au urmat (1977, 1986, 1990, 1992 etc.). O pondere însemnată revine și clădirilor construite în anii 1961-1970 (15,84%), în primele etape ale procesului de industrializare ce a antrenat dezvoltarea imobiliară. Aceste au fost construite conform standardelor de construcție antiseismică emise în 1963.

De referință este anul 1977, când seismul de 7,4  $M_w$  a distrus o parte din clădirile din oraș, determinând elaborarea unor normative de construcție care să prevină astfel de pagube materiale și umane pe viitor. Totuși, luând în calcul datele extrase din RPL (2011), doar 41,95% din fondul construit în scop rezidențial al Iașiului a fost ridicat respectând prevederile codurilor de proiectare a construcțiilor menite să asigure rezistența clădirilor la impactul undelor seismice. Astfel, 58,04% dintre clădirile rezidențiale pentru care există date privind vechimea datează de dinainte de 1980 (Tabelul 25), constituind clădiri mai degradate, cu o rezistență la cutremure mai redusă și o probabilitate mai mare de avariere sau chiar prăbușire în cazul producerii unui seism major.

***Tabel 25. Distribuția clădirilor rezidențiale din municipiul Iași, pe clase de vechime (după RPL 2011)***

Clasa de vechime	Clădiri rezidențiale		Perioada de construcție	Clădiri rezidențiale	
	Nr.	%		Nr.	%
Înainte de 1945	2.569	19,71	Înainte de 1919	932	7,15
			1919 - 1945	1.637	12,55
1946-1960	1.690	12,96	1946 - 1960	1.690	12,96
1961-1980	3.307	25,37	1961 - 1970	2.065	15,84
			1971 - 1980	1.242	9,52
1981-1990	916	7,02	1981 - 1990	916	7,02
1991-2005	2.601	19,95	1991 - 2000	1.352	10,37
			2001 - 2005	1.249	9,58
2006 - 2011	1.951	14,96	2006 - 2011	1.951	14,96

Clădirile mai noi, ridicate în intervalul 1991-2005, reprezintă aproape 20% din fondul construit în scop rezidențial (19,95%). Acestea le este asociată o clasă de vulnerabilitate ridicată (Tabelul 25), întrucât în perioada ce a urmat schimbării regimului politic, piața imobiliară a fost liberalizată, iar măsurile de proiectare seismică nu au mai fost respectate cu strictețe. Cele mai noi date furnizate de RPL (2011) corespund anilor 2006-2011, când au fost construite 14,96% din imobilele rezidențiale existente în Iași la începutul celei de-a doua decade a secolului XXI. Date referitoare la structurile ridicate conform codurilor de proiectare îmbunătățite, emise în 2013 și 2019 nu sunt disponibile.

Materialele de construcție ale fondului construit din municipiul Iași sunt preponderent rezistente la șocurile seismice (Tabelul 26), nivelul de vulnerabilitate la care face trimitere valoarea indicatorului aferent (2,87) fiind mediu. Este posibil ca această valoare să nu corespundă realității, întrucât procentul datelor indisponibile este mare (37,51%).

Cea mai mare parte a imobilelor rezidențiale din fosta capitală a Moldovei este construită din materiale rezistente la șocurile seismice, dominante fiind blocurile de locuințe ridicate odată cu emergența unităților industriale. Mai mult de jumătate dintre clădiri au pereții alcătuiți din zidărie de cărămidă, fie aceasta combinată cu grinzi metalice și beton armat (41,16%), fie cu lemn (14,3%) (Tabelul 26). Acestea constituie structuri cu rezistență seismică medie spre ridicată, dependentă de vechime și de tehnicile de construcție aplicate. Astfel de clădiri rezidențiale se întâlnesc în cartierele vechi ale Iașiului (Copou, Țicău, Păcurari, Moara de Vânt), punctual în Tătărași și Centru, precum și în cartierele periferice Bucium și Dacia. Predominarea cărămizilor indică statutul de așezare urbană timpurie, cu grad ridicat de dezvoltare economică.

Îngrijorător este procentul de 21,45% ce revine construcțiilor de paiantă și chirpici – materiale specifice locuințelor individuale din zonele dezavantajate economic (Tabelul 26). Acestea sunt predispuse la avariere sau colaps în cazul manifestării unui cutremur de magnitudine ridicată sau chiar medie, fiind materiale slab coezive, cu potențial crescut de fisurare. Casele construite din paiantă și chirpici pot fi întâlnite în cartiere precum Alexandru cel Bun, Dacia, Dancu, Canta, Bularga și Bucium, fiind locuite, în general, de populația de etnie romă, cu posibilități financiare reduse.

Conform RPL (2011), doar 12,6% dintre clădirile rezidențiale din Iași prezintă pereți exteriori alcătuiți din beton armat și unități prefabricate. În această categorie intră blocurile de locuințe ridicate în etapele industrializării, în cartiere precum Alexandru Cel Bun, Mircea cel

Bătrân, Tătărași, Nicolina. Blocurile ridicate în anii 1960-1980 în aceste cartiere prezintă și pereți alcătuiți din materiale mixte (4,64%) sau materiale precum P.F.L., O.S.B, sticlă (0,24%).

**Tabel 26. Distribuția clădirilor rezidențiale din municipiul Iași, pe clase de materiale de construcție (după RPL 2011)**

Materiale de construcție ale pereților exteriori	Clădiri rezidențiale	
	Nr.	%
Beton armat și unități prefabricate	1.647	12,6
Zidărie din cărămidă, piatră sau înlocuitori (B.C.A.), cu planșee din beton armat (grinzi metalice)	5.380	41,16
Zidărie din cărămidă, piatră sau înlocuitori (B.C.A.), cu planșee din lemn	1.870	14,3
Lemn (bârne, scânduri etc.)	731	5,59
Paiantă, chirpici	2.804	21,45
Materiale mixte și alte materiale (P.F.L., O.S.B., sticlă)	639	4,88

Datele privind profilul de înălțime sunt disponibile pentru 15.539 clădiri rezidențiale din reședința de județ de interes. Clasa dominantă este cea a înălțimii foarte reduse, 64,17% dintre imobilele rezidențiale fiind case de tip parter. Următoarea pondere este cea a înălțimilor medii, care reprezintă 23,93% din totalul fondului construit în scop rezidențial (Tabelul 27). Chiar dacă procentele menționate pun în evidență un profil general jos, Iașiul prezintă cea mai ridicată valoare a indicatorului privind profilul de înălțime dintre ariile de studiu (1,5), fiind astfel cel mai vulnerabil din punctul de vedere al înălțimii clădirilor rezidențiale.

Casele individuale domină peisajul urban al structurilor rezidențiale din Iași, fapt indicat de procentul mare de locuințe parter sau al clădirilor cu un etaj (19,71%). Locuințele parter se regăsesc în cartierele vechi ale Iașiului – cum ar fi cartierul Copou, Moara de Vânt, Tătărași, Uzinei sau în cartierele care corespund fostelor sate aglutinate în etapele tardive de extindere teritorială (Bucium). Multe dintre casele-parter sunt construite în stil popular, având pereți exteriori din zidărie de cărămidă și acoperiș în două ape sau pereți exteriori din paiantă/chirpici și acoperiș plan. Unele dintre clădirile cu un etaj au fost ridicate recent, fiind reprezentate de vilele ce aparțin populației înstărite din cartierele Păcurari, Bucium, partea de Nord a Copoului, zona Moara de Vânt.

Categoria de blocuri de apartamente cel mai bine reprezentată în teritoriu este cea a blocurilor cu 4 etaje (8,23%). Astfel de blocuri sunt întâlnite în Păcurari, Tătărași, Copou. Pe de altă parte, blocurile înalte, cu peste 6 etaje totalizează doar 3,1% din totalul clădirilor rezidențiale

din Iași și se află în cartierele muncitorești ce au apărut sau s-au extins în perioada comunismului (Alexandru Cel Bun, Dacia, Canta, Mircea Cel Bătrân, Nicolina). Aceste date nu includ complexele de blocuri de apartamente noi, de peste 5 etaje, ridicate în cartierele Nicolina, Păcurari, Bucium sau care alcătuiesc noile cartiere Green Park, Carol I, Veneția, Boheme, Atrium Residence.

**Tabel 27. Distribuția clădirilor rezidențiale din municipiul Iași, pe clase de înălțime (după RPL 2011)**

Clasă de înălțime	Clădiri rezidențiale		Detaliiere	Clădiri rezidențiale	
	Nr.	%		Nr.	%
Înălțime foarte redusă (Parter)	9.972	64,17	Parter	9.972	64,17
			1 etaj	3.064	19,71
Înălțime redusă (1-3 etaje)	3.719	23,93	2 etaje	465	2,99
			3 etaje	190	1,22
			4 etaje	1.280	8,23
Înălțime medie (4-7 etaje)	1.407	9,05	5 etaje	81	0,52
			6 etaje	15	0,09
			7 etaje	31	0,19
			8 etaje	208	1,33
Înălțime mare ( $\geq 8$ etaje)	441	2,83	9 etaje	36	0,23
			10 etaje și peste	197	1,26

### 7.2.5.3. Vulnerabilitatea seismică social-economică

Analiza modulară specifică arată că Iașiul se află pe primul loc al ierarhiei ariilor de studiu în ceea ce privește vulnerabilitatea seismică social-economică. Această dimensiune a vulnerabilității seismice a municipiului Iași este amplificată de mărimea sa demografică (389.020 în anul 2021), ce indică un grad de expunere ridicat, de rata de dependență demografică ridicată (45,23%) și de valoarea mare a ponderii populației care trăiește în zone urbane dezavantajate (26,27%) și dezavantajate pe criteriul locuirii (13,09%). Vulnerabilitatea social-economică este însă echilibrată de alți factori, cum ar fi ponderea mare a populației cu studii superioare

(30,65%), ponderea redusă a șomerilor în totalul forței de muncă (0,4%), precum și valoarea PIB/locuitor la scară județeană (8.519 euro) (Tabelul 28).

**Tabel 28. Indicatorii vulnerabilității social-economice specifici municipiului Iași**

<b>Indicatori</b>	<b>Valoare</b>	<b>U.M.</b>	<b>Sursa datelor</b>
Numărul populației cu domiciliul în aria de studiu (la 1 ianuarie 2021)	389.020	Locuitori	INS (2021)
Raportul de dependență demografică	45,23	Raport	INS (2021)
Procentul populației care trăiește în zone urbane dezavantajate	26,27	%	Banca Mondială (2011)
Procentul populației care trăiește în zone urbane dezavantajate pe criteriul locuirii	13,09	%	Banca Mondială (2011)
Procentul populației absolvente de studii superioare (de lungă durată și de scurtă durată) din totalul populației	30,65	%	RPL (2011)
Procentul șomerilor înregistrați la sfârșitul anului în totalul resurselor de muncă	0,4	%	INS (2020)
Valoarea PIB/locuitor la nivel de județ	8.519	Euro	CNSP (2019)

#### **7.2.5.4. Vulnerabilitatea seismică sistemică**

Municipiul de referință se situează pe primul loc în ceea ce privește vulnerabilitatea seismică sistemică, prin raportare la celelalte arii de studiu. Factorii care potențează acest tip de vulnerabilitate sunt distanțele față de unitățile medicale și de pompieri (Tabelul 29). Vulnerabilitatea sistemică de nivel superior este pusă în evidență de ponderile ridicate ale suprafețelor urbane locuite situate la distanțe mari față de unitățile medicale și de pompieri. La rândul lor, ponderile respective sunt determinate de configurația tentaculară a teritoriului Iașiului și de poziționarea obiectivelor de interes pentru care sunt delimitate ariile de deservire. Unitățile medicale prezintă poziții relativ centrale și distribuție în clustere, în timp ce unitățile de pompieri sunt poziționate aproximativ simetric, în Nord-Vestul și Sud-Estul teritoriului.

Pe de altă parte, valoarea redusă a indicatorului ce redă distanța față de stațiile de alimentare cu diverși combustibili are rolul de a atenua vulnerabilitatea sistemică – fiind și cea mai redusă din rândul ariilor de studiu. La atenuarea vulnerabilității sistemice contribuie și dotările superioare ale sistemului medical ce operează la scară locală sau chiar regională. Iașiul ocupă primul loc în rândul celor 4 municipii selectate, atât cu referire la numărul de medici raportat la 1.000 de locuitori (8,82), cât și la numărul de paturi de spital raportat la 1.000 de

locuitori (14,52). Numărul ridicat de spitale și institute medicale cu variate specializări, precum și dotarea superioară a infrastructurii medicale, împreună cu tradiția de desfășurare a educației medicale în cadrul Universității de Medicină și Farmacie „Grigore T. Popa” explică valorile superioare ale indicatorilor amintiți.

**Tabel 29. Indicatorii vulnerabilității sistemice specifice municipiului Iași**

<b>Indicatori</b>	<b>Valoare</b>	<b>U.M.</b>	<b>Sursa datelor</b>
Numărul de medici raportat la 1.000 de locuitori	8.82	Raport	INS (2018)
Numărul de paturi de spital raportat la 1.000 de locuitori	14.52	Raport	INS (2019)
Distanța față de cea mai apropiată unitate medicală	4.23	Medie ponderată	Prelucrare SIG
Distanța față de cea mai apropiată unitate de pompieri	4.72	Medie ponderată	Prelucrare SIG
Distanța față de cea mai apropiată stație de alimentare cu benzină, motorină sau GPL	4.26	Medie ponderată	Prelucrare SIG

#### **7.2.5.5. Capacitatea de coping a populației**

În schema de cercetare a tezei de doctorat, capacitatea de coping este integrată conceptului de vulnerabilitate seismică. Nivelurile ridicate ale capacității de coping corespund celor scăzute de vulnerabilitate seismică și invers. Indicatorii utilizați pentru a reda această capacitate se referă la abilitățile de supraviețuire ale populației în contextul manifestării unui seism major, la cunoștințele referitoare la seisme și comportamentele ce se pretează scopului autoprotecției, la adaptările seismice implementate de populație și la autonomia acesteia în procesul de revenire la starea de normalitate, post-cutremur (Tabelul 30). Datele privind aceste aspecte au fost obținute în urma prelucrării rezultatelor chestionarului privind percepția riscului seismic (Anexa 1).

În cazul Iașiului, capacitatea de coping a populației atinge valori maxime (prin raportare la celelalte arii de studiu), motiv pentru care municipiul de referință este plasat pe locul 4 în ordinea vulnerabilității asociate acestei capacități. Valorile indicatorilor referitori la abilitățile de supraviețuire și autonomie, specifice municipiului Iași sunt pe primul loc în comparație cu scorurile obținute de celelalte 3 municipii, iar cele care redau nivelul cunoștințelor și al implementării adaptărilor seismice, pe locul al 2-lea. Prin raportare la valorile maxime posibile

ale indicatorilor capacității de coping, scorurile obținute de respondenții din Iași depășesc pragul de 50%, cu excepția elementelor referitoare la adaptările seismice.

**Tabel 30. Indicatorii capacității de coping a populației municipiului Iași**

<b>Indicatori</b>	<b>Valoare</b>	<b>U.M.</b>	<b>Sursa datelor</b>
Abilitățile de supraviețuire ale populației în contextul manifestării unui seism major	1,83		
Cunoștințele populației privind seismele și comportamentele ce trebuie adoptate în timpul acestora	2,66	Medie ponderată	Chestionar
Adaptările seismice implementate de populație	4,28		
Nivelul de autonomie al populației în procesul de revenire la starea de normalitate anterioară manifestării seismului major	0,81		

### **7.2.6. Vulnerabilitatea seismică a clădirilor expertizate tehnic din municipiul Iași**

În municipiul Iași există 328 de clădiri rezidențiale cu risc seismic, pentru care s-au efectuat expertize tehnice în perioada anilor 1991-2015. Mai mult de jumătate dintre acestea (54,26%) prezintă risc seismic moderat (Rs III), iar 21,95% dintre ele se încadrează în clasa cu risc seismic maxim (Rs I). Clădirile din clasa Rs II reprezintă 16,76% din total și cele din clasa Rs IV, 7,01% din total. Nu se cunosc date referitoare la propunerile de consolidare/demolare ale imobilelor amintite și nici la materialele de construcție ce intră în alcătuirea lor.

Clădirile rezidențiale cu risc seismic sunt distribuite în cadrul teritoriului urban ieșean sub forma unor clustere, două dintre cele mai bine conturate fiind cele din zona Podul de Piatră-Cantemir-Primăverii și zona Tătărași-Ciurchi (Figura 20). Aceste două grupări concentrează clădirile cu Rs I și Rs II. Alte clustere sunt întâlnite în cartierele Alexandru cel Bun, Centru, Podul de Fier-Tudor Vladimirescu, Copou-Universitate. În cartierele Gară, Dacia, Canta, Păcurari, Moara de Vânt, Sărărie, Nicolina II, Frumoasa, Bucium, Capăt CUG, imobilele cu risc seismic (în general din clasa Rs III) prezintă o distribuție punctuală.

Mai mult de jumătate dintre imobilele cu risc seismic din municipiul Iași (57,31%) prezintă un nivel crescut de vulnerabilitate geotehnică, fiind construite pe depozite de albie majoră. Acestea sunt alcătuite din pietrișuri și nisipuri holocene slab coezive, iar proximitatea față de apele curgătoare determină saturarea lor; factori ce concură la conturarea unui potențial crescut de lichefiere. Dintre clădirile expertizate construite în zonele de luncă ale Bahluiului sau Nicolinei, cele mai multe (53,19%) prezintă risc seismic mediu (clasa Rs III). Doar 20,74%

dintre acestea se încadrează în clasa Rs I, iar ponderile specifice celorlalte clase de risc seismic ajung la 16,48% pentru clădirile din clasa Rs II și la 9,57% pentru clădirile din clasa Rs IV (Tabelul 31). Cartierele în care există imobile grefate pe depozite de albie majoră sunt Canta, Alexandru cel Bun, Gară, Mircea cel Bătrân, Dimitrie Cantemir, Podul de Piară, Sf. Andrei, Primăverii, Nicolina I și II.

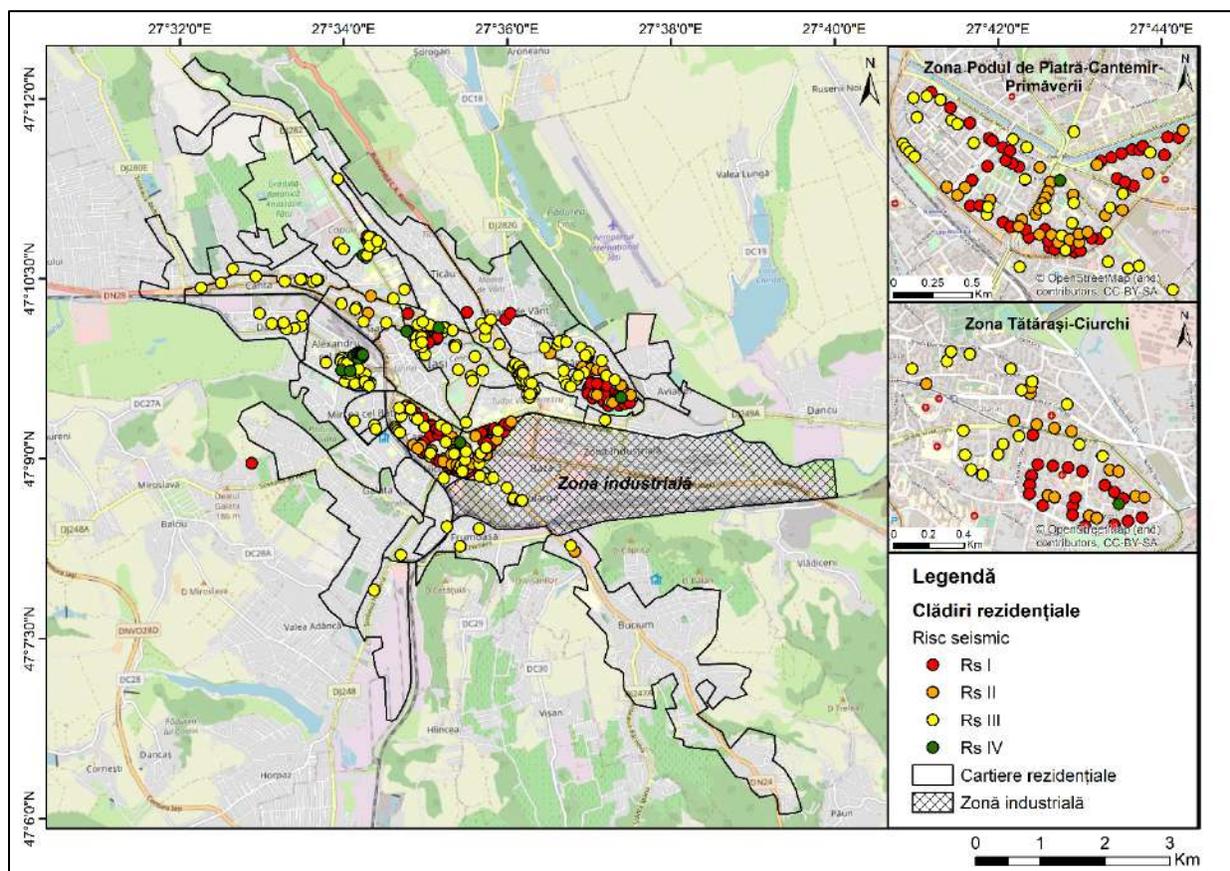
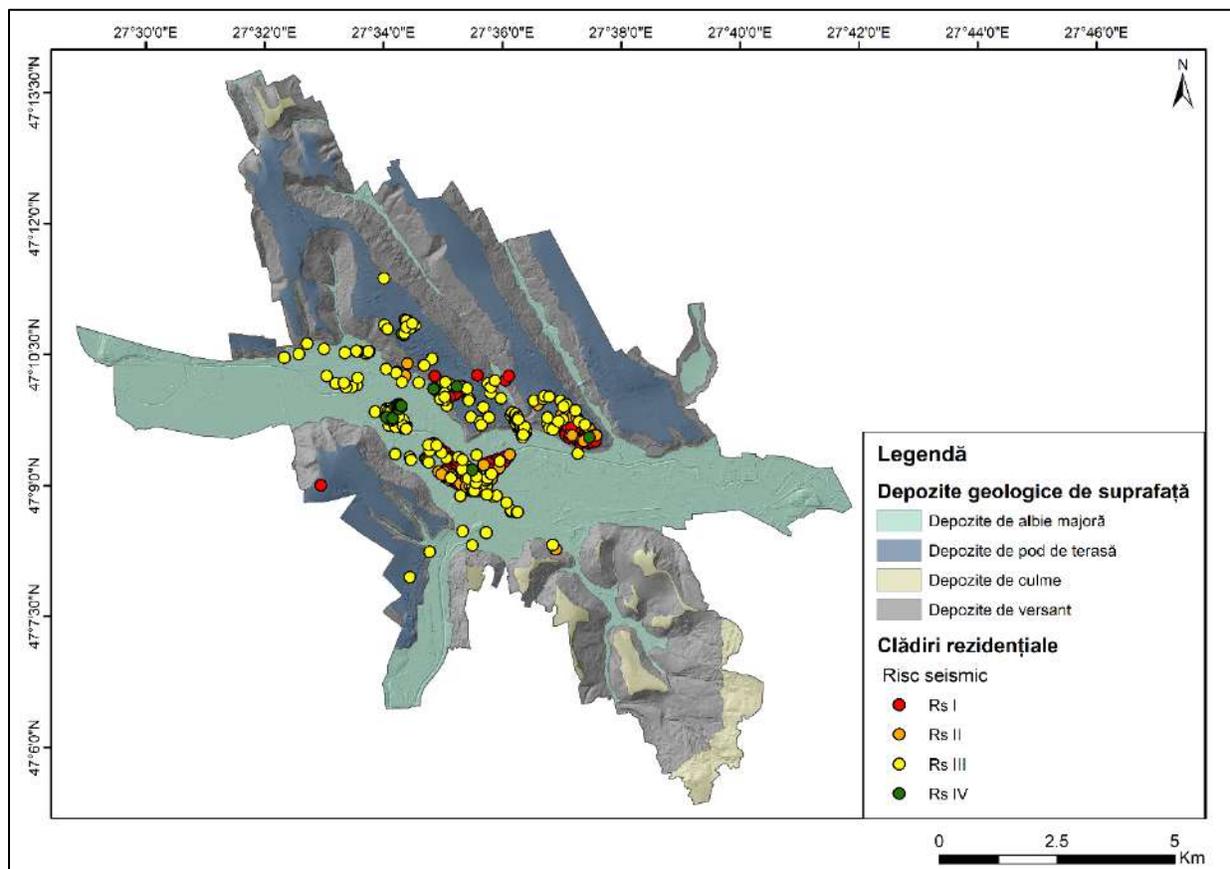


Figura 20. Distribuția spațială a clădirilor rezidențiale cu risc seismic din municipiul Iași

Tabel 31. Depozitele geologice de suprafață pe care sunt construite clădirile cu risc seismic din municipiul Iași

Depozite geologice de suprafață	Total clădiri		Clădiri Rs I		Clădiri Rs II		Clădiri Rs III		Clădiri Rs IV	
	Nr.	%	Nr.	%	Nr.	%	Nr.	%	Nr.	%
Depozite de albie majoră	188	57,31	39	20,74	31	16,48	100	53,19	18	9,57
Depozite de pod de terasă	99	30,18	27	27,27	22	22,22	47	47,47	3	3,03
Depozite de culme	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Depozite de versant	41	12,5	6	14,63	2	4,87	31	75,6	2	4,87

Pe depozitele mai stabile ale podurilor de terasă sunt întâlnite 30,18% dintre clădirile rezidențiale cu risc seismic din Iași. Acestea se găsesc în cartierele Copou, Centru, Tudor Vladimirescu, Tătărași, zona de platou a Galatei (Figura 21). Podurile de terasă sunt netede, iar adâncimea nivelului piezometric este mare, motiv pentru care potențialul de producere a fenomenului de lichefiere sau a alunecărilor de teren este scăzut. Dintre clădirile construite pe astfel de depozite caracterizate de un nivel redus al vulnerabilității seismice geotehnice, aproape jumătate (47,47%) se încadrează în clasa Rs III și aproape o treime (27,27%) în clasa de risc seismic maxim (Tabelul 31).



**Figura 21. Distribuția spațială a clădirilor rezidențiale cu risc seismic pe tipurile de depozite geologice de suprafață din municipiul Iași**

Depozitele de versant prezintă o vulnerabilitate geotehnică moderată, fiind predispuse la declanșarea alunecărilor de teren de către șocurile seismice, doar dacă sunt îndeplinite și alte condiții (referitoare la alcătuirea geologică, saturarea depozitelor, declivitate etc.). Clădirile rezidențiale cu risc seismic construite pe suprafețe de versant reprezintă 12,5% din total, iar

75,6% dintre acestea fac parte din clasa cu cel mai mare număr de imobile (Rs III) (Tabelul 31). Doar 14,63% dintre cele 41 de clădiri expertizate construite pe versanți se încadrează în clasa de risc seismic maxim. Astfel de clădiri se întâlnesc în cartierele Păcurari, Podul de Fier, Galata, Bucium (Figura 21).

Aproximativ jumătate dintre clădirile cu risc seismic maxim din Iași (54,16%) sunt caracterizate de un nivel crescut de vulnerabilitate seismică geotehnică, fiind construite pe depozite de albie fluvială. Ponderi asemănătoare se întâlnesc și în cazul clădirilor expertizate și încadrate în clasele Rs II și Rs III, care sunt construite pe astfel de depozite în proporție de 56,36%, respectiv 56,17% (Tabelul 32). Și la nivelul clasei de risc Rs IV predomină imobilele construite în zonele de luncă (78,26%), în timp ce clădirile construite pe depozitele mai stabile ale podurilor de terasă reprezintă 13,04% din totalul acestei categorii.

Dintre clădirile rezidențiale cu Rs I, 37,5% sunt construite pe depozite de pod de terasă fluvială, iar 8,3% pe depozite de versant. Numărul mai mare de imobile grefate pe suprafețele netede ale podurilor de terasă este specific și clădirilor din clasele Rs II și Rs III, fapt ce are rolul de a atenua vulnerabilitatea geotehnică a claselor de risc seismic în cauză. Totuși, procentele cele mai ridicate corespund imobilelor construite în lunca Bahluiului și a Nicolinei, pentru toate clasele de risc seismic (Tabelul 32), motiv pentru care vulnerabilitatea lor geotehnică este plasată pe paliere superioare.

**Tabel 32. Distribuția clădirilor rezidențiale cu risc seismic din municipiul Iași, pe tipuri de depozite geologice de suprafață**

Clădiri rezidențiale	Depozite de albie majoră		Depozite de pod de terasă		Depozite de versant	
	Nr.	%	Nr.	%	Nr.	%
Rs I	39	54,16	27	37,5	6	8,33
Rs II	31	56,36	22	40	2	3,63
Rs III	100	56,17	47	26,4	31	17,41
Rs IV	18	78,26	3	13,04	2	8,69

Municipiul Iași se aseamănă cu Vasluiul și se deosebește de Galați, prin faptul că în rândul clădirilor cu risc seismic predomină imobilele de tip bloc de apartamente. Profilul tipic al acestor clădiri este cel de bloc cu regim de înălțime de 4 etaje și aspect încadrat tiparelor arhitecturale comuniste, alcătuit din 2 sau 3 segmente de tip scară ce sunt dispuse liniar. Astfel de blocuri se regăsesc în aproape toate cartierele Iașiului ce au apărut în perioada dezvoltării

urbane dictate de regimul comunist, însă există și în zona rezidențială veche. Un exemplu în acest sens este reprezentat de imobilele cu risc seismic din Copou (Figura 22), ce necesită lucrări de reabilitare și renovare și sunt locuite, în general, de populație vârstnică, dar există și apartamente închiriate de tineri, studenți ai Universității „Alexandru Ioan Cuza” din Iași. De asemenea, blocurile expertizate de 3-4 etaje din zona Tudor Vladimirescu sunt locuite, predominant, de adulți tineri ce urmează studii în cadrul instituțiilor de învățământ superior de pe malul stâng al Bahluiului sau din Copou.



**Figura 22. Clădiri rezidențiale cu risc seismic din cartierul Copou, municipiul Iași (septembrie 2021)**

Blocuri expertizate tehnic cu 4 etaje, cu aspect degradat, se regăsesc și în cartierele Cantemir (Aleea Rozelor-Aleea Decebal din zona Pod Roș), Tătărași (pe Str. Ciurchi și Str. Vasile Lupu, în special) (Figura 23), Podul de Fier, Păcurari, Primăverii. Unele dintre acestea prezintă spații interioare de depozitare în zona de contact a segmentelor componente cu aspect inestetic. În cazul multor blocuri din zona Pod Roș la parter funcționează spații comerciale și de prestări servicii (inclusiv ateliere de reparații ale unor obiecte de uz curent). Clădirile de acest fel sunt locuite de persoane adulte mature din clasele sociale de mijloc, precum și de vârstnici.

În cazul blocurilor mai înalte, de peste 9 etaje din zona Șoseaua Națională-Aleea Nicolina, profilul rezidenților este eterogen. Astfel de blocuri au fost ridicate în anii 1963-1975, pentru a adăposti forța de muncă a unităților industriale periferice. Peisajul urban trimite cu gândul la ritmul accelerat de dezvoltare urbană din perioada socialistă, imobilele având aspect masiv (Figura 24), contrastând puternic cu cel al frumoaselor edificii din zona centrală a Iașului, construite în diverse stiluri arhitecturale specifice perioadei interbelice și de la începutul secolului trecut.



**Figura 23. Clădiri rezidențiale cu risc seismic din clusterelor Cantemir și Tătărași-Ciurchi, municipiul Iași (septembrie 2021)**



**Figura 24. Clădiri rezidențiale cu risc seismic din zona Pod Roș, municipiul Iași (septembrie 2021)**

Date privind vechimea sunt disponibile pentru 82,01% dintre cele 328 de imobile rezidențiale expertizate tehnic. Aproape jumătate din fondul construit vizat datează din anii 1964-1977 (45,72%), ceea ce înseamnă că a fost construit conform instrucțiunilor specifice primului act normativ ce reglementa proiectarea seismică a clădirilor, intrat în vigoare în anul 1963. Aproape jumătate (47,15%) dintre clădirile rezidențiale cu risc seismic construite în această perioadă prezintă risc seismic mediu (Rs III), iar ponderile clădirilor cu Rs I și Rs II sunt apropiate valoric (26,82% și 21,95%) (Tabelul 33). Clădirile rezidențiale ridicate în anii 1964-

1977 se întâlnesc în special în clusterul din cartierele Cantemir-Podul de Piatră, clusterul din Tătărași-Ciurchi, dar și în cartierele Alexandru cel Bun și Dacia (Figura 20).

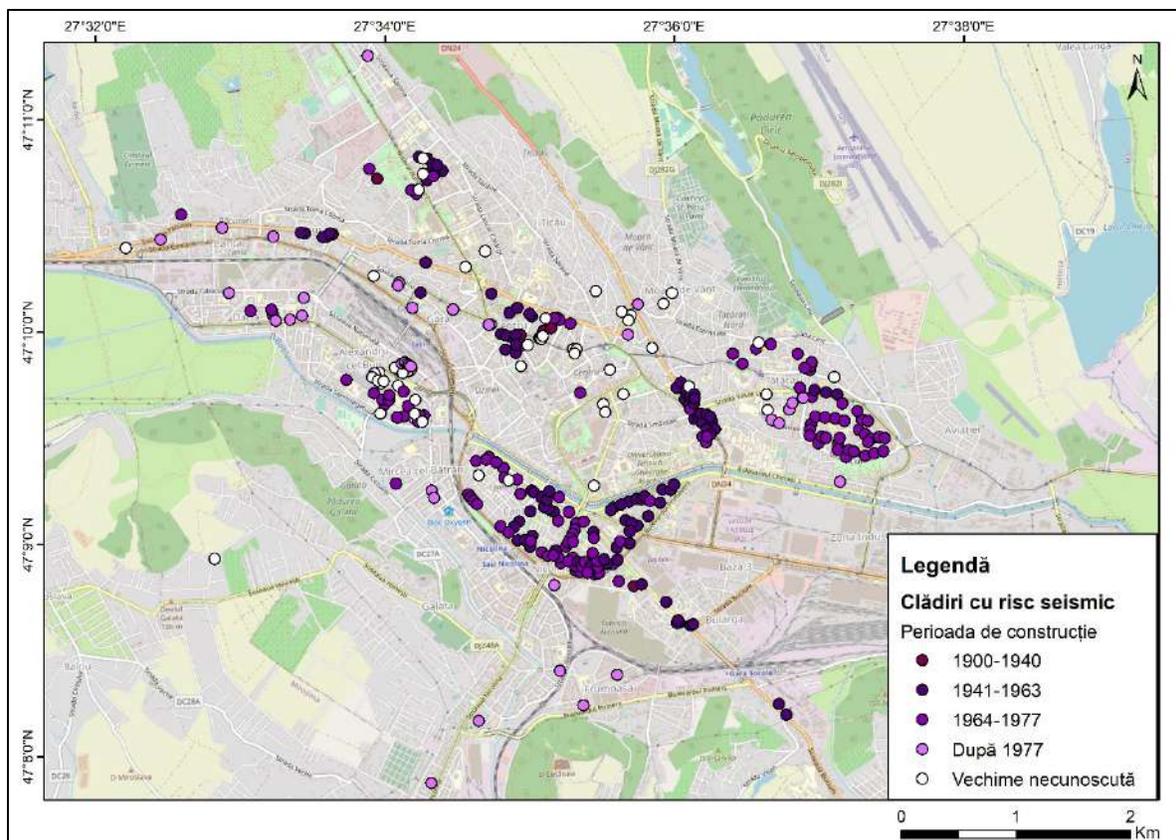
**Tabel 33. Vechimea clădirilor rezidențiale cu risc seismic din municipiul Iași (Site Primăria Iași 2021)**

Perioada de construcție	Total clădiri		Clădiri Rs I		Clădiri Rs II		Clădiri Rs III		Clădiri Rs IV	
	Nr.	%	Nr.	%	Nr.	%	Nr.	%	Nr.	%
1900-1940	5	1,85	1	20	1	20	3	60	0	0
1941-1963	105	39,03	28	26,66	27	25,71	50	47,61	0	0
1964-1977	123	45,72	33	26,82	27	21,95	58	47,15	5	4,06
După 1977	36	13,38	0	0	0	0	29	80,55	7	19,44

Și clădirile construite în intervalul 1941-1963 ocupă o pondere semnificativă din totalul imobilelor cu risc seismic din Iași (39,03%) (Tabelul 33), ceea ce ar putea genera anumite îngrijorări, întrucât construcțiile amintite au fost ridicate nerespectând reglementările de proiectare seismică. Și în acest caz predomină clădirile din categoria Rs III (47,61%). Este vorba despre blocurile ridicate în perioada comunistă, în cartierele Primăverii, Cantemir, Podul de Fier, Centru și Țicău (Figura 25).

Cele mai vechi clădiri din Iași, ridicate de la începutul secolului XX și până anul 1940, când a avut loc cel mai puternic seism din secolul trecut, reprezintă doar 1,85% din totalul clădirilor expertizate tehnic. Dintre cele 5 astfel de clădiri, 3 se încadrează în categoria Rs III, iar câte una în categoriile de ordin superior (Rs I, Rs II) (Tabelul 33). Acestea sunt întâlnite în Centru și în Copou, cartiere ce prezintă ele însele vechimi mari și un fond construit aflat în diferite stadii de degradare. Acestea constituie cele mai vulnerabile clădiri din municipiul Iași, întrucât vechimea lor mare sugerează grade foarte avansate de degradare și avarii însemnate, provocate atât de trecerea timpului, cât și de seismele de magnitudine ridicată din anii 1940, 1977, 1986, 1990 etc.

Clădirile rezidențiale cu risc seismic construite după cutremurul din 1977 sunt reprezentate de blocuri din cartierele muncitorești specifice perioadei industrializării, cum ar fi Dacia, Canta, Alexandru cel Bun, Mircea cel Bătrân, Gară, Frumoasa, Capăt CUG (Figura 25). Acestea reprezintă 13,38% din total, iar în cadrul categoriei predomină clădirile cu risc seismic mediu (Rs III, 80,55%). Conform expertizelor tehnice, nu există clădiri cu risc seismic ridicat și foarte ridicat care să fi fost construite după 1977 (Tabelul 33). Imobilele din această categorie au fost



**Figura 25. Distribuția spațială a clădirilor rezidențiale cu risc seismic din municipiul Iași, în funcție de perioada de construcție**

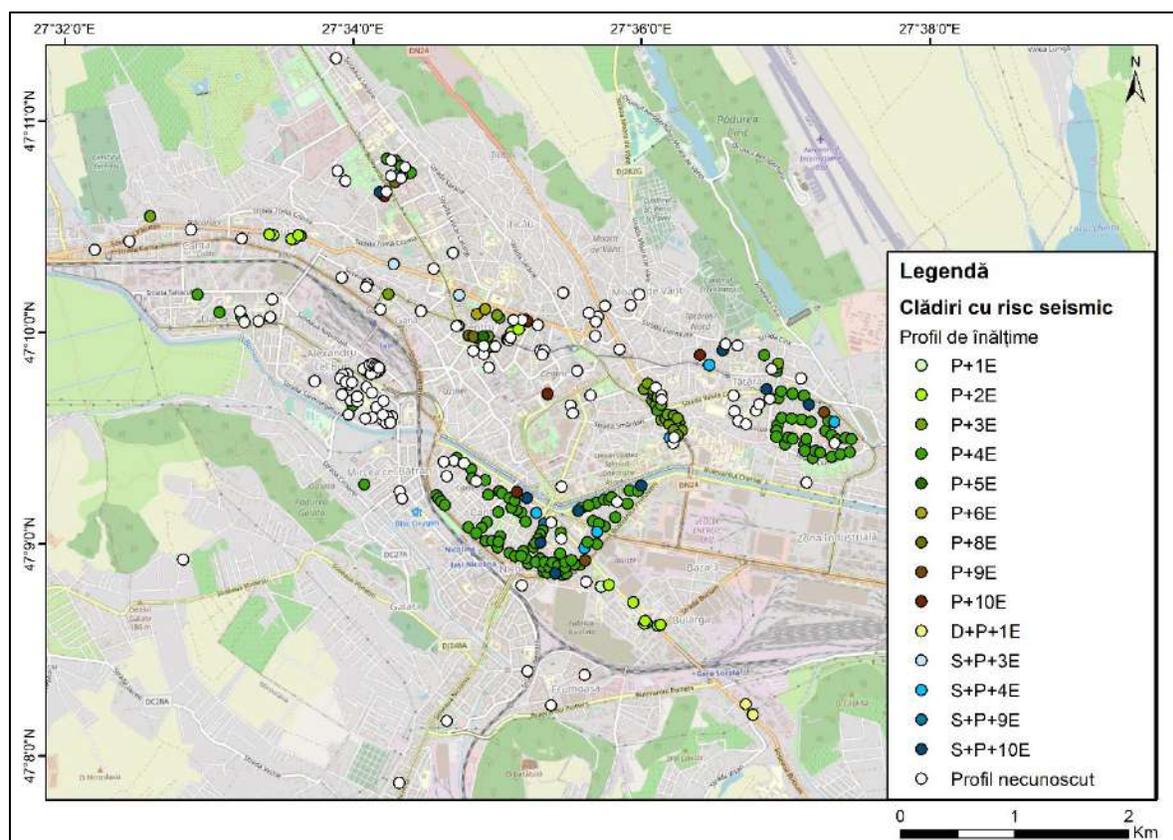
construite conform normativului de proiectare seismică a construcțiilor din 1978, ce reprezintă o variantă îmbunătățită a documentului ce a îndeplinit același rol începând cu anul 1963.

Date cu referire la profilul de înălțime al imobilelor rezidențiale cu risc seismic din Iași există pentru 60,06% dintre acestea, deci pentru 197 de clădiri. Tabelul 34 relevă că, printre clădirile rezidențiale cu risc seismic din Iași, predomină blocurile cu 4 etaje (59,39%). Mai mult de jumătate dintre acestea prezintă risc seismic maxim (Rs I, 51,28%), iar o treime se încadrează în categoria următoare (Rs II, 30,76%). Blocurile cu acest profil de înălțime domină clusterelor majore de imobile cu risc seismic, adică zonele Podul de Piatră-Cantemir-Primăverii și Tătărași-Ciurchi (Figura 26). Cu excepția blocurilor de 3 etaje și de 2 etaje, ce reprezintă 14,21%, respectiv 7,61% din totalul clădirilor rezidențiale expertizate tehnic, toate celelalte profile de înălțime prezintă ponderi sub 5% (Tabelul 34). Blocurile de 3 etaje se încadrează în clasa Rs III în proporție de 82,14%. Procentul clădirilor cu 2 etaje din această clasă este asemănător (80%). Un cluster de blocuri cu 3 etaje este întâlnit în cartierul Podul de Fier, iar clădirile expertizate cu 2 etaje se găsesc în Bucium și Păcurari (Figura 26).

**Tabel 34. Profilul de înălțime al clădirilor rezidențiale cu risc seismic din municipiul Iași (Site Primăria Iași)**

Profil de înălțime	Total clădiri		Clădiri Rs I		Clădiri Rs II		Clădiri Rs III		Clădiri Rs IV	
	Nr.	%	Nr.	%	Nr.	%	Nr.	%	Nr.	%
D+P+1E	2	1,01	0	0	1	50	1	50	0	0
P+1E	1	0,50	0	0	0	0	1	100	0	0
P+2E	15	7,61	0	0	3	20	12	80	0	0
P+3E	28	14,21	1	3,57	4	14,28	23	82,14	0	0
P+4E	117	59,39	60	51,28	36	30,76	21	17,94	0	0
P+5E	1	0,50	0	0	0	0	1	100	0	0
P+6E	2	1,01	0	0	0	0	2	100	0	0
P+8E	4	2,03	0	0	1	25	3	75	0	0
P+9E	2	1,01	0	0	0	0	2	100	0	0
P+10E	6	3,04	0	0	1	16,66	5	83,33	0	0
S+P+3E	2	1,01	1	50	1	50	0	0	0	0
S+P+4E	7	3,55	0	0	4	57,14	3	42,85	0	0
S+P+9E	1	0,50	0	0	1	100	0	0	0	0
S+P+10E	9	4,56	0	0	3	33,33	5	55,55	1	11,11

P = parter, S = subsol, D = demisol, E = etaj



**Figura 26. Distribuția spațială a clădirilor rezidențiale cu risc seismic din municipiul Iași, în funcție de profilul de înălțime**

## Accesibilitatea clădirilor cu risc seismic pentru echipele de gestionare a situațiilor de urgență

În contextul manifestării unui seism cu magnitudinea de minim 7  $M_w$ , intervențiile echipelor de gestionare a situațiilor de urgență se dovedesc cruciale pentru reducerea impactului hazardului geotectonic. Accesibilitatea zonelor afectate pentru echipele medicale și de pompieri reprezintă un element cheie, de care depinde eficiența acestor intervenții. Se poate presupune că zonele cu cel mai mare potențial de a înregistra atât victime umane, cât și pagube materiale sunt cele în care există clădiri cu risc seismic. Prin urmare, se impune estimarea accesibilității acestor zone pentru echipele de intervenții ce pornesc de la sediile specifice (unități medicale sau unități de pompieri).

Municipiul Iași este deservit de numeroase spitale, iar în analiza vulnerabilității sistemice a clădirilor rezidențiale cu risc seismic au fost incluse cele 12 unități medicale menționate în cadrul tezei de doctorat și în Tabelul 35. Conform acestuia, în eventualitatea manifestării unui cutremur puternic, cele mai multe dintre clădirile cu risc seismic din Iași ar putea fi deservite de Spitalul Clinic de Recuperare (26,21%), Serviciul Județean de Ambulanță Iași (21,34%), Spitalul Clinic de Urgență „Prof. Dr. Nicolae Oblu” (18,9%) și Spitalul Clinic de Pneumoftiziologie (10,67%).

**Tabel 35. Numărul de clădiri rezidențiale cu risc seismic ce ar putea fi deservite de unitățile medicale din municipiul Iași, în cazul manifestării unui seism major**

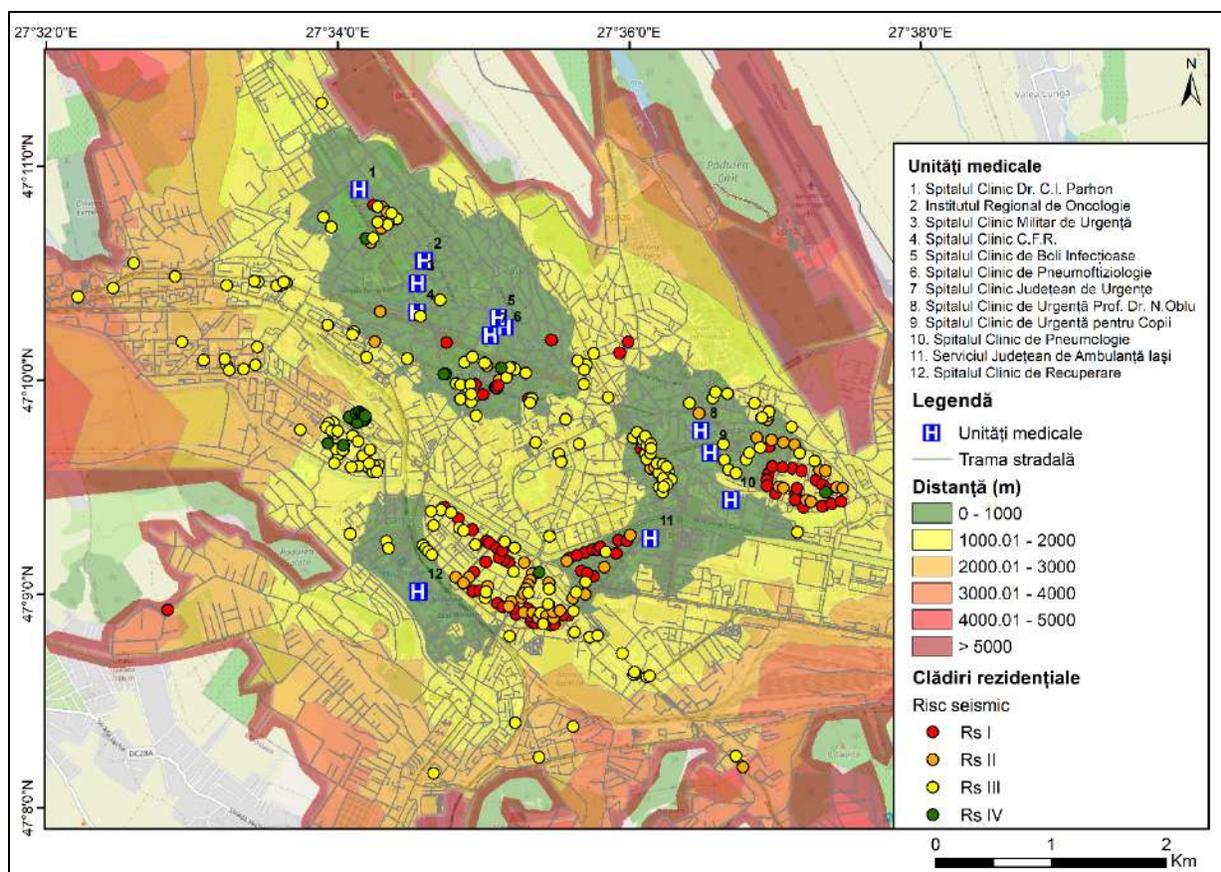
Unități medicale	Total clădiri		Clădiri Rs I		Clădiri Rs II		Clădiri Rs III		Clădiri Rs IV	
	Nr.	%	Nr.	%	Nr.	%	Nr.	%	Nr.	%
Spitalul Clinic „Dr. C.I. Parhon”	18	5,48	1	5,55	5	27,77	11	61,11	1	5,55
Institutul Regional de Oncologie	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Spitalul Clinic Militar de Urgență „Dr. Iacob Czihac”	19	5,79	0	0	1	5,26	18	94,73	0	0
Spitalul Clinic C.F.R.	11	3,35	0	0	2	18,18	7	63,63	2	18,18
Spitalul Clinic de Boli Infecțioase „Sf. Parascheva”	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Spitalul Clinic de Pneumoftiziologie	35	10,67	8	22,85	2	5,71	24	68,57	1	2,85
Spitalul Clinic Județean de Urgențe „Sf. Spiridon”	3	0,91	1	33,33	0	0	2	66,66	0	0
Spitalul Clinic de Urgență „Prof. Dr. Nicolae Oblu”	62	18,90	13	20,96	12	19,35	36	58,06	1	1,61
Spitalul Clinic de Urgență	11	3,35	3	27,27	2	18,18	6	54,54	0	0

pentru Copii „Sf. Maria”													
Spitalul Clinic de Pneumologie	13	3,96	6	46,15	2	15,38	5	38,46	0	0			
Serviciul Județean de Ambulanță Iași	70	21,34	27	38,57	18	25,71	24	34,28	1	1,42			
Spitalul Clinic de Recuperare	86	26,21	13	15,11	11	12,79	45	52,32	17	19,76			

Restul unităților medicale selectate ar putea deservi fiecare mai puțin de 5% dintre cele 328 de clădiri expertizate tehnic. Faptul că, în contextul amintit, 55,78% dintre imobilele cu risc seismic ar putea fi deservite de doar 3 spitale indică disparități notabile ale presiunii exercitate asupra centrelor medicale publice din Iași, determinate în special de distribuția spațială a acestora și a zonelor cu potențial maxim de înregistrare a consecințelor nefaste, în urma producerii unui cutremur puternic. În acest context, se conturează un nivel mediu al vulnerabilității sistemice.

Spitalul Clinic de Recuperare este situat în proximitatea clusterului de imobile rezidențiale cu risc seismic din zona Podul de Piatră-Cantemir-Primăverii – în partea de Sud-Vest a acestuia, motiv pentru care deține cea mai ridicată pondere a clădirilor pe care le-ar putea deservi (Figura 27). Dintre acestea, 52,32% prezintă risc seismic mediu (Rs III), iar cele cu risc seismic maxim (Rs I) reprezintă doar 15,11% din total. Și Serviciul Județean de Ambulanță Iași se află în apropierea grupării de clădiri menționate, fiind poziționat la Nord-Est față de aceasta și la Sud de clusterul din zona Podul de Fier (Figura 27). Dintre clădirile expertizate tehnic ce ar putea fi deservite de acestea, 38,57% prezintă Rs I și 34,28% Rs III. Nu trebuie pierdut din vedere faptul că acesta este un serviciu de transport medical în regim de urgență, adică doar un punct de pornire a echipajelor de intervenție, ce vor transporta victimele seismului către alte unități medicale.

Spitalul Clinic de Urgență „Prof. Dr. Nicolae Oblu” ar putea deservi 18,9% dintre clădirile cu risc seismic din Iași. Peste jumătate dintre acestea (58,06%) se încadrează în clasa Rs III, iar ponderile clădirilor din clasele superioare sunt apropiate – 20,96% sunt cuprinse în clasa de risc seismic maxim (Rs I) și 19,35% în clasa de risc seismic ridicat (Rs II) (Tabelul 35). Acest spital, asemenea Spitalului Clinic de Urgență pentru Copii „Sf. Maria” și Spitalului Clinic de Pneumologie, se află în apropierea clusterului de clădiri cu risc seismic din cartierele Tătărași și Ciurchi (poziționat la Est față de unitățile medicale numite), dar și în apropierea clusterului din Podul de Fier (poziționat la Vest față de unitățile medicale) (Figura 27).



**Figura 27. Ariile deservite de unitățile medicale și clădirile rezidențiale cu risc seismic din municipiul Iași**

Ponderile semnificativ mai reduse ale clădirilor cu risc seismic ce ar putea fi deservite de restul unităților medicale selectate sunt explicate de poziția acestora în cadrul teritoriului urban. Spitalele notate în Figura 27 cu numere de la 1 la 7 sunt poziționate în partea de Nord-Est a Iașiului, în cartierele Copou, Sărărie și Țicău, adică în proximitatea unui număr redus de clădiri cu risc seismic și la distanțe mari față de principalele clustere de astfel de imobile.

În urma analizei figurii menționate, se observă că există imobile cu risc seismic situate la distanțe foarte mari față de unitățile medicale, cum ar fi cele din cartierele Nicolina II, Frumoasa, Capăt CUG, Dacia sau Canta. Aceasta este doar o situație punctuală, fapt demonstrat de ponderile mici ale imobilelor situate la distanțe de peste 3.000 m față de unitatea medicală proximă (sub 1%). Pe de altă parte, ponderile clădirilor ce se găsesc la distanțe de 0-1.000 m față de cea mai apropiată unitate medicală (41,15%), respectiv 1.000,01-2.000 m (52,13%), sunt ridicate (Tabelul 36). Cele mai multe dintre acestea prezintă risc seismic mediu (Rs III) –

61,48% pentru primul interval și 44,44% pentru cel de-al doilea. Această situație este specifică unui nivel redus de vulnerabilitate seismică sistemică.

În intervalul de distanță proxim unităților medicale (0-1.000 m) sunt incluse imobilele cu risc seismic din apropierea unităților medicale din Sud-Estul orașului (cartierele Tătărași, Ciurchi, Podul de Fier, Tudor Vladimirescu, Primăverii) și din Nord-Est (cartierele Copou, Sărărie, Țicău). De asemenea, un număr redus de clădiri cu Rs III din cartierul Mircea cel Bătrân se află la distanțe mai mici de 1.000 m față de Spitalul Clinic de Recuperare. Pe de altă parte, clădirile rezidențiale cu risc seismic din grupările localizate în cartierele Cantemir, Podul de Piatră, Alexandru cel Bun, Păcurari și Centru se află la distanțe de 1.000,01-2.000 m față de cea mai apropiată unitate medicală (Figura 27).

**Tabel 36. Intervalele de distanță față de cea mai apropiată unitate medicală în care sunt încadrate clădirile rezidențiale cu risc seismic din municipiul Iași**

Distanțe (m)	Total clădiri		Clădiri Rs I		Clădiri Rs II		Clădiri Rs III		Clădiri Rs IV	
	Nr.	%	Nr.	%	Nr.	%	Nr.	%	Nr.	%
0 - 1.000	135	41,15	27	20	21	15,55	83	61,48	4	2,96
1.000,01 - 2.000	171	52,13	44	25,73	33	19,29	76	44,44	18	10,52
2.000,01 - 3.000	19	5,79	1	5,26	1	5,26	16	84,21	1	5,26
3.000,01 - 4.000	2	0,60	0	0	0	0	2	100	0	0
> 5.000	1	0,30	0	0	0	0	1	100	0	0

Se poate conchide că imobilele cu risc seismic de grad superior (Rs I) prezintă un nivel mediu spre redus de vulnerabilitate sistemică, întrucât 61,11% dintre ele se află la distanțe de 1.000,01-2.000 m față de centrul medical proxim și doar 37,5% dintre acestea se află la mai puțin de 1.000 m în raport cu un astfel de obiectiv. Situația este similară în ceea ce privește clădirile cu risc seismic ridicat (din clasa Rs II): 60% se află la 1.000,01-2.000 m față de cea mai apropiată unitate medicală și 38,18% dintre ele se încadrează în intervalul de 0-1.000 m distanță (Tabelul 36).

Clădirile cu risc seismic mediu (Rs III) sunt cele mai numeroase, iar în cazul lor ponderile celor două intervale sunt apropiate – 46,62% pentru intervalul de 0-1.000 m și 42,69% pentru următorul interval de distanță față de unitatea medicală cu cel mai mare grad de proximitate. Totuși, există o clădire cu Rs III ce se află la peste 5.000 m față de cea mai apropiată unitate medicală (zona Socola) și 2 clădiri din această categorie ce sunt situate la 3.000,01-4.000 m față de centrul medical în cauză (pe Șoseaua Nicolina și Șoseaua Păcurari) (Tabelul 37). Clădirile cu

Rs IV se află, în majoritate (78,26%), la distanțe de 1.000,01-2000 m față de cea mai apropiată unitate medicală, următoarea pondere (17,39%) revenind intervalului de 0-1.000 m distanță.

**Tabel 37. Clădirile rezidențiale cu risc seismic din municipiul Iași și intervalele de distanță față de cea mai apropiată unitate medicală în care se încadrează acestea**

Clădiri rezidențiale	0-1.000 m		1.000,01-2.000 m		2.000,01-3.000 m		3.000,01-4.000 m		> 5.000 m	
	Nr.	%	Nr.	%	Nr.	%	Nr.	%	Nr.	%
Rs I	27	37,5	44	61,11	1	1,38	0	0	0	0
Rs II	21	38,18	33	60	1	1,81	0	0	0	0
Rs III	83	46,62	76	42,69	16	8,98	2	1,12	1	0,56
Rs IV	4	17,39	18	78,26	1	4,34	0	0	0	0

Proporția în care cele două detașamente de pompieri ar putea deservi clădirile cu risc seismic din municipiul Iași, în contextul manifestării unui seism de anvergură, este inegală: Detașamentul de pompieri Nr. 1, localizat în cartierul Sărărie, ar putea deservi 65,24% dintre imobile, în timp ce Detașamentul de pompieri Nr. 2, situat în Sud-Estul orașului (zona platformei industriale), ar putea deservi 34,75% dintre imobile (Tabelul 38). Discrepanțele sunt motivate de repartiția în teritoriu a clădirilor rezidențiale expertizate tehnic și a unităților de pompieri. Cele mai multe dintre clădirile cu risc seismic se află la Nord de Bd. Chimiei și Str. Silvestru Străpungere, fiind mai apropiate de Detașamentul de pompieri Nr. 1. Comparativ, poziția celui de-al doilea detașament este marginală în raport cu grupările de imobile rezidențiale cu risc seismic, mai apropiate fiind cele din Bucium, Bularga, Tătărași și Ciurchi (Figura 28).

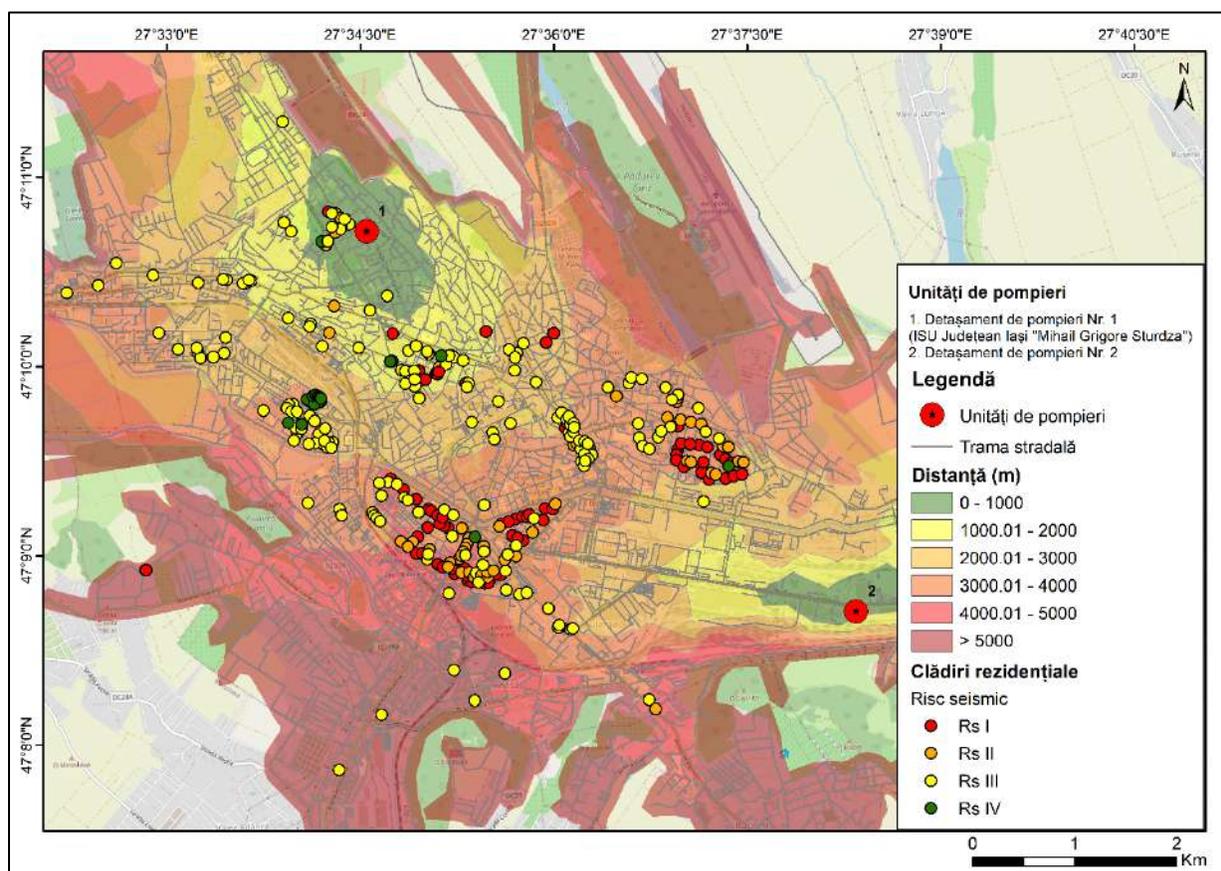
**Tabel 38. Numărul de clădiri rezidențiale cu risc seismic ce ar putea fi deservite de unitățile de pompieri din municipiul Iași, în cazul manifestării unui seism major**

Unități de pompieri	Total clădiri		Clădiri Rs I		Clădiri Rs II		Clădiri Rs III		Clădiri Rs IV	
	Nr.	%	Nr.	%	Nr.	%	Nr.	%	Nr.	%
Detașament de pompieri Nr. 1	214	65,24	30	14,01	21	9,81	142	66,35	21	9,81
Detașament de pompieri Nr. 2	114	34,75	42	36,84	34	29,82	36	31,57	2	1,754

Dintre clădirile rezidențiale expertizate ce ar putea fi deservite de Detașamentul de pompieri Nr. 1, în situația producerii unui cutremur major, 66,35% se încadrează în categoria Rs III. Ponderile clădirilor cu Rs II și Rs IV sunt egale (9,81%), iar cea a clădirilor cu risc seismic

maxim (Rs I) este ușor mai ridicată (14,01%) (Tabelul 38). Este vorba de clădirile situate în cartierele Sărărie, Copou, Țicău, Păcurari, Centru, Alexandru cel Bun, Podul de Fier.

Clădirile cu risc seismic ce intră în aria de deservire a Detașamentului de pompieri Nr. 2 sunt, în majoritate (36,84%) incluse în clasa de risc seismic maxim (Rs I). Ponderi apropiate din punct de vedere valoric revin clădirilor din clasele Rs III (31,57%) și Rs II (29,82%) (Tabelul 38). Doar 2 clădiri cu risc seismic redus (Rs IV) sunt incluse în aria de deservire a unității de pompieri numite. Această arie cuprinde imobilele din cartierele Nicolina II, Bucium, Frumoasa, Capăt CUG (Figura 28).



**Figura 28. Ariile deservite de unitățile de pompieri și clădirile rezidențiale cu risc seismic din municipiul Iași**

În cartierele Podul de Piatră, Cantemir, Primăverii, Tătărași, Ciurchi, Podul de Fier, ariile deservite de cele două unități de pompieri se suprapun, distanțele caracteristice dintre acestea și imobilele cu risc seismic deservite fiind de 3.000,01-4.000 m. De altfel, peste jumătate dintre clădirile cu risc seismic din municipiul de referință (52,43%) se află la distanțe apreciabile, de

3.000,01-4.000 m față de cea mai apropiată unitate de pompieri – fapt ce indică un grad ridicat de vulnerabilitate sistemică. Dintre imobilele situate la această distanță, 51,74% prezintă risc seismic mediu (Rs III) și 25,58% risc seismic foarte ridicat (Rs I) (Tabelul 39). În intervalul de distanță de 3.000,01-4.000 m față de cea mai apropiată unitate de pompieri sunt incluse și clădirile rezidențiale expertizate din cartierele Dacia, Păcurari, Centru, Moara de Vânt (Figura 28).

Următoarele intervale de distanță, în ordinea ponderilor, sunt cele de 2.000,01-3.000 m (16,76%), 1.000,01-2.000 m (12,19%) și 4.000,01-5.000 m (12,19%). Din analiza Tabelului 39, reiese că intervalele de distanță proxime unităților de pompieri includ puține clădiri cu risc seismic – în intervalul de 0-1.000 m distanță sunt incluse doar 16 clădiri rezidențiale expertizate tehnic, în timp ce intervalele de distanță cu valori ridicate corespund celei mai mari părți a clădirilor rezidențiale expertizate – 66,14% dintre ele aflându-se la peste 3.000 m față de cea mai apropiată unitate de pompieri. Aceste date indică un nivel crescut al vulnerabilității seismice sistemice.

**Tabel 39. Intervalele de distanță față de cea mai apropiată unitate de pompieri în care sunt încadrate clădirile rezidențiale cu risc seismic din municipiul Iași**

Distanțe (m)	Total clădiri		Clădiri Rs I		Clădiri Rs II		Clădiri Rs III		Clădiri Rs IV	
	Nr.	%	Nr.	%	Nr.	%	Nr.	%	Nr.	%
<b>0 - 1.000</b>	16	4,87	1	6,25	5	31,25	9	56,25	1	6,25
<b>1.000,01 - 2.000</b>	40	12,19	8	20	4	10	25	62,5	3	7,5
<b>2.000,01 - 3.000</b>	55	16,76	6	10,9	3	5,45	39	70,9	7	12,72
<b>3.000,01 - 4.000</b>	172	52,43	44	25,58	28	16,27	89	51,74	11	6,39
<b>4.000,01 - 5.000</b>	40	12,19	12	30	15	37,5	12	30	1	2,5
<b>&gt; 5.000</b>	5	1,52	1	20	0	0	4	80	0	0

Cele mai multe dintre clădirile rezidențiale cu risc seismic maxim (Rs I, 61,11%) se află la distanțe de 3.000,01-4.000 m față de unitatea de pompieri proximă. Ponderea clădirilor din această clasă de risc seismic, ce sunt situate la mai puțin de 2.000 m față de detașamentele în cauză este de doar 12,49%, fapt ce sugerează, împreună cu procentul aferent intervalelor mari de distanță, un grad ridicat de vulnerabilitate sistemică.

Intervalul de 3.000,01-4.000 m distanță față de cea mai apropiată unitate de pompieri este specific și majorității clădirilor din celelalte clase de risc seismic: între aceste limite sunt situate

50,9% dintre clădirile cu Rs II, 50% dintre clădirile cu Rs III și 47,82% dintre clădirile cu Rs IV (Tabelul 40).

Edificator asupra nivelului crescut de vulnerabilitate seismic este și faptul că, din totalul clădirilor cu Rs I, doar 1,38% dintre acestea se află la mai puțin de 1.000 m față de cea mai apropiată unitate de pompieri, în timp ce 16,66% dintre imobilele amintite se află la 4.000,01-5.000 m distanță de detașamentul de pompieri proxim. De asemenea, ponderile clădirilor rezidențiale, încadrate în celelalte de clase de risc seismic, ce sunt situate la mai puțin de 1.000 m față de cea mai apropiată unitate de pompieri sunt mai mici decât ponderile clădirilor din aceleași clase de risc seismic, situate la peste 4.000 m față de cea mai apropiată unitate de pompieri (Tabelul 40). Excepția este constituită de clădirile cu risc seismic redus (Rs IV), pentru care ponderea elementelor situate la sub 1.000 m față de cel mai apropiat detașament de pompieri și a celor situate la peste 4.000 m distanță față de acesta sunt egale (4,34%).

**Tabel 40. Clădirile rezidențiale cu risc seismic din municipiul Iași și intervalele de distanță față de cea mai apropiată unitate de pompieri în care se încadrează acestea**

Clădiri rezidențiale	0-1.000 m		1.000,01-2.000 m		2.000,01-3.000 m		3.000,01-4.000 m		4.000,01-5.000 m		> 5.000 m	
	Nr.	%	Nr.	%	Nr.	%	Nr.	%	Nr.	%	Nr.	%
<b>Rs I</b>	1	1,38	8	11,11	6	8,33	44	61,11	12	16,66	1	1,38
<b>Rs II</b>	5	9,09	4	7,27	3	5,45	28	50,90	15	27,27	0	0
<b>Rs III</b>	9	5,05	25	14,04	39	21,91	89	50	12	6,74	4	2,24
<b>Rs IV</b>	1	4,34	3	13,04	7	30,43	11	47,82	1	4,34	0	0

Pe cale de consecință, accesibilitatea echipelor de pompieri spre zonele cu cel mai ridicat potențial de înregistrare a pierderilor de vieți omenești și a pagubelor materiale, în contextul manifestării unui seism cu magnitudinea de minim  $7M_w$ , este redusă. Cele mai puțin accesibile sunt imobilele rezidențiale cu risc seismic din cartierele Galata, Capăt CUG, Frumoasa, Bucium, Nicolina II. De asemenea, îngrijorător este faptul că accesibilitatea cartierelor cu densitate mare a construcțiilor și a populației, pe teritoriul cărora există clustere de imobile cu risc seismic – cartierele Alexandru cel Bun, Podul de Piatră, Cantemir, Primăverii, Podul de Fier, Tătărași, Ciurchi (Figura 28), este de nivel mediu spre redus, în contextul în care acestea se află în zona de suprapunere a ariilor de deservite de detașamentele de pompieri.

### 7.3. Studiu de caz: Municipiul Vaslui

#### 7.3.1. Introducere

Municipiul Vaslui este localizat în partea de Est a Podișului Moldovei și a României, la contactul dintre aria mai înaltă a Podișului Central Moldovenesc din Nord și cea mai joasă a Colinelor Tutovei, ce se întind la Sud de municipiu. Teritoriul acestuia se dezvoltă atât pe terase fluviale, cât și în zone de interfluviu și de luncă, configurația sa fiind puternic influențată de convergența hidrografică a râului Bârlad și a afluenților săi, Vaslui și Racova.

Substratul geologic al zonei Vaslui este alcătuit din depozite sedimentare de vârstă neogenă (sarmațiene, meoțiene și cuaternare). Înclinarea stratelor urmează direcția caracteristică Podișului Moldovei, de la Nord-Vest către Sud-Est. În partea de Nord a județului predomină depozitele din sarmațianul mediu, în partea centrală cele din sarmațianul superior, iar în Sud depozitele meoțiene. Acestea sunt dominate de nisipuri și argile, ce sunt exploatate în cariere, în preajma orașului Vaslui (Gugiuman et al. 1973). În albiile majore ale râurilor Vaslui, Bârlad și Racova se întâlnesc depozite aluvionare recente, cu grosimi apreciabile – de 13-16 m, după Gugiuman et al. (1973) și de 7-10 m, după (Mocanu 2008) în lunca Bârladului, și de 5-8 m în luncile râurilor Vaslui și Racova (Gugiuman et al. 1973, Mocanu 2008).

Distanța față de VR este de aproximativ 204 km, ceea ce înseamnă că orașul poate fi afectat în mod semnificativ de cutremurele vrâncene, fapt indicat și de valoarea de 0,3 g a accelerației terenului pentru proiectare. De asemenea, Vasluiul se află în proximitatea Depresiunii Bârladului, zonă cu seismicitate crustală moderată, redată de cele 56 seisme superficiale cu magnitudinea de minim 2,8  $M_w$ , dintre care 9 cu magnitudini de minim 4  $M_w$ . Zona este delimitată la Nord de falia Vasluiului, dar activitatea sa seismică poate fi asociată faliei Troțușului sau faliei Bistrița (INFP, UTCB, URBAN INCERC 2016).

Strategia Integrată de Dezvoltare Urbană a Zonei Metropolitane Vaslui pentru perioada 2013-2023 menționează cutremurele printre fenomenele cu potențial distructiv ce se pot manifesta în aria de studiu. Conform acesteia, aproape 40 de imobile din municipiul Vaslui au fost expertizate tehnic și încadrate în diverse clase de risc seismic. Acele clădiri sunt locuite de aproximativ 8.000 de persoane (SIDU ZMV 2014-2023, 2017). În portofoliul de propuneri de dezvoltare a Zonei Metropolitane Vaslui, aferent SIDU ZMV 2014-2023 (2017), se numără și un proiect ce prevede „expertizarea clădirilor expuse riscului de prăbușire în caz de cutremur și

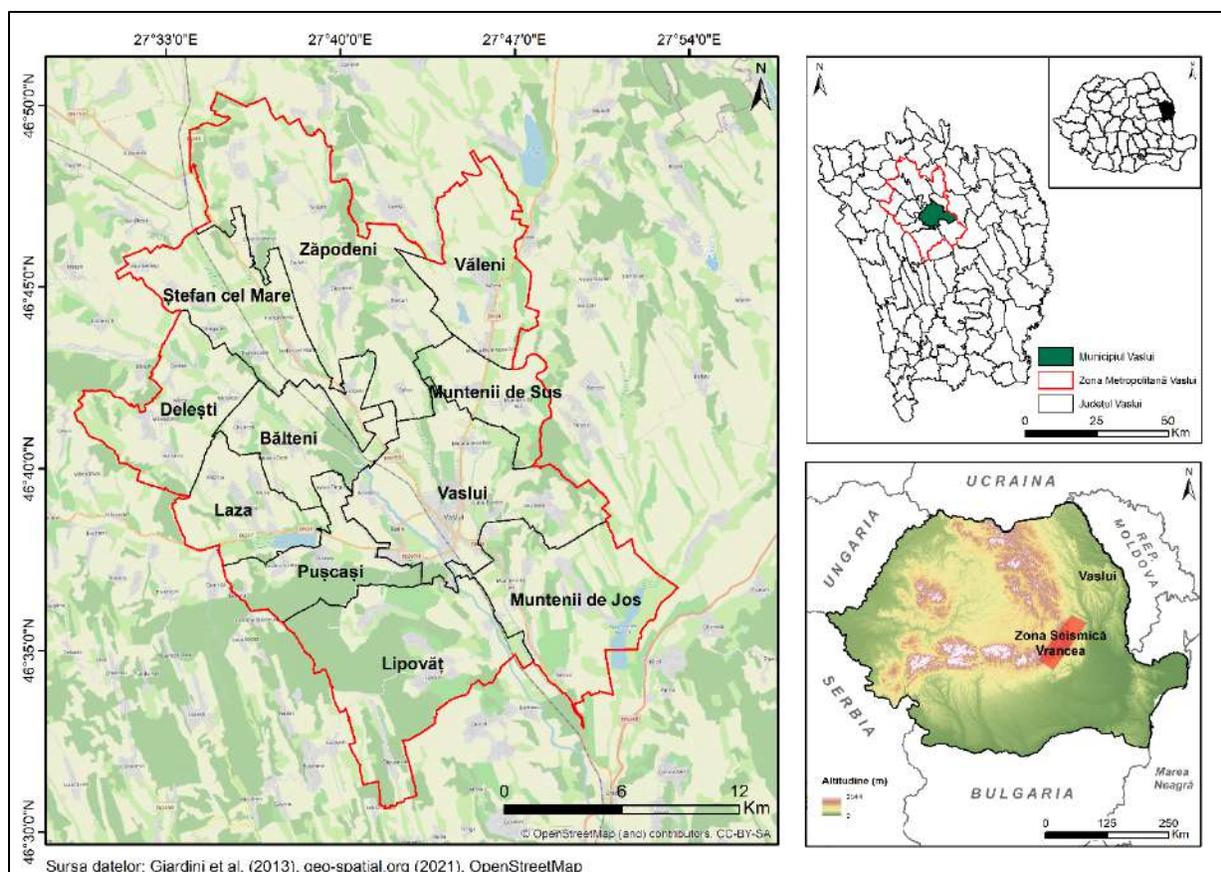
întocmirea unor hărți de risc”. Pentru proiectele din categoria specifică s-ar putea aloca 2 milioane de euro, cu finanțare de la bugetul de stat, bugetele locale și alte surse. Pe de altă parte, ținta setată pentru anul 2023 este asociată unui obiectiv superfluu, întrucât prevede doar 5 clădiri pentru care ar trebui să se realizeze expertize tehnice – fapt ce indică un interes extrem de redus pentru acest obiectiv și tratarea sa în mod superficial de către autorități.

