



ROMÂNIA
MINISTERUL EDUCAȚIEI NAȚIONALE
UNIVERSITATEA „VASILE ALECSANDRI” DIN
BACĂU



TEZĂ DE DOCTORAT

- rezumat -

**EVALUAREA RISCULUI PRODUS DE INUNDAȚII PE RÂUL
TROTUȘ, SECȚIUNEA AFERENTĂ LOCALITĂȚII
GHIMEȘ-FĂGET, UTILIZÂND SISTEME INFORMAȚIONALE
GEOGRAFICE (GIS)**

**Doctorand,
Roxana ȚÎNCU**

**Coordonator științific:
Conf. dr. ing. Iuliana - Mihaela LAZĂR**

**BACĂU
2018**

MULȚUMIRI

Traseul parcurs în vederea realizării prezentei teze a fost unul lung și sinuos, deseori dificil, dar extrem de motivant. Această lucrare s-a realizat cu sprijinul oferit cu profesionalism a unor specialiști din străinătate și din țară, față de care doresc să-mi exprim recunoștința.

Pe parcursul desfășurării studiilor de doctorat am realizat două stagii de cercetare în vederea documentării și pregătirii pentru realizarea prezentei teze la una dintre cele mai prestigioase și importante facultăți europene de geografie și planificare (top 100 în lume potrivit World University 2018), respectiv *Instituto de Geografia e Ordenamento do Território – Universidade de Lisboa, Portugalia*. Doresc să adresez respectuoase mulțumiri mentorului meu de la acest institut, distinsul profesor José Luis Gonçalves Moreira Da Zêzere, pentru sfaturile pertinente și coerente și pentru permanenta îndrumare și încurajare în toate demersurile cercetării, ceea ce a contribuit la dezvoltarea mea profesională și implicit la realizarea acestei teze. De asemenea, adresez mulțumiri și aprecieri unui excelent expert în domeniul GIS, profesorul Jorge Rocha, pentru imensa contribuție în ceea ce privește formarea mea în domeniul tehnologiei GIS. Mulțumesc pentru încurajări, îndrumare și amabilitate întregului colectiv IGOT.

Doresc să adresez mulțumiri doamnei conf. dr. ing. Iuliana LAZĂR, coordonatorul prezentei teze de doctorat, domnului prof. dr. ing. Gabriel LAZĂR și comisiei de îndrumare pentru coordonare, înțelegere și pentru sprijinul constant acordat pe tot parcursul cercetărilor și elaborării lucrării.

Îmi exprim recunoștința și adresez mulțumiri unor oameni minunați care mi-au fost de ajutor pe parcursul efectuării cercetărilor, respectiv Andreea-Elena Bicu, Iulia Crăciun, Roxana Nechifor, Bogdan Pădurariu, Stelian Cartacuzencu.

Mulțumesc cadrelor didactice din Facultatea de Inginerie, Departamentul Inginerirea Mediului și conducerii Universității „Vasile Alecsandri” din Bacău pentru sprijinul oferit prin asigurarea condițiilor pentru desfășurarea acestui program de doctorat și pentru îndrumările de specialitate extrem de utile.

Sunt recunoscătoare și mulțumesc conducerii celor două colegii în care îmi desfășor activitatea și totodată colegilor din aceste unități pentru înțelegere și sprijin pe tot parcursul desfășurării programului de doctorat, facilitându-mi plecarea în cele două stagii și participarea la diverse activități științifice.

Fără îndoială un rol extrem de important în realizarea acestei teze au avut-o prietenii mei și evident familia mea care m-a susținut în permanență, tuturor le mulțumesc din suflet.

Mulțumesc oamenilor minunați care au fost lângă mine în situațiile limită și care m-au ajutat necondiționat. Respect și prețuire!

Pentru energie, inspirație, sănătate și toate darurile oferite, îi mulțumesc Lui Dumnezeu.

În memoriam,
... tatălui meu
... mentorului meu spiritual Arhim. dr. Antonie

drd. Roxana Țîncu

CUPRINS	T/R
1. ELEMENTE INTRODUCATIVE.....	5/5
1.1. Argument.....	5/5
1.2. Scopul cercetării.....	8/5
1.3. Obiective.....	8/8
1.4. Obiective complementare.....	8/8
1.5. Ipoteze.....	8/8
1.6. Planul (capitolele) tezei.....	9/8
2. CONCEPTE – definirea termenilor și stabilirea relațiilor dintre aceștia.....	11/8
2.1. Conceptele ”viitură” și ”inundații”.....	11/8
2.2. Conceptele ”expunere” și ”vulnerabilitate”.....	14/9
2.3. Conceptele ”pagube” și ”risc”.....	26/11
2.4. Concluzii privind conceptele definite.....	34/12
3. STADIUL ACTUAL AL CERCETĂRII.....	36/13
3.1. Evaluarea riscului din perspectiva vulnerabilității fizice.....	36/13
3.2. Evaluarea riscului din perspectiva vulnerabilității sociale.....	47/16
3.3. Concluzii privind stadiul actual al cercetării.....	53/18
4. IMPACTUL INUNDAȚIILOR ÎN ZONA DE STUDIU.....	54/19
4.1. Caracterizarea zonei de studiu.....	54/19
4.2. Evenimente istorice de inundații.....	64/20
4.2.1. Caracterizarea evenimentelor de inundații din punct de vedere hidrologic.....	64/21
4.2.2. Caracterizarea evenimentelor de inundații în presă.....	68/22
4.2.3. Pagubele înregistrate în timpul evenimentelor de inundații.....	73/22
4.2.4. Concluzii privind zona de studiu și evenimentele de inundații.....	74/23
5. DATE ȘI INSTRUMENTE UTILIZATE ÎN REALIZAREA CERCETĂRII.....	75/23
5.1. Date utilizate în realizarea cercetării.....	75/23
5.2. Software utilizate în realizarea studiului.....	75/24
5.2.1. ArcGIS Desktop.....	79/25
5.2.2. QGIS.....	81/25
5.2.3. Concluzii privind softurile utilizate în realizarea cercetării.....	84/26
6. PROCEDURI DE LUCRU.....	86/27
6.1. Procedura pentru realizarea modelului numeric al terenului (MNT).....	87/28
6.2. Procedura calculării adâncimii apei în zona de studiu.....	93/29
6.3. Procedura pentru obținerea hărții de hazard.....	95/29
6.4. Procedura pentru identificarea elementelor expuse riscului.....	97/30
6.4.1. Identificarea clădirilor.....	97/31
6.4.2. Identificarea infrastructurii.....	99/31
6.4.3. Identificarea claselor de teren.....	100/31
6.5. Procedura pentru evaluarea vulnerabilității fizice.....	100/31
6.5.1. Curba de deteriorare pentru clădiri rezidențiale.....	102/32
6.5.2. Curba de deteriorare pentru infrastructură.....	108/35
6.5.3. Curba de deteriorare pentru agricultură.....	109/35
6.6. Proceduri pentru calcularea daunelor.....	109/35
6.6.1. Procedura în vederea estimării daunelor monetare pentru clădirile rezidențiale.....	110/35
6.6.2. Procedura în vederea estimării daunelor monetare pentru infrastructură.....	110/36

6.6.3. Procedura în vederea estimării daunelor monetare pentru agricultură	114/36
6.7. Procedura pentru cuantificarea riscului	115/37
6.8. Concluzii privind procedurile aplicate în realizarea cercetării	116/37
7. REZULTATE OBTINUTE	118/39
7.1. Modelului Numeric al Terenului	118/39
7.2. Adâncimea apei (magnitudinea).....	120/40
7.3. Harta de hazard.....	123/42
7.4. Identificarea elementelor expuse	127/43
7.4.1. Expunerea clădirilor	128/43
7.4.2. Expunerea infrastructurii.....	131/455
7.4.3. Categoriile de utilizare a terenului	138/48
7.5. Estimarea daunelor	141/49
7.5.1. Estimarea daunelor probabile pentru clădirilor rezidențiale	141/499
7.5.2. Estimarea daunelor probabile pentru infrastructură	143/51
7.5.3. Estimarea daunelor probabile pentru agricultură	145/52
7.6. Cuantificarea riscului	146/52
7.7. Validarea rezultatelor	148/54
7.8. Concluzii privind rezultatele obținute	151/55
8. CONCLUZII GENERALE	156/59
8.1. Concluzii privind necesitatea temei.....	156/59
8.2. Concluzii privind baza teoretică a evaluării riscului de inundații	156/60
8.3. Concluzii privind caracterul original al tezei	158/62
8.4. Concluzii privind direcțiile ulterioare de dezvoltare a cercetării	161/64
8.5. Valorificarea cercetărilor.....	161/65
BIBLIOGRAFIE	164/67
LISTĂ DE FIGURI.....	174/...
LISTĂ DE TABELE.....	176/...
ANEXE.....	177/...

1. ELEMENTE INTRODUCTIVE

1.1. Argument

Apa - element vital vieții, se află peste tot în natură, fiind într-o continuă mișcare și transformare. Aceasta are un rol foarte important în procesele metabolice, este element al genezei și sursă de inspirație, deoarece o regăsim în numeroase opere literare și plastice, iar unii cercetători susțin că apa este dotată și cu memorie. Se subînțelege din acestea însemnătatea și rolul esențial al apei pentru omenire, însă apa are și un însemnat potențial distructiv, creând deosebite probleme oamenilor prin producerea inundațiilor ca efect a unor hazarde naturale.

Conform EEA (2008), inundațiile sunt fenomene frecvente care se manifestă la nivel global provocând pagube pe scară largă, daune economice și pierderi de vieți omenești și apar atunci când apa depășește limitele albiei minore, fiind efectul altor fenomene naturale și anume al viiturilor.

Daunele produse de inundații variază în funcție de gradul de vulnerabilitate al receptorului afectat. În aceste condiții, România rămâne una din țările cele mai vulnerabile la aceste fenomene, în primul rând, din cauza curenței unei infrastructuri durabile pentru protecția împotriva hazardelor și din cauza exploatării în mod irațional a teritoriului, cum ar fi exploatarea irațională a lemnului.

De-a lungul timpului, inundațiile s-au manifestat în diverse bazine hidrografice din regiunile țării, producând pagube directe semnificative, atât la nivelul gospodăriilor, cât și la nivelul infrastructurii și agriculturii. Râul Troțuș, afluent al Siretului, este unul dintre râurile în care se produc frecvent viituri și, implicit, inundații cu efecte catastrofale pentru locuitorii Văii Troțușului. Efectele negative ale inundațiilor în această zonă sunt semnificative, pe de o parte, datorită faptului că structurile de apărare care să atenueze impactul sunt limitate, pe de altă parte, datorită faptului că nu există o planificare a utilizării terenului cea ce face ca de-a lungul văii, destul de îngustă a Troțușului să se fi dezvoltat de sute de ani așezări umane și implicit infrastructura, agricultura și economia. Statisticile amintesc de existența inundațiilor încă din anii 1600, iar în anii recentți inundațiile și efectele lor negative s-au înregistrat destul de frecvent, cum ar fi: 1991, 2004, 2005, 2007, 2010, 2012 (Vives and Peyraud, 2009) și chiar 2016.

La fel de frecvent ca și aceste evenimente de inundații și efectele lor negative, apare întrebarea: *Cum pot fi evitate sau limitate aceste fenomene cu efecte adesea catastrofale?*

Cunoașterea acestor fenomene, denumite în literatura de specialitate și hazarde, permite luarea celor mai adecvate măsuri, atât pentru atenuarea efectelor lor, cât și pentru reconstrucția zonelor sau regiunilor afectate. Atenuarea efectelor inundațiilor se poate realiza prin măsuri structurale, ceea ce implică lucrări de construcții civile, construirea de baraje, rezervoare, modificări de canal, de captare sau drenaj sau prin măsuri nestructurale care constau în prognozarea inundațiilor, avertizare de inundații, planificarea de urgență etc. În timp ce reconstrucția zonelor sau regiunilor afectate depinde de o serie de caracteristici ce aparțin zonei afectate, de exemplu gradul de dezvoltare economică, accesul la resurse, mijloacelor de trai ale oamenilor și grupurile afectate, caracteristici care contribuie la determinarea gradului de vulnerabilitate.

Efectele inundațiilor au demonstrat că soluțiile tradiționale de protecție împotriva inundațiilor pot eșua și pot cauza daune tot mai grave, din acest motiv apărarea împotriva inundațiilor sau controlul inundațiilor se transformă treptat într-un management al riscului de inundații care, pe lângă fenomenul inundațiilor, tratează și impactul acestuia asupra societății și vulnerabilității societății.

Conform Dikau și Weichselgartner (2005), Felgentreff și Glade (2008), cercetarea privind vulnerabilitatea este recunoscută ca fiind un domeniu important în cadrul științei recente *pericolele naturale* și în managementul riscului de dezastru. În domeniile ingineresti și ale științelor naturii, vulnerabilitatea reprezintă o parte a analizei – percepției – evaluării - managementului riscului, fiind deosebit de importantă în determinarea consecințelor, reprezentând gradul de pierderi al unui anumit element (sau seturi de elemente) la risc, ce rezultă din producerea unui eveniment de o anumită magnitudine, fiind reprezentată pe o scară de la 0 (fără pierderi) la 1 (pierderi totale), exprimată în valoare monetară (în cazul pierderilor materiale) sau în victime (în cazul pierderilor de vieți omenești) (Zaharia et al., 2012).

Practica mondială a demonstrat că apariția inundațiilor nu poate fi evitată, însă ele pot fi gestionate, iar efectele lor pot fi reduse printr-un proces sistematic care conduce la un șir de măsuri și acțiuni menite să contribuie la diminuarea riscului asociat acestor fenomene Pătruț (2010). Așadar se impune trecerea de la conceptul de *apărare împotriva inundațiilor* la cel de *management al riscului*.

Managementul riscului este un proces complex ce constă în parcurgerea și coroborarea mai multor etape aflate în strânsă interacțiune și care au ca obiectiv o îmbunătățire continuă a procesului. Este un proces asupra căruia, atât autoritățile, cât și

cercetătorii manifestă un interes deosebit în ultimii ani din dorința de a găsi soluții fiabile care să permită reducerea efectelor negative.

Studiile și cercetările realizate și prezentate în această lucrare au pornit de la ideea dezvoltării unei metodologii fezabile în vederea evaluării riscului de inundații, în contextul inundațiilor frecvente și totodată al efectelor negative a acestora în zona descrisă succint anterior și a **Directivei 2007/60/CE a Parlamentului European și a Consiliului** (UE, 2007), care are ca scop stabilirea unui cadru pentru evaluarea și gestionarea riscurilor de inundații, în vederea reducerii consecințelor negative pentru sănătatea umană, mediu, patrimoniul cultural și activitatea economică asociate cu inundațiile în cadrul Comunității.

În vederea reducerii consecințelor negative este imperios necesară o evaluare a daunelor potențiale cauzate de inundații, deoarece acest lucru permite evaluarea eficacității strategiilor de atenuare a pericolelor și prioritizează investițiile, prin compararea impactului pe care îl au strategiile diverse de management pentru a selecta standardele economice optime de protecție pentru apărarea împotriva inundațiilor.

Evaluarea riscului este prima etapă din managementul riscului de inundații și oferă administrației locale și tuturor celor cu putere de decizie informații extrem de utile în vederea dezvoltării planurilor și strategiilor de management a inundațiilor, lucru confirmat și de Koks et al. (2015), potrivit cărora evaluarea riscului de inundații este un proces care furnizează informații pentru evaluarea strategiilor de management al riscului de inundații. Dată fiind importanța pe care o are procesul de evaluare a riscului în cadrul managementul riscului de inundații, dar și contextul inundațiilor frecvente atât la nivel național, cât și la nivelul bazinului hidrografic al râului Trotuș prezenta lucrare își propune evaluarea cantitativă, la micro-scală a riscului produs de inundații.

Am optat pentru evaluarea cantitativă a riscului, deoarece aceasta exprimă riscul în termeni cantitativi, fie ca probabilități sau pierderi așteptate, rezultate care sunt în concordanță cu prevederile **Directivei 2007/60**, fiind capabile să sprijine procesul de luare a deciziilor în ceea ce privește prioritizarea investițiilor și analiza cost-beneficiu a alternativelor de atenuare.

Realizarea acestui studiu are la bază o serie de întrebări care, de altfel, ne-au și motivat în realizarea lui, respectiv: Care sunt zonele predispuse la inundații? Având în vedere daunele produse la fiecare eveniment, apare întrebarea despre gradul de vulnerabilitate? Din ce motiv oamenii aleg să trăiască în zona expusă pericolului?

Populația are avantaje mai mari comparativ cu valoarea pierderilor? Care este valoarea daunelor pentru un eveniment de inundații?

Sunt doar câteva întrebări, al căror răspuns dorim să-l aflăm și implicit să-l prezentăm pe parcursul acestui studiu privind evaluarea riscului produs de inundații.

1.2. Scopul cercetării

Prezentul studiu își propune dezvoltarea unei metodologii care să permită cuantificarea riscului de inundații la micro-scală, realizând o evaluare comună a pericolului, a expunerii, a vulnerabilității fizice și a consecințelor directe și parțial indirecte ale inundațiilor, în secțiunea Făgetul de Sus – Pasul Ghimeș-Palanca, din Bazinul Trotușului, utilizând tehnici GIS.

1.3. Obiective

1.4. Obiective complementare

1.5. Ipoteze

1.6. Planul (capitolele) tezei

Această lucrare conține un număr de **187** pagini, structurate în **8** capitole, **64** de figuri și **28** de tabele.

2. CONCEPTE – definirea termenilor și stabilirea relațiilor dintre aceștia

2.1. Conceptele ”viitură” și ”inundații”

O înțelegere a imaginii de ansamblu a ceea ce înseamnă amenințarea și consecințele pe care le poate avea un pericol este legată direct de cunoașterea și înțelegerea următoarelor noțiuni: viituri, inundații (hazard), expunere, vulnerabilitate, daune și risc.

Viiturile sunt fenomene naturale care fac parte din lanțul evenimentelor normale ale scurgerii reprezentând momentele de vârf în evoluția scurgerii apei unui râu, acestea se caracterizează prin creșteri deosebit de rapide (de ordinul orelor), uneori extraordinare, ale nivelului apei și implicit ale debitului, până la atingerea unui maxim, după care urmează scăderea, de asemenea rapidă, a apelor (dar într-un ritm ceva mai lent decât creșterea) care revin la parametri normali de scurgere (Borcan and Achim, 2011, Pișota and Zaharia, 2002).

Termenii, ”**viitură**” și ”**inundație**”, nu sunt sinonimi, deși sunt într-o legătură strânsă, inundațiile reprezintă în fapt efectul pe care îl au viiturile în anumite cazuri. **Inundațiile** fac parte din nenumăratele pericole naturale la care societatea contemporană este expusă, fiind unul dintre fenomenele principale responsabile pentru pierderile umane, economice și de mediu în context global sau punerea în submersiune a albiei majore de

către apa care debordează din albia minoră sau acumularea apei provenite din precipitații sau topirea zăpezilor în zone cu drenaj natural insuficient (Philipp Schmidt-Thomé et al. , 2006, EEA, 2008, WMO/UNESCO, 2012).

Conform EEA (2008) acestea sunt responsabile pentru o treime din pierderile economice ca rezultat al dezastrelor naturale în Europa, fiind cel mai frecvent tip de evenimente, împreună cu furtunile.

Inundațiile fac parte din categoria hazardelor (pericolelor) naturale, fiind întâlnite în literatura de specialitate și sub această denumire, conform dicționarului de termeni elaborat sub egida UNESCO și a secretariatului *International Decade for Natural Disaster Reduction* (IDNDR) în 1992, **hazardul** este un eveniment amenințător cu probabilitatea de apariție într-o regiune și într-o perioadă dată, a unui fenomen natural cu potențial distructiv (Grecu, 2009) în timp ce Organizația Națiunilor Unite în UN-ISDR (2004) definește "*pericolul/hazardul*" ca "un eveniment fizic potențial dăunător sau activitate umană care poate provoca pierderi de vieți sau răniri, pagube materiale, întreruperi sociale și economice sau degradarea mediului".

2.2. Conceptele "expunere" și "vulnerabilitate"

Activele sau elementele expuse riscului, reprezintă un termen generic folosit de comunitățile științifice și face referire la tot ceea ce ar putea fi expus pericolelor clădiri, teren agricol, economie, infrastructură și indivizi.

Expunerea se referă la activele și valorile situate în zonele inundabile, este prezentată ca fiind o altă componentă a riscului de dezastru, și se referă la ceea ce este afectat de dezastrele naturale, cum ar fi oamenii și proprietatea, pe scurt expunerea, descrie numărul de persoane și valoarea structurilor și activelor care se vor confrunta cu pericolul și ar putea fi afectate negativ de acesta (Davidson and Lambert 2001, ADRC, 2005, IPCC, 2012b). Într-o altă definiție, **expunerea** reprezintă prezența oamenilor, bunurilor sau alte elemente cu potențial subiect pentru a fi deteriorate în zonele în care au loc inundațiile (UNISDR, 2004, UNISDR, 2009b, SEC, 2010) și poate fi cuantificată prin numărul sau valoarea elementelor găsite în cadrul acestei zone (Merz et al., 2007).

Ca și expunerea, **vulnerabilitatea** este o problemă ce preocupă frecvent cercetătorii din domeniul managementului riscului, fiecare dintre aceștia aducând noi contribuții atât în modul de determinare cât și în definiții.

Folosit în viața de zi cu zi, termenul **vulnerabilitate** se referă la incapacitatea de a rezista efectelor unui mediu nefavorabil, utilizat însă în cercetări științifice capătă un sens

aparte, fiind definită în contextul studiului respectiv. Cu alte cuvinte, definiția și metoda de evaluare a vulnerabilității sunt specifice fiecărui studiu și trebuie să devină transparente în contextul specific, conform (Ciurean et al., 2013).

Clark et al. (1998) definește **vulnerabilitatea** ca "incapacitatea diferențiată a oamenilor de a face față pericolelor, bazată pe poziția grupurilor și indivizilor atât în cadrul fizic cât și a lumii sociale", în timp ce Pelling (2003) înțelege **vulnerabilitatea** ca un concept care cuprinde expunerea (locația în raport cu pericolul), rezistența (mijloace de trai, sănătate), precum și capacitatea de a face față.

Numeroasele definiții și metode de evaluare a vulnerabilității sunt o dovadă a diversității de opinii și a semnificațiilor atribuite acestui termen. Dealtfel, Birkmann (2006) remarcă faptul că "încă ne confruntăm cu un paradox: ne propunem să măsurăm vulnerabilitatea, și totuși nu o putem defini exact".

Brooks (2003) consideră că în ciuda diversității de opinii, se pot totuși diferenția două perspective din care poate fi privită vulnerabilitatea și care sunt strâns legate de evoluția conceptului:

1. Perspectiva orientată spre științe tehnice sau inginerești, se referă la cantitatea de pagube cauzate unui sistem de un anumit tip de pericol.

2. Perspectiva orientată spre științe sociale se referă la starea existentă într-un sistem înainte de a se confrunța cu un pericol.

Când vorbim despre abordările inginerești, vorbim implicit de vulnerabilitatea fizică, definită de UNDR0 (1984) ca fiind gradul de pierdere pentru un anumit element sau set de elemente, aflate în zona afectată de un pericol. Este exprimată pe o scară de la 0 (fără pierderi) la 1 (pierdere totală).

Pentru evaluarea vulnerabilității fizice sunt utilizate, în general patru abordări principale: curbe de fragilitate, curbe de vulnerabilitate sau daune, matricele de vulnerabilitate și indicatorii de vulnerabilitate. Fiecare din acestea sunt concepute pentru cerințe de date diferite, o varietate de niveluri de complexitate și pentru o serie de aplicații la diferite scări spațiale. Curbele de fragilitate, vulnerabilitate sau deteriorare sunt componente esențiale ale procesului de evaluare cantitativă a riscurilor, întrucât acestea se referă la daunele așteptate ale unui element individual expus riscului (Godfrey et al., 2015).

Merz et al. (2010), Romali et al. (2015) prezintă două abordări pentru dezvoltarea funcțiilor stadiu-daune necesare în vederea evaluării riscului de inundații: (a) pot fi derivate empiric, folosind datele daunelor observate din inundații (Merz et al., 2004) sau

(b) pot fi derivate folosind o abordare sintetică, este o analiza ipotetică în care, de exemplu experții din industria de asigurări sau inginerii estimează valoarea daunelor care ar avea loc la un anumit element expus la risc în anumite condiții de inundații.