Pentru o lungă perioadă, Vasluiul a reprezentat o așezare urbană de mici dimensiuni, afectată de stagnare economică, atât din cauza deficitului de resurse naturale ale hinterlandului, cât și ca urmare a lipsei cronicizate a investițiilor, conturată pe fondul dezinteresului manifestat de autorități în legătură cu dezvoltarea social-economică a zonei. Caracteristice au fost și au rămas ramurile industriei alimentare (morărit și panificație, fabricare de ulei), incapabile să propulseze economia orașului și să-i imprime acestuia statutul de centru industrial. Avantajul situației Vasluiului pe traseul importantelor magistrale feroviare și rutiere (Iași-Galați) nu a putut compensa efectele elementelor negative menționate.

Vasluiul a evoluat în limite clar definite, de la „târg al unei zone tradițional agricole”, cu vechime de peste 500 de ani (Brescan et al. 1973), la reședință de județ de mici dimensiuni, cu funcție industrială și de servicii. Investițiile din perioada comunistă au avut un rol crucial în revitalizarea orașului, reușind să stimuleze creșterea producției sale industriale, creșterea demografică și cea teritorială. Astfel, Vasluiul a devenit un oraș de rangul III (Ungureanu 1980), cu arie de polarizare desfășurată la nivel județean și funcție mixtă (Istrate 2008).

### **7.3.2. Poziție geografică**

Municipiul Vaslui este situat la 46°38'18" latitudine nordică și 27°43'45" longitudine estică, ocupând o poziție central-nordică în cadrul județului cu aceeași denumire – poziție păstrată și în raport cu teritoriul Podișului Bârladului (Figura 29). Vasluiul face parte din categoria polilor județeni principali, fiind o așezare urbană de rangul IV din cadrul Regiunii de Dezvoltare Nord-Est. Totodată, Vasluiul este municipiul reședință de județ cu cea mai puțin numeroasă populație și cea mai restrânsă arie de polarizare din regiunea de dezvoltare amintită (SIDU ZMV 2014-2023, 2017).



**Figura 29. Poziția geografică a municipiului Vaslui**

Anumiți autori scot în evidență faptul că Vasluiul este un oraș de poziție de intersecție, aflat la răscrucea unor importante drumuri ce leagă partea de Nord de cea de sud a Moldovei (Ungureanu 1980) – astăzi, DN24, care urmărește Valea Vasluiului și se îndreaptă spre Iași, șoseaua 15D, spre Negrești și Roman și șoseaua 2F, care urmărește traseul Văii Racova și se îndreaptă spre Bacău. Alți geografi încadrează Vasluiul și în categoria orașelor de contact, acesta aflându-se între diviziunile înalte și cele joase ale Podișului Bârladului (Brescan et al. 1973).

Perimetrul urban este delimitat de văi consecvente (Valea Bârladului la Vest, Valea Vasluiului la Est, Valea Delea care străbate orașul) și subsecvente (Valea Racova). Municipiul ocupă partea sudică a interfluviului Bârlad-Vaslui, numit Dealul Morii sau Dealul Morii-Copou, precum și albia majoră din zona de confluență a acestor râuri și a Racovei. De asemenea, Vasluiul se încadrează în categoria așezărilor urbane cu sit de terasă, desfășurându-se pe terasele de pe stânga Bârladului și de pe dreapta Vasluiului (Brescan et al. 1973). Orașul este mărginit de Dealul Gherghițoaiei-Rediu (198 m) la Vest, de Dealul Brodoc (220 m) la Nord-Vest, de

versantul abrupt al Coastei Racova (Dealul Chițoc, numit și Viile Paiului, de 262 m altitudine) la Sud-Vest, de Dealurile Bahnarilor (320 m) la Sud-Est și Est (Mocanu 2008).

În perimetrul administrativ al orașului intrau și așezările Moara Grecilor, Bahnari, Brodoc, Rediu și Viișoara (numită și Gura Buștei). Elementele analizate în cadrul prezentului studiu de caz se referă exclusiv municipiului Vaslui, al cărui intravilan avea în 2015 o suprafață de 1.965 ha (SIDU ZMV 2014-2023, 2017). Aria de polarizare a reședinței de județ include localitățile rurale limitrofe (Brodoc, Chitoc, Muntenii de Sus, Muntenii de Jos, Moara Grecilor, Bahnari, Rediu, Paiu) (Brescan et al. 1973). Dinspre acestea provin atât fluxurile de populație cu loc de muncă în oraș sau aflată în căutarea locurilor de muncă și condițiilor de trai specifice orașului, cât și fluxurile de mărfuri pentru care municipiul reprezintă o importantă piață de desfacere. În schimb, se poate considera că așezările rurale din Nordul județului Vaslui nu fac parte din hinterlandul reședinței de județ, fiind polarizate de municipiul Iași.

### **7.3.3. Factori naturali relevanți în contextul producerii unui seism major**

Teritoriul municipiului Vaslui este inclus Platformei Moldovenești, ce reprezintă o unitate morfostructurală rigidă, consolidată încă din proterozoic. Părțile componente ale acesteia sunt i) fundamentul cristalin precambrian, de tip podolic, fragmentat de falii și având structură cutată, ce se afundă la adâncimi ce cresc spre Sud și Vest și ii) cuvertura sedimentară cu grosime apreciabilă, în alcătuirea căreia intră roci de vârstă paleozoică, mezozoică și terțiară, având structură necutată (Ionesi 1989, citat de Mocanu 2008).

Fundamentul platformei este alcătuit din gnaise, paragnaise plagioclazice și pegmatite. Acesta a suferit procese de cutare și metamorfozare a rocilor în proterozoicul mediu, fapt ce explică neuniformitatea alcătuirii sale geologice și neuniformitatea adâncimilor. Ca tipologie, în zona Vasluiului se individualizează fundamentul baikalian. Deasupra acestui fundament s-a format, prin transgresiuni și regresii succesive, ce au avut loc încă de la sfârșitul proterozoicului, cuvertura sedimentară necutată. Acest proces s-a desfășurat pe parcursul a trei cicluri de sedimentare, enumerate în ordinea vechimii: proterozoic superior-silurian, cretacic, badenian superior-romanian. În cadrul ultimului ciclu sedimentar, corespunzător neogenului, s-au format argilele și marnele care alternează cu nisipuri, calcare oolitice, gresii calcaroase și cinerite andezitice, regăsite în partea superioară a cuverturii (Ionesi 1989, citat de Mocanu 2008).

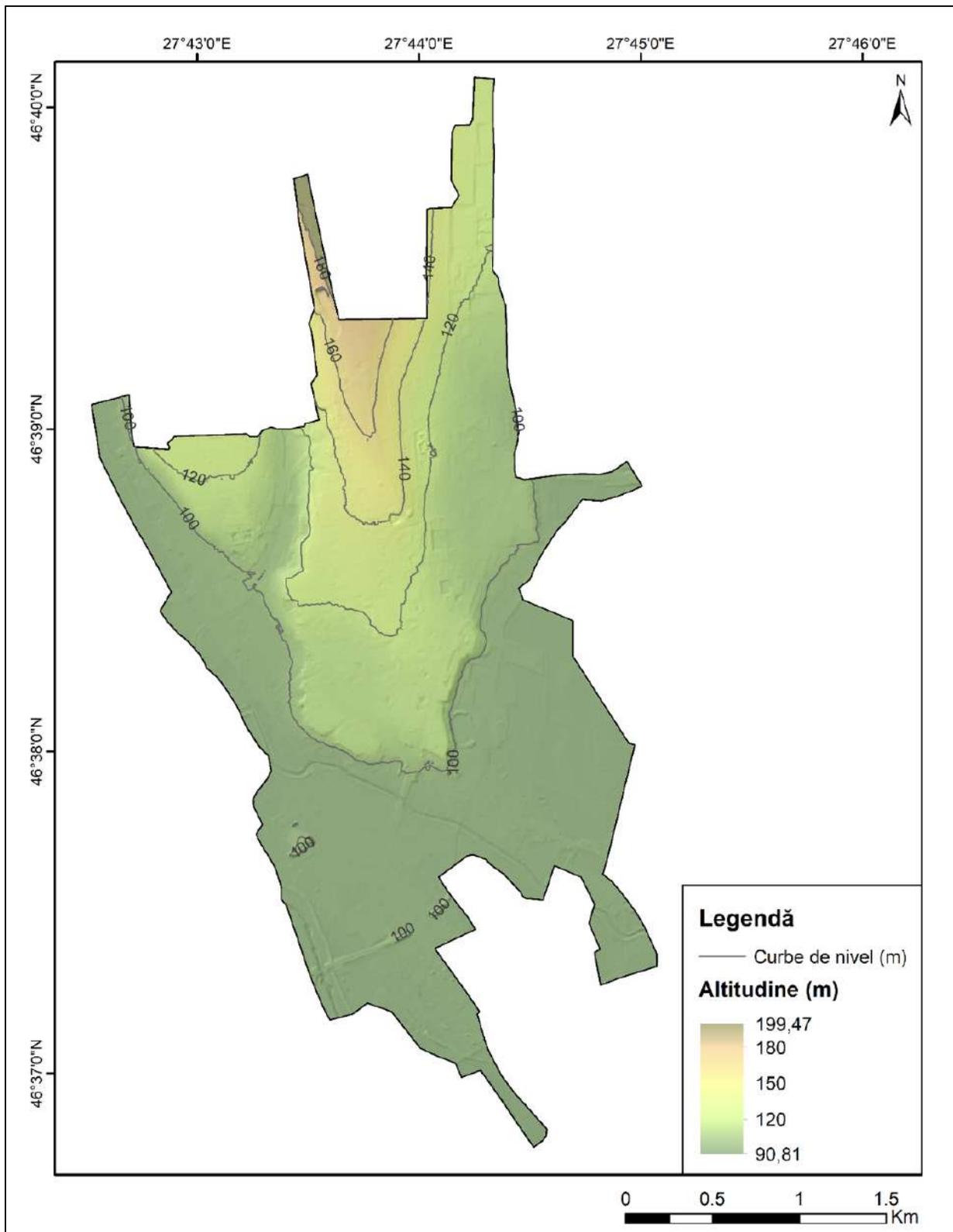
Configurația reliefului este rezultatul echilibrului dinamic dintre particularitățile substratului geologic și procesele geomorfologice dependente de agenții modelatori. Dintre aceștia, un rol deosebit revine râurilor Bârlad, Vaslui și Racova, care străbat sau delimitează teritoriul municipiului Vaslui, motiv pentru care relieful are caracter predominant morfoscultural și, în subsidiar, caracter morfostructural (Mocanu 2008). Perimetrul urban ocupă Sudul interfluviului dintre râurile Vaslui și Bârlad (Dealul Morii-Copou), terasele de pe dreapta râului Vaslui și cele de pe stânga râului Bârlad, zona de confluență a acestor râuri, precum și glaciurile proluvio-coluviale de la marginea văilor (Brescan et al. 1973, Mocanu 2008).

În cadrul teritoriului urban, altitudinile cresc dinspre Sud-Sud-Est spre Nord, în acord cu înclinarea stratelor geologice, adică din zona Gării (altitudini de 90-92 m), spre Centrul Civic (115 m), Liceul „Mihail Kogălniceau” (120 m), Monumentul Eroilor (140 m) și Nordul intravilanului (185 m), grefat pe Dealul Morii (Mocanu 2008). Brescan et al. (1973) menționează că altitudinile variază de la 90 m în partea de Sud, ocupată de platforme industriale, la 170 m în Nord (cartierul 13 Decembrie).

Aceste informații preluate din literatura științifică se coroborează cu cele ce provin din prelucrarea datelor spațiale digitale moderne. Pe baza unui MNAT cu rezoluția de 5 x 5 m, obținut prin tehnologia LiDAR, a fost realizată o hartă hipsometrică a municipiului Vaslui (Figura 30).

Altitudinile variază în mod tipic unităților deluroase, între 87,76 m – partea cea mai joasă ocupând Sudul teritoriului, adică Estul cartierului Donici și cartierul Racova, și 199,47 m – altitudinile maxime fiind întâlnite în Nordul teritoriului urban (cartierele Gheorghe Racoviță, Delea și 13 decembrie). Altitudinea medie calculată pe baza MNAT-ului este de 108,09 m, iar deviația standard ajunge la 19,33 m. Se observă că altitudinile cresc pe direcție Sud-Nord, adică dinspre zona de confluență a afluenților Racova și Vaslui cu râul Bârlad spre Dealul-Morii Copou, pe culmea căruia altitudinile depășesc 160 m. De asemenea, harta hipsometrică redă cu precizie albia minoră a râului Delea, ce delimitează Sudul de Nordul cartierului Racova (Figura 30).

Conform lui Mocanu (2008), relieful pe care se grefează teritoriul municipiului de referință prezintă înclinări reduse: valorile mai mici de 3° domină mai mult de jumătate din teritoriu. Pante mai mari se întâlnesc la baza versanților: versantul drept al Văii Delea (pante de 10°), versantul stâng al Văii Vasluiului și al Văii Delea (Mocanu 2008). Harta pantelor pune în evidență variații



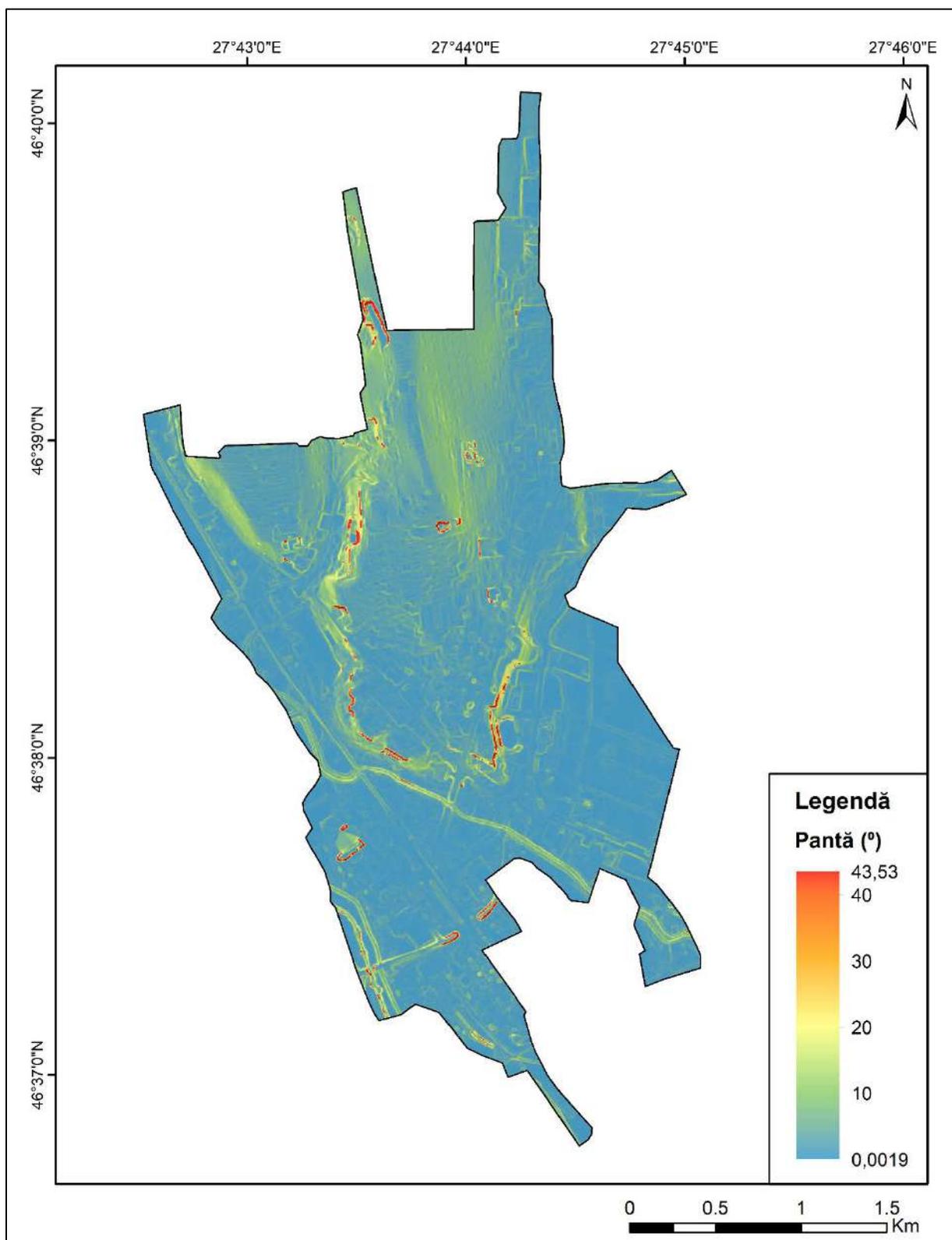
*Figura 30. Harta hipsometrică a teritoriului municipiului Vaslui*

mai mari, între  $0,001^\circ$  și  $43,53^\circ$ , ca urmare a rezoluției ridicate a MNAT-ului (5 x 5 m). Cele mai accentuate pante, de peste  $30^\circ$ , corespund racordului dintre Dealul Morii-Copou și podul de terasă inferioară (Figura 31). De asemenea, se observă valorile de  $20^\circ$ - $30^\circ$  ale pantei versantului stâng al Văii Delea, precum și ale unor artefacte de prelucrate SIG din zona industrială de Sud-Vest. Direcția generală de creștere a valorii declivității este Sud-Est-Nord-Vest (Figura 31). Valoarea medie a pantei teritoriului municipiului de interes a fost calculată la  $3,11^\circ$ , iar deviația standard la  $3,8^\circ$ .

Versanții caracteristici structurii monoclinale din zonă prezintă asimetrii tipice: versanții-revers sunt domoli, cu pante reduse și sunt afectați de procese denudaționale de ordin superficial, iar cei de frunte de cuestă sunt puternic înclinați și afectați frecvent atât de procese geomorfologice de mai mică amploare, precum eroziunea în suprafață și surpările, cât și de procese mai distructive, cum ar fi alunecările de teren. În contextul producerii unor seisme de anumite magnitudini, alunecările de teren se pot număra printre efectele de tip cascadă ale seismelor. Baza de date a alunecărilor de teren din Nord-Estul României include 63 de alunecări de teren la nivelul județului Vaslui (Niculiță et al. 2017) și 5-8 alunecări de teren pe teritoriul reședinței de județ (Niculiță 2020). De altfel, frecvența reactivării alunecărilor de teren din județ este de notorietate, asemenea amplitudinii lor. Cele mai notabile cazuri sunt cele ale alunecărilor produse în 1975 în satul Pungești și în 1978 în satul Dragomirești, care au determinat abandonarea unor părți din teritoriul așezărilor rurale numite (Niculiță et al. 2017).

Prezența izvoarelor pe linia versanților poate fi considerată un factor pregătitor al alunecărilor de teren, a căror declanșare poate fi provocată, printre altele, de mișcările scoarței terestre. Pe de altă parte, situarea stratelor acvifere la adâncimi de 10-20 m în cadrul interfluviilor și teraselor înalte, conferă stabilitate depozitelor aluvionare neumezite. Niveluri piezometrice de 8-10 m adâncime se întâlnesc în cazul teraselor medii și inferioare; aceste ape subterane fiind utilizate pentru alimentarea parțială a orașului (Brescan et al. 1973, Mocanu 2008).

Pe teritoriul municipiului Vaslui se găsesc și forme de acumulare fluvială de tipul șesurilor, localizate în partea de Vest, Est și Sud a perimetrului urban. Lunca Bârladului se întinde pe o lățime de 2-2,5 km la Vest-Nord-Vest de reședința de județ, având depozite aluvionare argilo-nisipoase cu grosimi mari (7-10 m). Șesul râului Vaslui prezintă lățimi și grosimi ale depozitelor aluvionare mai reduse, de 1,5 km, respectiv 5-8 m grosime, mărginind orașul la Est-Nord-Est.



*Figura 31. Harta pantelor teritoriului municipiului Vaslui*

La Sud de municipiu, cele trei albiile majore ale râurilor Bârlad, Vaslui și Racova converg, dezvoltându-se un șes extins pe 5 km lățime, în imediata apropiere a așezării urbane și pe 3 km lățime, în zona localității Muntenii de Jos (Mocanu 2008).

În cadrul luncilor, depozitele de aluviuni argiloase compacte, cu grosimi de 2-3 m, determină o adâncime redusă a nivelului hidrostatic (1-2 m). Substratul luncilor este alcătuit din aluviuni nisipoase cu lentile de prundișuri în bază, peste care se suprapun depozite de nisipuri argiloase și argile (Mocanu 2008). Excesul de umiditate de la suprafața albiilor majore și prezența apelor subterane la adâncimi mici contribuie la destabilizarea depozitelor geologice superficiale, cu implicații asupra potențialului lor de lichefiere în cazul producerii unui seism major.

#### **7.3.4. Istoricul seismelor**

Istoricul seismelor care au afectat municipiul Vaslui în mod semnificativ cuprinde evenimentele din anii 1620, 1738, 1802, 1838 (Rogozea et al. 2016). Efectele acestora sunt vag consemnate sau nu au fost deloc înregistrate, astfel încât studiarea lor este îngreunată. Cu referire pentru secolul anterior, pot fi menționate 5 evenimente seismice, toate având origine vrânceană: cutremurul din 10 noiembrie 1940 (7,6-7,7  $M_w$  magnitudine), cutremurul din 4 martie 1977 (7,4  $M_w$ -7,57,4  $M_w$ ), cel din 31 august 1986 (7,1-7,3  $M_w$ ) și cele 2 cutremure de la finalul lunii mai 1990 (7,0-7,1  $M_w$ , respectiv 6,4  $M_w$ ) (Georgescu și Pomonis 2012). Efectele acestora s-au manifestat în mod diferit pe teritoriul României, ca urmare a particularităților geologice și ale fondului construit, a distanței față de epicentre și zonele analizate, a comportamentului diferit al comunităților umane.

Cutremurul din 10 noiembrie 1940 s-a produs la o adâncime de 150 km, în timpul nopții, la ora 03.39. În România, seismul s-a soldat cu 593 de decese și 1.271 cazuri de rănire (Georgescu și Pomonis 2012). Consecințele referitoare la municipiul Vaslui sunt insuficient investigate, Sima (1982) citat de Georgescu și Pomonis (2012), apreciind că s-ar fi înregistrat un număr redus de decese și răniri. Conform hărții intensității seismice specifice acestui cutremur, realizată de Pantea și Constantin (2011), în zona Vasluiului, efectele au fost apreciate ca fiind de gradele VII-IX MSK.

Cutremurul din martie 1977 s-a produs la ora 21:22, la o adâncime de 109 km și a provocat, în întreaga țară, 1.578 de decese și 11.321 cazuri de rănire (Georgescu și Pomonis 2012). Conform lucrării realizate de Kronrod et al. (2013) și a Hărții intensităților macroseismice (pe scara MSK64) pentru cutremurul din 4 martie 1977) de pe portalul MOBEE (2021), intensitatea seismului de interes în zona municipiului Vaslui a fost stabilită la VII MSK („Foarte puternic”). În literatura de specialitate românească, această intensitate este redată descriptiv, prin menționarea degradării edificiilor social-culturale, școlilor, creșelor, căminelor și locuințelor și a avarierii transformatorilor electrici. Se estimează că la procesul de „reconstrucție” a orașului au participat 70.000 de oameni (Buhoiu et al. 1977).

Cu referire la județul Vaslui, Georgescu și Pomonis (2012) estimează consecințele legate de pierderile umane la 7 decese și 40 de persoane rănite, rămânând necunoscut numărul celor spitalizați. În ceea ce privește situația pagubelor materiale produse în urma cutremurului din 1977, județul Vaslui se numără printre primele 5 la nivelul țării (locul 5) în ceea ce privește ponderea locuințelor distruse din totalul național al acestora (8%). În acest clasament, Vasluiul este întrecut de Iași (locul 3) și se situează cu un loc mai sus decât Galațiul (locul 6). De asemenea, 3% dintre locuințele din România care au necesitat reparații se aflau în județul Vaslui. Ponderea locuințelor afectate de acest cutremur, din județul Vaslui, se ridică la 14%, fiind, de asemenea, mai redusă decât cea specifică Iașiului (48,3%) și mai ridicată decât cea înregistrată de județul Galați (8%) (Georgescu și Pomonis 2008).

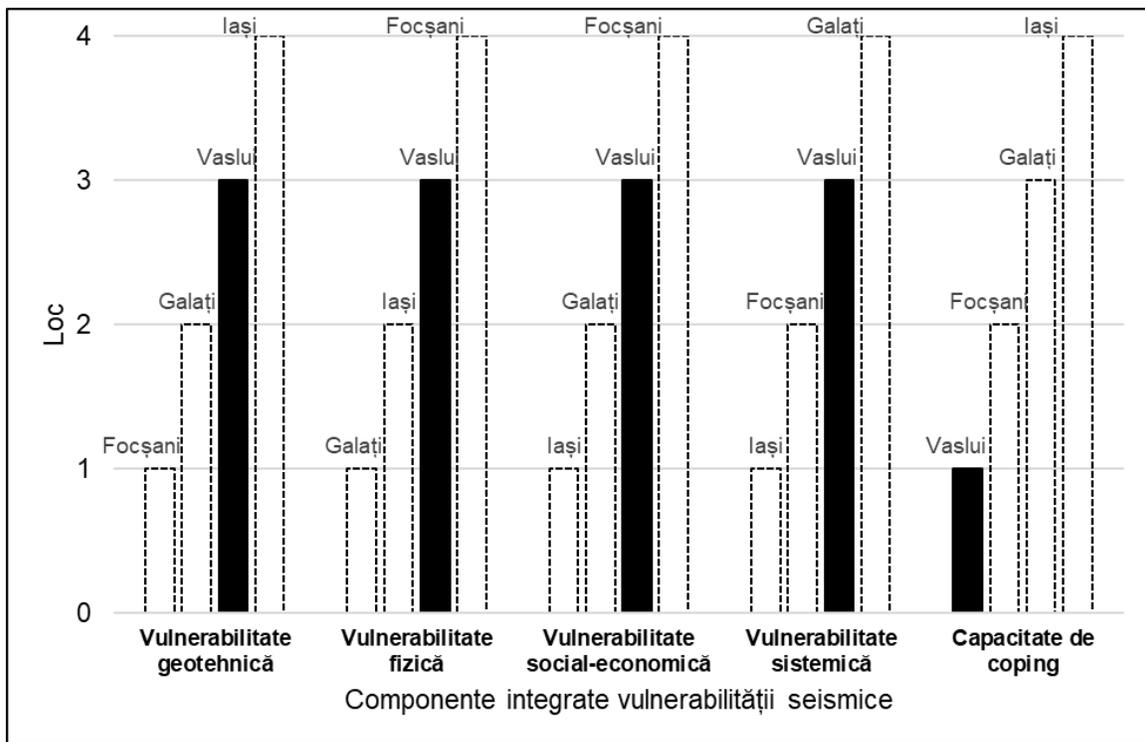
Cutremurele majore de la finalul secolului trecut nu s-au soldat cu victime în municipiul sau în județul Vaslui. Conform hărților de tip ShakeMap realizate de INCDFP (2010, 2011b, c), în zona Vaslui, intensitatea seismică instrumentală specifică evenimentului seismic din 1986 a fost de gradul VI-VII, iar cea specifică seismelor din 30 și 31 mai 1990 a fost de gradul VI și de gradul V.

Chiar dacă seismele din secolul XX au provocat pagube de nivel mediu, acestea au contribuit la degradarea fondului construit și la creșterea vulnerabilității structurale a așezării urbane de interes. Clădirile vechi, ce au fost afectate de șocurile seisme din 1940 și/sau 1977, ce nu au fost consolidate antiseismic după aceste evenimente, se constituie drept puncte nevralgice ale țesutului urban. Unele dintre clădirile în cauză au fost expertizate tehnic, fiindu-le atribuite diferite grade de risc seismic, dar altele prezintă fisuri sau avarii structurale și non-structurale ce ar putea genera pagube semnificative în viitor, în eventualitatea producerii altor seisme majore.

### 7.3.5. Dimensiunile vulnerabilității seismice specifice municipiului Vaslui

În cadrul ierarhiilor alternativelor cu privire la dimensiunile integrate vulnerabilității seismice, municipiul Vaslui ocupă, în general, poziții din a doua jumătate a clasamentului, corespunzătoare unor niveluri medii spre reduse ale vulnerabilității de diverse tipuri. Aria de studiu este plasată pe locul al treilea în ceea ce privește dimensiunile „clasice” ale vulnerabilității seismice (dimensiunea geotehnică, fizică, social-economică, sistemică), dar în cazul vulnerabilității asociate capacității de coping, ocupă locul 1 (Figura 32).

Aceasta nu înseamnă că Vasluiul se remarcă prin cea mai bună capacitate de coping a populației, în contextul manifestării unui seism major, ci din contră, că ariei de studiu vizate îi corespunde cel mai redus nivel al capacității în cauză, implicit cel mai înalt grad de vulnerabilitate seismică derivată din acesta.



**Figura 32. Locurile ocupate de municipiul Vaslui în cadrul ierarhiilor privind dimensiunile vulnerabilității seismice**

### 7.3.5.1. Vulnerabilitatea seismică geotehnică

Municipiul Vaslui prezintă un nivel mediu spre redus de vulnerabilitate geotehnică. Această dimensiune a vulnerabilității seismice este potențată de valoarea accelerației terenului pentru proiectare și de geologia depozitelor de suprafață, în timp ce proporția versanților cu pante de minim 20° și distanța față de zona seismogenă VR au rolul de a atenua vulnerabilitatea geotehnică (Tabelul 41).

**Tabel 41. Indicatorii vulnerabilității geotehnice a municipiului Vaslui**

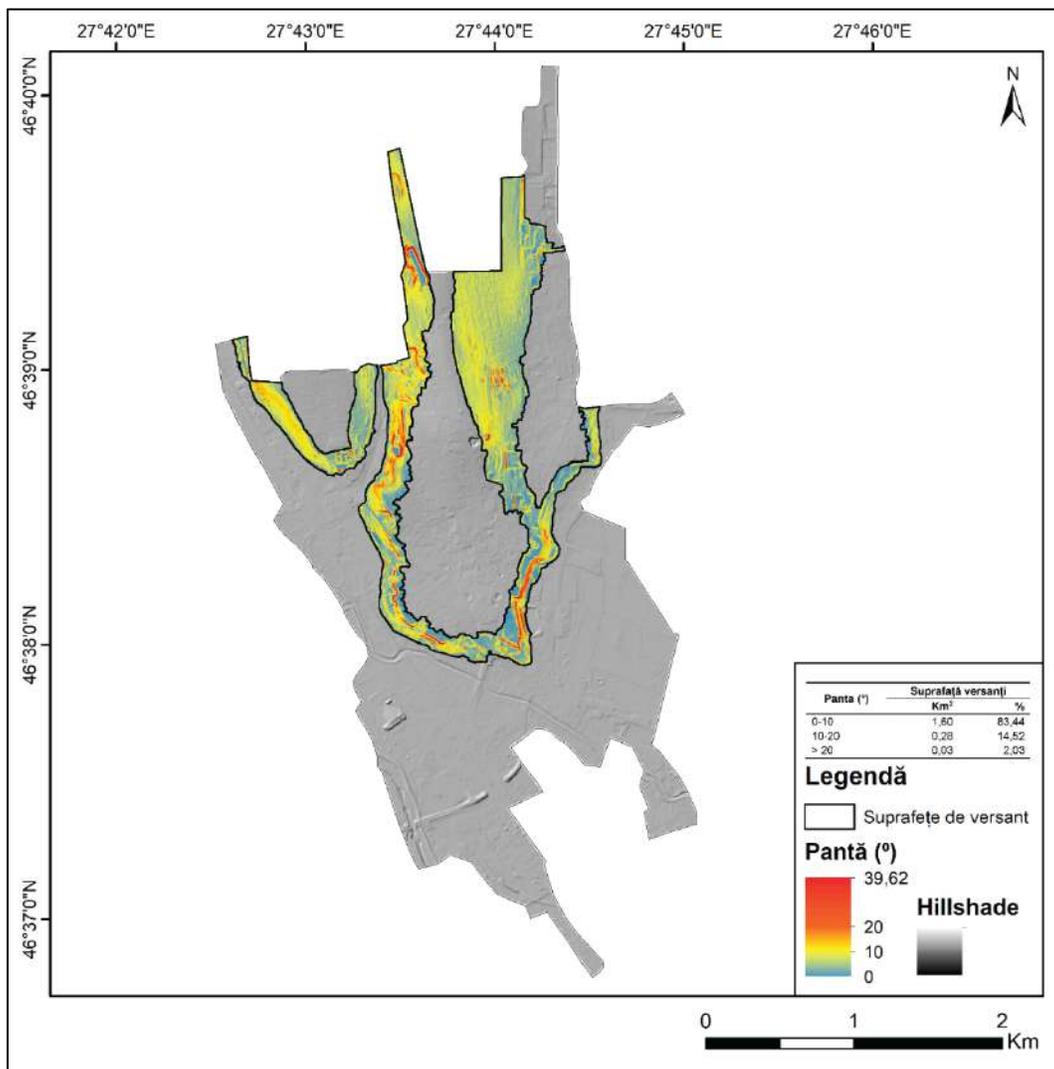
Indicatori	Valoare	U.M.	Sursa datelor
Distanța față de VR	204	km	Prelucrare SIG, Giardini (2013)
Accelerația terenului pentru proiectare (IMR = 225 ani, 20% probabilitate de depășire în 50 de ani)	0,3	g	UTCB (2013)
Ponderea suprafețelor de versant cu pante de minim 20°	2,03	Medie aritmetică	Prelucrare SIG, MNAT de mare rezoluție
Geologia depozitelor de suprafață	2,23	Medie ponderată	Prelucrare SIG, MNAT de mare rezoluție

Municipiul Vaslui se află la aproximativ 204 km față de VR, distanță apreciabilă, dar care nu asigură un impact mai redus al eventualelor seisme majore. În plus, municipiul de referință se află și în proximitatea zonei seismice asociate Depresiunii Bârlad, caracterizată de seismicitate moderată (INFP, UTCB, URBAN INCERC 2016). Magnitudinea maximă observată pentru seismele originare în această zonă este de 5,5  $M_w$  (cutremurul din 1990), iar cea maximă posibilă a fost calculată la 5,8  $M_w$ , cu eroare de +/- 0,2 (Mârza et al. 1991). În catalogul ROMPLUS, numărul de evenimente seismice cu magnitudini de peste 2,8  $M_w$ , înregistrate în Depresiunea Bârladului este 56 (dintre care doar 9 au magnitudini de minim 4  $M_w$ ) (INFP, UTCB, URBAN INCERC 2016), iar magnitudinea de completitudine ( $M_C$ ) specifică este egală cu 3,2 (Vacareanu et al. 2016a).

Valoarea accelerației terenului pentru proiectare stabilită pentru aria de studiu (0,3 g) pentru IMR de 225 de ani și 20% probabilitate de depășire în 50 de ani, depășește pragul de 0,2 g setat pentru a desemna zonele cu risc seismic crescut (UTCB 2013). În același areal se află și

municipiul Galați, în timp ce superioară este doar valoarea accelerației terenului pentru proiectare specifică municipiului Focșani (0,4 g).

Pe de altă parte, indicatorul referitor la panta versanților sugerează un nivel redus al vulnerabilității geotehnice (2,03). Similar celorlalte municipii, versanții din cadrul reședinței județului Vaslui prezintă, predominant, valori reduse ale pantelor – de 0°-10° pentru 83,44% din suprafața acestora și de minim 20° doar pentru 2,03% din suprafața lor. Cartierele Delea, Donici și Gheorghe Racoviță sunt parțial delimitate de frunți de terasă, iar pantele mai mari sunt specifice părții de Sud-Est a cartierului Donici. Jumătatea vestică a zonei 13 decembrie se dezvoltă pe reversul de cuestă cu aspect domol de pe dreapta râului Vaslui, în timp ce în fruntea cuestei coboară abrupt spre cartierele Delea și Racova (Figura 33).



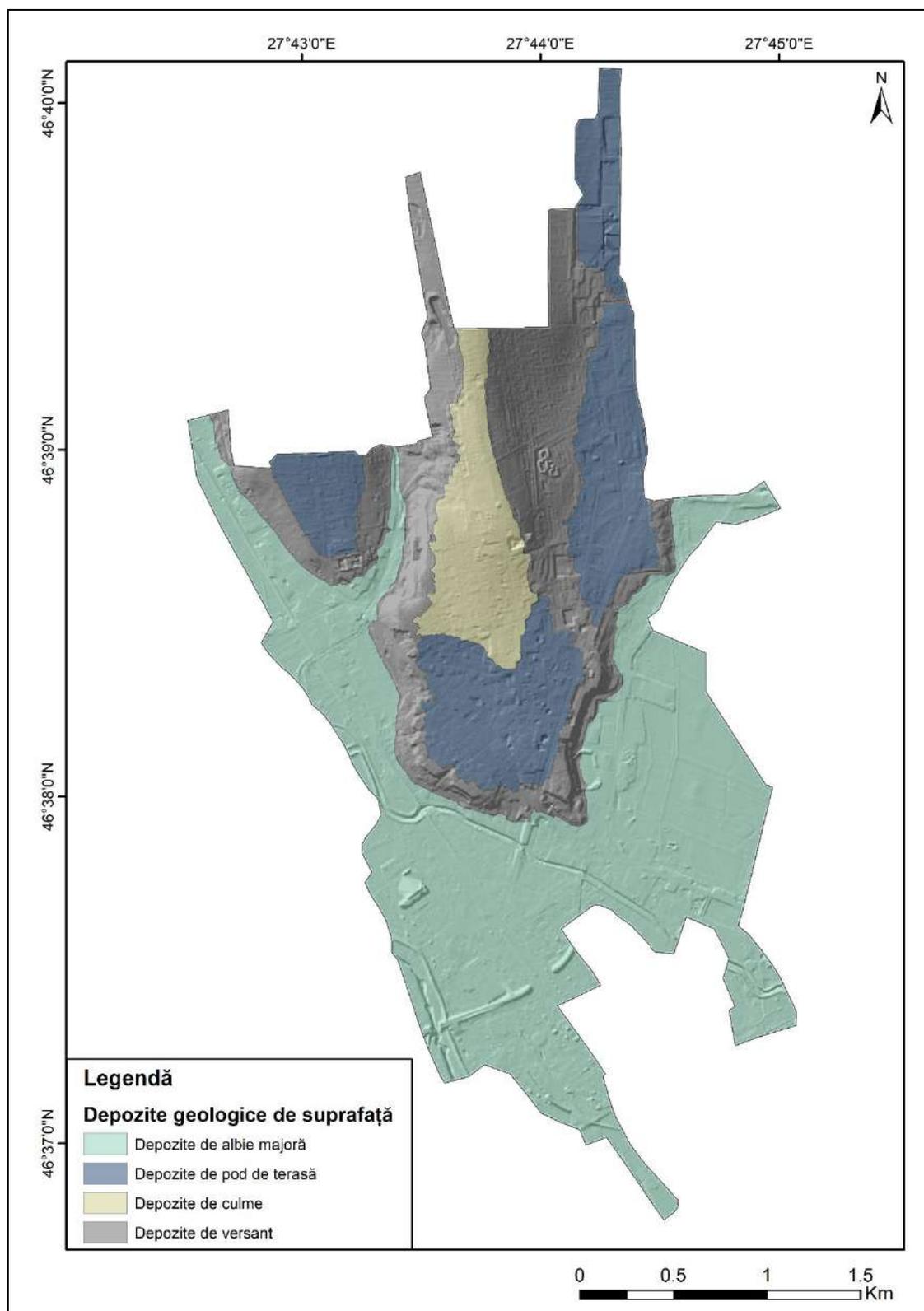
**Figura 33. Harta pantelor suprafețelor de versant de pe teritoriul municipiului Vaslui**

Valoarea indicatorului referitor la geologia depozitelor de suprafață (2,23) este asociată unui nivel mediu spre ridicat de vulnerabilitate geotehnică, ocupând o poziție intermediară între valoarea redusă specifică Galațiului (1,82) și cea maximă, specifică Focșaniului (2,74). Aproape jumătate din teritoriul urban (49,41%) este ocupat de depozite de albie majoră de vârstă holocenă, alcătuite din pietrișuri și nisipuri, ce prezintă un potențial crescut de lichiefiere (Tabelul 42). Pe astfel de depozite din lunca Bârlad-Vaslui s-au dezvoltat cartierul Racova și zona industrială din Sud-Estul orașului, precum și zona periferică aferentă intrării dinspre Bârlad.

**Tabel 42. Date privind depozitele de geologice de suprafață de pe teritoriul municipiului Vaslui**

Tipuri de depozite geologice de suprafață	Suprafață		Alcătuire geologică/Vârsta		
	Km <sup>2</sup>	%	(Institutul Geologic 1967a)		
Depozite de albie majoră	3,94	49,41	pietrișuri, loessoide/holocen	nisipuri,	depozite
Depozite de pod de terasă	1,52	19,14	pietrișuri, loessoide/pleistocen	nisipuri,	depozite
Depozite de culme	0,57	7,25	calcare, marne, argile, nisipuri/basarabian		
Depozite de versant	1,92	24,17	argile, nisipuri cineritice/khersonian		

Depozitele geologice de suprafață cu un grad scăzut de vulnerabilitate geotehnică reprezintă aproape un sfert (26,4%) din teritoriul ariei de studiu: 19,14% din acesta fiind ocupat de depozite de pod de terasă fluvială și 7,25% de depozite de culme. Cartierul Donici este grefat pe podul terasei inferioare de pe stânga Bârladului, în timp ce cartierul Gheorghe Racoviță se dezvoltă atât pe depozitele de culme aferente Dealului Morii-Copou, cât și pe frunțile de terasă și pe podul terasei de pe partea dreaptă a râului Vaslui (Figura 34). Partea de Sud a cartierului Delea se dezvoltă pe podul terasei de pe stânga Bârladului, precum și pe frunțile de terasă care realizează racordul cu aceste suprafețe plane mai înalte. Versanților le este alocată o proporție asemănătoare (24,17%) cu cea a depozitelor geologice de suprafață caracterizate de stabilitate. Aceștia realizează racordul dintre albia majoră extinsă din Sudul orașului și cartierele dezvoltate pe terase fluviale, reprezentând totodată o bună parte din cartierul 13 decembrie.



*Figura 34. Harta depozitelor geologice de suprafață ale municipiului Vaslui*

### 7.3.5.2. Vulnerabilitatea seismică fizică

Majoritatea indicatorilor vulnerabilității fizice fac trimitere la un nivel mediu spre redus al acestui tip de vulnerabilitate, în cazul reședinței județului Vaslui. Excepția este cea a indicatorului referitor la materialele din care sunt construiți pereții exteriori ai clădirilor rezidențiale, ce redă un fond construit preponderent din materiale slab rezistente la șocurile seismice. Acest efect de amplificare este însă atenuat de valorile reduse ale indicatorilor referitori la numărul de imobile rezidențiale, la suprafața locuibilă medie a acestora, la vechimea și profilul lor de înălțime (Tabelul 43).

**Tabel 43. Indicatorii vulnerabilității fizice a municipiului Vaslui**

<b>Indicatori</b>	<b>Valoare</b>	<b>U.M.</b>	<b>Sursa datelor</b>
Numărul de clădiri rezidențiale	5.266	Clădiri	RPL (2011)
Vechimea clădirilor rezidențiale	2,12	Medie ponderată	RPL (2011)
Materialele de construcție din care sunt alcătuiți pereții exteriori ai clădirilor rezidențiale	3,51	Medie ponderată	RPL (2011)
Profilul de înălțime al clădirilor rezidențiale	1,22	Medie ponderată	RPL (2011)
Suprafața locuibilă desfășurată medie	177,33	m <sup>2</sup> arie desfășurată/ clădire	INS (2011), Pre lucrare

Numărul clădirilor rezidențiale din municipiul Vaslui era de 5.266 în anul 2011, iar suprafața locuibilă desfășurată totală ajungea la 933.828 m<sup>2</sup>. Prin urmare, suprafața locuibilă desfășurată medie era de 177,33 m<sup>2</sup>/clădire. Pentru 783 dintre aceste clădiri, adică pentru 14,86% din total, nu există date disponibile privind vechimea, profilul de înălțime sau materialele de construcție ce alcătuiesc pereții exteriori. Următoarele analize fac referire la cele 4.483 de clădiri pentru care există date privind particularitățile menționate.

Indicatorul referitor la vechimea construcțiilor specific orașului Vaslui prezintă cea mai redusă valoare prin raportare la celelalte municipii (2,12) – apropiată de cea a Focșaniului (2,13), fapt ce arată un nivel moderat al vulnerabilității seismice. Conform datelor RPL (2011), cele mai multe dintre clădirile rezidențiale din municipiul de referință au fost construite în perioada anilor 1961-1980 (33,05%), mai exact în primul deceniu al acesteia (1961-1970), adică înainte de producerea cutremurului cu magnitudinea de 7,4 M<sub>w</sub> din 1977 (Tabelul 44). Dominanța clădirilor ce datează din această perioadă este explicată de ritmul de creștere urbană accelerat

asociat perioadei de industrializare forțată a Vasluiului. Aceasta înseamnă că aproximativ 56,16% dintre clădirile din Vaslui nu sunt construite conform normativelor de proiectare a seismică, îmbunătățite în urma producerii respectivului seism, fapt ce are rolul de a potența vulnerabilitatea seismică structurală a orașului.

Importantă este și proporția imobilelor rezidențiale construite înainte de 1945 (9,88%), ce au suferit degradări – multe dintre acestea necunoscute sau ignorate, în urma cutremurului din august 1940. De asemenea, aproape 23,11% dintre clădirile analizate au fost ridicate înainte de intrarea în vigoare a primului act legislativ de normare a practicilor de construcție, apărut în anul 1963.

Clădirile construite în perioada de relaxare a controalelor privind calitatea construcțiilor, ce coincide cu debutul noului regim politic, sunt caracterizate de un nivel crescut de vulnerabilitate seismică. Acestea reprezintă aproape un sfert (23,31%) din fondul construit în scop rezidențial. Pe de altă parte, clădirile rezidențiale ridicate în perioada 2006-2011 (12,62%) sunt caracterizate stabilitate și de grade reduse de degradare. În legătură cu imobilele ridicate după anul 2011, adică în conformitate cu prevederile normativelor de construcții din anii 2013 și 2019, nu există date care să poată fi integrate prezentei analize.

**Tabel 44. Distribuția clădirilor rezidențiale din municipiul Vaslui, pe clase de vechime (după RPL 2011)**

Clasa de vechime	Clădiri rezidențiale		Perioada de construcție	Clădiri rezidențiale	
	Nr.	%		Nr.	%
Înainte de 1945	443	9,88	Înainte de 1919	103	2,29
			1919 - 1945	340	7,58
1946-1960	593	13,22	1946 - 1960	593	13,22
1961-1980	1.482	33,05	1961 - 1970	829	18,49
			1971 - 1980	653	14,56
1981-1990	354	7,89	1981 - 1990	354	7,89
1991-2005	1.045	23,31	1991 - 2000	688	15,34
			2001 - 2005	357	7,96
2006 - 2011	566	12,62	2006 - 2011	566	12,62

Dacă în cazul numărului de clădiri rezidențiale, al suprafeței locuibile medii, profilului de înălțime și vechimii construcțiilor locuite, Vasluiul înregistrează valori minime în raport cu municipiile Iași, Galați și Focșani, indicatorul referitor la materialele de construcție ale imobilelor analizate din Vaslui prezintă valoarea maximă (3,51). Situația este explicată de

ponderea mare a clădirilor construite din materiale slab rezistente la șocurile seismice, precum paianta și chirpiciul (53,12%) (Tabelul 45). Aceasta relevă traiul precar al populației, făcând totodată trimitere la predominarea clădirilor vechi, aflate în diferite stadii de degradare și la clasele de vulnerabilitate seismică fizică ridicată. Clădirile cu pereți externi construiți din astfel de materiale sunt reprezentate de casele vechi, populare, de tip parter, localizate în cartierele Gheorghe Racoviță și 13 Decembrie.

Materialele de construcție mai rezistente, cum ar fi betonul armat și unitățile prefabricate, intră în alcătuirea a 25,92% din totalul clădirilor rezidențiale, mai exact a blocurilor de apartamente localizate de o parte și de alta a principalelor artere de circulație (Str. Ștefan cel Mare, Str. Traian) (Tabelul 45). Astfel de blocuri au fost ridicate în perioada de dezvoltare urbană datorată industrializării. Unele dintre cele mai vechi imobile, construite înainte de anul 1977, au fost afectate de seismul amintit și de cele din anii 1986, 1990 etc., constituind azi surse de vulnerabilitate seismică structurală.

Construcțiile de zidărie din cărămidă reprezintă doar 12,80% din total, fapt atipic pentru orașele moldovenești cu origine feudală. Această atipie este generată de factori diferiți față de cei ce au determinat o situație asemănătoare în municipiul Galați – unde predomină blocurile din beton și unități prefabricate, ridicate în ritm rapid pe fondul industrializării. În cazul Vasluiului, ponderea mică a clădirilor din zidărie relevă, de fapt, precaritatea condițiilor de trai a locuitorilor din clasa de mijloc care, în această arie de studiu, locuiește inclusiv în locuințe vechi, cu pereți din paiantă și chirpici. Clădirile din zidărie sunt reprezentate de casele populare, nedegradate în general, din cartierele nordice ale municipiului.

**Tabel 45. Distribuția clădirilor rezidențiale din municipiul Vaslui, pe clase de materiale de construcție (după RPL 2011)**

Materiale de construcție ale pereților exteriori	Clădiri rezidențiale	
	Nr.	%
Beton armat și unități prefabricate	1.162	25,92
Zidărie din cărămidă, piatră sau înlocuitori (B.C.A.), cu planșee din beton armat (grinzi metalice)	517	11,53
Zidărie din cărămidă, piatră sau înlocuitori (B.C.A.), cu planșee din lemn	57	1,27
Lemn (bârne, scânduri etc.)	41	0,91
Paiantă, chirpici	2.382	53,13
Materiale mixte și alte materiale (P.F.L., O.S.B., sticlă)	324	7,22

Pentru anul de referință, datele disponibile indică un profil foarte jos al clădirilor cu destinație rezidențială. De altfel, Vasluiul înregistrează valoarea minimă a indicatorului privind profilul de înălțime al imobilelor rezidențiale (1,22), prin comparație cu celelalte arii de studiu. Profilul foarte jos al clădirilor avute în vedere este pus în evidență de ponderea foarte mare a caselor de tip parter (85,25%). Astfel de locuințe se regăsesc în toate cartierele municipiului Vaslui, predominând în cartierele Delea și 13 Decembrie. Unele dintre case sunt caracterizate de vechimi apreciabile și grade variabile de degradare, iar altele sunt construcții ridicate mai recent, nedegradate. Celorlalte clase de înălțime le corespund ponderi sub 10%, din Tabelul 46 reieșind că în clasele de înălțime redusă și de înălțime medie există un număr similar de clădiri, întrucât diferențele dintre acestea sunt infime (7,13% din totalul clădirilor prezintă înălțime redusă și 7,07% dintre ele, înălțime medie).

Blocurile de 4 etaje reprezintă doar 6,87% din fondul construit locuit în scop rezidențial, fiind întâlnite în cartierele Donici, Delea, Gheorghe Racoviță. O pondere apropiată revine construcțiilor cu un etaj (5,88%), reprezentate de vile mai noi, ridicate după anul 2000 în cartiere precum Gheorghe Racoviță și 13 Decembrie. Doar 0,73% dintre clădirile rezidențiale din Vaslui au înălțimi mai mari, depășind 4 etaje (Tabelul 46), fapt ce indică nivelul general redus de dezvoltare social-economică și predominarea imobilelor mai vechi. În această categorie se încadrează și blocurile tip turn, de minim 7 etaje, din lungul Str. Ștefan cel Mare, construite în a doua etapă a procesului de industrializare a Vasluiului.

**Tabel 46. Distribuția clădirilor rezidențiale din municipiul Vaslui, pe clase de înălțime (după RPL 2011)**

Clasă de înălțime	Clădiri rezidențiale		Detaliiere	Clădiri rezidențiale	
	Nr.	%		Nr.	%
Înălțime foarte redusă (Parter)	3.822	85,25	Parter	3.822	85,25
			1 etaj	264	5,88
Înălțime redusă (1-3 etaje)	320	7,13	2 etaje	40	0,89
			3 etaje	16	0,35
			4 etaje	308	6,87
Înălțime medie (4-7 etaje)	317	7,07	5 etaje	1	0,02
			6 etaje	1	0,02
			7 etaje	7	0,15
			8 etaje	16	0,35
Înălțime mare ( $\geq$ 8 etaje)	24	0,53	9 etaje	1	0,02
			10 etaje și peste	7	0,15

### 7.3.5.3. Vulnerabilitatea seismică social-economică

Indicatorii referitori la populația cu studii superioare (18,36%), ponderea șomerilor în totalul forței de muncă (0,6%), la valoarea PIB/locuitor la scară județeană (5.425 euro) și mai ales procentele populației care trăiește în zone urbane dezavantajate (33,32%) sau dezavantajate pe criteriul locuirii (7,81%) (Tabelul 47) sugerează niveluri superioare ale vulnerabilității social-economice a municipiului Vaslui. În schimb, factorii referitori al mărimea demografică a centrului urban (133.184 locuitori) și la rata de dependență demografică (32,5%) și la au rolul de a atenua acest tip de vulnerabilitate seismică. Coroborarea indicatorilor amintiți conform ponderilor importanței relative stabilite prin metode multicriteriale, pune în lumină un nivel mediu spre redus al vulnerabilității social-economice, pentru municipiul de interes.

**Tabel 47. Indicatorii vulnerabilității social-economice specifici municipiului Vaslui**

<b>Indicatori</b>	<b>Valoare</b>	<b>U.M.</b>	<b>Sursa datelor</b>
Numărul populației cu domiciliul în aria de studiu (la 1 ianuarie 2021)	133.184	Locuitori	INS (2021)
Raportul de dependență demografică	32,5	Raport	INS (2021)
Procentul populației care trăiește în zone urbane dezavantajate	32,32	%	Banca Mondială (2011)
Procentul populației care trăiește în zone urbane dezavantajate pe criteriul locuirii	7,81	%	Banca Mondială (2011)
Procentul populației absolvente de studii superioare (de lungă durată și de scurtă durată) din totalul populației	18,36	%	RPL (2011)
Procentul șomerilor înregistrați la sfârșitul anului în totalul resurselor de muncă	0,6	%	INS (2020)
Valoarea PIB/locuitor la nivel de județ	5.424	Euro	CNSP (2019)

### 7.3.5.4. Vulnerabilitatea seismică sistemică

Dimensiunea sistemică a vulnerabilității seismice specifice municipiului Vaslui este pusă în evidență de valorile reduse ale indicatorilor referitori la numărul de medici (1,8) și de paturi de spital (6,45) raportate la 1.000 de locuitori, precum și de valoarea crescută a indicatorului referitor la distanțele față de benzinării (5,31). Pe de altă parte, valorile indicatorilor referitori la distanțele față de unitățile medicale (2,35) și unitățile de pompieri (2,7) contribuie la atenuarea vulnerabilității sistemice a municipiului de referință (Tabelul 48). Se ajunge astfel la un nivel mediu spre redus al vulnerabilității seismice sistemice, Vasluiul fiind plasat pe locul al treilea în cadrul ierarhiei specifice.

**Tabel 48. Indicatorii vulnerabilității sistemice specifice municipiului Vaslui**

<b>Indicatori</b>	<b>Valoare</b>	<b>U.M.</b>	<b>Sursa datelor</b>
Numărul de medici raportat la 1.000 de locuitori	1,8	Raport	INS (2018)
Numărul de paturi de spital raportat la 1.000 de locuitori	6,45	Raport	INS (2019)
Distanța față de cea mai apropiată unitate medicală	2,35	Medie ponderată	Prelucrare SIG
Distanța față de cea mai apropiată unitate de pompieri	2,7	Medie ponderată	Prelucrare SIG
Distanța față de cea mai apropiată stație de alimentare cu benzină, motorină sau GPL	5,31	Medie ponderată	Prelucrare SIG, Site gazonline (2021)

Din punctul de vedere al serviciilor medicale, municipiul Vaslui este deservit de Spitalul Clinic Județean de Urgență Vaslui și de Serviciul Județean de Ambulanță Vaslui. Dotările serviciilor medicale acoperă necesitățile locale, însă nivelul lor redus de dezvoltare este reflectat de indicatorii referitori la numărul medicilor raportat la 1.000 de locuitori (1,8) și cel al paturilor de spital raportat la 1.000 de locuitori (6,45) (Tabelul 48) (INS 2018, 2019). Vasluiul înregistrează cele mai reduse valori ale acestor indicatori, comparativ cu municipiile Iași, Galați și Focșani.

În aceste condiții, situațiile de criză ce ar putea fi provocate de un cutremur major ar trebui gestionate de un număr redus de specialiști și se presupune că victimele omenești rezultate ar trebui spitalizate în singura unitate medicală din oraș, cu posibilitatea transferării unora dintre răniți către spitalele din Iași sau Bârlad. Autonomia redusă a serviciilor medicale din Vaslui, emergentă în contextul manifestării unui seism de anvergură, determină creșterea vulnerabilității seismice sistemice generale a orașului.

#### **7.3.5.5. Capacitatea de coping a populației**

Pe lângă dimensiunile consacrate, prezenta analiză multicriterială a vulnerabilității integrează conceptului și capacitatea de coping, ce este redată cu ajutorul unei serii de indicatori obținuți în urma prelucrării rezultatelor chestionarului privind percepția riscului seismic (Tabelul 49). În cazul municipiului Vaslui, acești indicatori redau un nivel redus al capacității de coping a populației, inferior celor înregistrate de municipiile Iași, Galați și Focșani. Astfel, vulnerabilitatea seismică derivată din capacitatea redusă de coping specifică Vasluiului atinge nivelul maxim, comparativ cu ariile de studiu amintite.

Prin raportare la valorile maxime posibile ce pot fi atinse de indicatorii selectați, pragul de 50% este depășit doar în cazul abilităților de supraviețuire și al autonomiei. De asemenea, trebuie subliniat faptul că Vasluiul înregistrează valorile minime ale indicatorilor referitori la abilitățile de supraviețuire, la implementarea adaptărilor seismice și la autonomia populației în procesul de revenire la starea de normalitate, comparativ cu scorurile înregistrate de celelalte 3 arii de studiu. Și în cazul excepției reprezentate de cunoștințele referitoare la seisme și la acțiunile de autoprotecție, scorul corespunzător Vasluiului este aproape egal de valoarea minimă (0,38) înregistrată de Galați (Tabelul 12).

**Tabel 49. Indicatorii capacității de coping a populației municipiului Vaslui**

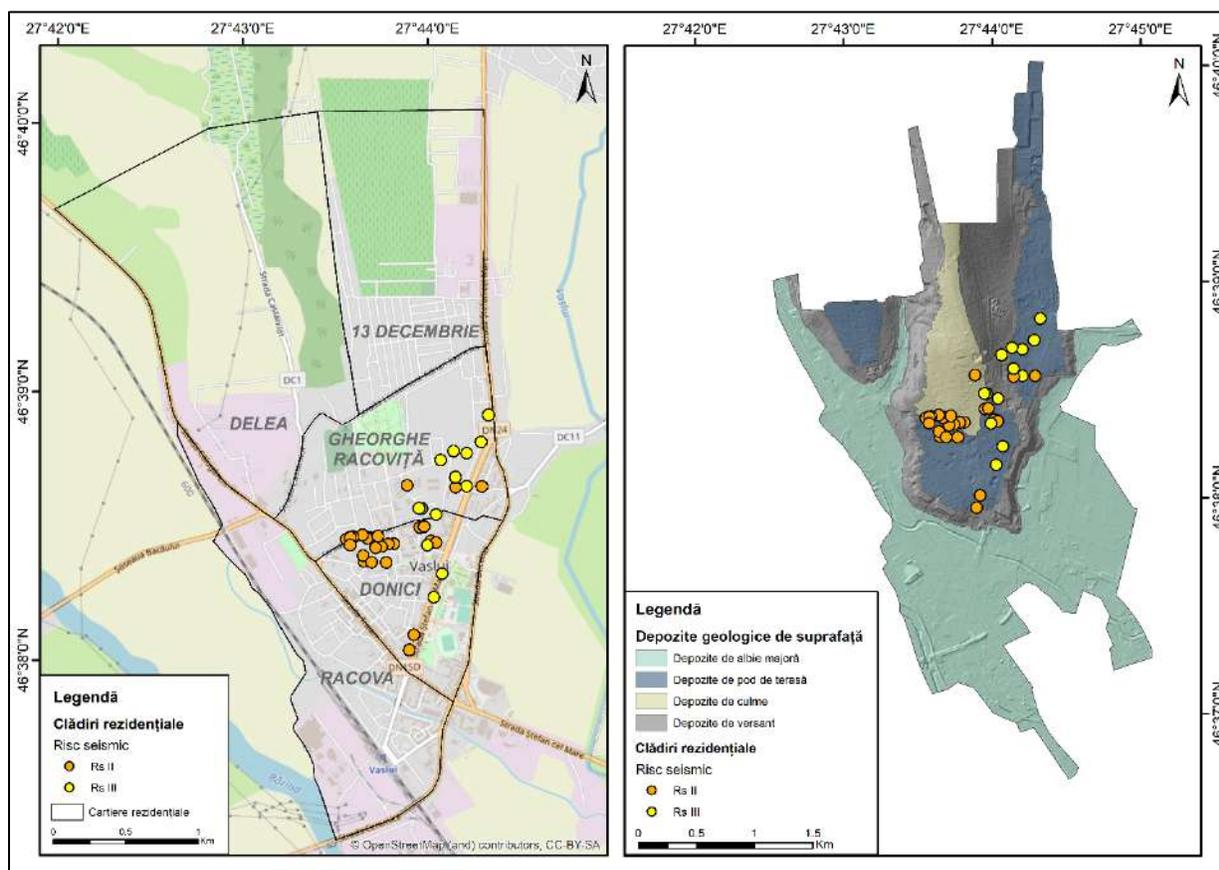
<b>Indicatori</b>	<b>Valoare</b>	<b>U.M.</b>	<b>Sursa datelor</b>
Abilitățile de supraviețuire ale populației în contextul manifestării unui seism major	1,57		
Cunoștințele populației privind seismele și comportamentele ce trebuie adoptate în timpul acestora	2,39	Medie ponderată	Chestionar
Adaptările seismice implementate de populație	3,93		
Nivelul de autonomie al populației în procesul de revenire la starea de normalitate anterioară manifestării seismului major	0,72		

### **7.3.6. Vulnerabilitatea seismică a clădirilor expertizate tehnic din municipiul Vaslui**

În municipiul Vaslui există 38 de clădiri rezidențiale cu risc seismic, având Rs II (25 clădiri, 65,78%) și Rs III (13 clădiri, 34,21%). În evidențe nu există clădiri cu risc seismic maxim (Rs I) sau minim (Rs IV), dar aceasta nu înseamnă că la nivelul municipiului nu există mai multe clădiri ce ar putea fi încadrate în una dintre aceste clase, în cazul în care ar fi expertizate tehnic. Datele referitoare la cele 38 de clădiri expertizate tehnic provin din documentele Consiliului Județean Vaslui, care nu are însă în posesie și dosarele complete ale expertizelor tehnice efectuate asupra imobilelor respective – acestea fiind distruse în urma unui incendiu. Datele cu privire materialele de construcție care alcătuiesc imobilele și la propunerile de consolidare și de demolare ale acestora nu sunt cunoscute.

Clădirile rezidențiale cu risc seismic din municipiul de interes se află în cartierele Donici și Gheorghe Racoviță, ocupând poziții centrale și estice în cadrul teritoriului urban locuit (Figura 35). Un cluster al clădirilor cu Rs II este evidențiat în zona Str. Călugăreni-Alecu Donici, iar

distribuția liniară a imobilelor cu Rs II și Rs III poate fi observată în lungul arterei de circulație Ștefan cel Mare. În partea de Est a cartierului Gheorghe Racoviță, între Str. Nicolae Iorga și Vasile Alecsandri, se află un alt cluster de clădiri ce se încadrează, predominant, în clasa Rs III (Figura 35).



**Figura 35. Distribuția spațială a clădirilor rezidențiale cu risc seismic din municipiul Vaslui**

Cele mai multe dintre imobilele cu risc seismic din aria de studiu (92,1%) prezintă un nivel redus de vulnerabilitate seismică geotehnică, fiind localizate fie pe suprafața plană a depozitelor de pod de terasă fluvială (71,05%), fie pe cea a depozitelor de culme ale Dealului Morii Copou (21,05%). Imobilele încadrate în clasa de risc seismic Rs II reprezintă 66,66% dintre clădirile rezidențiale grefate pe depozite de pod de terasă și 75% din totalul clădirilor construite pe depozite de culme (Tabelul 50). Acestea sunt caracterizate de stabilitate și prezintă un potențial redus de lichefiere, întrucât pietrișurile, nisipurile și depozitele loessoide pleistocene din alcătuirea lor sunt slab saturate. Clădirile în cauză se găsesc în cartierele Donici, Gheorghe Racoviță și partea de Est a cartierului mai nou, numit 13 decembrie (Figura 35). Doar 3 clădiri cu

risc seismic – dintre care două încadrate în clasa Rs III, sunt localizate pe suprafața versantului de tip revers din partea de Vest a cartierului 13 decembrie, nivelul lor de vulnerabilitate geotehnică fiind moderat spre redus, ca urmare a pantei reduse a terenului (0°-10°).

**Tabel 50. Depozitele geologice de suprafață pe care sunt construite clădirile cu risc seismic din municipiul Vaslui**

Depozite geologice de suprafață	Total clădiri		Clădiri Rs II		Clădiri Rs III	
	Nr.	%	Nr.	%	Nr.	%
Depozite de albie majoră	0	0	0	0	0	0
Depozite de pod de terasă	27	71,05	18	66,66	9	33,33
Depozite de culme	8	21,05	6	75	2	25
Depozite de versant	3	7,89	1	33,33	2	66,66

Dintre clădirile cu risc seismic ridicat (Rs II), 72% sunt construite pe depozite de pod de terasă, iar 24% pe depozite de culme, caracterizate de stabilitate – și au, prin urmare, un nivel redus de vulnerabilitate seismică geotehnică. Procentele imobilelor aflate în zone cu astfel de geologie de suprafață sunt ridicate și în ceea ce privește clădirile încadrate în clasa Rs III: 69,23% dintre ele sunt construite pe poduri de terasă și 15,38% pe depozite de culme (Tabelul 51). Nivelul general redus de vulnerabilitate geotehnică este evidențiat și de numărul mic de clădiri construite pe suprafețele înclinate: o clădire cu Rs II și două clădiri din următoarea clasă de risc seismic.

**Tabel 51. Distribuția clădirilor rezidențiale cu risc seismic din municipiul Vaslui, pe tipuri de depozite geologice de suprafață**

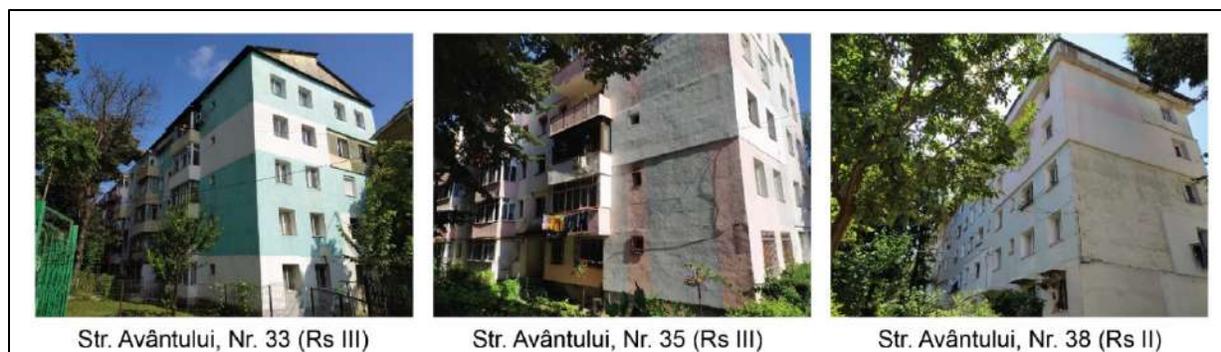
Clădiri rezidențiale	Depozite de albie majoră		Depozite de pod de terasă		Depozite de culme		Depozite de versant	
	Nr.	%	Nr.	%	Nr.	%	Nr.	%
Rs II	0	0	18	72	6	24	1	4
Rs III	0	0	9	69,23	2	15,38	2	15,38

Spre deosebire de municipiul Galați, în cadrul căruia construcțiile cu risc seismic sunt reprezentate majoritar de case de tip parter, în municipiul Vaslui, la nivelul clădirilor rezidențiale expertizate, predomină blocurile de apartamente. Acestea au fost construite în perioada de dezvoltare urbană accentuată (anii 1960-1980), stimulată de direcțiile trasate de regimul comunist. Imobilul rezidențial tipic este cel de bloc de locuințe cu 4 etaje și 3-4 scări de bloc dispuse în segmente conectate liniar (Figura 36).

Majoritatea blocurilor de acest fel necesită lucrări de renovare, aflându-se în stadii medii de degradare, însă există și exemple de construcții aflate în stadii avansate de degradare (Figura 37). În prima categorie se încadrează blocurile din clusterul Alecu Donici-Călugăreni, ce sunt locuite predominant de populație vârstnică, având posibilități financiare limitate, iar în cea de-a doua categorie, blocurile din Str. Avântului, locuite predominant de populația de etnie romă. Cele mai însemnate degradări se observă la nivelul elementelor non-structurale, precum balcoanele ce sunt adesea parțial atașate fațadei clădirilor. În cazul blocurilor din Str. Avântului, anumite porțiuni de fațadă prezintă inclusiv fisuri transversale, astfel de degradări fiind prezente și în zonele de subsol ale clădirilor.



**Figura 36. Clădiri rezidențiale cu risc seismic, cu 4 etaje și dispunere pe 3 segmente de tip scară de bloc, municipiul Vaslui (august 2021)**



**Figura 37. Clădiri rezidențiale cu risc seismic aflate în stadii avansate de degradare, din municipiul Vaslui (august 2021)**

Pe de altă parte, imobilele mai înalte, de 7 etaje, din lungul arterei de circulație Ștefan cel Mare, sunt mai bine îngrijite și sunt locuite de populația adultă tânără și matură. Pe Str. Vidin, în apropierea Centrului Civic și a Pieței Centrale din oraș, clădirile cu risc seismic prezintă, de asemenea, aspect mai îngrijit. Atât la parterul blocurilor din Str. Ștefan cel Mare, cât și la al blocurilor din Str. Vidin, se găsesc mici spații comerciale sau de prestări servicii (Figura 38).

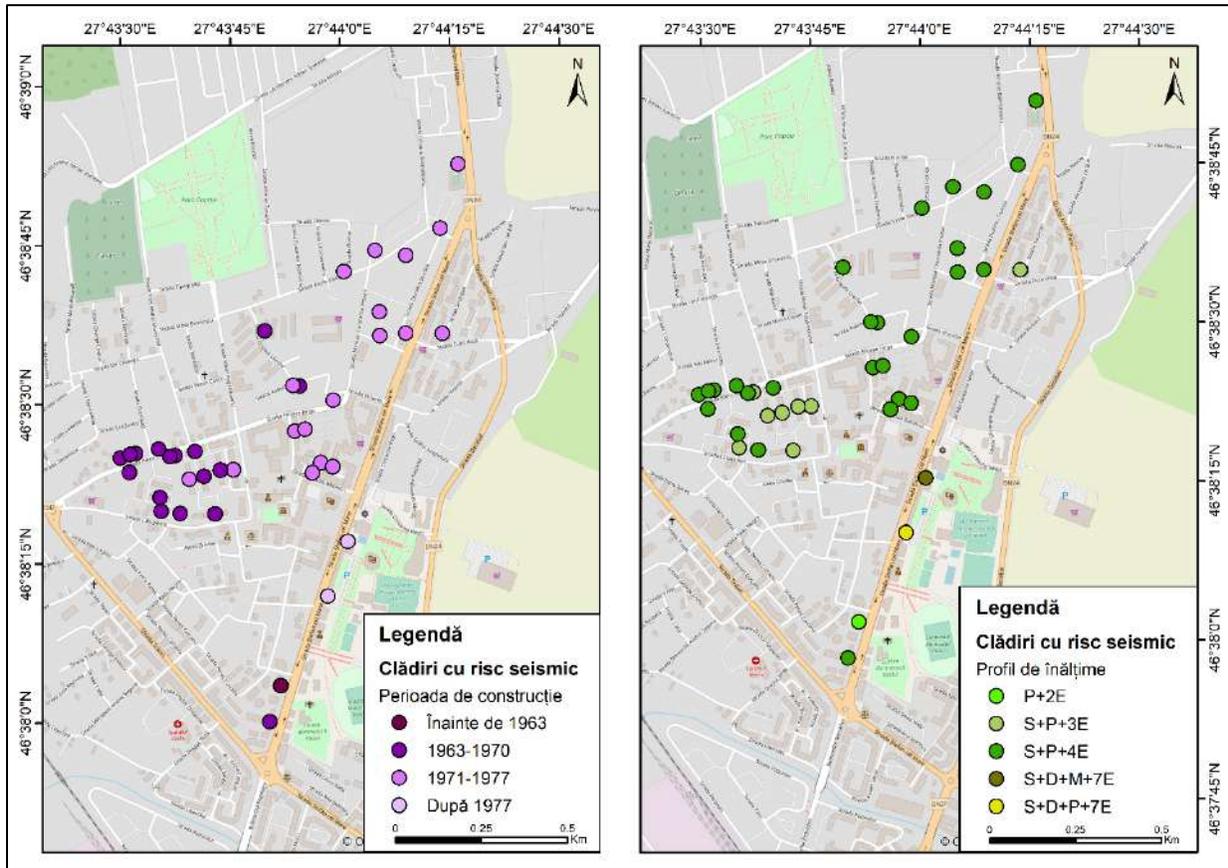


**Figura 38. Imobile rezidențiale cu risc seismic cu aspect modern, construite după anul 1977, din municipiul Vaslui (septembrie 2019)**

Cea mai veche dintre clădirile rezidențiale cu risc seismic din Vaslui a fost construită în anul 1960, iar cele mai noi în 1980. Clădirea ce datează din 1960 prezintă risc seismic ridicat (Rs II) și este reprezentată de un bloc de 2 etaje din sudul Str. Ștefan cel Mare. Și cele două clădiri cu Rs III, construite după 1977, se găsesc în lungul acestei artere de circulație a municipiului Vaslui (Figura 39). Conform Tabelului 52, aproape jumătate (47,36%) dintre cele 38 de imobile expertizate au fost construite în perioada 1971-1977. Cele mai multe dintre acestea (55,55%) se încadrează în clasa Rs III și sunt localizate între Str. Nicolae Bălcescu și Vasile Alecsandri, adică în partea central-estică a perimetrului urban locuit (Figura 40).