În cadrul acestor cercetări, vulnerabilitatea fizică s-a evaluat utilizând metoda sintetică de obținere a curbei de vulnerabilitate, fiind aplicată pentru clădiri, infrastructură și agricultură utilizând datele furnizate de JRC prin lucrările realizate de (Huizinga, 2007, Huizinga et al. 2017).

2.3. Conceptele ”pagube” și ”risc”

Evaluarea pagubelor produse de inundații a dobândit o importanță tot mai mare în contextul evaluării riscului și de luare a deciziilor, motiv pentru care tot mai mulți autori elaborează scheme de clasificare și cuantificare a daunelor în ideea de a găsi o formulă robustă și fiabilă pentru cuantificarea acestora. În sens general pagubele/daunele pot fi definite ca pierderile suferite în urma unui eveniment de inundații (W. Vanneuville et al., 2005).

Meyer V. and Messner (2005), Merz et al. (2010) realizează o clasificare amănunțită și concretă a pagubelor, astfel: (1) pagube pentru care există un preț de piață, (a) pagube tangibile directe (clădiri rezidențiale, mașini, gospodării, active fixe, ferme de animale, infrastructură, (b) pagube tangibile indirecte (costuri de energie; întreruperea traficului; pierderea de valoare adăugată), (2) pagube dificil de cuantificat în termeni monetari, deoarece nu există un preț de piață (a) pagube intangibile directe (pierderi de vieți omenești), (b) pagube intangibile indirecte (sănătatea; toxiinfecții, bunuri culturale, bunuri de mediu).

Conform abordării propuse de Vanneuville W. et al. (2005), toate daunele potențiale combinate, matematic cu probabilitatea fiecărui eveniment definesc riscul.

În comunitățile științifice, este unanim acceptat că riscul este produs de un hazard și consecințele sale. Kron (2005) explică această afirmație astfel, în cazul în care nu există oameni sau bunuri care pot fi afectate de fenomene naturale, nu există nici un risc, în timp ce în UNISDR (2004), ISO/IEC-31010 (2009), riscul este definit în general ca probabilitatea consecințelor sau pierderilor dăunătoare (deces, leziuni, proprietăți, mijloace de producție, întreruperi ale activităților economice sau impactul asupra mediului) care rezultă din interacțiunea dintre hazardele mediului natural sau hazardele induse de om și condițiile elementelor vulnerabile. Standardele europene și naționale, definesc în mod oficial conceptul de risc de inundații ca fiind combinația dintre probabilitatea apariției unor

inundații și efectele potențial adverse pentru sănătatea umană, mediu, patrimoniul cultural și activitatea economică asociate apariției unei inundații, potrivit **Directivei din 2007/60/CE** (UE, 2007).

În ghidurile Comisiei Europene, SEC (2010), evaluarea și cartografierea riscului apare ca produsul dintre probabilitate, expunere și vulnerabilitate, Ecuația (2.3).

$$\text{Risc} = \text{Probabilitate} * \text{Expunere} * \text{Vulnerabilitate} \quad (2.3)$$

Caz în care **expunerea și vulnerabilitatea** sunt parametri care definesc **consecințele**.

Într-o altă abordare riscul este prezentat cantitativ Ecuația (2.6), aceasta încearcă să cuantifice riscul în funcție de definiția riscului dată de UNISDR (2004).

$$\text{Risc} = \text{Hazard} * \text{Vulnerabilitate} * \text{Suma elementelor expuse riscului} \quad (2.6)$$

Această ecuație (2.6) nu este doar conceptuală, ci poate fi aplicată într-un mediu GIS cu ajutorul datelor spațiale pentru a cuantifica riscul pentru un pericol specific. Modul în care sunt caracterizate cantitățile de elemente expuse riscului (de exemplu, numărul de clădiri, numărul de persoane, valoarea economică) definește și modul în care este prezentat riscul. Componenta de pericol din ecuație se referă de fapt la probabilitatea apariției unui fenomen periculos cu o anumită intensitate într-o anumită perioadă de timp (de exemplu, probabilitatea anuală).

Rezultatele cuantificării riscului produs de inundații sunt transpuse în hărțile de risc de inundații, necesare pentru informarea populației și pentru realizarea planurilor de management al riscului.

2.4. Concluzii privind conceptele definite

1. Prin definirea acestor concepte s-a eliminat confuzia care apărea de cele mai multe ori între termenii: hazard și risc. Astfel, **hazardul** este un eveniment amenințător cu probabilitatea de apariție într-o regiune și într-o perioadă dată a unui fenomen natural cu potențial distructiv, în timp ce **riscul** este definit în general ca probabilitatea consecințelor sau pierderilor dăunătoare ca rezultate ale hazardelor și condițiilor elementelor vulnerabile.

2. Existența riscului este dată așadar de gradul de expunere și de vulnerabilitate al elementelor care se găsesc în calea hazardului.

3. Vulnerabilitatea este conceptul cel mai complex având multiple dimensiuni și factori de care este influențată, totuși în ciuda diversității de opinii care există în lumea științifică s-a conturat o clasificare care înglobează în mare parte dimensiunile și

perspectivele vulnerabilității, astfel avem: (a) vulnerabilitatea fizică, (b) vulnerabilitatea economică, (c) vulnerabilitatea umană și socială, (d) vulnerabilitatea mediului.

4. De asemenea, în urma informațiilor prezentate concluzionăm că (a) vulnerabilitatea fizică, și (b) vulnerabilitatea socială sunt abordările cele mai frecvent utilizate în domeniul cercetării riscurilor naturale.

5. Curbele de vulnerabilitate sau deteriorare sunt componente esențiale ale evaluării vulnerabilității fizice și implicit al procesului de evaluare cantitativă a riscurilor, întrucât acestea se referă la daunele așteptate ale unui element individual expus risc.

6. Daunele sunt rezultatul expunerii elementelor și a gradului de vulnerabilitate, iar prin combinarea matematică a tuturor daunelor potențiale cu probabilitatea fiecărui eveniment este definit riscul.

7. Riscul poate fi evaluat prin trei categorii de metode, respectiv: (a) **metode calitative**, descriu calitativ riscul în termeni de înalt, moderat și scăzută, (b) **metode semicantitative** sunt tehnici care exprimă riscul în termeni de indicii de risc, (c) **metode cantitative**, exprimă riscul în termeni cantitativi, ca probabilități sau pierderi așteptate.

8. Indiferent de metodele abordate analizele de risc cuprind în general, următorii pași: definirea domeniului de aplicare, identificarea pericolelor (amenințarea), estimarea probabilității de apariție a riscurilor, evaluarea vulnerabilității elementelor la risc, identificarea consecințelor și estimarea riscului.

3. STADIUL ACTUAL AL CERCETĂRII

Evaluarea riscului este un subiect cu o amplă preocupare a cercetătorilor, în ultimele decenii planeta fiind asaltată de nenumărate pericole naturale, dintre acestea inundațiile sunt cele care se manifestă cel mai des. Din dorința de a găsi soluții în ceea ce înseamnă apărarea împotriva hazardelor și reducerea pagubelor, cercetătorii s-au focusat pe acest subiect foarte amplu.

3.1. Evaluarea riscului din perspectiva vulnerabilității fizice

Întrucât obiectivele acestei cercetări constau în evaluarea cantitativă a riscului exprimat în pierderi monetare de așteptat, studiile care vor fi prezentate se vor axa în mod special pe metodele cantitative și semicantitative de evaluare a riscului.

Conform Fell and Hartford (1997), SafeLand (2010) metodele cantitative de evaluare a riscului exprimă riscul în termeni cantitativi, acestea se bazează pe valori numerice ale probabilității, vulnerabilității și consecințelor, iar rezultatele obținute sunt prezentate ca valoare numerică a riscului și pot fi comparate cu alte zone de studiu.

Dias et al. (2014b) în lucrarea *Flood Risk Mapping Methodological Guide* prezintă o metodologie care permite cuantificarea riscului de inundații asociat cu mediul construit concretizat în clădiri.

Metoda propusă pentru cuantificarea riscului de inundații este bazată pe media anuală a daunelor a diferitelor categorii de daune. Această metodă propune să fie integrate diferitele categorii de daune într-un singur indicator cu scopul de a efectua o citire completă a riscului pe care o are o zonă expusă pentru fiecare eveniment (Schanze et al., 2006).

Pentru integrarea diferitelor categorii de daune este folosită curba daunelor/pagubelor ce constă din expresii matematice legate de caracteristicile inundațiilor (de exemplu, adâncimea, viteza, durata, etc.), cu potențialul daunelor provocate de aceeași caracteristică a elementelor. În acest caz curbele de daune sunt obținute folosind informațiile pierderilor cauzate de inundații cu anumite caracteristici observate în trecut.

În studiul *Assessment of the losses due to business interruption caused by large-scale floods* realizat de Vilier et al. (2014), este realizată o comparație între două abordări pentru a determina pierderile cauzate de întreruperile de afaceri ca efect al inundațiilor. O primă abordare constă în utilizarea software-ului HIS-SSM, iar cea de-a doua abordare constă în utilizarea modelului ARIO, acesta utilizează ca date de intrare pagubele materiale care au două consecințe conform acestui model, (a) capacitățile de producție sunt reduse deoarece facilitățile necesare în procesul de producție sunt deteriorate, (b) pe de altă parte crește cererea totală.

Rezultatele acestui studiu arată că pierderile datorate întreruperii afacerilor determinate de HIS-SSM sunt foarte mici comparativ cu cifrele constatate în inundațiile reale la scară largă, în timp ce rezultatele modelului ARIO sunt mai în concordanță cu inundațiile recente.

Pentru a spori acuratețea acestor modele este nevoie de studii aprofundate în acest domeniu și de asemenea este necesar ca rezultatele să fie validate amănunțit cu inundații recente.

Integrated spatial flood risk assessment: The case of Zaragoza, realizat de Foudi et al. (2015) își propune o evaluare spațială integrată a riscului de inundații pentru ființele umane și pentru sectoarele rezidențiale, non-rezidențiale, agricol și mediu.

Pentru evaluarea riscului de inundații sunt aplicate metode pentru evaluarea riscului implicat în termeni monetari, propunându-se o extensie metodologică pentru consecințele

mediului, toate acestea utilizând GIS (Zenger and Wealands, 2004). Această abordare GIS combină informațiile hidrologice și hidraulice (pericole de inundații) cu consecințele de stabilitate ale terenului.

Riscul de inundații este reprezentat ca o curbă a probabilității prejudiciului sau curba riscului de inundații, informațiile din această curbă fiind folosite pentru a calcula prejudiciul anual de așteptat.

Pereira et al. (2016) în studiul *Landslide quantitative risk analysis of buildings at the municipal scale based on a rainfall triggering scenario* realizează o analiză cantitativă a riscului de alunecare a terenului în municipalitatea Santa Marta de Penaguião, Portugalia, evaluând riscul clădirilor expuse prin utilizarea unui model de date vectorial în mediul GIS.

În acest studiu, evaluarea vulnerabilității fizice este realizată pentru clădiri folosind curbe de vulnerabilitate semi-cantitative. Curbele de vulnerabilitate obținute reflectă opinia de experți a autorilor privind gradul de pierderi pentru clădirile afectate de diapozitivele de translație superficiale, având la bază și literatura de specialitate, de exemplu, (Papathoma-Köhle et al., 2007, Zêzere et al., 2008, Guillard-Gonçalves et al., 2016).

Valoarea economică a clădirilor expuse s-a calculat pentru fiecare clădire individuală pe baza valorilor cadastrale, utilizând o adaptare a ecuației de la serviciile fiscale portugheze, pentru a determina valoarea impozabilă a clădirilor în Portugalia (Silva and Pereira, 2014).

Astfel după stabilirea valorii economice a fiecărei clădiri se calculează pierderile potențiale (PL) pentru fiecare clădire, ca produsul dintre vulnerabilitatea fizică (PV) și valoarea economică (EV), exprimat în euro. În final se realizează analiza cantitativă a riscului, într-o primă etapă sunt atribuite valorile de pericol pentru fiecare clădire apoi este calculat riscul pentru fiecare clădire din zona de studiu (Guzzetti et al., 1999, Jaiswal et al., 2011, Corominas et al., 2013).

Pentru aplicarea acestei metodologii este necesar să se realizeze o analiză detaliată în teren a caracteristicilor clădirilor ceea ce înseamnă că este consumatoare de timp, lucru care face să fie dificil de aplicat în orașele mari.

Vanneuville W. et al. (2005) în lucrarea *Development of a Flood Risk Model and applications in the management of hydrographical catchments* consideră că o abordare bună în tratarea inundațiilor ia în considerare efectele reale ale inundațiilor prin analiza riscului. În acest studiu calculul daunelor este privit ca un element esențial în calculele de

risc, caz în care riscul este definit ca o combinație matematică a prejudiciului potențial și frecvența inundațiilor. Pentru analiza de risc, acest studiu încorporează doar daune monetare valoroase, interne, directe și indirecte, fiind excluse valorile non-monetare. Daunele directe luate în considerare implică materiale de proprietate, în timp ce daunele indirecte rezultă din pierderile de producție sau costurile de curățare.

Metodologia acestui studiu este o componentă importantă pentru analizele economice cost-beneficiu și pentru a analiza efectele inundațiilor asupra elementelor expuse pericolului.

Studiul *A multi-disciplinary approach to evaluate pluvial floods risk under changing climate: The case study of the municipality of Venice (Italy)* realizat de Sperotto et al. (2016) dezvoltă o metodologie de evaluare a riscurilor la nivel regional (RRA) pentru a analiza efectul schimbărilor climatice asupra riscului de inundații pluviale și care permite identificarea și prioritizarea obiectivelor și sub-domeniilor susceptibile de a fi afectate de riscul de inundații pluviale din cauza precipitațiilor abundente pe baza analizei integrate a pericolelor, a expunerii, a vulnerabilității și a riscului.

Metodologia acestui studiu, Regional Risk Assessment (RRA) este dezvoltată pe paradigmele generale de evaluare a riscului (Landis, 2005) și anume pe cei trei piloni principali ai riscului definiți de (UNISDR, 2009, IPCC, 2012), respectiv pericol, expunerea și vulnerabilitatea, urmată de cadru pentru Evaluarea Regională a Riscului - Regional Risk Assessment (RRA), pentru a estima și compara impactul problemelor de mediu care afectează zonele geografice mari (Hunsaker et al., 1990, Landis, 2005).

Evaluarea riscului relativ este ultima etapă a acestei metodologii și integrează rezultatele obținute în etapele de evaluare a expunerii și vulnerabilității fizice pentru a identifica zonele cu risc crescut de inundații în zona investigată. Pentru realizarea acestui obiectiv este utilizată funcția generală pentru estimarea riscului de inundații pluviale definită de (UNISDR, 2009, IPCC, 2012).

3.2. Evaluarea riscului din perspectiva vulnerabilității sociale

Unii autori, precum Fekete (2010) consideră vulnerabilitatea socială o componentă importantă în procesul de evaluare a riscului, deși este neglijată deseori deoarece evaluările de risc tradiționale se concentrează de cele mai multe ori asupra daunelor economice și măsurilor de apărare.

În lucrarea intitulată *Assessment of Social Vulnerability for River-Floods in Germany*, Fekete (2010) prezintă un studiu în care și-a propus să identifice acele

caracteristici sociale care fac persoanele, vulnerabile la pericolele de inundații în Germania și totodată să identifice dacă aceste caracteristici pot fi identificate ca modele regionale la nivel de județ.

Pentru obținerea *Indexului de Susceptibilitate Socială* propus, sunt urmate etapele conceptului BBC, acesta leagă în mod explicit vulnerabilitate față de cele trei sfere ale durabilității: societatea, economia și mediul. Termenul ”BBC” provine de la conceptele dezvoltate de Bogardi and Birkmann (2004), Cardona (1999) și Cardona (2001), concepte care au servit ca bază pentru această nouă abordare (Birkmann, 2006).

Indexul de Vulnerabilitate la Inundații are ca obiectiv identificarea regiunilor care au atât vulnerabilitate socială ridicată, cât și un pericol potențial de inundații ridicat și este calculat ca produs al *Indexului Social de Susceptibilitate*, *Indexul Densității Infrastructurii* și *Zona de Expunere*.

Spre deosebire de abordările tradiționale de risc, această abordare vine cu elemente de noutate prin faptul că percepe riscul ca incluzând aspecte ale pericolului și vulnerabilitatea sistemului uman-mediul față de inundațiile extreme ale râurilor. De asemenea, evaluarea vulnerabilității sociale este considerată primordială în evaluările de risc, întrucât atunci când există cunoștințe despre aceasta se pot aloca resurse pentru a neutraliza potențialele puncte slabe.

Müller et al. (2011), în studiul intitulat *Assessment of urban vulnerability towards floods using an indicator-based approach – a case study for Santiago de Chile*, consideră că pe lângă pericol, vulnerabilitatea contribuie la generarea de risc, ceea ce înseamnă că un risc evoluează în cazul în care o zonă de pericol spațială interferează cu zone care sunt vulnerabile la un fief particular.

Acest studiu aplică o abordare indicatori–bazați pe experți, adică utilizarea indicilor pe baza cunoștințelor de specialitate. Sunt utilizați indicatorii referitori la expunere și reziliență, cunoștințele cu privire la modul în care gospodăriile sunt vulnerabile la evenimente de inundații, precum și modul în care oamenii afectați evaluează problema inundațiilor, au fost obținute pe bază de interviuri cu un chestionar standardizat.

În vederea calculării vulnerabilității fiecărui bloc de construcție la inundații utilizând indicatorii selectați, a fost utilizat un index de vulnerabilitate adaptat de Haki et al. (2004) și de asemenea, utilizat și de către Kienberger et al. (2009). Indexul a fost aplicat cu ajutorul unui **Modelul Builder** creat în ArcGIS cu toate datele de intrare relevante, datele fiind disponibile într-o bază de date digitală spațială.

Studiul scoate în evidență multiplele forme ale vulnerabilității, întrucât caracteristicile socio-economice nu sunt suficiente pentru a explica diferitele niveluri de vulnerabilitate, astfel arată clar că variabilele referitoare la expunerea fizică a populației afectate sunt mult mai importante în acest caz decât caracteristicile sociale, cum ar fi vârsta și sexul.

Studiul *Combining hazard, exposure and social vulnerability to provide lessons for flood risk management* realizat de Koks et al. (2015), demonstrează cum o evaluare comună a pericolelor, a expunerii și a vulnerabilității sociale oferă informații valoroase pentru evaluarea strategiilor de management al riscului de inundații.

Metodologia adoptată în acest studiu utilizează date privind pericolele și expunerea, combinate cu un index de vulnerabilitate socială. Inițial este realizată o analiză detaliată a caracteristicilor socio-demografice la nivel de gospodărie care oferă noi perspective metodologice în evaluarea vulnerabilității sociale și combinarea acesteia cu pericol și expunerea.

Principalele variabile introduse pentru obținerea *Indexului Vulnerabilității Sociale* sunt: statutul socio-economic, vârsta, etnia, gospodăriile monoparentale și anul de construcție a proprietății, acesta este construit pe baza metodologiei dezvoltată de (Cutter et al. 2000) și modificată de către (Wu et al., 2002).

Pentru a capta potențialul "risc" social la inundații datele IVS sunt combinate cu pericolul de inundații și expunerea.

Spre deosebire de alte studii, acesta utilizează date foarte detaliate ale gospodăriilor, ceea ce oferă claritate în identificarea vulnerabilității sociale în fiecare zonă de pericol la inundații și a diferențelor de compoziție socială între zone.

3.3. Concluzii privind stadiul actual al cercetării

1. În urma prezentării acestor studii privind evaluarea riscului, putem concluziona că toate acestea au la bază trei piloni principali ai riscului, pericolul, expunerea și vulnerabilitatea. Fiecare studiu ia în considerare acești piloni asamblându-i într-o nouă abordare, întrucât aceștia sunt esențiali pentru a estima și compara impactul unui pericol de mediu, altfel spus pentru a evalua riscul produs de un hazard.

2. Majoritatea metodelor cantitative și semicantitative de evaluare a riscului, utilizează pentru estimarea daunelor curbele de deteriorare, deoarece oferă rezultate cantitative concrete.

3. Studiile prezentate dezvoltă metodologii pentru evaluarea riscului, sistematice, complete și cu valoare practică, acestea prezintă succesiv etapele parcurse, de la identificarea pericolului și până la cuantificarea riscului.

4. O serie de studii acordă o importanță deosebită vulnerabilității și în mod special vulnerabilității sociale, caracteristicile sociale fiind considerate primordiale în evaluările de risc, deoarece se consideră că atunci când există cunoștințe despre aceasta se pot aloca resurse pentru a neutraliza potențialele puncte slabe.

5. De asemenea în urma analizării rezultatelor obținute în cadrul acestor studii se poate concluziona că introducerea evaluării vulnerabilității sociale și fizice într-un studiu de evaluare a riscului permite o evaluare completă a riscurilor și a fezabilității strategiilor de reducere.

6. Rezultatele acestor abordări sunt reprezentate de hărțile de hazard, hărți ale expunerii, hărți de vulnerabilitate și hărți de risc, acestea pot ajuta părțile interesate și factorii de decizie prin faptul că furnizează informații despre potențialul risc îndemnându-i astfel să dezvolte planuri de management al riscului.

7. Așa cum este firesc, fiecare din metodologiile prezentate au și limite ceea ce impune aducerea unor îmbunătățiri ca rezultatele să beneficieze de o mai bună acuratețe și de asemenea focusarea pe dezvoltarea unor metode de validare.

4. IMPACTUL INUNDAȚIILOR ÎN ZONA DE STUDIU

4.1. Caracterizarea zonei de studiu

Zona supusă studiului este reprezentată de segmentul cuprins între Făgetul de Sus – Pasul Ghimeș-Palanca, Figura 4.12, aferent localității Ghimeș-Făget și este integrat în partea superioară a Bazinului Troțuș.

Râul Troțuș este afluent de dreapta al Siretului, ocupând o poziție central – sudică în cadrul acestuia și având o suprafață de 4456 km², cumpăna de ape din vest pornește din munții Ciucului de la Izvorul Troțușului și după un traseu de 140 km, orientat NV – SE, prin care traversează culmile muntoase ale Tarcăului, Goșmanului și Berzunțului se varsă în Siret lângă Adjud (ABAS).

Bazinul Troțușului este recunoscut ca fiind un bazin în care viiturile au loc frecvent atât datorită elementelor climatice cât și datorită caracteristicilor morfologice care favorizează formarea acestor fenomene.

Comuna Ghimeș-Făget se află în colțul nord-vestic al județului la limita cu județele Harghita și Neamț, în zona Pasului Ghimeș din munții Ciuc, fiind formată din satele Bolovăniș, Făget (reședința), Făgetu de Sus, Ghimeș, Răchitiș și Tărâhăuși.

Evenimente istorice de inundații s-au înregistrat în această zonă încă din: 1670, 1673, 1675, 1724, 1774, 1775, 1850, 1851, 1860, 1864, 1897, 1912, 1914 etc., nici anii recenți nu au făcut excepție, inundații mari înregistrându-se în 1960, 1970, 1975, 1991, 2004 și 2005, 2007, 2010 Vives and Peyraud (2009), chiar 2016 și 2017.

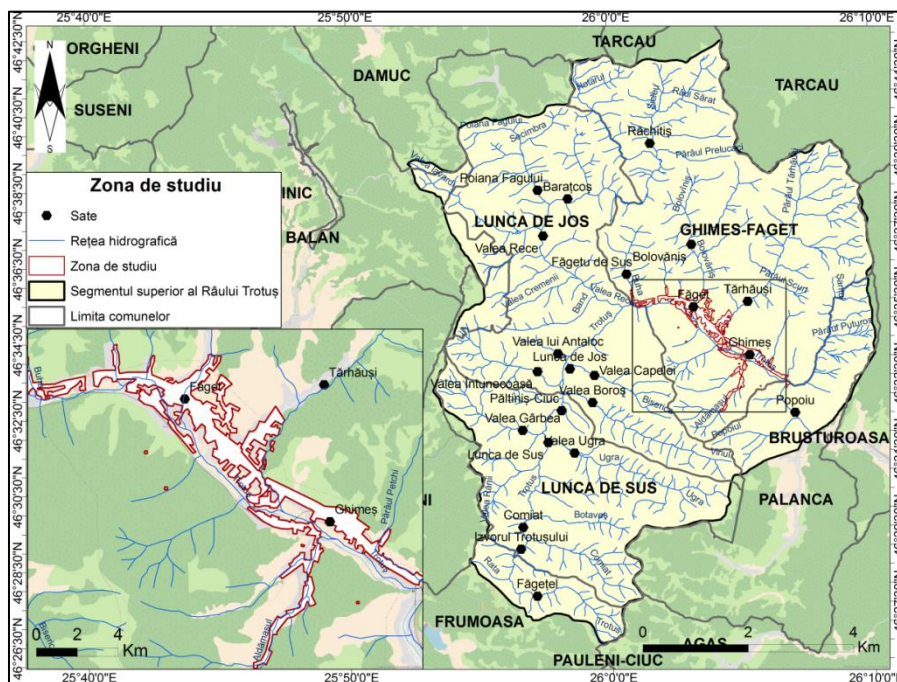


Figura 4.1. Zona de studiu.

Impactul inundațiilor în această zonă este semnificativ datorită prezenței așezărilor umane, sunt întâlnite în jur de 1200 de clădiri în cele trei sate (Făgetul de sus, Făget și Ghimeș), reprezentate în proporție de 95% de clădiri rezidențiale, datorită infrastructurii (drumuri, podețe, calea ferată), și terenurilor agricole. Vulnerabilitatea acestei zone este dată de prezența gospodăriilor efectiv pe malul râului Troțuș (Anexa 1, A1.1) și de prezența a două artere de circulație foarte importante, Drumul Național 12 A (DN 12A) și calea ferată numărul 501, Sfântu Gheorghe–Siculeni–Adjud, ambele făcând legătura între două regiuni ale țării Moldova și Transilvania.

4.2. Evenimente istorice de inundații

Pentru a releva impactul inundațiilor în zona de studiu am caracterizat aceste evenimente din două puncte de vedere, pe de o parte am prezentat datele hidrologice

înregistrate în timpul inundațiilor, iar pe de altă parte am prezentat o serie de articole din presă și comunicate ale instituțiilor responsabile, emise în urma acestor evenimente.

4.2.1. Caracterizarea evenimentelor de inundații din punct de vedere hidrologic

De cele mai multe ori inundațiile au loc în urma viiturilor care se caracterizează prin atingerea unui punct maxim în ceea ce privește valoarea debitului.

În continuare s-au analizate datele în funcție de cotele de apărare înregistrate la stația hidrometrică Ghimeș-Făget în perioada 2005 – 2010 și 2016, stație ce înregistrează datele aferente zonei de studiu. Deși în această perioadă nu s-au înregistrat valori excepționale la stația hidrometrică Ghimeș-Făget, din analiza datelor prezentate în Tabelul 4.3, se observă că valorile înregistrate au depășind în mai multe situații, atât cota de atenție, cât și cota de inundație, provocând daune însemnate localității Ghimeș-Făget.

Tabel 4.3. Datele înregistrate la Stația hidrometrică Ghimeș – Făget, în timpul evenimentelor de viitură din anii 2005 – 2016.

Nr. crt.	An	Data Luna/Zi/ora	Precipitații l/m ²	H(cm)	Q (m ³ /s) max.	Cote de apărare		
						CA 150	CI 250	CP 300
1.	2005	13 iulie	43,5	284	90,6	+134	+34	-
2.	2006	29 martie 05:00		234	40,8	+84	-	-
		05 iunie 05:00		208	24,3	+58		
3.	2007	24 octombrie	10,5 7,0 12,0	228	36,8	+78		
4.	2008	24 iulie	13,0 18,0 10,0		66,5			
5.	2009	31 mai 01:00	34,5	140	40,6			
		31 mai 02:00		135	35,9			
		31 mai 05:00		135	35,9			
		31 mai 09:00		130				
6.	2010	26 iunie 14:00	29,6	180	85,5	+30		
		26 iunie 15:00		174	77,7	+24		
		26 iunie 18:00		166	67,9	+16		
		26 iunie 21:00		180	85,5	+30		
		27 iunie 1:00	39,5	174	77,7	+24		
7.	2016	2 iunie 19:00		190	98,5	+40		

Cauzele generale care duc la producerea acestor evenimente de inundații, conform (ABAS) sunt reprezentate de: (a) modificările în circulația generală a atmosferei; (b) lipsa lucrărilor de corectare a torenților și de combatere a eroziunii solului; (c) despăduriri excesive în bazinele de recepție ale cursurilor de apă; (d) reducerea capacității de transport a albiilor prin colmatare; (e) blocarea podurilor de acces și podețelor cu rădăcini și resturi lemnoase aduse de torenți; (f) existența unor împrejmuiri și anexe gospodărești la limita malurilor torenților; (g) amplasarea de locuințe și obiective social culturale în zone

inundabile ale cursurilor de apă; (h) depozitarea pe malurile cursurilor de apă de material lemnos, deșeuri de orice fel, provenite din gospodăriile cetățenilor.

4.2.2. Caracterizarea evenimentelor de inundații în presă

În această secțiune sunt prezentate o serie de informații privind inundațiile istorice, relatate de presă, deoarece aceste informații spre deosebire de cele oficiale, sunt prezentate din perspectiva celor afectați. Totodată aceste informații vin să argumenteze alegerea acestei secțiuni ca zonă de studiu, din punct de vedere al efectelor produse de inundații.

Articolele apărute în presă având ca subiect inundațiile de pe Valea Troțușului, cu precădere în zona Ghimeș-Făget, selectate și prezentate în cadrul acestei teze sunt: (1) *Spaimă ca la sfârșitul lumii la Ghimeș*, 09.08.2002, **Ziarul de Iași**, (2) *Romania, luată de ape*, 30.07.2004, **Jurnalul**, (3) STARE DE ALERTĂ în județul Bacău în data de 12. 07. 2005 orele 21.00, comunicat de presă pe site-ul Guvernului Românie, (4) *Drumuri și căi ferate afectate de inundații în județul Bacău*, 26.06.2010, **România liberă**, (5) *Un număr de 218 case au fost inundate în mai multe localități din județul Bacău*, 27.06.2010, **Mediafax**, (6) *Traficul feroviar între Ghimeș și Lunca de Mijloc*, 3.06.2016, site-ul **Știrile PROTV**.

4.2.3. Pagubele înregistrate în timpul evenimentelor de inundații

În urma evenimentelor de inundații produse de râul Troțuș și afluenții săi din luna iulie 2005, în localitatea Ghimeș-Făget s-au înregistrat pagube semnificative atât din punct de vedere al locuințele cât și din punct de vedere al infrastructurii. Conform Raportului de Sinteză elaborat de ISU Bacău și ABAS (2005), au fost inundate aproximativ 70 de case și 50 de anexe gospodărești, în ceea ce privește infrastructura au fost afectate 3 podete și 5,5 km de drum comunal, la categoria teren agricol au fost identificate ca fiind inundate 35 de ha.

Viiturile din perioada 26.06 – 28.06.2010 au dus la avarierea a 22 de case și 64 de anexe gospodărești, de asemenea au fost avariați 7,090 km de drum comunal, 1,177 drum sătesc și 0,090 km din drumul național DN 12 A, conform Rapoartelor de Sinteză ISU Bacău și ABAS (2010).

Viitura din 2.06.2016 a erodat digul din malul stâng al Troțușului în satul Ghimeș pe o lungime de 600 m și a inundat în jur de 30 de gospodării tot din satul Ghimeș, așa cum au declarat localnicii atât la UAT Ghimeș-Făget, cât și în cadrul interviului desfășurate în zona de studiu în luna iulie a anului 2016.

4.2.4. Concluzii privind zona de studiu și evenimentele de inundații

1. Râul Trotuș este afluent de dreapta al Siretului, ocupând o poziție central – sudică în cadrul acestuia și având o suprafață de 4456 km², cumpăna de ape pornește din munții Ciucului de la Izvorul Trotușului și după un traseu de 140 km se varsă în Siret lângă Adjud.

2. Bazinul Trotușului este cunoscut ca fiind un bazin în care viiturile au loc frecvent atât datorită elementelor climatice, cât și datorită caracteristicilor morfologice. La aceste caracteristici adăugându-se și factorii antropici, defrișările necontrolate, fiind extrem de importante și semnificative.

3. Zona de studiu reprezintă o secțiune din segmentul superior al Bazinului Trotuș, cuprinsă între Făgetul de Sus și Pasul Ghimeș-Palanca, fiind aleasă pentru studiu deoarece inundațiile s-au manifestat deseori aici și cu efecte negative semnificative. În imediata apropiere a albiei Trotușului s-au dezvoltat gospodăriile și tot de-a lungul Trotușului se găsesc și două căi de circulație foarte importante, DN 12 A și calea ferată numărul 501 Adjud – Siculeni, ambele afectate de mai multe ori în timpul inundațiilor.

4. Cele mai mari debite pentru zona noastră de studiu, respectiv Stația hidrometrică Ghimeș-Făget s-au înregistrat în anii 1970, 1991, 2005 și 2010, însă frecvent au avut loc și evenimente de inundații cu intensitate mai mică.

5. Inundațiile au avut efecte semnificative în zona de studiu, inclusiv evenimentele care au depășit doar cota de atenție. Efectele negative s-au răsfrânt asupra locuințelor, infrastructurii și terenului agricol, în anumite situații locuințele oamenilor fiind distruse în totalitate.

5. DATE ȘI INSTRUMENTE UTILIZATE ÎN REALIZAREA CERCETĂRII

5.1. Date utilizate în realizarea cercetării

Pentru îndeplinirea obiectivelor propuse în vederea evaluării riscului produs de inundații în zona de studiu, s-au utilizat trei categorii de seturi de date după cum urmează:

a. Baza de date cartografică, reprezentată de hărțile topografice la scara 1:25.000 utilizate pentru a digitiza următoarele elemente: curbele de nivel, cotele altimetrice, limita arealului și rețeaua hidrografică, în vederea realizării modelului numeric al terenului (MNT);

b. Bază de date digitală, conține:

✓ baza de date Corine Land Cover 2012 pentru analiza modului de utilizare a terenurilor, la scara 1:100.000, furnizată de Agenția Europeană de Mediu (EEA 2018);

✓ ortofotoplan-ul aferent comunei Ghimeș-Făget pentru vectorizarea clădirilor și căilor de circulație;

✓ benzile de inundabilitate pentru râul Trotuș furnizate de Administrația Bazinală de Apă "Siret" (ABAS);

c. Baza de date numerică (valorică), conține:

✓ date hidrologice (debite maxime, înălțimea viiturii) înregistrate la stațiile hidrometrice (ABAS);

✓ date istorice privind pagubele directe și indirecte produse la inundații (ISU);

✓ date socio-economice, categorii sociale, caracteristicile clădirilor, caracteristici economice, etc.;

✓ date privind funcția de distrugere și valoarea pagubelor pentru agricultură și infrastructură extrase din foaia de calcul a *Global flood depth-damage, European Commission JRC* (Huizinga et al., 2017, Huizinga, 2007).

5.2. Software utilizate în realizarea studiului

În vederea prelucrării și analizei datelor am apelat la eficiența și puterea Sistemelor Informaționale Geografice (SIG) alias Geographical Information System (GIS) deoarece se ocupă de cartografierea automată, inventarierea resurselor, analiza spațială și managementul activităților umane.

În literatura de specialitate nu există o definiție universal valabilă pentru un GIS, unii utilizatori GIS vorbesc doar despre software-ul utilizat pentru a stoca, procesa și analiza datele georeferențiate, în timp ce alții consideră că numele în sine permite includerea hardware utilizat de către sistem și chiar întregul proces de producție și disponibilitate a datelor de pe teritoriu. Cu toate acestea în urma unei analize amănunțite s-a constatat că cele mai multe definiții sunt focusate pe două aspecte: tehnologie și rezolvarea problemelor. În ceea ce privește abordarea tehnologică Marble D. F. et al. (1984) definesc GIS-ul ca fiind "un set de instrumente pentru introducerea, stocarea și restabilirea, manipularea și analiza, precum și producția de date spațiale".


Conform ESRI (1996-2006): GIS-ul este un instrument bazat pe calculator, pentru realizarea hărților și analizarea lucrurilor care există și a evenimentelor care se petrec pe Pământ.


Un Sistem Informațional Geografic este un ansamblu de subsisteme, destinat pentru culegerea, prelucrarea, integrarea, stocarea, extragerea, prezentarea și furnizarea datelor și informațiilor geografice. Ca subsisteme pot fi considerate echipamentele (în care rolul principal îl au calculatoarele electronice), programele, bazele de date și de cunoștințe, tehnologiile și personalul de proiectare, realizare și exploatare. Informația geografică este prezentată pe teme diferite, dar care se referă la un cadru geografic sau cartografic unitar. Fiecare temă este concretizată printr-un „strat” de date (Castraveț et al., 2013).

În vederea efectuării cercetărilor prezentei teze, principalul software-ul GIS utilizat este reprezentat de ArcGIS Desktop, iar pe alocuri a fost utilizat și QGIS.

5.2.1. ArcGIS Desktop

ArcGIS este numele comun pentru trei produse (nivele de licență) – Arc View, Arc Editor și Arc Info. Aceste produse sunt construite pe o interfață comună și capabilitatea centrală și fiecare produs oferă un nivel diferit de funcționalitate. Blocurile de bază ale ArcGIS sunt:

 ArcMap, este destinat pentru afișarea și editarea datelor geografice, realizarea analizelor geografice și crearea rapoartelor, graficelor și hartilor de calitate profesională;

 ArcCatalog este specific pentru căutare, management și documentație legată de datele geografice;

 ArcToolbox - pentru analiza datelor.

5.2.2. QGIS

QGIS este un alt software GIS utilizat în realizarea prezentei cercetări, anterior a fost cunoscut sub numele de Quantum GIS, este o aplicație gratuită care își propune să fie prietenoasă cu utilizatorul, oferind funcții și caracteristici comune. Scopul inițial al proiectului a fost acela de a realiza un vizualizator de date GIS.

Deoarece Sistemele Informaționale Geografice (GIS) sunt ideale pentru gestionarea spațiului informație, oferind o prelucrare spațială adecvată și vizualizarea rezultatelor, QGIS a fost ales ca bază pentru dezvoltarea unui instrument pentru evaluarea riscului de inundații, datorită ușurinței și rapidității în dezvoltarea de plug-in-uri (extensii), iar pentru a crea interfața a fost folosit limbajul Python, instrumentul fiind denumit "FloodRisk" (Mancusi et al., 2015).

Plug-in-ul este conceput și dezvoltat de către o uniunea de centre de cercetare, universități și IMM-urilor, consorțiu numit FloodRiskGroup care colaborează îndeaproape cu autoritățile teritoriale și părțile interesate în scopul răspândirii cercetării științifice ***.

FloodRisk organizează o parte din cunoștințele și caracteristicile disponibile ale metodelor de analiză a riscului de inundații disponibile în literatura științifică pentru a realiza un instrument operațional pentru gestionarea riscului de inundații (FloodRiskGroup, 2017).

În vederea obținerii celor mai bune rezultate este necesar parcurgerea cu exactitate a pașilor descriși în *Manualul de utilizare. The QGIS Plug-in FloodRisk ver.1.0* (FloodRiskGroup, 2017).

5.2.3. Concluzii privind softurile utilizate în realizarea cercetării

1. Pentru realizarea cercetărilor prezentei teze, s-au utilizat trei categorii de date: (a) date cartografice (hărțile topografice la scara 1:25.000), (b) date digitale (benzi de inundabilitate, CLC 2012, ortofotoplan) și (c) date numerice (date hidrologice, date privind daunele, date statistice).

2. Cercetările au fost realizate cu ajutorul a două software GIS, respectiv ArcGIS Desktop și QGIS.

3. Un Sistem Informațional Geografic este un ansamblu de subsisteme, destinat pentru culegerea, prelucrarea, integrarea, stocarea, extragerea, prezentarea și furnizarea datelor și informațiilor geografice. Ca subsisteme pot fi considerate echipamentele (în care rolul principal îl au calculatoarele electronice), programele, bazele de date și de cunoștințe, tehnologiile și personalul de proiectare, realizare și exploatare (Castraveț et al., 2013).

4. Într-un GIS datele pot fi stocate sub două modele fundamentale de date spațiale: date de vector ce se bazează pe primitive grafice (puncte, linii și poligoane) și date de tip raster, în acest caz obiectul reprezentat este divizat într-o serie de celule pătrate dispuse pe rânduri și coloane, celula fiind numită pixel.

5. Principalele componente ale ArcGIS Desktop sunt: (a) ArcMap destinat pentru afișarea și editarea datelor geografice, (b) ArcCatalog, specific pentru căutare, management și documentație legată de datele geografice și (c) ArcToolbox utilizat pentru analiza datelor.

6. QGIS este un software open-source și permite utilizatorilor să analizeze și să editeze informații spațiale, în plus față de compunerea și exportul de hărți grafice, de asemenea suportă un număr mare de formate de date raster și vectoriale, cu posibilitatea de

adăugare ușoară a suportului pentru noile formate, prin intermediul arhitecturii de plug-in-uri.

7. FloodRisk este un plug-in conceput și dezvoltat de către o uniunea de centre de cercetare, universități și Imm-urilor, numit FloodRiskGroup și are ca obiectiv organizarea cunoștințelor și caracteristicilor metodelor de analiză a riscului de inundații disponibile în literatura științifică.

6. PROCEDURI DE LUCRU

Scopul general al cercetărilor prezentei teze este de a evalua riscului produs de inundații în zona de studiu situată între Făgetul de Sus și Pasul Ghimeș-Palanca, ceea ce presupune parcurgerea următoarelor etape:

1. Crearea Modelului Numeric al Terenului (MNT);
2. Obținerea magnitudinii (nivelul apei) în timpul inundațiilor pentru diferite scenarii de inundații;
3. Realizarea hărții de hazard;
4. Identificarea elementelor expuse pericolului de inundații;
5. Evaluarea vulnerabilității fizice;
6. Calcularea daunelor monetare probabile;
7. Cuantificarea riscului.

Evaluarea riscului de inundații reprezintă un proces care presupune dezvoltarea unei metodologie care să determine natura și amploarea riscului, analizând pericolul potențial și evaluând vulnerabilitatea receptorului, întrucât gradul acesteia poate indica prejudiciul potențial pentru oameni, mijloacele de trai și mediul de care depind. În Figura 6.1, este reprezentată diagrama dezvoltată pentru realizarea cercetărilor prezentei teze, respectiv pentru evaluarea riscului.

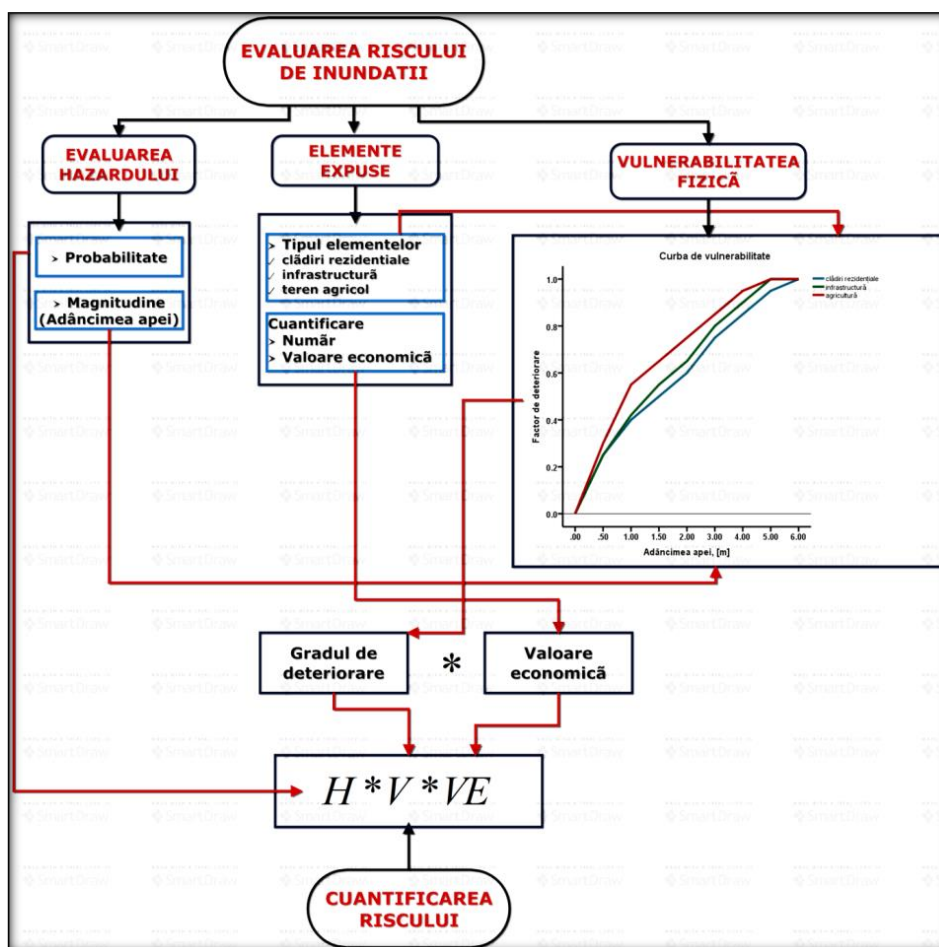


Figura 6.1. Cadrul conceptual pentru evaluarea riscului.

6.1. Procedura pentru realizarea modelului numeric al terenului (MNT)

Modelul Digital de Elevație (DEM), cunoscut frecvent și sub numele de Model Numeric al Terenului (MNT) sau Model Digital al Terenului (DTM) are rolul de a reda configurația terenului în mod continuu din punct de vedere spațial (Moore et al., 1991).

MNT-ul a fost realizat prin vectorizarea hărților topografice, utilizând ArcMap 10.2 și parcurgând următoarele etape:

- a. Procurarea foilor de hartă la scara 1:25.000 în format digital, aferente segmentului superior al Bazinului Troțuș, cuprins între localitatea Făgețel – izvorul Troțușului și Comuna Palanca;
- b. Georeferențierea foilor de hartă;
- c. Vectorizarea curbelor de nivel de pe hartă și a cotelor altimetrice;
- d. Interpolarea, utilizând metoda Triangulated Irregular Network (TIN);
- e. Crearea propriu-zisă a MNT-ului.

6.2. Procedura calculării adâncimii apei în zona de studiu

În vederea calculării adâncimii apei, în cadrul prezentului studiu s-a dezvoltat o metodologie diferită, aceasta poate fi aplicată în condiții de date și resurse financiare limitate, în cazul de față lipsa unui soft pentru modelarea hidrodinamică și a datelor hidrologice.

În vederea calculării adâncimii (nivelului) apei s-a utilizat MNT-ul și benzile de inundabilitate cu perioadă de returnare 10, 100 și respectiv 1000 de ani, aferente zonei de studiu (Țîncu et al., 2018).

Cu ajutorul instrumentelor oferite de ArcMap 10.2, s-a extras câte un MNT corespunzător fiecărei perioade de returnare 10, 100 și 1000 de ani, acestea au fost folosite apoi pentru a extrage valorile pixelilor marginali, seturile de valori obținute a permis obținerea a 3 MNT - uri corespunzătoare celor trei scenarii. Din fiecare MNT obținut s-a scăzut MNT - ul întreg, rezultatul obținut în urma acestei operații reprezintă adâncimea apei, așadar s-au obținut 3 rastere reprezentând adâncimea apei corespunzătoare celor trei scenarii, cu perioade de returnare, 10, 100 și respectiv 1000 de ani (probabilitate de 0,1, 0,001 și 0,001) (Țîncu et al., 2018).

Fiecare raster reprezentând adâncimea apei pentru fiecare perioadă de returnare s-a reclasificat în trei clase de magnitudine conform criteriilor metodei elvețiene de evaluare a hazardului. De asemenea adâncimea apei (magnitudinea) a fost utilizată pentru a obține harta de hazard aferentă zonei de studiu și pentru a identifica elementele expuse riscului și calcularea vulnerabilității fizice.

6.3. Procedura pentru obținerea hărții de hazard

Harta hazardului de inundații corespunzătoare zonei de studiu s-a obținut utilizând probabilitatea, respectiv benzile de inundabilitate pentru cele trei scenarii, cu probabilitate de 0,1, 0,01 și 0,001 și adâncimea apei (magnitudinea).

Elaborarea hărții de hazard și clasificarea hazardului s-a realizat prin metoda elvețiană de evaluare a hazardului, acest ghid de evaluare a hazardelor naturale este unul dintre cele mai bine stabilite și larg acceptate (Raetzo et al., 2002).