Imobilele expertizate din această zonă prezintă nivel mediu de degradare – existând și excepții, reprezentate de blocuri de apartamente cu aspect dezolant, fiind locuite atât de populația activă cu nivel de trai mediu, cât și de persoane vârstnice. Printre clădirile din categoria menționată, sunt dispersate și imobile extrem de degradate, ce prezintă avarii structurale și non-structurale notabile, ce nu se regăsesc pe lista imobilelor expertizate tehnic (Figura 39). Acesta reprezintă un argument în favoarea ideii faptului că fondul construit al ariei de studiu prezintă

multiple puncte nevralgice, ce pot fi identificate prin simple observații pe teren, însă care nu sunt confirmate oficial. În aceste condiții, reabilitarea stării clădirilor în cauză rămâne o problemă cunoscută, a cărei rezolvare este perpetuu proiectată în viitor, atât de către autorități, cât și de comunitățile locale. În general, clădirile menționate sunt ocupate de reprezentanți ai etniei rome ale căror vieți sunt marcate de stigmatul indus de cercul vicios al sărăciei.



**Figura 39. Distribuția spațială a clădirilor rezidențiale cu risc seismic din municipiul Vaslui, în funcție de perioada de construcție și de profilul de înălțime**

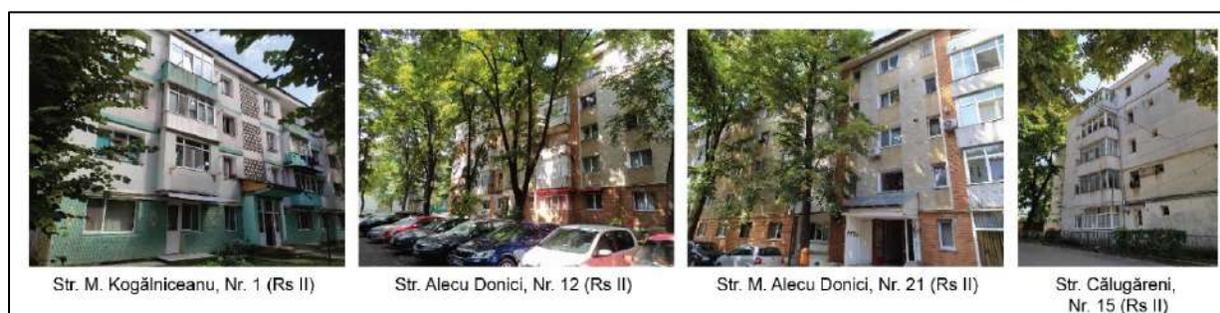
**Tabel 52. Vechimea clădirilor rezidențiale cu risc seismic din municipiul Vaslui**

Perioada de construcție	Total clădiri		Clădiri Rs II		Clădiri Rs III	
	Nr.	%	Nr.	%	Nr.	%
Înainte de 1963	1	2,63	1	100	0	0
1963-1970	17	44,73	16	94,11	1	5,88
1971-1977	18	47,36	8	44,44	10	55,55
După 1977	2	5,26	0	0	2	100

O pondere importantă (44,73%) revine clădirilor rezidențiale construite în 1963-1970, conform primelor reglementări de proiectare seismică implementate oficial în România. Această categorie este dominată de clădirile din clasa Rs II, ce reprezintă 94,11% din total (Tabelul 52). Imobilele în cauză alcătuiesc clusterul din zona Str. Călugăreni-Alecu Donici, însă elemente disparate se găsesc și pe Str. Avântului și în Sudul cartierului Donici (Figura 41). Din această categorie fac parte blocuri cu 3 sau cu 4 etaje locuite de comunități umane cu vârste înaintate, ce nu dispun de resursele financiare necesare realizării lucrărilor de consolidare seismică a condominiilor de rezidență.



**Figura 40. Imobile rezidențiale expertizate tehnic și ne-expertizate din Str. V. Alecsandri, municipiul Vaslui (septembrie 2019)**



**Figura 41. Clădiri rezidențiale cu risc seismic din zona clusterului Alecu Donici-Călugăreni, municipiul Vaslui (august 2021)**

Profilul de înălțime al clădirilor rezidențiale cu risc seismic din reședința de județ este dominat de blocurile de 4 etaje (71,05%), cu risc seismic ridicat (Rs II) în proporție de 59,25% și risc seismic mediu (Rs III) în proporție de 40,74% (Tabelul 53). Acestea sunt localizate în număr

mare la Nord de Str. Nicolae Iorga, în cartierul Gheorghe Racoviță. Blocuri expertizate tehnic cu 4 etaje se găsesc și în cartierul Donici, în zona Călugăreni și pe Str. Nicolae Bălcescu și Nicolae Iorga. Următoarea categorie de imobile este cea a blocurilor de 3 etaje, ce reprezintă 21,05% din total. Acestea prezintă, în totalitate, risc seismic ridicat (Rs II), alcătuind partea de Est a clusterului de imobile expertizate tehnic din zona Călugăreni-Alecu Donici (Figura 41).

**Tabel 53. Profilul de înălțime al clădirilor rezidențiale cu risc seismic din municipiul Vaslui**

Profil de înălțime	Total clădiri		Clădiri Rs II		Clădiri Rs III	
	Nr.	%	Nr.	%	Nr.	%
P+2E	1	2,63	1	100	0	0
S+P+3E	8	21,05	8	100	0	0
S+P+4E	27	71,05	16	59,25	11	40,74
S+D+M+7E	1	2,63	0	0	1	100
S+D+P+7E	1	2,63	0	0	1	100

Blocurile de 2 și 7 etaje reprezintă, împreună, mai puțin de 10% din totalul clădirilor rezidențiale cu risc seismic (Tabelul 53). Imobilele din prima categorie se încadrează în clasa Rs II, iar celelalte în clasa Rs III. Atât blocurile de 2 etaje, cât și cele de 7 etaje, care au fost încadrate în cele două clase de risc seismic, sunt întâlnite de-a lungul Str. Ștefan cel Mare – primele pe latura de Vest a arterei de circulație, iar cele mai înalte pe latura sa de Est (Figura 39).

### **Accesibilitatea clădirilor cu risc seismic pentru echipele de gestionare a situațiilor de urgență**

Vulnerabilitatea sistemică a clădirilor rezidențiale cu risc seismic din municipiul Vaslui poate fi estimată prin intermediul accesibilității acestora pentru intervențiile echipelor medicale sau de pompieri, ce ar putea deveni necesare în contextul manifestării unui seism cu magnitudinea de 7  $M_W$  sau mai mult. Cu cât accesibilitatea față de astfel de servicii de gestionare a situațiilor de urgență este mai mare – cu alte cuvinte, cu cât clădirile cu risc seismic se află mai aproape de obiectivele menționate, cu atât vulnerabilitatea sistemică va fi mai redusă.

Vasluiul este deservit de Spitalul Clinic Județean de Urgență Vaslui și de Serviciul Județean de Ambulanță Vaslui. Prima unitate medicală se află în partea de Nord-Est a orașului, în cartierul 13 decembrie, iar cea de-a doua în cartierul Gheorghe Racoviță, în proximitatea Parcului Copou. Întrucât Spitalul Clinic Județean de Urgență Vaslui are o poziție marginală, atât

față de teritoriul urban locuit, cât și față de imobilele rezidențiale cu risc seismic, cea mai mare parte a acestora (97,36%) ar putea fi deservite de Serviciul Județean de Ambulanță Vaslui, în cazul manifestării unui seism de anvergură (Tabelul 54). Clădirile amintite se află la distanțe mai mici față de sediul acestui serviciu, însă trebuie avut în vedere faptul că eventualele victime ale unui cutremur nu ar putea fi spitalizate în cadrul unității, ci doar transportate către Spitalul Clinic Județean de Urgență Vaslui, cu ajutorul ambulanțelor ce pornesc în misiune de la sediul Serviciului Județean de Ambulanță Vaslui. Din acest motiv, estimarea nivelului de vulnerabilitate sistemică a clădirilor analizate se dovedește o sarcină dificilă, marcată de multiple incertitudini.

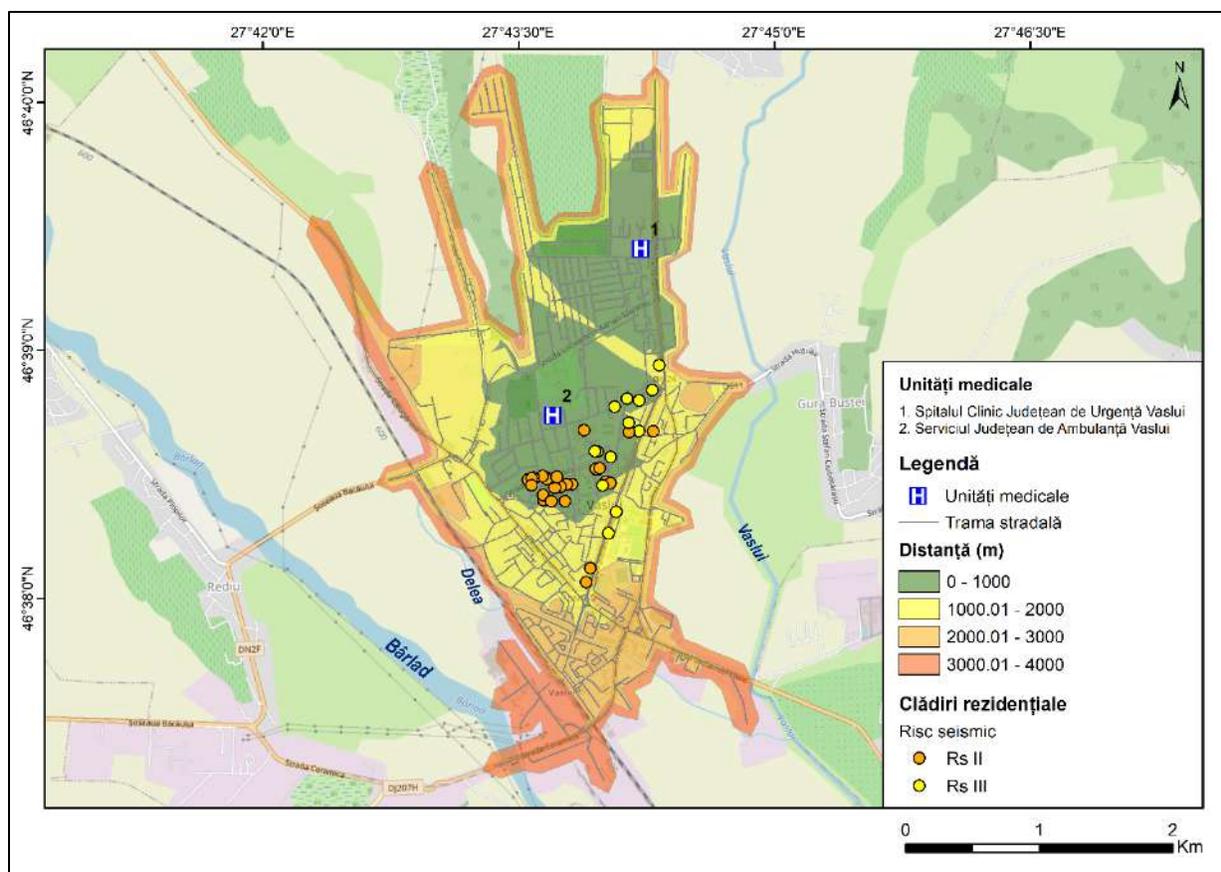
**Tabel 54. Numărul de clădiri rezidențiale cu risc seismic ce ar putea fi deservite de unitățile medicale din municipiul Vaslui, în cazul manifestării unui seism major**

Unități medicale	Total clădiri		Clădiri Rs II		Clădiri Rs III	
	Nr.	%	Nr.	%	Nr.	%
Serviciul Județean de Ambulanță Vaslui	37	97,36	25	67,56	12	32,43
Spitalul Clinic Județean de Urgență Vaslui	1	2,63	0	0	1	100

Dintre cele 37 de clădiri rezidențiale cu risc seismic ce ar putea fi deservite de acesta, 67,56% se încadrează în clasa Rs II (Tabelul 54). Pe de altă parte, doar o singură clădire se află mai aproape de Spitalul Clinic Județean de Urgență Vaslui decât de sediul Serviciului Județean de Ambulanță – este vorba de un bloc de 4 etaje din Nordul Str. Ștefan cel Mare (Figura 42).

Conform Tabelului 55 și Figurii 42, peste 3 sferturi (76,31%) dintre imobilele cu risc seismic din Vaslui se află în intervalul de maximă proximitate față de cea mai apropiată unitate medicală (0-1.000 m). 72,41% dintre acestea sunt reprezentate de clădiri rezidențiale cu risc seismic ridicat (Rs II) și 27,58% de clădiri rezidențiale din următoarea clasă de risc seismic (Rs III). În arealul de 0-1.000 m extins în jurul sediului Serviciului Județean de Ambulanță se află clădirile din clusterul specific zonei Călugăreni-Alecu Donici, precum și clusterelor din Estul cartierului Gheorghe Racoviță.

Doar 9 dintre cele 38 de imobile expertizate se află la distanțe de 1.000,01-2.000 m față de cea mai apropiată unitate medicală. Mai mult de jumătate dintre aceste clădiri prezintă risc seismic mediu (Rs III, 55,55%) și se află în aria de polarizare a Serviciului Județean de Ambulanță (Tabelul 55). Imobilele sunt distribuite liniar, în lungul Str. Ștefan cel Mare (Figura 42).



**Figura 42. Ariile deservite de unitățile medicale și clădirile rezidențiale cu risc seismic din municipiul Vaslui**

**Tabel 55. Intervalele de distanță față de cea mai apropiată unitate medicală în care sunt încadrate clădirile rezidențiale cu risc seismic din municipiul Vaslui**

Distanțe (m)	Total clădiri		Clădiri Rs II		Clădiri Rs III	
	Nr.	%	Nr.	%	Nr.	%
0 - 1.000	29	76,31	21	72,41	8	27,58
1.000,01 - 2.000	9	23,68	4	44,44	5	55,55

Aceste date pun în evidență un nivel redus de vulnerabilitate sistemică, dar în urma coroborării lor cu informațiile referitoare la serviciile medicale prestate de cele două unități medicale, reiese că puține dintre imobilele expertizate tehnic se află cu adevărat la mai puțin de 1.000 de un centru medical în care este posibilă spitalizarea.

Atât cea mai mare parte a clădirilor rezidențiale cu Rs II (84%), cât și cea mai mare parte a clădirilor cu Rs III (61,53%) se află la distanțe de 0-1.000 m față de cea mai apropiată unitate medicală (Tabelul 56). Aceasta indică un nivel redus de vulnerabilitate seismică al imobilelor expertizate tehnic din municipiul Vaslui, datorat distribuției lor spațiale și a unităților medicale,

precum și suprafeței urbane locuite restrânse și configurației tramei stradale (Figura 42). De asemenea, în acest caz este necesară integrarea informațiilor referitoare la specificul serviciilor medicale prestate în cadrul fiecărei unități medicale, în vederea estimării adecvate a nivelului de vulnerabilitate sistemică.

**Tabel 56. Clădirile rezidențiale cu risc seismic din municipiul Vaslui și intervalele de distanță față de cea mai apropiată unitate medicală în care se încadrează acestea**

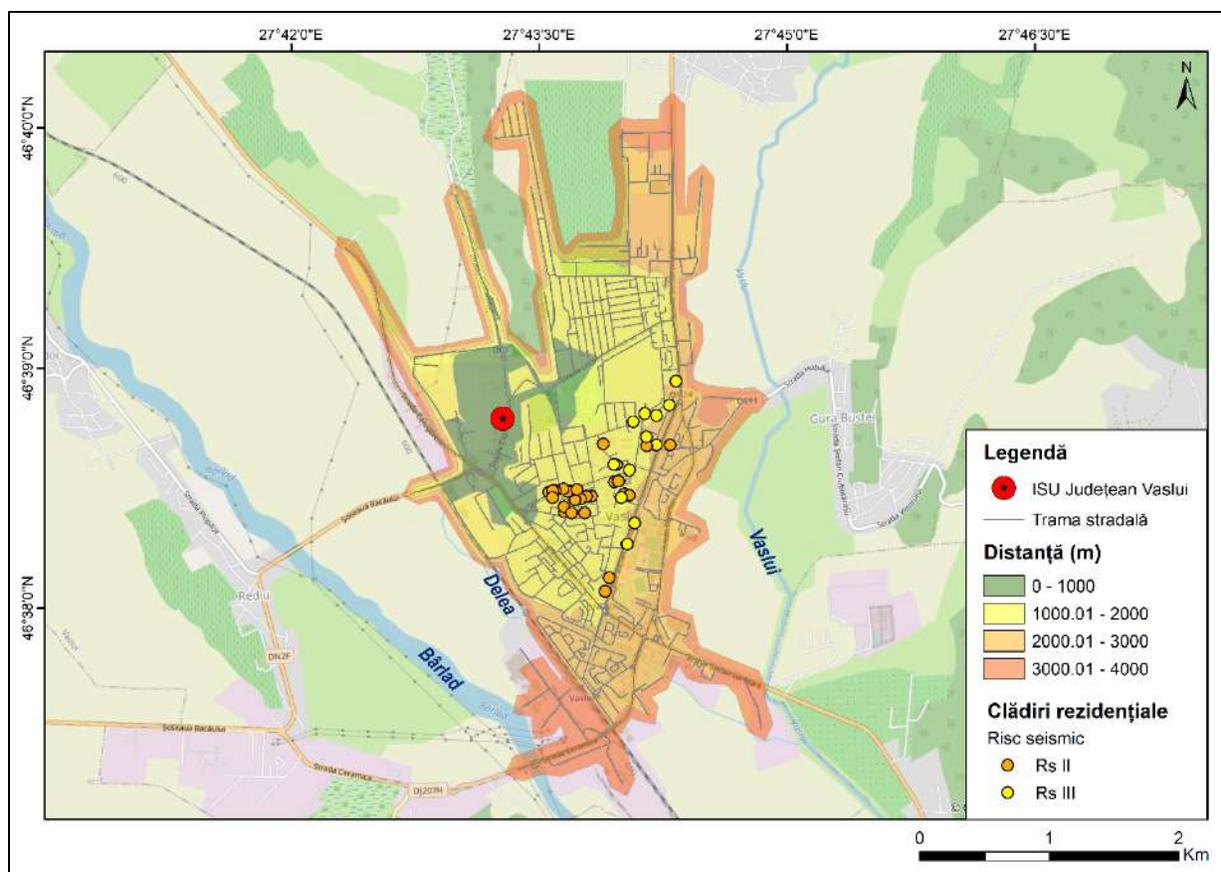
Clădiri rezidențiale	0 - 1.000 m		1.000,01 - 2.000 m	
	Nr.	%	Nr.	%
Rs II	21	84	4	16
Rs III	8	61,53	5	38,46

În ceea ce privește accesibilitatea imobilelor cu risc seismic față de echipele de intervenție trimise de la unitatea de pompieri a ISU Județean Podul Înalt, ce deservește municipiul Vaslui, se observă că 84,21% dintre acestea se află la distanțe ce variază de la 1.000,01 m la 2.000 m. Majoritatea clădirilor expertizate, ce se încadrează în acest interval de distanță (71,87%), prezintă risc seismic ridicat (Rs II). Imobilele situate la 1.000,01-2.000 m distanță față de obiectivul de interes sunt blocuri de 3 sau 4 etaje, ce fac parte din clustere de clădiri rezidențiale cu risc seismic din zonele Str. Călugăreni-Alecu Donici, Str. Avântului-Nicolae Bălcescu și Str. Vasile Alecsandri (Tabelul 57, Figura 43).

**Tabel 57. Intervalele de distanță față de cea mai apropiată unitate de pompieri în care sunt încadrate clădirile rezidențiale cu risc seismic din municipiul Vaslui**

Distanțe (m)	Total clădiri		Clădiri Rs II		Clădiri Rs III	
	Nr.	%	Nr.	%	Nr.	%
0 - 1.000	0	0	0	0	0	0
1.000,01 - 2.000	32	84,21	23	71,87	9	28,12
2.000,01 - 3.000	6	15,78	2	33,33	4	66,66

De asemenea, 6 dintre cele 38 de clădiri rezidențiale cu risc seismic din municipiul de interes (15,78% din total) se află la distanțe de 2.000,01-3.000 m față de ISU Județean Podul Înalt. Acestea sunt reprezentate preponderent de blocuri de 4 și de 7 etaje, cu risc seismic mediu (Rs III) în proporție de 66,66% și risc seismic ridicat (Rs II) în proporție de 33,33% (Tabelul 57). Distribuția clădirilor rezidențiale menționate este liniară, cu desfășurare în lungul arterei de circulație Ștefan cel Mare, ce trece prin Estul cartierelor Donici și Gheorghe Racoviță (Figura 43).



**Figura 43. Ariile deservite de unitățile de pompieri și clădirile rezidențiale cu risc seismic din municipiul Vaslui**

Astfel, 92% dintre clădirile rezidențiale cu Rs II și 69,23% dintre clădirile rezidențiale cu Rs III se află la 1.000,01-2.000 m față de unitatea de pompieri (Tabelul 58). Aceste valori, precum și faptul că nu există imobile cu risc seismic în apropierea unității de pompieri (la 0-1.000 m distanță) indică un nivel redus al vulnerabilității sistemice specifice clădirilor aflate în discuție. Poziția marginală, în partea de Nord-Vest a teritoriului urban locuit, a sediului ISU Județean Podul Înalt, precum și configurația tramei stradale și localizarea imobilelor de interes explică această stare de fapt (Figura 43).

**Tabel 58. Clădirile rezidențiale cu risc seismic din municipiul Vaslui și intervalele de distanță față de cea mai apropiată unitate de pompieri în care se încadrează acestea**

Clădiri rezidențiale	0-1.000 m		1.000,01-2.000 m		2.000,01-3.000 m	
	Nr.	%	Nr.	%	Nr.	%
Rs II	0	0	23	92	2	8
Rs III	0	0	9	69,23	4	30,76

## 7.4. Studiu de caz: Municipiul Galați

### 7.4.1. Introducere

Municipiul Galați este situat în partea Sud-Estică a României, în Sud-Estul județului cu aceeași denumire, fiind cel mai mare centru urban din partea de Sud a Podișului Moldovei (Figura 44). Perimetrul urban este delimitat la Sud, pe o lungime de 10 km, de Valea Dunării și se dezvoltă pe terasele fluviale de pe partea stângă a fluviului, precum și pe terasele și în albia majoră a Siretului. Confluența dintre Siret și fluviul Dunărea se află la Sud de oraș, fiind una dintre cele mai importante din țară. O altă confluență notabilă este cea dintre Prut și Dunăre, situată la Est de Galați, la granița cu Republica Moldova, în zona localității Giurgiulești.

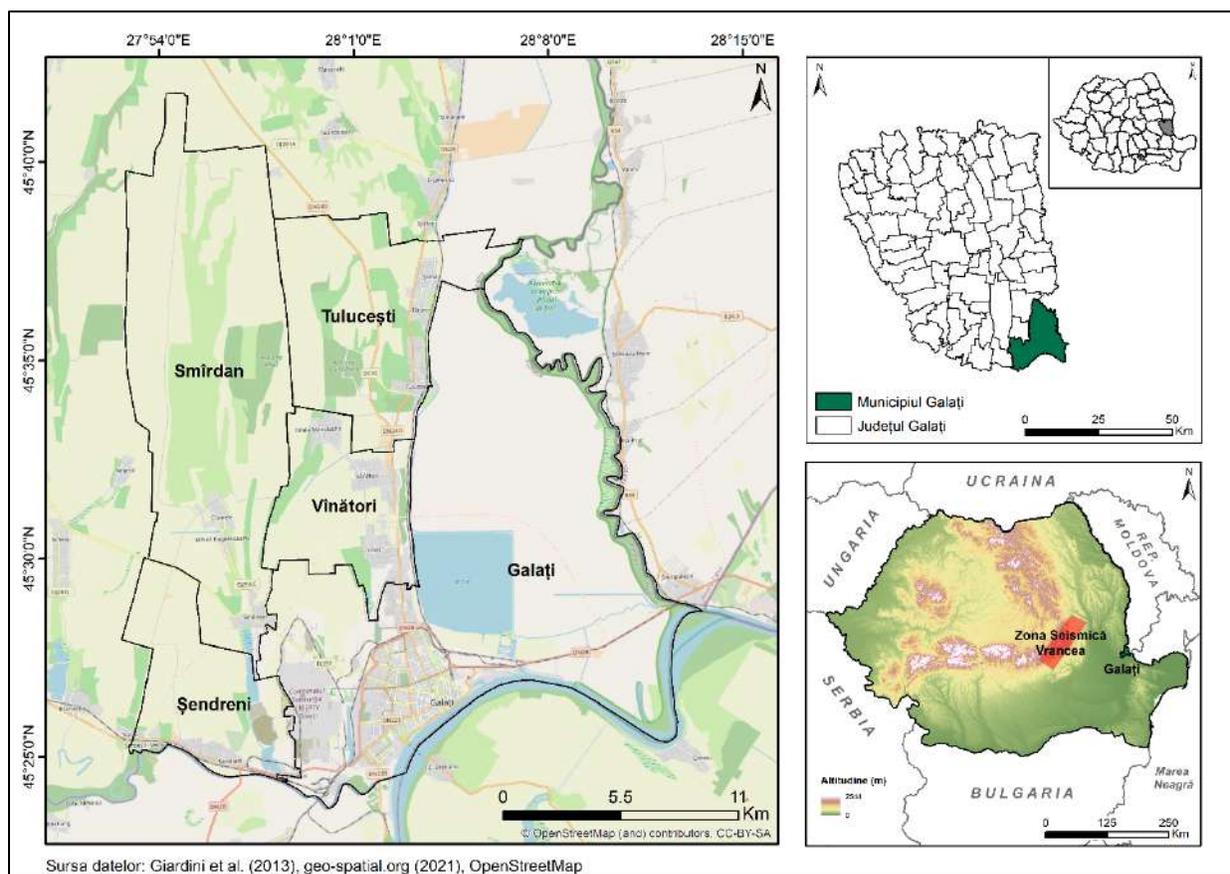
Situat la aproximativ 180 km față de VR, Galațiul este expus impactului seismelor de adâncime intermediară originare în această zonă seismogenă care, de altfel, se constituie drept una dintre cele mai active de pe teritoriul Europei. Vulnerabilitatea seismică este potențată în special de factori geologici, precum substratul loessoid și depozitele de loess, susceptibile la surpări și dislocări provocate de interacțiunile dintre particulele sedimentare și sursele de apă. De asemenea, fondul construit vechi, degradat de cutremurele din deceniile trecute și ridicarea clădirilor în zone caracterizate de labilitatea substratului geologic, constituie importanți factori de accentuare a vulnerabilității seismice.

Intervențiile referitoare la consolidarea clădirilor cu risc seismic sunt menționate în cadrul Strategiei de Dezvoltare Durabilă a Municipiului Galați pentru perioada 2021-2027, însă nu există detalieri cu privire la rezolvarea acestei importante probleme. De asemenea, dezechilibrele hidrogeologice nu sunt luate în considerare în cadrul strategiei numite, fapt ce arată că autoritățile locale nu acordă atenție factorilor ce contribuie la creșterea vulnerabilității seismice a municipiului.

Galațiul este cel mai mare port fluvio-maritim al României și principalul port de pasageri de pe Dunărea românească. În perioada comunistă, acesta a devenit cel mai important centru industrial din Estul țării, având profil industrial complex, dar fiind totuși axat pe industria grea. Dezvoltarea timpurie a industriei, încă de dinainte de instaurarea regimului comunist, a fost posibilă datorită poziției sale geografice favorabile. Decăderea ulterioară a industriei a determinat regresul economic general al Galațiului și revenirea în prim-plan a funcției de transport, funcției comerciale și administrative.

#### 7.4.2. Poziție geografică

Municipiul Galați este localizat la  $45^{\circ}26'22''$  latitudine N și  $28^{\circ}2'4''$  longitudine E, în partea de Sud-Est a Podișului Moldovei și a județului a cărui reședință este (Figura 44). Centrul urban constituie unul dintre poli de dezvoltare ai Regiunii Sud-Est. Teritoriul său se desfășoară pe  $243,6 \text{ km}^2$  (SDD Galați 2021-2027, 2020), între confluențele râurilor Siret și Prut cu Dunărea, în zona în care Câmpia Întaltă a Covurluiului înaintază până spre malul stâng al marelui fluviu (Oancea și Swizewski 1979). Galațiul este atât un oraș cu poziție de contact, cât și unul cu poziție de intersecție (Ungureanu 1980). Situl caracteristic este cel de terasă fluvială, țesutul urban extinzându-se pe terasele fluviale comune ale Dunării și Siretului.



**Figura 44. Poziția geografică a municipiului Galați**

Centrul urban de interes se află la contactul dintre subunități de relief care fac parte din unități de organizare a reliefului diferite: Câmpia Întaltă a Covurluiului este parte componentă a Podișului Moldovei, Câmpia Siretului Inferior este inclusă în Câmpia Română, Balta Dunării

este o subunitate mai restrânsă de sine stătătoare, iar horstul Nord Dobrogean intră în alcătuirea Podișului Dobrogei. Totodată, Galațiul beneficiază de avantajele poziției sale de intersecție, fiind situat în zona de convergență a arterelor hidrografice (Dunăre-Siret-Prut), a arterelor rutiere (drumurile europene E584 și E87, șoselele 22B, 22E, 26) și chiar feroviare (magistrala 700 București-Urziceni-Făurei-Brăila-Barboși-Galați și căile ferate secundare 703 și 704).

Poziția geografică a Galațiului a influențat în mod hotărâtor dezvoltarea sa, unul dintre principalii vectori ai acestui proces fiind transporturile navale. Încă din Evul Mediu, orașul era cunoscut drept cel mai mare port fluvio-maritim din România, care lega partea de Vest a continentului de cea estică. Importanța portului Galați a crescut pe măsura dezvoltării infrastructurii de transport naval din Europa, astăzi centrul urban fiind situat pe traseul coridoarelor europene de transport Rhin-Main-Dunăre. Portul, afiliat Porturilor Dunării Maritime, este situat în partea de Sud-Est a orașului și cuprinde Portul de Docuri, Portul Mineralier, Port Bazinul Nou, Portul Comercial Vechi. Suprafața sa totală este de 864.131 m<sup>2</sup> (SDD Galați 2021-2027, 2020).

Perimetrul urban gălățean este amplasat la Nord de Valea Dunării, care separă Câmpia Înaltă a Covurluiului de Munții Măcin, delimitând unitățile de relief mai extinse – Podișul Moldovei de Horstul Dobrogean. În proximitatea municipiului, fluviul își schimbă direcția de curgere (de la direcția Sud-Nord, la direcția Vest-Est), ca urmare a prezenței Depresiunii Predobrogene. Accesul vaselor spre portul Galați este facilitat și de adâncimile de 20-34 m ale albiei minore din proximitatea orașului, adâncimi care, în unele locuri, sunt mai reduse decât cele specifice Deltei (Oancea și Swizewski 1979).

Galațiul poate fi plasat în categoria municipiilor cu zone de influență a sistemelor urbane județene situate în interiorul limitelor administrative. Ca urmare a suprafeței extinse a județului Galați, se poate conchide că o parte a unităților administrativ-teritoriale din Nordul său se află în aria de polarizare a Bârladului (Săgeată 2004). Pe de altă parte, Galațiul este recunoscut drept un centru de polarizare regional, cu funcții macroteritoriale (Săgeată 2004, Istrate 2008). Ungureanu (1980) încadrează Galațiul în categoria orașelor de gradul II, subliniind importanța mai redusă a acestuia în comparație cu Iașiul. Centrul urban din Nordul Moldovei polarizează 6 orașe de gradul III, în timp ce Galațiul polarizează doar două astfel de orașe (Focșani și Bârlad).

### 7.4.3. Factori naturali relevanți în contextul producerii unui seism major

Municipiul Galați este localizat în zona de joncțiune a trei unități geologice: Platforma Moldovenească, Microplaca Moesică și Platoul Dobrogean Kimmeric (Botezatu et al. 1961). Acesta se află în proximitatea a 2 falii importante (Falia Peceneaga-Camena și Falia Zăbala), cu implicații majore asupra producerii seismelor, implicit a riscului seismic.

Substratul geologic al perimetrului urban este alcătuit din depozite sedimentare cu grosimi mari, de vârstă pliocen superioară, pleistocenă și holocenă (Saulea et al. 1968). În zona limitrofă orașului, aflorimentele cele mai vechi aparțin Formațiunii Poiana (nisipuri cu intercalații de argile și gresii) (Barac et al. 2013) și se găsesc în arealele localităților Tuluțești și Smârdan. La aceasta se adaugă formațiunile pleistocene, de vârstă medie – Formațiunea Barboși (argile cu intercalații nisipo-argiloase și nisipoase), în zona Braniștea-Traian-Barboși și de vârstă superioară, depozite loessoide (Sficlea 1960), cu grosimi de 20-50 m (Barac et al. 2013). Peste acestea, în Lunca Dunării, se suprapun depozite aluvionare de vârstă holocenă. Studiul realizat de Barac et al. (2013) detaliază asupra compoziției chimice și mineralogice a acestor strate specifice zonei Galațiului, precum și asupra implicațiilor schimbărilor sale.

Circulația apei subterane are loc dinspre zona mai înaltă a platformei spre Valea Dunării, astfel încât, înainte de sistematizarea din anii 1960, la baza Falezii Dunării erau localizate o serie de izvoare. Municipiul Galați se individualizează așadar drept o zonă de convergență a apelor subterane. În acest sistem hidrogeologic, stratele argiloase, impermeabile de Barboși reprezintă patul izolator, iar depozitele würmiene de loess constituie stratul acvifer. Stratele de Barboși prezintă un nivel de plasticitate mediu spre ridicat, dar fiind îngropate la adâncimi apreciabile, sub depozitele de loess, nu contribuie la creșterea instabilității terenului (Barac et al. 2013). Pe de altă parte, depozitele de loess din această zonă sunt puternic afectate de tasare, chiar pe grosimi de peste 1 m (Oancea și Swizewski 1979).

Depozitele de loess s-au format în timpul glaciațiilor pleistocene și sunt caracterizate de susceptibilitate la umezire și tasare sub efectul construcțiilor grele, capacitatea lor de portanță putând scădea sub  $2-2,5 \text{ kg/cm}^2$  (Ungureanu 1980). Granulometria loessului este marcată de predominarea particulelor de 0,02-0,063 mm, fapt ce indică originea eoliană a acestor depozite. Valorile parametrilor geotehnici specifici depozitelor de loess din zona Galați prezintă variații semnificative: nivel de plasticitate de la redus spre ridicat, consistențe atât plastice moi, cât și

dure, nivel de compresivitate de la foarte redus la foarte ridicat și index al saturației care oscilează între umed și uscat (Barac et al. 2013). Variațiile sugerează un grad ridicat de eterogenitate a depozitelor loessoide, care subliniază faptul că distincția între depozitele de loess deluviale și cele translocate și compactate antropice este dificil de realizat (Barac et al. 2013).

Pe de altă parte, cauza principală a variațiilor parametrilor geotehnici ai loessului este reprezentată de prezența/absența apei în porii sedimentelor. Nivelul de saturație al porilor influențează în mod fundamental dinamica depozitelor de loess, mai activă în cazul depozitelor situate sub nivelul piezometric și atenuată în cazul depozitelor mai stabile, situate deasupra nivelului piezometric. Depozitele de loess cu porozitate ridicată, străbătute de crotovine, permit percolarea apei, fără a se produce deformări structurale. În mod contrar, depozitele de loess saturate care vin în contact cu apa provenită din precipitații și/sau scurgeri accidentale, prezintă rezistență mecanică redusă și determină deformări ale terenului. Procesul poate fi accelerat de prezența anumitor substanțe chimice în apele subterane (Barac et al. 2013), determinată în special de poluarea accidentală cu ape menajere provenite din rețeaua învechită de conducte.

Convergența acestui factor geologic cu cea a nivelului piezometric apropiat de suprafață și cu frecvența ridicată a infiltrării apei în substrat, fie prin intermediul precipitațiilor și/sau revărsărilor râurilor, fie prin scurgerile din sistemul vechi de conducte, determină o mare susceptibilitate de surpare a terenului, cu efecte distructive asupra fundațiilor clădirilor (Georgescu și Pomoniș 2008, Dobrescu et al. 2017). Un exemplu concludent în acest sens este Str. Florilor din zona rezidențială veche, al cărei trotuar a fost fisurat în multiple rânduri, posibil ca urmare a scurgerilor accidentale din rețeaua de conducte și a influenței aportului de apă poluată asupra stabilității depozitelor de loess deja saturate (Barac et al. 2013). Astfel de deformări ale trotuarelor sau drumurilor au fost semnalate și în alte locuri din zona rezidențială veche (Grădina Publică).

Extinderea urbană rapidă în perioada comunistă s-a realizat fără a ține cont de particularitățile substratului geologic și de dificultățile pe care acestea le impun ridicării construcțiilor. Un exemplu tipic este cel al cartierului Țiglina 1, dominat de blocuri cu profil de înălțime redus și construcții joase. Infiltrarea apei din sistemul de canalizare a condus la oscilații ale nivelului hidrostatic, implicit la avarii ale fundațiilor clădirilor (Dobrescu et al. 2017). De altfel, fisuri ale fundațiilor, deformări ale asfaltului șoselelor și trotuarelor au fost semnalate încă din 1960, ca urmare a dezechilibrelor de natură hidrogeologică (Barac et al. 2013).

Aceste caracteristici ale substratului amplifică vulnerabilitatea seismică geotehnică a municipiului Galați. Deformarea fundațiilor clădirilor și/sau a căilor de transport rutier are loc inclusiv în condiții de inactivitate seismică, atunci când au loc modificări fizice și/sau mineralogice ale sedimentelor, sub influența apelor subterane. Cercetările arată că stratul de loess poate amplifica accelerația terenului pentru proiectare de 1,44-2 ori în contextul producerii unor cutremure de magnitudini ridicate (Wu et al. 2013). Aceasta evidențiază vulnerabilitatea geotehnică foarte ridicată a municipiului Galați, al cărui țesut urban se extinde pe depozite loessoide și de loess cu grosimi apreciabile. Un alt studiu realizat asupra depozitelor sedimentare din Podișul de Loess arată că valoarea factorului de amplificare a accelerației terenului pentru proiectare se mărește odată cu grosimea stratului de loess, precum și cu valoarea pantei, cu posibilitatea creșterii intensității seismice cu o unitate (Wang et al. 2017).

Prin urmare, în ariile urbane grefate pe depozite loessoide și de loess precum municipiul Galați, substratul geologic are rol hotărâtor în ceea ce privește impactul seismelor majore; motiv pentru care codurile de proiectare a construcțiilor trebuie să țină cont de caracteristicile depozitelor respective (grosime, granulometrie, saturație) și ale reliefului (declivitate). Wang et al. (2017) recomandă plasarea clădirilor din partea superioară a teraselor la o distanță de 5 ori mai mare decât diferența de nivel dintre baza și partea superioară a versanților, față de punctul de racord dintre versant și podul de terasă, pentru a evita atât efectele amplificării induse de pantă și de grosimea stratului de loess, cât și posibilele surpări ale terenului. În cazul în care poziționarea clădirilor nu se poate realiza urmând această recomandare, este necesară integrarea în calculele de proiectare seismică a factorului de amplificare a accelerației terenului. De asemenea, în zonele în care depozitele de loess au grosimi minime de 20 m și valori nesemnificative ale pantelor, se recomandă integrarea factorului de amplificare și calibrarea coeficientului de influență seismică orizontală (Wang et al. 2017).

În schimb, substratul loessoid este asociat frecvenței reduse a alunecărilor de teren. Oancea și Swizewski (1979) estimează potențialul de producere al alunecărilor de teren ca fiind ridicat în nordul Podișului Covurlui, mediu în zona Câmpiei Înalte a Covurluiului și foarte redus în zona cursurilor inferioare ale râurilor Siret și Prut. Numărul de alunecări de teren identificate de Niculiță (2020) în municipiul Galați variază între 2 și 5. Prin urmare, în municipiul de referință, alunecările de teren nu se constituie drept fenomene distructive cu implicații majore, ce ar putea fi declanșate de producerea unui seism major.

Țesutul urban al municipiului se extinde pe promontoriul cel mai sudic al Câmpiei Înalte a Covurluiului, în alcătuirea căruia intră terase fluviale de confluență, ce determină aspectul de amfiteatru al reliefului. Pe teritoriul Galațiului se individualizează două astfel de terase de confluență între Siret și Dunăre, între care se interpune un versant deluvio-coluvial de 5-15 m altitudine:

1. Terasa de 20-30 m, cu dezvoltare asimetrică. Versantul său din partea sudică a fost amenajat încă de la jumătatea secolului trecut și este cunoscut sub numele de Faleză Dunării.

2. Terasa de 35-55 m, desfășurată în partea de Vest și Nord-Vest a municipiului, între Văile Cătușa și Mălina, acoperită de lehm loessoid cu grosimi de peste 30 m (Oancea și Swizewski 1979).

Harta hipsometrică și harta pantelor teritoriului municipiului Galați (Figurile 45, 46) au fost realizată pe baza MNAT-ului cu rezoluția de 5 x 5 m, rezultat în urma prelucrării imaginilor rezultate prin scanare aeriană laser LiDAR. Conform primei hărți, pe teritoriul așezării urbane vizate, altitudinile variază de la 1,59 m la 77,43 m. Valoarea medie a acestora ajunge la 36,12 m, iar deviația standard la 22,66 m. Figura 45 scoate în evidență largă desfășurare a terasei fluviale superioare în partea de Nord-Vest și de Vest. De asemenea, se observă faptul că fruntea terasei inferioare (Faleză Dunării) constituie un abrupt.

De asemenea, se observă reducerea altitudinilor reliefului dinspre axul central spre extremitățile vestice și mai ales estice. Cele mai ridicate altitudini (peste 70 m) corespund părții de Nord a teritoriului urban locuit, mai exact cartierului Bariera Traian. De asemenea, altitudini de peste 60 m sunt întâlnite în cartierele Micro 13, 38, 39, 40, I.C. Frimu (Figura 45). În partea de Sud a municipiului dunărean, în zona cartierelor Țiglina 1 și 2, se observă o zonă cu altitudini mai reduse (15-20 m), reprezentative pentru albia unei foste văi. Cartierele Port-Navelor, Centru, precum și partea estică a zonei rezidențiale vechi se grefează pe racordul dintre cele 2 terase fluviale descrise. În zona cartierului Micro 21, altitudinile scad brusc de la 45 m la 15 m, ca urmare a proximității față de Valea Siretului. În această parte a orașului, la fel ca în zona Faleză Dunării, peisajul este dominat de abruptul reprezentat de fruntea terasei inferioare.

Zona estică a Galațiului este grefată pe grindul fluvial din Sudul Lacului Brateș, cu altitudini relative de 3-4 m și altitudine absolută de 9 m. Pe măsura înaintării spre Vest, altitudinile cresc până la 15 m. Această zonă corespunde portului și unităților industriale estice.

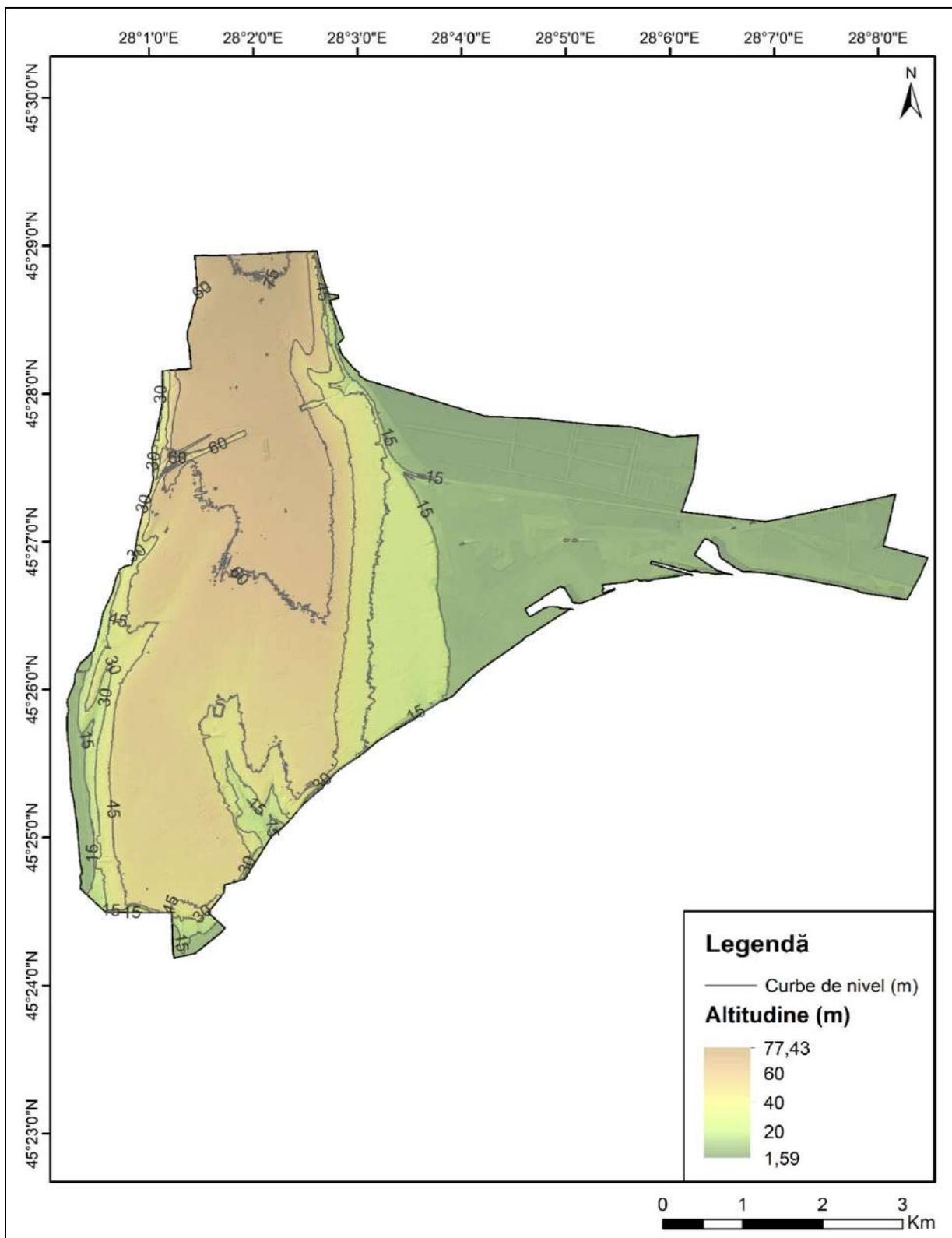
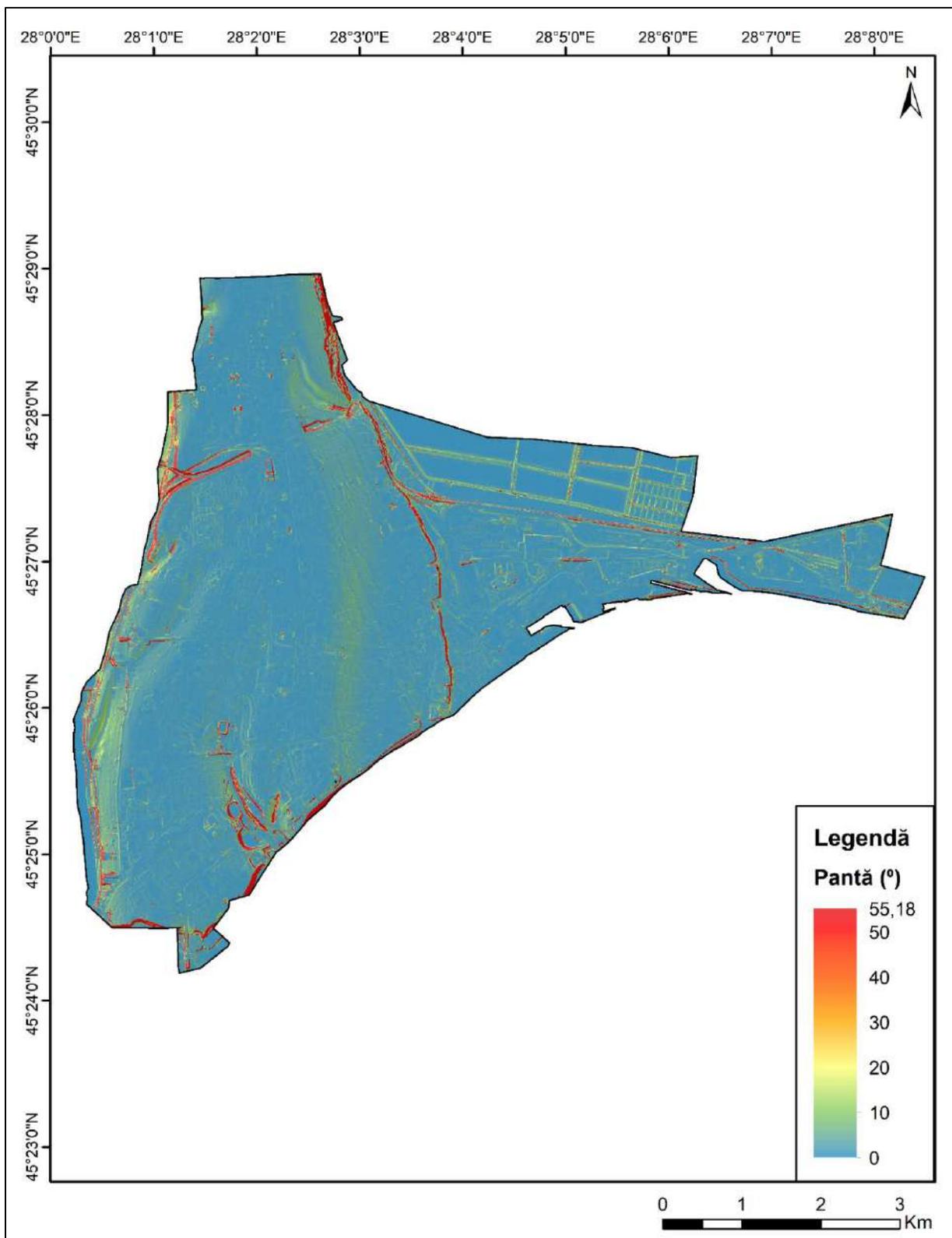


Figura 45. Harta hipsometrică a teritoriului municipiului Galați



*Figura 46. Harta pantelor teritoriului municipiului Galați*

Între grind și Lacul Brateș se desfășoară cartierele specifice „Orașului de jos”, adesea inundat, ca urmare a situării sale în Lunca Dunării (Oancea și Swizewski 1979). Cartierele numite încă prezintă condiții nefavorabile locuirii și au fost parțial depopulate, în ciuda efectuării unor lucrări de îndiguire, încă din secolul trecut. În prezent, zona rezidențială este ocupată de păturile mai sărace ale populației.

Valoarea pantelor constituie un alt parametru geomorfometric de interes pentru producerea fenomenelor cu potențial distructiv. În cadrul teritoriului ocupat de municipiul dunărean, pantele prezintă variații mari, între  $0^\circ$  și  $55,18^\circ$  (Figura 46), ca urmare a nivelului ridicat de detalieri al MNAT-ului. Valoarea medie a pantelor teritoriului orașului dunărean este foarte redusă ( $2,72^\circ$ ), iar deviația standard ajunge la  $4,44^\circ$ .

#### 7.4.4. Istoricul seismelor

De-a lungul istoriei sale, municipiul Galați a fost afectat de numeroase cutremure, dintre care unele au avut efecte devastatoare. Substratul loessoid a contribuit la amplificarea intensității seismelor, rezultând pagube materiale de nivel superior: fisurări ale străzilor și trotuarelor, deformări ale fundațiilor clădirilor etc. Multe dintre aceste avarii nu au fost corectate prin lucrări de consolidare seismică, fapt ce a dus la creșterea treptată a vulnerabilității structurale a unei bune părți din fondul construit al Galațiului. Astfel, imobilele cu vechime ridicată care nu au fost expertizate tehnic și/sau consolidate în urma seismelor de anvergură din secolul XX, reprezintă principalele surse de pericol în contextul manifestării unui alt seism major în viitor.

Asupra efectelor cutremurelor majore care au afectat Galațiul și celelalte orașe din Sudul Moldovei în secolele îndepărtate (anii 1620, 1738 și 1802), nu există informații clare (Ungureanu 1980), însă cele din secolul trecut au fost și continuă să fie meticolos studiate. În secolul XX, cutremure cu urmări notabile s-au produs în noiembrie 1940 ( $7,6-7,7 M_w$ ), martie 1977 ( $7,4-7,5 M_w$ ), august 1986 ( $7,1-7,3 M_w$ ) și mai 1990 ( $6,4-7,1 M_w$ ) (Georgescu și Pomonis 2012). Consecințele acestora s-au resimțit în mod diferit la nivelul orașelor României, în funcție de distanțele față de epicentru, caracteristicile geologice, caracteristicile morfometrice și morfografice ale reliefului și vechimea, rezistența și gradul de ocupare a fondului construit.

Seismul din 1940 s-a produs la ora 03:39 și a înregistrat magnitudinea de  $7,6-7,7 M_w$  (Georgescu și Pomonis 2012). În municipiul Galați, acest eveniment seismic s-a soldat cu 34 de

decese și 40-130 de răniți. La nivelul județului Covurlui, numărul persoanelor decedate a ajuns la 141 de cazuri, fiind unul dintre cele mai ridicate din țară – la scară națională înregistrându-se 593 de decese (Sima 1982, citat de Georgescu și Pomonis 2012). O altă estimare menționează 700 de victime omenești, întrucât este posibil ca în zonele rurale să fi existat decese nedeclarate sau neinvestigate (Georgescu și Pomonis 2012). Pe de altă parte, presa internațională din acea vreme furniza alte informații cu privire la consecințele seismului: revista *L'Illustration* (1940) amintea un număr de 45 de decese și 35 de cazuri de rănire la Galați, iar ziarul *La Vendée Républicaine* (1940) menționa 30 de decese și 100 de cazuri de rănire. Valori asemănătoare ale pierderilor umane sunt furnizate și de Tillotson (1940): 36 de decese și 130 de cazuri de rănire.

Orașul dunărean s-a numărat printre orașele cele mai afectate din țară, după București, Panciu și Focșani (Buhoiu et al. 1977, Cornea și Radu 1979), alături de Iași, Mărășești și Tecuci (Tillotson 1940, Aldea și Radulian 2016). Conform lui Pantea și Constantin (2011), la Galați valoarea intensității macroseismice a fost de VIII MSK. Cioflan et al. (2016) menționează intensități de până la X MSK pentru zona Focșani-Galați.

Cutremurul din 1977 s-a remarcat drept cel mai distructiv cutremur al secolului anterior. Având magnitudinea de 7,4  $M_w$ , cutremurul vrâncean s-a produs la adâncime intermediară 109 km, provocând 1.578 de decese și 11.321 cazuri de rănire (dintre care 2.369 au necesitat spitalizare) (Georgescu și Pomonis 2012). Harta intensităților macroseismice (pe scara MSK64) pentru cutremurul din 4 martie 1977 de pe portalul MOBEE (2021), bazată pe datele preluate din studiul realizat de Kronrod et al. (2013), indică o intensitate de VII MSK, pentru municipiul Galați („Foarte puternic”). Harta intensității macroseismice elaborate de Pantea și Constantin (2013) indică, pentru municipiul de referință, valoarea de VII-VIII MSK.

Nu există înregistrări privind numărul victimelor omenești din municipiul Galați. Totuși, pagubele materiale cauzate de seismul de referință sunt semnificative: 6% dintre locuințele distruse la nivel național și 6% dintre cele care au necesitat reparații în urma avariilor provocate de seism, au fost localizate în județul Galați. De asemenea, 8% din totalul locuințelor existente în județ au fost afectate de cutremurul din 1977 (Georgescu și Pomonis 2008). Pagubele materiale din județul Galați se situează sub nivelul celor din Iași și Vaslui, excepție făcând procentul locuințelor care au necesitat reparații – mai ridicat în cazul Galațiului, comparativ cu cel specific Vasluiului (Georgescu și Pomonis 2008).

Au fost puternic avariate clădirile vechi, iar o parte dintre sectoarele Combinatului Siderurgic și-au sistat temporar activitatea (Buhoiu et al. 1977). Revenirea Combinatului în activitate constituia un etalon al intrării în normalitate, fapt ce atestă importanța acordată funcționării întreprinderilor industriale în perioada comunistă. În încercarea de a liniști populația, ziarele de a doua zi (5 martie 1977) consemnau nu doar faptul că activitățile industriale siderurgice din Galați au fost reluate, ci și că s-ar fi obținut producții record: „500 tone de cocs, 200 tone faianță, 400 tone laminate finite pline, 900 tone tablă și bandă laminată la rece, 113 tone tablă zincată” (Buhoiu et al. 1977).

Presă vremii includea și județul Galați în „zona sinistrată” cu centrul la București și extindere spre Vest și Est-Nord-Est. În cadrul ședinței Consiliului de miniștri din 11 noiembrie 1977, Galațiul era menționat drept unul dintre cele patru centre în care cutremurul a avut un impact puternic, alături de București, Valea Prahovei și Focșani (Buhoiu et al. 1977).

Comparativ, județul Brăila a resimțit impactul cutremurului mai puternic (locul 4 la nivel național), deși Galațiul se află mai aproape de VR. Astfel, 33,9% dintre clădirile din Brăila au fost afectate de cutremur și doar 4% dintre acestea au fost distruse. Diferențele sunt explicate de faptul că în județul Brăila depozitele loessoide ocupă suprafețe mai mari decât în cazul județului Galați, mărginit doar în partea de Sud de Dunăre. Totodată, fondul construit al Galațiului era, la acea dată și chiar și în prezent, mai nou decât cel al județului vecin (Georgescu și Pomonis 2008).

Efectele seismelor din 1986 și 1990 resimțite în municipiul Galați nu sunt foarte bine documentate. Seismul din 30 august 1986 s-a produs la ora 00:28 și a avut o magnitudine de 7,1-7,3  $M_w$ . Pentru aria de interes, harta de tip ShakeMap elaborată de INCDFP (2011b) indică gradul VII de intensitate instrumentală, asociat unor potențiale pagube moderate și unor mișcări percepute ale scoarței terestre calificate drept „foarte puternice”. Nici seismele de la finalul lunii mai a anului 1990 nu au cauzat pierderi umane în municipiul Galați. Pentru acestea, hărțile ShakeMap aferente indică gradul VI al intensității instrumentale – pentru seismul din 30 mai 1990 și de gradul V al aceluiași parametru – pentru seismul din 31 mai 1990 (INCDFP 2010, INCDFP 2011c).

#### 7.4.5. Dimensiunile vulnerabilității seismice specifice municipiului Galați

Analizele modulare efectuate asupra diverselor dimensiuni integrate vulnerabilității seismice pun în vedere faptul că orașul port la Dunăre ocupă în specia locuri din prima jumătate a clasamentelor formate cu privire la dimensiunile respective. Galațiul prezintă cel mai ridicat nivel de vulnerabilitate seismică fizică, aceasta fiind apropiat de cel al Iașiului – însă poate fi considerat ușor superior. Aria de studiu se remarcă și prin vulnerabilitatea sa geotehnică și social-economică, în cadrul ierarhiilor în cauză plasându-se pe locul 2 (Figura 47).

Pe de altă parte, Galațiul prezintă cea mai redusă vulnerabilitate seismică sistemică, precum și o bună capacitate de coping a populației, în contextul manifestării unui seism cu magnitudinea de minim 7  $M_w$ . În cazul vulnerabilității asociate capacității de coping, Galațiul se situează pe locul al treilea.

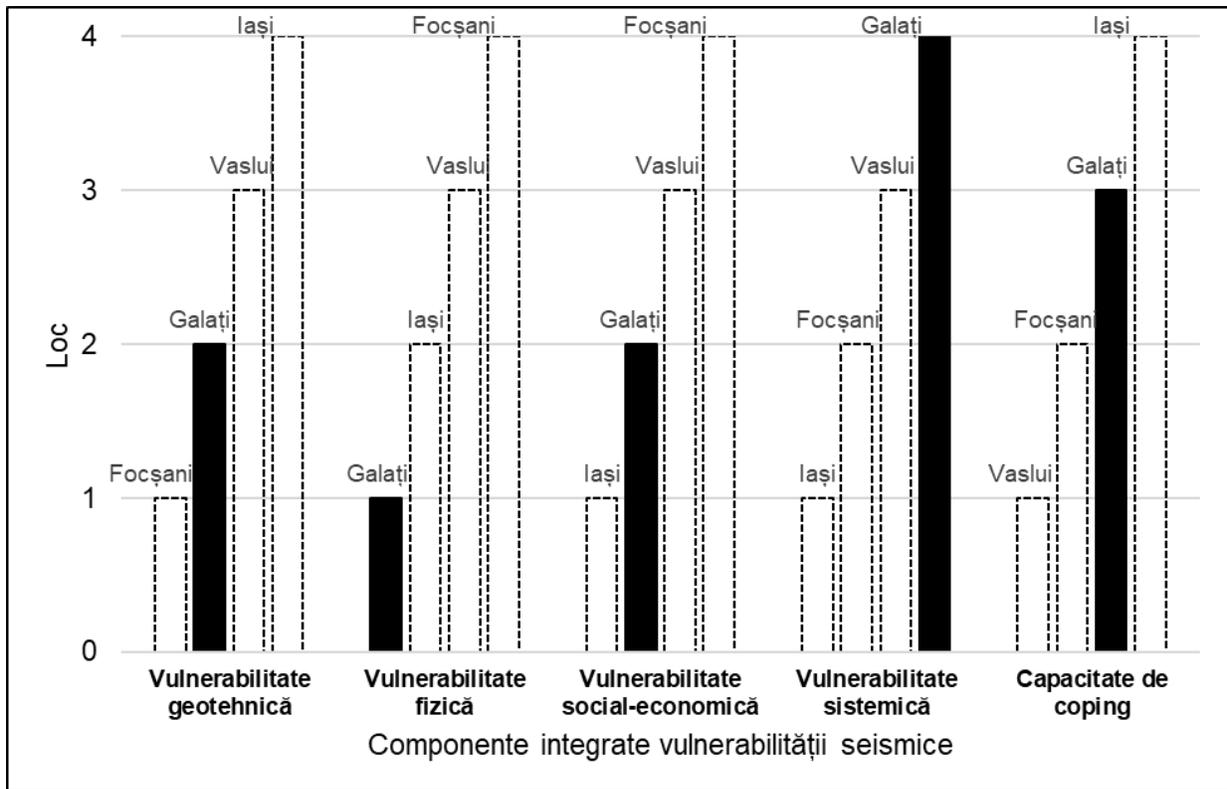


Figura 47. Locurile ocupate de municipiul Galați în cadrul ierarhiilor privind dimensiunile vulnerabilității seismice

### 7.4.5.1. Vulnerabilitatea seismică geotehnică

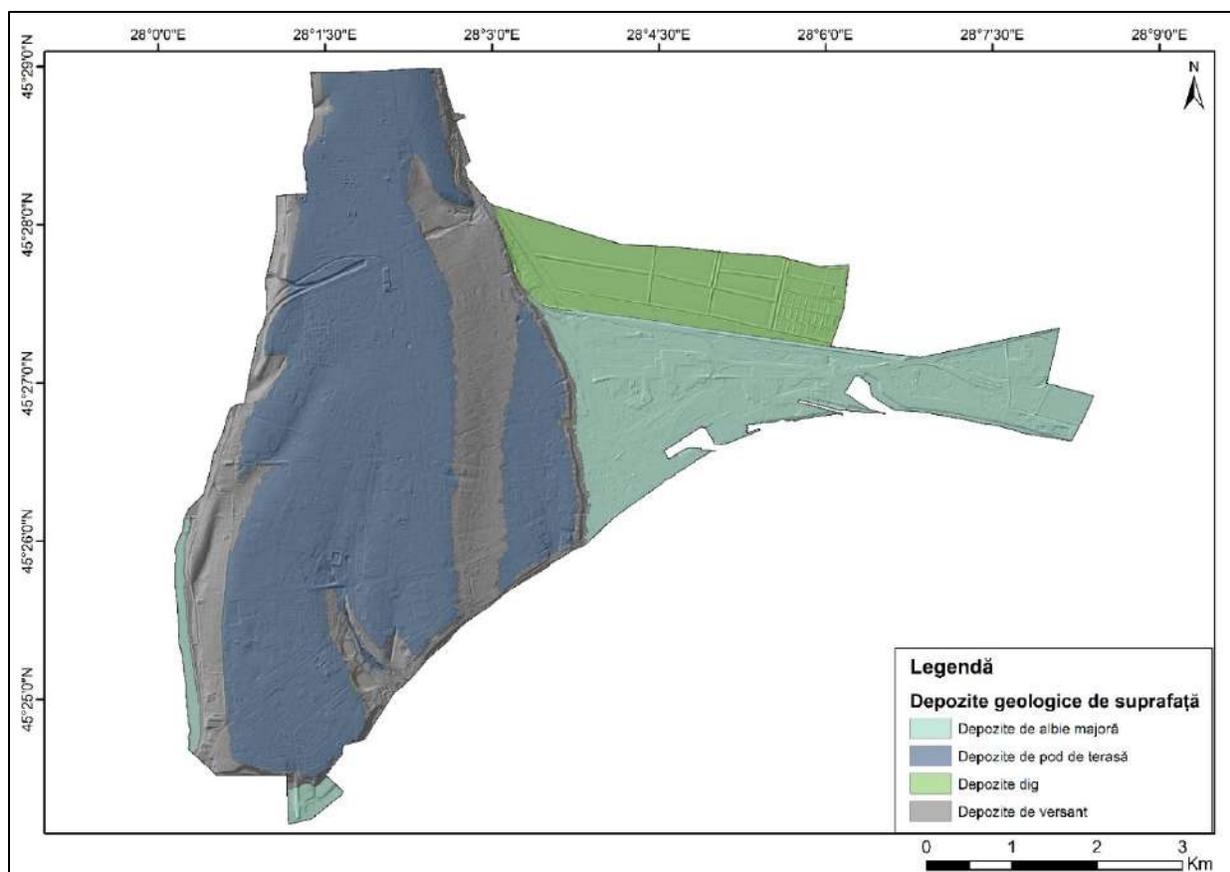
Indicatorii vulnerabilității geotehnice specifici municipiului Galați fac trimitere la niveluri superioare ale acestei dimensiuni a vulnerabilității seismice (Tabelul 59). Galațiul este cel de-al doilea municipiu dintre cele selectate prin raportare la proximitatea față de VR (aproximativ 180 km), după Focșani (aproximativ 82 km). Pe lista factorilor care contribuie la creșterea nivelului de vulnerabilitate geotehnică, la apropierea față de posibilele epicentre ale seismelor majore cu origine vrânceană se adaugă și accelerația terenului pentru proiectare. Pentru Galați, valoarea specifică este de 0,3 g, pentru un IMR de 225 ani și o probabilitate de depășire de 20% în 50 de ani. Această valoare este cu o unitate mai mică față de maximumul de pe teritoriul României (0,4 g pentru Focșani, pentru aceleași valori ale IMR și probabilității de depășire).

**Tabel 59. Indicatorii vulnerabilității geotehnice a municipiului Galați**

<b>Indicatori</b>	<b>Valoare</b>	<b>U.M.</b>	<b>Sursa datelor</b>
Distanța față de VR	180	km	Prelucrare SIG, Giardini (2013)
Accelerația terenului pentru proiectare (IMR = 225 ani, 20% probabilitate de depășire în 50 de ani)	0,3	g	UTCB (2013)
Ponderea suprafețelor de versant cu pante de minim 20°	5,68	Medie aritmetică	Prelucrare SIG, MNAT de mare rezoluție
Geologia depozitelor de suprafață	1,82	Medie ponderată	Prelucrare SIG, MNAT de mare rezoluție

Indicatorul referitor la panta versanților sugerează un grad moderat de vulnerabilitate geotehnică a ariei de studii. Dintre cele 4 municipii, Galațiul prezintă cea mai crescută pondere a suprafețelor de versant cu pante de minim 20° (5,68%). Conform hărții pantelor versanților (Figura 48), versanții de pe teritoriul municipiului dunărean sunt slab înclinați, 84,96% dintre suprafețele ocupate de aceștia având pante de 0°-10°. Pantele mai mari (de peste 20°), asociate unei potențiale instabilități ce ar putea contribui la potențarea impactului seismic, reprezintă 5,68% din totalul suprafeței versanților și se întâlnesc în zona frunții terasei inferioare din partea de Sud a teritoriului urban (Faleza Dunării), precum și în partea de Nord-Est a orașului, pe fruntea de terasă ce coboară către Lacul Brateș.





**Figura 49. Harta depozitelor geologice de suprafață ale municipiului Galați**

În ceea ce privește depozitele geologice de suprafață, municipiul Galați este dominat de depozite specifice podurilor de terasă (48,37%), dar și de depozite sedimentare fine, precum cele aferente albiilor majore (20,74%) (Tabelul 60). În componența acestora, precum și a depozitelor de versant – ce reprezintă 20,95% din totalul teritoriului urban, intră depozite loessoide, nisipuri și pietrișuri, ce prezintă un potențial crescut de lichefiere. De asemenea, depozitele geologice de tip infill din zona digului din Sudul Lacului Brateș sunt alcătuite din particule sedimentare cu grad redus de coeziune și grad crescut de saturare – având în vedere proximitatea față de suprafața lacustră. Depozitele de albie majoră și cele din alcătuirea zonei de dig, ce reprezintă o treime din teritoriul urban (Tabelul 60), sunt caracterizate de un nivel piezometric apropiat de suprafața topografică, motiv pentru care prezintă cel mai ridicat potențial de lichefiere – așadar, cel mai crescut nivel de vulnerabilitate geotehnică.

Prin urmare, deși municipiul Galați prezintă cea mai redusă valoare a indicatorului referitor la geologia depozitelor de suprafață (1,82) prin raportare la celelalte arii de studiu, combinația

dintre substratul loessoid al perimetrului urban și nivelul piezometric de adâncime redusă – mai ales în zonele de albie majoră și de dig, determină un grad crescut de vulnerabilitate geotehnică.

**Tabel 60. Date privind depozitele de geologice de suprafață de pe teritoriul municipiului Galați**

Tipuri de depozite geologice de suprafață	Suprafață		Alcătuire geologică/Vârsta (Institutul Geologic 1967b, Oancea și Swizewski 1979)
	Km <sup>2</sup>	%	
Depozite de albie majoră	7,56	20,74	pietrișuri, nisipuri/holocen
Depozite de pod de terasă	17,65	48,37	depozite loessoide, lehm loessoid pietrișuri, nisipuri/pleistocen superior
Depozite dig	3,62	9,92	pietrișuri, nisipuri/antropocen
Depozite de versant	7,64	20,95	depozite loessoide, pietrișuri, nisipuri /pleistocen superior

#### 7.4.5.2. Vulnerabilitatea seismică fizică

În ceea ce privește vulnerabilitatea seismică fizică, municipiul Galați ocupă prima poziție în clasamentul ariilor de studiu, conform analizei modulare. Nivelul său de vulnerabilitate fizică este dificil de estimat și plasat în raport cu cel al Iașului, al cărui fond construit în scop rezidențial este, de asemenea, deficitar în privința rezistenței la șocurile seismice. Factorii care potențează vulnerabilitatea fizică a municipiului Galați sunt cei referitori la vechimea construcțiilor, numărul de clădiri rezidențiale și suprafața medie locuibilă, iar cei cu rol de atenuare a acestui tip de vulnerabilitate sunt materialele ce alcătuiesc pereții exteriori ai clădirilor rezidențiale și înălțimea acelor imobile (Tabelul 61).

**Tabel 61. Indicatorii vulnerabilității fizice a municipiului Galați**

Indicatori	Valoare	U.M.	Sursa datelor
Numărul de clădiri rezidențiale	14.526	Clădiri	RPL (2011)
Vechimea clădirilor rezidențiale	2,76	Medie ponderată	RPL (2011)
Materialele de construcție din care sunt alcătuiți pereții exteriori ai clădirilor rezidențiale	2,77	Medie ponderată	RPL (2011)
Profilul de înălțime al clădirilor rezidențiale	1,38	Medie ponderată	RPL (2011)
Suprafața locuibilă desfășurată medie	308,29	m <sup>2</sup> arie desfășurată/clădire	INS (2011), Prelucrare

Conform datelor RPL (2011), în municipiul Galați există 14.526 clădiri rezidențiale, cu o suprafață locuibilă desfășurată de 4.478.260 m<sup>2</sup> și o suprafață locuibilă desfășurată medie de

308,29 m<sup>2</sup>/clădire. Procentul privind datele indisponibile pentru indicatorii vulnerabilității seismice fizice referitori la vechimea, înălțimea clădirilor rezidențiale și materialele de construcție ale pereților exteriori este de 19,47%. Astfel, următoarele ponderi se referă la cele 11.697 clădiri rezidențiale pentru care există datele menționate.

Vechimea semnificativă a clădirilor rezidențiale, asociată cu substratul geologic loessoid și cu nivelul piezometric apropiat de suprafața terestră, reprezintă factori cu rol de creștere a vulnerabilității seismice a municipiului Galați. Chiar și în absența cutremurelor, cele mai vechi imobile sunt supuse avariilor, favorizate de dezechilibrele hidrogeologice explicate în prima parte a studiului de caz. Pe un astfel de fond, producerea unui seism major ar putea avea efecte devastatoare.

De asemenea, rezistența clădirilor vechi, ridicate pe depozite loessoide sau de loess ce cresc susceptibilitatea la surpare și deformare a fundațiilor, a fost slăbită de cutremurele de anvergură din trecut. Mai mult de trei sferturi (76,43%) din clădirile rezidențiale ale Galațiului datează de dinainte de anul 1981, ceea ce înseamnă că au suportat efectele seismelor din 1940, 1977, 1986, 1900 precum și ale celor de magnitudine mai redusă, din 1992, 2004, 2006 și 2013. Deși urmările acestor seisme nu sunt întotdeauna vizibile, unele seismice pot afecta semnificativ substratul loessoid pe care au fost ridicate clădirile rezidențiale, conducând la surpări sau alte tipuri de avarii ulterior manifestării seismelor – spre exemplu, la următoarea umezire consistentă provocată de un episod pluvial notabil sau de inundații. Doar 17,81% dintre clădirile rezidențiale gălățene au fost ridicate după 1991 și nu au fost afectate de impactul cutremurelor de anvergură ale secolului trecut. Întrucât datele provin din RPL (2011), ponderea clădirilor mai noi, ridicate în acord cu ultimele normative de proiectare seismică (din 2013, 2019) este necunoscută.

Indicatorul privind vechimea clădirilor rezidențiale înregistrează cea mai crescută valoare (2,76) în cazul municipiului Galați, fapt ce sugerează un nivel foarte ridicat de vulnerabilitate seismică structurală. Fondul construit cu profil rezidențial este preponderent vechi, peste o treime din clădirile acestuia datând de dinainte de anul 1945 (36,31%), ceea ce înseamnă că au fost afectate de șocurile seismice din noiembrie 1940. De altfel, 52,61% dintre imobilele rezidențiale din Galați nu au fost proiectate conform prevederilor tehnice incluse în normativele de construcție, ce aveau să apară începând cu anul 1963 (Tabelul 62).

Construcțiile moderne, cărora le este asociată clasa de vulnerabilitate cea mai redusă, ridicate în intervalul anilor 2006-2011 reprezintă doar 6,65% din total, iar cele construite conform reglementărilor tehnice îmbunătățite după manifestarea seismului din martie 1977, reprezintă aproximativ 5,75% din total. Pe de altă parte, imobilele construite în anii 1991-2005, ce constituie 11,16% din fondul construit ce exista în Galați în anul 2011, prezintă o vulnerabilitate mai ridicată, determinată de relaxarea măsurilor de control al calității construcțiilor ce a urmat schimbării regimului politic din România.