Această metodă se bazează pe o diagramă matrice, care definește trei niveluri de pericol (scăzut, mediu și ridicat) pe baza probabilității și intensității/magnitudinii, Figura 6.7.

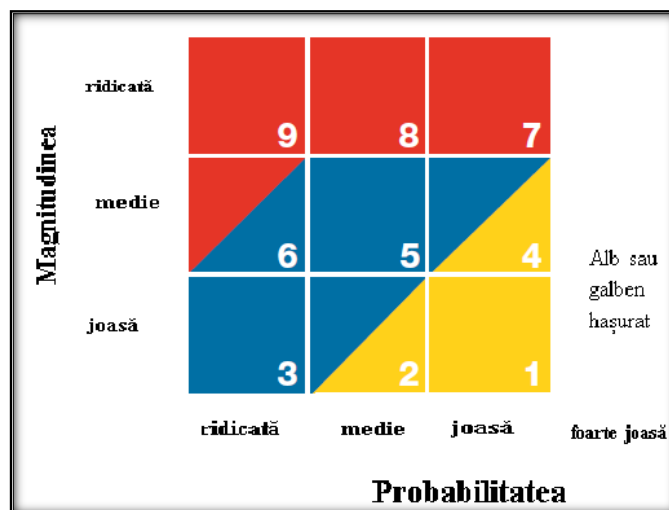


Figura 6.7. Diagrama Probabilitate - Magnitudine, adaptată după Loat and Petrascheck, 2008.

Tabel 6.2. Clasificarea parametrilor în acord cu criteriile metodei elvețiene.

Nr.crt.	Parametri	Criteriile metodei elvețiene	Valorile noastre	Semnificație
1.	Adâncimea apei - Magnitudinea	$h < 0,5$ m $h > 0,5$ m < 2 m $h > 2$ m	0 – 0,5 m 0,5 – 2 m 2 – 3,77 m	Magnitudine scăzută Magnitudine medie Magnitudine ridicată
2.	Probabilitatea	>300 ani - 40 la 15 % 30 – 100 ani - 82 la 40 % 1 – 30 ani - 100 la 82 %	1000 ani 100 ani 10 ani	Probabilitate scăzută Probabilitate medie Probabilitate ridicată

Cele două rastere, reprezentând cei doi parametri magnitudinea și probabilitatea au fost reclasificate conform criteriilor din Tabelul 6.2, apoi au fost combinate utilizând funcția *Cell Statistic*, rezultând **harta de hazard**.

6.4. Procedura pentru identificarea elementelor expuse riscului

Prin identificarea elementelor expuse se înțelege marcarea pe hartă a elementelor care se găsesc în zona cu probabilitatea de apariție a unui pericol de inundație.

Elementele expuse pericolului de inundații în zona de studiu au fost identificate și analizate prin suprapunerea fiecărui strat tematic al elementelor cu fiecare strat tematic reprezentând adâncimea apei pentru cele trei scenarii de inundații, cu probabilitate de 0,1, 0,01 și 0,001.

Prin parcurgerea acestor etape s-au identificat ca fiind expuse pericolului de inundații, următoarele categorii de elemente: clădiri rezidențiale, infrastructură (drumurile, podețele, calea ferată) și terenul agricol.

6.4.1. Identificarea clădirilor

Clădirile expuse au fost analizate în urma efectuării mai multor proceduri, astfel într-o primă fază s-au identificat clădirile expuse la fiecare eveniment de inundații prin suprapunerea stratului tematic al clădirilor cu adâncimea apei specifică fiecărui scenariu de inundații. S-a continuat cu identificarea principalelor categorii de clădiri în funcție de utilizare și de asemenea clasificarea în funcție de materialul de construcție, lucru care s-a realizat prin desfășurarea unui micro-recensământ în zona de studiu în iulie 2016, în baza unui formular conceput special în vederea colectării datelor necesare pentru aceste cercetări.

Pentru clădirilor identificate s-a calculat nivelul apei din interior prin alocarea de valori rețelei de poligoane.

6.4.2. Identificarea infrastructurii

În cazul podețelor s-a optat pentru identificarea numărului acestora, iar pentru rețeaua de drumuri și calea ferată s-a calculat lungimea fiecărei categorii de drum expuse celor trei clase de magnitudine aparținând fiecărui scenariu de inundații, cu probabilitate de 0,1, 0,01 și 0,001. Acest lucru s-a realizat prin suprapunerea stratului tematic reprezentând categoriile de drumuri și respectiv calea ferată cu fiecare strat reprezentând adâncimea apei, în format vector și prin utilizarea funcțiilor necesare pentru calcularea lungimii.

6.4.3. Identificarea claselor de teren

Categoriile de teren existente în zona de studiu s-au extras din setul de date Corine Land Cover (EEA, 2018) pentru fiecare din cele trei scenarii de inundații.

În cazul utilizării terenului s-a calculat suprafața în hectare cu ajutorul funcțiilor din *Field Calculator*, pentru fiecare categorie de teren expusă magnitudinii specifice celor trei scenarii de inundații, cu probabilitate de 0,1, 0,01 și 0,001, prin suprapunerea fiecărui poligon reprezentând adâncimea cu poligonul reprezentând utilizarea terenului.

6.5. Procedura pentru evaluarea vulnerabilității fizice

În cadrul acestui studiu s-a optat pentru evaluarea vulnerabilității fizice, respectiv utilizarea curbei de vulnerabilitate.

Curbele de vulnerabilitate numite și funcții stadiu–pagube (functions stage-damage) leagă deteriorările la adâncimea apei de inundații. Aceste funcții cuantifică prin ecuații matematice modul în care rata daunelor variază în funcție de variația parametrului

de inundație și sunt aplicate, ca și în cazul de față în studiile de evaluarea cantitativă și semi-cantitativă a daunelor (van Westen et al., 2011).

Pentru evaluarea vulnerabilității fizice s-a utilizat setul de date furnizat de Huizinga et al. (2017) împreună cu lucrarea *JRC Technical Reports - Global flood depth-damage functions*.

Din acest set de date s-au extras factorii de deteriorare corespunzători următoarelor categorii de elemente identificate în zona de studiu: clădiri rezidențiale, infrastructură și agricultură, aceștia ilustrează daunele fracționare ca o funcție a adâncimii apei, în timp ce valoarea daunelor s-a calculat diferit pentru fiecare categorie de elemente în parte.

6.5.1. Curba de deteriorare pentru clădiri rezidențiale

Curbele de deteriorare pentru clădirile rezidențiale sunt compuse din funcțiile de deteriorare europene extrase din setul de date furnizat de *JRC Technical Reports - Global flood depth-damage functions* și din valoarea costului de reconstrucție calculată în funcție de natura materialului de construcție.

Valorile funcției medii de deteriorare, specifice Europei pentru clădirile rezidențiale sunt prezentate în Tabelul 6.3.

Tabel 6.3. Funcțiile medii de deteriorare pentru clădiri rezidențiale, infrastructură și agricultură specifice Europei.

Adâncimea apei (m)	Factori de deteriorare		
	Clădiri rezidențiale	Infrastructură	Agricultură
0	0	0	0
0.5	0.25	0.25	0.3
1	0.4	0.42	0.55
1.5	0.5	0.55	0.65
2	0.6	0.65	0.75
3	0.75	0.8	0.85
4	0.85	0.9	0.95
5	0.95	1	1
6	1	1	1

Figura 6.8 prezintă funcția medie de deteriorare pentru clădiri rezidențiale, simbolizată prin culoarea albastru.

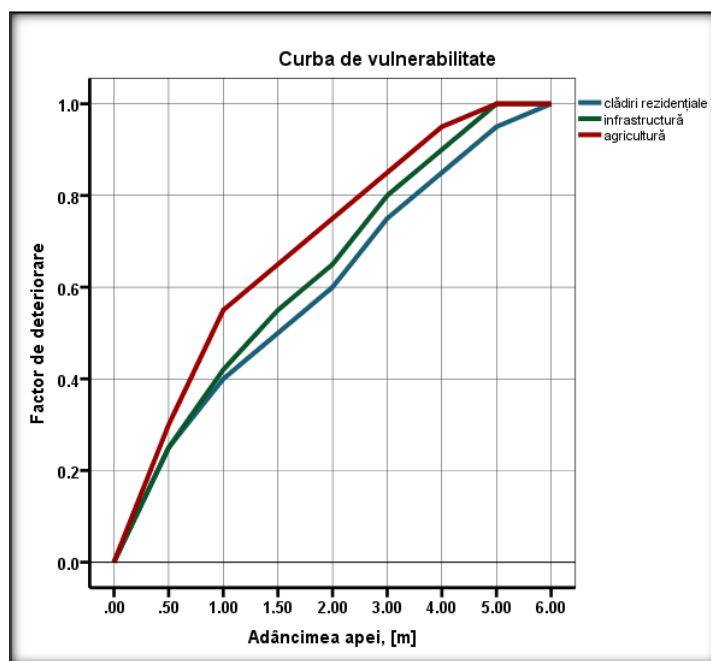


Figura 6.8. Funcția medie de deteriorare pentru elementele expuse.

Pentru clădirile rezidențiale în locul valorii maxime a daunelor a fost utilizată valoarea costului de reconstrucție.

Costul de reconstrucție s-a determinat utilizând datele din centralizatoarele lucrării *Costuri de reconstrucție – Costuri de înlocuire*, Șchiopu (2009), acesta este exprimat în euro/m² și a fost calculat pentru: (a) case cu un singur nivel din BCA, (b) case cu un singur nivel din lemn, (c) anexe gospodărești, caz în care s-au utilizat caracteristicile caselor din paiantă, fiind principalele tipuri de clădiri identificate în urma analizelor din teren.

Costul de reconstrucție s-a extras din centralizatoarele lucrării elaborate de Șchiopu (2009) în funcție de materialul de construcție, pentru fiecare componentă a unei clădiri, respectiv: fundație, structură, învelitoare, finisaj interior și exterior, instalație electrică și încălzire, în vederea calculării costului de construcție pe metru pătrat pentru un tip particular de clădire. Nu s-au inclus costurile unui tip modern de instalație pentru încălzire și nici costurile pentru instalații sanitare deoarece zona de studiu este o zonă rurală în care aceste categorii de instalații se regăsesc în procente puțin semnificative, neexistând alimentare cu gaze respectiv apă din sistem public.

Pentru a determinat costul de construcție pe metru pătrat pentru un tip particular de clădiri a fost dezvoltată Ecuația (6.1), în funcție de indicațiile lucrării realizată de (Șchiopu, 2009).

$$\text{Cost}_{\text{construcție}} = \frac{(\text{cost}_{\text{fundație}} + \text{cost}_{\text{str.}} + \text{cost}_{\text{finisaj}} + \text{cost}_{\text{inst.electrică_încălzire}}) * 100 + (122 * \text{cost}_{\text{inv.}})}{100} \quad (6.1)$$

unde,

- $Cost_{\text{construcție}}$ - costul de construcție exprimat în euro/m²;
- $Cost_{\text{fundatie}}$ - costul de construcție pentru fundație exprimat în euro/m²;
- $Cost_{\text{str.}}$ - costul de construcție pentru structură exprimat în euro/m²;
- $Cost_{\text{finisaj}}$ - costul de construcție pentru finisaj exterior și interior exprimat în euro/m²;
- $Cost_{\text{inst. electrică_încalzire}}$ - costul de construcție pentru instalația electrică și sistemul de încălzire exprimat în euro/m²;
- $Cost_{\text{învelitoare}}$ - costul de construcție pentru învelitoare exprimat în euro/m²;

În urma extragerii costurilor din centralizatoarele lucrării elaborate de Șchiopu (2009) și efectuării calculelor, aplicând Ecuația (6.1) s-au obținut următoarele costuri:

1. **costul de construcție pentru o casă din BCA** este de 559 euro/m²;
2. **costul de construcție pentru o casă din lemn** este de 472,66 euro/m².;
3. **costul de construcție pentru anexe gospodărești** este de 358,13 euro/m².

Pentru aceste valori s-au aplicat corecții în funcție de nivelul de salarizare caracteristic zonei și în funcție de distanța de transport. Valorilor obținute în urma acestor corecții le-a fost aplicată o nouă corecție pentru inflație utilizând Ecuația (6.2), adaptată după INS și în funcție de Indicele Prețurilor de Consum (Consumer Price Index - CPI), pentru a fi reprezentative pentru perioada 2017 - 2018.

$$\mathbf{cost}_{\text{construcție 2017}} = \frac{\mathbf{cost}_{\text{inițial 2009}} \cdot \mathbf{IPC}}{100} \quad (6.2)$$

unde,

- $Cost_{\text{construcție2017}}$ – costul de construcție aferent perioadei 2017 - 2018;
- $Cost_{\text{inițial2009}}$ – costul de construcție calculat la nivelul prețurilor din 2009;
- IPC - reprezintă Indicele Prețurilor de Consum;

Rezultatul obținut în urma acestor corecții este costul de construcție final aferent perioadei 2017 - 2018 pentru fiecare tip de construcție, cost utilizat pentru a determina valoarea pagubelor produse de inundații.

1. Costul de construcție pentru o **casă din BCA** este **659 euro/m²**;
2. Costul de construcție pentru o **casă din lemn** este **557,20 euro/m²**;
3. Costul de construcție pentru **anexe gospodărești** este **422,19 euro/m²**.

Aceste valori au fost corelate cu factorul de deteriorare al curbei de vulnerabilitate pentru clădirile rezidențiale în vederea calculării pierderilor pentru fiecare scenariu de inundație, cu probabilitate de 0,1, 0,01 și 0,001.

6.5.2. Curba de deteriorare pentru infrastructură

În prezentul studiu curba de vulnerabilitate pentru infrastructură este compusă din funcțiile de deteriorare europene, Tabelul 6.3 și din valoarea maximă a pagubelor aferentă României, respectiv 8,7 euro/m² reprezentativă perioadei 2017 – 2018 și calculată în funcție de PIB-ul pe cap de locuitor al fiecărei țări, ambele componente au fost extrase din lucrarea *Flood depth-damage functions, HKV Consultants*, elaborată de (Huizinga, 2007).

Funcția medie de deteriorare pentru infrastructură este aferentă culorii verde și este reprezentată grafic în Figura 6.8.

6.5.3. Curba de deteriorare pentru agricultură

Curba de vulnerabilitate pentru agricultură este compusă, la fel ca și în cazul infrastructurii, din funcțiile de deteriorare europene, Tabelul 6.3 și din valoarea maximă a pagubelor aferentă României la nivelul anului 2017 – 2018, 0,30 euro/m² calculată în funcție de PIB-ul fiecărei țări, ambele componente au fost extrase din lucrarea *Flood depth-damage functions, HKV Consultants*, elaborată de (Huizinga, 2007).

Reprezentarea grafică a funcției medii de deteriorare pentru agricultură s-a realizat în Figura 6.8, și este asociată culorii roșu.

6.6. Proceduri pentru calcularea daunelor

În această secțiune s-a realizat calculul daunelor monetare directe probabile pentru cele trei categorii de elemente expuse (clădiri, infrastructură și teren agricol) celor trei scenarii de inundații, cu probabilitate de 0,1, 0,01 și 0,001.

6.6.1. Procedura în vederea estimării daunelor monetare pentru clădirile rezidențiale

Pentru început s-au calculat daunele monetare probabile pentru clădirile identificate ca fiind expuse la cele trei scenarii de inundații, cu probabilitate de apariție 0,1, 0,01 și 0,001.

Consecințele, respectiv daunele probabile pentru fiecare clădire expusă unui eveniment de inundații s-au determinat prin înmulțirea factorului de degradare cu suprafața clădirii în metri pătrați în vederea calculării suprafeței deteriorate aferente fiecărei clădiri. Suprafața obținută s-a înmulțit cu valoarea costului de reconstrucție asociat în funcție de tipul clădirii **subcapitolul 6.5.1**. Rezumând, pierderile s-au calculat prin înmulțirea vulnerabilității cu valoarea elementelor ($V * VE$), aceste calcule sunt rezumate în Tabelul 7.8 din **subcapitolul 7.5.1**.

6.6.2. Procedura în vederea estimării daunelor monetare pentru infrastructură

În vederea calculării daunelor monetare probabile pentru drumuri și poduri s-a optat pentru utilizarea extensiei FloodRisk aparținând software QGIS. Acest plug-in a fost dezvoltat pentru a calcula în mod automat pierderile înregistrate în timpul evenimentelor de inundații, utilizând diferite curbe de vulnerabilitate.

Între modelele de vulnerabilitate conținute de acest plug-in se găsește și curba de vulnerabilitate JRC dezvoltată de Huizinga (2007), pe care noi am utilizat-o în prezentul studiu.

Pentru a determina daunele monetare în cazul căii ferate s-au utilizat instrumentele deținute de ArcMap 10.2. Întrucât prin aplicarea procedurii din **subcapitolul 6.4.2**, a fost calculată lungimea căii ferate în kilometri, în acest caz a fost necesar transformarea în m^2 .

Suprafața căii ferate expusă pericolului la fiecare scenariu de inundații a fost înmulțită cu aceeași valoare utilizată în cazul drumurilor și podurilor, respectiv 8,7 euro/ m^2 .

În vederea reducerii supraestimării daunelor, s-a utilizat pentru fiecare scenariu o medie a factorului de deteriorare, respectiv 0,5, deoarece analizând expunerea căii ferate (vezi **subcapitolul 7.4.2**) s-a constatat că aceasta este predominantă în clasa de magnitudine medie (0,5 – 2m) ceea ce înseamnă, conform curbei de vulnerabilitate (Figura 6.8), că nu va suferi o distrugere totală, ci în jur de 50 %.

La valoare daunelor probabile directe rezultate în urma calculelor s-a adăugat și valoarea daunelor indirecte, respectiv valoarea daunelor înregistrate de Compania CFR SA în urma anulării trenurilor din perioada 26 - 28 iunie 2010, ca efect al impactului negativ pe care l-au avut inundațiile în localitatea Ghimeș-Făget asupra căii ferate și terasamentului acesteia.

În final s-au însumat daunele înregistrate pentru drumuri, podețe și calea ferată calculate pentru fiecare scenariu de inundații.

6.6.3. Procedura în vederea estimării daunelor monetare pentru agricultură

În vederea calculării valorii daunelor probabile înregistrate pentru agricultură în cazul evenimentelor de inundații s-a înmulțit valoarea daunelor maxime calculată în **subcapitolul 6.5.3.**, respectiv 0,30 euro/ m^2 și suprafața principalelor categorii de teren agricol expuse celor trei scenarii de inundații, după ce s-au efectuat proceduri pentru transformarea hectarelor în metri pătrați.

Din suprafețele identificate în urma aplicării procedurii din **subcapitolul 6.4.3** s-au extras doar suprafețele agricole, respectiv suprafețele aferente categoriilor teren agricol și pășune, expuse în zonele cu o magnitudine mai mare de 0,5m.

În vederea reducerii supraestimării daunelor, s-a utilizat pentru fiecare scenariu de inundații o deteriorare medie de 0,6. S-a optat pentru această deteriorare prin realizarea unei medii a factorului de deteriorare al curbei de vulnerabilitate pentru agricultură (Figura 6.8), deoarece categoriile de teren agricol luate în calcul sunt expuse predominant în zonele cu magnitudine medie și doar o mică parte din acestea, aproximativ 5 % sunt expuse în zonele cu magnitudine ridicată care ar cauza daune totale.

6.7. Procedura pentru cuantificarea riscului

În vederea cuantificării riscului, un pas premergător constă în calcularea daunelor totale pentru elementele expuse unui scenariu de inundații, lucru care s-au realizat prin însumarea pierderilor calculate pentru fiecare categorie de elemente expuse (clădiri, drumuri, teren agricol) ($\Sigma V * VE$).

Cuantificarea riscului s-a realizat sub forma unei curbe de risc, numită și curba de depășire a pierderilor (Loss Exceedance Curve). Curba de risc s-a realizat prin reprezentarea grafică a valorilor totale a daunelor obținute anterior pentru fiecare scenariu, în funcție de probabilitate.

Suprafața de sub curba de risc, respectiv daunele medii anuale au fost calculat aplicând Ecuația (6.6), adaptată după (van Westen, 2014):

$$\mathbf{Risc} = \frac{1}{T_1} * S_1 + \left(\frac{1}{T_2} - \frac{1}{T_1}\right) * \frac{S_1+S_2}{2} + \left(\frac{1}{T_3} - \frac{1}{T_2}\right) * \frac{S_2+S_3}{2} \quad (6.3)$$

unde,

- T este perioada de returnare;
- S suma daunelor calculată pentru fiecare perioadă de returnare.

6.8. Concluzii privind procedurile aplicate în realizarea cercetării

1. Acest capitol prezintă etapele și procedurile de lucru în vederea evaluării riscului de inundații, astfel pentru îndeplinirea acestui scop sunt realizate următoarele: evaluarea hazardului, identificarea elementelor expuse, evaluarea vulnerabilității, calcularea daunelor și cuantificarea riscului.

2. Prima etapă a constat în dezvoltarea procedurii pentru obținerea MNT-ului, respectiv obținerea prin vectorizarea hărților topografice la scara 1:25.000, parcurgând

următoarele etape: georeferențierea, vectorizarea curbelor de nivel de pe hartă, interpolarea și crearea propriu-zisă a MNT-ului.

3. Calcularea adâncimii apei s-a realizat în condiții de date limitate utilizând benzile de inundabilitate pentru toate cele trei perioade de returnare și MNT-ul.

4. Rastererele reprezentând magnitudinea (adâncimea apei) și probabilitatea celor trei scenarii de inundații au fost combinate utilizând metoda elvețiană de evaluare a hazardului și de asemenea, această metodă a fost utilizată și pentru clasificarea hazardului.

5. Magnitudinea apei pentru toate cele trei scenarii de inundații, cu probabilitate de 0,1, 0,01 și 0,001 a fost utilizată pentru a identifica elementele din zona de studiu expuse pericolului de inundații, lucru care s-a realizat prin suprapunerea în mediul GIS a straturilor tematice, reprezentând magnitudinea și elementele expuse.

6. Prin identificarea elementelor expuse se înțelege marcarea pe hartă a elementelor care se găsesc în zona cu probabilitatea de apariție a unui pericol de inundație.

7. În zona de studiu, evaluarea s-a realizat pentru trei categorii de elemente: clădiri rezidențiale, infrastructură (drumuri, podețe și calea ferată), teren agricol.

8. Vulnerabilitatea fizică a fost evaluată utilizând curbele de vulnerabilitate, acestea afișând relația dintre intensitatea pericolului și gradul de deteriorare pentru un grup de elemente expuse riscului (de exemplu, un anumit tip de clădire) variind de la 0 la 1.

9. Daunele monetare probabile pentru clădiri s-au calculat prin asocierea gradului de deteriorare al clădirilor conform curbei de vulnerabilitate cu valoarea costului de reconstrucție aferent clădirii respective, în funcție de materialul de construcție.

10. În cazul clădirilor s-a utilizat pentru a determina daunele monetare probabile, costul de reconstrucție întreg, specific fiecărui tip de clădire, în timp ce pentru infrastructură și agricultură s-au utilizat costurile extrase din *Flood depth-damage functions*, *HKV Consultants* (Huizinga, 2007) și actualizate utilizând IPC.

11. Ca și instrument de lucru, în vederea calculării daunelor s-a utilizat ArcMap 10.2 pentru clădiri, agricultură și calea ferată, în timp ce pentru drumuri și podețe s-a utilizat plug-in-ul FloodRisk din QGIS.

12. Riscul total s-a calculat prin însumarea daunelor calculate pentru fiecare categorie de elemente expuse, pentru fiecare scenariu de inundații cu probabilitate de 0,1, 0,01 și 0,001.

13. Cuantificarea riscului s-a realizat sub forma unei curbe de risc, realizată prin reprezentarea grafică a valorilor daunelor totale obținute pentru fiecare scenariu, în funcție

de probabilitate. Riscul total anual de inundații este reprezentat de suprafața totală aflată sub curba de risc.

7. REZULTATE OBȚINUTE

7.1. Modelului Numeric al Terenului

Modelul numeric al terenului (MNT-ul) s-a obținut prin aplicarea procedurii prezentate în **subcapitolul 6.1**, are o rezoluție de 10 m și redă spațial partea superioară a Bazinului Trotușului.

MNT-ul dezvăluie obârșia râului Trotuș, precum și afluenții acestuia de la izvor la Pasul Ghimeș-Făget și de asemenea, tipul de relief caracteristic acestei zone. MNT-ul este un element foarte important în prezentul studiu, pe de o parte reprezintă baza pentru caracterizarea zonei de studiu, contribuind la calcularea parametrilor geomorfologici descriși în **subcapitolul 4.1**, iar pe de altă parte contribuie la calcularea magnitudinii pentru cele trei scenarii de inundații, un parametru hidrologic esențial în vederea îndeplinirii obiectivelor propuse pentru evaluarea riscului de inundații.

Conform MNT-ului valoarea minimă a altitudinii este 660 m și valoarea maximă este 1663 m, fiind predominantă altitudinea medie spre ridicată, iar cea minimă este întâlnită în zonele de luncă a Trotușului și afluenților acestuia, Figura 7.2.

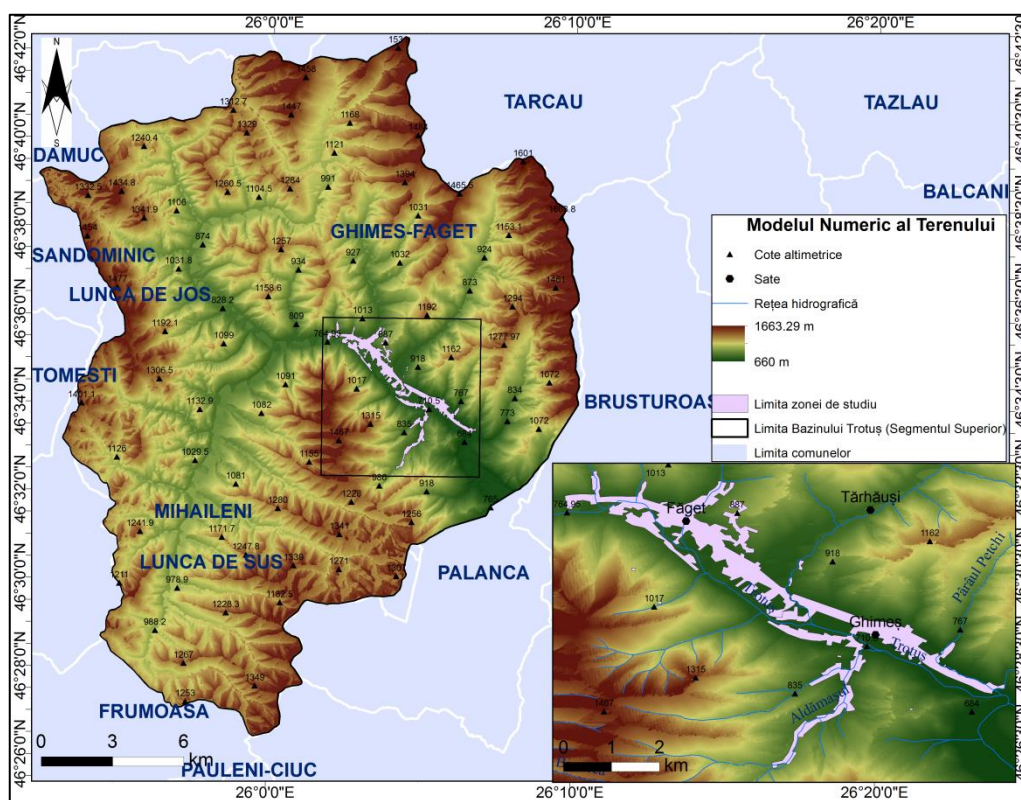


Figura 7.2. Modelul Numeric al Terenului editat.

Zona de studiu, reprezentată de satele Făgetul de Sus, Făget și Ghimeș este situată pe Valea Trotușului, o zonă cu altitudini joase, cuprinse între 660 - 800 m (Figura 7.2).

7.2. Adâncimea apei (magnitudinea)

În urma aplicării metodologiei prezentate în **subcapitolul 6.2**, respectiv prin utilizarea MNT-ului și a benzilor de inundabilitate s-au extras trei rastere reprezentând adâncimea apei pentru cele trei scenarii de inundații, cu probabilitate de 0,1, 0,01 și 0,001. Aceste rastere au fost reclasificate în trei clase de valori, în acord cu clasele de valori ale metodei elvețiene pentru evaluarea hazardelor prezentate în Tabelul 6.2.

Prin aplicarea acestui criteriu de clasificare s-au obținut trei hărți tematice reprezentând adâncimea apei (magnitudinea) pentru cele trei scenarii de inundații cu probabilitate de 0,1, 0,01 și 0,001 (Țîncu et al., 2018). În Figura 7.4, este reprezentată harta cu adâncimea apei pentru inundațiile cu 0,1 probabilitate.

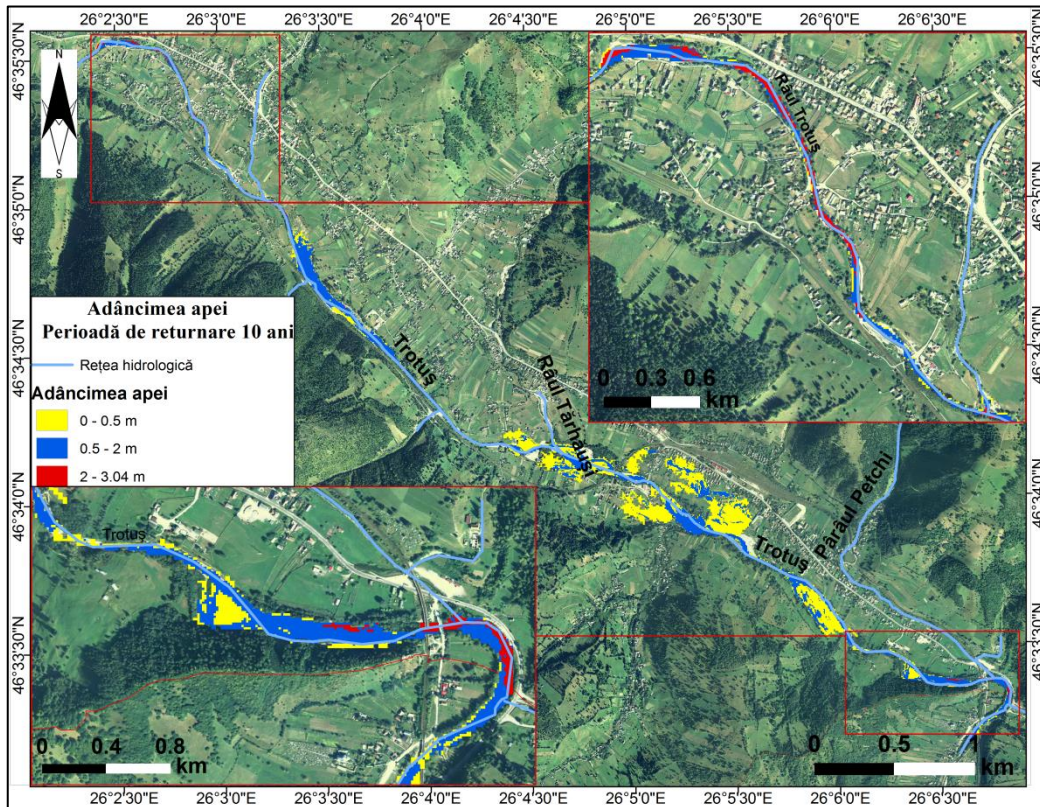


Figura 7.4. Magnitudinea inundațiilor cu 0,1 probabilitate.

Magnitudinea inundațiilor cu 0,01 probabilitate este reprezentată în harta din Figura 7.5.

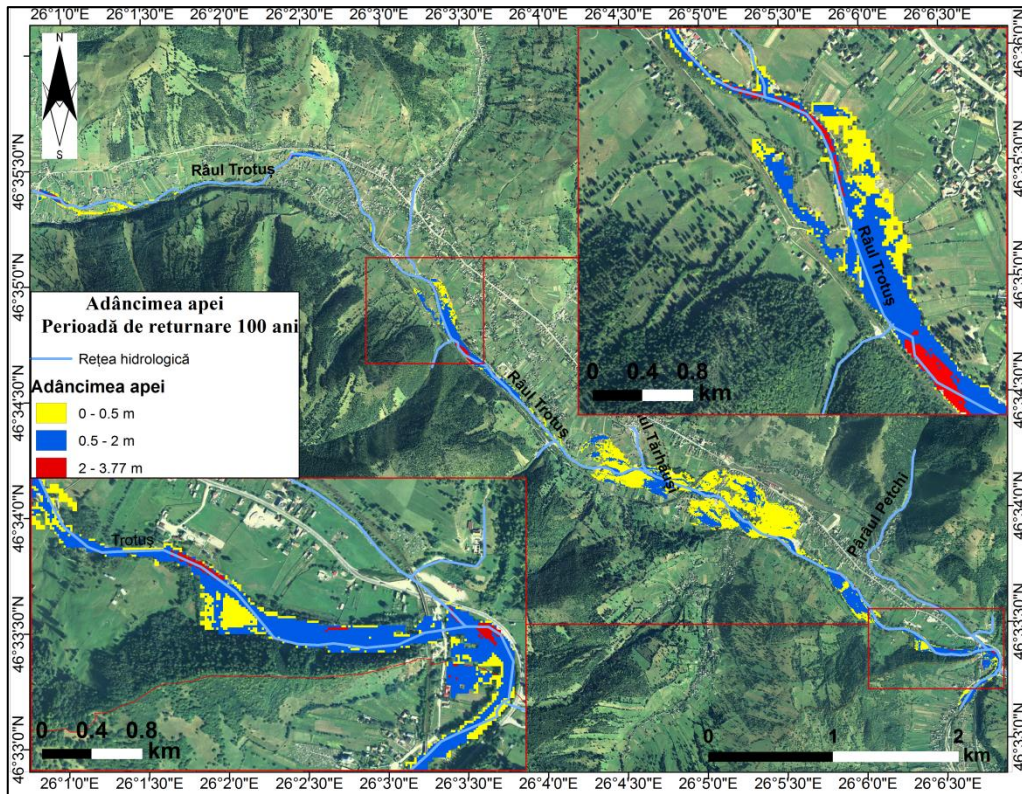


Figura 7.5. Magnitudinea inundațiilor cu 0,01 probabilitate.

Harta reprezentând magnitudinea inundațiilor cu 0,001 probabilitate este reprezentată în Figura 7.6.

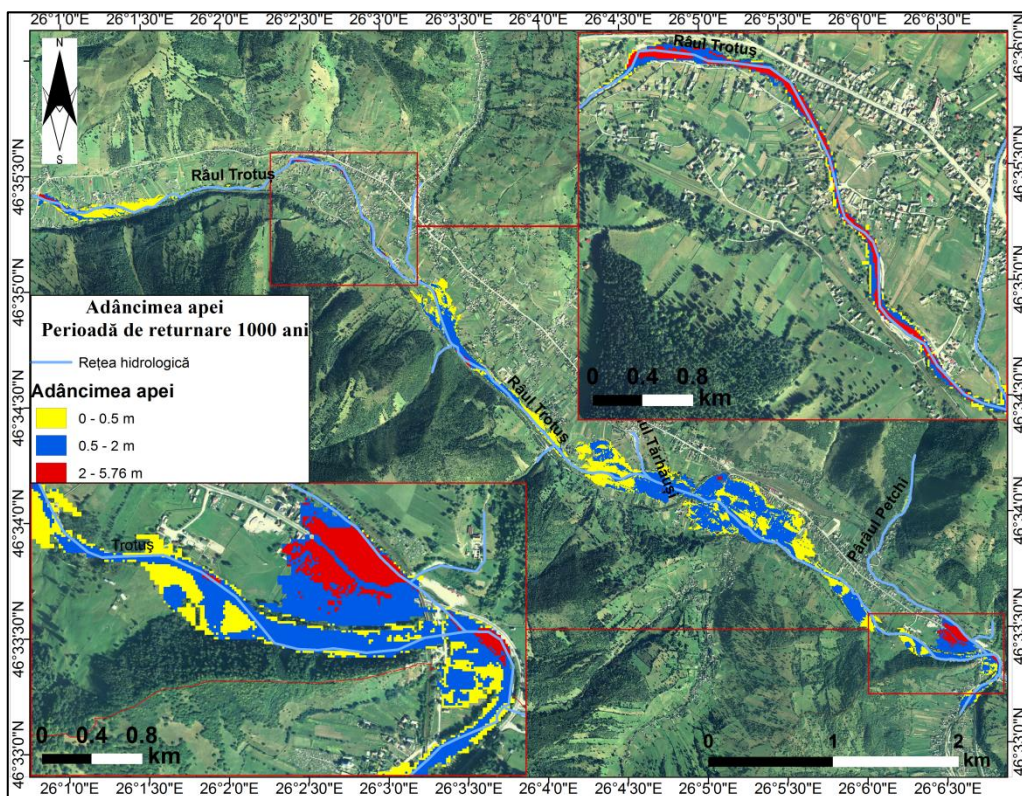


Figura 7.6. Magnitudinea inundațiilor cu 0,001 probabilitate.

7.3. Harta de hazard

Harta de hazard a fost dezvoltată în contextul **Directivei 60 a Consiliului European din 2007 privind evaluarea și managementul riscului la inundații**, ce are ca obiectiv stabilirea unui cadru pentru evaluarea și managementul riscului la inundații în vederea reducerii consecințele negative pentru sănătatea umană, mediu, patrimoniul cultural și activitatea economică asociate cu inundațiile în cadrul Comunității.

În cadrul acestui studiu harta de hazard a fost dezvoltată conform metodologiei descrisă în **subcapitolul 6.3**, prin combinarea celor două rastere tematice, magnitudinea și respectiv probabilitatea.

Prin combinarea celor doi parametri reclasificați, **Magnitudinea și Probabilitatea**, s-a obținut **Harta de hazard**, aceasta putând fi vizualizată în Figura 7.11.

La rândul ei harta de hazard a fost reclasificată în trei nivele de hazard, utilizând criteriul de clasificare propus de metoda elvețiană, așa cum este sintetizat în Tabelul 7.2.

Tabel 7.2. Clasificarea hazardului.

	Criteriile metodei elvețiene	Valoarea clasei	Gradul hazardului
Harta de pericol (hazard)	$h > 2$ m	0 – 0,5 m	Hazard scăzut
	$h > 0,5$ m < 2 m	0,5 – 2 m	Hazard mediu
	$h < 0,5$ m	2 – 3,77 m	Hazard ridicat

Conform Lateltin and OFEFP-SHGN (1997), **hazardul ridicat este simbolizat prin culoarea roșu**, aceasta înseamnă că oamenii sunt în pericol atât în interiorul cât și în exteriorul clădirilor, de asemenea se poate produce distrugerea bruscă a clădirilor. În mod normal această zonă este interzisă pentru construcții.

Hazardul mediu este simbolizat prin culoarea albastru, oamenii sunt expuși riscului de rănire în aer liber, în interiorul clădirilor riscul fiind considerat scăzut.

Hazardul scăzut este simbolizat prin culoarea galben, oamenii sunt expuși puțin. Se poate înregistra o deteriorare ușoară a clădirilor, trebuie anticipate obstacolele, sunt posibile încă deteriorări substanțiale ale clădirilor.

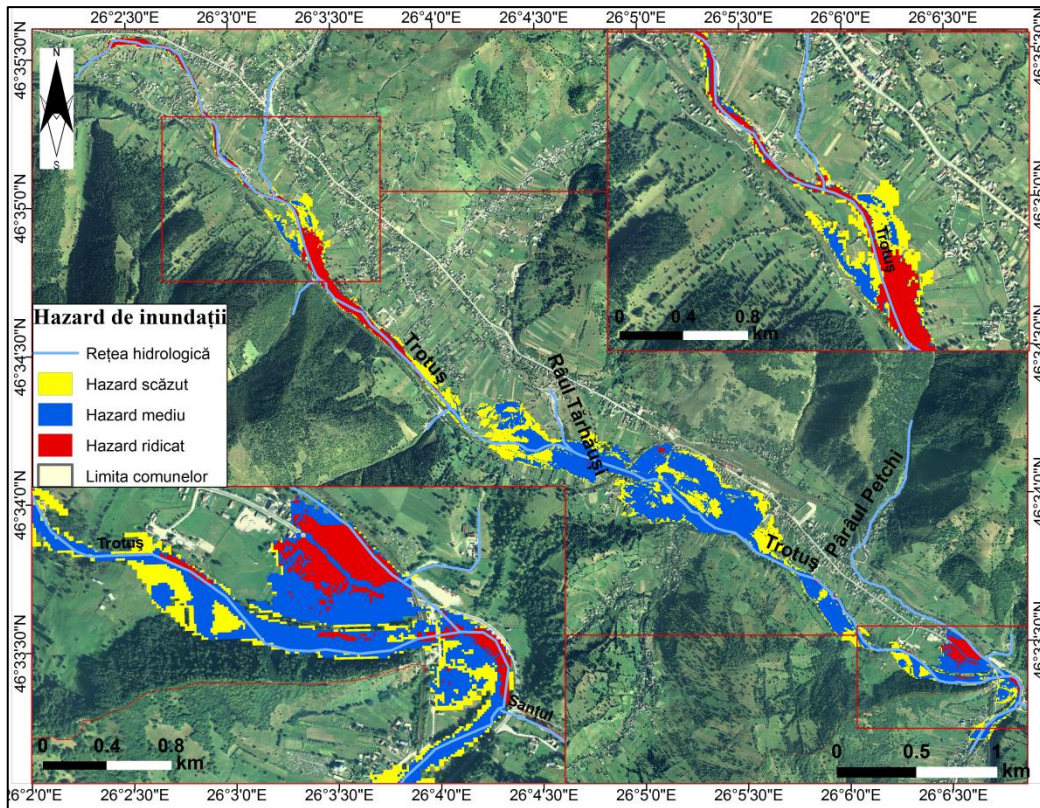


Figura 7.11. Harta de hazard asociată zonei de studiu.

Această hartă de hazard identifică suprafețele din zona de studiu cu potențial de a fi afectate de inundații. Partea superioară a zonei și o parte restrânsă din cursul inferior, în total 15% din întreaga zonă sunt expuse unui pericol ridicat cu valori cuprinse între 2 – 3,77m, parte mijlocie și inferioară a zonei, respectiv 54,3% sunt expuse unui hazard mediu cu o adâncime între 0,5 – 2 m, în timp ce hazardul scăzut cu o adâncime a apei între 0 – 0,5 m are o distribuție de 30,7 % (Țîncu et al., 2018)..

7.4. Identificarea elementelor expuse

În vederea identificării elementelor din zona de studiu expuse pericolului de inundații am aplicat metodologia prezentată în **subcapitolul 6.4**, astfel prin suprapunerea fiecărui strat tematic al adâncimii cu straturilor tematice reprezentând, clădirile, infrastructura (calea ferată, rețeaua de drumuri, podețele), și utilizarea terenului s-a identifica gradul de expunere al acestor elemente la pericolul de inundații.

7.4.1. Expunerea clădirilor

Au fost identificate ca fiind expuse pericolului de inundații 189 de clădiri, acestea fiind reprezentate de case pentru locuit cu un singur nivel, construite în principal din lemn

sau BCA și respectiv anexe gospodărești (adăposturi pentru animale, magazii, bucătării de vară), pe care le-am luat în considerare ca fiind construite din paiantă.

Analiza clădirilor expuse celor trei scenarii de inundații, cu probabilitate de 0,1, 0,01 și 0,001 a constat în aflarea nivelului apei din interiorul clădirilor și împărțirea acestora pe categorii de utilizare și material de construcție.

În Figura 7.13 este reprezentă grafic distribuția clădirilor, pe categorii și material de construcție pentru fiecare scenariu de inundații.

În ceea ce privește nivelul apei din interiorul clădirilor expuse scenariului de inundații cu 0,1 probabilitate, acesta nu depășește pragul de un 1m, cu alte cuvinte există doar două clase de pericol, scăzut și mediu.

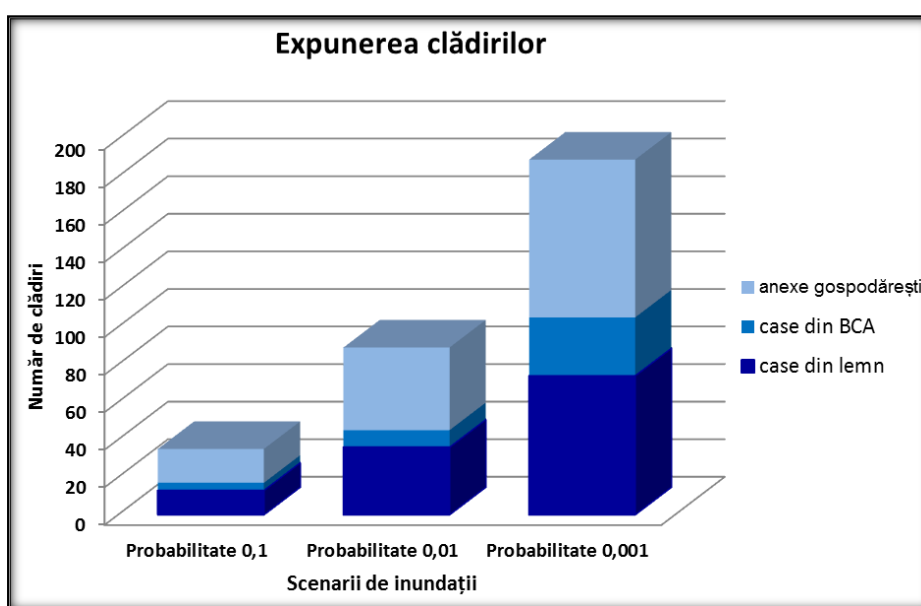


Figura 7.13. Expunerea clădirilor.

În cazul scenariului de inundații cu 0,01 probabilitate s-au identificat 89 de clădiri, din care 45 de case de locuit și 44 de anexe gospodărești, 10% din totalul caselor de locuit sunt construite din BCA, acestea au în interior un nivel al apei care nu depășește 1 m.

Pentru scenariul de inundații cu 0,001 probabilitate au fost identificate ca fiind expuse 189 de clădiri, dintre acestea 102 sunt case de locuit, 3 sunt căsuțe de vacanță și 84 sunt anexe gospodărești. În privința materialului de construcție, doar 15% din casele de locuit sunt construite din BCA, restul fiind construite din lemn, Figura 7.13.

Clădirile expuse scenariului de inundații cu 0,001 probabilitate pot fi observate în harta din Figura 7.16.

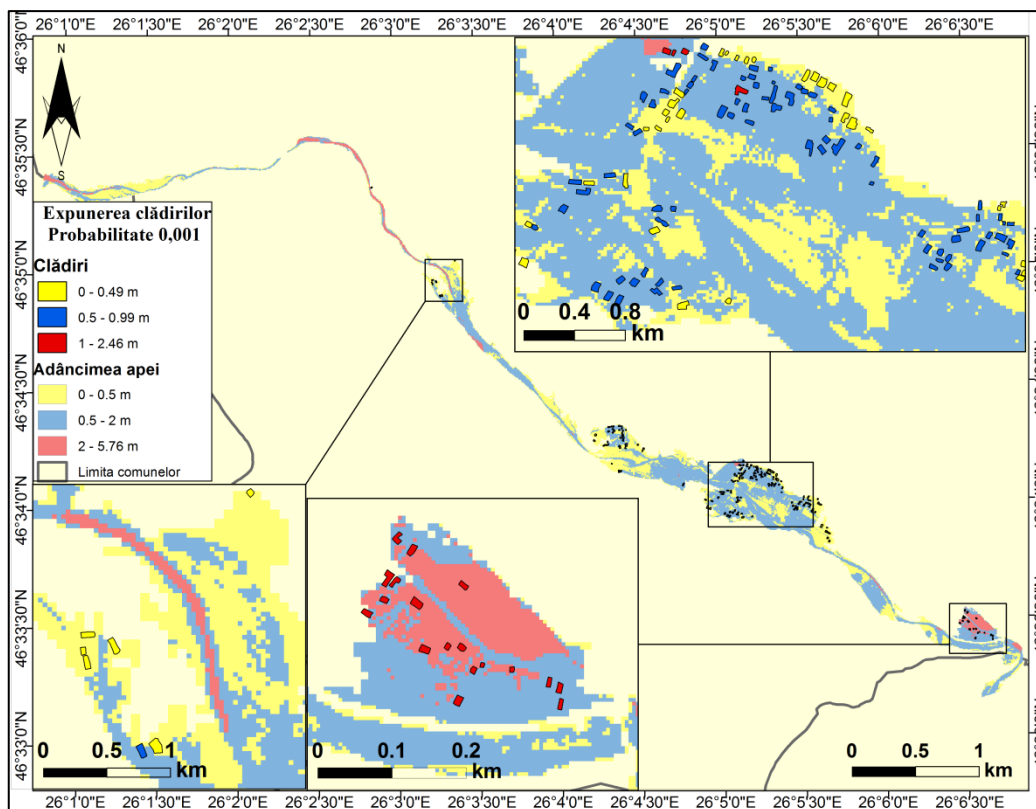


Figura 7.16. Expunerea clădirilor la inundațiile cu probabilitate de 0,001.