**Tabel 62. Distribuția clădirilor rezidențiale din municipiul Galați, pe clase de vechime (după RPL 2011)**

Clasa de vechime	Clădiri rezidențiale		Perioada de construcție	Clădiri rezidențiale	
	Nr.	%		Nr.	%
Înainte de 1945	4.248	36,31	Înainte de 1919	1.782	15,23
			1919 - 1945	2.466	21,08
1946-1960	1.906	16,29	1946 - 1960	1.906	16,29
1961-1980	2.786	23,81	1961 - 1970	1.775	15,17
			1971 - 1980	1.011	8,64
1981-1990	673	5,75	1981 - 1990	673	5,75
1991-2005	1.306	11,16	1991 - 2000	694	5,93
			2001 - 2005	612	5,23
2006 - 2011	778	6,65	2006 - 2011	778	6,65

În ceea ce privește materiale de construcție ce intră în alcătuirea pereților exteriori, Galațiul prezintă un nivel mediu de vulnerabilitate structurală. Valoarea indicatorului agregat (2,77) ocupă un loc intermediar în clasamentul ariilor de studiu, fiind mai redusă decât cele ale Vasluiului (3,51) și Iașiului (2,87) și mai mare decât valoarea specifică Focșaniului (2,63).

Municipiul Galați se remarcă prin ponderea ridicată a clădirilor rezidențiale cu pereți exteriori construiți din paiantă și chirpici (34,46%), ce reprezintă materiale friabile, slab rezistente la șocurile seismice (Tabelul 63). În general, paianta și chirpiciul sunt utilizate în construirea caselor-parter locuite de populația care întâmpină dificultăți financiare. O parte dintre imobilele în cauză prezintă vechime ridicată, fiind locuite de persoane cu vârste înaintate. Casele de chirpici și paiantă se întâlnesc în partea de Sud-Est, mai veche, a orașului (în zona Gării, cartierul Piață-Traian), în partea de Sud a Lacului Brateș (în apropierea Parcului Rizer, jumătatea sudică a cartierului Bariera Traian), în lungul Drumului de Centură.

Unitățile prefabricate și betonul armat intră în alcătuirea blocurilor ridicate în ritm rapid în perioada comunistă – dar și a vilelor cu 1-2 etaje din zonele periferice, ce constituie aproximativ 44,17% din totalul fondului construit. Construirea locuințelor colective din perioada industrializării s-a realizat fără a ține cont de particularitățile terenului și de implicațiile lor geotehnice, urmărindu-se doar ridicarea unor blocuri care să adăpostească un contingent cât mai mare de forță de muncă. Cartierele specifice sunt localizate în partea de Vest a municipiului: Micro 19, 20, 21, Micro 17, Mazepa 2, cele trei cartiere Țiglina, Siderurgiștilor, I.C. Frimu. De asemenea, unitățile prefabricate reprezintă principalele materiale din care au fost realizați pereții exteriori ai blocurilor de 4 etaje din zona centrală a Galațiului. Acestea se află într-o stare avansată de degradare, fiind locuite de populația îmbătrânită sau cuprinzând numeroase apartamente cu funcție de cabinet de avocatură, cabinet notarial, saloane de înfrumusețare, diverse ateliere de reparații etc.

Atipic pentru așezările din regiunea Moldovei, Galațiul prezintă ponderi reduse ale imobilelor rezidențiale cu pereți exteriori din zidărie din cărămidă, piatră sau înlocuitori, cu planșee din beton armat (10,04%) și cele cu planșee din lemn (3,89%) (Tabelul 63). Astfel de clădiri sunt localizate predominant în Centru și de-a lungul Str. Domnească. Este vorba de casele-parter sau cu 1-2 etaje în stil aristocratic, aflate în diferite stadii de degradare. Unele dintre acestea prezintă fisuri ale fundației sau pereților exteriori și porțiuni cu zidăria decopertată, fiind pe lista clădirilor cu risc seismic. Clădirile aflate în discuție sunt locuite de populația îmbătrânită, cu nivel de trai modest.

**Tabel 63. Distribuția clădirilor rezidențiale din municipiul Galați, pe clase de materiale de construcție (după RPL 2011)**

Materiale de construcție ale pereților exteriori	Clădiri rezidențiale	
	Nr.	%
Beton armat și unități prefabricate	5.167	44,17
Zidărie din cărămidă, piatră sau înlocuitori (B.C.A.), cu planșee din beton armat (grinzi metalice)	1.175	10,04
Zidărie din cărămidă, piatră sau înlocuitori (B.C.A.), cu planșee din lemn	456	3,89
Lemn (bârne, scânduri etc.)	268	2,29
Paiantă, chirpici	4.031	34,46
Materiale mixte și alte materiale (P.F.L., O.S.B., sticlă)	600	5,13

Se observă că factorii ce potențează vulnerabilitatea seismică structurală se coroborează cu cei ce îndeplinesc același rol în legătură cu vulnerabilitatea social-economică. Situația de tip hot-spot este specifică unor areale însemnate din municipiul Galați, cum ar fi zona rezidențială veche din proximitatea Str. Domnească, cartierul Traian-Piață, zona Gării, zona de la Sud de L. Brateș. Acestea se individualizează drept puncte nevralgice ale țesutului urban gălățean din punctul de vedere al vulnerabilității seismice, necesitând intervenții ameliorative urgente.

Profilul de înălțime al municipiului Galați este foarte jos, remarcându-se fără echivoc dominația clădirilor-parter, ce reprezintă mai mult de 3 sferturi din totalul fondului construit în scop rezidențial (76,48%). Prin urmare, clasa de înălțime dominantă este cea a valorilor foarte reduse, iar restul claselor de înălțime prezintă ponderi sub 12% (Tabelul 64). Valoarea indicatorului privind profilul de înălțime specifică orașului dunărean (1,38) este apropiată de cea a Focșaniului (1,41), sugerând o vulnerabilitate seismică medie.

Casele-parter ocupă arii extinse în partea de Est a orașului, din zona Parcului Rizer și a Grădinii Publice (inclusiv zona Gării), până aproape de Str. Brăilei, dar se întâlnesc și în cartierul Piață-Traian, Vestul cartierului Siderurgiștilor (în apropierea Drumului de Centură). Există și numeroase case cu un etaj (8,79%) sau cu două etaje (1,11%), având vechimi apreciabile – cazul clădirilor aristocratice ridicate în perioada interbelică, din Str. Domnească, cu valoare istorică, fațade ornamentale; reprezentative pentru diverse stiluri arhitecturale, cu nivel de degradare ce variază de la mediu la ridicat, necesitând reconsolidări și renovări. În categoria caselor cu 1-2 etaje se încadrează și locuințele mai noi, de tip vilă, întâlnite fie în partea nordică a cartierului Bariera Traian, fie din loc în loc, în cartierele rezidențiale vechi.

Caracteristicile Galațiului sunt însă blocurile de 4 etaje (10,37%), cu numeroase apartamente de tip garsonieră, alcătuite din materiale marcate de uzura asociată vechimii mari a construcțiilor (Tabelul 64). Blocurile de acest tip sunt frecvent întâlnite în cartierele muncitorești (Micro 19, 20, Aurel Vlaicu, Siderurgiștilor), dar și de-a lungul Străzii Brăilei. În astfel de blocuri există și apartamente cu 1-2 camere, în special cele din zona rezidențială veche (zona Romarta) sau de la intersecția Bd. George Coșbuc cu Str. Brăilei.

Blocurile mai înalte, de 7 etaje și peste, reprezintă doar 2,15% din totalul clădirilor rezidențiale din municipiul dunărean. Acestea sunt specifice cartierelor I.C. Frimu, Țiglina 3, dar și cartierelor muncitorești din Nord (Micro 38, 39, 40) și Vest (cartierul Siderurgiștilor). Rezultă că diviziunea cea mai slab reprezentată numeric este cea a înălțimilor mari (1,84%).

**Tabel 64. Distribuția clădirilor rezidențiale din municipiul Galați, pe clase de înălțime (după RPL 2011)**

Clasă de înălțime	Clădiri rezidențiale		Detaliiere	Clădiri rezidențiale	
	Nr.	%		Nr.	%
Înălțime foarte redusă (Parter)	8.947	76,49	Parter	8.947	76,49
			1 etaj	1.029	8,79
Înălțime redusă (1-3 etaje)	1.211	10,35	2 etaje	130	1,11
			3 etaje	52	0,44
			4 etaje	1.213	10,37
			5 etaje	65	0,55
Înălțime medie (4-7 etaje)	1.323	11,31	6 etaje	9	0,07
			7 etaje	36	0,30
			8 etaje	66	0,56
Înălțime mare ( $\geq$ 8 etaje)	216	1,84	9 etaje	24	0,20
			10 etaje și peste	126	1,07

### 7.4.5.3. Vulnerabilitatea seismică social-economică

Indicatorii de ordin social (numărul populației, ponderea populației dependente, procentul populației care a absolvit studii superioare de scurtă sau lungă durată, procentele populației din zonele urbane dezavantajate) și cei de ordin economic (ponderea șomerilor în totalul forței de muncă și valoarea PIB/locuitor la scară județeană) sugerează niveluri ridicate ale vulnerabilității social-economice specifice municipiului Galați (Tabel 65). Prin comparație cu municipiile Iași, Vaslui și Focșani, Galațiul se plasează, în general, în poziții intermediare pe scara de variație a valorilor acestor indicatori.

**Tabel 65. Indicatorii vulnerabilității social-economice specifice municipiului Galați**

Indicatori	Valoare	U.M.	Sursa datelor
Numărul populației cu domiciliul în aria de studiu (la 1 ianuarie 2021)	304.985	Locuitori	INS (2021)
Raportul de dependență demografică	41	Raport	INS (2021)
Procentul populației care trăiește în zone urbane dezavantajate	26,17	%	Banca Mondială (2011)
Procentul populației care trăiește în zone urbane dezavantajate pe criteriul locuirii	6,75	%	Banca Mondială (2011)
Procentul populației absolvente de studii superioare (de lungă durată și de scurtă durată) din totalul populației	20,36	%	RPL (2011)
Procentul șomerilor înregistrați la sfârșitul anului în totalul resurselor de muncă	1	%	INS (2020)
Valoarea PIB/locuitor la nivel de județ	7.741	Euro	CNSP (2019)

#### 7.4.5.4. Vulnerabilitatea seismică sistemică

Indicatorii vulnerabilității sistemice a municipiului Galați reliefează atât niveluri ridicate ale acesteia – cazul indicatorilor referitori la numărul de medici raportat la 1.000 de locuitori și al distanței față de stațiile de alimentare cu benzină, motorină sau GPL, cât și elemente ce atenuază vulnerabilitatea seismică, prin valorile reduse sau medii ale indicatorilor referitori la distanța față de unitățile medicale și de pompieri, respectiv valoarea ridicată a raportului dintre numărul de paturi de spital și mia de locuitori (Tabel 66). Coroborarea acestor indicatori conform ponderilor importanței relative, în cadrul analizei modulare, conduce plasarea Galațiului pe ultimul loc din punctul de vedere al vulnerabilității seismice sistemice.

**Tabel 66. Indicatorii vulnerabilității sistemice specifice municipiului Galați**

<b>Indicatori</b>	<b>Valoare</b>	<b>U.M.</b>	<b>Sursa datelor</b>
Numărul de medici raportat la 1.000 de locuitori	2,47	Raport	INS (2018)
Numărul de paturi de spital raportat la 1.000 de locuitori	8,61	Raport	INS (2019)
Distanța față de cea mai apropiată unitate medicală	2,10	Medie ponderată	Prelucrare SIG
Distanța față de cea mai apropiată unitate de pompieri	2,57	Medie ponderată	Prelucrare SIG
Distanța față de cea mai apropiată stație de alimentare cu benzină, motorină sau GPL	5,18	Medie ponderată	Prelucrare SIG, Site gazonline (2021)

#### 7.4.5.5. Capacitatea de coping a populației

Capacitatea de coping nu constituie una dintre dimensiunile propriu-zise ale vulnerabilității seismice, însă îndeplinește un rol esențial de calibrare a acesteia. Datele privind capacitatea de coping a populației din Galați au fost obținute în urma prelucrării rezultatelor chestionarului privind percepția riscului seismic (Anexa 1). Acesta a fost aplicat asupra unui eșantion de 180 de persoane majore.

Valorile indicatorilor referitori la abilitățile de supraviețuire ale populației în contextul manifestării unui seism cu magnitudinea de cel puțin  $7M_w$ , la cunoștințele populației privind cutremurele și comportamentele de autoprotecție aferente, la adaptările seismice implementate și la nivelul de autonomie al respondenților în procesul de revenire la starea anterioară producerii cutremurului, converg către un nivel mediu al capacității de coping a populației ariei de studiu (Tabelul 67). Prin raportare la valorile maxime posibile ale acestor indicatori, scorurile specifice

Galațiului depășesc pragul de 50% în cazul abilităților de supraviețuire și autonomiei, însă se situează sub acesta în cazul celorlalți doi indicatori. Pe de altă parte, respondenții din municipiul dunărean înregistrează cel mai ridicat scor în ceea ce privește implementarea adaptărilor seismice, cel mai redus în ceea ce privește cunoștințele despre seisme și scoruri medii spre ridicate, superioare celor specifice Vasluiului și apropiate de cele ale Iașiului, de pe primele locuri (cazul abilităților de supraviețuire și autonomiei).

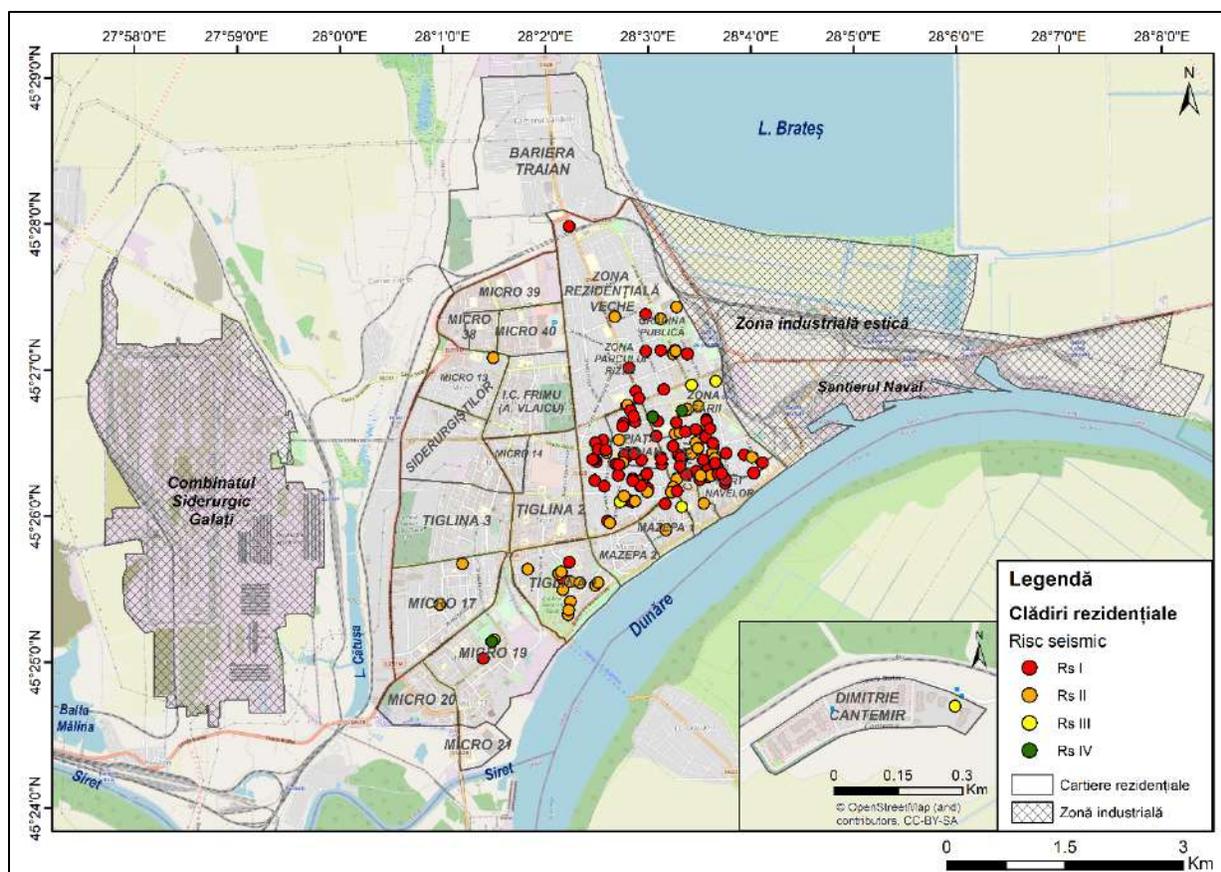
**Tabel 67. Indicatorii capacității de coping a populației municipiului Galați**

<b>Indicatori</b>	<b>Valoare</b>	<b>U.M.</b>	<b>Sursa datelor</b>
Abilitățile de supraviețuire ale populației în contextul manifestării unui seism major	1,71		
Cunoștințele populației privind seismele și comportamentele ce trebuie adoptate în timpul acestora	2,38	Medie ponderată	Chestionar
Adaptările seismice implementate de populație	4,3		
Nivelul de autonomie al populației în procesul de revenire la starea de normalitate anterioară manifestării seismului major	0,8		

#### **7.4.6. Vulnerabilitatea seismică a clădirilor expertizate tehnic din municipiul Galați**

În municipiul Galați, există 141 de clădiri rezidențiale care au fost expertizate tehnic în perioada 1990-2015 și care au fost încadrate în una dintre cele 4 clase de risc seismic. Mai mult de jumătate dintre acestea (57,44%) se încadrează în categoria celui mai semnificativ risc seismic (Rs I) și mai mult de o treime (35,46%) în categoria Rs II. Doar 10 clădiri prezintă risc seismic moderat spre redus: 7 clădiri fac parte din categoria Rs III și 3 clădiri din categoria Rs IV. Vulnerabilitatea acestora va fi analizată cu referire la vulnerabilitatea structurală și cea sistemică, întrucât nu există date referitoare la populația care locuiește în imobilele respective.

Cea mai mare parte a clădirilor cu risc seismic din Galați se află în partea de Est a orașului, fiind concentrate în cartierele Piață-Traian, Centru, zona Gării, Port-Navelor și în zona rezidențială veche, în special în proximitatea Grădinii Publice și a Parcului Rizer (Figura 50). De asemenea, există un cluster de clădiri cu risc seismic (Rs II) în Țiglina 1. Clădiri rezidențiale cu risc seismic se mai întâlnesc punctual sau în grupuri de mici dimensiuni în Micro 13, Micro 17, Micro 19, precum și în cartierul Dimitrie Cantemir, situat în partea extrem sudică a Galațiului, dincolo de confluența Siret-Dunăre. Clădirile cu cel mai redus risc seismic (Rs IV) sunt puțin numeroase și sunt localizate în apropierea Gării și în cartierul Micro 19, iar cele cu risc seismic



**Figura 50. Distribuția spațială a clădirilor rezidențiale cu risc seismic din municipiul Galați**

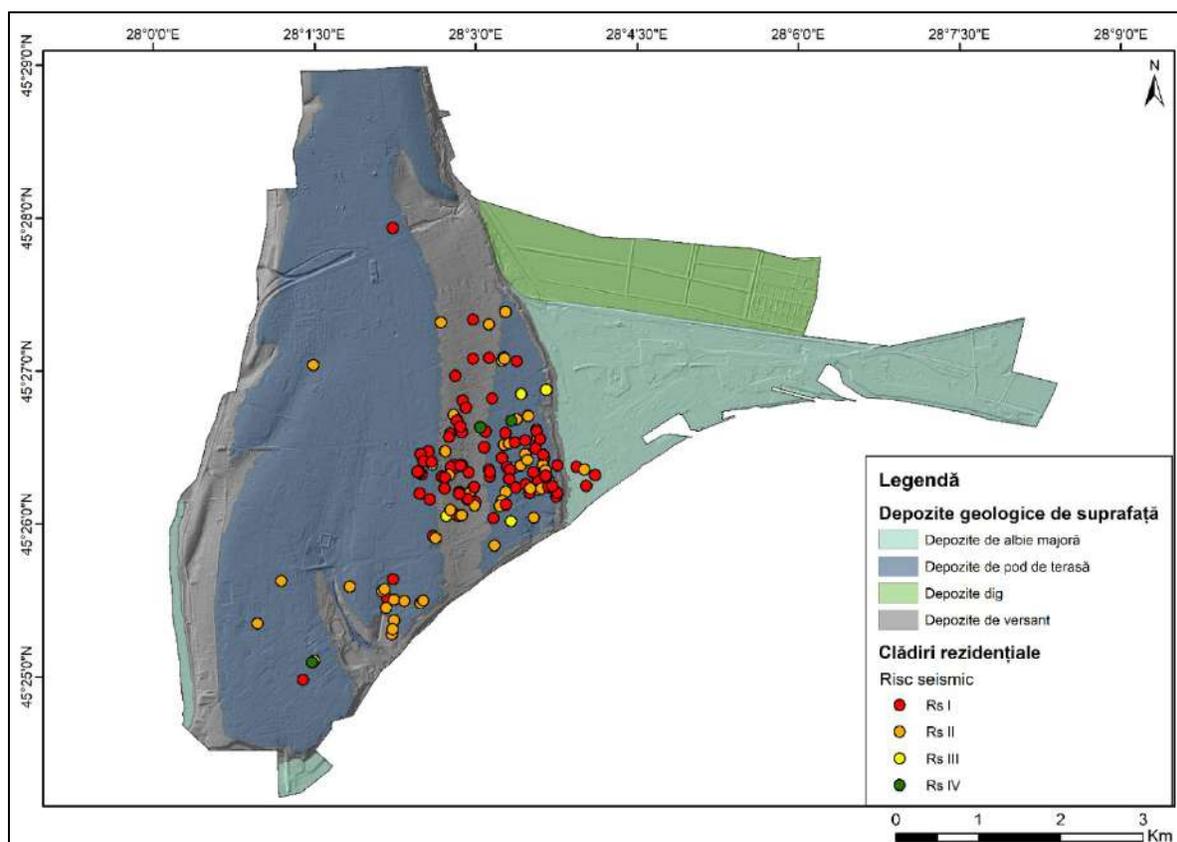
moderat (Rs III) sunt localizate în arealele amintite, precum și în Sud (Mazepa 1, Dimitrie Cantemir). Clădirile cu cel mai ridicat risc seismic (Rs I) sunt concentrate în partea de Sud-Est a Galațiului, la Sud de Bd. Basarabiei și la Est de Bd. George Coșbuc (Figura 50).

Mai mult de jumătate dintre imobilele cu risc seismic (62,41%) au fost construite pe depozite de pod de terasă, în special pe terasa de 20-30 m pe care se dezvoltă zona rezidențială veche. În general, astfel de situri prezintă un nivel redus de vulnerabilitate geotehnică, depozitele geologice fiind slab saturate. În cazul Galațiului, grosimea depozitelor loessoide ce intră în alcătuirea teraselor fluviale determină un nivel moderat de vulnerabilitate geotehnică, întrucât astfel de formațiuni prezintă un potențial crescut de lichefiere. Aproape jumătate dintre clădirile grefate pe podurile teraselor dunărene se încadrează în clasa de risc seismic maxim (Rs I, 51,13%); celor din clasa de risc următoare (Rs II) revenindu-le o pondere de 42,04% (Tabelul 68).

**Tabel 68. Depozitele geologice de suprafață pe care sunt construite clădirile cu risc seismic din municipiul Galați**

Depozite geologice de suprafață	Total clădiri		Clădiri Rs I		Clădiri Rs II		Clădiri Rs III		Clădiri Rs IV	
	Nr.	%	Nr.	%	Nr.	%	Nr.	%	Nr.	%
Depozite de albie majoră	5	3,54	3	60	1	20,00	1	20,00	0	0
Depozite de pod de terasă	88	62,41	45	51,13	37	42,04	4	4,54	2	2,27
Depozite dig	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Depozite de versant	48	34,04	33	68,75	12	25	2	4,16	1	2,08

Clusterul de clădiri cu risc seismic din partea de Est a orașului se suprapune și suprafeței de frunte de terasă ce face racordul dintre terasa mai joasă (20-30 m) și cea mai înaltă (35-55 m) (Figura 51). Din totalul imobilelor cu risc seismic, 34,04% au fost construite pe suprafața versantului menționat, ce corespunde cartierelor Piață-Traian, Mazepa 2 și părții de Sud-Vest a zonei rezidențiale vechi. Nivelul lor de vulnerabilitate geotehnică este mediu, întrucât pantele frunții de terasă amintite variază între 0° și 20°.



**Figura 51. Distribuția spațială a clădirilor rezidențiale cu risc seismic pe tipurile de depozite geologice de suprafață din municipiul Galați**

Dintre aceste imobile, 68,75% prezintă risc seismic maxim (Rs I), iar 25% dintre ele, risc seismic ridicat (Rs II). La fel ca în cazul clădirilor construite pe depozitele de pod de terasă, ponderile imobilelor din clasele de risc seismic Rs III și Rs IV sunt reduse, de 2-4,5%.

Doar 5 din cele 141 de clădiri cu risc seismic din Galați au fost construite pe depozite de albie majoră, fiind caracterizate de un nivel foarte ridicat de vulnerabilitate seismică geotehnică. Pietrișurile și nisipurile holocene sunt caracterizate de un potențial crescut de lichefiere, întrucât particulele din alcătuirea lor sunt slab coezive, iar nivelul piezometric este apropiat de suprafață. Patru dintre aceste imobile de găsesc în cartierul Port-Navelor (Figura 51), iar cea de-a cincea, în cartierul Dimitrie Cantemir, în apropierea de confluența Siret-Dunăre. În clasa de risc seismic Rs I sunt încadrate 3 dintre cele 5 clădiri construite în zonele de albie majoră, celelalte două având risc seismic ridicat (Rs II) sau moderat (Rs III) (Tabelul 68).

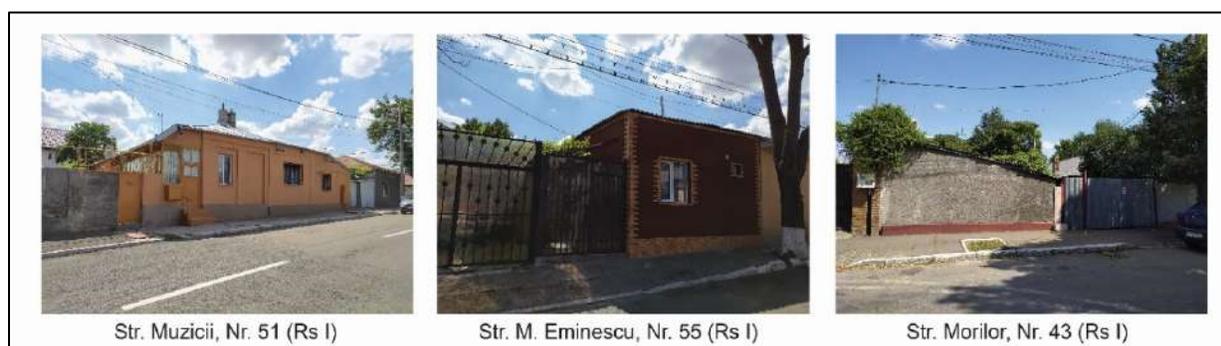
Cele mai multe clădiri cu risc seismic maxim din Galați (55,55%) prezintă un nivel redus spre moderat de risc seismic, fiind grefate pe depozitele de pod de terasă fluvială. Doar 3 clădiri de acest tip sunt construite în zonele de luncă, în timp ce proporția imobilelor cu Rs I construite pe versanți se ridică la 40,74%. În mod asemănător, cele mai multe clădiri cu risc seismic din celelalte clase de risc seismic sunt construite pe suprafețele plane ale podurilor de terasă: 74% din clădirile din clasa Rs II, 57,14% din clădirile cu Rs III și 66,66% din clădirile din clasa cu risc seismic minim (Tabelul 69).

Doar una dintre clădirile cu risc seismic ridicat (Rs II) este construită pe depozitele de albie majoră, caracterizate de un potențial crescut de lichefiere, în timp ce numărul de astfel de construcții grefate pe versanți ajunge la 12. În ceea ce privește imobilele cu risc seismic moderat și redus, se observă că o treime din fiecare categorie – 28,57% dintre clădirile cu Rs III și 33,33% dintre cele cu Rs IV (Tabelul 69), sunt construite pe suprafețele cu declivitate semnificativă.

**Tabel 69. Distribuția clădirilor rezidențiale cu risc seismic din municipiul Galați, pe tipuri de depozite geologice de suprafață**

Clădiri rezidențiale	Depozite de albie majoră		Depozite de pod de terasă		Depozite de versant	
	Nr.	%	Nr.	%	Nr.	%
Rs I	3	3,7	45	55,55	33	40,74
Rs II	1	2	37	74	12	24
Rs III	1	14,28	4	57,14	2	28,57
Rs IV	0	0	2	66,66	1	33,33

În rândul clădirilor cu risc seismic din orașul dunărean predomină casele, iar majoritatea acestora se întâlnesc în zona rezidențială veche, pe străzi precum Nicolae Bălcescu, Col. Nicolae Hoban, Mihai Eminescu, Muzicii, Morilor etc. Construcțiile în stil popular, ce datează din anii 1890-1940, cuprind 2-3 camere, sunt în general locuite de persoane cu posibilități financiare reduse, ce nu au investit în proprietățile în cauză. Totuși, unele dintre casele populare au fost recondiționate de locatari, dar doar sub raport estetic, problemele de stabilitate structurală rămânând nerezolvate (Figura 52). Este cazul locuințelor ocupate de populația de etnie romă sau de populația vârstnică din zona Piață-Traian și din partea de Sud a zonei rezidențiale vechi.



**Figura 52. Clădiri rezidențiale în stil popular recondiționate din zona rezidențială veche a municipiului Galați (august 2021)**

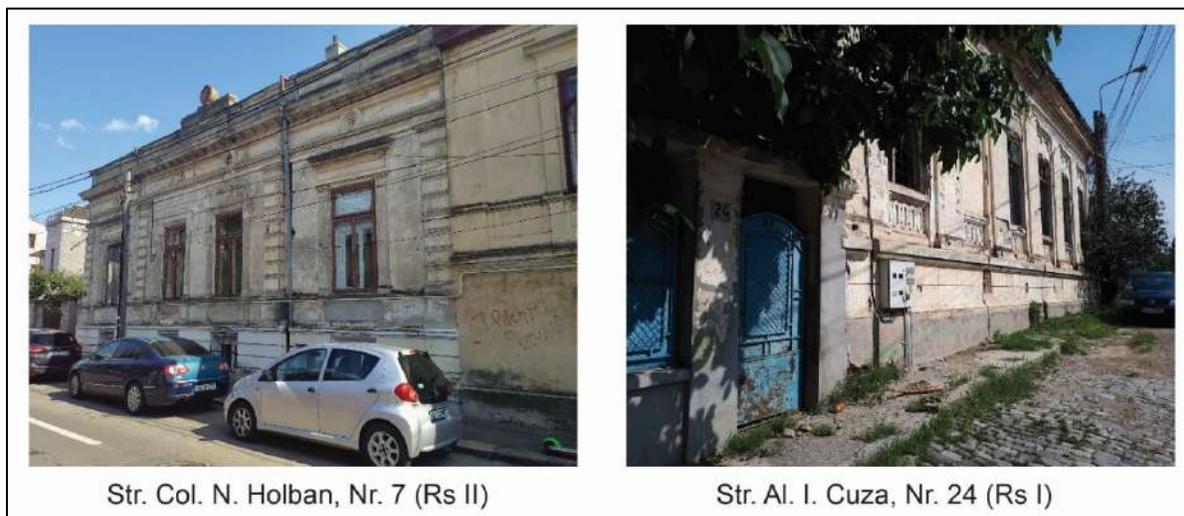
Pe Str. Dogăriei, se întâlnesc case populare din anii 1920-1930 locuite de populația de etnie romă, ce practica în trecut diverse meșteșuguri. Imobilele locuite alternează cu cele părăsite, care prezintă ferestre sparte sau baricadate, decopertări ale tencuielii, fisuri longitudinale și transversale, elemente non-structurale (balcoane) instabile (Figura 53).

De altfel, multe dintre clădirile cu risc seismic din Galați se află în stadii avansate de degradare, fiind construite spre finalul secolului XIX-începutul secolului XX. Unele dintre acestea sunt case în stil aristocratic – cum ar fi cele de pe Str. Domnească, Str. Al. I. Cuza, Str. Col. Nicolae Holban (Figura 54). Ornamentația deosebită a acestor edificii este specifică anumitor perioade istorice, însă pe parcursul timpului a suferit ample degradări. Zidăria clădirilor este decopertată, iar atașarea elementelor non-structurale, de tipul balcoanelor, de corpul clădirilor este marcată de fisuri predominant longitudinale (Figura 55). Unele dintre aceste imobile sunt încă locuite, în general de moștenitorii ce nu au investit în consolidarea seismică a edificiilor moștenite sau în recondiționarea lor. O parte dintre locuitorii clădirilor în cauză au vârste înaintate, manifestând lipsă de interes față de astfel de activități ameliorative, stringent

necesare pentru propria siguranță și chiar pentru confort, dar costisitoare și, uneori, dincolo de limita posibilităților lor financiare. De asemenea, există și numeroase case aristocratice foarte degradate, ce au fost părăsite.



**Figura 53. Clădire părăsită din Str. Dogăriei, nr. 33, municipiul Galați (iunie 2019)**



**Figura 54. Clădiri rezidențiale aristocratice degradate din municipiul Galați (iunie 2019)**

Numărul clădirilor cu risc seismic de tip bloc de apartamente este redus (24), iar principalul cluster se găsește în zona numită de localnici „Francezi”, pe Str. Regiment 11 Siret. Aceste blocuri au fost construite în anii 1962-1964, o parte dintre ele fiind proiectate conform reglementărilor codului de proiectare seismică apărut în anul 1963 (Figura 56). Majoritatea imobilelor cuprind 3 scări de bloc și sunt locuite de populație vârstnică în proporții semnificative, dar și de tinere familii. Fațadele, precum și balcoanele improvizate sunt degradate, iar instalațiile electrice și de canalizare necesită îmbunătățiri, gradul de confort fiind mediu.



**Figura 55. Clădirea rezidențială cu risc seismic din Str. Al. I. Cuza, nr. 36, municipiul Galați (iunie 2019)**

Pentru 41,13% dintre clădirile expertizate tehnic au fost realizate propuneri de demolare. Cea mai mare parte a acestora (89,65%) este reprezentată de clădiri din clasa cu cel mai accentuat risc seismic (Rs I), pentru care lucrările de consolidare se dovedesc nerentabile (Tabelul 70). Clădirile rezidențiale din această categorie se găsesc în partea de Sud-Est a municipiului dunărean, mai exact în Centru, zona rezidențială veche din Sud, cartierele Piața-Traian și Navelor (Figura 57).



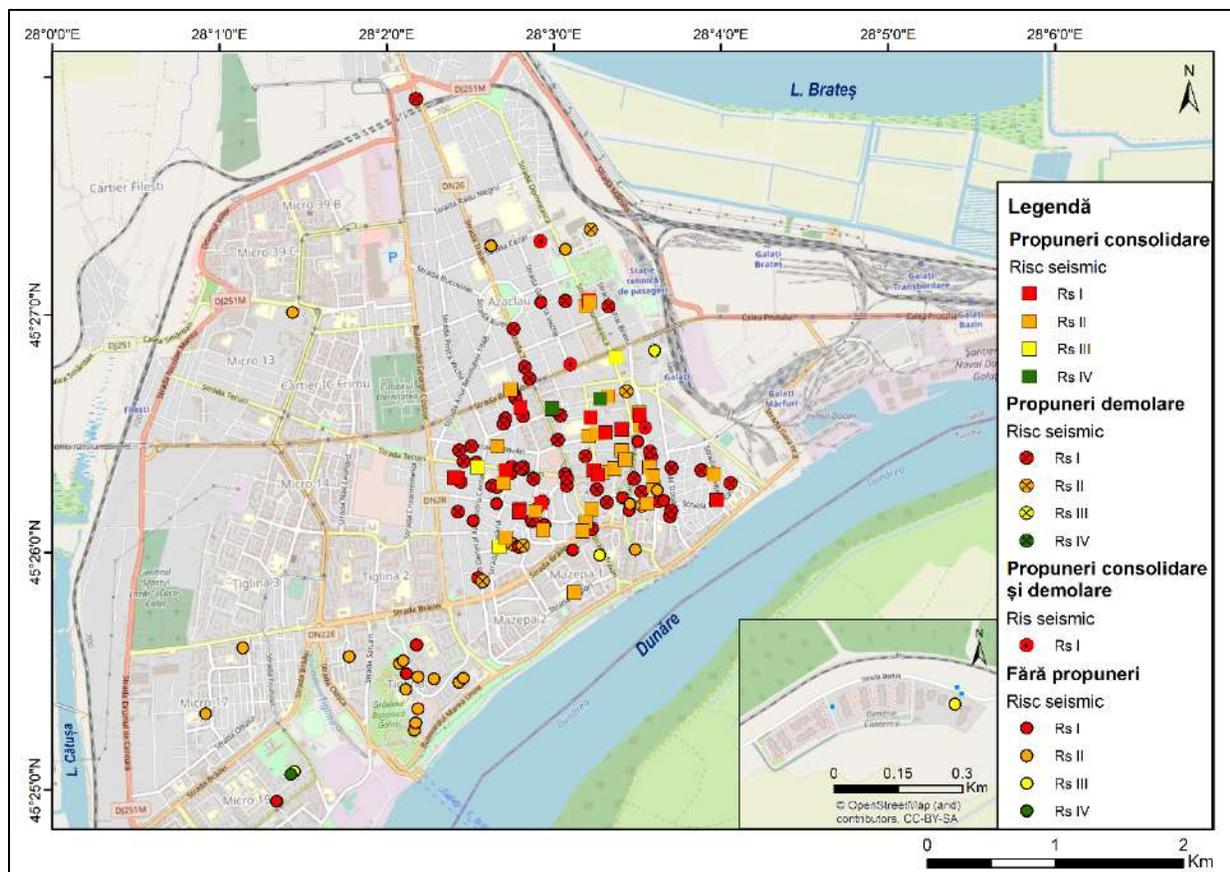
**Figura 56. Blocuri de apartamente cu risc seismic din Str. Regiment 11 Siret, municipiul Galați (august 2021)**

**Tabel 70. Propunerile de demolare și consolidare pentru clădirile rezidențiale cu risc seismic din municipiul Galați (Primăria Galați 2019)**

Tipuri de propuneri emise	Clădiri Rs I		Clădiri Rs II		Clădiri Rs III		Clădiri Rs IV	
	Nr.	%	Nr.	%	Nr.	%	Nr.	%
Propuneri demolare	52	89,65	6	10,34	0	0	0	0
Propuneri consolidare	15	33,33	25	55,55	3	6,66	2	4,44
Propuneri consolidare, propuneri demolare	3	100	0	0	0	0	0	0

Proporția propunerilor de consolidare (31,91%) este mai redusă, din această categorie făcând parte mai ales clădirile cu Rs II (55,55%), dar și câteva clădiri din categoriile Rs III (6,66%) și Rs IV (4,44%) (Tabelul 70). Clădirile rezidențiale pentru care au fost emise propuneri de consolidare sunt diseminate spațial printre cele propuse spre demolare, fiind cantonate în partea de Sud-Est a orașului (Figura 57). De asemenea, conform Site-ului Primăriei Galați (2019), există 3 clădiri pentru care au fost realizate atât propuneri de consolidare, cât și propuneri de demolare. Acestea sunt situate în zona rezidențială veche. Clădirile rezidențiale cu risc seismic care nu au fost propuse nici spre demolare, nici spre consolidare se găsesc în partea de Sud și Sud-Vest a teritoriului urban gălățean, în cartiere precum Țiglina 1, Micro 17, Micro 19 și Dimitrie Cantemir (Figura 57).

Datele cu privire la vechimea, profilul de înălțime și materialele de construcție ale clădirilor cu risc seismic din Galați au fost extrase din rapoartele de expertiză tehnică puse la dispoziție de Primăria Galați. Nu toate clădirile incluse în lista de pe Site-ul Primăriei Galați (2019) sunt însoțite de astfel de rapoarte, astfel încât datele privind particularitățile menționate sunt incomplete.



**Figura 57. Distribuția spațială a clădirilor rezidențiale cu risc seismic din municipiul Galați, pentru care s-au emis propuneri de consolidare și/sau demolare**

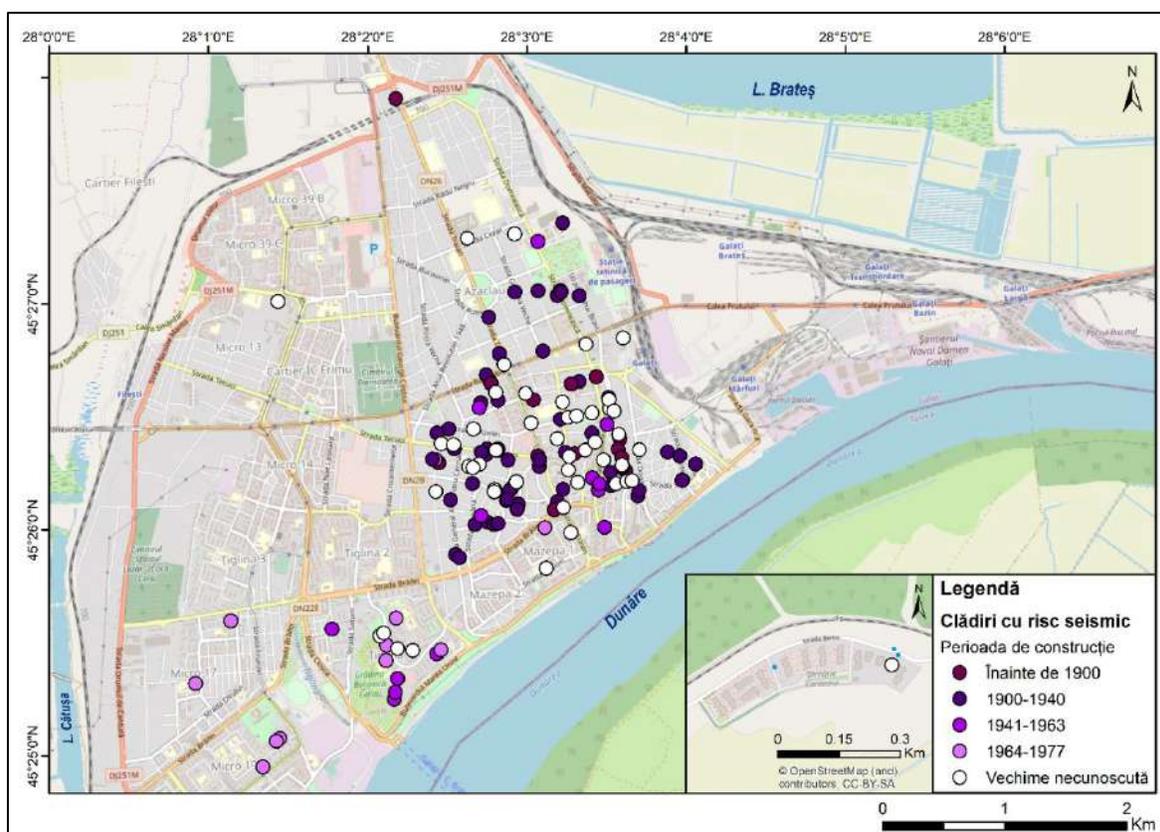
Date referitoare la vechimea clădirilor rezidențiale cu risc seismic din municipiul dunărean sunt disponibile doar pentru 66,66% dintre acestea, adică pentru 94 de clădiri. Cea mai mare parte a acestora (59,57%) au fost construite între anii 1900 și 1940, adică înainte de producerea seismului cu magnitudinea de 7,6-7,7  $M_w$  din 10 noiembrie 1940 (Tabelul 71). Majoritatea imobilelor care datează din această perioadă sunt localizate în Vestul și Sud-Estul zonei rezidențiale vechi, dar și în cartiere precum Piața-Traian, Centru și Port-Navelor (Figura 58).

Clădirile interbelice reprezintă 32,97% dintre clădirile expertizate tehnic din Galați și sunt localizate cu precădere în arealul delimitat de Str. Ana Ipătescu (la Est), Str. Basarabiei (la Nord), Bd. George Coșbuc (la Vest), Str. Brăilei și Str. Sindicatelor (la Sud). Acestea sunt reprezentate de case aristocratice cu stiluri arhitecturale deosebite, locuite în trecut de familii burgheze și aflate în prezent în posesia moștenitorilor acestora. Astfel de case se întâlnesc preponderent în centru și de-a lungul Str. Domnească. O mare parte dintre clădirile rezidențiale

ce datează din anii 1900-1940 se află în stadii avansate de degradare, fapt confirmat și de ponderea mare a clădirilor cu risc seismic foarte ridicat (Rs I, 64,28%) sau ridicat (Rs II, 32,14%).

**Tabel 71. Vechimea clădirilor rezidențiale cu risc seismic din municipiul Galați (Raport de expertiză tehnică 1990-2015)**

Perioadă de construcție	Total clădiri		Clădiri Rs I		Clădiri Rs II		Clădiri Rs III		Clădiri Rs IV	
	Nr.	%	Nr.	%	Nr.	%	Nr.	%	Nr.	%
Înainte de 1900	14	14,89	7	50	6	42,85	0	0	1	7,14
1900-1940	56	59,57	36	64,28	18	32,14	2	3,57	0	0
1941-1963	13	13,82	4	30,76	9	69,23	0	0	0	0
1964-1977	11	11,7	5	45,45	4	36,36	1	9,09	1	9,09



**Figura 58. Distribuția spațială a clădirilor rezidențiale cu risc seismic din municipiul Galați, în funcție de perioada de construcție**

Apariția primului cod de proiectare seismică din România este legată de anul 1963. Din 1941 și până în acest an, au fost construite 13,82% dintre clădirile rezidențiale cu risc seismic din municipiul dunărean. Din această categorie fac parte, predominant clădiri din clasa seismică Rs II (69,23%), localizate în Sudul zonei rezidențiale vechi și în Țiglina 1 (Figura 58). Doar 11,7%

dintre imobilele expertizate tehnic au fost construite conform prevederilor primului cod de proiectare seismică, adică în anii 1964-1977. Totuși, aproape jumătate dintre acestea prezintă risc seismic maxim (Rs I, 45,45%). Imobilele construite în anii 1964-1977 sunt situate în cartierele rezidențiale mai noi, cum ar fi Micro 17 și 19, dar și în Țiglina 1 și partea de Sud-Vest a zonei rezidențiale vechi. Notabil este faptul că în ultimele două perioade avute în vedere (1941-1963 și 1964-1977) au fost ridicate blocurile de 4 etaje din Str. Regiment 11 Siret, Str. Laminoriștilor, Str. Oltului și Str. Barboși. Blocurile au fost ridicate în perioada de avânt imobiliar indus de prima etapă a industrializării, pentru a caza forța de muncă din ce în ce mai numeroasă din industria grea.

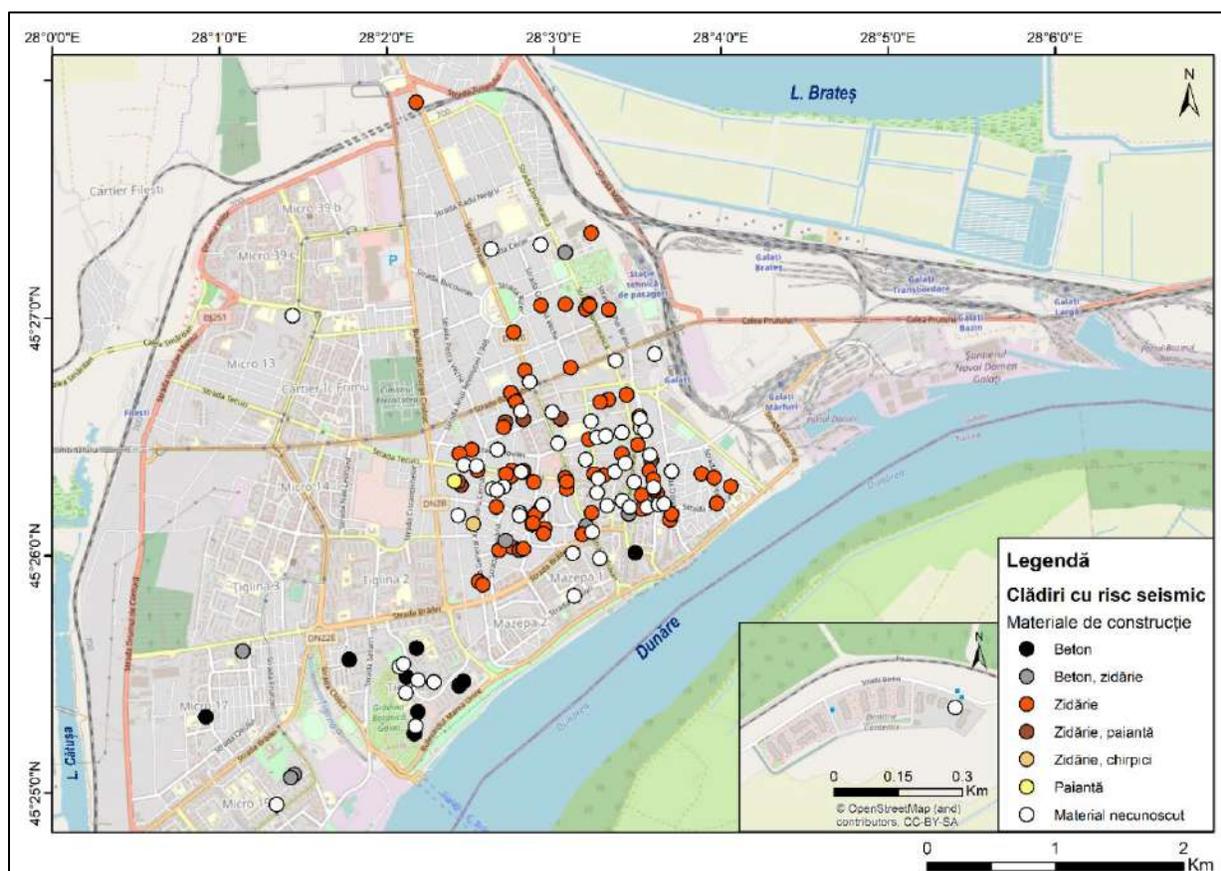
De asemenea, un număr important de clădiri (14,89%) au fost ridicate înainte de anii 1900, începând cu anul 1843 (Tabelul 71). Vulnerabilitatea structurală superioară a acestora este demonstrată de ponderea mare (50%) a clădirilor vechi încadrate în clasa Rs I. Și clasa Rs II este bine reprezentată în cadrul categoriei clădirilor rezidențiale ridicate în secolul XIX, având o pondere de 42,85% din totalul clădirilor cu această vechime. Cele mai vechi clădiri cu risc seismic din municipiul Galați sunt localizate în Sud-Estul orașului, pe străzi precum A. I. Cuza, Traian, Dr. Nicolae Alexandrescu, Sf. Spiridon, Muzicii etc. Unele dintre ele sunt încă locuite, în general de populația vârstnică sau de populația de etnie romă, având posibilități financiare reduse.

Date cu privire la materialele de construcție din care sunt alcătuite clădirile rezidențiale cu risc seismic din municipiul Galați sunt disponibile pentru 88 de astfel de clădiri, adică pentru 62,41% din totalul acestora. Cele mai multe (71,59%) sunt construite din zidărie de cărămidă, dar există și clădiri rezidențiale construite din zidărie în combinație cu beton (7,95%), paiantă (7,95%) sau chirpici (1,13%) (Tabelul 72).

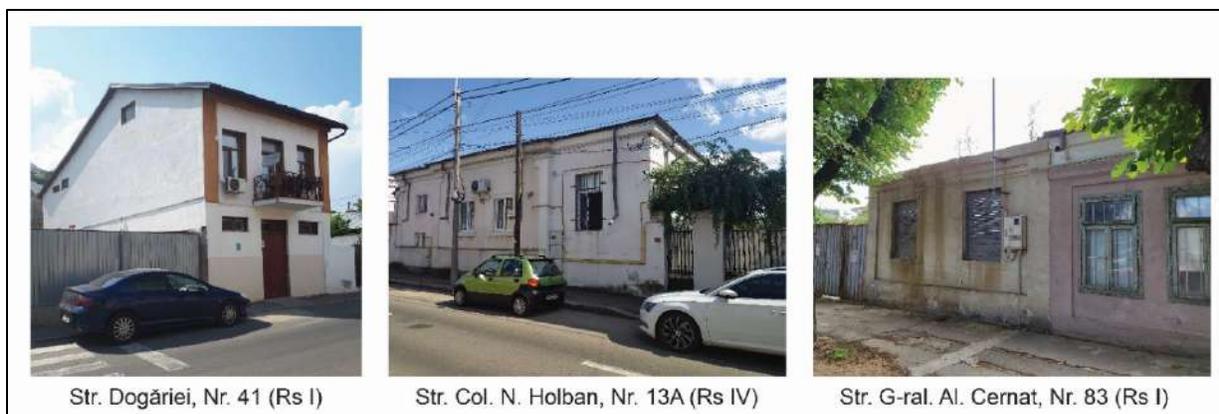
**Tabel 72. Materialele de construcție ale pereților exteriori ai clădirilor rezidențiale cu risc seismic din municipiul Galați (Rapoarte de expertiză tehnică 1990-2015)**

Materiale de construcție	Total clădiri		Clădiri Rs I		Clădiri Rs II		Clădiri Rs III		Clădiri Rs IV	
	Nr.	%	Nr.	%	Nr.	%	Nr.	%	Nr.	%
Beton	9	10,22	2	22,22	7	77,77	0	0	0	0
Beton, zidărie	7	7,95	1	14,28	4	57,14	1	14,28	1	14,28
Paiantă	1	1,13	1	100	0	0	0	0	0	0
Zidărie	63	71,59	37	58,73	23	36,50	2	3,17	1	1,58
Zidărie, paiantă	7	7,95	7	100	0	0	0	0	0	0
Zidărie, chirpici	1	1,13	1	100	0	0	0	0	0	0

Clădirile alcătuite din zidărie de cărămidă se încadrează preponderent în clasa Rs I (58,73%) și sunt localizate în proximitatea Grădinii Publice și a Parcului Rizer, în cartierul Piața-Traian și părțile de Sud-Vest și Sud-Est ale zonei rezidențiale vechi (Figurile 59, 60). Străzile reprezentative, de-a lungul cărora se găsesc numeroase astfel de construcții sunt Str. Al. I. Cuza, Str. Domnească, Str. Traian, Str. Muzicii etc. Și cele la care se adaugă paianta sau chirpicii fac parte din clasa cu cel mai ridicat risc seismic, fapt ce arată slaba rezistență a acestor materiale la șocurile seismice. Clădirile de zidărie combinată cu paiantă sau chirpici de găsesc în partea centrală a zonei rezidențiale vechi, la Sud de Str. Basarabiei, cu precădere pe Str. Dogăriei, Str. Tăuni, Str. Griviței. Pe de altă parte, clădirile cu zidărie de cărămidă ce au în alcătuire și elemente de beton, se încadrează preponderent în clasa Rs II (57,14%). Acestea se găsesc în Sudul zonei rezidențiale vechi, în Centru, Micro 17 și Micro 19.



**Figura 59. Distribuția spațială a clădirilor rezidențiale cu risc seismic din municipiul Galați, în funcție de materialele de construcție**



**Figura 60. Clădiri cu pereți exteriori din zidărie, din municipiul Galați (august 2021)**

Cele mai rezistente clădiri rezidențiale cu risc seismic sunt cele din beton (10,22%), care se încadrează preponderent în clasa Rs II (77,77%) (Tabelul 73). Această proporție se datorează durabilității betonului și rezistenței sale la șocurile seismice. Clădirile cu risc seismic construite din beton prezintă vechimi relativ mari, fiind construite între anii 1962 și 1970. Este vorba de blocurile de 4 etaje din Țiglina (Str. Regiment 11 Siret), construite pe substrat loessoid (Figura 56). Dezechilibrele hidrogeologice specifice acestui substrat geologic afectează în mod negativ stabilitatea clădirilor și rezistența lor la șocurile seismice.

Totodată, în municipiul de referință există și o clădire din paiantă, încadrată în clasa de risc seismic maxim (Rs I). Aceasta a fost construită în anul 1900 și este o casă de tip parter, inclusă pe lista propunerilor de consolidare (Figura 61).



**Figura 61. Clădire din paiantă, din Str. Muzicii, Nr. 48, municipiul Galați (august 2021)**

Cu referire la profilul de înălțime al clădirilor rezidențiale cu risc seismic din municipiul Galați, există date pentru 102 astfel de construcții, reprezentând 72,34% din total. Cele mai însemnate ponderi revin caselor de tip parter (34,31%), blocurilor cu 4 etaje (14,7%) și clădirilor cu un etaj (11,76). Din prima categorie fac parte atât casele populare, localizate preponderent în zona Gării, a Grădinii Publice și de-a lungul Str. Tecuci, cât și casele aristocratice cu vechime mare din Str. Domnească, Str. Nicolae Bălcescu, Str. Gral. Alexandru Cernat (Figura 60). Cele mai multe case de tip parter (65,71%) se încadrează în clasa Rs I, afirmație valabilă și pentru clădirile rezidențiale cu un etaj (83,33%). Acestea sunt reprezentate de casele aristocratice situate în Str. Domnească și Str. Al. I. Cuza.

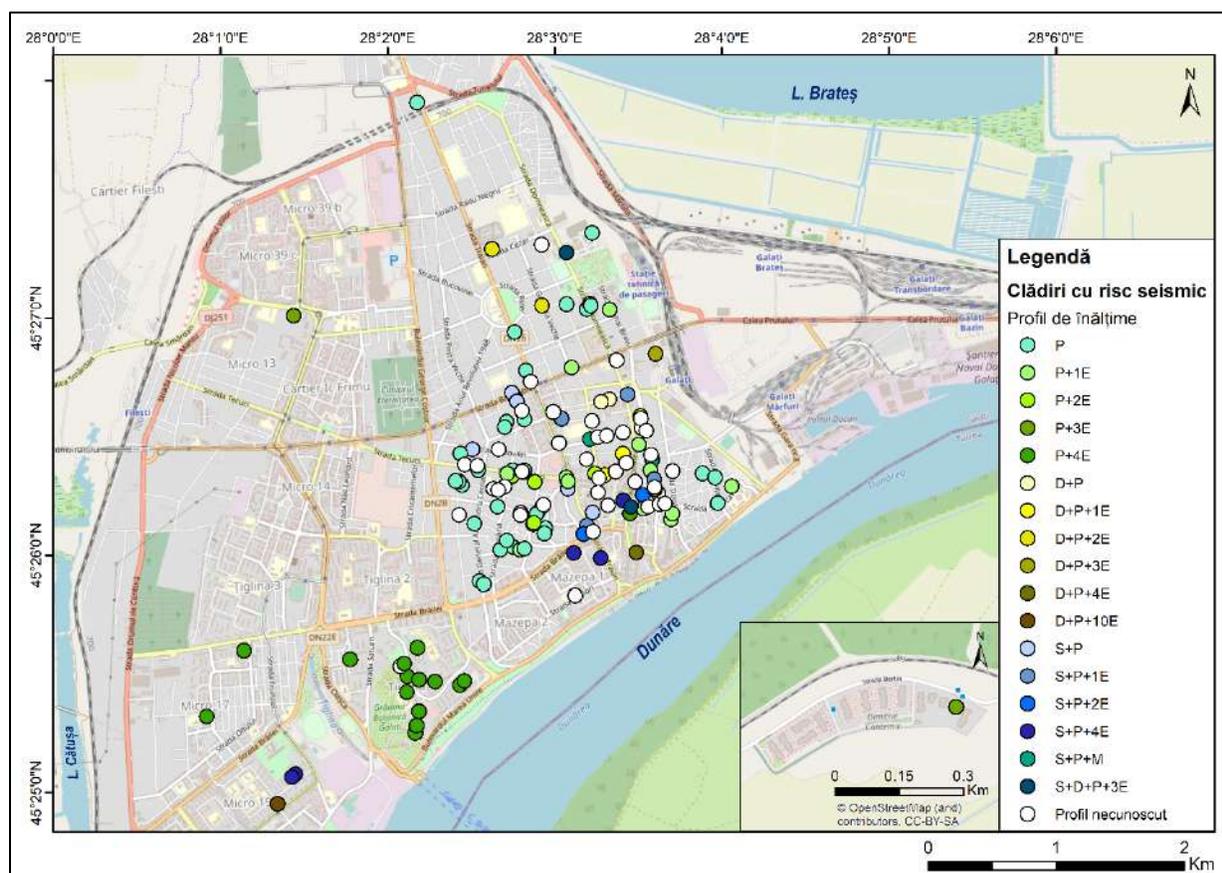
În ceea ce privește blocurile cu 4 etaje, majoritatea se încadrează în clasa Rs II (80%) (Tabelul 73). Acestea sunt specifice municipiului Galați, fiind ridicate în anii 1958-1970, cu câteva excepții, care datează din anul 1900. Efervescența economică indusă de dezvoltarea industriei gălățene în perioada comunistă este responsabilă de creșterea urbană din intervalul temporal amintit. Astfel, blocurile de 4 etaje au fost ridicate pentru a caza forța de muncă din industrie, într-un ritm rapid, fără a ține cont de particularitățile substratului geologic. Cartierele în care se găsesc imobile expertizate tehnic cu 4 etaje sunt Micro 19 și Micro 17 (Figura 62).

**Tabel 73. Profilul de înălțime al clădirilor rezidențiale cu risc seismic din municipiul Galați (Raport de expertiză tehnică 1990-2015)**

Profil de înălțime	Total clădiri		Clădiri Rs I		Clădiri Rs II		Clădiri Rs III		Clădiri Rs IV	
	Nr.	%	Nr.	%	Nr.	%	Nr.	%	Nr.	%
P	35	34,31	23	65,71	10	28,57	2	5,71	0	0
P + 1E	12	11,76	10	83,33	2	16,66	0	0	0	0
P + 2E	5	4,90	5	100	0	0	0	0	0	0
P + 3E	2	1,96	0	0	1	50	1	50	0	0
P + 4E	15	14,70	3	20	12	80	0	0	0	0
S + P	6	5,88	4	66,66	2	33,33	0	0	0	0
S + P + M	2	1,96	1	50	1	50	0	0	0	0
S + P + 1E	4	3,92	1	25	3	75	0	0	0	0
S + P + 2E	2	1,96	1	50	1	50	0	0	0	0
S + P + 4E	5	4,90	2	40	0	0	2	40	1	20
S + D + P + 3E	2	1,96	0	0	2	100	0	0	0	0

D + P	3	2,94	0	0	2	66,66	0	0	1	33,33
D + P + 1E	4	3,92	0	0	4	100	0	0	0	0
D + P + 2E	2	1,96	1	50	1	50	0	0	0	0
D + P + 3E	1	0,98	0	0	0	0	1	100	0	0
D + P + 4E	1	0,98	0	0	1	100	0	0	0	0
D + P + 10E	1	0,98	1	100	0	0	0	0	0	0

P = parter, S = subsol, D = demisol, E = etaj



**Figura 62. Distribuția spațială a clădirilor rezidențiale cu risc seismic din municipiul Galați, în funcție de profilul de înălțime**

Conform Tabelului 73, clădirile rezidențiale expertizate cu ponderi de peste 4% din total, prezintă profile de înălțime de tip S+P (5,88%), S+P+4E (4,9%) și P+2E (4,9%). Acestea se află în partea de Sud-Est a teritoriului urban gălățean, în Centru și în zona rezidențială veche (Figura 62). O parte dintre clădirile cu subsol și parter sau dintre cele cu două etaje sunt reprezentate de

case aristocratice vechi, în timp ce blocurile cu 4 etaje, parter și subsol sunt specifice perioadei industrializării.

### **Accesibilitatea clădirilor cu risc seismic pentru echipele de gestionare a situațiilor de urgență**

Una dintre dimensiunile vulnerabilității seismice a clădirilor cu risc seismic este vulnerabilitatea sistemică. Aceasta poate fi analizată prin intermediul accesibilității lor pentru echipele de gestionare a situațiilor de urgență, aflate în misiuni de identificare și salvare a răniților, stingere a incendiilor, care converg către eforturile de reducere a impactului seismic. În analiza acestui tip de vulnerabilitate, au fost incluse unitățile medicale și cele de pompieri amintite în cadrul studiului de caz.

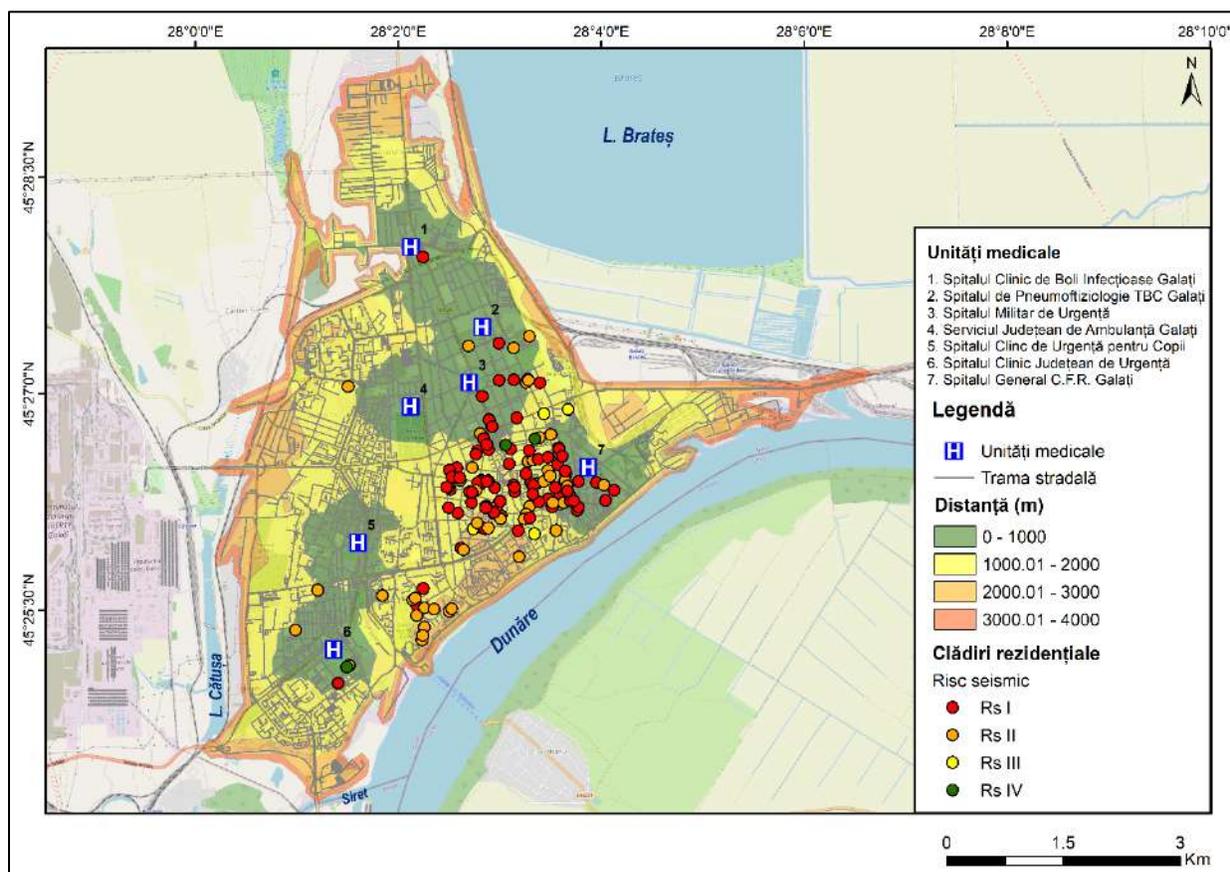
Unitățile medicale incluse în analiza vulnerabilității sistemice sunt redate în Tabelul 74. Spitalul de Psihiatrie „Elisabeta Doamna” și Spitalul de Obstetrică-Ginecologie „Buna Vestire” nu au fost integrate prezentei analize, întrucât se poate considera că acestea trebuie să continue să acorde servicii medicale categoriilor specifice de pacienți, în contextul manifestării unui seism puternic. În cazul în care capacitatea celorlalte unități medicale ar fi depășită de necesitatea spitalizării unui număr mare de victime ale cutremurului din cadrul scenariului propus, aceste două unități medicale pot servi drept rezerve.

Spitalul General C.F.R. Galați se află în partea de Sud-Est a municipiului, unde sunt localizate majoritatea clădirilor cu risc seismic. În contextul manifestării unui seism cu magnitudinea de minim  $7M_W$ , acesta ar putea deservi 39,71% dintre clădirile cu risc seismic, fiind cea mai apropiată unitate medicală, deci cea dinspre care s-ar putea întreprinde cele mai rapide intervenții și cea spre care ar putea fi trimiși răniții din proximitate. De asemenea, trebuie avut în vedere faptul că 50% dintre clădirile cu risc seismic deservite de Spitalul General C.F.R. Galați se încadrează în clasa cu cel mai ridicat risc seismic (Rs I) și că 42,85% dintre acestea fac parte din următoarea clasă de risc seismic (Rs II) (Tabelul 74, Figura 63).

***Tabel 74. Numărul de clădiri rezidențiale cu risc seismic ce ar putea fi deservite de unitățile medicale din municipiul Galați, în cazul manifestării unui seism major***

Unități medicale	Total clădiri		Clădiri Rs I		Clădiri Rs II		Clădiri Rs III		Clădiri Rs IV	
	Nr.	%	Nr.	%	Nr.	%	Nr.	%	Nr.	%
Spitalul Clinic de Boli Infecțioase	1	0,70	1	100	0	0	0	0	0	0

„Sf. Cuvioasă Parascheva” Galați										
Spitalul de Pneumoftiziologie TBC Galați	3	2,12	1	33,33	2	66,66	0	0	0	0
Spitalul Militar de Urgență „Dr. Aristide Serfioti”	52	36,87	42	80,76	8	15,38	1	1,92	1	1,92
Serviciul Județean de Ambulanță Galați	4	2,83	3	75	1	25	0	0	0	0
Spitalul Clinic de Urgență pentru Copii „Sf. Ioan”	20	14,18	5	25	14	70	1	5	0	0
Spitalul Clinic Județean de Urgență „Sf. Andrei”	5	3,54	1	20	1	20	2	40	1	20
Spitalul General de Căi Ferate Galați	56	39,71	28	50	24	42,85	3	5,35	1	1,78



**Figura 63. Ariile deservite de unitățile medicale și clădirile rezidențiale cu risc seismic din municipiul Galați**

Și Spitalul Militar de Urgență „Dr. Aristide Serfioti” ar putea deservi o pondere însemnată a clădirilor cu risc seismic din Galați (36,87%) în cazul producerii unui cutremur puternic, fiind localizat în partea centrală a zonei rezidențiale vechi, în proximitatea Parcului Rizer (Figura 63). 80,76% dintre aceste clădiri prezintă cel mai ridicat risc seismic (Rs I) (Tabelul 74). Spitalul

Clinic de Urgență pentru Copii „Sf. Ioan” ar putea deservi 20 de clădiri rezidențiale cu risc seismic, dintre care 70% prezintă Rs II și 25% Rs I.

Pe de altă parte, există și unități medicale care, în situația manifestării unui cutremur major, ar deservi un număr redus de clădiri cu risc seismic: Spitalul Clinic de Boli Infecțioase „Sf. Cuvioasă Parascheva” Galați (1 clădire rezidențială, având Rs I), Spitalul de Pneumoftiziologie TBC Galați (3 clădiri rezidențiale, dintre care una prezintă Rs I) și Spitalul Clinic Județean de Urgență „Sf. Andrei” (5 clădiri rezidențiale, dintre care una prezintă Rs I) (Tabel 74). Această situație este determinată de localizarea unităților medicale numite în cartiere în care există puține clădiri rezidențiale cu risc seismic: Spitalul Clinic Județean de Urgență „Sf. Andrei” se află în partea de Sud-Vest a orașului, în cartierul Micro 19, Spitalului de Pneumoftiziologie TBC Galați este situat în partea de Nord a zonei rezidențiale vechi, iar Spitalului Clinic de Boli Infecțioase „Sf. Cuvioasă Parascheva” Galați este localizat în cartierul Bariera Traian, în Nordul teritoriului urban gălățean (Figura 63).

Alarmantă este situația Serviciului Județean de Ambulanță Galați care, în cazul manifestării unui seism de anvergură, ar putea deservi în mod optim doar 4 clădiri cu risc seismic, dintre care 3 se încadrează în clasa Rs I (Tabelul 74). Aceasta relevă o posibilă ineficiență a intervențiilor medicale ale serviciului de ambulanță, ce s-ar putea contura în cazul în care clădirile cu risc seismic ar fi grav avariate, prăbușirea acestora creând blocaje ale șoselelor, cu efect de creștere a timpilor de parcurgere a distanțelor spre zonele afectate. În acest context, poziția centrală a sediului Serviciului Județean de Ambulanță Galați în cadrul teritoriului urban este nefavorabilă realizării de intervenții către cartierele cu un număr ridicat de clădiri cu risc seismic (Centru, Piață-Traian, Port Navelor, zona Gării, partea de Sud a zonei rezidențiale vechi); chiar dacă în general această poziție prezintă multiple avantaje.

În ceea ce privește distanțele față de unitățile medicale, se observă că mai mult de jumătate (60,7%) dintre clădirile cu risc seismic din municipiul Galați se află la 1.000,01-2.000 m față de cel mai apropiat astfel de obiectiv (Figura 63). Specifice intervalului amintit sunt clădirile cu risc seismic maxim (Rs I), ce reprezintă 63,21% din totalul clădirilor situate la 1.000,01-2.000 m față de cea mai apropiată unitate medicală (Tabelul 75). De asemenea, 29,88% dintre clădirile aflate între aceste limite de distanță, prezintă Rs II. Astfel de clădiri cu risc seismic sunt situate în cartierele Piață-Traian, Centru, Port-Navelor, în apropierea Spitalului

General C.F.R Galați și în Țiglina 1, în proximitatea Spitalului Clinic Județean de Urgență „Sf. Andrei” și a Spitalului Clinic de Urgență pentru Copii „Sf. Ioan” (Figura 63).

O treime dintre clădirile rezidențiale cu risc seismic (30,49%) se află în intervalul maxim de proximitate (0-1.000 m), iar 7,09% dintre acestea se află la o distanță de 2.000,01-3.000 m față de cea mai apropiată unitate medicală (Tabelul 75). Cea mai mare parte (60,46%) a clădirilor situate la 0-1.000 m față de cea mai apropiată unitate medicală se încadrează în categoria Rs I, fapt ce reduce vulnerabilitatea lor sistemică. O parte dintre aceste clădiri fac parte din clusterul din Sud-Estul Galațiului, o alta se află în partea centrală a zonei rezidențiale vechi (în apropierea Spitalului Militar de Urgență „Dr. Aristide Serfioti”), iar un număr redus de clădiri se află în Micro 19 și Micro 17, în apropierea Spitalului Clinic Județean de Urgență „Sf. Andrei”. În schimb, clădirile aflate la 2.000,01-3.000 m față de cea mai apropiată unitate medicală sunt în majoritate imobile cu Rs II (90%), localizate în Sudul extrem al teritoriului urban locuit, în special în Țiglina 1.

O singură clădire cu risc seismic (Rs III) se află la distanțe mari, de peste 4.000 m, față de cea mai apropiată unitate medicală – este vorba de blocul S13 din cartierul Dimitrie Cantemir, aflat dincolo de confluența Siret-Dunăre. În cazul avarierii grave a acestei clădiri și a înregistrării unui număr ridicat de răniți, accesul echipelor de intervenție ce au drept scop acordarea urgentă a ajutorului medical, va fi îngreunat de distanțele mari și de traversarea podului peste Siret – ce ar putea fi, la rândul său, avariat sau chiar impracticabil.

**Tabel 75. Intervalele de distanță față de cea mai apropiată unitate medicală în care sunt încadrate clădirile rezidențiale cu risc seismic din municipiul Galați**

Distanțe (m)	Total clădiri		Clădiri Rs I		Clădiri Rs II		Clădiri Rs III		Clădiri Rs IV	
	Nr.	%	Nr.	%	Nr.	%	Nr.	%	Nr.	%
0 - 1.000	43	30,49	26	60,46	15	34,88	1	2,32	1	2,32
1.000,01 - 2.000	87	61,7	55	63,21	26	29,88	4	4,59	2	2,29
2.000,01 - 3.000	10	7,09	0	0	9	90	1	10	0	0
> 4.000	1	0,70	0	0	0	0	1	100	0	0

Tabelul 76 pune în evidență faptul că peste 90% dintre imobilele rezidențiale expertizate tehnic din Galați se află la mai puțin de 2.000 m față de centrul medical proxim, motiv pentru care se poate considera că vulnerabilitatea sistemică a clădirilor în cauză este de nivel scăzut. Cea mai mare parte a clădirilor rezidențiale cu risc seismic maxim (Rs I, 67,9%) se află la 1.000,01-2.000 m față de cea mai apropiată unitate medicală. Aproape o treime (32,09%) dintre

acestea se află în intervalul de maximă proximitate (0-1.000 m) față de cel mai apropiat obiectiv de acest tip, ceea ce indică o vulnerabilitate sistemică redusă. Trimitere la acest nivel al vulnerabilității fac și ponderile nule ale clădirilor rezidențiale cu Rs I situate la peste 2.000 m față de cea mai apropiată unitate medicală.

**Tabel 76. Clădirile rezidențiale cu risc seismic din municipiul Galați și intervalele de distanță față de cea mai apropiată unitate medicală în care se încadrează acestea**

Clădiri rezidențiale	0 – 1.000 m		1.000,01 – 2.000 m		2.000,01 – 3.000 m		> 4.000 m	
	Nr.	%	Nr.	%	Nr.	%	Nr.	%
Rs I	26	32,09	55	67,9	0	0	0	0
Rs II	15	30	26	52	9	18	0	0
Rs III	1	14,28	4	57,14	1	14,28	1	14,28
Rs IV	1	33,33	2	66,66	0	0	0	0

Și clădirile din următoarea clasă a riscului seismic (Rs II) se găsesc preponderent la distanțe de 1.000,01-2.000 m (52%) și 0-1.000 m (30%) față de cea mai apropiată unitate medicală (Tabelul 76). Din totalul de 50 de clădiri rezidențiale cu Rs II, doar 9 (18%) se află la distanțe de 2.000,01-3.000 m față de unitatea medicală proximă. În mod similar situației anterior descrise, clădirile rezidențiale cu Rs II prezintă o vulnerabilitate sistemică redusă.

Peste jumătate dintre clădirile cu Rs III (57,14%), precum și cele cu Rs IV (66,66%) se află la 1.000,01-2.000 m față de cea mai apropiată unitate medicală. Următorul interval este cel de 0-1.000 m, specific pentru 14,28% dintre clădirile cu Rs III și 33,33% pentru clădirile cu Rs IV. Acestea din urmă nu sunt situate la mai mult de 2.000 m față de centrul medical proxim, dar în rândul clădirilor rezidențiale cu Rs III există și câte un element situat la 2.000,01-3.000 m sau la peste 4.000 m distanță (Tabelul 76).

Clădirile rezidențiale cu risc seismic, alcătuite din paiantă, zidărie și paiantă sau zidărie și chirpici, sunt slab rezistente la șocurile seismice, putând fi avariate cu ușurință. Prăbușirea acestora sau afectarea gravă a elementelor structurale, în cazul manifestării unui seism cu magnitudine de cel puțin 7  $M_w$ , s-ar putea solda cu pierderi de vieți omenești sau chiar cu răni grave – în special în cazul în care seismul s-ar produce în timpul nopții, intervențiile medicale realizate de echipele special pregătite fiind critice. Clădirile construite din astfel de materiale se află la 1.000,01-2.000 m față de cea mai apropiată unitate medicală, fapt ce indică un nivel moderat de vulnerabilitate sistemică.

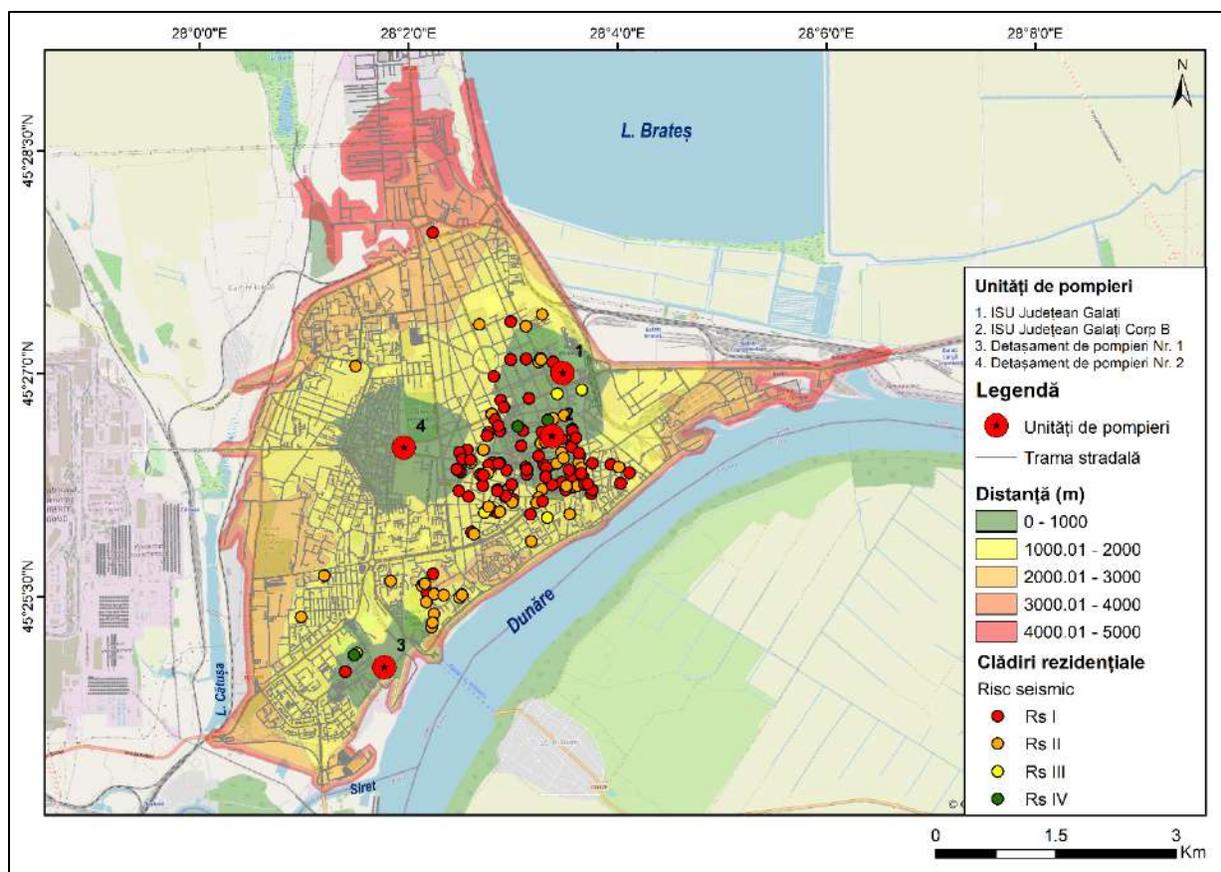
Printre posibilele consecințe ale unui seism puternic se numără atât pierderile și pagubele materiale directe, cât și producerea unor hazarde asociate, cum ar fi incendiile. Acestea pot fi provocate de scurtcircuite ale rețelelor electrice sau de scurgerile de gaze produse în urma avarierii conductelor de gaze, având posibilitatea de a se extinde cu rapiditate, în situația în care sistemele de alimentare cu apă sunt, la rândul lor, avariate. Astfel, intervențiile echipelor de pompieri se alătură celor de ordin medical pe lista serviciilor de gestionare a situațiilor de urgență necesare reducerii impactului unui seism de anvergură.

Municipiul Galați este deservit de 4 detașamente de pompieri (Tabelul 77), două dintre acestea (ISU Județean Galați „Gr. Eremia Grigorescu” și ISU Județean Galați Corp B) fiind situate chiar în partea estică a teritoriului urban, în zona rezidențială veche – unde se află principalul cluster de imobile rezidențiale cu risc seismic. Astfel, 60,99% dintre aceste clădiri ar putea fi deservite de ISU Județean Galați Corp B, în contextul manifestării unui seism major, ce ar provoca incendii în zona clădirilor amintite. Ponderile clădirilor rezidențiale ce ar putea fi deservite de celelalte 3 detașamente de pompieri sunt mai reduse, dar apropiate valoric, variind între 12,05% și 13,47% (Tabelul 77).

**Tabel 77. Numărul de clădiri rezidențiale cu risc seismic ce ar putea fi deservite de unitățile de pompieri din municipiul Galați, în cazul manifestării unui seism major**

Unități de pompieri	Total clădiri		Clădiri Rs I		Clădiri Rs II		Clădiri Rs III		Clădiri Rs IV	
	Nr.	%	Nr.	%	Nr.	%	Nr.	%	Nr.	%
ISU Județean Galați „Gr. Eremia Grigorescu”	19	13,47	11	57,89	6	31,57	2	10,52	0	0
ISU Județean Galați Corp B	86	60,99	54	62,79	29	33,72	1	1,16	2	2,32
Detașament de pompieri Nr. 1	19	13,47	3	15,78	13	68,42	2	10,52	1	5,26
Detașament de pompieri Nr. 2	17	12,05	13	76,47	2	11,76	2	11,76	0	0

Dintre clădirile rezidențiale cu risc seismic deservite de ISU Județean Galați Corp B, mai mult de jumătate (62,79%) fac parte din categoria celor cu risc seismic maxim (Rs I) și aproape o treime (33,72%) din categoria celor cu Rs II. Pe de altă parte ISU Județean Galați „Gr. Eremia Grigorescu” (notat cu 1 în Figura 64) este localizat mai la Nord față de clusterul de clădiri rezidențiale cu risc seismic din cartierele Centru, Piață-Traian, Port-Navelor și din Sud-Vestul și Sud-Estul zonei rezidențiale vechi.



**Figura 64. Ariile deservite de unitățile de pompieri și clădirile rezidențiale cu risc seismic din municipiul Galați**

Acest detașament ar putea deservi 13,47% dintre clădirile rezidențiale cu risc seismic din orașul dunărean, dintre care cea mai mare parte (57,89%) se încadrează în categoria Rs I (Tabelul 77).

Aceeași pondere a clădirilor rezidențiale cu risc seismic (13,47%) ar putea fi deservită și de Detașamentul de pompieri Nr. 1, localizat în partea de Sud-Vest a orașului, în proximitatea clădirilor cu risc seismic din Micro 19 (Figura 64). Acestea se încadrează preponderent în clasa Rs II (68,42%), printre ele existând însă și clădiri cu Rs I (15,78%), Rs III (10,52%) și Rs IV (5,26%) (Tabelul 77).

Detașamentul de pompieri Nr. 2 ar putea deservi 12,05% dintre clădirile rezidențiale cu risc seismic, întrucât este situat în partea centrală a teritoriului urban locuit, mai departe de cartierele cu numeroase imobile rezidențiale cu risc seismic. Cele mai apropiate de acest detașament sunt clădirile din clusterul aferent zonei rezidențiale vechi (Figura 64), în care predomină clădirile cu risc seismic maxim (Rs I, 76,47%), iar ponderile clădirilor rezidențiale cu Rs II și Rs III sunt mai reduse – de 11,76% fiecare (Tabelul 77).

În ceea ce privește distanțele față de cea mai apropiată unitate de pompieri, jumătate (50,35%) dintre clădirile rezidențiale cu risc seismic din municipiul Galați se situează în intervalul de maximă proximitate (0-1.000 m). Cele mai multe dintre clădirile situate în acest interval sunt încadrate în clasa Rs I (61,97%), fapt ce indică un nivel redus al vulnerabilității lor sistemice (Tabelul 78). Este vorba despre clădirile cu risc seismic din centrul zonei rezidențial vechi, aflate în apropierea ISU Județean Galați „Gr. Eremia Grigorescu” și ISU Județean Galați Corp B (Figura 64). Diseminate printre acestea, se regăsesc și clădiri cu Rs II (28,16%), Rs III (5,63%) și Rs IV (4,22%).

**Tabel 78. Intervalele de distanță față de cea mai apropiată unitate de pompieri în care sunt încadrate clădirile rezidențiale cu risc seismic din municipiul Galați**

Distanțe (m)	Total clădiri		Clădiri Rs I		Clădiri Rs II		Clădiri Rs III		Clădiri Rs IV	
	Nr.	%	Nr.	%	Nr.	%	Nr.	%	Nr.	%
0 - 1.000	71	50,35	44	61,97	20	28,16	4	5,63	3	4,22
1.000,01 - 2.000	62	43,97	35	56,45	25	40,32	2	3,22	0	0
2.000,01 - 3.000	7	4,96	2	28,57	5	71,42	0	0	0	0
> 5.000	1	0,70	0	0	0	0	1	100	0	0

Următorul interval de distanță față de cea mai apropiată unitate de pompieri (1.000,01-2.000 m) cuprinde, de asemenea, o pondere însemnată a clădirilor rezidențiale cu risc seismic (43,97%). Mai mult de 50% dintre acestea (56,45%) se încadrează în clasa Rs I, iar ponderea următoarei clase de risc seismic (Rs II) se ridică la 40,32% (Tabelul 78). Acestea sunt clădirile rezidențiale din partea sud-vestică și partea de Nord a zonei rezidențiale vechi, precum și din cartierele Micro 13, Micro 17 și Țiglina 1 (Figura 64).

La 2.000,01-3.000 m față de cea mai apropiată unitate de pompieri sunt situate doar 4,96% dintre clădirile rezidențiale cu risc seismic din Galați, majoritatea acestora încadrându-se în clasa Rs II (71,42%) (Tabelul 78). La peste 5.000 m față de cea mai apropiată unitate de pompieri se află doar blocul S13 din cartierul Dimitrie Cantemir. În cazul unui incendiu provocat de un seism major, acesta ar putea fi deservit de Detașamentul de Pompieri Nr. 1, localizat în Micro 19, însă timpul de intervenție ar fi îndelungat. Ponderile reduse ale clădirilor rezidențiale expertizate tehnic situate la distanțe mari față de unitatea de pompieri proximă și cele ridicate ale imobilelor rezidențiale localizate în apropierea unităților de pompieri fac trimitere la un nivel redus al vulnerabilității sistemice al imobilelor analizate.

Clădirile cu Rs I din municipiul de interes se află la 0-1.000 m față de cea mai apropiată unitate de pompieri în proporție de 54,32% și la 1.000,01-2.000 m față de o astfel de facilitate în proporție de 43,2% (Tabelul 79). Aceasta indică o vulnerabilitate sistemică redusă, întrucât se pot realiza intervenții rapide, în eventualitatea producerii unui incendiu, ca urmare a manifestării unui seism major. Intervalul de distanță de 1.000,01-2.000 m primează în cazul clădirilor rezidențiale din următoarea clasă de risc seismic (Rs II). Jumătate dintre acestea corespund intervalului amintit, 40% distanței de 0-1.000 m și 10% distanței de 2.000,01-3.000 m.

Toate clădirile cu Rs IV se găsesc la 0-1.000 m față de cea mai apropiată unitate de pompieri – fapt ce sugerează un nivel redus de vulnerabilitate sistemică, iar 57,14% dintre clădirile cu Rs III se încadrează în același interval de distanță (Tabelul 79). Blocul S13 din cartierul Dimitrie Cantemir, amintit pentru distanța mare față de cea mai apropiată unitate de pompieri (peste 5.000 m), face parte din această categorie.

**Tabel 79. Clădirile rezidențiale cu risc seismic din municipiul Galați și intervalele de distanță față de cea mai apropiată unitate de pompieri în care se încadrează acestea**

Clădiri rezidențiale	0 – 1.000 m		1.000,01 – 2.000 m		2.000,01 – 3.000 m		> 5.000 m	
	Nr.	%	Nr.	%	Nr.	%	Nr.	%
Rs I	44	54,32	35	43,2	2	2,46	0	0
Rs II	20	40	25	50	5	10	0	0
Rs III	4	57,14	2	28,57	0	0	1	14,28
Rs IV	3	100		0		0		0

În contextul producerii unui incendiu, ca hazard secundar al unui seism, deosebit de vulnerabile sunt clădirile rezidențiale cu risc seismic alcătuite din paiantă sau zidărie în combinație cu paiantă sau chirpici. Cea mai mare parte a acestora se află în intervalul de 0-1.000 m față de cea mai apropiată unitate de pompieri, dar există și două clădiri din zidărie și paiantă situate la 1.000,01-2.000 m față de cea mai apropiată unitate de pompieri (pe Str. Războieni și Str. I. L. Caragiale).

## 7.5. Studiu de caz: Municipiul Focșani

### 7.5.1. Introducere

Municipiul Focșani este localizat în partea de Sud-Est a țării și a județului Vrancea. Acesta s-a dezvoltat în Câmpia Siretului Inferior, la distanțe similare față de Valea Siretului și Subcarpații de Curbură, fiind delimitat la Vest de râul Milcov și la Est de Putna. Țesutul său urban se grefează pe interfluviul larg și neted al acestor râuri. Substratul geologic este caracterizat de uniformitate, fiind alcătuit din depozite deluvial-proluviale cuaternare.

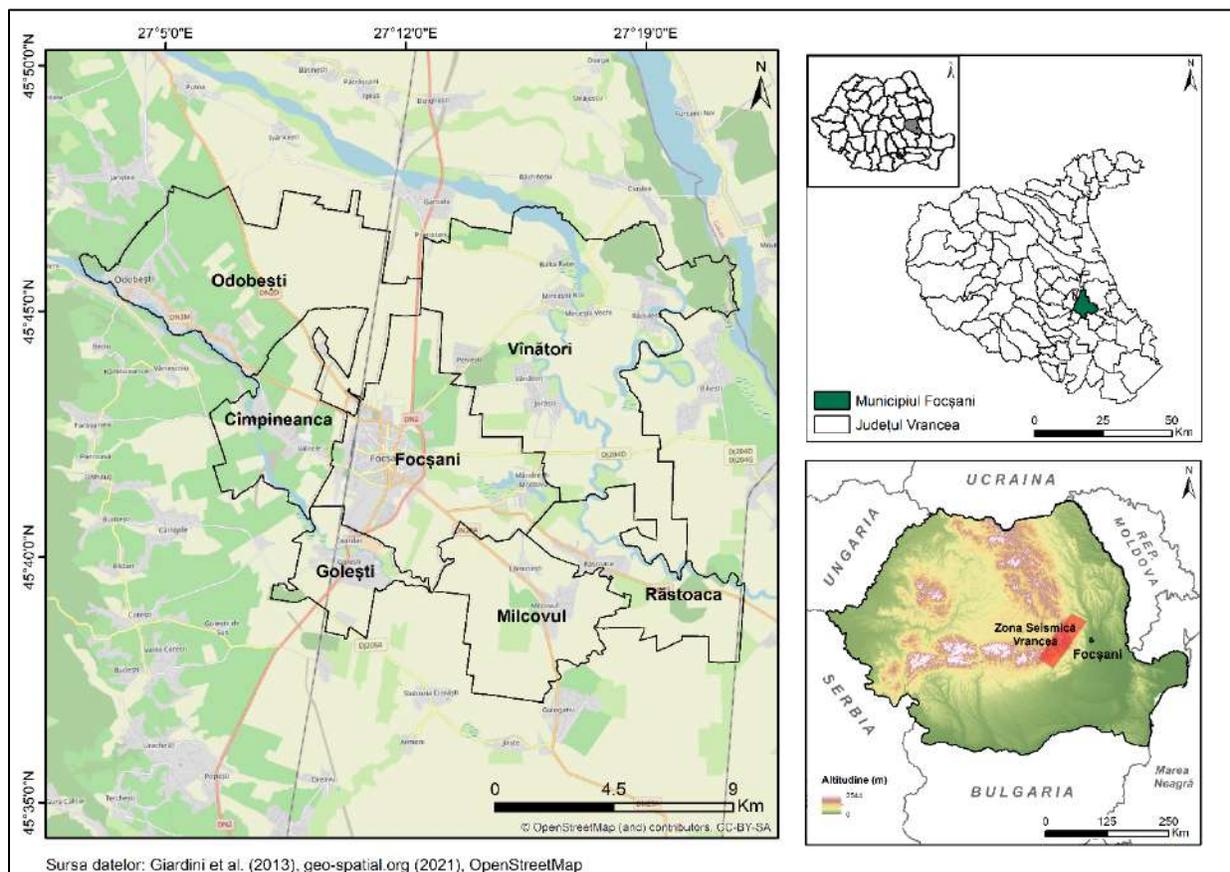
Focșaniul este situat la aproximativ 82 km față de VR, fiind reședința de județ cea mai apropiată de zona originară a seismelor subcrustale vrâncene. Centrul urban este inclus arealului cu valori maxime ale accelerației terenului pentru proiectare (0,4 g) și arealului cu valori ridicate ale perioadei de control (1,0 s) (UTCB 2013). Această poziție geografică este corelată cu un nivel ridicat al riscului seismic, fiind necesare măsuri speciale de reducere a vulnerabilității urbane. Astfel, Strategia Integrată de Dezvoltare Urbană a Municipiului Focșani 2014-2023 cuprinde precizări importante referitoare la seismicitatea ridicată a zonei Focșani și a județului Vrancea. Totuși, referirile la necesitatea consolidării clădirilor cu risc seismic sau la proiecte de expertizare tehnică a imobilelor sunt modeste, realizându-se doar pentru anumite clădiri de patrimoniu (Biserica „Sfinții Împărați Constantin și Elena”, clădirea Tribunalului din Str. Cuza-Vodă) (SIDU Focșani 2014-2023, 2020).

Focșaniul a fost supranumit „Orașul de pe Milcov”, fiind localizat pe hotarul dintre Moldova și Țara Românească. Ulterior Unirii Principatelor a căpătat numele de „Orașul Unirii”, beneficiind și astăzi de apanajul faimei induse de importantul eveniment istoric. În perioada regimului socialist, Focșaniul s-a dezvoltat în mod semnificativ, atât din punct de vedere economic, cât și teritorial. Ulterior, industriile ușoare care au stimulat această dezvoltare și-au diminuat productivitatea, fapt ce a condus treptat către stagnarea economică a municipiului.

Focșaniul este unul dintre centrele urbane ale Regiunii de Dezvoltare Sud-Est, cu arie de polarizare extinsă la nivel județean și funcții mixte (Istrate 2008). Ungureanu (1980) și Istrate (2008) încadrează Focșaniul în categoria centrelor de polarizare de rangul II, iar clasificarea localităților în vigoare stipulează că Focșaniul reprezintă o unitate administrativă de rangul II (SIDU Focșani 2014-2023, 2020).

## 7.5.2. Poziție geografică

Municipiul Focșani este situat la 45°41'49" latitudine nordică și 27°11'12" longitudine estică, în partea de Est a județului Vrancea (Figura 65). Reședința de județ este localizată în Câmpia Siretului Inferior, fiind mărginită la Est de râul Putna – situat la 7 km distanță și la Vest de Milcov – situat la 2 km distanță. Pârâul Cacaina (numit și Cacaina Nouă, în partea de Nord-Est a orașului) traversează perimetrul urban, cursul său prezentând porțiuni de canale îndiguite.



**Figura 65. Poziția geografică a municipiului Focșani**

Focșaniul este un oraș cu poziție de intersecție, vatra sa dezvoltându-se pe traseul drumurilor comerciale vechi din lungul Siretului. Rolul transporturilor în dezvoltarea orașului poate fi urmărit din secolul XV și până azi, întrucât municipiul se află la intersecția unor căi de transport de importanță națională. Mai mult, pe tronsonul de drumuri de pe axa Siretului se suprapun traficul intens de mărfuri cu cel de persoane. Municipiul este situat pe traseul magistralei feroviare București-Ploiești-Buzău-Suceava și pe traseul drumului european E85, ce

funcționează drept centură a orașului. Alte drumuri ce se intersectează în proximitatea centrului urban de interes sunt DN 23 (care asigură legătura cu municipiile Galați și Brăila), DN2D (spre Bolotești), DJ 205C (spre Odobești), DJ 204 D (care asigură legătura cu Galațiul, prin localitatea Suraia), DJ 204 E și DJ 209 (ce se îndreaptă spre Nord), DN2M (spre Andreiașu de Jos) și DC 141 (spre comuna Câmpineanca) (SIDU Focșani 2014-2023, 2020).

Perimetrul urban are formă de patruleter neregulat, cu altitudini de 55-65 m. Acesta se dezvoltă pe relieful unei câmpii de subsidență cu ușoară înclinare pe direcție Nord-Vest–Sud-Est. În proximitatea sa se află Movila Muscalu, Movila Imaș (72,32 m), Movila Crângului (48,95 m) la Nord, Movila Mare (55,72 m) la Sud-Est, Dealul Cârligele (109,49 m) la Sud-Vest și Dealul Cîmpineanca (76,78m) la Nord-Vest.

Teritoriul administrativ al municipiului are o suprafață de 48,15 km<sup>2</sup>, ce reprezintă 1% din suprafața județului Vrancea, iar cel al intravilanului are o suprafață de 16,56 km<sup>2</sup> (SIDU Focșani 2014-2023, 2020). Râul Milcov curge la Sud-Vest și Sud de Focșani, în timp ce prin partea de Nord și de Est a teritoriului urban curge pârâul Cacaina, ce se varsă în Lacul și Balta Mândrești. Situl așezării urbane este tipic interfluviilor, fără avantaje strategice, dar situat în proximitatea resurselor de apă.

În componența teritoriului administrativ al Focșaniului intră și localitățile Mândrești-Moldova și Mândrești-Munteni, însă prezentul studiu de caz se referă la perimetrul urban propriu-zis. Între aceste 2 localități se interpune Balta Mândrești, zona din proximitatea acestora fiind amenajată în scopuri de agrement. Focșaniul polarizează teritoriul întregului județ Vrancea și mai ales localitățile rurale limitrofe (Cîmpineanca, Golești, Milcovul, Răstoaca și Vânători.

### **7.5.3. Factori naturali relevanți în contextul producerii unui seism major**

Municipiul Focșani este localizat la mai puțin de 100 km față de VR, motiv pentru care valorile utilizate pentru descrierea hazardului seismic înregistrează cele mai ridicate valori de pe teritoriul României. Orașul de află pe traseul uneia dintre cele mai vechi falii de pe teritoriul României – Falia Zăbala, care se extinde pe linia localităților Năruja-Focșani-Nămoloasa-Galați-Tulcea (Vacareanu și Ionescu 2016). Riscul seismic crescut, asociat acestei poziții geografice impune respectarea cu strictețe a normativelor de proiectare a construcțiilor, precum și informarea populației în legătură cu posibilitatea producerii seismelor și comportamentele

adecvate gestionării acestor situații. Astfel, distanța față de sursa seismică reprezintă un prim factor ce influențează magnitudinea potențialelor seisme, așadar și nivelul de risc seismic.

Substratul geologic caracteristic este alcătuit din depozite aluvionare de vârstă holocenă, alcătuite din nisipuri și pietrișuri acvifere (Institutul de Geologie și Geofizică 1980). Secțiunea schematică dintre comuna Cîrligele și Comuna Malu Alb de pe harta hidrogeologică include și teritoriul municipiului Focșani, evidențiind următoarea succesiune de strate geologice (spre adâncime): nisipuri și pietrișuri holocene cu grosimi de aproximativ 30 m, nisipuri și pietrișuri datând din pleistocenul mediu cu grosimi de aproximativ 10 m și nisipuri și pietrișuri aferente stratelor de Cîndești (pleistocen inferior-superior) cu grosimi de peste 60 m. Aceste depozite aluvionare prezintă un potențial ridicat de lichefiere în contextul manifestării unui seism foarte puternic, condiționat de valorile densității și porozității nisipurilor și pietrișurilor de diferite vârste.

De altfel, zona Focșaniului este grefată pe Avanfosa Carpatică, ce reprezintă zona de scufundare din fața lanțului carpatic. Acesteia îi sunt caracteristice depozitele de molasă neogenă, cantonate la exteriorul flișului carpatic. Avanfosa cuprinde 2 diviziuni: i) o parte internă cutată și faliată, formată preponderent din molasă de vârstă miocenă și ii) o parte externă nedeformată, care înconjoară Munții Carpați la exterior. În cadrul celei din urmă se dezvoltă Depresiunea Focșani-Odobești, care cuprinde o cuvertură sedimentară neogenă cu grosimi de peste 17 km. Vârsta specifică este sarmațiană și marchează debutul concentrării activității paleoseismice în zona de curbură a Carpaților (Cornea și Radu 1979).

Relieful interfluviului pe care este grefat municipiul de referință nu determină consecințe negative în cazul manifestării unui seism. Cu referire la aspectele geomorfometrice, merită menționate variațiile altitudinale și ale valorilor pantelor în spațiul municipiului Focșani. Conform hărții hipsometrice realizate utilizând MNAT-ul cu rezoluția de 5 x 5 m, obținut prin prelucrarea imaginilor LiDAR, altitudinile variază între limite foarte reduse, în mod tipic reliefului de câmpie (Figura 66). Valoarea altitudinală minimă ajunge la 46,88 m, iar cea maximă la 66,81 m. Altitudinea medie este de 56,03 m, în timp ce deviația standard ajunge la 3,58 m.

Se observă o ușoară creștere a altitudinilor pe direcție Sud-Est-Nord-Vest, dinspre cartierele Bahne și Focșani Sud, spre cartierul Gării. În partea de Est a teritoriului urban, altitudinile coboară sub 55 m, ajungând în partea centrală la 55-60 m și în Nord-Vest la peste 65 m (Figura 66). Variația pe această direcție este explicată de poziția treptei câmpiei piemontane la

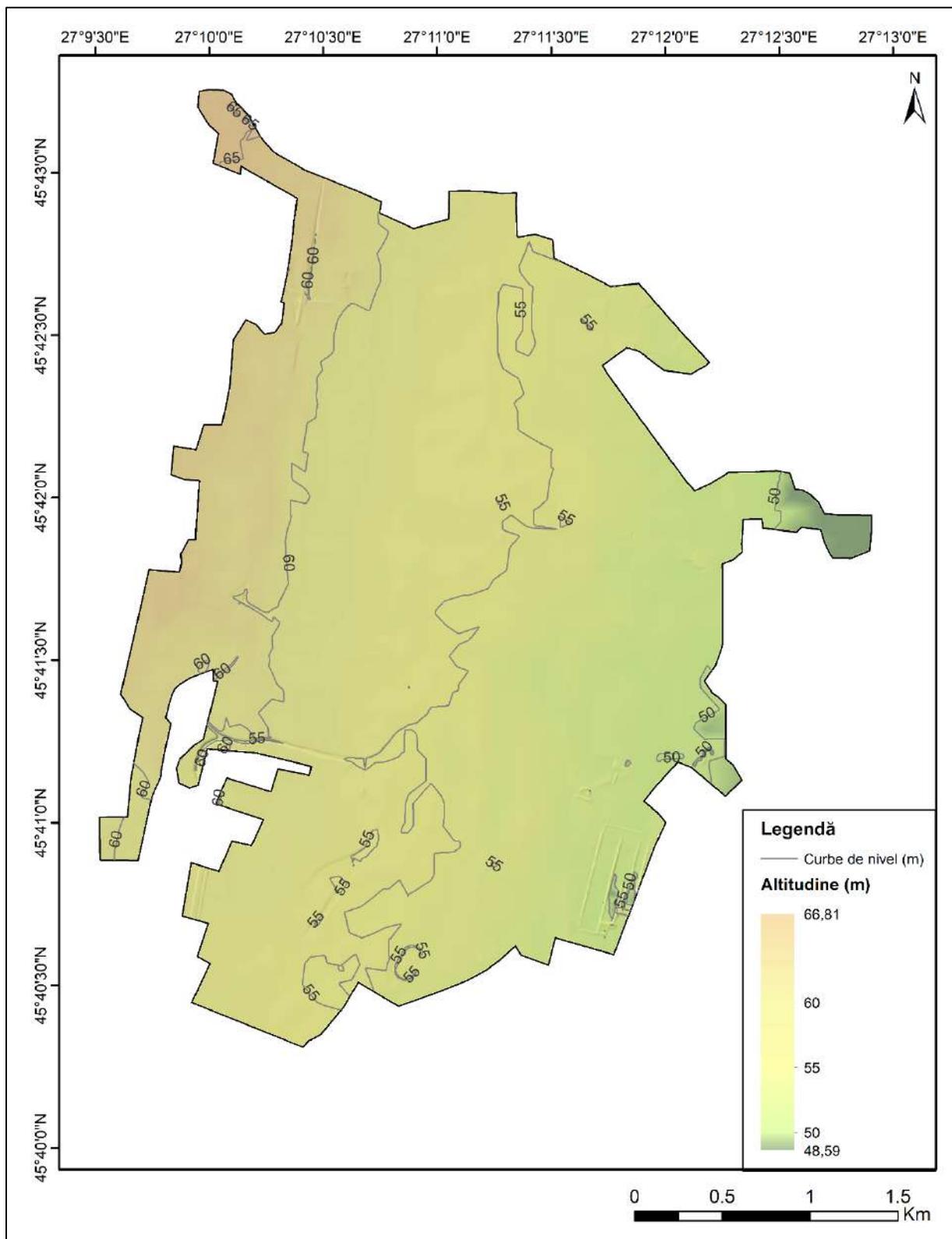
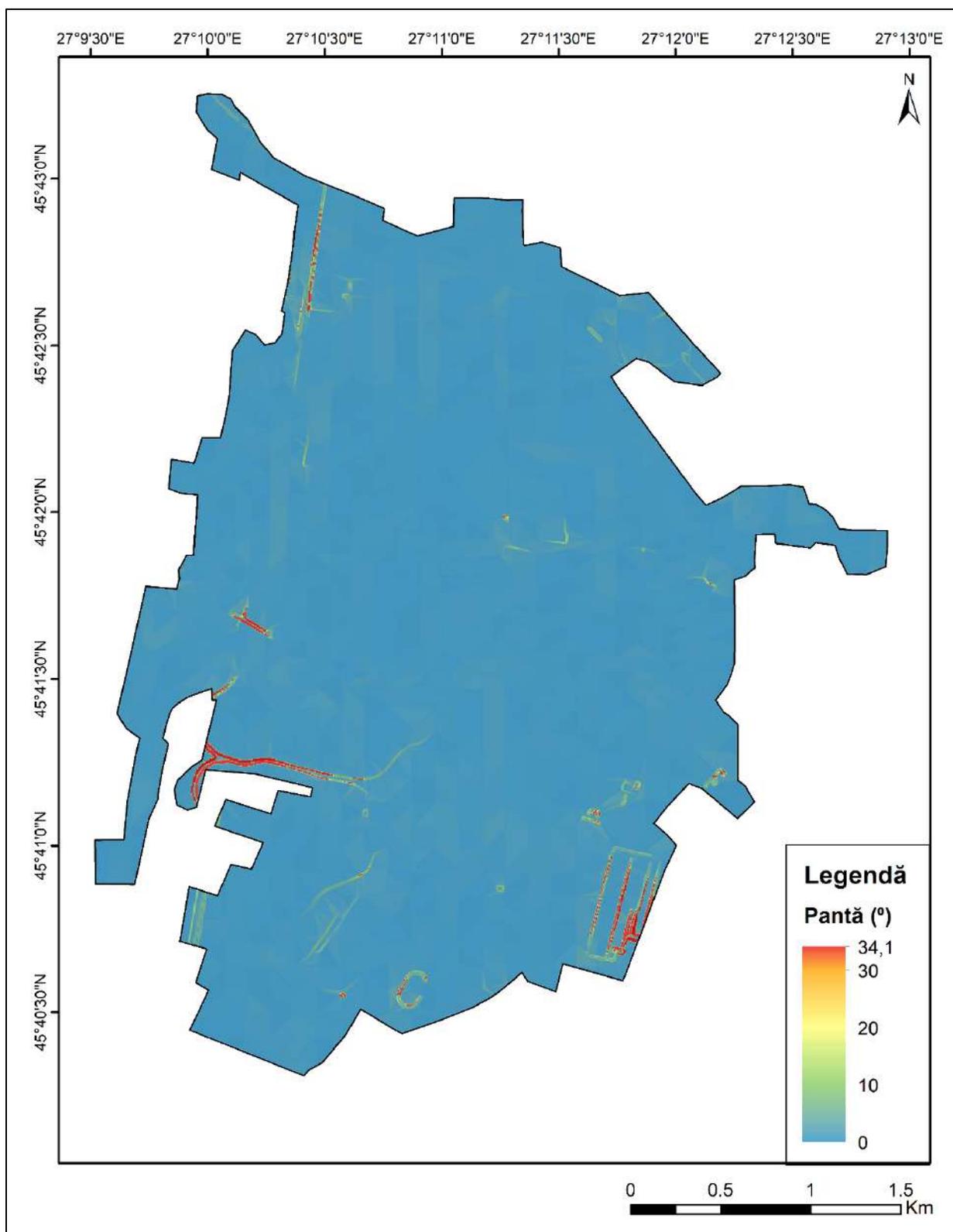


Figura 66. Harta hipsometrică a municipiului Focșani



*Figura 67. Harta pantelor teritoriului municipiului Focșani*

Vest de municipiul de referință și de poziția Văii Siretului la Est de acesta. Curbele de nivel trasate indică existența unor ample interfluvii, după cum este specific câmpiilor de subsidență precum Câmpia Siretului Inferior.

Harta pantelor teritoriului municipiului de interes pune în evidență suprafața plană a unității de câmpie amintite, dominată de pante sub  $10^\circ$  (Figura 67). Valoarea medie a acesteia este foarte redusă ( $0,57^\circ$ ), iar variația între  $0^\circ$  și  $34,1^\circ$  se datorează rezoluției ridicate a MANT-ului, ce redă elemente de detaliu. Variația standard specifică este de  $1,48^\circ$ . Netezimea interfluviilor pe care se grefează țesutul urban al Focșaniului, este favorabilă extinderii acestuia pe orizontală. Cele mai ridicate valori ale pantelor, de peste  $30^\circ$  prezintă o distribuție insulară și sunt scoase în evidență de prezența unor artefacte de prelucrare SIG, localizate în Focșani Sud.

În Câmpia Siretului Inferior și Lunca Siretului, depozitele aluvionare cu grosimi mari cantonează importante rezerve de apă subterană. Adâncimea generală a nivelului freatic în această subunitate de relief este redusă, de 0,5-10 m. Principalele formațiuni în care sunt cantonate ape subterane sunt Stratele de Cândești (pleistocen inferior) – extinse pe 240-250 m grosime în zona Tișița-Garoafa, și stratele aluvionare de luncă, alcătuite din pietrișuri și nisipuri holocene.

Stratele de Cândești cantonează acviferul de adâncime, iar depozitele de luncă, acviferul freatic și cel de adâncime medie (în pietrișurile și nisipurile pleistocene) (Zaharia 1999). În zona municipiului Focșani, hidroizohipsele specifice au valori de 46-50 m (Zaharia 1999), întâlnindu-se și areale în care apele de adâncime au caracter ascendent (Ungureanu 1980). În general, nivelul piezometric apropiat de suprafață și grosimile semnificative ale stratelor acvifere sunt asociate unui potențial ridicat de lichefiere a terenurilor, fapt ce relevă o vulnerabilitate seismică geotehnică de ordin superior.

#### **7.5.4. Istoricul seismelor**

De-a lungul timpului, Focșaniul a fost afectat de numeroase evenimente seismice cu magnitudini variabile, ce și-au lăsat în măsură variabilă amprenta asupra orașului, dar mai ales asupra mentalului colectiv al locuitorilor săi și asupra culturii locale referitoare la tehnicile de construcție. Din secolele îndepărtate, pot fi amintite evenimentele seismice din anii 1516, 1738, 1802, 1838, 1868 (Georgescu 2004, Rogozea et al. 2016), ale căror efecte sunt puțin cunoscute,

ca urmare a documentării deficitare a manifestării lor. Cele mai recente seisme majore, produse în secolul trecut, sunt însă mai bine analizate în literatura științifică. Un interes deosebit suscită cutremurele din anii 1940 și 1977, care au avut urmări grave în multe centre urbane ale țării; pe lângă acestea putând fi amintite și seismele din august 1986 și mai 1990.

Cutremurul din 10 noiembrie 1940 a înregistrat cea mai crescută magnitudine din secolul XX (7,6-7,7  $M_w$ , conform lui Georgescu și Pomonis 2012), în istoria României fiind întrecut doar de „marele cutremur” din 1802. Numărul total de decese s-a ridicat la 593, iar cel de răniți la 1.271 (Sima 1982), deși alte surse indică valori diferite (Utsu 2002, Pantea și Constantin 2011). În Focșani, la acea vreme reședința județului Putna, s-au înregistrat 12 decese și aproximativ 115 cazuri de rănire (Radulescu 1941) – pierderi inferioare celor din Panciu, care a fost distrus în proporție de 90-95%, deși majoritatea construcțiilor sale erau alcătuite din lemn (Bala și Toma-Danila 2016). Pe de altă parte, L'Illustration (1940) indica 30 de decese și 60 de cazuri de rănire pentru orașul de referință.

Pagubele materiale înregistrate la Focșani, Galați și pe Valea Prahovei au fost raportate drept unele dintre cele mai consistente din țară (Aldea și Radulian 2016). Tillotson (1940) descrie faptul că 70% din casele din centrul Focșaniului au fost distruse, lăsând fără adăpost sute de persoane, iar un raport al primarului Constantin Faur menționează conservarea a maxim 25% dintre clădirile din oraș, distrugerea completă a 50% dintre locuințe, a clădirii Primăriei, a tuturor școlilor primare și gimnaziale, precum și avarierea gravă a multor biserici (Mandrescu și Marmureanu 2002, Marmureanu et al. 2016). Merită menționate și distrugerea sediului unității de pompieri și avarierea conductelor de distribuție a apei (Marmureanu et al. 2016), acesta fiind un exemplu de distrugere gravă a infrastructurii necesare reducerii impactului seismic, prin prevenirea sau stingerea eventualelor incendii. Un raport complet al pierderilor, pagubelor și disfuncționalităților cauzate de seismul din 1940 în Focșani este prezentat în volumul editat de Vacareanu și Ionescu (2016).

Pe cale de consecință, Focșaniul este menționat pe lista orașelor în care seismul a avut un impact puternic, alături de Panciu, Mărășești, Galați, Brăila, Bârlad, Buzău și Iași (Bala și Toma-Danila 2016). Forța impactului s-a datorat atât proximității față de epicentru, cât și particularităților fondului construit din acele timpuri, alcătuit predominant din clădiri de zidărie de cărămidă, lemn, chirpici și paiantă (Georgescu și Pomonis 2012). Pe harta macroseismică a seismului din 1940 realizată de Pantea și Constantin (2011), intensitatea corespunzătoare

Focșaniului este de X MSK. Această intensitate a fost menționată pentru prima oară de Demetrescu (1941).

Asemenea cutremurului din 1940, seismul din 4 martie 1977 a determinat consecințe grave, atât la nivelul țării, cât și în reședința județului Vrancea. Acesta s-a produs la ora 21:22, având adâncimea focarului de 109 km și magnitudinea de 7,4-7,5  $M_w$ . În Focșani, o singură persoană a decedat, dar la nivel național, numărul victimelor a fost estimat la 1.578 (Georgescu și Pomonis 2012). Numărul de răniți din municipiul de referință rămâne necunoscut, iar acuratețea datelor privind pierderile umane poate fi plasată sub semnul întrebării, ca urmare a practicii de mușamalizare a consecințelor reale ale fenomenelor distructive de către autoritățile socialiste.

Impactul cel mai sever a fost resimțit în orașele din apropierea epicentrului, anume Focșani, Panciu, Galați, Buzău, Brăila, dar și în București, Iași și pe Valea Prahovei (Buhoiu et al. 1977). Cornea și Radu (1979) estimează că avariile cele mai semnificative s-au înregistrat la Focșani, unde aproximativ 35% din clădirile existente au fost afectate de seism. Pentru aria de studiu, harta intensității macroseismice elaborată de Pantea și Constantin (2013) indică gradul VII MSK – identic celui de pe harta portalului MOBEE (2021), bazată pe datele preluate din studiul realizat de Kronrod et al. (2013), unde intensitatea este estimată la VII MSK în partea de Sud a orașului și VIII MSK spre Petrești.

Seismele din ultimele două decade ale secolului XX nu s-au soldat cu decese în municipiul Focșani, iar consecințele acestora nu sunt bine documentate pentru aria de studiu. Cutremurul din 30 august 1986, ce a înregistrat magnitudinea de 7,1-7,3  $M_w$  s-a produs la 133 km adâncime (Alcaz et al. 2010, Georgescu și Pomonis 2012). În zona municipiului Focșani, intensitatea instrumentală a fost stabilită la gradul VIII, căruia îi sunt asociate pagube potențiale de nivel moderat spre ridicat și mișcări ale scoarței terestre percepute ca severe (INCDFP 2011b). Steiner și Manastireanu (1966) estimează, de asemenea, intensitatea seismică la gradul VIII, pentru zona Focșani-Bârlad.

Nici seismele de la finalul lunii mai 1990 nu au provocat efecte importante în reședința județului Vrancea. Acestea au înregistrat magnitudini de 7,0-7,1  $M_w$ , și 6,4  $M_w$  (Alcaz et al. 2010, Kronrod et al. 2013) și s-au produs la 91 km, respectiv 79 km adâncime (Alcaz et al. 2010). Hărțile ShakeMap specifice evenimentelor seismice indică intensități instrumentale de gradul VII pentru primul seism și de gradul VI pentru al doilea, în aria de studiu. Potențialele

pagube asociate acestor intensități sunt de nivel redus spre moderat, iar mișcările percepute ale scoarței terestre pot fi percepute drept „puternice” și „foarte puternice” (INCDFP 2010, 2011c).

În a doua decadă a secolului curent, au fost înregistrate o serie de cutremure cu magnitudini peste 5  $M_w$ , cu epicentrul în apropierea Focșaniului, în datele de 22.11.2014, 23.09.2016, 27.12.2016 (Moldovan et al. 2018). Acestea nu au produs pagube însemnate și sunt evenimente seismice ce se încadrează în normalul activității seismice din zona VR.

### 7.5.5. Dimensiunile vulnerabilității seismice specifice municipiului Focșani

În cadrul clasamentelor alternativelor cu privire la dimensiunile integrate vulnerabilității seismice, municipiul Focșani ocupă atât locuri fruntașe, cât și ultimul loc. Aria de studiu se remarcă prin cea mai pronunțată vulnerabilitate seismică geotehnică, totodată ocupând locul al doilea în ordinea mărimii vulnerabilității seismice sistemice și a celei asociate capacității reduse de coping (Figura 68). Cu privire vulnerabilitatea seismică structurală și cea social-economică, Focșaniul înregistrează cele mai reduse niveluri, prin raportare la celelalte arii de studiu. Per ansamblu, vulnerabilitatea seismică a Focșaniului este de nivel moderat spre redus.

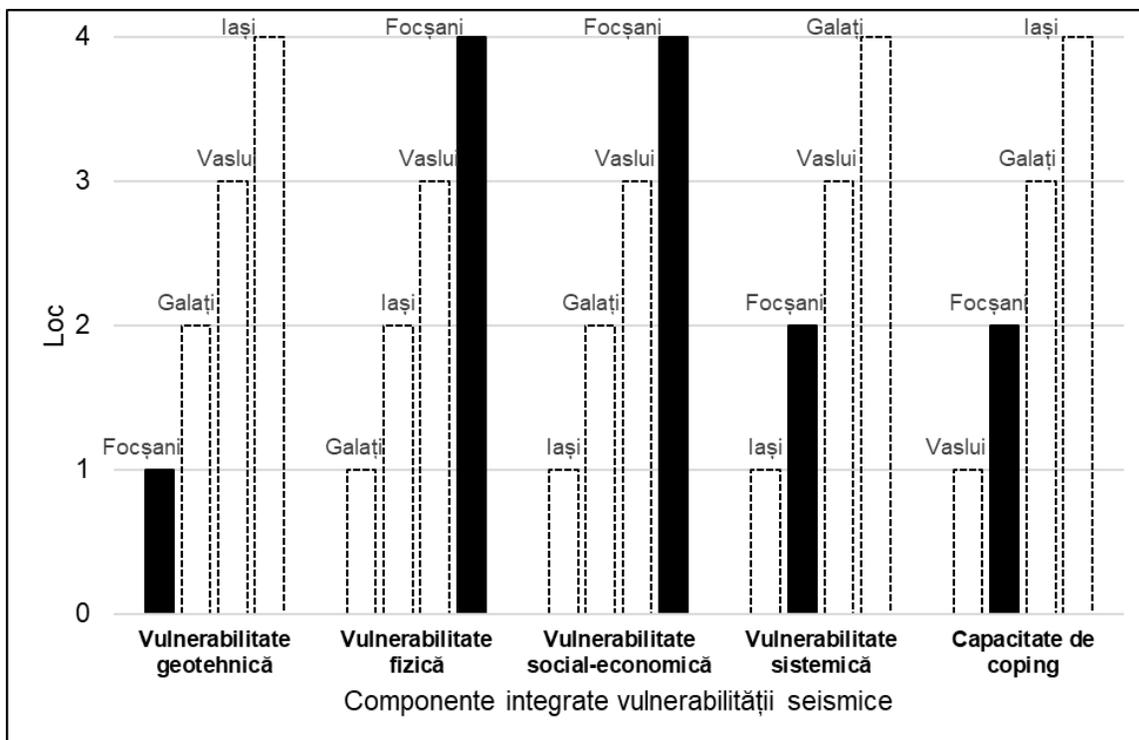


Figura 68. Locurile ocupate de municipiul Focșani în cadrul ierarhiilor privind dimensiunile vulnerabilității seismice

### 7.5.5.1. Vulnerabilitatea seismică geotehnică

Municipiul Focșani este caracterizat de o vulnerabilitate geotehnică deosebit de ridicată, ca urmare a proximității sale față de VR, valorii maxime de pe teritoriul României a accelerației terenului pentru proiectare și a specificului depozitelor geologice de suprafață (Tabelul 80). Pe de altă parte, faptul că țesutul urban se dezvoltă pe relieful neted al Câmpiei Siretului Inferior are rolul de a atenua vulnerabilitatea geotehnică.

**Tabel 80. Indicatorii vulnerabilității geotehnice a municipiului Focșani**

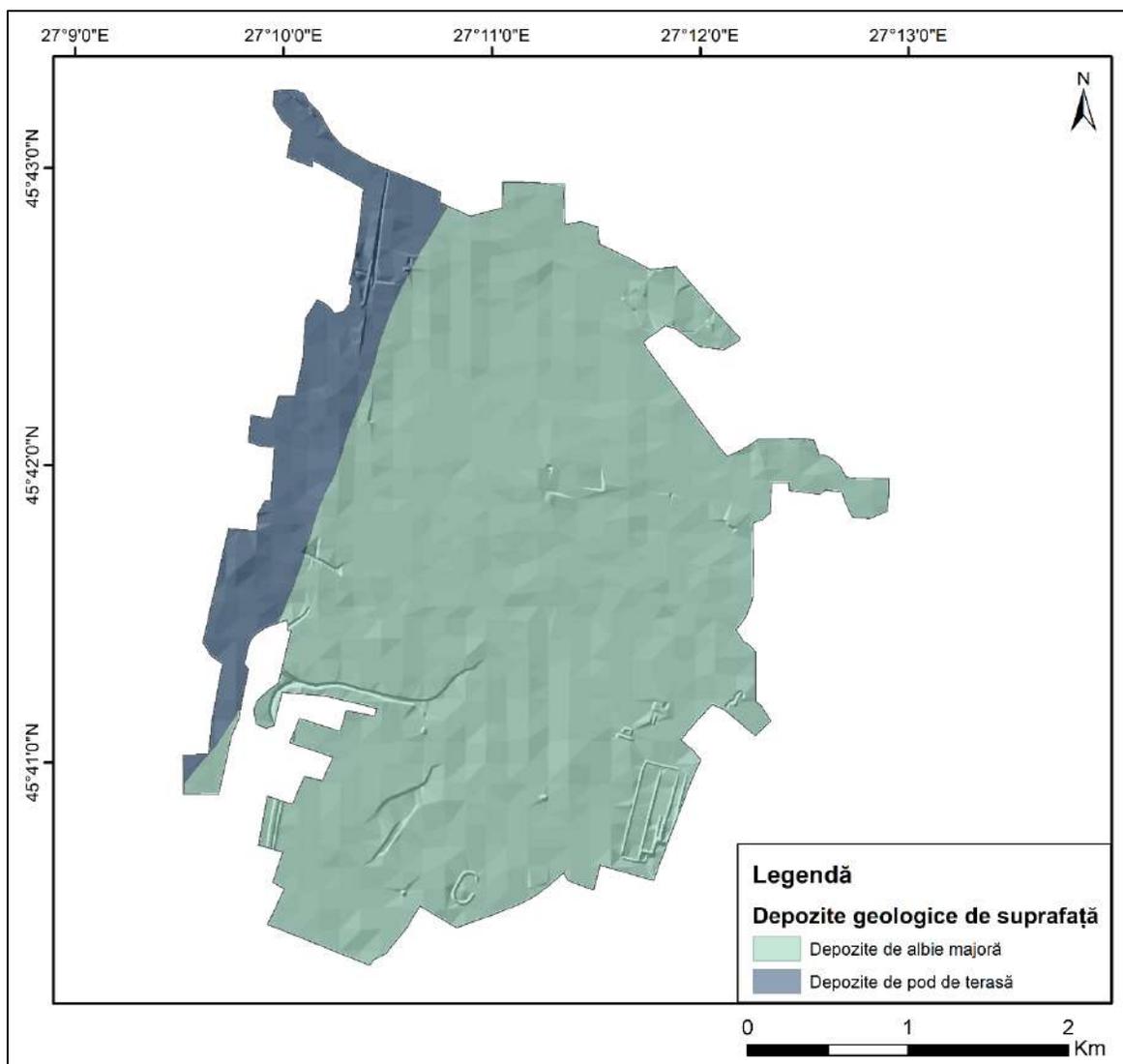
Indicatori	Valoare	U.M.	Sursa datelor
Distanța față de VR	82	km	Prelucrare SIG, Giardini (2013)
Accelerația terenului pentru proiectare (IMR = 225 ani, 20% probabilitate de depășire în 50 de ani)	0,4	g	UTCB (2013)
Ponderea suprafețelor de versant cu pante de minim 20°	0,13	Medie aritmetică	Prelucrare SIG, MNAT de mare rezoluție
Geologia depozitelor de suprafață	2,74	Medie ponderată	Prelucrare SIG, MNAT de mare rezoluție

Reședința județului Vrancea se află la aproximativ 82 km distanță față de zona seismogenă VR, fiind expusă atât efectelor seismelor de adâncime intermediară, a căror energie se descarcă la nivel regional, cât și seismelor crustale, cu impact la nivel local. Pe lângă proximitatea față de zona epicentrelor seismelor vrâncene și valoarea crescută a accelerației terenului pentru proiectare, un rol important în potențarea vulnerabilității seismice geotehnice revine și alcătuirii depozitelor geologice de suprafață. Indicatorul ce redă vulnerabilitatea indusă de acestea atinge valoarea maximă (2,74) prin raportare la celelalte arii de studiu selectate.

Cu excepția unei porțiuni înguste din partea de Vest a orașului, țesutul urban se dezvoltă pe depozitele albiei majore a Milcovului și Putnei. Acestea ocupă 87,2% din teritoriul urban și sunt alcătuite din pietrișuri și nisipuri holocene, în timp ce suprafața îngustă de pod de terasă de la periferia vestică a cartierelor Obor, Gării și Tăbăcari reprezintă doar 12,79% din aria urbană (Tabelul 81, Figura 69). Proporția mare a depozitelor cu potențial crescut de lichefiere și nivel piezometric apropiat de suprafața topografică și cea redusă a depozitelor geologice de suprafață de pod de terasă determină valoarea ridicată a indicatorului ce redă condițiile geologice și de relief locale.

**Tabel 81. Date privind depozitele de geologice de suprafață de pe teritoriul municipiului Focșani**

Tipuri de depozite geologice de suprafață	Suprafață		Alcătuire geologică/Vârsta (Institutul de Geologie și Geofizică 1980)		
	Km <sup>2</sup>	%			
Depozite de albie majoră	10,61	87,20	petrișuri, nisipuri/holocen		
Depozite de pod de terasă	1,55	12,79	depozite loessoide,	petrișuri,	
			nisipuri/pleistocen mediu		



**Figura 69. Harta depozitelor geologice de suprafață ale municipiului Focșani**

În schimb, înclinarea teritoriului urban este extrem de redusă, valoarea medie a pantei ajungând la 0,57°. Aceste condiții locale au rolul de a atenua vulnerabilitatea geotehnică; riscul de declanșare a alunecărilor de teren sub efectul șocurilor seismice fiind practic nul. Întrucât pe harta depozitelor geologice de suprafață și pe cea a pantelor nu au fost identificate suprafețe de

versant, valoarea indicatorului referitor la pantă a fost calculată drept proporție a teritoriului urban cu pante de minim 20° - și nu ca proporție a suprafețelor de versant cu această caracteristică. Valoarea indicatorului este extrem de redusă (0,13%), teritoriul municipiului Focșani fiind dominat de pante de 0°-10° în proporție de 99,39%. În unele cazuri, pantele de minim 20° sunt asociate unor artefacte de prelucrare SIG reprezentate de construcțiile antropice redade de MNAT-ul de mare rezoluție.

### 7.5.5.2. Vulnerabilitatea seismică fizică

Cea mai mare parte a indicatorilor vulnerabilității fizice, specifici reședinței județului Vrancea fac trimitere la un nivel redus al vulnerabilității seismice (Tabelul 82). Dintre aceștia, doar profilul de înălțime al orașului are rolul de a potența vulnerabilitatea seismică, nu pentru că imobilele rezidențiale înalte ar fi numeroase, ci pentru că regimul mediu de înălțime (de 2-4 etaje) – căruia îi corespund niveluri medii de vulnerabilitate seismică, este bine reprezentat.

**Tabel 82. Indicatorii vulnerabilității fizice a municipiului Focșani**

<b>Indicatori</b>	<b>Valoare</b>	<b>U.M.</b>	<b>Sursa datelor</b>
Numărul de clădiri rezidențiale	7.091	Clădiri	RPL (2011)
Vechimea clădirilor rezidențiale	2,13	Medie ponderată	RPL (2011)
Materialele de construcție din care sunt alcătuiți pereții exteriori ai clădirilor rezidențiale	2,63	Medie ponderată	RPL (2011)
Profilul de înălțime al clădirilor rezidențiale	1,41	Medie ponderată	RPL (2011)
Suprafața locuibilă desfășurată medie	230,39	m <sup>2</sup> arie desfășurată/ clădire	INS (2011), Prelucrare

În anul 2011, în municipiul Focșani existau 7.091 de clădiri rezidențiale, totalizând o suprafață locuibilă desfășurată de 1.633.735 m<sup>2</sup>. Suprafața locuibilă desfășurată medie era de 230,39 m<sup>2</sup>/clădire. Datele cu privire la vechimea clădirilor și materialele de construcție care intră în alcătuirea pereților exteriori sunt disponibile pentru 5.791 dintre acestea, iar cu privire la profilul de înălțime, pentru 6.242 de clădiri rezidențiale. Astfel, pentru 18,33% dintre clădirile rezidențiale din municipiul de interes nu există date referitoare la vechimea și materialele de construcție ale pereților exteriori, iar pentru 11,97% nu se cunosc date referitoare la înălțime.

Indicatorul referitor la vechimea fondului construit din reședința județului Vrancea (2,13) înregistrează o valoare apropiată de cea a Vasluiului (2,12), specifică unui fond construit cu vechime medie spre redusă, așadar unui nivel de vulnerabilitate seismică ce variază între aceleași repere. Mai mult de jumătate din clădirile țesutului urban datează de dinainte de anul 1980 (55,53%) și aproximativ 26,76% dintre acestea au fost construite înainte de apariția primului normativ de reglementare a construcțiilor (P13-63), adică înainte de 1963. Cea mai mare parte a clădirilor rezidențiale din Focșani (28,76%) au fost ridicate în anii 1961-1980, ca urmare a dezvoltării fondului locativ pe fondul procesului de industrializare (Tabelul 83). Se observă că, după anul 1980, ritmul de construire a cunoscut o scădere, astfel încât în anii 1981-1990 s-au ridicat doar 880 de clădiri rezidențiale (15,19% din total). La finalul secolului anterior, liberalizarea pieței imobiliare și a activităților de construcții, determinată de schimbarea regimului politic din România, a condus la creșterea ritmului de ridicare a noilor imobile. Astfel, în anii 1991-2005, s-au construit 18,71% dintre clădirile rezidențiale existente în 2011. Multe dintre acestea sunt reprezentate de locuințe individuale, construite fără a respecta normativele de construcție aflate în vigoare sau a ține cont de particularitățile terenului de amplasament. Ulterior, în perioada anilor 2006-2011, s-au construit doar 611 clădiri rezidențiale (10,55%), fapt ce arată o reducere a avântului remarcat anterior. Aceste date descriu evoluția fondului construit în scop rezidențial doar până în anul 2011, pentru ultima decadă neexistând date oficiale.

**Tabel 83. Distribuția clădirilor rezidențiale din municipiul Focșani, pe clase de vechime (după RPL 2011)**

Clasa de vechime	Clădiri rezidențiale		Perioada de construcție	Clădiri rezidențiale	
	Nr.	%		Nr.	%
Înainte de 1945	724	12,50	Înainte de 1919	206	3,55
			1919 - 1945	518	8,94
1946-1960	826	14,26	1946 - 1960	826	14,26
1961-1980	1.666	28,76	1961 - 1970	1.084	18,71
			1971 - 1980	582	10,05
1981-1990	880	15,19	1981 - 1990	880	15,19
1991-2005	1.084	18,71	1991 - 2000	636	10,98
			2001 - 2005	448	7,73
2006 - 2011	611	10,55	2006 - 2011	611	10,55

Indicatorul privind materialele de construcție din care sunt alcătuiți pereții exteriori ai clădirilor rezidențiale, specific Focșaniului, înregistrează cea mai redusă valoare dintre cele 4 arii de studiu (2,63). Aceasta indică un nivel redus al vulnerabilității seismice fizice. Ponderea cea

mai ridicată revine clădirilor alcătuite din beton armat și prefabricate din beton (28,42%), iar următoarea este cea a imobilelor din cărămidă, piatră sau înlocuitori, cu planșee din beton armat (27,59%) (Tabelul 84). Prin urmare, peste jumătate din clădirile rezidențiale din orașul de referință sunt alcătuite din materiale cărora le corespund clase de vulnerabilitate seismică redusă. Predominarea acestor materiale durabile, rezistente la șocurile seismice este explicată de standardele de proiectare seismică, respectate cu strictețe în zona Vrancea, precum și de implementarea timpurie a unor bune practici de construcție, ce fac parte din cultura locală.

Având în vedere incidența crescută a seismelor în zona Focșani, se recomandă evitarea utilizării materialelor de construcție precum paianta și chirpiciul. Totuși, în municipiul de interes, 20,13% dintre clădirile rezidențiale prezintă pereți exteriori din paiantă și chirpici; materiale cărora le este asociată clasa de vulnerabilitate seismică maximă (Tabelul 84). Astfel de materiale sunt mai puțin costisitoare decât celelalte, iar construirea clădirilor populare din paiantă și chirpici nu necesită tehnici deosebite. În timp, paianta și chirpiciul au ajuns să fie asociate locuințelor ocupate de segmentele mai puțin înstărite ale societății.

O pondere însemnată (16,09%) revine și construcțiilor din cărămidă, piatră sau înlocuitori, cu planșee din lemn, caracterizate de o vulnerabilitate structurală medie spre redusă. Materialele numite au fost utilizate încă din secolele trecute, ca parte integrantă a culturii locale referitoare la protecția antiseismică și a disponibilității resurselor necesare fabricării cărămizilor. De altfel, în secolul XIX, în Focșani existau 3 cărămidării ce furnizau materia primă ce intra în alcătuirea unei bune părți a fondului construit, pe când în majoritatea orașelor din Moldova predominau locuințele din lemn, paiantă sau chirpici – cele din cărămidă fiind specifice instituțiilor religioase și locuințelor elitelor.

**Tabel 84. Distribuția clădirilor rezidențiale din municipiul Focșani, pe clase de materiale de construcție (după RPL 2011)**

Materiale de construcție ale pereților exteriori	Clădiri rezidențiale	
	Nr.	%
Beton armat și unități prefabricate	1.646	28,42
Zidărie din cărămidă, piatră sau înlocuitori (B.C.A.), cu planșee din beton armat (grinzi metalice)	1.598	27,59
Zidărie din cărămidă, piatră sau înlocuitori (B.C.A.), cu planșee din lemn	932	16,09
Lemn (bârne, scânduri etc.)	276	4,76
Paiantă, chirpici	1.166	20,13
Materiale mixte și alte materiale (P.F.L., O.S.B., sticlă)	173	2,98

Conform datelor RPL (2011), profilul de înălțime al fondului construit din municipiul Focșani este redus, astfel încât valoarea indicatorului aferent este asociată unui nivel scăzut de vulnerabilitate seismică. La fel ca în cazul celorlalte arii de studii, se observă corelația negativă dintre numărul clădirilor dintr-o clasă de înălțime și numărul de etaje ce definește acea clasă (Tabelul 85). Dominantă este diviziunea înălțimilor foarte reduse, aceasta fiind urmată de cea a înălțimilor reduse (24,17%).

În reședința județului Vrancea, predomină clădirile rezidențiale de tip casă, construite pe un singur nivel (67,67%). Acestea au, în general, vechimi mari, fiind ridicate înainte de anul 1980. Casele-parter sunt întâlnite preponderent în cartierele Bahne, zona dinspre Vâlcele și Tăbăcari, însă astfel de construcții sunt diseminate în toate ariile rezidențiale ale Focșaniului.

Odată cu industrializarea, în Focșani au apărut și blocuri de locuințe mai înalte, de 4 etaje sau mai mult. Totuși, ponderea clădirilor rezidențiale de peste 4 etaje era de 1,47% în anul 2011, iar cea a clădirilor cu minim 9 etaje atinge doar 0,33% (Tabelul 85). Blocurile de 4 etaje sunt situate în cartierul Gării, zona centrală, Obor, iar cele mai înalte se găsesc în zona Democrației și Focșani Sud.

Ponderi însemnate, de peste 11% revin clădirilor mai noi, de tip vilă cu un etaj (11,53%), din zona Democrației, periferia cartierelor Gării și Bahne. De asemenea, blocurile cu 3 etaje constituie o parte importantă a fondului construit în scop rezidențial, reprezentând 11,37% din acesta. Pe următorul loc se află blocurile cu 4 etaje (6,68%), ridicate în perioada comunistă și locuite la acea vreme de forța de muncă angajată în activitățile industriale ce au contribuit la dezvoltarea centrului urban.

Această evoluție a fondului construit explică ponderea mai însemnată a clasei de înălțime redusă (24,17%), similară celei specifice Iașiului (23,93%). Pe de altă parte, clasa înălțimilor medii din Focșani înregistrează cea mai scăzută valoare (6,96%) dintre cele 4 municipii analizate.

**Tabel 85. Distribuția clădirilor rezidențiale din municipiul Focșani, pe clase de înălțime (după RPL 2011)**

Clasă de înălțime	Clădiri rezidențiale		Detaliiere	Clădiri rezidențiale	
	Nr.	%		Nr.	%
Înălțime foarte redusă (Parter)	4.224	67,67	Parter	4.224	67,67
Înălțime redusă (1-3 etaje)	1.509	24,17	1 etaj	720	11,53
			2 etaje	79	1,26

			3 etaje	710	11,37
			4 etaje	417	6,68
Înălțime medie (4-7 etaje)	435	6,96	5 etaje	4	0,06
			6 etaje	13	0,20
			7 etaje	1	0,01
			8 etaje	53	0,84
Înălțime mare ( $\geq 8$ etaje)	74	1,18	9 etaje	0	0
			10 etaje și peste	21	0,33

### 7.5.5.3. Vulnerabilitatea seismică social-economică

În ceea ce privește vulnerabilitatea seismică social-economică, Focșaniul înregistrează cel mai redus nivel, prin raportare la celelalte arii de studiu. Această dimensiune a vulnerabilității seismice este amplificată de factori precum rata de dependență demografică ridicată (42,48%), de ponderea redusă a populației care a absolvit studii superioare (22,99%), de ponderea mare a șomerilor înregistrați din totalul forței de muncă la finalul anului (0,7% în 2020) și de valoarea scăzută a PIB-ului/locuitor la nivel județean (7.224 euro) (Tabelul 86). În schimb, mărimea demografică relativ redusă a municipiului de interes (90.446 locuitori în anul 2020) plasează acest centru urban în categoria celor cu vulnerabilitate social-demografică mai redusă, întrucât numărul persoanelor ce pot fi afectate în mod negativ de seisme este mai mic decât cel specific celorlalte 3 arii de studiu. De asemenea, ponderile reduse ale populației care trăiește în zone urbane dezavantajate (19,44%) sau în zone urbane dezavantajate pe criteriul locuirii (3,56%) contribuie la atenuarea vulnerabilității seismice social-economice.

**Tabel 86. Indicatorii vulnerabilității social-economice a municipiului Focșani**

Indicatori	Valoare	U.M.	Sursa datelor
Numărul populației cu domiciliul în aria de studiu (la 1 ianuarie 2021)	90.446	Locuitori	INS (2021)
Raportul de dependență demografică	42,48	Raport	INS (2021)
Procentul populației care trăiește în zone urbane dezavantajate	19,44	%	Banca Mondială (2011)
Procentul populației care trăiește în zone urbane dezavantajate pe criteriul locuirii	3,56	%	Banca Mondială (2011)
Procentul populației absolvente de studii superioare (de lungă durată și de scurtă durată) din totalul populației	22,99	%	RPL (2011)
Procentul șomerilor înregistrați la sfârșitul anului în totalul resurselor de muncă	0,7	%	INS (2020)
Valoarea PIB/locuitor la nivel de județ	7.224	Euro	CNSP (2019)

#### 7.5.5.4. Vulnerabilitatea seismică sistemică

Focșaniul se situează pe locul al doilea în clasamentul privind vulnerabilitatea seismică sistemică, conform analizei modulare specifice. Acest tip de vulnerabilitate seismică este potențat de numărul redus de medici/1.000 de locuitori (3,23), precum și de factori ce se raportează la distanța față de unele surse secundare de pericol, ce pot fi activate în cazul manifestării unui seism major – distanța față de stațiile de alimentare cu diverși combustibili. Pe de altă parte, dotarea infrastructurii medicale – reprezentată de numărul de paturi de spital/1.000 de locuitori (9,67), precum și distanțele față de unitățile cu rol de gestionare a situațiilor de urgență, cum ar fi unitățile spitalicești și cele de pompieri, au rolul de a atenua efectul stimulat al celorlalți factori, în raport cu vulnerabilitatea seismică sistemică a Focșaniului (Tabelul 87).

Resursele umane din domeniul medical disponibile la nivelul municipiului de interes sunt deficitare din punct de vedere numeric, fapt reliefat de valoarea raportului dintre numărul de medici și populația municipiului (3,23 medici/1.000 de locuitori). Situații asemănătoare pot fi identificate și în municipiile Galați (2,47 medici/1.000 de locuitori) și Vaslui (1,8 medici/1.000 de locuitori).

**Tabel 87. Indicatorii vulnerabilității sistemice a municipiului Focșani**

<b>Indicatori</b>	<b>Valoare</b>	<b>U.M.</b>	<b>Sursa datelor</b>
Numărul de medici raportat la 1.000 de locuitori	3,23	Raport	INS (2018)
Numărul de paturi de spital raportat la 1.000 de locuitori	9,67	Raport	INS (2019)
Distanța față de cea mai apropiată unitate medicală	2,67	Medie ponderată	Prelucre SIG
Distanța față de cea mai apropiată unitate de pompieri	2,76	Medie ponderată	Prelucre SIG
Distanța față de cea mai apropiată stație de alimentare cu benzină, motorină sau GPL	5	Medie ponderată	Prelucre SIG, Site gazonline (2021)

#### 7.5.5.5. Capacitatea de coping a populației

Capacitatea de coping a populației în contextul manifestării unui seism major a fost integrată drept element al vulnerabilității seismice și este redată de abilitățile de supraviețuire ale populației, cunoștințele acesteia privind cutremurele, adaptările seismice implementate și nivelul de autonomie în procesul de redresare în urma evenimentului seismic. În scopul studierii și

cuantificării acestor aspecte, asupra unui eșantion de 114 respondenți cu domiciliul în municipiul Focșani, a fost aplicat un chestionar privind percepția riscului seismic (Anexa 1).

Focșaniul se situează pe locul al doilea în ordinea mărimii vulnerabilității derivate din capacitatea de coping a populației sale, în contextul manifestării unui seism major. Valorile indicatorilor referitori la elementele numite, (Tabelul 88), relevă o capacitate de coping medie spre redusă a respondenților focșăneni, prin raportare la valorile maxime posibile. Pragul de 50% este nedepășit în cazul implementării adaptărilor seismice, sensibil depășit în cazul indicatorilor referitori la abilitățile de supraviețuire și cunoștințe și întrecut considerabil în ceea ce privește autonomia respondenților. Prin raportare la scorurile obținute de respondenții din celelalte arii de studiu, Focșaniul ocupă primul loc în ceea ce privește cunoștințele populației referitoare la seisme, dar prezintă valori de nivel mediu ale celorlalți indicatori.

**Tabel 88. Indicatorii capacității de coping a populației municipiului Focșani**

<b>Indicatori</b>	<b>Valoare</b>	<b>U.M.</b>	<b>Sursa datelor</b>
Abilitățile de supraviețuire ale populației în contextul manifestării unui seism major	1,71		
Cunoștințele populației privind seismele și comportamentele ce trebuie adoptate în timpul acestora	2,67	Medie ponderată	Chestionar
Adaptările seismice implementate de populație	4,01		
Nivelul de autonomie al populației în procesul de revenire la starea de normalitate anterioară manifestării seismului major	0,76		

#### **7.5.6. Vulnerabilitatea seismică a clădirilor expertizate tehnic din municipiul Focșani**

Dacă pentru municipiile Iași, Vaslui și Galați, a fost posibilă elaborarea unei analize a vulnerabilității seismice specifice clădirilor expertizate tehnic, pentru municipiul Focșani, un astfel de demers nu poate fi efectuat, ca urmare a lipsei datelor referitoare la imobilele în cauză. Conform informațiilor primite de la Președintele Consiliului Județean Vrancea, în orașul de referință au fost expertizate 24 de blocuri, în care se găseau 1.529 apartamente, în perioada 1992-2001. Depășirea valabilității expertizelor tehnice constituie o problemă întâlnită și în cazul celorlalte arii de studiu, nefiind un impediment pentru analizarea stării din prezent a clădirilor încadrate în clasele de risc seismic specificate de P100-3/2019. Cu toate acestea, prescrierea valabilității documentelor devine un impediment în contextul în care acestea sunt distruse.

Nomenclatorul arhivistic al Consiliului Județean Vrancea prevede distrugerea documentelor după 10 ani de la arhivare, motiv pentru care datele din rapoartele de expertiză – referitoare la vechimea construcțiilor, profilul lor de înălțime, materialele de construcție ale pereților exteriori, starea de degradare a construcției etc., nu sunt disponibile.

Din totalul imobilelor expertizate în Focșani, 22 au fost încadrate în clasele de risc seismic Rs II și Rs III. Adresa primită din partea instituției, menționează și că în anul 1992, au fost consolidate blocurile L1 și L2 din Bd. Unirii. De asemenea, se menționează faptul că alte clădiri din județul Vrancea – fostul sediu al Tribunalului Vrancea din Str. Cuza Vodă nr. 8, Muzeul de Științe ale Naturii din Str. Cuza Vodă nr. 35, sediul Consiliului Județean Vrancea, casa Alaci și casa Totolici (care funcționează drept secții de muzeu), au fost expertizate. Acestea nu fac însă obiectul prezentei estimări a vulnerabilității seismice, fiind construcții cu altă destinație decât cea rezidențială.

În acest context, este necesară sublinierea a două aspecte îngrijorătoare:

1. Municipiul Focșani este caracterizat de un nivel crescut al riscului seismic, ca urmare a convergenței elementelor descrise pe larg în cadrul studiului de caz, însă ultimele expertize ale imobilelor rezidențiale au fost realizate în urmă cu 20 de ani. Un simplu exercițiu de observare vizuală pune în evidență multiple puncte nevralgice ale țesutului urban. Astfel de clădiri evident vulnerabile din punct de vedere seismic nu au fost expertizate recent, deși sunt situate într-o zonă cu incidență crescută a fenomenelor geotectonice cu potențial distructiv; situație ce face trimitere atât la hibeles cadrului legislativ și reglementărilor tehnice privind evaluarea riscului seismic din orașele României, cât și la competența autorităților locale privind gestionarea acestei probleme.