7.4.2. Expunerea infrastructurii

În urma aplicării metodologiei din **subcapitolul 6.4.2** și prin analiza rezultatelor, pentru toate cele trei scenarii de inundații, cu probabilitate de 0,1, 0,01 și 0,001 s-au identificat ca fiind expuse pericolului de inundații, următoarele elemente de infrastructură: (1) patru categorii de drum, după cum urmează: (a) drum rezidențial, (b) drum de acces (ulițe), (c) drum neclasificat și, (d) drum primar DN 12 A, (2) 8 podețe și (3) calea ferată numărul 501.

Pentru scenariul de inundații cu probabilitate de 0,1 s-au identificat ca fiind expuse 7 podețe și 0,527 km de drum. O sinteză a modului de expunere a drumurilor la pericolul de inundații cu probabilitate de 0,1 este prezentată în Tabelul 7.4, aici sunt prezentate categoriile de drum și kilometrii pentru fiecare categorie de drum expusă la fiecare nivel de magnitudine al respectivului scenariu.

Tabel 7.4. Expunerea categoriilor de drum în kilometri la fiecare nivel de magnitudine pentru inundațiile cu probabilitate de 0,1.

Scenariul de inundații cu probabilitate de 0,1	Tipul drumului	Magnitudinea			Total lungime drum
		Scăzută 0 – 0,5m	Medie 0,5 – 2m	Ridicată 2 – 3,04m	
	Rezidențial	0,198 km	0,011 km	0,0031km	0,2121 km
	Neclasificat	0,074 km	0,050 km	-	0,124 km

Drum de acces (ulițe)	0,155 km	0,036 km	-	0,191 km
Total kilometri de drum expuși inundațiilor probabilitate de 0,1				0,527 km

Pentru scenariul de inundații cu probabilitate de 0,01 sunt expuși 1,693 km de drum și un număr de 7 podețe. O sinteză a categoriilor de drum și implicit kilometrii aferenți fiecărei categorii de drum expuse în fiecare clasă de magnitudine a scenariului de inundații cu probabilitate de 0,01, este reprezentată în Tabelul 7.5.

Tabel 7.5. Expunerea categoriilor de drum în kilometri la fiecare nivel de magnitudine pentru inundațiile cu probabilitate de 0,01.

Scenariul de inundații cu probabilitate de 0,01	Tipul drumului	Magnitudinea			Total lungime drum
		Scăzută 0 – 0,5m	Medie 0,5 – 2m	Ridicată 2 – 3,77m	
	Rezidențial	0,6 km	0,073 km	0,0051 km	0,68 km
	Neclasificat	0,4 km	0,27 km		0,67 km
	Drum de acces (ulițe)	0,28 km	0,06 km		0,34 km
	Primar (DN12A)	0,003 km			0,003 km
		Ghimeș km 93			
Total kilometri de drum expuși inundațiilor cu probabilitate de 0,01.					1,69 km

În ceea ce privește expunerea drumurilor la scenariul de inundații cu probabilitate de 0,001 sunt expuși 2,83 km de drum și 8 podețe, o sinteză a informațiilor privind expunerea drumurilor la acest scenariu se regăsește în Tabelul 7.6 și de asemenea sunt reprezentate în harta din Figura 7.19.

Tabel 7.6. Expunerea categoriilor de drum în kilometri la fiecare nivel de magnitudine pentru inundațiile cu probabilitate de 0,001.

Scenariul de inundații cu probabilitate de 0,001	Tipul drumului	Magnitudinea			Total lungime drum
		Scăzută 0 – 0,5m	Medie 0,5 – 2m	Ridicată 2 – 5,76m	
	Rezidențial	0,93 km	0,47 km	0,01 km	1,41 km
	Neclasificat	0,31 km	0,29 km	0,0033 km	0,603 km
	Drum de acces (ulițe)	0,27 km	0,26 km		0,53 km
	Primar (DN12A)	0,02 km	0,28 km		0,30 km
Total kilometri de drum expuși inundațiilor cu probabilitate de 0,001.					2,84 km

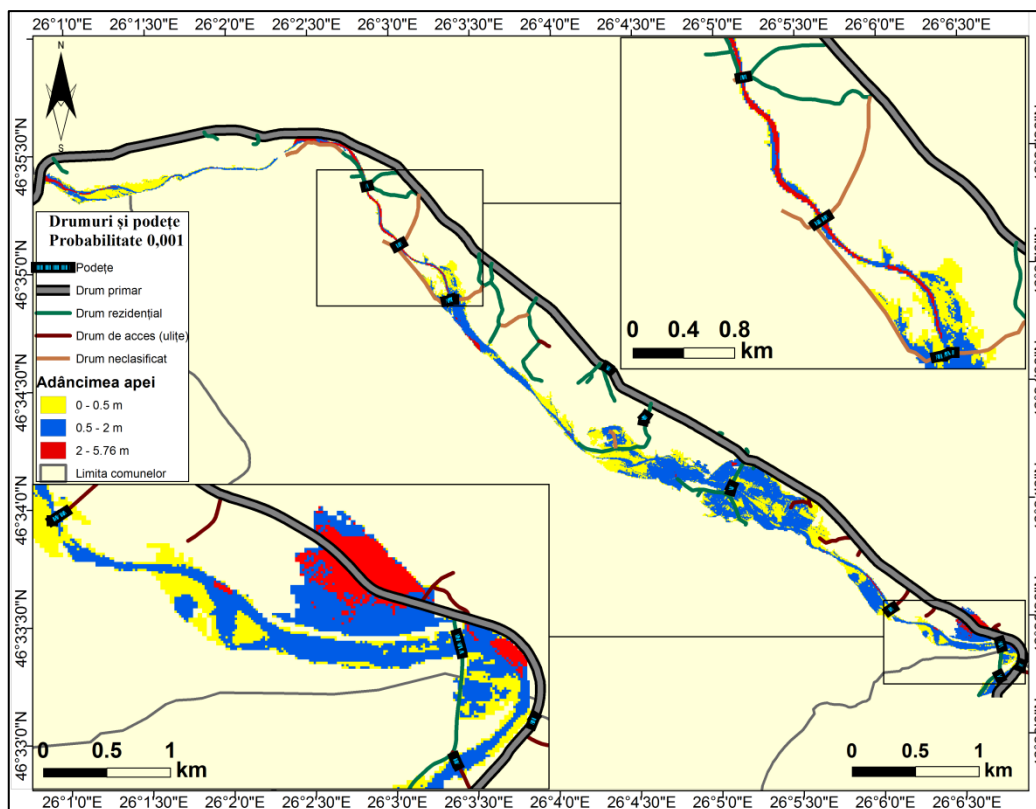


Figura 7.19. Expunerea drumurilor și podetelor la inundațiile cu probabilitate de 0,001.

În urma cercetărilor din teren s-a constatat că, calea ferată numărul 501 Adjud – Siculeni, care face legătura între două regiuni ale țării, Moldova și Transilvania este expusă pericolului de inundații în mai multe zone.

Așadar, la scenariul de inundații cu probabilitate de 0,1 sunt expuși 0,018 km de cale ferată, la scenariul de inundații cu probabilitate de 0,01, sunt expuși 1,01 km, iar la scenariul de inundații cu probabilitate de 0,001, sunt expuși 1,38 km de cale ferată. Expunerea căii ferate la inundațiile cu probabilitate de 0,001 este reprezentată în harta din Figura 7.22.

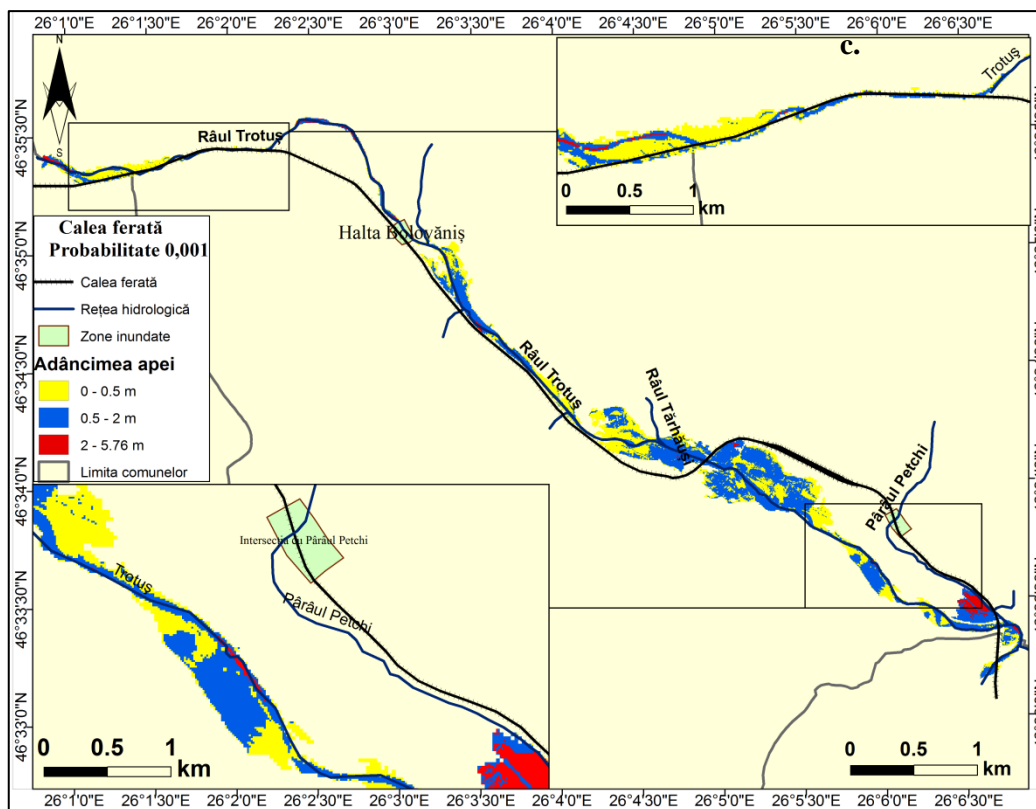


Figura 7.22. Expunerea căii ferate la inundații cu probabilitate de 0,001.

7.4.3. Categoriile de utilizare a terenului

Categoriile de utilizare a terenului s-au extras din setul de date Corine Land Cover 2012, astfel principalele categorii de teren identificate în zonele expuse la cele trei scenarii de inundații, cu probabilitate de 0,1, 0,01 și 0,001 sunt reprezentate de: (a) teren agricol, destinat culturilor agricole, în zona de studiu sunt specifice culturile de cartofi, lucernă, trifoi (b) pășuni, (c) păduri de conifere și (d) zone rezidențiale, caracterizate de case individuale, grădini, magazine și instituții (școli, dispensare), conform *CLC nomenclature guidelines* (Barbara et al., 2017).

Pentru scenariul de inundații cu probabilitate de 0,1 sunt expuse 52,75 ha de teren, la scenariul de inundații cu probabilitate de 0,01 sunt expuse 83 ha de teren, iar la scenariul de inundații cu probabilitate de 0,001, sunt expuse în jur de 116,56 ha, Figura 7.25.

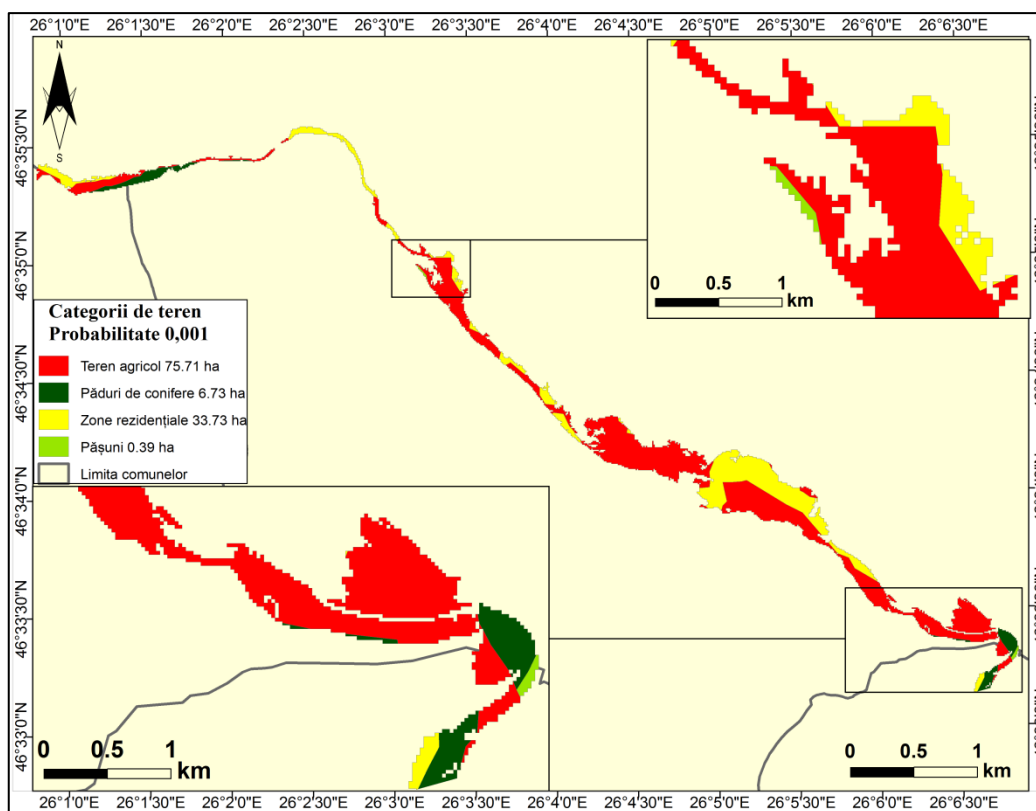


Figura 7.25. Expunerea categoriilor de teren la inundații cu probabilitate de 0,001.

7.5. Estimarea daunelor

7.5.1. Estimarea daunelor probabile pentru clădirilor rezidențiale

În vederea estimării daunelor clădirilor expuse pericolului de inundații a fost urmată metodologia descrisă în **subcapitolul 6.6**, prin aplicarea acesteia s-a obținut o sumă estimativă a daunelor pentru clădirile expuse la fiecare scenariu de inundații, respectiv cu probabilitate de 0,1, 0,01 și 0,001.

Modalitatea de calcul a daunelor pentru clădirile expuse la inundațiile cu probabilitate de 0,1 este sintetizată în Tabelul 7.8, iar valoarea daunelor estimativă pentru este de 99106,73 EUR.

Tabel 7.8. Calcularea daunelor pentru clădirile expuse la inundații cu probabilitate de 0,1.

Nr. crt.	Ob.	Tip	Suprafață (S=m ²)	Nivelul apei în interior (m)	Factor deteriorare (FD)	Suprafață deteriorată (SD) $SD = FD * S$	Cost reconstrucție (CR = €/m ²)	Daune (€) $D = SD * CR$
1.	9	Anexe gospodărești (lemn)	35,062	0,55	0,25	8,77	422,19	3700,74
2.	12	Anexe gospodărești (lemn)	184,4	0,50	0,25	46,12	422,19	19472,9
3.	13	Casă (BCA)	106,21	0,20	0	0	659	0
-	-	-	-	-	-	-	-	-
34.	277	Anexe gospodărești (lemn)	53,955	0,05	0	0	422,19	0
Suma totală a daunelor clădirilor pentru inundațiile cu probabilitate de 0.1 ΣD								99106,73
Suma totală a daunelor clădirilor pentru inundațiile cu probabilitate de 0.01 ΣD								406049,71
Suma totală a daunelor clădirilor pentru inundațiile cu probabilitate de 0.001 ΣD								2006970,74

Pentru clădirile expuse la inundațiile cu probabilitate de 0,01 s-a obținut o sumă estimativă a daunelor de 406049,71EUR, după cum este sintetizat în Tabelul 7.8.

În cazul clădirilor expuse la inundații cu probabilitate de 0,001 s-a obținut o sumă estimativă a daunelor de 2006970,74, Tabelul 7.8.

În graficul reprezentat în Figura 7.26 se pot observa categoriile și numărul potențial de clădiri care vor fi afectate, precum și procentul de deteriorare al acestora la inundațiile cu probabilitate de 0,1. Din cele 34 de clădiri expuse, doar 8 clădiri au în interior un nivel al apei cuprins între 0,5 – 1 m și de asemenea probabilitate de a fi distruse în proporție de 25% conform curbei de vulnerabilitate.

Suma obținută pentru scenariul cu probabilitate de 0,01 este aferentă celor 29 de clădiri expuse (Figura 7.26), din care 28 au în interior un nivel al apei cuprins între 0,5 – 1 m și probabilitatea de a fi distruse în proporție de 25 %, iar o singură clădire are probabilitatea de a fi distrusă în proporție de 40% conform curbei de vulnerabilitate JRC.

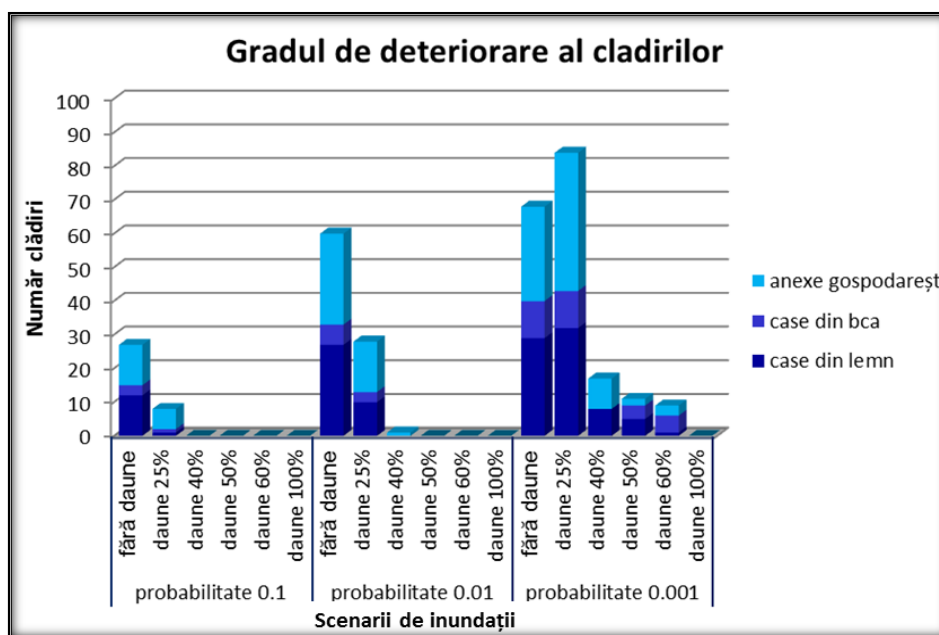


Figura 7.26. Reprezentarea grafică privind gradul de deteriorare al clădirilor.

Conform graficului din Figura 7.26 pentru scenariul cu probabilitate de 0,001, sunt în jur de 20 de clădiri cu probabilitatea de a suferi deteriorări între 50 - 60%, aproximativ 20 de clădiri cu probabilitatea de fi deteriorate în proporție de 40% și aproximativ 85 cu probabilitatea de a fi distruse în proporție de 25 %. În toate intervalele sunt predominante anexele gospodărești și casele din lemn, urmate de cele din BCA, cu excepția intervalelor 50 - 60% unde casele din BCA sunt ușor peste celelalte categorii.

7.5.2. Estimarea daunelor probabile pentru infrastructură

Daunele monetare probabile în cazul drumurilor și podețelor expuse au fost calculate utilizând plug-in-ul FloodRisk din software QGIS. Rezultatele obținute în urma procesării datelor sunt reprezentate în Tabelul 7.11.

Tabel 7.11. Valoarea estimativă a daunelor pentru drumuri și podețe.

Probabilitate	Cod	Descriere	Suprafață m ²	Daune structură euro
0,1	2220	Drumuri și podețe	1700	1000
0,01	2220	Drumuri și podețe	5200	2900
0,001	2220	Drumuri și podețe	10900	7500

Pentru calea ferată, daunele probabile calculate în cazul inundațiilor cu probabilitate de 0,1, 0,01 și 0,001 conform procedurii din **subcapitolul 6.6.2**, sunt rezumate în Tabelul 7.12.

Tabel 7.12. Valoarea estimativă a daunelor pentru calea ferată.

Scenariu de inundații	Suprafață expusă $L * l = S [m^2]$	Daune directe $S * 8,7 * 0,5$	Total (EUR)	Daune indirecte (EUR)	Total daune (EUR)
0,1	0,018km = 18 * 2 = 36m ²	36 * 8,7 * 0,5	156,6	0	156,6
0,01	0,53km = 530 * 2 = 1060 m ²	1060 * 8,7 * 0,5	4611	6462,27	11073,27
0,001	0,643km = 643 * 2 = 1286 m ²	1286 * 8,7 * 0,5	5594,1	6462,27	12056,37

După cum s-a menționat în **subcapitolul 6.6.2**, la aceste valori ale daunelor directe s-a adăugat și valoarea daunelor indirecte înregistrate de CFR SA în urma întreruperii traficului feroviar din anul 2010, însă doar pentru inundațiile cu probabilitate de 0,01 și 0,001 deoarece în aceste cazuri calea ferată este expusă semnificativ, lucru menționat în **subcapitolul 7.4.2**.

Daunele totale aferente fiecărui scenariu de inundații cu probabilitate de 0,1, 0,01 și 0,001 pentru infrastructură sunt rezumate în Tabelul 7.13, acestea au fost determinate prin însumarea daunelor estimative pentru drumuri și podețe și daunelor pentru calea ferată ale fiecărui scenariu de inundații.

Tabel 7.13. Valoarea estimativă a daunelor pentru infrastructură.

Scenariu de inundații	Daune drumuri și podețe (EUR)	Daune cale ferată (EUR)	Total daune (EUR)
0,1	1000	156,6	1156,6
0,01	2900	11073,27	13973,27
0,001	7500	12056,37	19556,37

7.5.3. Estimarea daunelor probabile pentru agricultură

În vederea estimării daunelor pentru agricultură respectiv pentru categoriile (teren agricol și pășuni) s-a aplicat metodologia descrisă în **subcapitolul 6.6.3**, o sinteză a rezultatelor obținute este prezentată în Tabelul 7.14.

Tabel 7.14. Valoarea estimativă a daunelor pentru agricultură.

Scenariu de inundații	Suprafață expusă [m^2]	Calcul daune $S * 0,30 * 0,6$	Total daune (EUR)
0,1	171502,57	$171502,57 * 0,30 * 0,6$	30870,46
0,01	273354,72	$273354,72 * 0,30 * 0,6$	49203,85
0,001	464235,92	$464235,92 * 0,30 * 0,6$	83562,46

7.6. Cuantificarea riscului

Valorile totale a daunelor pentru fiecare scenariu de inundații, au fost calculate în vederea cuantificării riscului de inundații și sunt prezentate în Tabelul 7.15. Acest lucru s-a realizat prin însumarea tuturor valorilor daunelor probabile calculate pentru categoriile analizate în acest studiu, respectiv clădiri rezidențiale, infrastructură și agricultură.

Tabel 7.1. Valoarea totală estimativă a daunelor pentru fiecare scenariu de inundații.

Scenariu de inundații	Calcul daune $\Sigma V * VE$	Total daune (EUR)
0,1	$99106,73 + 1156,6 + 30870,46$	131133,79
0,01	$406049,71 + 13973,27 + 49203,85$	469226,83
0,001	$2006970,74 + 19556,37 + 83562,46$	2110089,57

Prin analiza acestor rezultate se constată că cea mai mare valoare a daunelor este în cazul clădirilor rezidențiale, ceea ce considerăm a fi plauzibil deoarece acestea sunt cele mai valoroase elemente, urmată de valorile daunelor pentru terenul agricol și infrastructură. În cazul celor din urmă, valoarea daunelor se explică prin faptul că terenul agricol are o suprafață semnificativă expusă pericolului de inundații, în timp ce drumurile au o suprafață destul de restrânsă și doar drumul DN 12 A este asfaltat, toate celelalte categorii de drumuri identificate fiind drumuri de țară pietruite sau din pământ și fără șanțuri.