2. Problema prescrierii validității rapoartelor de expertiză nu este specifică doar municipiului Focșani, ci și celorlalte 3 arii de studiu. Aceste documente au fost distruse accidental și în municipiul Vaslui, însă reprezentanții Consiliului Județean Vaslui au publicat o listă a clădirilor rezidențiale expertizate tehnic, ce cuprinde și informații referitoare la vechimea clădirii, profilul său de înălțime și numărul de locatari. Problema care se evidențiază în acest caz este cea a dezinteresului privind conservarea seturilor de date ce s-ar putea dovedi utile ulterior, în special în realizarea unor studii comparative referitoare la prevederile reglementărilor tehnice sau a unor studii longitudinale privind vulnerabilitatea și/sau riscul seismic.

## CONCLUZII

Vulnerabilitatea este un concept a cărui complexitate derivă din multiplele fațete pe care le prezintă și din posibilitățile de a-l interpreta și analiza. Diferitele definiții ale vulnerabilității, discutate în cadrul capitolelor introductive, precum și punctele lor de intersecție cu noțiunile utilizate în cercetarea riscurilor, pun în lumină paleta largă a acestor posibilități. **Caracterul său multidimensional și multiscalar** deschide oportunitatea elaborării unor metodologii variate de evaluare, ce împrumută adesea elemente specifice unor domenii de cercetare științifică ce vizează teme precum dezvoltarea și sărăcia, reducerea riscului la dezastre, schimbările climatice și de mediu etc.

Vulnerabilitatea seismică reunește „condițiile determinate de factorii sau procesele fizice, sociale, economice, de mediu, care cresc susceptibilitatea unei comunități umane” la impactul cutremurelor (UN-ISDR 2004, UNDRR 2017). Evaluarea vulnerabilității seismice a unei anumite arii de studiu se poate realiza în moduri variate: prin utilizarea matricelor de probabilitate a pierderilor, a curbelor continue ale vulnerabilității sau a metodologiilor ce urmăresc construirea unui index. De asemenea, vulnerabilitatea seismică poate fi evaluată prin raportare la una dintre dimensiunile sale sau la mai multe dintre acestea, în funcție de obiectivele analizei în cauză.

În România, evaluarea vulnerabilității seismice în scopul modelării acesteia prin acțiuni preventive, se constituie drept o problemă stringentă, dar frecvent ignorată. Instrumentele legislative și reglementările tehnice nu cuprind formulări referitoare la noțiunea de vulnerabilitate seismică, ci abundă în referințe la riscul seismic. În general, astfel de referințe subliniază necesitatea reducerii riscului seismic al fondului construit prin realizarea lucrărilor de expertizare tehnică a clădirilor vizate și implementarea procedurilor de consolidare seismică sau demolare. Chiar și aceste demersuri se desfășoară pe perioade lungi de timp, plasând rezolvarea frecvent amintitei probleme a reducerii riscului, într-un viitor incert.

În lipsa unei viziuni clare asupra conceptului de vulnerabilitate seismică și a edificării asupra faptului că acesta nu se referă doar la vulnerabilitatea fizică și cea geotehnică, ci și la dimensiuni de ordin social-economic, sistemic, psihologic etc., îndeplinirea dezideratului reducerii vulnerabilității va transcende sfera posibilului. Cu alte cuvinte, înțelegerea și analiza multiplelor fațete ale vulnerabilității seismice, urmată de elaborarea unor strategii de abordare a

aspectelor studiate și implementarea lor, se dovedesc imperativ necesare, pentru ca impactul unui viitor seism de anvergură să nu atingă cote alarmante, atât la nivel local, cât și național.

Teza de doctorat urmărește atât **clarificarea aspectelor teoretice privind vulnerabilitatea și vulnerabilitatea seismică**, cât și **elaborarea unei metodologii de evaluare** a celei din urmă. În acest scop, au fost alese **4 arii de studiu – municipiile Iași, Vaslui, Galați și Focșani**, a căror vulnerabilitate seismică este evaluată comparativ prin schema metodologică propusă și pentru care s-au elaborat studii de caz. În cadrul tezei de doctorat, vulnerabilitatea seismică integrează atât dimensiuni clasice – precum vulnerabilitatea geotehnică, fizică, social-economică și sistemică, cât și elemente ce țin de capacitatea de coping a populației. Prima categorie redă acele aspecte ale mediului și comunităților umane ce determină susceptibilitatea unei arii de studiu de a fi afectată în mod negativ de seisme, iar capacitatea de coping a populației se constituie drept un element cu rol de moderare a vulnerabilității seismice, redând acele elemente care fac ariile de studiu și comunitățile umane, rezistente la impactul seismelor.

Evaluarea vulnerabilității seismice a ariilor de studiu se realizează prin intermediul **metodelor multicriteriale și a unei serii de indicatori specifici dimensiunilor integrate noțiunii** de interes. Aceste metode se pretează multiplelor cerințe asociate problemei deficitar structurate a vulnerabilității seismice (Rashed și Weeks 2003), întrucât prezintă apanajul integrării unor dimensiuni distincte ale vulnerabilității, ce acționează în mod particular și în măsuri variabile asupra modelării acesteia, totodată înglobând algoritmi de verificare a relevanței indicatorilor selectați în scopul redării fațetelor vulnerabilității seismice și a constanței raționamentelor utilizate. Schema metodologică prezintă o **structură ierarhizată, specifică abordării multicriteriale**, pe primul nivel fiind plasat scopul problemei (evaluarea vulnerabilității seismice), iar pe cel de-al doilea, dimensiunile integrate acesteia – ce funcționează drept categorii de indicatori și drept criterii de evaluare a vulnerabilității seismice. Inferior acestui nivel este cel al subcriteriilor reprezentate de indicatorii diverselor tipuri de vulnerabilitate seismică integrată, în timp ce pe nivelul al patrulea sunt plasate alternativele evaluate (ariile de studiu).

Întrucât dimensiunile integrate vulnerabilității seismice contribuie în mod diferit la construirea acesteia, este necesară **stabilirea importanței relative a fiecărei dimensiuni**; sarcină rezolvată prin implementarea metodei AHP. Această metodă multicriterială și varianta sa fuzzy sunt implementate ulterior la nivelul fiecărei categorii de indicatori, în vederea stabilirii

importanței relative a acestora. Ponderile astfel obținute sunt calibrate prin operația de înmulțire cu ponderea importanței relative a categoriei de apartenență. În vederea evaluării alternativelor pe baza acestor ponderi, sunt utilizate metodele TOPSIS și WPM. Rezultă astfel 4 combinații metodologice (AHP-TOPSIS, FAHP-TOPSIS, AHP-WPM, FAHP-WPM) ce sunt implementate în vederea stabilirii nivelului de vulnerabilitate a municipiilor Iași, Vaslui, Galați și Focșani, în manieră comparativă.

Adițional, au fost realizate **5 analize modulare**, câte una pentru fiecare componentă integrată vulnerabilității seismice. În cadrul acestora au fost utilizate aceleași combinații metodologice, cu mențiunea că ponderile importanței relative a indicatorilor nu au mai fost calibrate prin înmulțire cu ponderea categoriei de apartenență, întrucât scopul analizelor modulare este cel al stabilirii dimensiunii unui anumit tip de vulnerabilitate, cu referire la ariile de studiu selectate. Procedura de validare a acestor rezultate a constat în rularea unei **analize a sensibilității**, în cadrul căreia au fost schimbate două câte două ponderile ce redau importanța relativă a indicatorilor.

Astfel, este pus în lumină faptul că **municipiile ce prezintă niveluri ridicate ale unui anumit tip de vulnerabilitate seismică, înregistrează niveluri reduse în ceea ce privește o altă dimensiune** a acesteia. Spre exemplu, municipiul Iași este caracterizat de cel mai redus nivel de vulnerabilitate geotehnică (prin raportare la celelalte arii de studiu), însă este situat pe primul loc în ceea ce privește vulnerabilitatea seismică social-economică și sistemică. Pe de altă parte, Focșaniul prezintă un nivel deosebit de ridicat de vulnerabilitate geotehnică, însă înregistrează niveluri reduse ale vulnerabilității seismice fizice și social-economice. Municipiul Galați se remarcă prin nivelul maxim de vulnerabilitate seismică structurală, dar în ceea ce privește vulnerabilitatea sistemică, ocupă ultimul loc, pe când Vasluiul prezintă cea mai redusă capacitate de coping a populației – deci cel mai înalt nivel de vulnerabilitate seismică asociată acestei capacități, ocupând în cadrul clasamentelor cu privire la celelalte dimensiuni ale vulnerabilității seismice, locul al treilea.

Rezultatele evaluării multicriteriale a vulnerabilității seismice de ansamblu au **caracter eterogen**, fapt ce nu trebuie privit drept o dovadă a ineficienței metodelor amintite, ci drept un **instrument de explorare a particularităților algoritmilor schemelor metodologice și o dovadă a complexității sarcinii estimării vulnerabilității seismice**. Fiecare set de rezultate

poate fi explicat prin urmărirea pas cu pas a algoritmilor metodelor de evaluare a alternativelor, iar interpretarea rezultatelor evaluării se poate realiza urmând două direcții.

Pe de-o parte, se poate considera că municipiul Iași prezintă vulnerabilitatea seismică maximă; pe următoarele locuri ale clasamentului fiind situate municipiile Galați, Vaslui și Focșani. La această ierarhie se ajunge în urma implementării combinațiilor metodologice AHP/FAHP-WPM. Un argument ce sprijină această direcție de interpretare a rezultatelor este cel al criteriului frecvenței apariției unei anumite alternative pe un anumit loc. Conform ultimelor metodologii menționate, locul 1 în ordinea mărimii vulnerabilității seismice este ocupat de municipiul Iași, pe când locul al patrulea, revine reședinței județului Vrancea (2 din 4 cazuri). Locul al doilea este ocupat de orașul dunărean, iar pe cel de-al treilea se situează Vasluiul, conform a 3 din cele 4 scheme metodologice (AHP/FAHP-WPM și FAHP-TOPSIS).

O altă direcție de interpretare a rezultatelor constă în validarea ierarhiei 1. Galați, 2. Iași, 3. Focșani, 4. Vaslui. Acest clasament al mărimii vulnerabilității seismice specifice ariilor de studii emerge în urma analizei locurilor ocupate de municipii conform analizelor modulare. Conform mediei ponderate a locurilor ocupate de alternative cu privire la fiecare dimensiune integrată vulnerabilității și a ponderilor ce redau importanța relativă a componentelor respective, reiese că vulnerabilitatea maximă revine Galațiului, iar cea minimă Vasluiului; poziții intermediare ocupând municipiile Iași și Vaslui.

Analizând cele două modalități de interpretare a rezultatelor evaluării multicriteriale, se poate concluziona că nivelurile mai ridicate de vulnerabilitate seismică sunt asociate municipiilor Iași și Galați și că reședințele județelor Vrancea și Vaslui ocupă, în această privință, jumătatea inferioară a clasamentului. Concluzia enunțată constituie o soluție de compromis, construită pe baza punctelor de congruență a direcțiilor de interpretare a rezultatelor, în scopul armonizării acestora. Plasarea Galațiului și a Iașiului pe primul loc în ceea ce privește vulnerabilitatea seismică poate fi argumentată pe baza valorilor apropiate ale scorurilor finale normalizate obținute de aceste alternative prin implementarea schemelor metodologice ce integrează WPM. În schimb, stabilirea raportului dintre alternativele de pe ultimele locuri, se dovedește mai problematică. Argumentele ce sprijină superioritatea vulnerabilității seismice a Focșaniului, în raport cu cea a Vasluiului, sunt mai numeroase, astfel încât o astfel de concluzie ar putea fi considerată validă.

**Ipoteza centrală a tezei de doctorat ( $I_1$ )**, conform căreia vulnerabilitatea seismică poate fi estimată la scara aşezărilor urbane, prin intermediul metodelor de analiză multicriterială, a fost validată prin elaborarea schemei metodologice propuse și prin operaționalizarea abordării multicriteriale descrise atât în capitolele preliminare ale tezei, cât și în capitolul privind aspectele metodologice. Una dintre principalele dificultăți în atingerea obiectivului  $O_1$  constă în alcătuirea unei baze de date corespunzătoare scopului estimării vulnerabilității seismice. Seturile de date utilizate trebuie să îndeplinească criteriul disponibilității pentru cele 4 arii de studiu – precum și pentru celelalte aşezări urbane din România, în vederea aplicării metodologiei la un eșantion mai larg de arii de studii, fiind totodată complete și relevante pentru momentul prezent. Întrucât nu există date cu privire la fondul construit din anul 2021, au fost utilizate datele extrase din RPL (2011). Pentru a suplini deficitul de date privind condițiile geologice specifice unităților administrativ-teritoriale selectate, au fost întocmite hărți de detaliu ale depozitelor geologice de suprafață, pe baza modelelor altitudinale ale terenului de mare rezoluție (5 m x 5 m).

Ipoteza formulată cu privire la diferențele dintre nivelurile de vulnerabilitate geotehnică, fizică, social-economică, sistemică și de vulnerabilitate derivată din capacitatea de coping a populației, specifice ariilor de studiu ( $I_2$ ) este validată, conform analizelor modulare incluse în Capitolul 6. În ceea ce privește ipotezele ce fac referire la compararea nivelului de vulnerabilitate seismică de ansamblu ale celor 4 municipii, se poate conchide că ipoteza 3 – conform căreia municipiile situate mai aproape de VR sunt mai vulnerabile din punct de vedere seismic decât cele situate la distanțe mai mari față de această zonă, este invalidată de ambele variante de interpretare a rezultatelor evaluării multicriteriale. Acestea relevă faptul că municipiile Iași și Galați prezintă niveluri superioare ale vulnerabilității seismice față de cele specifice reședințelor județelor Vrancea și Vaslui. Astfel, este de subliniat faptul că **toate obiectivele propuse au fost îndeplinite; ipotezele  $I_1$  și  $I_2$  fiind validate, iar ipoteza  $I_3$ , invalidată.**

Compararea nivelurilor de vulnerabilitate specifice municipiilor selectate se dovedește **utilă în demersul de stabilire a priorităților privind dirijarea fondurilor necesare implementării strategiilor de reducere a vulnerabilității și riscului seismic.** Mai mult, analiza modulară pune în lumină **dimensiunile vulnerabilității ce trebuie vizate de aceste strategii, în cazul fiecărei arii de studiu**, facilitând concentrarea eforturilor de modelare a vulnerabilității comunităților umane în situația manifestării unui seism major, către direcțiile cu privire la care se pot obține rezultate optime. Prin implementarea schemelor metodologice multicriteriale la nivel

modular și în urma analizei rezultatelor astfel obținute, pentru fiecare arie de studiu se pot trasa anumite repere privind elementele ce ar trebui să constituie obiectul strategiilor de reducere a vulnerabilității seismice:

- Rezultatele analizelor modulare evidențiază faptul că strategiile de reducere a vulnerabilității seismice a **municipiului Iași** ar trebui să se raporteze, în primul rând, la vulnerabilitățile de natură social-economică și sistemică, precum și la cele privind fondul construit în scop rezidențial. În ceea ce privește vulnerabilitatea geotehnică și capacitatea de coping a populației, fosta capitală a Moldovei înregistrează niveluri acceptabile de vulnerabilitate, astfel încât dirijarea eforturilor intelectuale, a resurselor financiare și umane în scopul ameliorării problemelor asociate acelor componente ale vulnerabilității seismice, s-ar dovedi inefficientă prin raportare la stringența realizării unor ameliorări cu privire la vulnerabilitățile de ordin social-economic, sistemic și structural.

- În **cazul Galațiului**, este necesară plasarea în rândul priorităților a investițiilor privind lucrările de expertizare și reabilitare a fondului construit, întrucât orașul port la Dunăre înregistrează nivelul maxim de vulnerabilitate seismică fizică, prin raportare la celelalte municipii. De asemenea, strategiile de modelare a vulnerabilității seismice ar trebui să vizeze aspectele ce țin de vulnerabilitatea social-economică și cea geotehnică, iar în subsidiar să urmărească stimularea capacității de coping a populației.

- **Focșaniul** se remarcă prin niveluri ridicate ale vulnerabilității geotehnice și vulnerabilității seismice sistemice, precum și printr-o capacitate de coping destul de redusă. Planurile și acțiunile de reducere a vulnerabilității ar trebui să urmărească prioritar aceste aspecte, întrucât în ceea ce privește vulnerabilitatea structurală și cea social-economică, reședința județului Vrancea înregistrează niveluri acceptabile.

- **Municipiul Vaslui** prezintă cea mai redusă capacitate de coping a populației, astfel încât demersurile de stimulare a acesteia prin măsuri de ordin educațional și de colaborare a autorităților, serviciilor de gestionare a situațiilor de urgență cu atribuții la nivel local și a populației, ar trebui să se regăsească pe lista priorităților. În cadrul ierarhiilor privind celelalte dimensiuni ale vulnerabilității, Vasluiul se plasează pe locul al treilea în ordinea mărimii vulnerabilității seismice, însă aceasta nu înseamnă că nu se pot realiza progrese în direcția reducerii nivelului aferent tipurilor de vulnerabilitate în cauză.

Adițional evaluării multicriteriale a vulnerabilității seismice a ariilor de studiu în manieră comparativă, pentru fiecare municipiu a fost elaborat câte un **studiu de caz ce tratează elemente relevante pentru analiza vulnerabilității seismice**. Studiile de caz urmăresc aspecte generale privind poziția geografică și factorii naturali relevanți în contextul producerii unui seism major, elemente de geografie umană, de asemenea relevante pentru contextul propus – originea și dezvoltarea urbană, evoluția teritorială, morfologia urbană, precum și istoricul seismelor majore care au afectat ariile de studiu în decursul timpului. Sunt discutate în detaliu și aspecte legate de dimensiunile vulnerabilității ce au fost utilizate în analiza multicriterială comparativă, alături de rezultatele chestionarului privind **percepția riscului seismic de către locuitorii ariilor de studiu**. Ultima parte a studiilor de caz constă în **analiza imobilelor rezidențiale încadrate în diverse clase de risc seismic din aria de studiu vizată**. Prin elaborarea studiilor de caz, sunt atinse obiectivele de ordin secundar ale tezei (O<sub>5</sub>-O<sub>8</sub>).

**Punctele forte** ale tezei de doctorat constau în:

- Trecerea în revistă a multiplelor definiții, modele și metodologii de evaluare ale conceptelor de vulnerabilitate și vulnerabilitate seismică;
- Abordarea problemei deficitar structurate a vulnerabilității seismice urbane din perspectiva multicriterială, astfel încât să poată fi studiate și integrate multiplele fațete ale conceptului;
- Realizarea unei scheme metodologice multicriteriale de evaluare comparativă a vulnerabilității seismice la scară urbană, ce poate fi utilizată și cu referire la alte așezări urbane din România și din Europa;
- Propunerea unei abordări conceptuale a vulnerabilității seismice ce se raportează pe de-o parte la dimensiunile sale geotehnice, fizice, social-economice, sistemice, dar și la capacitatea de coping a populației și pe de altă parte, la elementele incluse vulnerabilității (expunere, susceptibilitate, coping). Astfel, schema metodologică de evaluare multicriterială cuprinde:
  - i) indicatori referitori la expunerea generală;
  - ii) indicatori referitori la elemente cu susceptibilitate ridicată;
  - iii) indicatori ce definesc factori, procese sau condiții ce au fie rol de potențare, fie rol de reducere a vulnerabilității;
  - iv) indicatori referitori la capacitatea de coping a populației.

- Oferirea unui model de construcție a unui set de indicatori ce redau diferitele aspecte înglobate de vulnerabilitatea seismică, prin integrarea informațiilor preluate din literatura de specialitate internațională, dar și a aspectelor empirice relevante;

- Realizarea unor studii de caz pentru 4 unități administrativ-teritoriale a căror vulnerabilitate seismică este insuficient sau chiar deloc studiată. Aceasta contribuie la avansarea cunoașterii privind vulnerabilitatea și riscul seismic specifice așezărilor urbane din regiunea Moldovei;

- Realizarea unor hărți morfometrice ale reliefului și a unor hărți ale depozitelor geologice de suprafață la nivelul unităților administrativ-teritoriale selectate, utilizând modele altitudinale ale terenului de mare rezoluție;

- Elaborarea și implementarea unui chestionar privind percepția riscului seismic și capacitatea de coping a locuitorilor ariilor de studiu, ce servește drept instrument de colectare a unor informații de mare relevanță pentru analiza vulnerabilității seismice; fiind totodată un element de noutate – atât în ceea ce privește structura și configurația sa, cât și implementarea sa în municipiile selectate;

**Limitările tezei de doctorat vizează:**

- Necesitatea integrării unor date perimate temporal privind starea fondului construit din ariile de studiu. Este important de subliniat faptul că utilizarea unor seturi de date actualizate, caracterizate de un grad mai ridicat de acuratețe, ar furniza rezultate concordante realităților din teren. Aceasta nu înseamnă însă că schema metodologică multicriterială propusă nu constituie un instrument valid de analiză a vulnerabilității seismice la scară urbană;

- Limitarea procedurilor de validare a rezultatelor la analiza de senzitivitate, în cazul analizelor realizate la nivel modular. Validarea fără echivoc a rezultatelor evaluării multicriteriale a vulnerabilității seismice de ansamblu iese din sfera posibilului. Manifestarea unui seism cu magnitudine de minim 7  $M_w$ , urmată de cuantificarea și analizarea pierderilor umane și a pagubelor materiale înregistrate la nivelul ariilor de studiu ar putea confirma sau nu rezultatele descrise și explicate în cadrul tezei. În acest sens, este de amintit ideea că teza nu urmărește doar estimarea comparativă a nivelului de vulnerabilitate specific municipiilor Iași, Vaslui, Galați și Focșani, ci și elementele descrise ca puncte forte. Acestea constituie aspecte ce pot compensa deficiența de natură intrinsecă a oferirii unei posibile rezolvări problemei evaluării

vulnerabilității seismice la scară urbană – anume imposibilitatea validării fără echivoc a rezultatelor obținute.

Toate acestea pun în lumină faptul că vulnerabilitatea (inclusiv cea de tip seismic), în calitate de concept multidimensional și multiscalar, ridică probleme de abordare unitară sau uniformizată; fiecare modalitate de abordare conceptuală și metodologie dezvoltată în vederea analizei sale, relevând noi și noi aspecte privind particularitățile sale, precum și dinamica sa spațială și temporală. De altfel, chiar acesta constituie scopul cercetării prezentate în cadrul tezei de doctorat.

## Bibliografie

1. Adger, W. N. (2006). Vulnerability. *Global Environment Change*, 16, 268-281. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2006.02.006>
2. ADRC (Asian Disaster Reduction Center). (2005). Total Disaster Risk Management – Good Practices. [[http://www.adrc.asia/publications/TDRM2005/TDRM\\_Good\\_Practices/GP2005\\_e.html](http://www.adrc.asia/publications/TDRM2005/TDRM_Good_Practices/GP2005_e.html)], Accesat la 07.05.2018
3. Albulescu, A. C., Grozavu, A., & Larion, D. (2019). A GIS-based application of fuzzy AHP and classical TOPSIS methods on assessing the seismic vulnerability of Galați City, Romania. *International Multidisciplinary Scientific GeoConference: SGEM, Albena, Bulgaria*, 19(2.1), 737-744. DOI:10.5593/sgem2019/2.1/S08.096
4. Albulescu, A. C., Larion, D., & Grozavu, A. (2020). Multi-Criteria assessment of the seismic vulnerability of school units in Vaslui City, Romania. *WIT Transactions on Engineering Sciences*, 129, 17-28. DOI: 10.2495/RISK200021
5. Albulescu, A. C., Larion, D., & Grozavu, A. (2021). Seismic Risk Perception and Seismic Adjustments in Vaslui City, Romania. *Natural Hazards Review*, 22(2), 05021005-1–05021005-15. DOI: [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)NH.1527-6996.0000453](https://doi.org/10.1061/(ASCE)NH.1527-6996.0000453)
6. Albulescu, A. C., Minea, I., & Larion, D. (2017). Opportunities of using the analytic hierarchy process method in geographic research. An application of the AHP on the deforestation problem in Romania. *Lucrările Seminarului Geografic "Dimitrie Cantemir"*, 45, 15-32. DOI: 10.15551/lsgdc.v45i0.02
7. Alcaz, V., Borcia, I. S., & Sandi, H. (2010). Some Data And Results Concerning Ground Motion In Moldova During Recent Strong Earthquakes Of 1986 And 1990. *Constructii*, 9(1), 115-123.
8. Aldea, A., & Radulian, M. (2016). Overview of Part I. In: Vacareanu, R., & Ionescu, C. (Eds.) *The 1940 Vrancea Earthquake. Issues, Insights and Lessons Learnt. Proceedings of the Symposium Commemorating 75 Years from November 10, 1940 Vrancea Earthquake*. Springer Natural Hazards, 3-17. DOI: [https://doi.org/10.1007/978-3-319-29844-3\\_1](https://doi.org/10.1007/978-3-319-29844-3_1)
9. Alexander, D. (1993). *Natural Disasters*, New York: Chapman & Hall.
10. Alexander, D. (1997). The study of natural disasters, 1977–97: Some reflections on a changing field of knowledge. *Disasters*, 21(4), 284-304. DOI: <https://doi.org/10.1111/1467-7717.00064>
11. Alexander, D. (2000). *Confronting Catastrophe - New Perspectives on Natural Disasters*. Oxford: Oxford University Press.
12. Alexander, D. (2012). Models of social vulnerability to disasters. *RCCS Annual Review. A selection from the Portuguese journal Revista Crítica de Ciências Sociais*, (4), 22-40. DOI: <https://doi.org/10.4000/rccsar.412>
13. Alizadeh, M., Alizadeh, E., Asadollahpour Kotenae, S., Shahabi, H., Beiranvand Pour, A., Panahi, M., ... & Saro, L. (2018a). Social vulnerability assessment using artificial neural network (ANN) model for earthquake hazard in Tabriz city, Iran. *Sustainability*, 10(10), 3376-3399. DOI: <https://doi.org/10.3390/su10103376>
14. Alizadeh, M., Ngah, I., Hashim, M., Pradhan, B., & Pour, A. B. (2018b). A hybrid analytic network process and artificial neural network (ANP-ANN) model for urban earthquake vulnerability assessment. *Remote Sensing*, 10(6), 975-1009. DOI: <https://doi.org/10.3390/rs10060975>
15. Ambraseys, N. N., & Jackson, J. A. (1981). Earthquake hazard and vulnerability in the northeastern Mediterranean: the Corinth earthquake sequence of February-March 1981. *Disasters*, 5(4), 355-368. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1467-7717.1981.tb01108.x>

16. Amiri, M. P. (2010). Project selection for oil-fields development by using the AHP and fuzzy TOPSIS methods. *Expert systems with applications*, 37(9), 6218-6224. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2010.02.103>
17. Amram, O., Schuurman, N., & Hameed, S. M. (2011). Mass casualty modelling: a spatial tool to support triage decision making. *International journal of health geographics*, 10(1), 1-7. DOI: <https://doi.org/10.1186/1476-072X-10-40>
18. Anagnostopoulos, K. P., Gratziou, M., & Vavatsikos, A. P. (2007). Using the fuzzy analytic hierarchy process for selecting wastewater facilities at prefecture level. *European Water*, 19(20), 15-24. [[http://ewra.net/ew/pdf/EW\\_2007\\_19-20\\_02.pdf](http://ewra.net/ew/pdf/EW_2007_19-20_02.pdf)], Accesat la 05.03.2020
19. Anderson, M. B. (1992). Metropolitan areas and disaster vulnerability: a consideration for developing countries. In: Kreimer, A., Munasinghe, M. (Eds.) *Environmental management and urban vulnerability*. Washington D.C.: World Bank Discussion Papers 168, 77-92.
20. Anderson, M. B., & Woodrow, P. J. (1991). Reducing vulnerability to drought and famine: Developmental approaches to relief. *Disasters*, 15(1), 43-54. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1467-7717.1991.tb00426.x>
21. Anelli, A., Santa-Cruz, S., Vona, M., Tarque, N., & Laterza, M. (2019). A proactive and resilient seismic risk mitigation strategy for existing school buildings. *Structure and Infrastructure Engineering*, 15(2), 137-151. DOI: <https://doi.org/10.1080/15732479.2018.1527373>
22. Apostol, I., Mosoarca, M., Chieffo, N., & Onescu, E. (2019) Seismic Vulnerability Scenarios for Timisoara, Romania. In: Aguilar, R., Torrealva, D., Moreira, S., Pando, M.A., & Ramos, L.F. (Eds.) *Structural Analysis of Historical Constructions*. RILEM Bookseries, vol 18, Springer, Cham., 1191-1200. DOI: [https://doi.org/10.1007/978-3-319-99441-3\\_128](https://doi.org/10.1007/978-3-319-99441-3_128)
23. Ardeleanu, L. (1999). Statistical models of the seismicity of the Vrancea region, Romania. *Natural Hazards: Journal of the International Society for the Prevention and Mitigation of Natural Hazards*, 19(2), 151-164. DOI: 10.1023/A:1008030214627
24. Armaş, I. (2006). Earthquake risk perception in Bucharest, Romania. *Risk Analysis*, 26(5), 1223-1234. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1539-6924.2006.00810.x>
25. Armaş, I. (2012). Multi-criteria vulnerability analysis to earthquake hazard of Bucharest, Romania. *Natural Hazards*, 63, 1129-1156. DOI 10.1007/s11069-012-0209-2
26. Armaş, I., & Avram, E. (2008). Patterns and trends in the perception of seismic risk. Case study: Bucharest Municipality/Romania. *Natural Hazards*, 44(1), 147-161. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11069-007-9147-9>
27. Armaş, I., & Gavriş, A. (2013). Social vulnerability assessment using spatial multi-criteria analysis (SEVI model) and the social vulnerability index (SoVI model) – a case study for Bucharest, Romania. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 13, 1481-1499. DOI: <https://doi.org/10.5194/nhess-13-1481-2013>
28. Armaş, I., Ionescu, R., Gavris, A., & Toma-Danila, D. (2016a). Identifying seismic vulnerability hotspots in Bucharest. *Applied Geography*, 77, 49-63, DOI: 10.1016/j.apgeog.2016.10.001.
29. Armaş, I., Toma-Danila, D., & Gheorghe, D. A. (2015). Seismic loss estimates for buildings in Bucharest's historic centre in case of another 1977 Vrancea earthquake. In *Forum Geografic. Studii și cercetări de geografie și protecția mediului*, 14(1): 5-13. DOI:10.5775/fg.2067-4635.2015.023.i.
30. Armaş, I., Toma-Danila, D., Ionescu, R., & Gavris, A. (2016b). Quantitative population loss assessment: seismic scenarios for Bucharest using 2002 census data. *GI\_Forum*, 1, 30-40. DOI: 0.1553/giscience2016\_01\_s30.
31. Armaş, I., Toma-Danila, D., Ionescu, R., & Gavris, A. (2017). Vulnerability to Earthquake Hazard: Bucharest Case Study, Romania. *International Journal of Disaster Risk Science*, 8(2), 182-195. DOI: 10.1007/s13753-017-0132-y.

32. Artese, S., & Achilli, V. (2019). A GIS tool for the management of seismic emergencies in historical centers: how to choose the optimal routes for civil protection interventions. In *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing & Spatial Information Sciences, GEORES 2019 – 2nd International Conference of Geomatics and Restoration*, Milan, Italy, 2019, 99-106. [<https://pdfs.semanticscholar.org/5443/a4da9f4689e3c0fd65c7b9460b7091d9871a.pdf>], Accesat la 03.03.2020
33. Atanasiu, G. M., Leon, F., Popa, B. F., & Doniga, C. (2008). A Computational Approach for the Assessment of Seismic Vulnerability Based on the National Data Infrastructure. *Advanced Materials Research*, 33–37, 789–794. DOI: <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/amr.33-37.789>
34. Atanasiu, I. (1961). *Cutremurele de pământ din România*, București: Editura Academiei Republicii Populare Romîne.
35. Atkins, J. P., Mazzi, S., & Easter, C. D. (2001). Small states: a composite vulnerability index. In: Peretz, D., Faruqi, R., & Kisanga, E. J. (Eds.) *Small states in the global economy*, London: Commonwealth Secretariat, 53-92.
36. Augenti, N., Cosenza, E., Dolce, M., Manfredi, G., Masi, A., & Samela, L. (2004). Performance of school buildings during the 2002 Molise, Italy, earthquake. *Earthquake Spectra*, 20(S1), S257-S270. DOI: <https://doi.org/10.1193/1.1769374>
37. Azizi-Bondarabadi, H., Mendes, N., Lourenço, P.B., & Sadeghi, N.H. (2016). Empirical seismic vulnerability analysis for masonry buildings based on school buildings survey in Iran. *Bulletin of Earthquake Engineering*, 14(11), 3195-3229. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10518-016-9944-1>
38. Baballëku, M., & Pojani, N. (2008). Fragility evaluation of existing typified school buildings in Albania. *Acta Geodaetica et Geophysica Hungarica*, 43(2-3), 309-325. DOI: <https://doi.org/10.1556/ageod.43.2008.2-3.16>
39. Băcăuanu, V., Barbu, N. L., Pantazică, M., Ungureanu, A., & Chiriac, D. (1980). *Podișul Moldovei. Natură, om, economie*, București: Editura Științifică și Enciclopedică.
40. Bala, A., Radulian, M., & Popescu, E. (2003). Earthquakes distribution and their focal mechanism in correlation with the active tectonic zones of Romania. *Journal of Geodynamics*, 36(1-2), 129-145. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0264-3707\(03\)00044-9](https://doi.org/10.1016/S0264-3707(03)00044-9)
41. Bala, A., & Toma-Danila, D. (2016). The Strong Romanian Earthquakes of 10.11. 1940 and 4.03. 1977. Lessons Learned and Forgotten?. In: Vacareanu, R., & Ionescu, C. (Eds.) *The 1940 Vrancea Earthquake. Issues, Insights and Lessons Learnt. Proceedings of the Symposium Commemorating 75 Years from November 10, 1940 Vrancea Earthquake*. Springer Natural Hazards, 19-35. DOI: [https://doi.org/10.1007/978-3-319-29844-3\\_2](https://doi.org/10.1007/978-3-319-29844-3_2)
42. Banai-Kashani, R. (1989). A new method for site suitability analysis: The analytic hierarchy process. *Environmental management*, 13(6), 685-693. DOI: <https://doi.org/10.1007/BF01868308>
43. Banca Mondială (World Bank). (2011). *Atlasul zonelor urbane marginalizate din România. Elaborarea strategiilor de integrare a comunităților urbane marginalizate*. [<https://documents.worldbank.org/en/publication/documents-reports/documentdetail/668531468104952916/elaboration-of-integration-strategies-for-urban-marginalized-communities-the-atlas-of-urban-marginalized-communities-in-romania>], Accesat la 10.07.2021.
44. Banca Mondială (World Bank). (2020). *Analiza legislației și reglementărilor relevante, a programelor de reducere a riscului seismic anterioare, a planului de acțiune pentru reforma legislativă, de reglementare și instituțională, Raport principal*. [<https://www.mdlpa.ro/uploads/articole/attachments/5fbfb122df2de012864402.pdf>], Accesat la 05.07.2021

45. Bănică, Al., Grozavu, A., Roșu, L., Muntele I. (2016). Aspects concerning seismic vulnerability of buildings in Iasi City, Romania. *Proceedings of the 16th International Multidisciplinary Scientific Geoconference (SGEM)*, Albena, Bulgaria, 3, 87-94.
46. Bănică, Al., Kourtit, K., & Nijkamp, P. (2020). Natural disasters as a development opportunity: a spatial economic resilience interpretation. *Review of Regional Research*, 40(2), 223-249. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10037-020-00141-8>
47. Bănică, Al., & Muntele, I. (2015). Urban vulnerability and resilience in post-communist Romania (comparative case studies of Iași and Bacău cities and metropolitan areas). *Carpathian Journal of Earth and Environmental Sciences*, 10(4), 159-171.
48. Bănică, Al., Roșu, L., Muntele, I., & Grozavu, A. (2017). Towards urban resilience: A multi-criteria analysis of seismic vulnerability in Iasi City (Romania). *Sustainability*, 9(2), 270. DOI: <https://doi.org/10.3390/su9020270>
49. Barac, M., Kalmár, J., Kuti, L., & Vatai, J. (2013). Soil stability and groundwater chemistry in urban areas covered by loess (Investigation Site – Galati City, Romania). *Earth Science Research*, 2(2), 214-222. DOI: <http://dx.doi.org/10.5539/esr.v2n2p214>
50. Barbat, A. H., Carreño, M. L., Pujades, L. G., Lantada, N., Cardona, O. D., & Marulanda, M. C. (2010). Seismic vulnerability and risk evaluation methods for urban areas. A review with application to a pilot area. *Structure and Infrastructure Engineering*, 6(1-2), 17-38. DOI: <https://doi.org/10.1080/15732470802663763>
51. Barbu, Al., & Ungureanu Al. (eds). (1987). *Geografia municipiului Iași, Iași: Editura Universității “Alexandru Ioan Cuza” din Iași.*
52. Beck, U. (1992). *Risk society: Towards a new modernity*. London: Sage Publications.
53. Bell, M. G., Kanturska, U., Schmöcker, J. D., & Fonzone, A. (2008). Attacker–defender models and road network vulnerability. *Philosophical Transactions of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences*, 366(1872), 1893-1906. DOI: <https://doi.org/10.1098/rsta.2008.0019>
54. Belton, V., & Gear, T. (1983). On a short-coming of Saaty's method of analytic hierarchies. *Omega*, 11(3), 228-230. DOI: [https://doi.org/10.1016/0305-0483\(83\)90047-6](https://doi.org/10.1016/0305-0483(83)90047-6)
55. Benedetti, D., & Petrini, V. (1984). On seismic vulnerability of masonry buildings: proposal of an evaluation procedure. *L'industria delle Costruzioni*, 18(149), 66-78.
56. Berdica, K. (2002). *TraVIS for Roads-Examples of Road Transport Vulnerability Impact Studies (Doctoral dissertation)*. Royal Institute of Technology, Stockholm, Sweden.
57. Bernadini, A., Gori, R., Modena, C., Valluzzi, R. M., Beninca, G., Barbetta, E., Munari, M. (2009). *Manuale d'uso del Programma Vulnus 4.0*. University of Padova.
58. Bird, J. F., & Bommer, J. J. (2004). Earthquake losses due to ground failure. *Engineering geology*, 75(2), 147-179. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.enggeo.2004.05.006>
59. Birkmann, J. (2007). Risk and vulnerability indicators at different scales: applicability, usefulness and policy implications. *Environmental Hazards*, 7, 20-31. DOI: [doi:10.1016/j.envhaz.2007.04.002](https://doi.org/10.1016/j.envhaz.2007.04.002)
60. Birkmann, J. (2013a). Exposure to natural hazards. In: Bobrowsky, P. T. (ed.). *Encyclopedia of Natural Hazards*. *Encyclopedia of Earth Sciences Series*. Dordrecht: Springer, 305-306.
61. Birkmann, J. (2013b). Measuring vulnerability to natural hazards: towards disaster resilient societies, Second edition, Tokyo, New York, Paris: United Nations University Press.
62. Birkmann, J. (2013c). Risk. In: Bobrowsky, P. T. (ed.). *Encyclopedia of Natural Hazards*. *Encyclopedia of Earth Sciences Series*. Dordrecht: Springer, 856-862.
63. Birkmann, J., Cardona, O. D., Carreño, M. L., Barbat, A. H., Pelling, M., Schneiderbauer, S., Kienberger, S., Keiler, M., Alexander, D. E., Zeil, P., & Welle, T. (2013). Framing vulnerability, risk

- and societal responses: the MOVE framework. *Natural hazards*, 67(2), 193-211. DOI: 10.1007/s11069-013-0558-5
64. Birkmann, J., Cardona, O. D., Carreño, M. L., Barbat, A. H., Pelling, M., Schneiderbauer, S., Kienberger, S., Keiler, M., Alexander, D. E., Zeil, P., T. Welle, T. (2014). Theoretical and conceptual framework for the assessment of vulnerability to natural hazards and climate change in Europe: the MOVE framework. In: Birkmann, J., Kienberger, S., Alexander, D. E. (Eds.) *Assessment of vulnerability to natural hazards*. Elsevier, 1-19 <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-410528-7.00001-1>
  65. Blaikie, P. M., Cannon, T., David, I., Wisner, B. (1996). *Vulnerabilidad: el entorno social, político y económico de los desastres*. Soluciones Practicas. Colombia: Tercer Mundo Editores.
  66. Blaikie, P., Cannon, T., Davis, I., Wisner, B. (2004). *At risk: natural hazards, people's vulnerability and disasters*. Second Edition, London: Routledge.
  67. Blanchard, W. (2007). *Emergency Management-Related Terms and Definitions. Vulnerability Assessment Techniques and Applications*. [https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2ahUKewjela2Y35XzAhVxosKHdCIBiMQFnoECAUQAQ&url=https%3A%2F%2Fwww.hsd.org%2F%3Fview%26did%3D480235&usq=AOvVaw1V3lQ5aMxvGZuBhbXyw681]. Accesat la 20.06.2021.
  68. Bogardi, J. J., & Birkmann, J. (2004). Vulnerability assessment : the first step towards sustainable risk reduction. In: Malzahn, D., & Plapp, T. (Eds.) *Disasters and society : from hazard assessment to risk reduction*. Berlin: Logos Verlag Berlin, 75-82.
  69. Bogardi, W. C. (1988). Bringing social theory to hazards research: conditions and consequences of the mitigation of environmental hazards. *Sociological Perspectives*, 31(2), 147-168. DOI: <https://doi.org/10.2307/1389080>
  70. Bohle, H. G. (2001). Vulnerability and criticality: perspectives from social geography. *IHDP update*, 2(01), 3-5.
  71. Bohle, H. G., Downing, T. E., & Watts, M. J. (1994). Climate change and social vulnerability: toward a sociology and geography food insecurity. *Global Environmental Change*, 4(1): 37-48. DOI: [https://doi.org/10.1016/0959-3780\(94\)90020-5](https://doi.org/10.1016/0959-3780(94)90020-5)
  72. Bono, F., & Gutiérrez, E. (2011). A network-based analysis of the impact of structural damage on urban accessibility following a disaster: the case of the seismically damaged Port Au Prince and Carrefour urban road networks. *Journal of Transport Geography*, 19(6), 1443-1455. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2011.08.002>
  73. Bostrom, A., French, S. P., & Gottlieb, S. J. (Eds.) (2008). *Risk assessment, modeling and decision support: strategic directions*, Vol. 14. Berlin, Heidelberg: Springer.
  74. Boştenaru, D., M, Armaş, I, Goretti, A (2014). *Earthquake Hazard Impact and Urban Planning*, Springer, 13, 307-313. DOI: 10.1007/978-94-007-7981-5
  75. Botero Fernández, V. (2009). *Geo-information for measuring vulnerability to earthquakes: a fitness for use approach*. (Doctoral dissertation). Utrecht University.
  76. Botezatu, R., Bacioiu, T. & Andrei, J. (1961). The relation among the gravity anomaly, the geological structure of Northern Dobrogea and the surrounded regions of Southern Moldavia and Eastern Muntenia. *Geological Studies and Research*, 1, 33-56.
  77. Bouyssou, D., Marchant, T., Pirlot, M., Perny, P., Tsoukias, A., & Vincke, P. (eds.) (2000). *Evaluation and decision models: a critical perspective*, Boston, London, Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
  78. Brabb, E. E. (1985). Innovative approaches to landslide hazard and risk mapping. In *International Landslide Symposium Proceedings*, Toronto, Canada, 1985, 1, 17-22.

79. Braga, F., Dolce, M., & Liberatore, D. (1982). A statistical study on damaged buildings and an ensuing review of the MSK-76 scale. In Proceedings of the Seventh European conference on earthquake engineering, Athens, Greece. 431-450.
80. Brescan, M., Cioban, I.C, Diaconiță, I., Lupu, N., Horobeț, C., Merfea, M., Prejban, P., Șaradici, L., Țiculescu, D., Țolescu, A., & Văcărașu, I. (1973). Procesul de urbanizare în R. S. România. Zona Vaslui, Academia de Științe Socialiste și Politice a Republicii Socialiste România, București: Editura Academiei Republicii Socialiste România
81. Briguglio, L. (2004). Economic vulnerability and resilience: concepts and measurements. In Briguglio, L., & Kisanga, E. J. (eds.), *Economic vulnerability and resilience of small states*. Msida: University of Malta. Islands and Small States Institute & The Commonwealth Secretariat, 43-53.
82. Bristow, G., & Healy, A. (2018). Innovation and regional economic resilience: an exploratory analysis. *The annals of regional science*, 60(2), 265-284. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00168-017-0841-6>
83. Brooks, N. (2003). Vulnerability, risk and adaptation: A conceptual framework. *Tyndall Centre for climate change research, Working paper*, 38(38), 1-16.
84. Bryant, W. A. (2013). Fault. In: Bobrowsky, P. T. (ed.). *Encyclopedia of Natural Hazards. Encyclopedia of Earth Sciences Series*. Dordrecht: Springer, 317-321.
85. Buckle, P. (2006). Assessing social resilience. In: Paton, D., & Johnston, D. (Eds.) *Disaster resilience: An integrated approach*. Springfield: Charles C Thomas Published, Ltd., 88-103.
86. Buckle, P., Marsh, G., Smale, S. (2000). New Approaches to Assessing Vulnerability and Resilience. *Australian Journal of Emergency Management*, 15(2), 8-14.
87. Buhoiu, A. (ed.). (1977). 4 martie 1977 Secunde tragice, zile eroice. Din cronica unui cutremur. *Seria Reporter XX*, Iași: Editura Junimea
88. Bull-Kamanga, L., Diagne, K., Lavell, A., Leon, E., Lerise, F., MacGregor, H., ... & Yitambe, A. (2003). From everyday hazards to disasters: the accumulation of risk in urban areas. *Environment and Urbanization*, 15(1), 193-204. DOI: <https://doi.org/10.1177/095624780301500109>
89. Bunruamkaew, K., & Murayam, Y. (2011). Site suitability evaluation for ecotourism using GIS & AHP: A case study of Surat Thani province, Thailand. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 21, 269-278. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2011.07.024>
90. Burkett, V. R. (2013). Coping Capacity. In: Bobrowsky, P. T. (ed.). *Encyclopedia of Natural Hazards. Encyclopedia of Earth Sciences Series*. Dordrecht: Springer, 119-121.
91. Burton, C., Khazai, B., Anhorn, J., Valcárcel, J., & Contreras, D. (2017). Resilience Performance Scorecard (RPS) Methodology: University of Auburn, CEDIM, SAI, SGC, GEM.
92. Burton, I., Kates, R.W., & White, G.F. (1978). *The environment as hazard*. Oxford: Oxford University Press.
93. Burton, I., Kates, R.W., White, G.F. (1993). *The environment as hazard*. The Guilfords Press. New York.
94. Calvi, G. M., Pinho, R., Magenes, G., Bommer, J. J., Restrepo-Vélez, L. F., & Crowley, H. (2006). Development of seismic vulnerability assessment methodologies over the past 30 years. *ISET journal of Earthquake Technology*, 43(3), 75-104. [[https://canterbury.royalcommission.govt.nz/documents-by-key/20120614.4534/\\$file/ENG.ISET.0001.pdf](https://canterbury.royalcommission.govt.nz/documents-by-key/20120614.4534/$file/ENG.ISET.0001.pdf)], Accesat la 03.02.2019
95. Cardona, O. D. (2001). Estimación holística del riesgo sísmico utilizando sistemas dinámicos complejos. (Doctoral dissertation). Universitat Politècnica de Catalunya. [<https://www.desenredando.org/public/varios/2001/ehrisusd/index.html>], Accesat la 16.05.2021
96. Cardona, O.D. (2003) "Indicators for Disaster Risk Management", First Expert Meeting on Disaster Risk Conceptualization and Indicator Modelling, Manizales, Colombia, 2003, Inter-American Development Bank, Sustainable Development Department, Environment Division.

97. Cardona, O. D. (2004). The need for rethinking the concepts of vulnerability and risk from a holistic perspective: a necessary review and criticism for effective risk management. In: Bankoff, G., Hilhorst, D., Frerks, G. (Eds.) *Mapping vulnerability – Disasters, development and people*. London: Routledge, 37-51.
98. Cardona, O. D., & Barbat, A. H. (2000). *El Riesgo Sísmico y su Prevención*, Cuaderno Técnico 5, Madrid: Calidad Siderúrgica.
99. Carver, S. J. (1991). Integrating multi-criteria evaluation with geographical information systems. *International Journal of Geographical Information System*, 5(3), 321-339. DOI: <https://doi.org/10.1080/02693799108927858>
100. Cernovodeanu, P., & Binder, P. (1993) *Cavalerii Apocalipsului, Calamitățile naturale din trecutul României (până la 1800)*, București: Editura Silex.
101. Chambers, R. (1989). Editorial introduction: vulnerability, coping and policy. *Institute of Development Studies Bulletin*, 20(2), 1-7. [[https://opendocs.ids.ac.uk/opendocs/bitstream/handle/20.500.12413/9551/IDSB\\_20\\_2\\_10.1111-j.1759-5436.1989.mp20002001.x.pdf?sequence=1](https://opendocs.ids.ac.uk/opendocs/bitstream/handle/20.500.12413/9551/IDSB_20_2_10.1111-j.1759-5436.1989.mp20002001.x.pdf?sequence=1)], Accesat la 03.04.2021
102. Chandio, I. A., Matori, A. N., Lawal, D. U., & Sabri, S. (2011). GIS-based land suitability analysis using AHP for public parks planning in Larkana City. *Modern applied science*, 5(4), 177. DOI:10.5539/mas.v5n4p177
103. Chang, D.-Y. (1996). Applications of the extent analysis method on fuzzy AHP. *European Journal of Operational Research*, 95(3), 649-655. DOI: [https://doi.org/10.1016/0377-2217\(95\)00300-2](https://doi.org/10.1016/0377-2217(95)00300-2)
104. Changchien, S. W., & Lin, M. C. (2005). Design and implementation of a case-based reasoning system for marketing plans. *Expert systems with applications*, 28(1), 43-53. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2004.08.002>
105. Chen, R. S. (1994). The human dimensions of vulnerability. *Industrial ecology and global change*, 85-105.
106. Chen, S. J., Hwang, C. L. (1992) *Fuzzy Multiple Attribute Decision Making Methods*. In: *Fuzzy Multiple Attribute Decision Making. Lecture Notes in Economics and Mathematical Systems*, Vol 375. Berlin, Heidelberg: Springer, 289-486. DOI: [https://doi.org/10.1007/978-3-642-46768-4\\_5](https://doi.org/10.1007/978-3-642-46768-4_5)
107. Chieffo, N., Mosoarca, M., Formisano, A., & Apostol, I. (2019). Seismic vulnerability assessment and loss estimation of an urban district of Timisoara. In *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 471(10): 102070. DOI:10.1088/1757-899X/471/10/102070
108. Cho, S., Gordon, P., Moore II, J. E., Richardson, H. W., Shinozuka, M., & Chang, S. (2001). Integrating transportation network and regional economic models to estimate the costs of a large urban earthquake. *Journal of Regional Science*, 41(1), 39-65. DOI: <https://doi.org/10.1111/0022-4146.00206>
109. Chrysostomou, C.Z., Kyriakides, N., Papanikolaou, V.K., Kappos, A.J., Dimitrakopoulos, E.G., & Giouvanidis, A.I. (2015). Vulnerability assessment and feasibility analysis of seismic strengthening of school buildings. *Bulletin of Earthquake Engineering*, 13(12), 3809-3840. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10518-015-9791-5>
110. Chung, E. S., & Lee, K. S. (2009). Identification of spatial ranking of hydrological vulnerability using multi-criteria decision making techniques: Case study of Korea. *Water resources management*, 23(12), 2395-2416. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11269-008-9387-9>
111. Chunguang, L., & Huiying, G. (2000). Reliability analysis of urban transportation system. In *Proceedings of the Twelfth World Conference on Earthquake Engineering*, Auckland, New Zeland, 2000, 0236-1–0236-6. [<https://www.iitk.ac.in/nicee/wcee/article/0236.pdf>], Accesat la 06.07.2021

112. Cioflan, C. O., Toma-Danila, D., & Manea, E. F. (2016). Seismic Loss Estimates for Scenarios of the 1940 Vrancea Earthquake. In: Vacareanu, R., & Ionescu, C. (Eds.) *The 1940 Vrancea Earthquake. Issues, Insights and Lessons Learnt. Proceedings of the Symposium Commemorating 75 Years from November 10, 1940 Vrancea Earthquake.* Springer Natural Hazards, 425-440. DOI: [https://doi.org/10.1007/978-3-319-29844-3\\_30](https://doi.org/10.1007/978-3-319-29844-3_30)
113. Civiletti, G., Camassi, R., & Monteiro, R. (2016). Italian seismic sequences: year 2000, the emergency phase in Romagna. *Procedia engineering*, 161, 2088-2092. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2016.08.677>
114. Clementi, F., Quagliarini, E., Maracchini, G., & Lenci, S. (2015). Post-World War II Italian school buildings: typical and specific seismic vulnerabilities. *Journal of Building Engineering*, 4, 152-166. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jobee.2015.09.008>
115. Coburn, A. W., & Spence, R. J. (2002). *Earthquake protection.* Second edition, Chichester: Wiley.
116. Coburn, A. W., Spence, R. J. S., & Pomonis, A. (1994). *Vulnerability and risk assessment.* Second edition, United Nations Development Programme. Disaster Management Training Programme, Cambridge: Cambridge Architectural Research Limited
117. Comfort, L., Wisner, B., Cutter, S., Pulwarty, R., Hewitt, K., Oliver-Smith, A., ... & Krimgold, F. (1999). Reframing disaster policy: the global evolution of vulnerable communities. *Global Environmental Change Part B: Environmental Hazards*, 1(1), 39-44. DOI: <https://doi.org/10.3763/ehaz.1999.0105>
118. CNSP (Comisia Națională de Strategie și Prognoză). (2019). *Prognoză PIB/locuitor la nivel județean*
119. Constantin, A. P., Pantea, A., & Stoica, R. (2011). Vrancea (Romania) subcrustal earthquakes: historical sources and macroseismic intensity assessment. *Romanian Journal of Physics*, 56(5-6), 813-826. [<https://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.694.9982&rep=rep1&type=pdf>], Accesat la 20.03.2021
120. Corfus, I. (1967). *Însemnări de demult.* Iași: Editura Junimea.
121. Cornea, I. & Radu, C. (Eds.) (1979). *Cercetări seismologice asupra cutremurului din 4 martie 1977.* Comitetul de Stat pentru Energia Nucleară. Institutul Central de Fizică. Centrul de Fizică Pământului și Seisologie, București.
122. Corsanego, A., Giorgini, G., & Roggeri, G. (1993). Rapid evaluation of an indicator of seismic vulnerability in small urban nuclei. *Natural hazards*, 8(2), 109-120. [<https://link.springer.com/content/pdf/10.1007/BF00605436.pdf>], Accesat la 05.05.2019
123. Costa, L., & Kropp, J. P. (2013). Linking components of vulnerability in theoretic frameworks and case studies. *Sustainability science*, 8(1), 1-9. DOI: 10.1007/s11625-012-0158-4
124. Crescimbene, M., La Longa, F., Camassi, R., & Pino, N. A. (2015). The seismic risk perception questionnaire. *Geological Society, London, Special Publications.* 419 (1), 69–77. DOI: <https://doi.org/10.1144/SP419.4>.
125. Crichton, D. (1999). The Risk Triangle. In: Ingleton, J. (ed.). *Natural Disaster Management.* London: Tudor Rose, 102-103.
126. Cucu, V. (1970). *Orașele României,* București: Editura Științifică.
127. Cutter, L. S. (2001). *American Hazardscapes; The Regionalisation of Hazards and Disaster.* Washington D.C.: Joseph Henry Press.
128. Cutter, L.S., Boruff, B., Shirely, W.L. (2003). Social vulnerability to environmental hazards. *Social Science Quarterly*, 84(2), 242-261. DOI: <https://doi.org/10.1111/1540-6237.8402002>
129. Cutter, S. L. (1996). Vulnerability to environmental hazards. *Progress in human geography*, 20(4), 529-539. DOI: <https://doi.org/10.1177/030913259602000407>

130. Cutter, S. L. (2009). Social Science Perspectives on Hazards and Vulnerability Science. In: Beer, T. (ed.) *Geophysical Hazards. International Year of Planet Earth*. Dordrecht: Springer, 17-30. DOI: [https://doi.org/10.1007/978-90-481-3236-2\\_2](https://doi.org/10.1007/978-90-481-3236-2_2)
131. Cutter, S. L. (2013). Vulnerability. In: Bobrowsky, P. T. (ed.). *Encyclopedia of Natural Hazards. Encyclopedia of Earth Sciences Series*. Dordrecht: Springer, 1088-1090.
132. Cutter, S. L., Burton, C. G., & Emrich, C. T. (2010). Disaster resilience indicators for benchmarking baseline conditions. *Journal of homeland security and emergency management*, 7(1), 51-1–51-22 DOI: <https://doi.org/10.2202/1547-7355.1732>
133. Cutter, S. L., & Finch, C. (2008). Temporal and spatial changes in social vulnerability to natural hazards. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 105(7), 2301-2306. DOI: <https://doi.org/10.1073/pnas.0710375105>
134. Cutter, S. L., Mitchell, J. T., & Scott, M. S. (2000). Revealing the vulnerability of people and places: A case study of Georgetown County, South Carolina. *Annals of the association of American Geographers*, 90(4), 713-737. DOI: <https://doi.org/10.1111/0004-5608.00219>
135. Cutter, S. L., & Solecki, W. D. (1989). The national pattern of airborne toxic releases. *The Professional Geographer*, 41(2), 149-161. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.0033-0124.1989.00149.x>
136. Cutter, S. L., & Tiefenbacher, J. (1991). Chemical hazards in urban America. *Urban Geography*, 12(5), 417-430. DOI: <https://doi.org/10.2747/0272-3638.12.5.417>
137. Cvetković, V. M., Filipović, M., Jakovljević, V. (2017). A survey of subjective opinions of population about seismic resistance of residential buildings. *Journal of the Geographical Institute "Jovan Cvijić" SASA*, 67 (3), 265–278. DOI: <https://doi.org/10.2298/IJG1703265C>.
138. D’Ayala, D. F., Carriero, A., Sabbadini, F., Fanciullacci, D., Ozelik, P., Akdogan, M., & Kaya, Y. (2008). Seismic vulnerability and risk assessment of cultural heritage buildings in Istanbul, Turkey. In *Proceedings of the 14th World Conference on Earthquake Engineering*, Beigin, China, 2008.
139. Danumah, J. H., Odai, S. N., Saley, B. M., Szarzynski, J., Thiel, M., Kwaku, A., Kouame, E. K. & Akpa, L. Y. (2016). Flood risk assessment and mapping in Abidjan district using multi-criteria analysis (AHP) model and geoinformation techniques, (Cote d’Ivoire). *Geoenvironmental Disasters*, 3(1), 1-13. DOI: <https://doi.org/10.1186/s40677-016-0044-y>
140. Davies, M. A. (1994). Using the AHP in marketing decision-making. *Journal of Marketing Management*, 10(1-3), 57-73. DOI: <https://doi.org/10.1080/0267257X.1994.9964260>
141. De Angelis, A., & Pecce, M. (2015). Seismic nonstructural vulnerability assessment in school buildings. *Natural Hazards*, 79(2), 1333-1358. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11069-015-1907-3>
142. De Ruiter, M., Ward, P.J., Daniell, J.E., & Aerts J.C.H. (2017). Review Article: A comparison of flood and earthquake vulnerability assessment indicators. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 17, 1231-1251. DOI: <https://doi.org/10.5194/nhess-17-1231-2017>
143. De Weijer, F. (2013). Resilience: A Trojan horse for a new way of thinking. *European Centre for Development Policy Management Discussion Paper*, (139), 1-19. [<https://ecdpm.org/wp-content/uploads/2013/10/DP-139-Resilience-Trojan-Horse-New-Way-of-Thinking-2013.pdf>], Accesat la 03.01.2021
144. Degg, M. (1993). Earthquake hazard, vulnerability and response. *Geography*, 78(2), 165-170. DOI: <https://www.jstor.org/stable/40572499>
145. Delavar, M. R., Moradi, M., & Moshiri, B. (2015). Earthquake vulnerability assessment for hospital buildings using a GIS-based group multi criteria decision making approach: a case study of Tehran, Iran. *The International Archives of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 40(1), 153-157. DOI:10.5194/isprsarchives-XL-1-W5-153-2015

146. Demetrescu, G. (1941). Remarques sur le tremblement de terre de Roumanie du 10 novembre 1940. *Comptes Rendus de Séances de L'Académie des Sciences de Roumanie*. 5(3), 224–241. București: Cartea Romaneasca
147. DEX (Dicționarul Explicativ al Limbii Române). (2009). Academia Română, Institutul de Lingvistică Iorgu Iordan, Ediție revăzută și adăugită, București: Univers Enciclopedic
148. Di Ludovico, M., Digrisolo, A., Moroni, C., Graziotti, F., Manfredi, V., Prota, A., Dolce, M. & Manfredi, G. (2019). Remarks on damage and response of school buildings after the Central Italy earthquake sequence. *Bulletin of Earthquake Engineering*, 17(10), 5679-5700. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10518-018-0332-x>
149. Dilley, M., Chen, R. S., Deichmann, U., Lerner-Lam, A., Arnold, M., Agwe, J., ... & Yetman, G. (2005). Natural disaster hotspots. A global risk analysis. The World Bank and Columbia University. Hazard Management Unit, Washington, D. C.
150. Dobrescu, C. F., Calarasu, E. A., & Craifaleanu, I. G. (2017). Ground settlement in urban structures exposed to geo-environmental and anthropic hazards: a case study for Galati. *Procedia engineering*, 190, 611-618. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2017.05.387>
151. Dominguez-Cuesta, M. J. (2013). Susceptibility. In: Bobrowsky, P. T. (ed.). *Encyclopedia of Natural Hazards*. Encyclopedia of Earth Sciences Series. Dordrecht: Springer, 988-988.
152. Doocy, S., Daniels, A., Packer, C., Dick, A., & Kirsch, T. D. (2013). The human impact of earthquakes: a historical review of events 1980-2009 and systematic literature review. *PLoS currents*, 5. DOI: 10.1371/currents.dis.67bd14fe457f1db0b5433a8ee20fb833
153. Douglas, J. (2007). Physical vulnerability modelling in natural hazard risk assessment. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 7, 283-288. DOI: <https://doi.org/10.5194/nhess-7-283-2007>
154. Dow, K. (1992). Exploring differences in our common future (s): the meaning of vulnerability to global environmental change. *Geoforum*, 23(3), 417-436. DOI: [https://doi.org/10.1016/0016-7185\(92\)90052-6](https://doi.org/10.1016/0016-7185(92)90052-6)
155. Downing, T. E. (1991a). *Assessing Socioeconomic Vulnerability to Famine: Frameworks, Concepts, and Applications*. Research Report, Providence, RI: The Alan Shawn Feinstein World Hunger Program, Brown University, Providence.
156. Downing, T. E. (1991b). Vulnerability to hunger in Africa: A climate change perspective. *Global Environmental Change*, 1(5), 365-380. DOI: [https://doi.org/10.1016/0959-3780\(91\)90003-C](https://doi.org/10.1016/0959-3780(91)90003-C)
157. Dudaș, F. (1992). *Însemnări pe bătrâne cărți de cult*. București: Editura Albatros
158. Dwyer, A., Zoppou, C., Nielsen, O., Day, S., & Roberts, S. (2004). *Quantifying Social Vulnerability. A methodology for identifying those at risk to natural hazards*. Canberra: Geoscience Australia Record.
159. Dyer, J. S. (1990). Remarks on the analytic hierarchy process. *Management science*, 36(3), 249-258. DOI: <https://doi.org/10.1287/mnsc.36.3.249>
160. Ebert, A., Kerle, N., & Stein, A. (2009). Urban social vulnerability assessment with physical proxies and spatial metrics derived from air-and spaceborne imagery and GIS data. *Natural hazards*, 48(2), 275-294. DOI: 10.1007/s11069-008-9264-0
161. EC (European Commission) (2013). *Disaster Risk Reduction. Increasing resilience by reducing disaster risk in humanitarian action*. DG ECHO Thematic Policy Document no. 5.
162. ECLAC-IADB (Economic Commission for Latin America and the Caribbean- Inter-American Development Bank) (2000). *A matter of development: How to reduce vulnerability in the face of natural disasters*. Paper prepared for the International Seminar: Confronting Natural Disasters: A matter of development, New Orleans.

163. Eldar, R. (1992). The needs of elderly persons in natural disasters: observations and recommendations. *Disasters*, 16(4), 355-259. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1467-7717.1992.tb00416.x>
164. Enescu, D. (1980). Contributions to the knowledge of the focal mechanism of the Vrancea strong earthquake of March 4, 1977. *Revue roumaine de géologie, géophysique et géographie. Série de géophysique*, 24, 3-18.
165. Epstein, C. R., Pawar, A., & Simon, S. C. (2014). *Emergency management and social intelligence: A comprehensive all-hazards approach*. London, New York: CRC Press.
166. Erdik, M., Şeşetyan, K., Demircioğlu, M. B., Zülfikar, C., Hancılar, U., Tüzün, C., & Harmandar, E. (2010). Rapid earthquake loss assessment after damaging earthquakes. In: Ansal, A. (ed.). *Perspectives on European earthquake engineering and seismology*, Vol. 1, Heidelberg: Springer, 53-95. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.soildyn.2010.03.009>
167. Farley, J. E. (1998). *Earthquake fears, predictions, and preparations in mid-America*. Carbondale: Southern Illinois University Press.
168. FEMA (Federal Emergency Management Agency). (1997). *Multi-Hazard Identification and Risk Assessment: The Cornerstone of the National Mitigation Strategy*. Federal Emergency Management Agency. Washington, D. C.
169. FEMA (Federal Emergency Management Agency). (2013). *Multi-hazard loss estimation methodology: Earthquake model. HAZUS-MH 2.1*. Department of Homeland Security, Mitigation Division, Washington, D. C. [<https://www.hsd.org/?view&did=701264>], Accesat la 10.01.2021.
170. Fiedrich, F. (2006). An HLA-based multiagent system for optimized resource allocation after strong earthquakes. In *Proceedings of the 2006 winter simulation conference*, Monterey, USA, 2006, 486-492. DOI: 10.1109/WSC.2006.323120
171. Florinesco, A. (1958) *Catalogue des tremblements de terre ressentis sur le territoire de la R.P.R. Le résumé français*. Académie de la R.P.R., Comité national de la Geodesie et Geophysique pour l'A.G.I., Bucuresti.
172. Fordham, M. (2000). *The place of gender in earthquake vulnerability and mitigation*. Cambridge, : Anglia Polytechnic University
173. Fordham, M. (2003). *Gender, disaster and development*. In: Pelling, M. (ed). *Natural disaster and development in a globalizing world*. London: Routledge, 57-74.
174. Fordham, M. (2004). *Gendering vulnerability analysis: towards a more nuances approach*. In: Bankoff, G., Hilhorst, D., Frerks, G. (Eds.) *Mapping vulnerability – Disasters, development and people*. London: Routledge, 174-182. DOI: <https://doi.org/10.4324/9781849771924>
175. Fortune, J., & Peters, G. (1995). *Learning from failure - The systems approach*. Chichester: Wiley.
176. Franchin, P., Lupoi, A., & Pinto, P. E. (2006). On the role of road networks in reducing human losses after earthquakes. *Journal of earthquake engineering*, 10(02), 195-206. DOI: <https://doi.org/10.1142/S1363246906002554>
177. Frigerio, I., Ventura, S., Strigaro, D., Mattavelli, M., De Amicis, M., Mugnano, S., & Boffi, M. (2016). A GIS-based approach to identify the spatial variability of social vulnerability to seismic hazard in Italy. *Applied geography*, 74, 12-22. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2016.06.014>
178. Fritz, H. M., Hillaire, J. V., Molière, E., Wei, Y., & Mohammed, F. (2013). Twin tsunamis triggered by the 12 January 2010 Haiti earthquake. *Pure and Applied Geophysics*, 170(9), 1463-1474. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00024-012-0479-3>
179. Fuchs, K. E. A., Bonjer, K. P., Bock, G., Cornea, I., Radu, C., Enescu, D., Jianu, D., Nourescu, A., Merkler, G., Moldoveanu, T., & Tudorache, G. (1979). *The Romanian earthquake of March 4,*

- 1977 ii. Aftershocks and migration of seismic activity. *Tectonophysics*, 53(3-4), 225-247. DOI: [https://doi.org/10.1016/0040-1951\(79\)90068-4](https://doi.org/10.1016/0040-1951(79)90068-4)
180. Fuchs, S. (2009). Susceptibility versus resilience to mountain hazards in Austria-paradigms of vulnerability revisited. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 9(2), 337-352. DOI: <https://doi.org/10.5194/nhess-9-337-2009>
181. Fuchs, S., Kuhlicke, C., & Meyer, V. (2011). Editorial for the special issue: vulnerability to natural hazards – the challenge of integration, *Natural Hazards*, 58, 609-619. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11069-011-9825-5>
182. Füssel, H. M., & Klein, R. J. T. (2006). Assessing Vulnerability and Adaptation to Climate Change: An Evolution of Conceptual Thinking. *Climate Change*, 75, 301-329. DOI: 10.1007/s10584-006-0329-3
183. Gabor, T., & Griffith, T. K. (1980). The assessment of community vulnerability to acute hazardous materials incidents. *Journal of Hazardous Materials*, 3(4), 323-333. DOI: [https://doi.org/10.1016/0304-3894\(80\)80004-5](https://doi.org/10.1016/0304-3894(80)80004-5)
184. Gabor, T., & Pelanda, C. (1982). Assessing differences in chemical disaster proneness: The community chemical hazard vulnerability inventory. *Disasters*, 6(3), 215-221. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1467-7717.1982.tb00538.x>
185. Galderisi, A., & Ferrara, F. F. (2013). Resilience. In: Bobrowsky, P. T. (ed.). *Encyclopedia of Natural Hazards*. Encyclopedia of Earth Sciences Series. Dordrecht: Springer, 849-850.
186. Gallopin, G. C. (2006). Linkages between vulnerability, resilience, and adaptive capacity. *Global Environmental Change*, 16, 293-303. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2006.02.004>
187. Garatwa, W., & Bollin, C. (2002). *Disaster Risk Management - A Working Concept*. Eschborn: Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ).
188. Gauthier, A., & Moita, M. (2011). External shocks to fragile states: Building resilience in Haiti. In: Heine, J., & Thompson, A. S. (Eds.) *Fixing Haiti: MINUSTAH and beyond*, Tokyo, New York, Paris: United Nations University Press, 27-40.
189. Georgescu, E. S. (2004). Forensic engineering studies on historical earthquakes in Romania. In *Proceedings of the 13th World Conference on Earthquake Engineering*, Vancouver, Canada, 2004, paper 2444. [<http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.694.8918&rep=rep1&type=pdf>], Accesat la 07.05.2021
190. Georgescu, E. S., & Pomonis, A. (2008). The Romanian earthquake of March 4, 1977 revisited: New insights into its territorial, economic and social impacts and their bearing on the preparedness for the future. In *Proceedings of the 14th World Conference on Earthquake Engineering*, Beijing, China, 2008, 12-17. [<https://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.694.9060&rep=rep1&type=pdf>], Accesat la 07.05.2021
191. Georgescu, E. S., & Pomonis, A. (2012). Building damage vs. territorial casualty patterns during the Vrancea (Romania) earthquakes of 1940 and 1977. In *Proceedings of the 15th World Conference on Earthquake Engineering*, Lisboa, Portugal, 2012, 24-28.
192. Giardini, D., Woessner, J., Danciu, L., Crowley, H., Cotton, F., Grünthal, G., Pinho, R., Valensise, G., Akkar, S., Arvidsson, R., Basili, R., Cameelbeek, T., Campos-Costa, A., Douglas, J., Demircioglu, M. B., Erdik, M., Fonseca, J., Glavatovic, B., Lindholm, C., Makropoulos, K., Meletti, C., Musson, R., Pitilakis, K., Sesetyan, K., Stromeyer, D., Stucchi, M., Rovida, A. (2013). *Seismic Hazard Harmonization in Europe (SHARE): Online Data Resource*, DOI: 10.12686/SED-00000001-SHARE

193. Gilard, O., & Givone, P. (1997). Flood risk management: new concepts and methods for objective negotiations. IAHS Publications-Series of Proceedings and Reports-Intern Assoc Hydrological Sciences, Anaheim, USA, 1997, 239, 145-158.
194. Giordano, N., De Luca, F., & Sextos, A. (2020). Out-of-plane closed-form solution for the seismic assessment of unreinforced masonry schools in Nepal. *Engineering Structures*, 203, 109548. DOI: [10.1016/j.engstruct.2019.109548](https://doi.org/10.1016/j.engstruct.2019.109548)
195. Giovinazzi, S. (2005). The vulnerability assessment and the damage scenario in seismic risk analysis. (Doctoral dissertation). Technical University Carolo-Wilhelmina, Braunschweig and University of Florence, Italy
196. Gîrbacea, R., & Frisch, W. (1998). Slab in the wrong place: lower lithospheric mantle delamination in the last stage of the Eastern Carpathian subduction retreat. *Geology*, 26(7), 611-614. DOI: [https://doi.org/10.1130/0091-7613\(1998\)026<0611:SITWPL>2.3.CO;2](https://doi.org/10.1130/0091-7613(1998)026<0611:SITWPL>2.3.CO;2)
197. Gitis, V., Derendyaev, A., Metrikov, P., & Shogin, A. (2012). Network geoinformation technology for seismic hazard research. *Natural hazards*, 62(3), 1021-1036. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11069-012-0132-6>
198. Godschalk, D. R. (2003). Urban hazard mitigation: creating resilient cities. *Natural hazards review*, 4(3), 136-143. DOI: [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)1527-6988\(2003\)4:3\(136\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)1527-6988(2003)4:3(136))
199. Goodall, B. (1987). *The Penguin dictionary of human geography*. Harmondsworth: Puffin Books.
200. Goretti, A., & Sarli, V. (2006). Road network and damaged buildings in urban areas: short and long-term interaction. *Bulletin of Earthquake Engineering*, 4(2), 159-175. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10518-006-9004-3>
201. Gugiuman, I., Cîrcotă, V. & Băican, V. (1973). Județul Vaslui, Colecția Județe Patriei, București: Editura Academiei Republicii Socialiste România
202. Guthrie, R. (2013). Geological/Geophysical disasters. In: Bobrowsky, P. T. (ed.). *Encyclopedia of Natural Hazards*. Encyclopedia of Earth Sciences Series. Dordrecht: Springer, 387-400.
203. Gvirtzman, Z. (2002). Partial detachment of a lithospheric root under the southeast Carpathians: toward a better definition of the detachment concept. *Geology*, 30(1), 51-54. DOI: [https://doi.org/10.1130/0091-7613\(2002\)030<0051:PDOALR>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1130/0091-7613(2002)030<0051:PDOALR>2.0.CO;2)
204. Hahn, H., Villagrán De Leon, C. J., & Hidajat, R. (2003). *Comprehensive Risk Management by Communities and Local Governments: Component III: Indicators and Other Disaster Risk Management Instruments for Communities and Local Governments*. In Inter-American Development Bank for the Regional Policy Dialogue: Natural Disaster network–III meeting. Washington, D. C. [<https://publications.iadb.org/en/comprehensive-risk-management-communities-and-local-governments-component-iii-indicators-and-other>], Accesat la 20.05.2021.
205. Ham, H., Kim, T. J., & Boyce, D. (2005). Assessment of economic impacts from unexpected events with an interregional commodity flow and multimodal transportation network model. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 39(10), 849-860. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tra.2005.02.006>
206. Han, J., & Kim, J. (2019). A GIS-Based Seismic Vulnerability Mapping and Assessment using AHP: A Case Study of Gyeongju, Korea. *Korean Journal of Remote Sensing*, 35(2), 217-228. DOI: <https://doi.org/10.7780/kjrs.2019.35.2.2>
207. Haque, C. E., & Blair, D. (1992). Vulnerability to tropical cyclones: evidence from the April 1991 cyclone in coastal Bangladesh. *Disasters*, 16(3), 217-229. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1467-7717.1992.tb00400.x>
208. Hassan, M. F., Saman, M. Z. M., Sharif, S., & Omar, B. (2012). An integrated MA-AHP approach for selecting the highest sustainability index of a new product. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 57, 236-242. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2012.09.1180>

209. Hewitt, K. (1983). *Interpretations of calamity*. London: Routledge Library Editions: Ecology
210. Hewitt, K., & Burton, I. (1971). *The hazardousness of a place: a regional ecology of damaging events*. Research Publication 6. Toronto: University of Toronto Press.
211. Hinkel, J. (2011). Indicators of vulnerability and adaptive capacity: towards a clarification of the science-policy interface. *Global Environmental Change*, 21(1), 198-20. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2010.08.002>
212. Hinschberger, F., Malod, J. A., Dymant, J., Honthaas, C., Réhault, J. P., & Burhanuddin, S. (2001). Magnetic lineations constraints for the back-arc opening of the Late Neogene South Banda Basin (eastern Indonesia). *Tectonophysics*, 333(1-2), 47-59. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0040-1951\(00\)00266-3](https://doi.org/10.1016/S0040-1951(00)00266-3)
213. Hizbaron, D. R., Baiquni, M., Sartohadi, J., Rijanta, R., & Coy, M. (2011). Assessing social vulnerability to seismic hazard through spatial multi criteria evaluation in Bantul District, Indonesia. In *Proceedings of the Conference of Development on the Margin, Bonn, Germany, 2011*, 5-7.
214. Holand, I. S., Lujala, P., & Rød, J. K. (2011). Social vulnerability assessment for Norway: A quantitative approach. *Norsk Geografisk Tidsskrift-Norwegian Journal of Geography*, 65(1), 1-17. DOI: 10.1080/00291951.2010.550167
215. Hollenstein, K. (2005). Reconsidering the risk assessment concept: Standardizing the impact description as a building block for vulnerability assessment. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 5(3), 301-307. DOI: <https://doi.org/10.5194/nhess-5-301-2005>
216. Holling, C.D., & Gunderson, L. (2002). Resilience and adaptive cycles. In: Gunderson, L. H., & Holling, C. S. (Eds.) *Panarchy: Understanding Transformations in Human and Natural Systems*. Washington D. C.: Island Press, 25-62.
217. Hong, N. S. (1998). *The relationship between well-structured and ill-structured problem solving in multimedia simulation*. (Doctoral dissertation). Pennsylvania State University.
218. Hufschmidt, G. (2011). A comparative analysis of several vulnerability concepts. *Natural hazards*, 58(2), 621-643. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11069-011-9823-7>
219. Huică, I. (1977). *Cutremurele de pământ, Fenomene geologice naturale*. București: Terra
220. Hwang, C. L., Lai, Y. J., & Liu, T. Y. (1993). A new approach for multiple objective decision making. *Computers & operations research*, 20(8), 889-899. DOI: [https://doi.org/10.1016/0305-0548\(93\)90109-V](https://doi.org/10.1016/0305-0548(93)90109-V)
221. Hwang, C. L., Yoon, K. (1981). *Methods for Multiple Attribute Decision Making*. In: *Multiple Attribute Decision Making. Lecture Notes in Economics and Mathematical Systems, Vol 186*. Berlin, Heidelberg: Springer, 58-191. DOI: [https://doi.org/10.1007/978-3-642-48318-9\\_3](https://doi.org/10.1007/978-3-642-48318-9_3)
222. Ianoș, I., Sorensen, A., & Merciu, C. (2017). Incoherence of urban planning policy in Bucharest: Its potential for land use conflict. *Land Use Policy*, 60, 101-112. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2016.10.030>
223. Ilinca, N. (2012). *Geografia umană România – Populație, așezări, economie*. București: Editura CD Press.
224. INCDFP (Insitutul Național de Cercetare-Dezvoltare pentru Fizica Pământului). (2010). NIEP ShakeMap: Romania, 30.05.1990, [<http://atlas2.infp.ro/~shake/shakemap/190/intensity.html>], Accesat la 07.05.2021.
225. INCDFP (Insitutul Național de Cercetare-Dezvoltare pentru Fizica Pământului). (2011a). NIEP ShakeMap: Romania, 04.03.1977, [<http://atlas2.infp.ro/~shake/shakemap/177/intensity.html>], Accesat la 07.05.2021.
226. INCDFP (Insitutul Național de Cercetare-Dezvoltare pentru Fizica Pământului). (2011b). NIEP ShakeMap: Romania, 30.08.1986, [<http://atlas2.infp.ro/~shake/shakemap/186/intensity.html>], Accesat la 07.05.2021.

227. INCDFP (Institutul Național de Cercetare-Dezvoltare pentru Fizica Pământului). (2011c). NIEP ShakeMap: Romania, 31.05.1990, [<http://atlas2.infp.ro/~shake/shakemap/191/intensity.html>], Accesat la 07.05.2021.
228. INFP (Institutul Național pentru Fizica Pământului). (2017). StoryMaps Cutremurele din România și efectele lor, [<https://www.arcgis.com/apps/Cascade/index.html?appid=b49bc333fd1b4755ae887f00db578137>], Accesat la 23.05.2021.
229. INFP (Institutul Național pentru Fizica Pământului). (2021). MOBEE. Caracteristicile cutremurelor, [<https://mobee.infp.ro/despre-cutremure/caracteristicile-cutremurelor>], Accesat la 31.05.2021.
230. INFP (Institutul Național de Cercetare-Dezvoltare pentru Fizica Pământului), UTCB (Universitatea Tehnică de Construcții București, URBAN INCERC (Institutul Național de Cercetare-Dezvoltare în Construcții, Urbanism și Dezvoltare Teritorială Durabilă) (2016). Raport Analiza de hazard seismic. Proiect Evaluarea riscurilor de dezastre la nivel național (RO-RISK)
231. INS (Institutul Național de Statistică). (2011). Portal TEMPO. LOC103B - Suprafata locuabila existenta la sfarsitul anului pe forme de proprietate, judete si localitati, Anul 2011 [<http://statistici.insse.ro:8077/tempo-online/#/pages/tables/insse-table>], Accesat la 05.01.2021
232. INS (Institutul Național de Statistică). (2021). Portal TEMPO. POP107D - POPULATIA DUPA DOMICILIU la 1 ianuarie pe grupe de varsta si varste, sexe, judete si localitati, Anul 2021 [<http://statistici.insse.ro:8077/tempo-online/#/pages/tables/insse-table>], Accesat la 05.01.2021
233. INS (Institutul Național de Statistică). (2018). Portal TEMPO. SAN104B - Personalul medico-sanitar pe categorii, forme de proprietate, judete si localitati, Anul 2018 [<http://statistici.insse.ro:8077/tempo-online/#/pages/tables/insse-table>], Accesat la 05.01.2021
234. INS (Institutul Național de Statistică). (2019). Portal TEMPO. SAN102C - Paturi in unitatile sanitare pe categorii de unitati sanitare, forme de proprietate, judete si localitati, Anul 2019 [<http://statistici.insse.ro:8077/tempo-online/#/pages/tables/insse-table>], Accesat la 05.01.2021
235. INS (Institutul Național de Statistică). (2020). Portal TEMPO. SOM101E - Someri inregistrati la sfarsitul lunii, pe sexe, judete si localitati, Anul 2020 [<http://statistici.insse.ro:8077/tempo-online/#/pages/tables/insse-table>], Accesat la 07.06.2021
236. INS (Institutul Național de Statistică). (2021). Portal TEMPO. POP107D - POPULATIA DUPA DOMICILIU la 1 ianuarie pe grupe de varsta si varste, sexe, judete si localitati, Anul 2021 [<http://statistici.insse.ro:8077/tempo-online/#/pages/tables/insse-table>], Accesat la 07.06.2021
237. Institutul de Geologie și Geofizică. (1980). Harta hidrogeologică a R.S.R. 30a Focșani, L-35-89.
238. Institutul Geologic. Comitetul de Stat al Geologiei. (1966). Harta geologică a R.S.R. Iași, L-35-X, L-35-XI.
239. Institutul Geologic, Comitetul de Stat al Geologiei. (1967a). Harta geologică a R.S.R. Bârlad, L-35-XVI, L-35-XVII.
240. Institutul Geologic, Comitetul de Stat al Geologiei. (1967b). Harta geologică a R.S.R. Focșani, L-35-XXII, L-35-XXIII.
241. Ionesi, L. (1989). Geologia României: Unități de platformă și Orogenul Nord Dobrogean, Iași.
242. IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). (2001). Climate Change 2001: Synthesis Report. World Meteorological Organization, United Nations Environment Programme, Geneva.
243. IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). (2012). Managing the Risks of Extreme Events and Disaster to Advance Climate Change Adaptation, In: A Special Report of Working

- Groups I and II of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Cambridge and New York: Cambridge University Press. [<https://data.globalchange.gov/report/ipcc-srex>], Accesat la 20.05.2021.
244. Ismail-Zadeh, A. T., Panza, G. F., Naimark, B. M. (2000). Stress in the Descending Relic Slab beneath the Vrancea Region, Romania. In: Panza, G. F., Radulian, M., Trifu, C. I. (eds). *Seismic Hazard of the Circum-Pannonian Region*. Pageoph Topical Volumes. Basel: Birkhäuser, 111-130. DOI: [https://doi.org/10.1007/978-3-0348-8415-0\\_7](https://doi.org/10.1007/978-3-0348-8415-0_7)
245. Ismail-Zadeh, A., Matenco, L., Radulian, M., Cloetingh, S., & Panza, G. (2012). Geodynamics and intermediate-Fdepth seismicity in Vrancea (the south-eastern Carpathians): current state-of-the art. *Tectonophysics*, 530, 50-79. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tecto.2012.01.016>
246. Istrate, M. (2008). *Relațiile urban-rural în Moldova în perioada contemporană*. (Teză de doctorat). Iași: Editura Universității “Alexandru Ioan Cuza” Iași
247. Jackson, E. L. (1981). Response to earthquake hazard: The west coast of North America. *Environment and Behavior*, 13(4), 387-416. DOI: <https://doi.org/10.1177/0013916581134001>
248. Jackson, E. L., & Mukerjee, T. (1974). Human adjustment to the earthquake hazards of San Francisco, California. In White, G. F. (Ed.) *Natural hazards: Local, national and global*. New York: Oxford University Press, 160-166
249. Jasanoff, S. (1998). The political science of risk perception. *Reliability Engineering and System Safety*, 59 (1), 91–99. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0951-8320\(97\)00129-4](https://doi.org/10.1016/S0951-8320(97)00129-4).
250. Jia, L., Zhang, Y., Tao, L., Jing, H., & Bao, S. (2014). A methodology for assessing cleaner production in the vanadium extraction industry. *Journal of Cleaner Production*, 84, 598-605. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2013.05.016>
251. Jones, B. G., & Kandel, W. A. (1992). Population growth, urbanization, and disaster risk and vulnerability in metropolitan areas: A conceptual framework. In: Kreimer, A., Munasinghe, M. (Eds.) *Environmental management and urban vulnerability*, Washington, D. C.: World Bank Discussion Paper, 168, 51-76.
252. Jones, S. R. (1981). *Accessibility measures: a literature review*. Workingham: Transport and Road Research Laboratory (TRRL LR 967 Monograph).
253. Jun, K. S., Chung, E. S., Kim, Y. G., & Kim, Y. (2013). A fuzzy multi-criteria approach to flood risk vulnerability in South Korea by considering climate change impacts. *Expert Systems with Applications*, 40(4), 1003-1013. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2012.08.013>
254. Kasperson, J. X., Kasperson, R. E., Turner, B. L., Hsieh, W., & Schiller, A. (2005). Vulnerability to global environmental change. In: Kasperson, J. X., & Kasperson, R. E. (Eds.) *The social contours of risk, Volume II: Risk analysis, corporations and the globalization of risk*. Sterling: Earthscan, 245-285.
255. Kates, R. W. (1971). Natural hazard in human ecological perspective: hypotheses and models. *Economic Geography*, 47(3), 438-451.
256. Kates, R. W. (1985). The interaction of climate and society. In: Kates, R., Ausubel, J. H., & Berberian, M. (Eds.) *Climate impact assessment. Studies of the interaction of climate and society – SCOPE 27*. New York: John Wiley & Sons, 3-36.
257. Kates, R. W. (1996). Human adjustment. In: Hanson, S. (ed.). *Ten Geographic Ideas that Changed the World*. New Brunswick, New Jersey: Rutgers University Press, 87-107.
258. Keller, E. A., Blodgett, R. H., and Clague, J. J. (2008). *Natural Hazards: Earth's Processes as Hazards, Disasters, and Catastrophes*. Toronto: Pearson-Prentice Hall.
259. Khalturin, V. I., Rautian, T. G., & Molnar, P. (1977). The spectral content of Pamir-Hindu Kush intermediate depth earthquakes: Evidence for a high-Q zone in the upper mantle. *Journal of Geophysical Research*, 82(20), 2931-2943. DOI: <https://doi.org/10.1029/JB082i020p02931>

260. Khazai, B., Merz, M., Schulz, C., & Borst, D. (2013). An integrated indicator framework for spatial assessment of industrial and social vulnerability to indirect disaster losses. *Natural hazards*, 67(2), 145-167. DOI: 10.1007/s11069-013-0551-z
261. King, D. (2006). Planning for hazard resilient communities. In: Paton, D., & Johnston, D. (Eds.) *Disaster resilience: An integrated approach*. Springfield: Charles C Thomas Publisher, Ltd., 288-303.
262. King, D., & MacGregor, C. (2000). Using social indicators to measure community vulnerability to natural hazards. *Australian Journal of Emergency Management*, 15 (3), 52–57. DOI: <https://doi.org/10.3316/informit.369807987774661>.
263. Kircher, C. A., Seligson, H. A., Bouabid, J., & Morrow, G. C. (2006). When the big one strikes again—estimated losses due to a repeat of the 1906 San Francisco earthquake. *Earthquake Spectra*, 22(2\_suppl), 297-339. DOI: 10.1193/1.2187067
264. Kitano, H. (2002). Systems biology: a brief overview. *science*, 295(5560), 1662-1664. DOI: 10.1126/science.1069492
265. Knapp, J. H., Knapp, C. C., Raileanu, V., Matenco, L., Mocanu, V., & Dinu, C. (2005). Crustal constraints on the origin of mantle seismicity in the Vrancea Zone, Romania: The case for active continental lithospheric delamination. *Tectonophysics*, 410(1-4), 311-323. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tecto.2005.02.020>
266. Komac, B., & Zorn, M. (2013). Geohazards. In: Bobrowsky, P. T. (ed.). *Encyclopedia of Natural Hazards*. Encyclopedia of Earth Sciences Series. Dordrecht: Springer, 387-387.
267. Kronrod, T., Radulian, M., Panza, G., Popa, M., Paskaleva, I., Radovanovich, S., Gribovszki, K., Sandu, I., & Pekevski, L. (2013). Integrated transnational macroseismic data set for the strongest earthquakes of Vrancea (Romania). *Tectonophysics*, 590, 1-23. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tecto.2013.01.019>
268. Korkmaz, M., Ozdemir, M. A., Kavali, E., & Cakir, F. (2018). Performance-based assessment of multi-story unreinforced masonry buildings: The case of historical Khatib School in Erzurum, Turkey. *Engineering Failure Analysis*, 94, 195-213. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.engfailanal.2018.08.002>
269. Koulakov, I., Zaharia, B., Enescu, B., Radulian, M., Popa, M., Parolai, S., & Zschau, J. (2010). Delamination or slab detachment beneath Vrancea? New arguments from local earthquake tomography. *Geochemistry, Geophysics, Geosystems*, 11(3). DOI: <https://doi.org/10.1029/2009GC002811>
270. Kuhlicke, C., Scolobig, A., Tapsell, S., Steinführer, A., & De Marchi, B. (2011). Contextualizing social vulnerability: findings from case studies across Europe. *Natural Hazards*, 58, 789–810. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11069-011-9751-6>
271. Kutlu, A. C., & Ekmekçiöğlü, M. (2012). Fuzzy failure modes and effects analysis by using fuzzy TOPSIS-based fuzzy AHP. *Expert systems with applications*, 39(1), 61-67. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2011.06.044>
272. L'illustration. (1940). No. 5099, 30 November 1940. Le tremblement de terre en Roumanie, 309–311.
273. La Vendée Républicaine. (1940). No. 2951, 55ème année, 14 November 1940.
274. Landes, M., Fielitz, W., Hauser, F., Popa, M., & CALIXTO group. (2004). 3-D upper crustal tomographic structure across the Vrancea seismic zone, Romania. *Tectonophysics*, 382(1-2), 85-102. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tecto.2003.11.013>
275. Lang, D., Molina-Palacios, S., Lindholm, C., & Balan, S. (2012). Deterministic earthquake damage and loss assessment for the city of Bucharest, Romania. *Journal of Seismology*, 16(1), 67-88. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10950-011-9250-y>

276. Lavell, A. (2004). The lower Lempa River valley, El Salvador: risk reduction and development project. In: Bankoff, G., Hilhorst, D., Frerks, G. (Eds.) Mapping vulnerability – Disasters, development and people. London: Routledge, 67-82.
277. Legea nr. 575/2001. Monitorul Oficial nr. 726 din 14 noiembrie 2001. [<https://legislatie.just.ro/Public/DetaliuDocumentAfis/32219>], Accesat la 10.01.2021
278. Legea nr. 76/2002. Monitorul Oficial nr. 103 din 6 februarie 2002. [<http://legislatie.just.ro/Public/DetaliuDocument/33919>], Accesat la 10.01.2021
279. Lay, T., & Kanamori, H. (2011). Insights from the great 2011 Japan earthquake. *Physics today*, 64(12), 33-39. DOI: <http://dx.doi.org/10.1063/PT.3.1361>
280. Lee, G., Choi, J., & Jun, K. S. (2017). MCDM approach for identifying urban flood vulnerability under social environment and climate change. *Journal of Coastal Research*, 79(10079), 209-213. DOI: <https://doi.org/10.2112/SI79-043.1>
281. Lee, S. K., Mogi, G., & Hui, K. S. (2013). A fuzzy analytic hierarchy process (AHP)/data envelopment analysis (DEA) hybrid model for efficiently allocating energy R&D resources: In the case of energy technologies against high oil prices. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 21, 347-355. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2012.12.067>
282. Lewis, J. (1999). Development in disaster-prone places. Studies of vulnerability. London: Intermediate Technology Publications, Ltd.
283. Lindell, M. K., & Prater, C.S. (2000). Household adoption of seismic hazard adjustments: A comparison of residents in two states. *International Journal of Mass Emergencies and Disasters*, 18 (2), 317–338.
284. Liverman, D. M. (1986). The vulnerability of urban areas to technological risks: an overview of US and European experience. *Cities*, 3(2), 142-147. DOI: [https://doi.org/10.1016/0264-2751\(86\)90053-3](https://doi.org/10.1016/0264-2751(86)90053-3)
285. Liverman, D. M. (1990a). Drought impacts in Mexico: climate, agriculture, technology, and land tenure in Sonora and Puebla. *Annals of the Association of American Geographers*, 80(1), 49-72. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1467-8306.1990.tb00003.x>
286. Liverman, D. M. (1990b). Vulnerability to Global environmental change. In Kasperson, R. E. et al. (Eds.) *Understanding Global Environmental Change*. Worcester: Center for Technology, Environment, and Development, 27-44
287. Longhurst, R. (1995). The assessment of community vulnerability in hazard prone areas, the Royal Society, London, 31 March 1995. *Disasters*, 19(3), 269-270. DOI: 10.1111/j.1467-7717.1995.tb00346.x
288. Lorinczi, P., & Houseman, G. A. (2009). Lithospheric gravitational instability beneath the Southeast Carpathians. *Tectonophysics*, 474(1-2), 322-336. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tecto.2008.05.024>
289. Luca, O., Stănescu, A. A., & Gaman, F. (2016). Considerations related to housing and seismic risk. *Urbanism. Architecture. Constructions/Urbanism*, 7(2), 125-136.
290. Lungu, D., Arion, C., Aldea, A., & Vacareanu, R. (2007). Seismic hazard, vulnerability and risk for Vrancea events. Proceedings of International symposium on strong Vrancea earthquakes and risk mitigation, Bucharest, Romania, 291-306. [[https://digbib.ubka.uni-karlsruhe.de/volltexte/beilagen/1/proceedings/pdf/45\\_Symposium\\_Bucharest\\_07\\_064\\_Lungu.pdf](https://digbib.ubka.uni-karlsruhe.de/volltexte/beilagen/1/proceedings/pdf/45_Symposium_Bucharest_07_064_Lungu.pdf)], Accesat la 04.04.2021
291. Malczewski, J. (1999). GIS and multicriteria decision analysis. New York: John Wiley & Sons.
292. Mandrescu, N. (1990). Data concerning seismic risk evaluation in Romania. *Natural Hazards*, 3(3), 249-259. [<https://link.springer.com/content/pdf/10.1007/BF00124580.pdf>], Accesat la 04.04.2021

293. Mandrescu, N., & Marmureanu, G. (2002). Drawing up the seismic hazard map of Vrancea county. Contract nr. 5603/2001 between National Institute of Earth Physics from Bucharest and Vrancea County Council.
294. Manohar, A., Sengupta, K. & Tamizharasi, G. (2012). Earthquake Vulnerability Assessment of Buildings in Guwahati. *International Journal Of Earth Sciences And Engineering*, 5, 618-623.
295. Manyena, S. B. (2006). The concept of resilience revisited. *Disasters*, 30(4), 434-450. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.0361-3666.2006.00331.x>
296. Manyena, S. B. (2009). Disaster resilience in development and humanitarian interventions (Doctoral dissertation). Northumbria University.
297. Manyena, B., & Gordon, S. (2015). Bridging the concepts of community resilience, fragile states and stabilisation. *Disaster Prevention and Management*, 24(1), 38-52. DOI: <https://doi.org/10.1108/DPM-04-2014-0075>
298. Manyena, S. B., O'Brien, G., O'Keefe, P., & Rose, J. (2011). Disaster resilience: a bounce back or bounce forward ability?. *Local Environment: The International Journal of Justice and Sustainability*, 16(5), 417-424. DOI: <http://dx.doi.org/10.1080/13549839.2011.583049>
299. Marker, B. R. (2013). Hazard and risk mapping. In: Bobrowsky, P. T. (ed.). *Encyclopedia of Natural Hazards*. Encyclopedia of Earth Sciences Series. Dordrecht: Springer, 426-434.
300. Marmureanu, G., Cioflan, C. O., & Marmureanu, A. (2010). Research regarding the local seismic hazard (microzonation) of the Bucharest metropolitan area (in Romanian). Iasi: Editura Tehnopress.
301. Marmureanu, G., Cioflan, C. O., Marmureanu, A., & Manea, E. F. (2016). Main Characteristics of November 10, 1940 Strong Vrancea Earthquake in Seismological and Physics of Earthquake Terms. In: Vacareanu, R., & Ionescu, C. (Eds.) *The 1940 Vrancea Earthquake. Issues, Insights and Lessons Learnt*. Proceedings of the Symposium Commemorating 75 Years from November 10, 1940 Vrancea Earthquake. Springer Natural Hazards, 73-83. DOI: [https://doi.org/10.1007/978-3-319-29844-3\\_5](https://doi.org/10.1007/978-3-319-29844-3_5)
302. Martin, S., & Rietbrock, A. (2006). Guided waves at subduction zones: dependencies on slab geometry, receiver locations and earthquake sources. *Geophysical Journal International*, 167(2), 693-704. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1365-246X.2006.02963.x>
303. Martins, V. N., e Silva, D. S., & Cabral, P. (2012). Social vulnerability assessment to seismic risk using multicriteria analysis: the case study of Vila Franca do Campo (São Miguel Island, Azores, Portugal). *Natural hazards*, 62(2), 385-404. DOI: 10.1007/s11069-012-0084-x
304. Mârza, V. I., Kijko, A., & Mäntyniemi, P. (1991). Estimate of earthquake hazard in the Vrancea (Romania) region. *pure and applied geophysics*, 136(1), 143-154. DOI: <https://doi.org/10.1007/BF00878892>
305. Matenco, L., Bertotti, G., Cloetingh, S., & Dinu, C. (2003). Subsidence analysis and tectonic evolution of the external Carpathian–Moesian Platform region during Neogene times. *Sedimentary Geology*, 156(1-4), 71-94. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0037-0738\(02\)00283-X](https://doi.org/10.1016/S0037-0738(02)00283-X)
306. McCalpin, J. P. (2013). Tectonic and tectono-seismic hazards. In: Bobrowsky, P. T. (ed.). *Encyclopedia of Natural Hazards*. Encyclopedia of Earth Sciences Series. Dordrecht: Springer, 994-1003.
307. McKenzie, D. (1972). Active tectonics of the Mediterranean region. *Geophysical Journal International*, 30(2), 109-185. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1365-246X.1972.tb02351.x>
308. McLafferty, S. L. (2003). GIS and health care. *Annual review of public health*, 24(1), 25-42. DOI: <https://doi.org/10.1146/annurev.publhealth.24.012902.141012>
309. Mellors, R. J., Pavlis, G. L., Hamburger, M. W., Al-Shukri, H. J., & Lukk, A. A. (1995). Evidence for a high-velocity slab associated with the Hindu Kush seismic zone. *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*, 100(B3), 4067-4078. DOI: <https://doi.org/10.1029/94JB02642>

310. Merciu, C., Ianos, I., Merciu, G., Jones, R., & Pomeroy, G. (2018). Mapping accessibility for earthquake hazard response in the historic urban centre of Bucharest. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 18(7), 2011-2026. DOI: <https://doi.org/10.5194/nhess-18-2011-2018>
311. Michel, C., Hannewald, P., Lestuzzi, P., Fäh, D., & Husen, S. (2017). Probabilistic mechanics-based loss scenarios for school buildings in Basel (Switzerland). *Bulletin of Earthquake Engineering*, 15(4), 1471-1496. DOI: 10.1007/s10518-016-0025-2
312. Mileti, D. (1999). *Disasters by design: A reassessment of natural hazards in the United States*. Washington D. C.: Joseph Henry Press. DOI: <https://doi.org/10.17226/5782>
313. Milsom, J. (2005). The Vrancea seismic zone and its analogue in the Banda Arc, eastern Indonesia. *Tectonophysics*, 410(1-4), 325-336. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tecto.2005.06.011>
314. Milutinovic, Z. V., & Trendafiloski, G. S. (2003). Risk-UE An advanced approach to earthquake risk scenarios with applications to different european towns. Contract: EVK4-CT-2000-00014, WP4: Vulnerability of Current Buildings, 1-111. [[http://www.civil.ist.utl.pt/~mlopes/conteudos/DamageStates/Risk%20UE%20WP04\\_Vulnerability.pdf](http://www.civil.ist.utl.pt/~mlopes/conteudos/DamageStates/Risk%20UE%20WP04_Vulnerability.pdf)], Accesat la 05.05.2019
315. Mitchell, J. K. (1989). Hazards research. In: Gaile, G. L., & Wilmott, C. J. (eds). *Geography in America*. Merill: Columbus, 410-424.
316. Mocanu, A. S. (2008). Modul de utilizare a terenului și starea calității solului în municipiul Vaslui. (Teză de doctorat). Universitatea Alexandru Ioan Cuza din Iași.
317. Moldovan, I. A., Grecu, B., Constantin, A. P., Anghel, A., Manea, E., Manea, L., Toader, V. E., & Partheniu, R. (2018). Seismic Intensity Estimation Using Macroseismic Questionnaires and Instrumental Data—Case Study Barlad, Vaslui County. In: Vacareanu, R., & Ionescu, C. (eds). *Seismic Hazard and Risk Assessment*. Springer Natural Hazards, 75-81. DOI: [https://doi.org/10.1007/978-3-319-74724-8\\_5](https://doi.org/10.1007/978-3-319-74724-8_5)
318. Morán-Rodríguez, S., & Novelo-Casanova, D. A. (2017). A methodology to estimate seismic vulnerability of health facilities. Case study: Mexico City, Mexico. *Natural Hazards*, 90(3), 1349-1375. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11069-017-3101-2>
319. Mosoarca, M., Onescu, I., Onescu, E., Azap, B., Chieffo, N., & Szitar-Sirbu, M. (2019). Seismic vulnerability assessment for the historical areas of the Timisoara city, Romania. *Engineering Failure Analysis*, 101, 86-112. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.engfailanal.2019.03.013>
320. Mouroux, P., Bertrand, E., Bour, M., Le Brun, B., Depinois, S., & Masure, P. (2004). The European RISK-UE project: an advanced approach to earthquake risk scenarios. In *Proceedings of the 13th World Conference on Earthquake Engineering*, Vancouver, Canada, 2004, Paper No. 3329.
321. Muerza, V., de Arcocha, D., Larrodé, E., & Moreno-Jiménez, J. M. (2014). The multicriteria selection of products in technological diversification strategies: an application to the Spanish automotive industry based on AHP. *Production Planning & Control*, 25(8), 715-728. DOI: <https://doi.org/10.1080/09537287.2013.798089>
322. Mulilis, J. P. (1999). Gender and earthquake preparedness: A research study of gender issues in disaster management: Differences in earthquake preparedness due to traditional stereotyping or cognitive appraisal of threat?. *Australian Journal of Emergency Management*, 14(1). 41-49. DOI: 10.3316/ielapa.395651918909784
323. Musson, R. M. W. (1999). Probabilistic seismic hazard maps for the North Balkan region. *Annals of Geophysics*, 42(6), 1109-1124. DOI: <https://doi.org/10.4401/ag-3772>
324. Nadim, F. (2013). Hazard. In: Bobrowsky, P. T. (ed.). *Encyclopedia of Natural Hazards*. Encyclopedia of Earth Sciences Series. Dordrecht: Springer, 425-426.

325. Nakagawa, Y. (2017). The lived experience of preparing for earthquakes in households: A phenomenological psychological study. *Natural Hazards*, 88 (3), 1825–1844. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11069-017-2948-6>.
326. Narita, A., Mosoarca, M., Modena, C., da Porto, F., Munari, M., Taffarel, S., ... & Roverato, M. (2016). Behavior of Historic Buildings in Zones with Moderate Seismic Activity. Case Study: Banat Region, Romania. *Procedia engineering*, 161, 729-737. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2016.08.754>
327. Necula, N., & Niculiță, M. (2017). Landslide reactivation susceptibility modeling in Iași Municipality. *Revista de geomorfologie*, 19(1), 101-117. DOI: <https://doi.org/10.21094/rg.2017.021>
328. Niculiță, M. (2020). Evaluarea activității alunecărilor de teren din Podișul Moldovei în holocen și antropocen: element fundamental pentru evaluarea hazardului la alunecări de teren în contextul schimbărilor climatice (LAHAMP). Raport de cercetare. Iași: Editura Tehnopress.
329. Niculiță, M., Andrei, A., & Lupu, C. (2017). The landslide database of North-Eastern Romania. In *Proceedings of Romanian geomorphology symposium*, Iași, Romania, 2017, 1, 81-84. DOI: 10.15551/prgs.2017.81
330. Norio, O., Ye, T., Kajitani, Y., Shi, P., & Tatano, H. (2011). The 2011 eastern Japan great earthquake disaster: Overview and comments. *International Journal of Disaster Risk Science*, 2(1), 34-42. DOI: <https://doi.org/10.1007/s13753-011-0004-9>
331. Noto, G. (2017). Combining system dynamics and performance management to support sustainable Urban transportation planning. *Journal of Urban and Regional Analysis*, 9(1), 51-71.
332. Nussbächer, G. (1987). Din cronică și hrisoave. Contribuții la istoria Transilvaniei. Din cronică cutremurelor în Țara Bârsei (secolele XV-XX). București: Editura Kriterion.
333. Oancea, D. I. & Swizewski, C. (1979). Județul Galați, Colecția Județele Patriei, București: Editura Academiei Republicii Socialiste România
334. O'Keefe, P. (1976). Taking the "Naturalness" out of "Natural Disaster". *Nature*, 260(1), 566-567.
335. Oliver-Smith, A. (1998). *Global changes and the definition of disasters, What is a disaster?*. Routledge: London.
336. Oncescu, M. C. (1984). Deep structure of the Vrancea region, Romania, inferred from simultaneous inversion for hypocenters and 3-D velocity structure. *Annales geophysicae*, 2(1), 23-28.
337. Oncescu, M. C. (1987). On the stress tensor in Vrancea region. *Journal of Geophysics*, 62(1), 62-65. [<https://journal.geophysicsjournal.com/JofG/article/view/101>.], Accesat la 02.05.2021
338. Oncescu, M. C., Bonjer, K. P., & Rizescu, M. (1999a). Weak and Strong Ground Motion of Intermediate Depth Earthquakes from the Vrancea Region. In: Wenzel, F., Lungu, D., & Novak, O. (Eds.) *Vrancea Earthquakes: Tectonics, Hazard and Risk Mitigation. Advances in Natural and Technological Hazards Research*, Vol 11. Dordrecht: Springer, 27-42. DOI: [https://doi.org/10.1007/978-94-011-4748-4\\_3](https://doi.org/10.1007/978-94-011-4748-4_3)
339. Oncescu, M. C., Marza, V. I., Rizescu, M., & Popa, M. (1999b). The Romanian Earthquake Catalogue Between 984 – 1997. In: Wenzel, F., Lungu, D., & Novak, O. (Eds.) *Vrancea Earthquakes: Tectonics, Hazard and Risk Mitigation. Advances in Natural and Technological Hazards Research*, Vol 11. Dordrecht: Springer, 43-47. DOI: [https://doi.org/10.1007/978-94-011-4748-4\\_4](https://doi.org/10.1007/978-94-011-4748-4_4)
340. Oncescu, M. C., & Trifu, C. I. (1987). Depth variation of moment tensor principal axes in Vrancea (Romania) seismic region. In *Annales geophysicae. Series B. Terrestrial and planetary physics*, 5(2), 149-154.
341. Opanan, S., & Miller-Hooks, E. (2006). Multicriteria adaptive paths in stochastic, time-varying networks. *European Journal of Operational Research*, 173(1), 72-91. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2004.12.003>

342. O'Reilly, G. J., Perrone, D., Fox, M., Monteiro, R., & Filiatrault, A. (2018). Seismic assessment and loss estimation of existing school buildings in Italy. *Engineering Structures*, 168, 142-162. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.engstruct.2018.04.056>
343. Ouma, Y. O., & Tateishi, R. (2014). Urban flood vulnerability and risk mapping using integrated multi-parametric AHP and GIS: methodological overview and case study assessment. *Water*, 6(6), 1515-1545. DOI: <https://doi.org/10.3390/w6061515>
344. Özdamar, L., & Pedamallu, C. S. (2011). A comparison of two mathematical models for earthquake relief logistics. *International Journal of Logistics Systems and Management*, 10(3), 361-373. DOI: <https://doi.org/10.1504/IJLSM.2011.043122>
345. Özdamar, L., Ekinçi, E., & Küçükyazıcı, B. (2004). Emergency logistics planning in natural disasters. *Annals of operations research*, 129(1), 217-245. DOI: <https://doi.org/10.1023/B:ANOR.0000030690.27939.39>
346. Palm, R., & Hodgson, M. (1992). Earthquake insurance: mandated disclosure and homeowner response in California. *Annals of the Association of American Geographers*, 82(2), 207-222. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1467-8306.1992.tb01905.x>
347. Panahi, M., Rezaie, F., & Meshkani, S. A. (2014). Seismic vulnerability assessment of school buildings in Tehran city based on AHP and GIS. *Natural Hazards and Earth System Sciences Discussions*, 1, 4511-4538. DOI: <https://doi.org/10.5194/nhess-14-969-2014>
348. Pantea, A., & Constantin, A. P. (2011). Reevaluated macroseismic map of Vrancea (Romania) earthquake occurred on November 10, 1940. *Romanian Journal of Physics*, 56(3-4), 578-589. [[https://rjp.nipne.ro/2011\\_56\\_3-4/0578\\_0589.pdf](https://rjp.nipne.ro/2011_56_3-4/0578_0589.pdf)], Accesat la 29.04.2021.
349. Pantea, A., & Constantin, A. P. (2013). Re-evaluation of the macroseismic effects produced by the March 4, 1977, strong Vrancea earthquake in Romanian territory. *Annals of Geophysics*, 56(1), 104-116. DOI: <https://doi.org/10.4401/ag-5641>
350. Panza, G. F., Radulian, M., Kronrod, T., Paskaleva, I., Radovanovic, S., Popa, M., ... & Pekevski, L. (2010). Integrated unified mapping of the Vrancea macroseismic data for the CEI region. In *Proceedings of the 14th WCEE, Ohrid, Macedonia, 2010*. [[https://www.academia.edu/download/39804071/INTEGRATED\\_UNIFIED\\_MAPPING\\_OF\\_THE\\_VRANCEA.pdf](https://www.academia.edu/download/39804071/INTEGRATED_UNIFIED_MAPPING_OF_THE_VRANCEA.pdf)], Accesat la 05.05.2021
351. Papathoma-Köhle, M., Kappes, M., Keiler, M., & Glade, T. (2011). Physical vulnerability assessment for alpine hazards: state of the art and future needs. *Natural hazards*, 58(2), 645-680. DOI: 10.1007/s11069-010-9632-4
352. Paton, D., & Johnston, D. (Eds.) (2006). *Disaster resilience: An integrated approach*. Springfield: Charles C Thomas Published, Ltd.
353. Pavel, F., Calotescu, I., Vacareanu, R., & Sandulescu, A. M. (2018). Assessment of seismic risk scenarios for Bucharest, Romania. *Natural Hazards*, 93(1), 25-37. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11069-017-2991-3>
354. Pavel, F., Vacareanu, R., Calotescu, I., Sandulescu, A. M., Arion, C., & Neagu, C. (2017). Impact of spatial correlation of ground motions on seismic damage for residential buildings in Bucharest, Romania. *Natural Hazards*, 87(2), 1167-1187. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11069-017-2814-6>
355. Pavić, Z. & Novoselac, V. (2013). Notes on TOPSIS method. *International Journal of Research in Engineering and Science*, 1(2), 5-12. [[https://www.researchgate.net/profile/Zlatko-Pavic/publication/285886027\\_Notes\\_on\\_TOPSIS\\_Method/links/5807ed7408ae5ed04bfe8020/Notes-on-TOPSIS-Method.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Zlatko-Pavic/publication/285886027_Notes_on_TOPSIS_Method/links/5807ed7408ae5ed04bfe8020/Notes-on-TOPSIS-Method.pdf)], Accesat la 10.10.2018
356. Pelling, M. (2003). *The vulnerability of cities. Natural disasters and social resilience*. London: Routledge. DOI: <https://doi.org/10.4324/9781849773379>

357. Pelling, M., Maskrey, A., Ruiz, P., & Hall, L. (eds.) (2004). *Reducing Disaster Risk: A Challenge for Development. A Global Report*, United Nations Development Programme, Bureau for Crisis Prevention and Recovery, New York: John S. Swift Co. [<https://archive-ouverte.unige.ch/unige:77685/ATTACHMENT01>], Accesat la 17.04.2021
358. Pelling, M., & Uitto, J. I. (2001). Small island developing states: natural disaster vulnerability and global change. *Global Environmental Change Part B: Environmental Hazards*, 3(2), 49-62. DOI: <https://doi.org/10.3763/ehaz.2001.0306>
359. Peltonen, L. (2006). *Coping Capacity and Adaptive Capacity*. Centre for Urban and Regional Studies, Helsinki University of Technology, Finland.
360. Pérez, J., Jimeno, J. L., & Mokotoff, E. (2006). Another potential shortcoming of AHP. *Top*, 14(1), 99-111. DOI: <https://doi.org/10.1007/BF02579004>
361. Petal, M., Wisner, B., Kelman, I., Alexander, D., Cardona, O. D., Benouar, D., Bhatia, S., Bothara, J.K., Dixit, ..., & Shaw, R. (2015). School seismic safety and risk mitigation. In: Beer, M., Kougoumtzoglou, I. A., Patelli, E., & Au, S. K. (Eds.) *Encyclopedia of Earthquake Engineering*, Heidelberg: Springer, 2450-2468. DOI: 10.1007/978-3-642-36197-5\_396-1
362. Pijawka, K. D, Radwan, A. E. (1985). The transportation of hazardous materials: risk assessment and hazard management, *Dangeurous Properties of Industrial Materials Report*, 2-11.
363. Pine, J. C. (2009). *Natural Hazards Analysis. Reducing the Impact of Disasters*. London: CRC Press.
364. Pitilakis, K., Franchin, P., Khazai, B., & Wenzel, H. (Eds.) (2014). *SYNER-G: Systematic seismic vulnerability and risk assessment of complex urban, utility, lifeline systems and critical facilities: Methodology and applications*, Dodrecht: Springer.
365. Plapp, T., & Werner, U. (2006). Understanding risk perception from natural hazards: Examples from Germany. In *RISK21-Coping with Risks due to Natural Hazards in the 21st Century*. Boca Raton: CRC Press, 111–118.
366. Pollino, M., Rocca, A. B., Fattoruso, G., Porta, L. L., Curzio, S. L., Arolchi, A., James, V., & Pascale, C. (2012). Open source GIS Tools to Map Earthquake Damage Scenarios and to Support Emergency. In *Proceedings of the 4th International Conference on Advanced Geographic Information Systems, Applications and Management, GEOProcessing, Valencia, Spain, 2010*, 152-157
367. Popescu, E., & Radulian, M. (2001). Source characteristics of the seismic sequences in the Eastern Carpathians foredeep region (Romania). *Tectonophysics*, 338(3-4), 325-337. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0040-1951\(01\)00087-7](https://doi.org/10.1016/S0040-1951(01)00087-7)
368. Portalul MOBEE (2021). Cutremurul din 4 martie 1977, [<https://mobe.infp.ro/despre-cutremurele-din-romania/cutremurul-din-4-martie-1977>], Accesat la 23.05.2021.
369. Prater, C. S., & Lindell, M. K. (2000). Politics of hazard mitigation. *Natural Hazards Review*, 1(2), 73-82. DOI: [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)1527-6988\(2000\)1:2\(73\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)1527-6988(2000)1:2(73))
370. Primăria Galați. (2019). Blocuri expertizate. [<https://www.primariagalati.ro/portal/galati/portal.nsf/allbyunid/8B9F47CE84153B40C225846A002EBBF7?OpenDocument>], Accesat la 03.06.2021
371. Quarantelli, E. L. (1992). *Urban vulnerability and technological hazards in developing societies*. Disaster Research Center, University of Delaware, 187-197. [<http://cidbimena.desastres.hn/pdf/eng/doc2214/doc2214-a.pdf>], Accesat la 10.06.2019.
372. Quarantelli, E. L. (ed.). (1998). *What is a disaster? A Dozen Perspectives on the Question*. London: Routledge.
373. Quarantelli, E. L. (2006). *Catastrophes are different from disasters: Some Implications for Crisis Planning and Managing Drawn from Katrina* [<https://items.ssrc.org/understanding->

katrina/catastrophes-are-different-from-disasters-some-implications-for-crisis-planning-and-managing-drawn-from-katrina/], Accesat la 07.04.2021

374. Radu, C. (1979). The catalogue of strong earthquakes occurred on the territory of Romania. Part I-before 1901. Part II-1901–1979, In Cornea, I. & Radu, C. (Eds.) *Seismological Studies of the March 4, 1977 Earthquake*, Bucharest: Central Institute of Physics, , 723-752.
375. Radulescu, N. A. (1941). Considerations géographiques sur le tremblement de terre du 10 Nov. 1940, *Comptes Rendus des Séances de l'Académie des Sciences de Roumanie*, Numéro consacré aux recherches sur le tremblement de terre du 10 Novembre 1940 en Roumanie, 5(3), București: Editura Cartea Românească.
376. Radulian, M. (2014). Mechanisms of Earthquakes in Vrancea. In: Beer, M., Kougioumtzoglou I.A., Patelli, E., Au, S. K. (Eds.) *Encyclopedia of Earthquake Engineering*. Berlin, Heidelberg: Springer. DOI: [https://doi.org/10.1007/978-3-642-35344-4\\_302](https://doi.org/10.1007/978-3-642-35344-4_302).
377. Radulian, M., Bala, A., Popescu, E., & Toma-Danila, D. (2018). Earthquake mechanism and characterization of seismogenic zones in south-eastern part of Romania. *Annals of Geophysics*, 61(1), 108. DOI: <https://doi.org/10.4401/ag-7443>
378. Radulian, M., Bălă, A., Ardeleanu, L., Toma-Dănilă, D., Petrescu, L., & Popescu, E. (2019). Revised catalogue of earthquake mechanisms for the events occurred in Romania until the end of twentieth century: REFMC. *Acta Geodaetica et Geophysica*, 54(1), 3-18. DOI: <https://doi.org/10.1007/s40328-018-0243-y>
379. Radulian, M., Mandrescu, N., Panza, G. F., Popescu, E., & Utale, A. (2000). Characterization of seismogenic zones of Romania. In: Panza, G., Radulian, M., & Trifu, C. I. (Eds.) *Seismic Hazard of the Circum-Pannonian Region*, Basel: Birkhäuser, 55-77. DOI: [https://doi.org/10.1007/978-3-0348-8415-0\\_4](https://doi.org/10.1007/978-3-0348-8415-0_4)
380. Rahman, M. L. (2019). Risk perception and awareness of earthquake: The case of Dhaka. *International Journal of Disaster Resilience in the Built Environment*, 10 (1), 65–82. DOI: <https://doi.org/10.1108/IJDRBE-04-2018-0020>.
381. Ranjbar, H. R., & Nekooie, M. A. (2018). An improved hierarchical fuzzy TOPSIS approach to identify endangered earthquake-induced buildings. *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, 76, 21-39. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.engappai.2018.08.007>
382. Rapoarte de expertiză tehnică (1990-2015). Arhivele Primăriei Galați, consultate în martie 2019
383. Rashed, T., & Weeks, J. (2003). Assessing vulnerability to earthquake hazards through spatial multicriteria analysis of urban areas. *International Journal of Geographical Information Science*, 17(6), 547-576. DOI: <https://doi.org/10.1080/1365881031000114071>
384. Recensământul Populației și al Locuințelor (RPL). (2011). Baze de date provenite de la Direcțiile Statistice Județene Iași, Vaslui, Galați, Vrancea
385. Rein, A., & Corotis, R. B. (2013). An overview approach to seismic awareness for a “quiescent” region. *Natural hazards*, 67(2), 335-363. DOI: 10.1007/s11069-013-0565-6
386. Remo, J. W., & Pinter, N. (2012). Hazus-MH earthquake modeling in the central USA. *Natural hazards*, 63(2), 1055-1081. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11069-012-0206-5>
387. Ren, Y., Stuart, G. W., Houseman, G. A., Dando, B., Ionescu, C., Hegedüs, E., ... & South Carpathian Project Working Group. (2012). Upper mantle structures beneath the Carpathian–Pannonian region: implications for the geodynamics of continental collision. *Earth and Planetary Science Letters*, 349, 139-152. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.epsl.2012.06.037>
388. Rezaie, F., & Panahi, M. (2015). GIS modeling of seismic vulnerability of residential fabrics considering geotechnical, structural, social and physical distance indicators in Teheran using multi-criteria decision-making techniques. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 15, 461-474. DOI: <https://doi.org/10.5194/nhess-15-461-2015>

389. Ritchie, H. (2018). What were the world's deadliest earthquakes, Our Worlds in Data [https://ourworldindata.org/the-worlds-deadliest-earthquakes], Accesat la 16.04.2021
390. Roberts, N. J., Nadim, F., & Kalsnes, B. (2009). Quantification of vulnerability to natural hazards. *Georisk*, 3, 164-173. DOI: https://doi.org/10.1080/17499510902788850
391. Rodrigues, H., Furtado, A., Vila-Pouca, N., Varum, H., & Barbosa, A. R. (2018). Seismic assessment of a school building in Nepal and analysis of retrofitting solutions. *International Journal of Civil Engineering*, 16(11), 1573-1589. DOI: https://doi.org/10.1007/s40999-018-0297-9
392. Rodriguez, C., Monteiro, R., & Ceresa, P. (2018). Assessing seismic social vulnerability in urban centers – the Case Study of Neablus, Palestine. *International Journal of Architectural Heritage*. 12(7-8), 1216-1230. DOI: https://doi.org/10.1080/15583058.2018.1503369
393. Rogozea, M., Radulian, M., Popa, M., Paulescu, D. N., Oros, E., & Neagoe, C. (2016). Comparison of three major historical earthquakes with three recent earthquakes. In: Vacareanu, R., & Ionescu, C. (Eds.) *The 1940 Vrancea Earthquake. Issues, Insights and Lessons Learnt. Proceedings of the Symposium Commemorating 75 Years from November 10, 1940 Vrancea Earthquake*. Springer Natural Hazards, 267-284. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-319-29844-3\_18
394. Roszkowska, E. (2011). Multi-criteria decision making models by applying the TOPSIS method to crisp and interval data. In: Trzaskalik, T., & Wachowicz, T. (Eds.) *Multiple Criteria Decision Making*. Krakow: Scientific Publications of University of Economics in Katowice 6: 200-230. [http://mcdm.ue.katowice.pl/files/mcdm11.pdf#page=200], Accesat la 05.05.2019
395. Ruan, J., Wang, X., Shi, Y., & Sun, Z. (2013). Scenario-based path selection in uncertain emergency transportation networks. *International Journal of Innovative Computing, Information and Control*, 9(8), 3293-3305. [http://www.ijicic.org/ijicic-12-05101.pdf], Accesat la 07.07.2021
396. Rufat, S. (2013). Spectroscopy of urban vulnerability. *Annals of the Association of American Geographers*, 103(3), 505-525. DOI: https://doi.org/10.1080/00045608.2012.702485
397. Rüstemli, A., & Karanci, A. N. (1999). Correlates of earthquake cognitions and preparedness behavior in victimized population. *Journal of Social Psychology*, 139(1), 91-101. DOI: https://doi.org/10.1080/00224549909598364
398. Saaty, T. L. (1977). A scaling method for priorities in hierarchical structures. *Journal of mathematical psychology*, 15(3), 234-281. DOI: https://doi.org/10.1016/0022-2496(77)90033-5
399. Saaty, T. L. (1980). *The Analytic Hierarchy Process: Planning, priority setting. resource allocation*. New York, London: McGraw-Hill International Book Co.
400. Saaty, T. L. (1987). *The Analytic Hierarchy Process - What it is and how it is used*. *Mathematical modelling*, 9(3-5), 161-176. DOI: https://doi.org/10.1016/0270-0255(87)90473-8
401. Saaty, T. L. (1990). The analytic hierarchy process in conflict management. *International Journal of Conflict Management*, 1(1), 47-68. DOI: https://doi.org/10.1108/eb022672
402. Saaty, T. L. (2004). Decision making—the analytic hierarchy and network processes (AHP/ANP). *Journal of systems science and systems engineering*, 13(1), 1-35.
403. Saaty, T. L. (2008). Decision making with the analytic hierarchy process. *International Journal of Services Sciences*, 1(1), 83-98. DOI: https://doi.org/10.1504/IJSSci.2008.01759
404. Saaty, T. L., & Vargas, L. G. (2006). *Decision making with the Analytic Network Process. Economic, Political, Social and Technological Applications with Benefits, Opportunities, Costs and Risks*. Berlin, Heidelberg: Springer. URI: https://www.jstor.org/stable/20141535
405. Sadrykia, M., Delavar, M. R., & Zare, M. (2017a). A GIS-based decision making model using fuzzy sets and theory of evidence for seismic vulnerability assessment under uncertainty (case study: Tabriz). *Journal of Intelligent & Fuzzy Systems*, 33(3), 1969-1981. DOI: 10.3233/JIFS-17075

406. Sadrykia, M., Delavar, M. R., & Zare, M. (2017b). A GIS-based fuzzy decision making model for seismic vulnerability assessment in areas with incomplete data. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 6(4), 119. DOI: <https://doi.org/10.3390/ijgi6040119>
407. Săgeata, R. (2004). Dynamics Of Urban Influence Zones Under Political-Administrative Pressure. *Forum Geografic*, 3, 121-126. [<https://www.proquest.com/openview/be0a9648099fb4064b146fa62085741f/1?pq-origsite=gscholar&cbl=2032482>], Accesat la 14.03.2021
408. Săgeată, R. (2006). Euroregiunile de cooperare transfrontalieră de la noua frontieră estică a Uniunii Europene. *GeoPolitica*, 4(20), 99-110.
409. Săndulescu, M. (1984). *Geotectonica României*, Vol. 336, București: Editura Tehnică
410. Săndulescu, M. (1988). Cenozoic Tectonic History of the Carpathians, In Royden, L. H., & Horváth, F. (Eds.) *The Pannonian Basin. A study in basin evolution*, AAPG Special Volumes, A113, 17-25. DOI: <https://doi.org/10.1306/M45474C2>
411. Sarris, A., Loupasakis, C., Soupios, P., Trigkas, V., & Vallianatos, F. (2010). Earthquake vulnerability and seismic risk assessment of urban areas in high seismic regions: application to Chania City, Crete Island, Greece. *Natural hazards*, 54(2), 395-412. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11069-009-9475-z>
412. Saulea, E., Ghenea, C., Bandrabur, T., & Ghenea, A. (1968). Harta geologică la scara 1: 200.000 L-35-XXII; L-35-XXIII 40, Institutul Geologic, București.
413. Schmidtlein, M. C., Shafer, J. M., Berry, M., & Cutter, S. L. (2011). Modeled earthquake losses and social vulnerability in Charleston, South Carolina. *Applied Geography*, 31(1), 269-281. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2010.06.001>
414. Schmidt-Thomé, P., & Juhola, S. (2013). Adaptation. In: Bobrowsky, P. T. (ed.). *Encyclopedia of Natural Hazards*. Encyclopedia of Earth Sciences Series. Dordrecht: Springer, 3-5.
415. Schoemaker, P. J. (1993). Multiple scenario development: Its conceptual and behavioral foundation. *Strategic management journal*, 14(3), 193-213. DOI: <https://doi.org/10.1002/smj.4250140304>
416. SDD Galați (2020). *Strategia de Dezvoltare Durabilă a Municipiului Galați (2021-2027)*. Beneficiar Primăria Municipiului Galați.
417. Servi, M. (2004). *Assessment of vulnerability to earthquake hazards using spatial multicriteria analysis: Odunpazarı, Eskişehir case study*. (Master thesis). Burdur Mehmet Akif Ersoy University
418. Setiadi, N., Taubenböck, H., Raupp, S., & Birkmann, J. (2010). Integrating socio-economic data in spatial analysis: an exposure analysis method for planning urban risk mitigation. In *Proceedings of Corp Konferenz*, Vienna, Austria, 1-8. URI: <https://elib.dlr.de/64174/>
419. Sficlea, V. (1960). Contribution to the study of the loessoid deposits around Galați city. *The Scientific annual of Alexandru Ioan Cuza University, Iasi*, 6, 35-45.
420. Shapiro, A. F., & Koissi, M. C. (Eds.) (2015). *Risk assessment applications of fuzzy logic*. Casualty actuarial society, Canadian Institute of Actuaries. Society of Actuaries.
421. Sheu, J. B. (2007). An emergency logistics distribution approach for quick response to urgent relief demand in disasters. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 43(6), 687-709. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tre.2006.04.004>
422. Shohet, I. M., Wei, H. H., Levy, R., Shapira, S., Levi, O., Levi, T., Salamon, A., Bar-Dayyan, Y., Zohar, M., Vilnay, O., & Aharonson-Daniel, L. (2014). Earthquake causalty loss assessment in a major city of Israel – The case of Tiberias. *Proceedings of the Second European Conference on Earthquake Engineering and Seismology*, Istanbul, Turkey, 2014.

423. SIDU Focșani 2014-2030. (2020). Strategia Integrată de Dezvoltare Urbană a Municipiului Focșani 2014-2023, Beneficiar Primăria Municipiului Focșani.
424. SIDU ZMI 2015-2030. (2017). Strategia Integrală de Dezvoltare Urbană a Zonei Metropolitane Iași 2015-2030. Beneficiar Municipiul Iași.
425. SIDU ZMV 2014-2030. (2017). Strategia Integrată de Dezvoltare Urbană a Zonei Metropolitane Vaslui pentru perioada 2014-2023. Beneficiar Municipiul Vaslui.
426. Sima, H. (1982). *Era Libertății-Statul Național-Legionar*, Vol. I, Madrid: Editura Mișcării Legionare
427. Simeonova, S. D., Solakov, D. E., Leydecker, G., Busche, H., Schmitt, T., & Kaiser, D. (2006). Probabilistic seismic hazard map for Bulgaria as a basis for a new building code. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 6(6), 881-887. DOI: <https://doi.org/10.5194/nhess-6-881-2006>
428. Simons, M., Minson, S. E., Sladen, A., Ortega, F., Jiang, J., Owen, S. E., ... & Webb, F. H. (2011). The 2011 magnitude 9.0 Tohoku-Oki earthquake: Mosaicking the megathrust from seconds to centuries. *Science*, 332(6036), 1421-1425. DOI: 10.1126/science.1206731
429. Sinha, R., Bapalu, G. V., Singh, L. K., & Rath, B. (2008). Flood risk analysis in the Kosi river basin, north Bihar using multi-parametric approach of analytical hierarchy process (AHP). *Journal of the Indian Society of Remote Sensing*, 36(4), 335-349. DOI: <https://doi.org/10.1007/s12524-008-0034-y>
430. Sinnott, J. D. (1989). A model for solution of ill-structured problems: Implications for everyday and abstract problem solving. In Sinnott, J. D. (ed.). *Everyday problem solving: Theory and applications*. Westport: Praeger Publishers, 72–99.
431. Site gazonline. (2021). [<https://www.gazonline.ro>], Accesat la 10.01.2021
432. Site Primăria Iași (2021). Imobile cu risc seismic. [[https://www.primaria-iasi.ro/imagini-iasi/fisiere-iasi/1475306373-Lista\\_imobilelor\\_expertizate\\_cu\\_risc\\_seismic\\_actualizata\\_-\\_aprilie\\_2015\\_.pdf](https://www.primaria-iasi.ro/imagini-iasi/fisiere-iasi/1475306373-Lista_imobilelor_expertizate_cu_risc_seismic_actualizata_-_aprilie_2015_.pdf)], Accesat la 02.03.2021
433. Site Zona Metropolitană Iași. (2021). [[http://www.zmi.ro/membri\\_activi.html](http://www.zmi.ro/membri_activi.html)], Accesat la 07.11.2020, Accesat la 07.10.2020
434. Smit, B., & Wandel, J. (2006). Adaptation, adaptive capacity and vulnerability. *Global Environmental Change*, 16, 282-292. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2006.03.008>
435. Smith, K. (2004). *Environmental hazards: assesing risk and reducing disaster*. London: Routledge.
436. Smyth, A. W., Altay, G., Deodatis, G., Erdik, M., Franco, G., Gülkan, P., ... & Yüzügüllü, Ö. (2004). Probabilistic benefit-cost analysis for earthquake damage mitigation: Evaluating measures for apartment houses in Turkey. *Earthquake spectra*, 20(1), 171-203. DOI: <https://doi.org/10.1193/1.1649937>
437. Sperner, B., Lorenz, F., Bonjer, K., Hettel, S., Müller, B., & Wenzel, F. (2001). Slab break-off–abrupt cut or gradual detachment? New insights from the Vrancea Region (SE Carpathians, Romania). *Terra Nova*, 13(3), 172-179. DOI: <https://doi.org/10.1046/j.1365-3121.2001.00335.x>
438. Spittal, M. J., McClure, J., Siegert, R. J., & Walkey, F. H. (2005). Optimistic bias in relation to preparedness for earthquakes. *Australasian Journal of Disaster and Trauma Studies*, 1. 2005-09428-005
439. Spittal, M. J., McClure, J., Siegert, R. J., & Walkey, F. H. (2008). Predictors of two types of earthquake preparation: Survival activities and mitigation activities. *Environment and Behavior*, 40 (6), 798–817. DOI: <https://doi.org/10.1177/0013916507309864>.
440. Spittal, M. J., Walkey, F. H., McClure, J., Siegert, R. J., & Ballantyne, K. E. (2006). The earthquake readiness scale: The development of a valid and reliable unifactorial measure. *Natural Hazards*, 39 (10), 15–29. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11069-005-2369-9>.

441. Stampfli, G. M., Borel, G. D., Marchant, R., & Mosar, J. (2002). Western Alps geological constraints on western Tethyan reconstructions. *Journal of the Virtual Explorer*, 8, 77-106. DOI: <https://dx.doi.org/10.3809/jvirtex.2002.00057>
442. Stângă, I. C. (2007). *Riscurile naturale. Noțiuni și concepte*. Iași: Editura Universității „Alexandru Ioan Cuza” Iași.
443. Steiner, N., & Manastireanu, D. (1996). *Curs practic de urgențe medico-chirurgicale*, Vol. 3 *Introducere în medicina de dezastre*. București: Editura Didactică și Pedagogică
444. Stoleru, O. M. (2008). *Evoluția uman-geografică și urbanistică a orașului Iași în perioada postbelică*. Iași: Editura Terra noastră
445. Stucchi, M., Rovida, A., Capera, A. G., Alexandre, P., Camelbeeck, T., Demircioglu, M. B., ... & Giardini, D. (2013). The SHARE European earthquake catalogue (SHEEC) 1000–1899. *Journal of Seismology*, 17(2), 523-544. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10950-012-9335-2>
446. Susman, P., O’Keefe, P., & Wisner, B. (1983). Global disasters: a radical interpretation, , In: Hewitt, K. (ed.). *Interpretations of Calamity*. London: Routledge, 263-283.
447. Swearingen, W. D. (1992). Drought hazard in Morocco. *Geographical Review*, 401-412. DOI: <https://doi.org/10.2307/215198>
448. Ștefănescu, G. (1901) *Cutremurele de pământ în România în timp de 1391 de ani, de la anul 455 până la 1874*, Extras din *Analele Academiei Române*, Seria II, vol. XXIV.
449. Tamima, U., & Chouinard, L. (2017). Systemic seismic vulnerability of transportation networks and emergency facilities. *Journal of Infrastructure Systems*, 23(4), 04017032-1–04017032-14. DOI: [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)IS.1943-555X.0000392](https://doi.org/10.1061/(ASCE)IS.1943-555X.0000392)
450. Tantala, M. W., Nordenson, G. J., Deodatis, G., & Jacob, K. (2008). Earthquake loss estimation for the New York City metropolitan region. *Soil Dynamics and Earthquake Engineering*, 28(10-11), 812-835. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.soildyn.2007.10.012>
451. Thomas, D. S., Phillips, B. D., Lovekamp, W. E., & Fothergill, A. (Eds.) (2013). *Social vulnerability to disasters*. Boca Raton: CRC Press.
452. Thywissen, K. (2006). *Components of Risk. A comparative Glossary*, United Nations University, Institute for Environment and Human Security. Bonn: Publication Series of UNU-EHS 2. [<http://collections.unu.edu/eserv/unu:1869/pdf4042.pdf>], Accesat la 12.10.2018
453. Tian, L., Yao, P., & Jiang, S. J. (2014). Perception of earthquake risk: A study of the earthquake insurance pilot area in China. *Natural Hazards*, 74 (3), 1595–1611. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11069-014-1257-6>.
454. Tierney, K., & Bruneau, M. (2007). Conceptualizing and measuring resilience: A key to disaster loss reduction. *TR news, Transportation Research Board*, 250, 14-17. 01054255
455. Tillotson, E. (1940). The Rumanian earthquake of November 10, *Nature*, 3708, 675–677. DOI: 10.1038/146675a0
456. Timmerman, P. (1981). *Vulnerability resilience and collapse of society. A Review of Models and Possible Climatic Applications*. Toronto, Canada. Toronto: Institute for Environmental Studies, University of Toronto. [<http://www.ilankelman.org/miscellany/Timmerman1981.pdf>], Accesat la 03.06.2020
457. Tobin, G. A., & Montz, B. E. (1997). *Natural hazards: explanation and integration*. New York: Guilford Press
458. Toma, A. M., & Atanasiu, G. M. (2010). Evaluation of the Seismic Vulnerability for P+ 4 Residential Buildings from the Urban Area of Iasi Using the Finite Element Method. *Buletinul Institutului Politehnic din Iasi. Sectia Constructii, Arhitectura*, 56(4), 97.

459. Toma-Danila, D. (2012). Real-Time Earthquake damage assessment and GIS analysis of two vulnerable counties in the Vrancea Seismic Area, Romania; *Environmental Engineering and Management Journal*, 11(12), 2265-2274.
460. Toma-Danila, D. (2018). A GIS framework for evaluating the implications of urban road network failure due to earthquakes: Bucharest (Romania) case study. *Natural Hazards*, 93, 97-111. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11069-017-3069-y>
461. Toma-Danila, D., & Armaş, I. (2017). Insights into the possible seismic damage of residential buildings in Bucharest, Romania, at neighborhood resolution. *Bulletin of Earthquake Engineering*, 15(3), 1161-1184, DOI: 10.1007/s10518-016-9997-1.
462. Toma-Danila, D., Armaş, I., & Tigianescu, A. (2020). Network-risk: an open GIS toolbox for estimating the implications of transportation network damage due to natural hazards, tested for Bucharest, Romania. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 20(5), 1421-1439, DOI: 10.5194/nhess-20-1421-2020.
463. Toma-Danila, D., Cioflan, C.O., Balan, S.F., & Manea, E.F. (2015a). Characteristics and results of the near real-time system for estimating the seismic damage in Romania, *Mathematical Modelling in Civil Engineering*, 11(1), 33-41.
464. Toma-Danila, D., Cioflan, C.O., Ionescu, C., & Tigianescu, A. (2018). The near real-time system for estimating the Seismic Damage in Romania (SeisDaRo) - recent upgrades and results. In *Proceedings of the 16 European Conference on Earthquake Engineering*, Tesseloniki, Greece, 2018.
465. Toma-Danila, D., Zulfikar, C., Manea, E.F., & Cioflan, C.O. (2015b). Improved seismic risk estimation for Bucharest, based on multiple hazard scenarios and analytical methods; *Soil Dynamics and Earthquake Engineering*, 73, 1-16, DOI: 10.1016/j.soildyn.2015.02.013.
466. Torres, Y., Molina, S., Martínez-Cuevas, S., Navarro, M., Martínez-Díaz, J. J., Benito, B., ... & Belizaire, D. (2016). A first approach to earthquake damage estimation in Haiti: advices to minimize the seismic risk. *Bulletin of Earthquake Engineering*, 14(1), 39-58. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10518-015-9813-3>
467. Totschnig, R., Sedlacek, W., & Fuchs, S. (2011). A quantitative vulnerability function for fluvial sediment transport. *Natural Hazards*, 58(2), 681-703. DOI: 10.1007/s11069-010-9623-5
468. Trendafiloski, G., Wyss, M., Rosset, P., & Mămureanu, G. (2009). Constructing city models to estimate losses due to earthquakes worldwide: Application to Bucharest, Romania. *Earthquake Spectra* 25(3), 665-685. DOI: <https://doi.org/10.1193/1.3159447>
469. Triantaphyllou, E. (2000). *Multi-Criteria Decision-Making Methods: A comparative Study*. Boston: Springer US. DOI: 10.1007/978-1-4757-3157-6
470. Turner, 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, Al., & Schille, A. (2003a). A Framework for Vulnerability Analysis in Sustainability Science. In *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America (PNAS)*, 100(14), 8074-8079. DOI: <https://doi.org/10.1073/pnas.1231335100>
471. Turner, B. L., Matson, P. A., McCarthy, J. J., Corell, R. W., Christensen, L., Eckley, N., Hovelsrud-Broda, G. K., Kasperson, J. X., Kasperson, R. E., Luers, A., Martello, M. L., Mathiesen, S., Naylor, R., Polsky, C., Pulsipher, A., Schiller, A., Selin, H., & Tyler, N. (2003b). Illustrating the coupled human-environment system for vulnerability analysis: Three case studies. In *Proceedings of National Academy of Sciences USA*, 100(14), 8080-8085. DOI: <https://doi.org/10.1073/pnas.1231334100>
472. Twigg, J. (2007). Characteristics of a disaster-resilient community: A guidance note. Department for International Development, Disaster Risk Reduction Interagency Coordination Group.

- [<http://lib.riskreductionafrica.org/bitstream/handle/123456789/623/characteristics%20of%20a.pdf?sequence=1>], Accesat la 02.06.2020.
473. Tzeng, G-H. & Huang, J-J. (2011). Multiple attribute decision making: methods and applications. London, Boca Raton: CRC Press Chapman and Hall
  474. UNDP (United Nations Development Programme). (2004). Reducing disaster risk: A challenge for Development: a global report, UNDP Bureau for Crisis Prevention and Recovery, New York. [<https://digitallibrary.un.org/record/515746>], Accesat la 11.10.2018
  475. UNDRR (United Nations Disaster Relief Office). (1979). Natural Disasters and Vulnerability Analysis. Report of Expert Group Meeting, 9-12 July, 1979, Geneva. [<https://digitallibrary.un.org/record/95986>], Accesat la 10.10.2018
  476. UNDRR (United Nations Office for Disaster Risk Reduction). (2009). Global Assessment Report on Disaster Risk Reduction: Risk and Poverty in a Changing Climate, United Nations International Strategy for Disaster Reduction. [<https://www.undrr.org/publication/global-assessment-report-disaster-risk-reduction-2009>], Accesat la 10.01.2021.
  477. UNDRR (United Nations Office for Disaster Risk Reduction Site). (2017). Terminology. Online glossary [<https://www.undrr.org/terminology>], Accesat la 12.10.2018
  478. UNEP (United Nations Environment Programme) (2002). Global Environment Outlook 3 – Past, Present and Future Perspectives. London: Earthscan publications Ltd. [<https://wedocs.unep.org/20.500.11822/8609>], Accesat la 12.10.2018.
  479. UNESCO (United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization), & UNDP India (United Nations Development Programme India). (2007). Manual for restoration and retrofitting of rural structures in Kashmir: How to reduce vulnerability of existing structures in earthquake affected areas of Jammu and Kashmir, New Delhi, Silverline Communications. [<https://www.humanitarianlibrary.org/sites/default/files/2014/02/manual%2520for%2520restoration%2520and%2520retrofitting.pdf>], Accesat la 07.01.2021
  480. Ungureanu, Al. (1980). Orașele din Moldova. Studiu de Geografie Economică. București: Editura Academiei Republicii Socialiste România
  481. UN-DHA (United Nations-Department of Humanitarian Affairs). (1992). Internationally agreed glossary of basic terms related to Disaster Management, Geneva. [<https://reliefweb.int/report/world/internationally-agreed-glossary-basic-terms-related-disaster-management>], Accesat la 01.11.2018
  482. UN-ISDR (United Nations-International Strategy for Disaster Reduction). (2004). Living with risk: A global review of disaster reduction initiatives. New York, Geneva: UN Publications.
  483. UN-ISDR (United Nations-International Strategy for Disaster Reduction). (2011). 2011 Global Assessment Report on Disaster Risk Reduction. Revealing Risk, Redefining Development. Summary and Main Findings. Oxford: Information Press
  484. UTCB (Universitatea Tehnică de Construcție București). (2013). P100-1/2013. Cod de proiectare seismică. Partea I. Prevederi de proiectare pentru clădiri (Revizuire P100-1/2006. Recomandări de Proiectare).
  485. UTCB (Universitatea Tehnică de Construcție București). (2019). P100-3/2019. Cod de proiectare seismică. Partea III. Prevederi pentru evaluarea seismică a clădirilor existente. Revizuire cod. [<http://www.encyclopedia.org/articole/proiectare/coduri-de-proiectare/p-100-1-2013-cod-de-proiectare-seismica-partea-i-prevederi-de-proiectare-pentru-cladiri-actualizat-2019>], Accesat la 20.03.2020
  486. Utsu, T. (2002). A list of deadly earthquakes in the world: 1500–2000. In Lee, W., Jennings, P., Kisslinger, C., & Kanamori, H. (Eds.) International Handbook of Earthquake & Engineering Seismology, 81A, 1st Edition, Amsterdam: Academic Press, 691-717. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0074-6142\(02\)80245-5](https://doi.org/10.1016/S0074-6142(02)80245-5)

487. Vacareanu, R., Aldea, A., Lungu, D., Pavel, F., Neagu, C., Arion, C., Demetriu, S., Iancovici, M. (2016). Probabilistic Seismic Hazard Assessment for Romania. In: D'Amico, S. (ed.) Earthquakes and Their Impact on Society. Springer, Cham, 137-169. DOI: [https://doi.org/10.1007/978-3-319-21753-6\\_5](https://doi.org/10.1007/978-3-319-21753-6_5)
488. Vacareanu, R., & Ionescu, C. (Eds.) (2016). Appendix C. In: Vacareanu, R., & Ionescu, C. (Eds.) The 1940 Vrancea Earthquake. Issues, Insights and Lessons Learnt. Proceedings of the Symposium Commemorating 75 Years from November 10, 1940 Vrancea Earthquake. Springer Natural Hazards, 503-521.
489. Vacareanu, R., Lungu, D., Marmureanu, G., Cioflan, C., Aldea, A., Arion, C., ... & Pavel, F. (2013b). Statistics of seismicity for Vrancea subcrustal source. In Proceedings of the International Conference on Earthquake Engineering SE-50 EEE, Skopje, Macedonia, 2013, Paper No. 138. [<https://infp.infp.ro/bigsees/Docs/Statistics%20of%20seismicity%20for%20Vrancea%20subcrustal%20seismic%20source.pdf>], Accesat la 03.05.2021
490. Vacareanu, R., Pavel, F., & Aldea, A. (2013a). On the selection of GMPEs for Vrancea subcrustal seismic source. Bulletin of Earthquake Engineering, 11(6), 1867-1884. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10518-013-9515-7>
491. Vale, L. J., & Campanella, T. J. (Eds.) (2005). The resilient city: How modern cities recover from disaster. Oxford: Oxford University Press.
492. Valotto, C. (2015). Seismic vulnerability assessment of clustered buildings in the historical center of Timisoara: Fragility curves for in-plane local mechanisms of collapse. (Doctoral dissertation). Università Degli Studi Di Padova. [<http://tesi.cab.unipd.it/48940/>], Accesat la 20.05.2020
493. Valotto, C., Taffarel, S., Marson, C., Munari, M., da Porto, F., & Modena, C. (2016). Seismic vulnerability assessment of corner buildings in the historical centre of Timisoara. In: Modena, C., da Porto, F., & Valuzzi, M. R. (Eds.) Brick and Block Masonry—Trends, Innovations and Challenges. London: Taylor & Francis Group.
494. Van der Hoeven, A. G. A., Mocanu, V., Spakman, W., Nutto, M., Nuckelt, A., Matenco, L., ..., & Ambrosius, B. A. C. (2005). Observation of present-day tectonic motions in the Southeastern Carpathians: results of the ISES/CRC-461 GPS measurements. Earth and Planetary Science Letters, 239(3-4), 177-184. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.epsl.2005.09.018>
495. Van Laarhoven, P. J., & Pedrycz, W. (1983). A fuzzy extension of Saaty's priority theory. Fuzzy sets and Systems, 11(1-3), 229-241. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0165-0114\(83\)80082-7](https://doi.org/10.1016/S0165-0114(83)80082-7)
496. Vargas, R. V., & IPMA-B, P. M. P. (2010). Using the analytic hierarchy process (AHP) to select and prioritize projects in a portfolio. In PMI global congress, 32(3), 1-22. [[http://iwave.ru/files/2272/ricardo\\_vargas\\_ahp\\_project\\_selection\\_en.pdf](http://iwave.ru/files/2272/ricardo_vargas_ahp_project_selection_en.pdf)], Accesat la 28.11.2018
497. Varnes, D. J. (1984). Landslide hazard zonation: a review of principles and practice. Natural Hazards, Paris: The UNESCO Press
498. Vecere, A., Monteiro, R., & Ammann, W. J. (2016). Comparative analysis of existing tools for assessment of post-earthquake short-term lodging needs. Procedia engineering, 161, 2217-2221. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2016.08.818>
499. Vecere, A., Monteiro, R., Ammann, W. J., Giovinazzi, S., & Santos, R. H. M. (2017). Predictive models for post disaster shelter needs assessment. International Journal of Disaster Risk Reduction, 21, 44-62. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijdr.2016.11.010>
500. Villagrán De León, J. C. (2001). La naturaleza de los riesgos, un enfoque conceptual, Serie Aportes para el Desarrollo Sostenible, Guatemala City: CIMDEN.
501. Villagrán De León, J. C. (2004). Manual para la estimación cuantitativa de riesgos asociados a diversas amenazas, Guatemala City: Acción Contra el Hambre.