Valorile totale estimative ale daunelor obținute pentru fiecare scenariu de inundații respectiv, 131133,79 EUR pentru scenariul de inundații cu probabilitate de 0,1, 469226,83 EUR pentru scenariul de inundații cu probabilitate de 0,01 și 2110089,57 EUR pentru scenariul de inundații cu probabilitate de 0,001 s-au utilizat în vederea cuantificării riscului sub forma unei curbe de risc.

Aceste valori ale daunelor estimative s-au reprezentat grafic, împreună cu probabilitatea scenariului de inundații, astfel încât fiecare scenariu reprezintă un punct, a cărui locație depinde de probabilitatea apariției și consecințele totale.

În Figura 7.27 este prezentată curba de risc la inundații obținută în urma efectuării cercetărilor prezentei teze, care au avut ca scop evaluarea riscului de inundații în zona Făgetul de Sus - Pasul Ghimeș-Palanca.

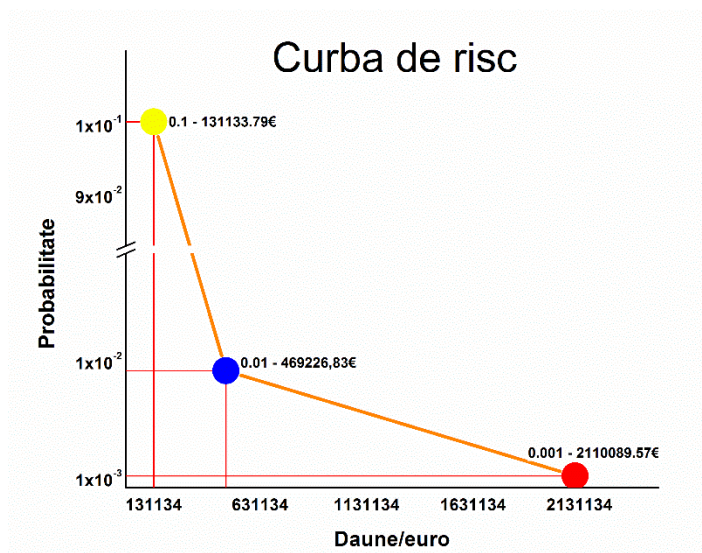


Figura 7.17. Curba de risc la inundații aferente zonei de studiu.

Această reprezentare grafică a daunelor estimative pentru fiecare scenariu de inundații ne furnizează două categorii de informații, pe de o parte curba de risc și pe de altă parte valoarea daunelor medii anuale. Curba de risc este reprezentată de linia care unește cele trei puncte, iar valoarea daunelor medii anuale sau riscul total anual este reprezentată de suprafața aflată sub curba de risc, după cum se observă în Figura 7.28.

Daunele medii anuale s-au calculat aplicând Ecuația (6.6), pentru zona de studiu, Făgetul de Sus – Pasul Ghimeș-Palanca iar **valoarea daunelor medii anuale este de 51736,53 EUR.**

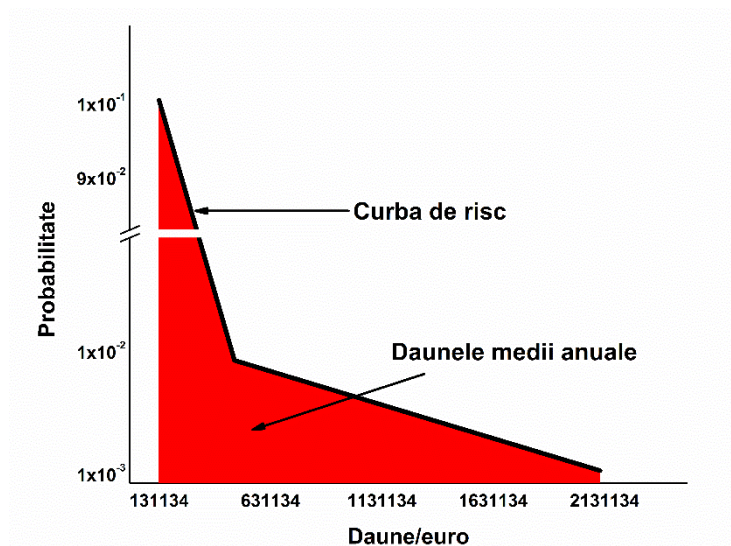


Figura 7.2. Riscul total anual de inundații estimat în zona de studiu.

7.7. Validarea rezultatelor

Procesul de validare dezvoltat în cele ce urmează are ca obiectiv confirmarea rezultatelor obținute în urma aplicării metodologiei dezvoltate în cadrul acestei cercetări în vederea evaluării riscului produs de inundații în secțiunea Făgetul de Sus – Pasul Ghimeș-Palanca, comuna Ghimeș-Făget, județul Bacău.

Datele utilizate în procesul de validare sunt reprezentate de datele privind daunele înregistrate în urma a două evenimente de inundații reale și furnizate de ABAS și ISU Bacău și valorile estimative obținute în urma aplicării prezentei metodologii, prezentate în **subcapitolul 7.6**.

În vederea realizării procesului de validare s-au utilizat valorile corectate în funcție de inflație și magnitudinea aferente fiecărui eveniment/scenariu de inundații prezentate în Tabelul 7.17, apoi aceste noi valori au fost supuse unei regresii liniare în vederea efectuării unei analize calitative.

Tabel 7.17. Valorile daunelor reale și estimate utilizate pentru efectuarea validării.

Eveniment de inundații	2005	2010	Probabilitate 0,1	Probabilitate 0,01	Probabilitate 0,001
Magnitudine m	2,84	1,80	0 – 3,06	0 – 3,77	0 – 5,76
Valoare daune euro	145855,625	590226,598	131133,79	469226,83	2110089,57

Rezultatul regresiei liniare este reprezentat în Figura 7.29, se poate observa din acesta că valoarea daunelor aferente evenimentului de inundații din 2005 se încadrează foarte bine cu valoarea daunelor estimate pentru scenariul de inundații cu probabilitate de 0,1, raportate la magnitudinea inundațiilor.

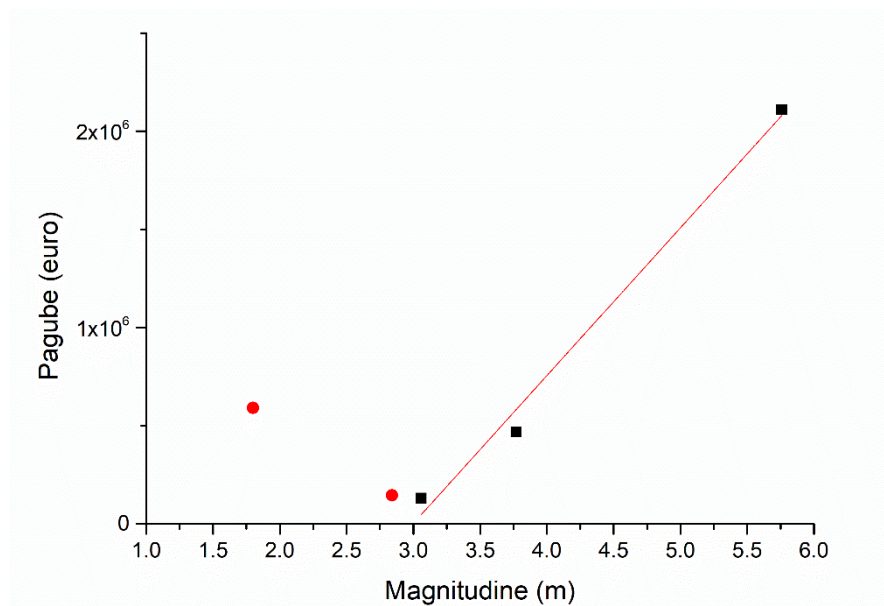


Figura 7.3. Compararea evenimentelor/scenariilor de inundații în funcție de valoarea daunelor și magnitudine.

În ceea ce privește valoarea daunelor aferente evenimentului de inundații din 2010, din punct de vedere valoric aceasta este apropiată de valoarea estimativă a daunelor aferente scenariului de inundații cu probabilitate de 0,01, însă raportat la magnitudine valoarea daunelor este prea mare pentru inundațiile din 2010.

Acest lucru se poate explica prin faptul că în anul 2010, conform ABAS nu a existat doar o singură viitură cu 1,80 m înălțime, ci pe parcursul a două zile, respectiv 26 – 27 iunie au avut loc 5 viituri, toate depășind cota de atenție (Tabelul 4.3).

De asemenea, conform informațiilor din rapoartele de sinteză ale ABAS și comunicatului ISU Bacău, în acest caz inundațiile nu s-au produs exclusiv datorită viiturii, ci și datorită precipitațiilor torențiale și scurgerilor de pe versanți, acestea din urmă având efecte semnificative în special asupra infrastructurii prin efectul de erodare și depozitare de aluviuni și revărsărilor cursurilor de apă.

În concluzie, raportându-ne la ceea ce au arătat Jongman et al. (2012), faptul că pentru două cazuri modelul de estimări ale diferitelor modele variază de la a fi subestimate de 15 ori, până la supraestimarea de 2,5 ori, considerăm că estimările efectuate în urma aplicării prezentei metodologii se încadrează în acest interval.

7.8. Concluzii privind rezultatele obținute

1. Parcurgând procedurile prezentate în **capitolul 6**, pentru evaluarea riscului de inundații s-au obținut următoarele rezultate: MNT-ul zonei de studiu, adâncimea apei pentru trei scenarii de inundații, cu probabilitate de 0,1, 0,01 și 0,001, harta de hazard

aferentă zonei de studiu, hărțile de vulnerabilitate care indică elementele expuse pericolului de inundații, daunele estimative pentru fiecare categorie de elemente expuse fiecărui scenariu de inundații, daunele totale și curba de risc.

2. MNT-ul dezvăluie obârșia râului Trotuș, precum și afluenții acestuia de la izvor la Pasul Ghimeș-Făget și tipul de relief caracteristic acestei zone, are o rezoluție de 10 m și a fost utilizat pentru calcularea parametrilor geomorfologici ai zonei de studiu și pentru a calcula adâncimea apei.

3. S-au obținut trei hărți tematice reprezentând adâncimea apei (magnitudinea) pentru toate cele trei scenarii de inundații.

4. Harta de hazard la inundații aferentă zonei de studiu a fost obținută utilizând ca parametri de intrare magnitudinea totală și probabilitatea, aplicând în mediul GIS metoda elvețiană de evaluare a hazardelor.

5. Harta de hazard la inundații are trei clase de hazard, respectiv: 0 - 0.5 m – hazard scăzut cu o distribuție de 30,7 %, 0.5 – 2 m hazard mediu cu o distribuție de 54,3% și hazard ridicat 2 – 3.77 m cu 15% distribuție.

6. Au fost identificate ca fiind expuse următoarele categorii de elemente: clădiri rezidențiale (case de locuit și anexe gospodărești), infrastructură (drumuri, podețe și cale ferată) și teren agricol.

7. Pentru scenariul de inundații cu probabilitate de 0,1 au fost identificate 34 de clădiri, în cazul scenariului de inundații cu probabilitate de 0,01 s-au identificat 89 de clădiri, iar pentru scenariul de inundații cu probabilitate de 0,001 au fost identificate ca fiind expuse 189 de clădiri.

8. Principalele elemente de infrastructură expuse sunt: (1) patru categorii de drum, după cum urmează: (a) drum rezidențial, (b) drum de acces (ulițe), (c) drum neclasificat și, (d) drum primar DN 12 A, (2) 8 podețe și (3) calea ferată numărul 501.

9. La scenariul de inundații cu probabilitate de 0,1 sunt expuși: (1) 0,2121 km de drum rezidențial, (2) 0,124 km de drum neclasificat și (3) 0,191 km de drum pentru acces (ulițe), la scenariul de inundații cu probabilitate de 0,01 sunt expuși: (1) 0,68 km de drum rezidențial, (2) 0,67 km de drum neclasificat, (3) 0,34 km de drum pentru acces (ulițe), și (4) 0,003 km din DN 12 A, iar la scenariul de inundații cu probabilitate de 0,001 sunt expuși: (1) 1,41 km de drum rezidențial, (2) 0,603 km drum neclasificat, (3) 0,53 km drum de acces și (4) 0,30 km din DN 12 A.

10. În ceea ce privește calea ferată, aceasta este expusă astfel: (1) pentru scenariul de inundații cu probabilitate de 0,1 sunt expuși 0,018 km, (2) la scenariul de inundații cu probabilitate de 0,01 sunt expuși 1,01 km, (3) la scenariul de inundații cu probabilitate de 0,001, sunt expuși 1,38 km.

11. Valoarea daunelor estimativă pentru clădirile expuse la scenariul de inundații cu probabilitate de 0,1, este de 99106,73 EUR, pentru clădirile expuse la scenariul de inundații cu probabilitate de 0,01 s-a obținut o sumă estimativă a daunelor de 406049,71 EUR, în timp ce pentru clădirile expuse la scenariul de inundații cu probabilitate de 0,001, valoarea estimativă a daunelor este de 2006970,74 EUR.

12. Valoarea daunelor estimative pentru infrastructură în situația scenariului de inundații cu probabilitate de 0,1 este relativ scăzută, 1156,5 EUR, în cazul scenariului de inundații cu probabilitate de 0,01 daunele estimative sunt de 13973,27 EUR, iar pentru scenariul de inundații cu probabilitate de 0,001 daunele estimative sunt 19556,37 EUR.

13. Analizând rezultatele privind terenul agricol, pentru scenariului de inundații cu probabilitate de 0,1 este expusă o suprafață agricolă de 171502,57 m², echivalentă unor daune în valoare de 30870,46 EUR, la scenariului de inundații cu probabilitate de 0,01 este expusă o suprafață agricolă de 273354,72 m² cu o valoare a daunelor de 49203,85 EUR, în timp ce în cazul scenariului de inundații cu probabilitate de 0,001 este expusă o suprafață agricolă de 464235,92 m², echivalentă unei valori a daunelor de 83562,46 EUR.

14. Valorile totale ale daunelor pentru fiecare scenariu de inundații sunt: (a) pentru scenariul cu probabilitate de 0,1 - 131133,79 EUR, (b) pentru scenariul cu probabilitate de 0,01 - 469226,83EUR, și (c) pentru scenariul cu probabilitate de 0,001 - 2110089,57 EUR.

15. Riscul total anual sau valoarea daunelor medii anuale este de 51736,53 EUR, valoare obținută în urma efectuării cercetărilor în vederea evaluării riscului produs de inundații în zona de studiu, Făgetul de Sus – Pasul Ghimeș-Palanca.

16. Privind asupra primei ipoteze formulată la începutul acestei teze, aceasta este infirmată de prezentele cercetări, întrucât daunele suferite de locuitori în urma inundațiilor sunt mult mai mari comparativ cu avantajele zonei.

✓ Dacă ar fi să identificăm avantajele ar fi destul de dificil, deoarece zona este slab dezvoltată, agricultura este puțin diversificată din cauza altitudinii, o mică parte din populație trăiește din exploatarea lemnului și se mai observă o dezvoltare timidă a turismului;

✓ Motivul pentru care oamenii aleg să locuiască aici este faptul că s-au născut și au crescut aici și nu au posibilitatea să plece în altă parte, foarte puțini din oamenii intervievați au precizat că locuiesc încă în această zonă pentru că este frumoasă și că s-au obișnuit oarecum cu aceste evenimente sau că au alte avantaje;

✓ Graficul din Figura 7.30 reprezintă procentual motivele pentru care oamenii locuiesc în această zonă expusă pericolului de inundații, datele au fost colectate în urma intervieării a aproximativ 100 de persoane reprezentând gospodării diferite, expuse pericolului de inundații.

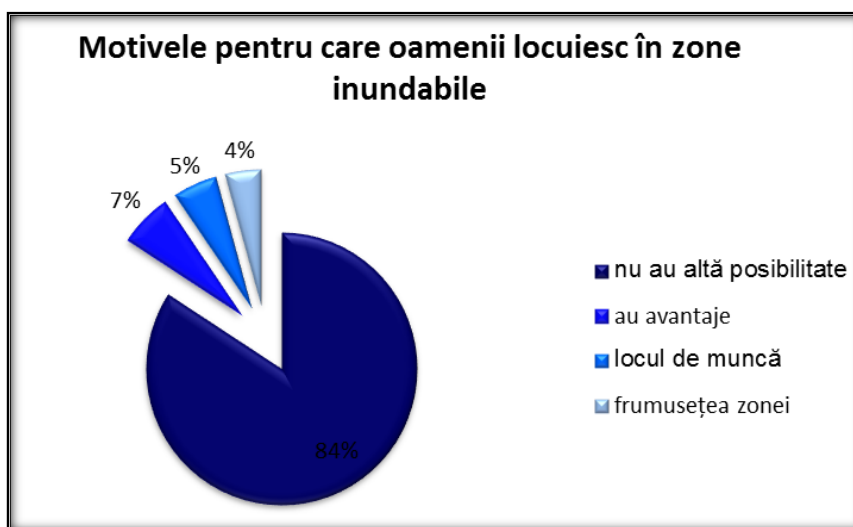


Figura 7.30. Reprezentarea procentuală a motivelor pentru care oamenii aleg să locuiască în zona expusă pericolului de inundații.

17. În ceea ce privește cea de a doua ipoteză, consider că și aceasta se infirmă luând în considerare doar daunele indirecte pe care le-am identificat în cadrul acestui studiu, respectiv 6462,27 EUR înregistrați de CFR SA în urma anulării traficului feroviar, sumă infim mai mică decât pagubele directe probabile estimate la nivelul zonei de studiu.

✓ În zonă nu există activități industriale a căror activitate ar putea fi afectată în urma inundațiilor, singura activitate industrială identificată în zonă este reprezentată de câteva gateri familiare pentru prelucrarea lemnului;

✓ În schimb pagube indirecte s-ar putea înregistra și în cazul întreruperii traficului rutier, ca urmare a deteriorării drumului DN 12 A, drum care face legătura cu Transilvania, respectiv cu Miercurea-Ciuc și pe care circulă zilnic un număr semnificativ de autovehicule cu marfă dinspre sau înspre orașele de pe Valea Troțușului sau ale Moldovei. Conform datelor furnizate de Biroul Prelucrări Date de Trafic din Compania Națională de Autostrăzi și Drumuri Naționale din România – Centrul de Studii Tehnice Rutiere și Informatică, prin această secțiune de drum trec zilnic 147 de autovehicule

articulate (tip TIR), 179 autocamioane și autospeciale cu MTMA $\leq 3,5$ tone și 42 de autocamioane și derivate cu trei sau patru axe (CNADNR, 2015). Însă în acest caz, există o rută ocolitoare, respectiv prin DN 12 A - DJ 123 care nu generează costuri suplimentare, deoarece distanța și consumul, de la Comănești la Miercurea Ciuc sunt aceleași pe ambele rute conform site-ului distanța.ro ***;

✓ De asemenea, efectele indirecte ale inundațiilor s-ar putea răsfrânge și asupra turismului, deoarece în perioada calamității turiștii ar evita să viziteze zona, principalele obiective turistice fiind fostul punct vamal „Cetatea Rákóczi” (1780), inclusă ca monument de interes local în lista monumentelor din județul Bacău și "Granița de o mie de ani", fostul hotar al Imperiului Austro-Ungar din comuna Ghimeș-Făget. În acest caz nu s-au putut obține date pentru a putea estima pierderile în cazul în care turiștii vor evita să ajungă în zonă într-o anumită perioadă, însă apreciem că daunele indirecte nu le vor depăși pe cele directe întrucât fluxul de turiști nu este foarte intens.

8. CONCLUZII GENERALE

8.1. Concluzii privind necesitatea temei

În urma explorării, analizei și sintezelor realizate asupra bibliografiei generoase din domeniul evaluării riscului, putem remarca următoarele:

✓ Evaluarea riscului este un subiect cu o amplă preocupare a cercetătorilor, deoarece în ultimele decenii planeta a fost asaltată de nenumărate pericole naturale;

✓ În vederea găsirii de soluții în ceea ce înseamnă apărarea împotriva hazardelor și reducerea pagubelor, cercetătorii s-au focusat pe acest subiect foarte amplu;

✓ Evaluarea riscului reprezintă o etapă indispensabilă în procesul de management al riscului, deoarece oferă informațiile necesare administrației locale și tuturor celor cu putere de decizie în vederea dezvoltării planurilor și strategiilor de management a inundațiilor;

✓ Având în vedere acestea, studiile și cercetările care stau la baza prezentei teze au fost efectuate în contextul **Directivei 2007/60/CE a Parlamentului European și a Consiliului** care are ca obiectiv reducerea riscurilor și a consecințelor negative și care trebuie aplicată în toate statele membre UE. Astfel s-a plecat de la principiul de a oferi o privire de ansamblu a efectelor pe care le au inundațiile asupra oamenilor, infrastructurii și mediului, în vederea reducerii riscului în zona supusă cercetărilor;

✓ Totodată la baza acestui studiu au stat și o serie de întrebări care de altfel ne-au și motivat în realizarea lui, *Care sunt zonele predispuse la inundații? Având în vedere daunele produse la fiecare eveniment, apare întrebarea despre gradul de vulnerabilitate? Din ce motiv, oamenii aleg să trăiască în zona expusă pericolului? Au avantaje mai mari comparativ cu valoarea pierderilor? Care este valoarea daunelor estimate pentru un scenariu de inundații?* Sunt doar câteva întrebări, a căror răspuns dorim să-l aflăm și implicit să-l prezentăm pe parcursul acestui studiu de evaluare a riscului produs de inundații;

✓ Literatura de specialitate oferă diverse metode de evaluarea și cuantificare a riscului, însă posibilitățile de aplicare ale acestora sunt limitate de caracteristicile fiecărui receptor în parte, sinteza și adaptarea metodelor pentru a evalua riscul la nivelul fiecărui receptor țin de abilitatea fiecărui autor.

8.2. Concluzii privind baza teoretică a evaluării riscului de inundații

✓ Stadiul actual al studiilor din domeniul evaluării riscului, arată că la baza acestui proces există trei piloni principali ai riscului respectiv, pericol, expunere și vulnerabilitate. Fiecare studiu ia în considerare acești piloni, asamblându-i într-o nouă abordare, întrucât aceștia sunt esențiali pentru a estima și compara impactul unui pericol de mediu;

✓ Viiturile sunt cele care adesea produc inundații, acestea se caracterizează prin creșteri rapide (de ordinul orelor), ale nivelului apei și implicit ale debitului, până la atingerea unui maxim, după care urmează scăderea apelor;

✓ Inundațiile fac parte din categoria hazardelor naturale, fiind întâlnite în literatura de specialitate și sub această denumire și reprezintă acoperirea temporară cu apă a unui teren care nu este acoperit în mod obișnuit cu apă și au impact negativ asupra clădirilor, oamenilor (înece, rănire, șoc, etc.), pot provoca, întreruperi de energie electrică, a căilor de comunicație, pot destabiliza infrastructura de transport, căile ferate și șoselele;

✓ Evaluarea unui hazard constă în analiza valorilor extreme (magnitudinii) ale unui fenomen, în vederea calculării probabilității apariției acestora, odată identificați acești parametri pot fi utilizați pentru obținerea hărții de hazard, dar și pentru identificarea elementelor expuse pericolului de inundații;

✓ Expunerea se referă la toate obiectele, persoane, animale, activitățile și procesele care pot fi afectate negativ, direct sau indirect, de fenomenele periculoase (de inundații), într-o zonă particulară;

✓ Vulnerabilitatea este conceptul care a creat cele mai multe diversități de opinie, atribuindu-se multiple dimensiuni cu toate acestea s-a putut realiza o clasificare care înglobează în mare parte dimensiunile și perspectivele vulnerabilității, astfel avem: (a) Vulnerabilitatea fizică, (b) Vulnerabilitatea economică, (c) Vulnerabilitatea umană și socială și (d) Vulnerabilitatea mediului;

✓ Din analiza definițiilor și cadrelor conceptuale ale vulnerabilității reiese că vulnerabilitate nu este un parametru constant, ea se schimbă în timp și spațiu, având ca obiectiv identificarea și explicarea motivului pentru care obiectul cercetării este în pericol și de asemenea modul în care riscul poate fi atenuat. Expunerea la un anumit pericol face ca toată lumea să fie vulnerabilă într-o anumită măsură, gradul de vulnerabilitate se determină în funcție de cât de dezvoltată sau nu este zona afectată, de cât de bine sunt de consolidate/nu sunt consolidate clădirile și capacitatea populației de a se recupera după un eveniment;

✓ Din punct de vedere al științelor tehnice și ingineresti vulnerabilitatea se referă la cantitatea de pagube cauzate unui sistem de un anumit tip de pericol, este adesea întâlnită sub denumirea de vulnerabilitate fizică;

✓ În vederea evaluării vulnerabilității fizice sunt utilizate, în general patru abordări principale, concepute pentru cerințe de date diferite: curbe de fragilitate, curbe de vulnerabilitate sau daune, matricele de vulnerabilitate și indicatorii de vulnerabilitate;

✓ Pagubele/daunele sunt concepte care se referă la pierderile suferite în urma unui eveniment de inundații și sunt împărțite în două categorii: (a) pagube directe se referă la pierderile care apar din cauza unui impact fizic direct, și (b) pagube indirecte au loc în principal în afara zonei de pericol, de multe ori cu un decalaj de timp;

✓ Riscul de inundații potrivit **Directivei din 2007/60/CE** înseamnă combinația dintre probabilitatea apariției unor inundații și efectele potențial adverse pentru sănătatea umană, mediu, patrimoniul cultural și activitatea economică asociate apariției unei inundații;

✓ Evaluarea riscului este privită ca fiind un proces alcătuit din trei procese: identificarea riscurilor folosit pentru a găsi, a recunoaște și a descrie riscurile, analiza riscurilor utilizată pentru a înțelege natura, sursele și cauzele riscurilor identificate și evaluarea riscurilor pentru a estima nivelul de risc;

✓ Studiile prezentate abordează evaluarea riscului din punct de vedere semicantitativ în termeni de indicii de risc și cantitativ cantitativi ca probabilități sau pierderi așteptate;

✓ În principal pentru măsurarea cantitativă a riscului de inundații sunt utilizate abordări bazate pe evaluarea economică a riscului, acestea oferind informații relevante celor cu putere de decizie privind zonele aflate în situație de risc;

✓ Rezultatele obținute în urma evaluărilor de risc sunt componente importante pentru analizele economice cost-beneficiu și pentru a analiza efectele inundațiilor asupra elementelor expuse pericolului și de asemenea ajută la realizarea unor comparații obiective a diferitelor bazine hidrografice.