502. Villagrán de León, J. C. (2006). Vulnerability: a conceptual and methodological review. Bonn: UNU Institute for Environment and Human Security, UNU-EHS Source, 4. [https://collections.unu.edu/view/unu:1871#viewAttachments], Accesat la 20.02.2021
503. Vogel, C., & O'Brien, K. (2004). Vulnerability and global environmental change: rhetoric and reality. *Aviso: An information bulletin on global environmental change and human security*, 13, 1-8. [https://idl-bnc-idrc.dspacedirect.org/bitstream/handle/10625/39859/IDL-39859.pdf?sequence=1], Accesat la 10.04.2021
504. Voogd, H. (1983) *Multicriteria Evaluation for Urban and Regional Planning*. London: Pion, Ltd.
505. Voss, J. F., Means, M. L. (1989) *Toward a Model of Creativity Based upon Problem Solving in the Social Sciences*. In: Glover, J. A., Ronning, R. R., Reynolds, C. R. (Eds.) *Handbook of Creativity. Perspectives on Individual Differences*. Boston: Springer, 399-410. DOI: https://doi.org/10.1007/978-1-4757-5356-1\_22
506. Walker, B. B., Taylor-Noonan, C., Tabbernor, A., McKinnon, T., Bal., H., Bradley, D., Schuurman, N., & Clague, J. J. (2014). A multi-criteria evaluation model of earthquake vulnerability in Victoria, British Columbia. *Natural Hazards*, 74, 1209-1222. DOI: https://doi.org/10.1007/s11069-014-1240-2
507. Wang, G., Qin, L., Li, G., & Chen, L. (2009). Landfill site selection using spatial information technologies and AHP: a case study in Beijing, China. *Journal of environmental management*, 90(8), 2414-2421. DOI: https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2008.12.008
508. Wang, L. M., Wu, Z. J., & Xia, K. (2017). Effects of site conditions on earthquake ground motion and their applications in seismic design in loess region. *Journal of Mountain Science*, 14(6), 1185-1193. DOI: https://doi.org/10.1007/s11629-016-3921-7
509. Ward, S. N. (1994). A multidisciplinary approach to seismic hazard in southern California. *Bulletin of the Seismological Society of America*, 84(5), 1293-1309. DOI: https://doi.org/10.1785/BSSA0840051293
510. Watson, S. R., & Freeling, A. N. S. (1982). Assessing attribute weights. *Omega*, 10(6), 582-583. RePEc:eee:jomega:v:10:y:1982:i:6:p:582-583
511. Watts, M. J., & Bohle, H. G. (1993). The space of vulnerability: the causal structure to hunger and famine. *Progress in Human Geography*, 17(1), 43-67. DOI: https://doi.org/10.1177/030913259301700103
512. Wei, H. H., Shohet, I. M., Skibniewski, M. J., Levy, R., Shapira, S., Aharonson-Daniel, L., ... & Levi, O. (2014). Economic feasibility analysis of pre-earthquake strengthening of buildings in a moderate seismicity/high vulnerability area. *Procedia Economics and Finance*, 18, 143-150. DOI: https://doi.org/10.1016/S2212-5671(14)00924-1
513. Weichselgartner, J. (2001). Disaster mitigation: the concept of vulnerability revised. *Disaster Prevention and Management*, 10, 85-94. DOI: https://doi.org/10.1108/09653560110388609
514. Wenzel, F., Achauer, U., Enescu, D., Kissling, E., Russo, R., Mocanu, V., & Musacchio, G. (1998). Detailed look at final stage of plate break-off is target of study in Romania. *Eos, Transactions American Geophysical Union*, 79(48), 589-594. DOI: https://doi.org/10.1029/98EO00427
515. Wenzel, F., Lorenz, F. P., Sperner, B., Oncescu, M. C. (1999). Seismotectonics of the Romanian Vrancea Area. In: Wenzel, F., Lungu, D., Novak, O. (Eds.) *Vrancea Earthquakes: Tectonics, Hazard and Risk Mitigation. Advances in Natural and Technological Hazards Research, Vol 11*. Dordrecht: Springer, 15-25. DOI: https://doi.org/10.1007/978-94-011-4748-4\_2
516. White, G.F. (1974). *Natural hazards research: concepts, methods, and policy implications*. In *Natural hazards – local, national, global*. New York: Oxford University Press, 3-16.

517. White, G. F., & Haas, J. E. (1975). *Assessment of research on natural hazards*. Cambridge: Massachusetts Institute of Technology Press
518. Whitman, R. V., Reed, J. W., & Hong, S. T. (1973). Earthquake damage probability matrices. In *Proceedings of the Fifth World Conference on Earthquake Engineering*, Rome, Italy, 1973, 2, 2531-2540.
519. Whitney, D. J., Lindell, M. K., & Nguyen, H. H. D. (2004). Earthquake beliefs and adoption of seismic hazard adjustments. *Risk Analysis: An International Journal*, 24(1), 87-102. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.0272-4332.2004.00414.x>
520. Wilches-Chaux, G. (1993). La Vulnerabilidad Global. In: Maskrey, A. (ed.). *Los Desastres no son Naturales*. Bogotá: La Red, 11-44.
521. Willroth, P., Diez, J. R., & Arunotai, N. (2011). Modelling the economic vulnerability of households in the Phang-Nga Province (Thailand) to natural disasters. *Natural hazards*, 58(2), 753-769. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11069-010-9635-1>
522. Wind, Y., & Saaty, T. L. (1980). Marketing applications of the analytic hierarchy process. *Management science*, 26(7), 641-658. DOI: <https://doi.org/10.1287/mnsc.26.7.641>
523. Wisner, B. (2002). Who? What? Where? When? In an Emergency: Notes on Possible Indicators of Vulnerability and Resilience: By Phase of the Disaster Management Cycle and Social Actor, Environment and Human Security. contributors to a workshop in Bonn.
524. Wisner, B. (2005). Remarks made at UNU-EHS Vulnerability Workshop, Kobe, Japan, 2005
525. Wisner, B., & Luce, H. R. (1993). Disaster vulnerability: scale, power and daily life. *GeoJournal*, 30(2), 127-140. DOI: <https://doi.org/10.1007/BF00808129>
526. Wisner, B., & Uitto, J. (2009). Life on the Edge: Urban Social Vulnerability and Decentralized, Citizen-Based Disaster Risk Reduction in Four Large Cities of the Pacific Rim. In: Brauch, H. G. et al. (eds.) *Facing Global Environmental Change*. Hexagon Series on Human and Environmental Security and Peace, Vol 4, Berlin, Heidelberg: Springer, 215-231. DOI: [https://doi.org/10.1007/978-3-540-68488-6\\_13](https://doi.org/10.1007/978-3-540-68488-6_13)
527. World Bank (Banca Mondială). (2019). *Rebuilding Haitian Infrastructure and Institutions*. Results Briefs. [<https://www.worldbank.org/en/results/2019/05/03/rebuilding-haitian-infrastructure-and-institutions>], Accesat la 21.04.2021.
528. Wortel, M. J. R., & Spakman, W. (2000). Subduction and slab detachment in the Mediterranean-Carpathian region. *Science*, 290(5498), 1910-1917. DOI: 10.1126/science.290.5498.1910
529. Wu, Z. J., Wang, L. M., Wang, P., Chen, T., Shi, H., & Yang, X. P. (2013). Influence of site conditions on ground motion at far field loess sites during strong earthquake. *Journal of Central South University*, 20(8), 2333-2341. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11771-013-1741-2>
530. Yarnal, B. (1994). Socio-economic Restructuring and Vulnerability to Environmental Hazards in Bulgaria. *Disasters*, 18(2), 95-106. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1467-7717.1994.tb00291.x>
531. Yuan, Y., & Wang, D. (2009). Path selection model and algorithm for emergency logistics management. *Computers & industrial engineering*, 56(3), 1081-1094. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cie.2008.09.033>
532. Zadeh, L. A. (1965). Fuzzy sets, *Information and Control*, 8(3), 338-353. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0019-9958\(65\)90241-X](https://doi.org/10.1016/S0019-9958(65)90241-X)
533. Zaharia, L. (1999). *Resursele de apă din bazinul râului Putna. Studiu de hidrologie*. București: Editura Universității București.
534. Zain, M., Usman, M., Farooq, S. H., & Mehmood, T. (2019). Seismic Vulnerability Assessment of School Buildings in Seismic Zone 4 of Pakistan. *Advances in Civil Engineering*, 1, 1-14. DOI: <https://doi.org/10.1155/2019/5808256>

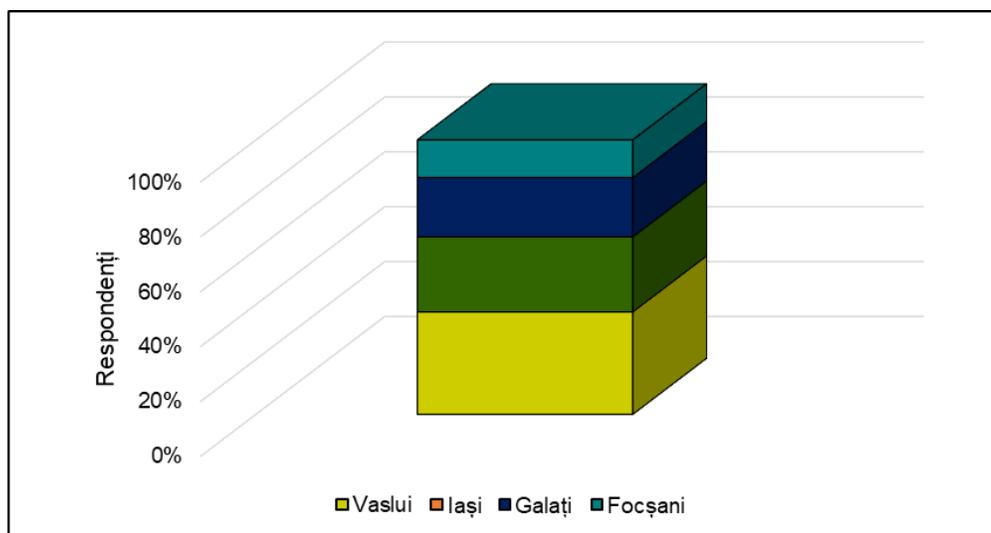
535. Zarifi, Z., Havskov, J., & Hanyga, A. (2007). An insight into the Bucaramanga nest. *Tectonophysics*, 443(1-2), 93-105. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tecto.2007.06.004>
536. Zebardast, E. (2013). Constructing a social vulnerability index to earthquake hazards using a hybrid factor analysis and analytic network process (F'ANP) model. *Natural hazards*, 65(3), 1331-1359. DOI: 10.1007/s11069-012-0412-1
537. Zhang, J., Liu, Y., Zhao, Y., & Deng, T. (2018). Emergency evacuation problem for a multi-source and multi-destination transportation network: Mathematical model and case study. *Annals of Operations Research*, 291(1), 1153-1181. DOI: 10.1007/s10479-018-3102-x
538. Zhang, N., & Huang, H. (2013). Social vulnerability for public safety: A case study of Beijing, China. *Chinese Science Bulletin*, 58(19), 2387-2394. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11434-013-5835-x>
539. Zhu, K. J., Jing, Y., & Chang, D. Y. (1999). A discussion on extent analysis method and applications of fuzzy AHP. *European journal of operational research*, 116(2), 450-456. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0377-2217\(98\)00331-2](https://doi.org/10.1016/S0377-2217(98)00331-2)

## ANEXE METODOLOGICE

### Anexa 1. Chestionarul privind percepția riscului seismic de către populația ariilor de studiu

Chestionarul privind percepția riscului seismic servește drept instrument de colectare a datelor privind modurile în care comunitățile locale din ariile de studiu se raportează la seisme, pattern-urile cognitive pe care acestea le formează în legătură cu posibilele consecințe ale unui seism major, experiențele anterioare privind astfel de evenimente și reacțiile psiho-emoționale pe care oamenii le dezvoltă pe baza acestor experiențe sau ca urmare a construirii unor atitudini și preconcepții referitoare la posibilitatea producerii unui seism major.

Numărul respondenților chestionarului variază de la un municipiu la altul, cei mai numeroși respondenți fiind cei din municipiul Vaslui (311), iar cei mai puțini numeroși având rezidența în municipiul Focșani (114). Numărul respondenților din Iași și Galați ajunge la 277, respectiv 180 (Figura A1.1.). Chestionarul a fost aplicat online în municipiile Iași, Galați și Focșani în perioada octombrie-decembrie 2020. În Vaslui, chestionarul a fost aplicat în format mixt (online și pe teren) în intervalul lunilor iulie-septembrie 2019. Analiza rezultatelor obținute prin aplicarea chestionarului în Vaslui s-a constituit drept un articol științific publicat la începutul anului 2021 (Albulescu et al. 2021).



*Figura A1.1. Numărul respondenților chestionarului privind percepția riscului seismic din ariile de studiu*

Chestionarul cuprinde 30 de întrebări, majoritatea cu răspunsuri predefinite, dintre care 9 întrebări prezintă posibilitatea selectării mai multor răspunsuri. Structura sa plurinivelară vizează profilul socio-demografic și profilul rezidențial al respondenților, percepția acestora asupra riscului seismic prin raportare la particularitățile hazardului seismic și al posibilelor consecințe ale unui seism major, adaptările seismice implementate de aceștia, abilitățile lor de supraviețuire și aspecte referitoare la procesul de revenire la starea de normalitate în contextul manifestării unui seism de anvergură (Tabelele A1.1., A1.2.). Chestionarul urmărește edificarea asupra percepției populației asupra riscului seismic în contextul manifestării unui seism cu magnitudine de cel puțin 7  $M_w$ , respondenții fiind informați cu privire la scenariul propus.

Fiecare nivel amintit include mai multe variabile, unele dintre acestea fiind constituite pe baza răspunsurilor provenite de la mai multe întrebări. Această modalitate de agregare a răspunsurilor asigură îndeplinirea cerinței referitoare la asigurarea preciziei variabilelor. Tabelul A1.2. redă întrebările incluse în chestionar, răspunsurile acestora și punctajele aferente, precum și corespondența dintre acestea și variabilele de diverse tipuri. Modalitățile de calcul pentru fiecare dintre variabile sunt prezentate în mod detaliat în cadrul secțiunilor specifice tipurilor de variabile utilizate.

În cadrul analizei multicriteriale comparative a vulnerabilității seismice a municipiilor Iași, Vaslui, Galați și Focșani, sunt utilizate drept indicatori ai capacității de coping a comunităților umane, variabilele referitoare la abilitățile de supraviețuire, cunoștințele despre mecanismele de producere a seismelor și comportamentele ce trebuie adoptate în situațiile de criză induse de acestea, adaptările seismice implementate și autonomia respondenților în perioada de revenire la starea normală. Celelalte variabile sunt calculate conform metodologiei prezentate în această anexă și utilizate în vederea realizării analizei descriptive a rezultatelor chestionarului, în cadrul subcapitolelor privind percepția riscului seismic a populației municipiilor, aferente studiilor de caz (din cadrul tezei de doctorat). De asemenea, variabilele au fost utilizate în cadrul articolului științific referitor la percepția riscului seismic a locuitorilor municipiului Vaslui, în vederea realizării analizei descriptive, corelative și diferențiale (Albulescu et al. 2021).

**Tabel A1.1. Variabilele referitoare la percepția riscului seismic, adaptările seismice, abilitățile de supraviețuire și nivelul de autonomie al respondenților**

Variabilă	Abreviere	Descriere	Referințe din literatura științifică
Probabilitatea de producere a seismului	S_PROB	Definește posibilitatea ca respondentul să experimenteze un cutremur major în timpul vieții sale.	Whitney et al. (2004), Armaș și Avram (2008)
Timpul estimat de producere a seismului	S_TIMP	Definește perioada de timp estimată de către respondent, în care se poate produce un cutremur major.	Armaș și Avram (2008), Tian et al. (2014), Crescimbene et al. (2015)
Dimensiunea consecințelor seismului la nivelul municipiului	CONS_MUN	Definește dimensiunile consecințelor generale ale unui posibil seism major, estimate de către respondent, la nivelul municipiului în care locuiește.	
Pierderile de vieți omenești estimate la nivelul municipiului	VICTIME_MUN	Definește mărimea potențială a numărului de victime omenești ce pot rezulta în urma manifestării unui seism major, estimată de către respondent, la nivelul municipiului în care locuiește.	
Pagubele materiale estimate la nivelul municipiului	PAGUBE_MUN	Definește mărimea potențială a pagubelor materiale ce pot rezulta în urma manifestării unui seism major, estimată de către respondent, la nivelul municipiului în care locuiește.	
Consecințele negative estimate la nivel personal	CONS_PERS	Definește probabilitatea de producere a decesului/rănirii respondentului sau membrilor familiei sale, ca urmare a manifestării unui seism major.	Whitney et al. (2004), Tian et al. (2014)
Avariile estimate la nivelul clădirii locuite	AVARII_CLAD	Definește dimensiunile posibilelor avarii ale clădirii locuite de către respondent, produse ca urmare a manifestării unui seism major.	Armaș (2006), Plapp and Werner (2006), Armaș și Avram (2008), Tian et al. (2017), Cvetkovic et al. (2017), Rahman (2019)
Nivelul impactului seismului ce poate fi resimțit la nivel personal	IMPACT_PERS	Definește mărimea impactului unui posibil seism major asupra vieții personale a respondentului.	Whitney et al. (2004), Armaș și Avram (2008)
Controlul estimat al respondentului asupra impactului seismic	CONTROL	Definește posibilitatea respondentului de a exercita control asupra impactului unui posibil seism major.	Plapp and Werner (2006), Armaș și Avram (2008), Rahman (2019)
Adaptările seismice orientate spre reducerea riscului	AS_REDOCERE_RISC	Definește adaptările seismice implementate de respondent în scopul reducerii riscului seismic (dorința respondenților de a contribui financiar la realizarea lucrărilor de consolidare seismică, fixarea mobilelor și a obiectelor grele din locuință)	Jackson și Mukerjee (1974), Jackson (1981), Mulilis (1999), Whitney et al. (2004), Spittal et al. (2006), Spittal et al. (2008), Nakagawa (2017)
Adaptările seismice referitoare la condițiile post-seism	AS_POST_S	Definește adaptările seismice implementate de respondent în scopul asigurării supraviețuirii respondenților după manifestarea cutremurului (oprirea alimentării cu gaz, apă, energie electrică, pregătirea proviziilor de apă, alimente, medicamente, a truselor de prim ajutor, realizarea planurilor	Jackson și Mukerjee (1974), Jackson (1981), Mulilis (1999), Whitney et al. (2004), Spittal et al. (2006), Armaș și Avram (2008), Spittal et al. (2008), Rahman (2019)

		de întâlnire cu membrii familiei după evenimentul distructiv, realizarea unor economii etc.)	
Cunoștințele referitoare la seisme	CUNOȘTINȚE	Definește cunoașterea respondenților cu privire la seisme, la comportamentele adecvate din timpul manifestării acestora și din perioada imediat următoare, dobândită din diferite surse (inclusiv surse oficiale)	Kates (1971), White (1974), King și MacGregor (2000), Whitney et al. (2004), Armaș (2006), Rahman (2019)
Abilitățile de supraviețuire în contextul manifestării unui seism major	SUPRAVIEȚUIRE	Definește planul de acțiune al respondentului în contextul manifestării unui cutremur	Whitney et al. (2004), Armaș și Avram (2008), Rahman (2019)
Autonomia respondentului în contextul revenirii la starea normală	AUTONOMIE	Definește autonomia respondentului în cadrul procesului de revenire la starea normală, după manifestarea unui cutremur major	
Ajutorul așteptat în contextul revenirii la starea normală	AJUTOR	Definește așteptările respondentului cu privire la ajutorul primit de la familie, autoritățile locale și naționale, alte state sau organizații internaționale non-guvernamentale, în cadrul procesului de revenire la starea normală	Jasanoff (1998), Rüstemli și Karanci (1999), Fordham (2000)

**Tabel A1.2. Întrebările, răspunsurile, punctajele și variabilele din cadrul chestionarului privind percepția riscului seismic**

Nr. crt.	Întrebare	Răspunsuri	Punctaj	Variabilă
1.	Vârsta	a. 18 - 24 ani		VÂRSTĂ
		b. 25 - 39 ani		
		c. 40 - 65 ani		
		d. > 65 ani		
2.	Sex	a. Feminin	Fără punctaj	-
		b. Masculin		
3.	Ultimele studii absolvite	a. Studii primare		EDUCAȚIE
		b. Studii gimnaziale		
		c. Studii liceale		
		d. Studii universitare		
		e. Studii post-universitare		
4.	Persoane aflate în îngrijire:	a. Fără persoane aflate în îngrijire		ÎNGRIJIRE
		b. Minori		

		c. Vârșnici	1	
		d. Minor, Vârșnici	2	
5.	Credeți în Dumnezeu?	a. Nu	0	RELIG
		b. Da	1	
6.	În măsura în care doriți, vă rog să vă furnizați adresa. Restul chestionarului poate fi completat și fără a oferi această informație. (Strada, bloc/nr., etaj)	Răspunsuri specifice	Fără punctaj	-
7.	Tipul clădirii în care locuiți:	Casă	1	CLĂD
		Bloc de apartamente	2	
8.	Numărul de etaje ale clădirii în care locuiți: (Pentru blocurile de apartamente)	Răspunsuri specifice	Fără punctaj	-
9.	Perioada de construcție a clădirii în care locuiți:	a. După 1977	1	
		b. 1900 - 1977	2	VECHIME_CLĂD
		c. Înainte de 1900	3	
10.	Clădirea în care locuiți se încadrează în clasa de risc seismic:	a. Clădirea nu este expertizată seismic		
		b. Nu știu		
		c. Rs I (cel mai grav)		
		d. Rs II		
		e. Rs III		
		f. Rs IV (cel mai puțin grav)		
11.	Formă de proprietate:	a. Chiriaș	1	PROPRIETATE
		b. Proprietar	2	
12.	Luați în considerare schimbarea domiciliului din cauza siguranței reduse în caz de cutremur oferite de clădirea în care locuiți?	a. Nu	0	
		b. Nu știu	0,5	SCH_REZID
		c. Da	1	
13.	Credeți că există posibilitatea producerii unui cutremur major (de minim 7 grade Richter) în timpul vieții dumneavoastră?	a. Nu	0	
		b. Nu știu	0,5	S_PROB
		c. Da	1	
14.	Credeți că un cutremur major va avea loc:	a. Nu va avea loc un cutremur major	0	
		b. În următorii 50 de ani	0,5	S_TIMP

		c. În următorii 20 de ani	1	
		d. În următorii 10 ani	1,5	
		e. În următorii 5 ani	2	
		f. Până la finalul acestui an (2020)	2,5	
15.	Consecințele unui viitor cutremur major asupra municipiului în care locuiți ar putea fi:	a. Nu știu	0,5	
		b. Neseemnificative	0,5	
		c. De intensitate medie	1	CONS_MUN
		d. De intensitate majoră	1,5	
		e. Dezastruoase	2	
16.	Printre posibilele consecințe ale unui viitor cutremur major asupra municipiului în care locuiți s-ar putea număra (alegere multiplă):	a. Absența pierderilor de vieți omenești	0	
		b. Nu știu	0,5	
		c. Un număr redus de pierderi de vieți omenești	1,5	VICTIME_MUN
		d. Un număr ridicat de pierderi de vieți omenești	3	
		e. Absența pagubelor materiale	0	
		f. Nu știu	0,25	
		g. Pagube materiale neseemnificative	0,5	PAGUBE_MUN
		h. Pagube materiale medii	1	
		i. Pagube materiale majore	1,5	
17.	Printre posibilele consecințe ale unui viitor cutremur major s-ar putea număra (alegere multiplă):	a. Nu știu	0,5	
		b. Rănirea dumneavoastră	1	
		c. Rănirea membrilor familiei	1	CONS_PERS
		d. Decesul membrilor familiei	2	
		e. Decesul dumneavoastră	3	
		a. Nu știu	0,25	
		b. Avarierea neseemnificativă a clădirii în care locuiți	0,5	
		c. Avarierea moderată a clădirii în care locuiți	1	AVARII_CLAD
		d. Avarierea gravă a clădirii în care locuiți (pereți fisurați/prăbușiți, plafon prăbușit	1,5	

		etc.)		
		a. Deloc	0	
		b. Ne semnificativ	0,5	
18.	Credeți că un viitor cutremur major v-ar putea afecta viața:	c. La nivel mediu	1	IMPACT_PERS
		d. Semnificativ	1,5	
		e. Foarte mult	2	
19.	Sunteți în măsură să reduceți impactul unui viitor cutremur major:	a. Nu	0	
		b. Nu știu	0,5	CONTROL
		c. Da	1	
20.	Ați avut experiența unui cutremur major (de minim 7 grade Richter)? În cazul în care răspunsul anterior este Da, în ce an a avut cutremurul major experimentat? (Dacă răspunsul este Nu, treceți la următoarea întrebare.)	a. Da b. Nu		-
		Răspuns deschis	Fără punctaj	
21.	În cazul în care ați avut experiența unui cutremur major, printre consecințele acestuia asupra dumneavoastră se numără (alegere multiplă). (Dacă nu ați avut o astfel de experiență, treceți la următoarea întrebare.)	a. Prăbușirea clădirii în care vă aflați la momentul cutremurului b. Rănirea dumneavoastră c. Decesul unor membri ai familiei/prieteni d. Răniți în familie/printre prieteni e. Avarierea propriei locuințe f. Pierderi materiale majore g. Atacuri de panică provocate de cutremur h. Instalarea fricii de cutremur pe termen lung		Fără punctaj -
22.	Printre pregătirile în caz de cutremur pe care le-ați planificat se numără (alegere multiplă):	a. Asigurarea proviziilor de apă, alimente și medicamente b. Pregătirea unei truse de urgență (lanternă, trusă de prim ajutor, baterii, radio etc.) c. Planuri de întâlnire a membrilor familiei într-un loc stabilit și cunoscut de aceștia	1 1 1	AS_POST_S

		(după cutremur)		
		d. Fixarea mobilelor și a obiectelor grele din locuință	1	AS_REDUCERE_RISC
		e. Posesia unei asigurări de viață în caz de cutremur	1	
		f. Posesia unei asigurări a locuinței care acoperă eventualele pagube produse de cutremur	1	
		g. Posesia unei asigurări a bunurilor care acoperă eventualele pagube produse de cutremur	1	AS_POST_S
		h. Existența unor economii destinate situațiilor de urgență (inclusiv cele produse de un cutremur)	1	
		i. Nu am realizat pregătiri în caz de cutremur	0	
23.	Ați primit informații privind pregătirea în caz de cutremur din surse oficiale (inspectorate servicii de urgență/poliție/pompieri/instituții de învățământ)?	a. Nu b. Da	0 1	CUNOȘTINȚE
24.	Sursele de informare privind cutremurele cu care ați luat contact sunt (alegere multiplă):	a. Instituții care se ocupă de situațiile de urgență (inspectorate servicii de urgență/pompieri/poliție) b. Instituții de învățământ c. Mass-media d. Documentare/lectură personală	1 1 1 1	CUNOȘTINȚE
25.	Ați participat la exerciții de evacuare/pregătire în caz de cutremur în ultimii 5 ani?	a. Nu b. Da	0 1	SUPRAVIEȚUIRE
26.	Ați fi dispus(ă) să contribuiți parțial la achitarea unor eventuale cheltuieli de consolidare a clădirii în care locuiți în vederea creșterii siguranței acesteia în caz de cutremur?	a. Nu b. Da	0 1	AS_REDUCERE_RISC
27.	Ce ați face în timpul unui cutremur (alegere multiplă)?	a. Vă adăpostiți sub tocul ușii b. Vă adăpostiți sub un obiect de mobilier solid c. Vă adăpostiți sub pat d. Vă adăpostiți în dulap	1 1 0 0	SUPRAVIEȚUIRE

		e. Ieșiți din locuință pe scări	0	
		f. Ieșiți din locuință folosind liftul	0	
		g. Ieșiți din locuință pe fereastră	0	
		h. Nu vă mișcați	0	
		i. Spuneți o rugăciune	1	RELIG
		j. Altceva	-	SUPRAVIEȚUIRE
28.	Imediat după încetarea cutremurului realizați următoarele (alegere multiplă):	a. Oprirea alimentării cu gaze	1	
		b. Oprirea alimentării cu apă	1	
		c. Oprirea curentului electric	1	
		d. Contactarea membrilor familiei	0	AS_POST_S
		e. Contactarea vecinilor	0	
		f. Folosirea rețelelor de socializare	0	
		g. Niciuna dintre cele de mai sus	0	
29.	În cazul unui cutremur major, care dintre următoarele servicii sunt pregătite pentru a face față situației de urgență (alegere multiplă):	a. Armata		
		b. Pompieri		
		c. Forțele de ordine locale (poliție și jandarmerie)	Fără punctaj	-
		d. Serviciul de ambulanță		
		e. Spitalele		
		f. Niciuna dintre cele de mai sus		
30.	În procesul de revenire la normal după un cutremur major vă bazați pe (alegere multiplă):	a. Resursele (financiare și emoționale) proprii	1	AUTONOMIE
		b. Ajutorul familiei	1	
		c. Ajutorul autorităților locale	1	
		d. Ajutorul guvernului	1	AJUTOR
		e. Ajutorul primit de la organizațiile internaționale/alte țări	1	
		f. Ajutorul lui Dumnezeu	1	RELIG

## ANEXE AFERENTE REZULTATELOR

### Anexa 2. Implementarea metodelor de analiză multicriterială AHP și FAHP

**Tabel A2.1. Matricele de comparație și ponderile importanței relative a indicatorilor vulnerabilității seismice, obținute prin AHP**

	1	2	3	4	5	6	7	Pondere importanță relativă necalibrată	Pondere importanță relativă necalibrată (%)	Pondere importanță relativă calibrată	Pondere importanță relativă calibrată (%)
Indicatori ai vulnerabilității geotehnice								0,31737	31,73		
(1) DIST_VR	1	1	2	1/2				0,22718	22,71	0,07210	7,21
(2) AG	1	1	2	1/2				0,22718	22,71	0,07210	7,21
(3) PANTA	1/2	1/2	1	1/3				0,12252	12,25	0,03888	3,88
(4) GEOLOGIE	2	2	3	1				0,42311	42,31	0,13428	13,42
CR = 0,004											
Indicatori ai vulnerabilității fizice								0,31737	31,73		
(1) NR_CLREZ	1	1/3	1/3	1/3	1			0,09090	9,09	0,02885	2,88
(2) VECHIME	3	1	1	1	3			0,27272	27,27	0,08655	8,65
(3) MATERIAL	3	1	1	1	3			0,27272	27,27	0,08655	8,65
(4) H	3	1	1	1	3			0,27272	27,27	0,08655	8,65
(5) SUPRAF_LOC	1	1/3	1/3	1/3	1			0,09090	9,09	0,02885	2,88
CR = 0,000											
Indicatori ai vulnerabilității social-economice								0,19359	19,35		
(1) NR_POP	1	1/4	1/4	1/4	3	1/3	2	0,07882	7,88	0,01525	1,52
(2) POP_DEP	4	1	1	2	3	3	4	0,25406	25,40	0,04918	4,91

(3) POP_ZDEZAV	4	1	1	2	3	3	4	0,25406	25,40	0,04918	4,91
(4) POP_ZDLOC	4	1/2	1/2	1	3	2	3	0,17141	17,14	0,03318	3,31
(5) POP_STUD	1/3	1/3	1/3	1/3	1	1/3	3	0,07116	7,11	0,01377	1,37
(6) ȘOMAJ	3	1/3	1/3	1/2	3	1	3	0,12451	12,45	0,02410	2,41
(7) PIB_JUD	1/2	1/4	1/4	1/3	1/3	1/3	1	0,04596	4,59	0,00889	0,88
CR = 0,077											

Indicatori ai vulnerabilității sistemice								0,13191	13,19		
(1) NR_MED	1	3	1/2	1	3			0,22351	22,35	0,02948	2,94
(2) NR_PATURI	1/3	1	1/4	1/3	3			0,11172	11,17	0,01473	1,47
(3) DIST_UMED	2	4	1	2	3			0,36559	36,55	0,04822	4,82
(4) DIST_UPOMPIERI	1	3	1/2	1	3			0,22351	22,35	0,02948	2,94
(5) DIST_BENZINARIE	1/3	1/3	1/3	1/3	1			0,07564	7,56	0,00997	0,99
CR = 0,062											

Indicatori ai capacității de coping a populației								0,03974	3,97		
(1) SUPRAVIEȚUIRE	1	3	1	3				0,37500	37,50	0,01490	1,49
(2) CUNOȘTINȚE	1/3	1	1/3	1				0,12500	12,50	0,00496	0,49
(3) ADAPTĂRI	1	3	1	3				0,37500	37,50	0,01490	1,49
(4) AUTONOMIE	1/3	1	1/3	1				0,12500	12,50	0,00496	0,49
CR = 0,000											

**Tabel A2.2. Matricele de comparație ale indicatorilor vulnerabilității seismice, din cadrul implementării metodei FAHP**

	1	2	3	4	5	6	7
Indicatori ai vulnerabilității geotehnice							
(1) DIST_VR	1	1	1	1	1	1	1
	1	1	1	1	1	1	1
	1	1	1	1	1	1	1
	1	1	1	1	1	1	1
	1	1	1	1	1	1	1
	1	1	1	1	1	1	1
	1	1	1	1	1	1	1

(2) AG	1	1	1	1	1	1	1	2	3	1/3	1/2	1
(3) PANTA	1/3	1/2	1	1/3	1/2	1	1	1	1	1/4	1/3	1/2
(4) GEOLOGIE	1	2	3	1	2	3	2	3	4	1	1	1

Indicatori ai vulnerabilității fizice

(1) NR_CLREZ	1	1	1	1/4	1/3	1/2	1/4	1/3	1/2	1/4	1/3	0.5	1	1	1
(2) VECHIME	2	3	4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	3	4
(3) MATERIAL	2	3	4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	3	4
(4) H	2	3	4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	3	4
(5) SUPRAF_LOC	1	1	1	1/4	1/3	1/2	1/4	1/3	1/2	1/4	1/3	0.5	1	1	1

Indicatori ai vulnerabilității social-economice

(1) NR_POP	1	1	1	1/5	1/4	1/3	1/5	1/4	1/3	1/5	1/4	1/3	2	3	4	1/4	1/3	1/2	1	2	3
(2) POP_DEP	3	4	5	1	1	1	1	1	1	1	2	3	2	3	4	2	3	4	3	4	5
(3) POP_ZDEZAV	3	4	5	1	1	1	1	1	1	1	2	3	2	3	4	2	3	4	3	4	5
(4) POP_ZDLOC	3	4	5	1/3	1/2	1	1/3	1/2	1	1	1	1	2	3	4	1	2	3	2	3	4
(5) POP_STUD	1/4	1/3	1/2	1/4	1/3	1/2	1/4	1/3	1/2	1/4	1/3	1/2	1	1	1	1/4	1/3	1/2	2	3	4
(6) ȘOMAJ	2	3	4	1/4	1/3	1/2	1/4	1/3	1/2	1/3	1/2	1	2	3	4	1	1	1	2	3	4
(7) PIB_JUD	1/3	1/2	1	1/5	1/4	1/3	1/5	1/4	1/3	1/4	1/3	1/2	1/4	1/3	1/2	1/4	1/3	1/2	1	1	1

Indicatori ai vulnerabilității sistemice

(1) NR_MED	1	1	1	2	3	4	1/3	1/2	1	1	1	1	2	3	4
(2) NR_PATURI	1/4	1/3	1/2	1	1	1	1/5	1/4	1/3	1/4	1/3	1/2	2	3	4
(3) DIST_UMED	1	2	3	3	4	5	1	1	1	1	2	3	2	3	4
(4) DIST_UPOMPIERI	1	1	1	2	3	4	1/3	1/2	1	1	1	1	2	3	4
(5) DIST_BENZINARIE	1/4	1/3	1/2	1/4	1/3	1/2	1/4	1/3	1/2	1/4	1/3	1/2	1	1	1

Indicatori ai capacității de coping a populației

(1) SUPRAVIEȚUIRE	1	1	1	2	3	4	1	1	1	2	3	4
(2) CUNOȘTINȚE	1/4	1/3	1/2	1	1	1	1/4	1/3	1/2	1	1	1
(3) ADAPTĂRI	1	1	1	2	3	4	1	1	1	2	3	4
(4) AUTONOMIE	1/4	1/3	1/2	1	1	1	1/4	1/3	1/2	1	1	1

**Tabel A2.3. Ponderile importanței relative necalibrate și calibrate a indicatorilor vulnerabilității seismice, obținute prin metoda FAHP**

	<b>Pondere importanță relativă necalibrată</b>	<b>Pondere importanță relativă necalibrată (%)</b>	<b>Pondere importanță relativă calibrată</b>	<b>Pondere importanță relativă calibrată (%)</b>
Indicatori ai vulnerabilității geotehnice	0,31737	31,73		
(1) DIST_VR	0,24738	24,73	0,07851	7,85
(2) AG	0,24738	24,73	0,07851	7,85
(3) PANTA	0,08085	8,08	0,02566	2,56
(4) GEOLOGIE	0,42437	42,43	0,13468	13,46
Indicatori ai vulnerabilității fizice	0,31737	31,73		
(1) NR_CLREZ	0	0	0	0
(2) VECHIME	0,33333	33,33	0,10579	10,57
(3) MATERIAL	0,33333	33,33	0,10579	10,57
(4) H	0,33333	33,33	0,10579	10,57
(5) SUPRAF_LOC	0	0	0	0
Indicatori ai vulnerabilității social-economice	0,19359	19,36		
(1) NR_POP	0,06380	6,38	0,01235	1,23
(2) POP_DEP	0,26979	26,98	0,05223	5,22
(3) POP_ZDEZAV	0,26979	26,98	0,05223	5,22
(4) POP_ZDLOC	0,21752	21,75	0,04211	4,21
(5) POP_STUD	0,01229	1,23	0,00238	0,23

(6) ȘOMAJ	0,16677	16,67	0,03228	3,22
(7) PIB_JUD	0	0	0	0
<hr/>				
Indicatori ai vulnerabilității sistemice	0,13191	13,19		
(1) NR_MED	0,26596	26,59	0,03508	3,50
(2) NR_PATURI	0,09865	9,86	0,01301	1,30
(3) DIST_UMED	0,36943	36,94	0,04873	4,87
(4) DIST_UPOMPIERI	0,26596	26,59	0,03508	3,50
(5) DIST_BENZINARIE	0	0	0	0
<hr/>				
Indicatori ai capacității de coping a populației	0,03974	3,97		
(1) SUPRAVIEȚUIRE	0,50000	50,00	0,01987	1,98
(2) CUNOȘTINȚE	0	0	0	0
(3) ADAPTĂRI	0,50000	50,00	0,01987	1,98
(4) AUTONOMIE	0	0	0	0

### Anexa 3. Implementarea schemelor metodologice multicriteriale aferente analizelor modulare

**Tabel A3.1. Rezultatele analizei modulare a vulnerabilității seismice geotehnice**

Metodă evaluare indicatori	Metodă evaluare alternative	Clasament vulnerabilitate seismică geotehnică								Concordanță analiză de senzitivitate (%)
		1		2		3		4		
		Municipiu	Scor (%)	Municipiu	Scor (%)	Municipiu	Scor (%)	Municipiu	Scor (%)	
AHP	TOPSIS	Focșani	33,81	Galați	29,06	Vaslui	20,73	Iași	16,37	50
FAHP	TOPSIS	Focșani	40,55	Galați	25,25	Vaslui	21,13	Iași	13,05	50
AHP	WPM	Galați	27,09	Vaslui	25,85	Iași	24,84	Focșani	22,20	50
FAHP	WPM	Galați	25,63	Vaslui	25,52	Focșani	24,81	Iași	24,02	50

**Tabel A3.2. Rezultatele analizei modulare a vulnerabilității seismice fizice**

Metodă evaluare indicatori	Metodă evaluare alternative	Clasament vulnerabilitate seismică fizică								Concordanță analiză de senzitivitate (%)
		1		2		3		4		
		Municipiu	Scor (%)	Municipiu	Scor (%)	Municipiu	Scor (%)	Municipiu	Scor (%)	
AHP	TOPSIS	Iași	34,37	Galați	32,60	Vaslui	19,99	Focșani	13,02	60
FAHP	TOPSIS	Galați	31,41	Vaslui	27,51	Iași	26,11	Focșani	14,95	100
AHP	WPM	Galați	27,21	Iași	27,18	Focșani	22,94	Vaslui	22,65	70
FAHP	WPM	Galați	26,05	Iași	25,50	Vaslui	24,78	Focșani	23,65	100

**Tabel A3.3. Rezultatele analizei modulare a vulnerabilității seismice social-economice**

Metodă evaluare indicatori	Metodă evaluare alternative	Clasament vulnerabilitate seismică social-economică								Concordanță analiză de senzitivitate (%)
		1		2		3		4		
		Municipiu	Scor (%)	Municipiu	Scor (%)	Municipiu	Scor (%)	Municipiu	Scor (%)	
AHP	TOPSIS	Iași	33,80	Galați	27,67	Vaslui	25,36	Focșani	13,16	42,85
FAHP	TOPSIS	Iași	34,03	Galați	27,64	Vaslui	25,21	Focșani	13,10	53,33
AHP	WPM	Iași	27,61	Galați	27,19	Vaslui	25,22	Focșani	19,96	42,85

FAHP	WPM	Iași	28,42	Galați	27,51	Vaslui	24,60	Focșani	19,44	53,33
------	-----	------	-------	--------	-------	--------	-------	---------	-------	-------

**Tabel A3.4. Rezultatele analizei modulare a vulnerabilității seismice sistemice**

Metodă evaluare indicatori	Metodă evaluare alternative	Clasament vulnerabilitate seismică sistemică								Concordanță analiză de senzitivitate (%)
		1		2		3		4		
		Municipiu	Scor (%)	Municipiu	Scor (%)	Municipiu	Scor (%)	Municipiu	Scor (%)	
AHP	TOPSIS	Vaslui	26,98	Focșani	25,56	Galați	24,11	Iași	23,32	50
FAHP	TOPSIS	Vaslui	27,54	Focșani	25,96	Galați	24,88	Iași	21,59	50
AHP	WPM	Iași	31,06	Focșani	24,03	Vaslui	23,09	Galați	21,79	80
FAHP	WPM	Iași	31,90	Focșani	23,84	Vaslui	22,77	Galați	21,47	100

**Tabel A3.5. Rezultatele analizei modulare a vulnerabilității seismice asociate capacității de coping a populației**

Metodă evaluare indicatori	Metodă evaluare alternative	Clasament vulnerabilitate seismică aferentă capacității de coping								Concordanță analiză de senzitivitate (%)
		1		2		3		4		
		Municipiu	Scor (%)	Municipiu	Scor (%)	Municipiu	Scor (%)	Municipiu	Scor (%)	
AHP	TOPSIS	Vaslui	51,52	Focșani	26,94	Galați	20,14	Iași	1,38	66,66
FAHP	TOPSIS	Vaslui	51,68	Focșani	27,96	Galați	18,95	Iași	1,39	100
AHP	WPM	Vaslui	25,03	Focșani	25,00	Galați	24,98	Iași	24,96	83,33
FAHP	WPM	Vaslui	25,04	Focșani	25,01	Galați	24,97	Iași	24,96	100

## ANEXE AFERENTE STUDIILOR DE CAZ

### Anexa 4. Aspecte privind percepția riscului seismic de către populația municipiilor selectate

*Tabel A4.1. Profilul socio-demografic și rezidențial al respondenților din municipiile pentru care s-au elaborat studii de caz*

		Iași	Vaslui	Galați	Focșani
<b>Vârstă (%)</b>	18 - 24 ani	32,85	20,90	7,22	28,94
	25 - 39 ani	45,48	29,90	37,77	26,31
	40 - 65 ani	21,30	43,40	52,77	43,86
	> 65 ani	0,36	5,78	2,22	0,87
<b>Sex (%)</b>	Feminin	78,70	67,20	81,11	70,17
	Masculin	21,30	32,79	18,88	29,82
<b>Nivel de educație (%)</b>	Studii primare	0	0	2,22	1,75
	Studii gimnaziale	0,36	2,25	5,00	2,63
	Studii liceale	19,49	38,58	16,11	21,05
	Studii universitare	54,51	41,15	38,33	50,87
	Studii post-universitare	25,63	18	38,33	23,68
<b>Statut de îngrijitor (%)</b>	Fără persoane aflate în îngrijire	66,42	55,30	41,66	62,28
	Minori	29,24	39,55	40,00	31,57
	Vârstnici	3,61	2,89	10,00	4,38
	Minori, Vârstnici	0,72	2,25	8,33	1,75
<b>Intensitatea credințelor religioase (%)</b>	Nulă	12,27	9,32	3,88	12,28
	Slabă	44,40	42,12	42,22	44,73
	Moderată	26,71	28,29	26,11	29,82
	Puternică	16,60	20,25	27,77	13,15
<b>Tipul de clădire locuită (%)</b>	Bloc de apartamente	74,72	80,38	63,88	68,42
	Casa	25,27	19,61	36,11	31,57
<b>Perioada de construcție a clădirii (%)</b>	După 1977	71,11	68,16	62,77	23,68
	1900 - 1977	25,63	29,26	30,00	73,68
	Înainte de 1900	3,24	2,57	7,22	2,63

<b>Forma de proprietate asupra locuinței (%)</b>	Chiriaș	28,52	9,96	10,00	21,93
	Proprietar	71,48	90,03	90,00	78,07
<b>Dorința de schimbare a rezidenței (%)</b>	Da	25,27	18,97	20,55	14,03
	Nu	58,84	62,37	66,66	66,66
	Nu știu	15,88	18,65	12,77	19,29

**Tabel A4.2. Informații privind percepția riscului seismic, adaptările seismice, abilitățile de supraviețuire, cunoștințele despre seisme și aspecte ale procesului de revenire la normal, specifice respondenților din municipiile pentru care s-au elaborat studii de caz**

		Iași	Vaslui	Galați	Focșani
<b>Probabilitatea de manifestare a unui seism major (%)</b>	Da	79,42	66,88	75,55	77,19
	Nu	5,41	7,71	3,33	0,87
	Nu știu	15,16	25,40	21,11	21,93
<b>Timpul estimat de producere a unui posibil seism major (%)</b>	Până la finalul acestui an (2020)	1,08	1,28	1,11	1,75
	În următorii 5 ani	26,35	23,15	37,77	24,56
	În următorii 10 ani	23,82	22,18	19,44	27,19
	În următorii 20 de ani	17,69	18,97	9,44	15,78
	În următorii 50 de ani	23,46	16,39	22,77	21,93
	Nu va avea loc un cutremur major	7,58	18	9,44	8,77
<b>Dimensiunea estimată a consecințelor la nivelul municipiului (%)</b>	Nu știu	5,05	1,60	19,44	18,42
	Nesemnificative	2,16	39,55	2,22	0,87
	De intensitate medie	35,01	35,37	20,55	32,45
	De intensitate majoră	40,79	12,86	45,55	42,10
	Dezastruoase	16,96	10,61	12,22	6,14
<b>Dimensiunea estimată a consecințelor referitoare la victimele omenești, la nivel de municipiu (%)</b>	Absența pierderilor de vieți omenești	7,94	7,07	5,55	3,50
	Un număr redus de pierderi de vieți omenești	34,65	46,30	32,77	38,59
	Un număr ridicat de pierderi de vieți omenești	48,73	32,79	0	35,08
	Nu știu	8,66	13,82	61,66	22,80
<b>Dimensiunea estimată a pagubelor materiale, la nivel de municipiu (%)</b>	Absența pagubelor materiale	0,36	0,32	0,55	0,87
	Pagube materiale nesemnificative	3,24	8,36	4,44	1,75
	Pagube materiale medii	39,35	44,05	37,22	40,35

	Pagube materiale majore	46,57	35,37	45	44,73
	Nu știu	10,46	11,89	12,77	12,28
<b>Posibilele consecințe resimțite la nivel personal (%)</b>	Decesul dumneavoastră	14,07	12,54	12,22	14,91
	Decesul membrilor familiei	14,07	12,21	18,88	15,78
	Rănirea dumneavoastră	43,68	34,72	40	40,35
	Rănirea membrilor familiei	47,65	38,58	46,11	45,61
	Nu știu	39,71	48,23	41,11	45,61
<b>Dimensiunea estimată a avariilor pe care le poate suferi clădirea locuită (%)</b>	Avarierea gravă a clădirii în care locuiți (pereți fisurați/prăbușiți, plafon prăbușit etc.)	23,46	25,40	23,88	15,78
	Avarierea moderată a clădirii în care locuiți	45,84	42,44	43,88	45,61
	Avarierea nesemnificativă a clădirii în care locuiți	21,66	23,47	21,66	26,31
	Nu știu	9,02	8,68	10,55	12,28
<b>Dimensiunea estimată a impactului unui seism major asupra propriei vieți (%)</b>	Deloc	2,16	3,85	6,66	3,50
	Nesemnificativ	11,19	13,18	7,22	7,89
	La nivel mediu	45,84	45,33	37,22	46,49
	Semnificativ	31,04	23,79	36,11	33,33
	Foarte mult	9,74	13,82	12,77	8,77
<b>Control asupra impactului unui posibil seism major (%)</b>	Da	12,63	20,57	13,88	13,15
	Nu	49,81	38,58	48,88	47,36
	Nu știu	37,54	40,83	37,22	39,47
<b>Experiența unui/unor seisme majore anterioare (%)</b>	Da	14,07	35,37	38,88	31,57
	Nu	85,92	64,63	61,11	68,42
<b>Anul experienței seismului major (%)</b>	1977	76,92	87,27	71,83	45,61
	1986	15,38	9,09	16,90	47,36
	1992	7,69	3,63	11,26	7,01
<b>Aspecte privind experiența seismului major din trecut (%)</b>	Atacuri de panică provocate de cutremur	23,07	29,09	31,25	37,14
	Avarierea propriei locuințe	20,51	25,45	15	22,85
	Instalarea fricii de cutremur pe termen lung	51,28	60	42,50	40
	Pagube materiale majore	0	1,81	2,50	0
	Prăbușirea clădirii în care vă aflați la momentul	0	1,81	1,25	0

	cutremurului				
	Rănirea dumneavoastră	2,56	0,90	1,25	0
	Răniți în familie/printre prieteni	2,56	2,72	2,50	0
	Decesul unor membri ai familiei/prieteni	0	4,54	1,25	0
	Asigurarea proviziilor de apă, alimente și medicamente	19,13	17,36	20,55	16,66
	Pregătirea unei truse de urgență (lanternă, trusă de prim ajutor, baterii, radio etc.)	34,65	26,68	28,88	29,82
	Planuri de întâlnire a membrilor familiei într-un loc stabilit și cunoscut de aceștia (după cutremur)	14,07	8,68	13,33	13,15
	Fixarea mobilelor și a obiectelor grele din locuință	31,04	24,43	26,66	30,70
	Posesia unei asigurări de viață în caz de cutremur	15,16	11,89	13,88	12,28
<b>Adaptări seismice implementate (%)</b>	Posesia unei asigurări a locuinței care acoperă eventualele pagube produse de cutremur	35,01	30,54	33,33	28,07
	Posesia unei asigurări a bunurilor care acoperă eventualele pagube produse de cutremur	12,63	12,21	15	13,15
	Existența unor economii destinate situațiilor de urgență (inclusiv cele produse de un cutremur)	19,49	16,07	12,77	20,17
	Oprirea alimentării cu gaze	71,48	74,92	79,44	74,56
	Oprirea alimentării cu apă	42,96	34,72	41,66	35,96
	Oprirea curentului electric	56,31	55,62	62,22	52,63
	Nu am realizat pregătiri în caz de cutremur	36,46	41,15	36,66	35,96
	Contactarea membrilor familiei	81,22	81,35	79,44	79,82
<b>Alte acțiuni realizate post-seism (%)</b>	Contactarea vecinilor	24,91	25,40	18,88	22,80
	Folosirea rețelelor de socializare	18,41	19,93	15	12,28
	Niciuna dintre cele de mai sus	3,24	3,21	1,66	5,26
<b>Disponibilitatea de a contribui la cheltuielile presupuse de realizarea consolidării seismice a clădirii locuite (%)</b>	Da	76,17	80,06	82,77	74,56
	Nu	23,82	19,93	17,22	25,43
<b>Beneficiul primirii de informații despre seisme din surse oficiale (%)</b>	Da	63,89	54,66	55	64,91
	Nu	36,10	45,33	45	35,08
<b>Sursele de informare privind seismele (%)</b>	Instituții care se ocupă de situațiile de urgență	40,79	42,44	25	45,61

	(inspectorate servicii de urgență/pompieri/poliție)				
	Instituții de învățământ	53,06	35,69	38,88	46,49
	Mass-media	54,51	61,09	62,77	60,52
	Documentare/lectură personală	53,79	45,98	57,22	50
<b>Participarea la exerciții de evacuare organizate, în ultimii 5 ani (%)</b>	Da	58,12	46,94	56,66	56,14
	Nu	41,87	53,05	43,33	43,86
<b>Acțiuni realizate în timpul seismului, în scopul supraviețuirii (%)</b>	Vă adăpostiți sub tocul ușii	81,22	79,10	79,44	83,33
	Vă adăpostiți sub un obiect de mobilier solid	44,04	31,83	35,55	31,57
	Vă adăpostiți sub pat	4,33	2,57	3,33	0,87
	Vă adăpostiți în dulap	0	0,32	0	0
	Ieșiți din locuință pe scări	6,13	2,25	2,22	0,87
	Ieșiți din locuință folosind liftul	0	0	0	0
	Ieșiți din locuință pe fereastră	1,08	0,96	1,11	0,87
	Nu vă mișcați	7,22	6,75	8,88	5,26
	Spuneți o rugăciune	29,60	27,65	32,77	18,42
	Altceva	11,55	13,18	12,77	5,26
<b>Încrederea acordată serviciilor care se ocupă de gestionarea situațiilor de criză (%)</b>	Armata	50,54	42,12	51,66	56,14
	Pompieri	77,61	72,66	65,55	77,19
	Forțele de ordine locale (poliție și jandarmerie)	39,35	43,08	37,77	38,59
	Serviciul de ambulanță	58,84	60,77	55	62,28
	Spitalele	31,76	47,26	33,33	37,71
	Niciuna dintre cele de mai sus	15,88	19,29	17,77	9,64
<b>Surse de suport în cadrul procesului de revenire la normal în urma unui seism major (%)</b>	Resursele (financiare și emoționale) proprii	81,94	72,66	80,55	76,31
	Ajutorul familiei	59,20	42,44	44,44	48,24
	Ajutorul autorităților locale	26,71	26,68	22,22	28,94
	Ajutorul guvernului	19,85	17,36	12,77	12,28
	Ajutorul primit de la organizațiile internaționale/alte țări	18,05	13,82	10	13,15
	Ajutorul lui Dumnezeu	30,32	41,80	48,88	38,59

## Lista figurilor

Figura 1. Riscul ca rezultată a hazardului, vulnerabilității și deficiențelor de pregătire (Villagrán de León 2001, 2004) .....	27
Figura 2. Relații între hazard, vulnerabilitate și capacitate de coping, în contextul dezastrelor (Villagrán De León 2006) .....	47
Figura 3. Sferele cheie ale conceptului de vulnerabilitate (Birkmann 2013b) .....	50
Figura 4. Schema conceptuală a estimării vulnerabilității seismice .....	60
Figura 5. Zonele seismogene din România și din statele învecinate, cu evenimentele seismice redate prin intensitățile macroseismice epicentrele (INFP, UTCB, URBAN INCERC 2016) .....	64
Figura 6. Harta zonelor seismogene și distribuția epicentrelor seismelor din România (Radulian et al. 2019, după Săndulescu 1984).....	65
Figura 7. VR și unitățile geotectonice de pe teritoriul României (Radulian 2014, cu modificări)...	67
Figura 8. Taxonomia metodelor MCDM (Chen și Hwang 1991) .....	96
Figura 9. Structura ierarhică a metodei AHP .....	99
Figura 10. Nivelurile ierarhice de structurare a problemei vulnerabilității seismice .....	105
Figura 11. Metodologia de estimare multicriterială a vulnerabilității seismice comparative a municipiilor Iași, Vaslui, Galați și Focșani .....	111
Figura 12. Ponderile importanței relative calibrate obținute de indicatorii vulnerabilității seismice prin metodele AHP și FAHP .....	124
Figura 13. Rezultatele obținute de ariile de studiu prin schemele metodologice multicriteriale propuse .....	139
Figura 14. Poziția geografică a municipiului Iași.....	147
Figura 15. Harta hipsometrică a teritoriului municipiului Iași .....	151
Figura 16. Harta pantelor teritoriului municipiului Iași .....	152
Figura 17. Locurile ocupate de municipiul Iași în cadrul ierarhiilor privind dimensiunile vulnerabilității seismice.....	157
Figura 18. Harta pantelor suprafețelor de versant de pe teritoriul municipiului Iași.....	159
Figura 19. Harta depozitelor geologice de suprafață ale municipiului Iași .....	160
Figura 20. Distribuția spațială a clădirilor rezidențiale cu risc seismic din municipiul Iași.....	169
Figura 21. Distribuția spațială a clădirilor rezidențiale cu risc seismic pe tipurile de depozite geologice de suprafață din municipiul Iași.....	170
Figura 22. Clădiri rezidențiale cu risc seismic din cartierul Copou, municipiul Iași (septembrie 2021) .....	172
Figura 23. Clădiri rezidențiale cu risc seismic din clusterelor Cantemir și Tătărași-Ciurchi, municipiul Iași (septembrie 2021).....	173
Figura 24. Clădiri rezidențiale cu risc seismic din zona Pod Roș, municipiul Iași (septembrie 2021) .....	173
Figura 25. Distribuția spațială a clădirilor rezidențiale cu risc seismic din municipiul Iași, în funcție de perioada de construcție .....	175
Figura 26. Distribuția spațială a clădirilor rezidențiale cu risc seismic din municipiul Iași, în funcție de profilul de înălțime .....	176
Figura 27. Ariile deservite de unitățile medicale și clădirile rezidențiale cu risc seismic din municipiul Iași.....	179
Figura 28. Ariile deservite de unitățile de pompieri și clădirile rezidențiale cu risc seismic din municipiul Iași.....	182
Figura 29. Poziția geografică a municipiului Vaslui .....	187
Figura 30. Harta hipsometrică a teritoriului municipiului Vaslui .....	190
Figura 31. Harta pantelor teritoriului municipiului Vaslui.....	192

Figura 32. Locurile ocupate de municipiul Vaslui în cadrul ierarhiilor privind dimensiunile vulnerabilității seismice.....	195
Figura 33. Harta pantelor suprafețelor de versant de pe teritoriul municipiului Vaslui.....	197
Figura 34. Harta depozitelor geologice de suprafață ale municipiului Vaslui .....	199
Figura 35. Distribuția spațială a clădirilor rezidențiale cu risc seismic din municipiul Vaslui.....	207
Figura 36. Clădiri rezidențiale cu risc seismic, cu 4 etaje și dispunere pe 3 segmente de tip scară de bloc, municipiul Vaslui (august 2021) .....	209
Figura 37. Clădiri rezidențiale cu risc seismic aflate în stadii avansate de degradare, din municipiul Vaslui (august 2021) .....	209
Figura 38. Imobile rezidențiale cu risc seismic cu aspect modern, construite după anul 1977, din municipiul Vaslui (septembrie 2019).....	210
Figura 39. Distribuția spațială a clădirilor rezidențiale cu risc seismic din municipiul Vaslui, în funcție de perioada de construcție și de profilul de înălțime.....	211
Figura 40. Imobile rezidențiale expertizate tehnic și ne-expertizate din Str. V. Alecsandri, municipiul Vaslui (septembrie 2019).....	212
Figura 41. Clădiri rezidențiale cu risc seismic din zona clusterului Alecu Donici-Călugăreni, municipiul Vaslui (august 2021).....	212
Figura 42. Ariile deservite de unitățile medicale și clădirile rezidențiale cu risc seismic din municipiul Vaslui .....	215
Figura 43. Ariile deservite de unitățile de pompieri și clădirile rezidențiale cu risc seismic din municipiul Vaslui .....	217
Figura 44. Poziția geografică a municipiului Galați.....	219
Figura 45. Harta hipsometrică a teritoriului municipiului Galați.....	225
Figura 46. Harta pantelor teritoriului municipiului Galați .....	226
Figura 47. Locurile ocupate de municipiul Galați în cadrul ierarhiilor privind dimensiunile vulnerabilității seismice.....	230
Figura 48. Harta pantelor suprafețelor de versant de pe teritoriul municipiului Galați.....	232
Figura 49. Harta depozitelor geologice de suprafață ale municipiului Galați.....	233
Figura 50. Distribuția spațială a clădirilor rezidențiale cu risc seismic din municipiul Galați.....	242
Figura 51. Distribuția spațială a clădirilor rezidențiale cu risc seismic pe tipurile de depozite geologice de suprafață din municipiul Galați.....	243
Figura 52. Clădiri rezidențiale în stil popular recondiționate din zona rezidențială veche a municipiului Galați (august 2021).....	245
Figura 53. Clădire părăsită din Str. Dogăriei, nr. 33, municipiul Galați (iunie 2019).....	246
Figura 54. Clădiri rezidențiale aristocratice degradate din municipiul Galați (iunie 2019).....	246
Figura 55. Clădirea rezidențială cu risc seismic din Str. Al. I. Cuza, nr. 36, municipiul Galați (iunie 2019) .....	247
Figura 56. Blocuri de apartamente cu risc seismic din Str. Regiment 11 Siret, municipiul Galați (august 2021).....	248
Figura 57. Distribuția spațială a clădirilor rezidențiale cu risc seismic din municipiul Galați, pentru care s-au emis propuneri de consolidare și/sau demolare .....	249
Figura 58. Distribuția spațială a clădirilor rezidențiale cu risc seismic din municipiul Galați, în funcție de perioada de construcție.....	250
Figura 59. Distribuția spațială a clădirilor rezidențiale cu risc seismic din municipiul Galați, în funcție de materialele de construcție.....	252
Figura 60. Clădiri cu pereți exteriori din zidărie, din municipiul Galați (august 2021).....	253
Figura 61. Clădire din paiantă, din Str. Muzicii, Nr. 48, municipiul Galați (august 2021).....	253
Figura 62. Distribuția spațială a clădirilor rezidențiale cu risc seismic din municipiul Galați, în funcție de profilul de înălțime .....	255
Figura 63. Ariile deservite de unitățile medicale și clădirile rezidențiale cu risc seismic din municipiul Galați.....	257

Figura 64. Ariile deservite de unitățile de pompieri și clădirile rezidențiale cu risc seismic din municipiul Galați.....	262
Figura 65. Poziția geografică a municipiului Focșani.....	266
Figura 66. Harta hipsometrică a municipiului Focșani .....	269
Figura 67. Harta pantelor teritoriului municipiului Focșani.....	270
Figura 68. Locurile ocupate de municipiul Focșani în cadrul ierarhiilor privind dimensiunile vulnerabilității seismice.....	274
Figura 69. Harta depozitelor geologice de suprafață ale municipiului Focșani .....	276

### **Figuri Anexa 1**

Figura A1.1. Numărul respondenților chestionarului privind percepția riscului seismic din ariile de studiu.....	328
---	-----

## Lista tabelelor

Tabel 1. Ipotezele cercetării și obiectivele aferente .....	17
Tabel 2. Formule ale riscului din literatura de specialitate (după Villagrán De León 2006) .....	28
Tabel 3. Definiții ale vulnerabilității .....	40
Tabel 4. Perspective asupra vulnerabilității identificate de Cutter (1996) în literatura de specialitate de dinainte de începutul secolului XX .....	49
Tabel 5. Definițiile termenilor asociați conceptului de vulnerabilitate, utilizate în cadrul tezei de doctorat.....	56
Tabel 6. Zone seismogene de importanță mai redusă de pe teritoriul României (după Radulian et al. 2000, INFP, UTCB, URBAN INCERC 2016).....	63
Tabel 7. Date referitoare la seismele care au afectat România în secolele XV-XVIII.....	71
Tabel 8. Date referitoare la seismele importante care au afectat teritoriul României (Oncescu et al. 1999b, Georgescu 2004, Georgescu și Pomonis 2012, Pantea și Constantin 2013, INFP 2017).....	73
Tabel 9. Scara numerelor absolute utilizate pentru efectuarea comparațiilor (după Saaty 2008)....	99
Tabel 10. Scara numerelor fuzzy triangulare utilizată pentru comparațiile în pereche (Zhu et al. 1999, Anagnostopoulos et al. 2007).....	101
Tabel 11. Indicatorii componentelor vulnerabilității seismice .....	107
Tabel 12. Valorile indicatorilor componentelor vulnerabilității seismice specifice ariilor de studiu .....	109
Tabel 13. Matricea comparațiilor dintre categoriile de indicatori ai vulnerabilității seismice.....	118
Tabel 14. Ponderile importanței relative a categoriilor de indicatori ai vulnerabilității seismice..	118
Tabel 15. Raționamente utilizate în implementarea metodelor AHP și FAHP .....	119
Tabel 16. Ponderile importanței relative a indicatorilor, obținute prin metodele AHP și FAHP...	123
Tabel 17. Rezultatele evaluării multicriteriale a vulnerabilității seismice specifice ariilor de studiu .....	135
Tabel 18. Valorile minime, maxime și amplitudinile scorurilor de la nivelul locurilor clasamentului ariilor de studiu .....	135
Tabel 19. Rezultatele obținute de ariile de studiu prin schemele metodologice multicriteriale propuse .....	138
Tabel 20. Locurile obținute de ariile de studiu în cadrul ierarhiilor privind componentele integrate vulnerabilității seismice.....	140
Tabel 21. Caracteristici generale ale municipiilor selectate.....	142
Tabel 22. Indicatorii vulnerabilității geotehnice a municipiului Iași .....	158
Tabel 23. Date privind depozitele de geologice de suprafață de pe teritoriul municipiului Iași ....	159
Tabel 24. Indicatorii vulnerabilității fizice a municipiului Iași.....	161
Tabel 25. Distribuția clădirilor rezidențiale din municipiul Iași, pe clase de vechime (după RPL 2011) .....	162
Tabel 26. Distribuția clădirilor rezidențiale din municipiul Iași, pe clase de materiale de construcție (după RPL 2011) .....	164
Tabel 27. Distribuția clădirilor rezidențiale din municipiul Iași, pe clase de înălțime (după RPL 2011) .....	165
Tabel 28. Indicatorii vulnerabilității social-economice specifici municipiului Iași .....	166
Tabel 29. Indicatorii vulnerabilității sistemice specifici municipiului Iași .....	167
Tabel 30. Indicatorii capacității de coping a populației municipiului Iași .....	168
Tabel 31. Depozitele geologice de suprafață pe care sunt construite clădirile cu risc seismic din municipiul Iași.....	169
Tabel 32. Distribuția clădirilor rezidențiale cu risc seismic din municipiul Iași, pe tipuri de depozite geologice de suprafață.....	171

Tabel 33. Vechimea clădirilor rezidențiale cu risc seismic din municipiul Iași (Site Primăria Iași 2021) .....	174
Tabel 34. Profilul de înălțime al clădirilor rezidențiale cu risc seismic din municipiul Iași (Site Primăria Iași).....	176
Tabel 35. Numărul de clădiri rezidențiale cu risc seismic ce ar putea fi deservite de unitățile medicale din municipiul Iași, în cazul manifestării unui seism major .....	177
Tabel 36. Intervalele de distanță față de cea mai apropiată unitate medicală în care sunt încadrate clădirile rezidențiale cu risc seismic din municipiul Iași .....	180
Tabel 37. Clădirile rezidențiale cu risc seismic din municipiul Iași și intervalele de distanță față de cea mai apropiată unitate medicală în care se încadrează acestea.....	181
Tabel 38. Numărul de clădiri rezidențiale cu risc seismic ce ar putea fi deservite de unitățile de pompieri din municipiul Iași, în cazul manifestării unui seism major .....	181
Tabel 39. Intervalele de distanță față de cea mai apropiată unitate de pompieri în care sunt încadrate clădirile rezidențiale cu risc seismic din municipiul Iași .....	183
Tabel 40. Clădirile rezidențiale cu risc seismic din municipiul Iași și intervalele de distanță față de cea mai apropiată unitate de pompieri în care se încadrează acestea .....	184
Tabel 41. Indicatorii vulnerabilității geotehnice a municipiului Vaslui.....	196
Tabel 42. Date privind depozitele de geologice de suprafață de pe teritoriul municipiului Vaslui	198
Tabel 43. Indicatorii vulnerabilității fizice a municipiului Vaslui .....	200
Tabel 44. Distribuția clădirilor rezidențiale din municipiul Vaslui, pe clase de vechime (după RPL 2011) .....	201
Tabel 45. Distribuția clădirilor rezidențiale din municipiul Vaslui, pe clase de materiale de construcție (după RPL 2011).....	202
Tabel 46. Distribuția clădirilor rezidențiale din municipiul Vaslui, pe clase de înălțime (după RPL 2011) .....	203
Tabel 47. Indicatorii vulnerabilității social-economice specifici municipiului Vaslui .....	204
Tabel 48. Indicatorii vulnerabilității sistemice specifici municipiului Vaslui.....	205
Tabel 49. Indicatorii capacității de coping a populației municipiului Vaslui.....	206
Tabel 50. Depozitele geologice de suprafață pe care sunt construite clădirile cu risc seismic din municipiul Vaslui .....	208
Tabel 51. Distribuția clădirilor rezidențiale cu risc seismic din municipiul Vaslui, pe tipuri de depozite geologice de suprafață .....	208
Tabel 52. Vechimea clădirilor rezidențiale cu risc seismic din municipiul Vaslui .....	211
Tabel 53. Profilul de înălțime al clădirilor rezidențiale cu risc seismic din municipiul Vaslui ....	213
Tabel 54. Numărul de clădiri rezidențiale cu risc seismic ce ar putea fi deservite de unitățile medicale din municipiul Vaslui, în cazul manifestării unui seism major.....	214
Tabel 55. Intervalele de distanță față de cea mai apropiată unitate medicală în care sunt încadrate clădirile rezidențiale cu risc seismic din municipiul Vaslui.....	215
Tabel 56. Clădirile rezidențiale cu risc seismic din municipiul Vaslui și intervalele de distanță față de cea mai apropiată unitate medicală în care se încadrează acestea .....	216
Tabel 57. Intervalele de distanță față de cea mai apropiată unitate de pompieri în care sunt încadrate clădirile rezidențiale cu risc seismic din municipiul Vaslui.....	216
Tabel 58. Clădirile rezidențiale cu risc seismic din municipiul Vaslui și intervalele de distanță față de cea mai apropiată unitate de pompieri în care se încadrează acestea .....	217
Tabel 59. Indicatorii vulnerabilității geotehnice a municipiului Galați .....	231
Tabel 60. Date privind depozitele de geologice de suprafață de pe teritoriul municipiului Galați	234
Tabel 61. Indicatorii vulnerabilității fizice a municipiului Galați.....	234
Tabel 62. Distribuția clădirilor rezidențiale din municipiul Galați, pe clase de vechime (după RPL 2011) .....	236
Tabel 63. Distribuția clădirilor rezidențiale din municipiul Galați, pe clase de materiale de construcție (după RPL 2011).....	237

Tabel 64. Distribuția clădirilor rezidențiale din municipiul Galați, pe clase de înălțime (după RPL 2011) .....	239
Tabel 65. Indicatorii vulnerabilității social-economice specifici municipiului Galați .....	239
Tabel 66. Indicatorii vulnerabilității sistemice specifici municipiului Galați .....	240
Tabel 67. Indicatorii capacității de coping a populației municipiului Galați .....	241
Tabel 68. Depozitele geologice de suprafață pe care sunt construite clădirile cu risc seismic din municipiul Galați.....	243
Tabel 69. Distribuția clădirilor rezidențiale cu risc seismic din municipiul Galați, pe tipuri de depozite geologice de suprafață .....	244
Tabel 70. Propunerile de demolare și consolidare pentru clădirile rezidențiale cu risc seismic din municipiul Galați (Primăria Galați 2019).....	248
Tabel 71. Vechimea clădirilor rezidențiale cu risc seismic din municipiul Galați (Rapoarte de expertiză tehnică 1990-2015).....	250
Tabel 72. Materialele de construcție ale pereților exteriori ai clădirilor rezidențiale cu risc seismic din municipiul Galați (Rapoarte de expertiză tehnică 1990-2015) .....	251
Tabel 73. Profilul de înălțime al clădirilor rezidențiale cu risc seismic din municipiul Galați (Rapoarte de expertiză tehnică 1990-2015).....	254
Tabel 74. Numărul de clădiri rezidențiale cu risc seismic ce ar putea fi deservite de unitățile medicale din municipiul Galați, în cazul manifestării unui seism major .....	256
Tabel 75. Intervalele de distanță față de cea mai apropiată unitate medicală în care sunt încadrate clădirile rezidențiale cu risc seismic din municipiul Galați .....	259
Tabel 76. Clădirile rezidențiale cu risc seismic din municipiul Galați și intervalele de distanță față de cea mai apropiată unitate medicală în care se încadrează acestea .....	260
Tabel 77. Numărul de clădiri rezidențiale cu risc seismic ce ar putea fi deservite de unitățile de pompieri din municipiul Galați, în cazul manifestării unui seism major .....	261
Tabel 78. Intervalele de distanță față de cea mai apropiată unitate de pompieri în care sunt încadrate clădirile rezidențiale cu risc seismic din municipiul Galați .....	263
Tabel 79. Clădirile rezidențiale cu risc seismic din municipiul Galați și intervalele de distanță față de cea mai apropiată unitate de pompieri în care se încadrează acestea .....	264
Tabel 80. Indicatorii vulnerabilității geotehnice a municipiului Focșani.....	275
Tabel 81. Date privind depozitele de geologice de suprafață de pe teritoriul municipiului Focșani .....	276
Tabel 82. Indicatorii vulnerabilității fizice a municipiului Focșani .....	277
Tabel 83. Distribuția clădirilor rezidențiale din municipiul Focșani, pe clase de vechime (după RPL 2011) .....	278
Tabel 84. Distribuția clădirilor rezidențiale din municipiul Focșani, pe clase de materiale de construcție (după RPL 2011).....	279
Tabel 85. Distribuția clădirilor rezidențiale din municipiul Focșani, pe clase de înălțime (după RPL 2011) .....	280
Tabel 86. Indicatorii vulnerabilității social-economice a municipiului Focșani .....	281
Tabel 87. Indicatorii vulnerabilității sistemice a municipiului Focșani .....	282
Tabel 88. Indicatorii capacității de coping a populației municipiului Focșani.....	283

## **Table Anexa 1**

Tabel A1.1. Variabilele referitoare la percepția riscului seismic, adaptările seismice, abilitățile de supraviețuire și nivelul de autonomie al respondenților.....	330
Tabel A1.2. Întrebările, răspunsurile, punctajele și variabilele din cadrul chestionarului privind percepția riscului seismic .....	331

## **Tabele Anexa 2**

Tabel A2.1. Matricele de comparație și ponderile importanței relative a indicatorilor vulnerabilității seismice, obținute prin AHP.....	337
Tabel A2.2. Matricele de comparație ale indicatorilor vulnerabilității seismice, din cadrul implementării metodei FAHP .....	338
Tabel A2.3. Ponderile importanței relative necalibrate și calibrate a indicatorilor vulnerabilității seismice, obținute prin metoda FAHP.....	340

## **Tabele Anexa 3**

Tabel A3.1. Rezultatele analizei modulare a vulnerabilității seismice geotehnice .....	342
Tabel A3.2. Rezultatele analizei modulare a vulnerabilității seismice fizice.....	342
Tabel A3.3. Rezultatele analizei modulare a vulnerabilității seismice social-economice.....	342
Tabel A3.4. Rezultatele analizei modulare a vulnerabilității seismice sistemice.....	343
Tabel A3.5. Rezultatele analizei modulare a vulnerabilității seismice asociate capacității de coping a populației .....	343

## **Tabele Anexa 4**

Tabel A4.1. Profilul socio-demografic și rezidențial al respondenților din municipiile pentru care s-au elaborat studii de caz .....	344
Tabel A4.2. Informații privind percepția riscului seismic, adaptările seismice, abilitățile de supraviețuire, cunoștințele despre seisme și aspecte ale procesului de revenire la normal, specifice respondenților din municipiile pentru care s-au elaborat studii de caz .....	345