✓ Procesul de validare efectuat ne arată că rezultatele obținute prin metodologia dezvoltată sunt destul de apropiate de datele înregistrate privind pagubele de inundații, încadrându-se în intervalele de subestimare/supraestimare acceptate în literatură.

8.3. Concluzii privind caracterul original al tezei

1. Studiind și analizând literatura de specialitate privind evaluarea riscului de inundații s-au identificat următoarele:

- a. Necesitatea și importanța evaluării riscului de inundații;
- b. Stabilirea principalilor parametri și modalitatea de analiză a acestora, utilizați în procesul de evaluare cantitativă a riscului produs de inundații;
- c. Stabilirea și adaptarea metodologiei pentru a evalua riscul produs de inundații, la caracteristicile zonei noastre de studiu și în funcție de disponibilitatea datelor;
- d. Identificarea celor mai eficiente software și metode pentru prelucrarea și analiza datelor în vederea evaluării riscului produs de inundații.

2. Planul de cercetare al prezentei teze a fost dezvoltat pe baza următoarele obiective propuse pentru a fi îndeplinite:

- a. Dezvoltarea unei metodologii care să permită cuantificarea riscului de inundații, realizând o evaluare comună a pericolului, a expunerii, a vulnerabilității fizice și a consecințelor directe și parțial indirecte ale inundațiilor;
- b. Identificarea și evaluarea pericolului de inundații, prin analiza caracteristicilor (probabilitate și magnitudine) și elaborarea hărții de hazard;
- c. Evaluarea elementelor expuse pericolului de inundații, analizându-se tipul, materialul de construcție și valoarea economică a elementelor;
- d. Determinarea gradului de vulnerabilitate fizică al elementelor expuse;

e. Evaluarea consecințelor directe pentru fiecare categorie de elemente expuse pericolului de inundații și parțial indirecte a inundațiilor;

f. Cuantificarea riscului și calcularea riscul total anual de inundații, în zona de studiu.

3. De asemenea, dezvoltarea planului de cercetare a avut la bază și două ipoteze:

a. Consecințele directe suferite de locuitorii în urma inundațiilor sunt mai mici decât avantajele care decurg din viețuirea și desfășurarea activităților în zonele inundabile.

b. Consecințele indirecte rezultate în urma inundațiilor au valoare mai mare decât consecințele directe.

4. În vederea îndeplinirii obiectivelor propuse pentru această teză s-au realizat următoarele:

a. S-au identificat datele necesare și disponibile pentru a fi utilizate în evaluarea riscului produs de inundații, acolo unde datele nu au fost disponibile s-au găsit soluții care să suplinească lacunele;

b. A fost concepută diagrama privind etapele parcurse în evaluarea riscului de inundații;

c. S-a dezvoltat un formular cu ajutorul căruia s-a realizat un microrecensământ în zona de studiu pentru procurarea datelor privind caracteristicile clădirilor, caracteristicile socio-economice și experiența cu inundațiile în vederea realizării obiectivelor propuse;

d. A fost realizat Modelul Numeric al Terenului cu o rezoluție de 10 m, prin vectorizarea curbelor de nivel având capacitatea de a reda spațial zona de studiu;

e. Pe baza MNT-ului și a benzilor de inundabilitate s-a extras, utilizând ArcMap 10.2, adâncimea apei, această modalitate fiind o soluție atunci când nu există posibilitatea realizării unei modelări hidrologice;

f. A fost realizată harta de hazard la inundații cu trei clase de hazard, aferentă zonei de studiu Făgetul de Sus - Pasul Ghimeș-Făget, prin combinare în mediul GIS a probabilității și magnitudinii pornind de metoda elvețiană de evaluare a pericolelor;

g. S-au identificat elementele expuse pericolului de inundații pentru cele trei scenarii de inundații cu probabilitate de 0,1, 0,01 și 0,001 și s-au creat hărți de vulnerabilitate, instrumente extrem de utile în gestionarea și prevenirea inundațiilor;

h. S-a identificat în literatura de specialitate curba de vulnerabilitate cea mai fiabilă, în vederea stabilirii gradului de deteriorare al clădirilor, infrastructurii și agricultură;

i. A fost determinat costul de reconstrucție pe m^2 al clădirilor în funcție de tipul clădiei și a materialului de construcție, așa cum au fost identificate în cercetările efectuate în teren, totodată a fost dezvoltată și Ecuația (6,1);

j. Pe baza gradului de deteriorare al clădirilor în funcție de magnitudinea apei și a costului de reconstrucție aferent fiecărei clădiri în parte s-a calculat valoarea estimativă a daunelor pentru clădirile expuse pericolului de inundații;

k. Tot pe baza curbelor de vulnerabilitate s-au calculat daunele estimative pentru fiecare scenariu de inundații în cazul terenului agricol și infrastructurii;

l. Au fost determinate daunele totale pentru fiecare scenariu de inundații, respectiv, 131133,79 EUR pentru inundațiile cu probabilitate de 0,1, 469226,83 EUR pentru inundațiile cu probabilitate de 0,01 și 2110089,57 EUR pentru inundațiile cu probabilitate de 0,001, acestea au fost utilizate în vederea cuantificării riscului sub forma unei curbe de risc la inundații;

m. Cu ajutorul Ecuației (6.6) s-au calculat daunele medii anuale, respectiv suprafața aflată sub curba de risc, astfel pentru zona pe care s-au efectuat cercetările, Făgetul de Sus – Pasul Ghimeș-Palanca, **valoarea daunelor medii anuale este de 51736,5307 EUR;**

n. Valorile daunelor monetare estimative obținute în cadrul acestor cercetări au fost verificate prin compararea cu valoarea daunelor înregistrate în urma a două evenimente reale de inundații;

o. Toate aceste rezultate au fost obținute în contextul **Directivei din 2007/60/CE** și oferă informații foarte necesare atât localnicilor cât și autorităților în ceea ce privește impactul inundațiilor în zonă, putând fi utilizate în dezvoltarea planurilor de prevenție și protecție împotriva inundațiilor.

8.4. Concluzii privind direcțiile ulterioare de dezvoltare a cercetării

a. Pentru realizarea unei evaluări a riscului cât mai complete se are în vedere evaluarea mai în detaliu a daunelor tangibile indirecte produse de inundații;

b. Identificarea și dezvoltarea unor metode pentru a calcula incertitudinea privind curbele de vulnerabilitate și estimarea daunelor;

c. Extinderea studiului și în alte receptoare atât din apropierea zonei de studiu cât și zone diferite;

d. Identificarea unor măsuri de prevenție și atenuare a riscului în zonele în care există cea mai mare probabilitatea de apariție a pericolului și implicit a daunelor;

e. Valorificarea rezultatelor prin prezentarea lor administrației locale și altor factori de decizie în vederea dezvoltării planurilor și strategiilor de management a inundațiilor.

8.5. Valorificarea cercetărilor

I. Realizarea planului de cercetare și a referatelor:

1. **Planul de cercetare** - *Managementul inundațiilor asociate bazinului Trotuș, utilizând tehnici avansate de teledeteție și GIS;*

2. **Referatul 1 – Stadiul actual al cercetării** - *Managementul inundațiilor asociate bazinului Trotuș, utilizând tehnici avansate de teledeteție și GIS;*

3. **Referatul 2 - Materiale și instrumente utilizate în realizarea cercetării** - *Managementul inundațiilor asociate bazinului Trotuș, utilizând tehnici avansate de teledeteție și GIS;*

4. **Referatul 3 – Rezultate parțiale** - *Evaluarea riscului produs de inundații asociate râului Trotuș, utilizând tehnici GIS.*

II. Articole publicate în reviste cotate ISI:

1. Stelian Cartacuzencu, Alina Coman, Georgiana Roșu, **Roxana TÎNCU**, Gabriel Lazar, *Analysis of hydric erosion produced by the Siret River, Romania during 1989-2008*, **Environmental Engineering & Management Journal (EEMJ)** 15 (3) 2016, 537-544, **IMPACT FACTOR** 2017: 1096;

2. **Roxana TÎNCU**, José Luis Zêzere, Gabriel Lazar, *Identification of elements exposed to flood hazard in a section of Trotuș River, Romania*, acceptat pentru publicare în **Geomatics, Natural Hazards and Risk**, **IMPACT FACTOR** 2016: 1.710;

3. **Roxana TÎNCU**, José Luis Zêzere, Iulia Crăciun, Gabriel Lazăr, Iuliana Lazăr, *Quantitative micro-scale flood risk assessment in a section of the Trotuș River, Romania*, în evaluare **Land Use Policy Journal**, **IMPACT FACTOR** 2016: 3.089;

4. **Roxana TÎNCU**, Gabriel Lazar, Iuliana Lazăr, *Modified Flash Flood Potential Index used to identify potentially affected areas in a mountain zone*, în evaluare la **Open Geosciences**, **IMPACT FACTOR** 2016: 0.475;

5. **Roxana TÎNCU**, Gabriel Lazar, Iuliana Lazăr, *Hydrological models - a review of basic flood* în evaluare la **Fresenius Environmental Bulletin and Advances in Food Sciences**;

6. **Roxana TÎNCU**, Iuliana Lazăr, *Assessment of Social Vulnerability in a rural area with flood hazard*, în evaluare la **Sustainable Production and Consumption Journal**, Normalized Impact per Paper (SNIP): 1.037/2016.

III. Articole publicate în reviste indexate în baze de date internaționale:

1. Ema Faciu, Roxana Neagu, Georgiana Rosu, **Roxana TÎNCU**, Petronela Bran, Marius Nadejde, Camelia Ureche, Iulia Lazar, Gabriel Lazar, *Interactive learning units based on in situ data observations and real time collaboration*, **CD-ROM**, ISSN: 2165-6266, 03(02):133–138 (2014)

IV. Articole susținute la conferințe și publicate în volumele conferințelor:

1. **Roxana TÎNCU**, Ema Faciu, Alina Coman, *The spread course visualization of the flood wave case study - Trotus River*, **Second International Conference on NATURAL AND ANTHROPIC RISKS, ICNAR 4-7 June 2014, Bacau, ROMANIA, Book of abstracts: Editura Alma Mater, Bacau 2014 ISSN: 2360 – 4018 p 56;**

2. **Roxana TÎNCU**, J. L. Zêzere, Roxana Nechifor, Gabriel Lazar, *Hydrological models - a review of basic flood modeling tools*, **Constructive and Technological Design Optimization in the Machines Building Field, Conference Proceedings Abstracts, OPROTEH 2015, 04-06 iunie, p 94;**

3. Roxana Nechifor, Maria-Ema, Faciu, **Roxana TÎNCU**, Irina Ifrim, Camelia Ureche, Iuliana Lazar, *Ecological state of the main rivers from Siret hydrographic basin, Romania, ICEEM 2015;*

4. **Roxana TÎNCU**, Maria-Ema FACIU, Gabriel LAZAR, *Estimating floodplain in a section from hydrological basin of Trotus River, Romania*, **11th International Conference on „Environmental Legislation, Safety Engineering and Disaster Management”, Elsedima 26-28 Mai 2016 Cluj-Napoca, Babeș-Bolyai University, Book of abstracts: ISBN: 978-606-93873-1-3, p 185;**

5. **Roxana TÎNCU**, Maria-Ema FACIU, Iuliana LAZAR, *Assessment of social vulnerability in a rural area with flood hazard*, **Proceedings of the 9th International Conference Environmental Engineering and Management: Circular Economy and Environmental Sustainability: Conference Abstracts Book: 6-9 of September 2017, Bologna, Italy, p 431;**

6. **Roxana TÎNCU**, José Luis Zêzere, Iulia Crăciun, Gabriel Lazăr, Iuliana Lazăr, *Quantitative micro-scale flood risk assessment in a section of the Trotuș River, Romania*, **12th International Conference on ‘Environmental Legislation, Safety Engineering and Disaster Management’, Elsedima 17 - 19 May 2018 Cluj - Napoca, Babeș-Bolyai University, Book of abstracts: eISBN 978-606-8887-27-2, BIOFLUX Cluj-Napoca 2018, p 181;**

7. **Roxana TÎNCU**, *The flood management associated to Trotus River using advanced Remote Sensing techniques and Geographical Information System(GIS)*, **WORKSHOPDOUTORAL–INSTITUTO DE GEOGRAFIA E ORDENAMENTO DO TERITORIO UNIVERSIDADE DE LISBOA – MAI 2015.**

V. Burse de studii doctorale și stagii de pregătire:

1. Mobilitate de plasament prin Programul ERASMUS+KA1 la *Instituto de Geografia e Ordenamento do Teritorio Universidade de Lisboa*, 1 Martie – 30 Mai 2015;

2. Mobilitate de plasament prin Programul ERASMUS+KA1 la *Instituto de Geografia e Ordenamento do Teritorio Universidade de Lisboa*, 1 Aprilie – 30 Mai 2016.

BIBLIOGRAFIE

ABAS Administrația Bazinală de Apă Siret - Planul Național de Management.

ABAS 2005. Raport de sinteză privind evoluția și efectele fenomenelor hidrometeorologice periculoase produse in perioada iulie - august 2005 Administrația Bazinală de Apă Siret

ABAS 2010. Raport de sinteză privind evoluția și efectele fenomenelor hidrometeorologice periculoase produse in perioada iunie - iulie 2010. Administrația Bazinală de Apă Siret.

Adger N. K., M., Bentham G. 2001. New Indicators of Vulnerability and Adaptive Capacity. . Paper presented at the International Workshop on Vulnerability and Global Environmental Change, Lila Nyagatan. Stockholm, 17-19 May 2001.

ADPC 2005. Knowledge Development, education, public awareness training and information sharing. A Primer of Disaster Risk Management in Asia. Asian Disaster Preparedness Center.

ADRC 2005. Total Disaster Risk Management - Good Practices. <http://www.adrc.or.jp/publications/TDRM2005/TDRM_Good_Practices/PDF/Chapter1_1.2.pdf>.

ANCPI - Agenția Națională de Cadastru și Publicitate Imobiliară, Oficiul de Cadastru și Publicitate Imobiliara, Bacău;

Albano R., Crăciun I., Mancusi L., Sole A. & Ozunu A. 2017. FLOOD DAMAGE ASSESSMENT AND UNCERTAINTY ANALYSIS: THE CASE STUDY OF 2006 FLOOD IN ILISUA BASIN IN ROMANIA. *Carpathian Journal of Earth and Environmental Sciences*, 12.

Albano R., Sole A., Adamowski J. & Mancusi L. 2014. A GIS-based model to estimate flood consequences and the degree of accessibility and operability of strategic emergency response structures in urban areas. *Nat. Hazards Earth Syst. Sci.*, 14.

Arnell N. W. 1989. Expected annual damages and uncertainties in flood frequency estimation. *J. Water Resour. Plann. Manage*, 115.

Atteslander P., Cromm J., Grabow B., Klei, H., Maurer A. & Siegert G. 2008. *Methoden der empirischen Sozialforschung*, Erich Schmidt Verlag, 12, 359 pp. 2008. Erich Schmidt Verlag, 12, 359 pp.

Barbara K., György B., Gerard H. & Stepha A. 2017. Updated CLC illustrated nomenclature guidelines. Final report. In: SERVICE CONTRACT NO 3436/R0-COPERNICUS/EEA.56586 TASK 7, D. P. (ed.). European Environment Agency.

BBK 2009. *Schutz Kritischer Infrastruktur: Risikomanagement im Krankenhaus, Praxis im Bevölkerungsschutz*, Bd. 2, Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe (BBK), Bonn.

Birkmann J. 2006. Measuring vulnerability to promote disaster-resilient societies: Conceptual frameworks and definitions. In: Birkmann, J. (Ed.) *Measuring Vulnerability to Natural Hazards: towards disaster resilient societies*. United Nations University Press, Tokyo.

Bladé I., Cacho I., Castro-Díez Y., Gomis D., González-Sampériz P., Miguez-Macho G., Fiz P., Rodrí-Guez-Fonseca B., Rodríguez-Puebla C., Sánchez E., Marcos G. S., Valero-Garcés B. & Vargas-Yáñez, 2010. *Clima en España: Pasado, presente y futuro - Informe de evaluación del cambio climático regional*. . Fiz F. Pérez y Roberta Boscolo; Mº de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino, Mº de Ciencia e Innovación.

Blanchard W. 2005. Select Emergency Management-Related Terms and Definitions. *Vulnerability Assessment Techniques and Applications (VATA)*. <<http://www.csc.noaa.gov/vata/glossary.html>>, 24 January 2006.

BMI 2006. *Schutz Kritischer Infrastrukturen - Basisschutzkonzept*, Federal Ministry of the Interior - Bundesministerium des Innern (BMI), Berlin. 60.

- Bogardi J. J. & Birkmann J. 2004. Vulnerability assessment: The first step towards sustainable risk reduction, disasters and society - From Hazard Assessment to Risk Reduction. Universitat Karlsruhe, Germany, In: Malzahn, D.; Plapp, T. (Eds.), Logos, Berlin., 75-82.
- Bohle H-G. 2001. Vulnerability and criticality: perspectives from social geography. IHDP Update 2/01.
- Bollin C., Cardenas C., Hahn H. & Vatsa K. S. 2003. Natural Disaster network; Disaster Risk management by Communities and Local Governments. Washington D.C: Inter-American Development Bank.
- Borcan M. & Achim D. 2011. Estimarea potenialului de producere a viiturilor n bazinul hidrografic Ialomia. Institutul Naional de Hidrologie i Gospodrire a Apelor.
- Brazdova M. & Riha J. 2014. A simple model for the estimation of the number of fatalities due to floods in central Europe. Natural Hazards Earth System Sciences, 14.
- Brewster J. Development of the flash flood potential index (FFPI) for central NY & Northeast PA. Eastern Region Flash Flood Conference, NOAA’s National Weather Service, 2010. 2-4.
- Brooks N. 2003. Vulnerability, risk and adaptation: a conceptual framework. Working Paper 38, Tyndall Centre for Climate Change Research, Norwich, UK.
- Bruijn K. D., Klijn F., olfert A., Penning-Rowsell E. & Simm J. W., M. 2009. Flood risk assessment and flood risk management. An introduction and guidance based on experiences and findings of FLOODsite (an EU-funded Integrated Project), Delft, the Netherlands, Deltares | Delft Hydraulics.
- Brundl, M. & Margreth, S. 2015. Chapter 9 - Integrative Risk Management: The Example of Snow Avalanches A2 - Shroder, John F. In: Haerberli, W. & Whiteman, C. (eds.) Snow and Ice-Related Hazards, Risks and Disasters. Boston: Academic Press.
- Buckley A. 2010. Understanding curvature rasters [Online]. Available: <https://blogs.esri.com>.
- Burek, P., van der Knijff, J., Ntegeka, V., 2013. LISVAP, Evaporation Pre-Processor for the LISFLOOD Water Balance and Flood Simulation Model—Revised User Manual (No. doi: 10.2788/26160), EUR 26167 EN. Joint Research Centre—Institute for Environment and Sustainability. EUR 26167 EN. 36 pp.
- Cardona O. D. 1999. “Environmental Management and Disaster Prevention: Two Related Topics: A Holistic Risk Assessment and Management Approach”. J. Ingleton, ed., Natural Disaster Management, London: Tudor Rose.
- Cardona O. D. 2001. Estimacin holstica del riesgo ssmico utilizando sistemas dinamicos complejos, Barcelona. Technical University of Catalonia.
- Castrave T., Bejenaru G., Capfn L. & Dilan V. 2013. Iniiere n SIG. In: TEMPUS 511322-2010-1-SE-TEMPUS-JPCR, G. I. T. F. S. D. I. E. N. C. G. (ed.). Universitatea de Stat din Tiraspol.
- Cavallini P. 2007. Free GIS desktop and analyses: QuantumGIS, the easy way. The Global Geospatial Magazine.
- CFR.SA - Compania Naional de Ci Ferate "CFR" - SA
- Chambers R. 1989. Editorial Introduction: Vulnerability, Coping and Policy. Institute of Development Studies.
- Chende V. 2007. Scurgerea lichid i solid n Subcarpaii de la curbur. Academia Romn.
- Ciurean R. L., Schrter D. & Glade T. 2013. Conceptual Frameworks of Vulnerability Assessments for Natural Disasters Reduction. Approaches to Disaster Management - Examining the Implications of Hazards, Emergencies and Disasters. INTECH.
- Clark G. E., Moser S. C., Ratick S. J., Dow K., Meyer W. B., Emani S., Jin W., Kasperson J. X., Kasperson R. E. & Schwarz H. E. 1998. Assessing the Vulnerability of Coastal Communities to Extreme Storms: The Case of Revere, MA., USA. Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change, 3, 59-82.
- CNADNR 2015. Compania Naional de Autostrzi i Drumuri Naionale din Romnia – Centrul de Studii Tehnice Rutiere i Informatice.
- Corominas J., Westen V., Frattini P., Cascini L., Malet J.-P., Fotopoulou S., Catani F., Eeckhaut M. V. D., Mavrouli O., Agliardi F., Pitilakis K., Winter M., Pastor M., Ferlisi S., Tofani V., Hervs J. & Smith J. 2013. Recommendations for the quantitative analysis of landslide risk. Bulletin of Engineering Geology and the Environment, 73.

- Crăciunesc V. 2004. Site cartografic interactiv pentru Municipiul Suceava Lucrarea de licență,, Universitatea din București.
- Crichton D. 1999. The Risk Triangle. In: Ingleton, J. (Ed.): . Natural Disaster Management. Tudor Rose, London, , pp. 102-103.
- 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, 713-737.
- Cowen D.1988. G IS versus C A D versus D B M S : what are the differences. *Photogrammetrie Engineering and Remote Sensing*, 54(2).
- D. Parker C. Green & Thompson C. S. 1987. Urban flood protection benefits: A project appraisal guide, in, Gower Technical Press, Aldershot.
- Davidson, R. 1997. An urban earthquake risk index, The John a Blume Earthquake Engineering Center, Department of Civil engineering. Stanford: Stanford University.
- Davidson R. A. & Lambert K. B. 2001. Comparing the hurricane disaster risk of U.S. coastal counties. *Natural Hazards Review*, Vol. 2, No. 3, August, pp. 132-142.
- De Maeyer Ph., Vanneuville W. & Maeghe K. & Mostaert F. 2003. Modélisation des effets de crue dans le bassin de la Dendre, basée sur une méthodologie de risque, *Le Geo Evenement*, . Paris, Actes des conférences sur Cd-rom, pp. 7. (in French).
- De Moel H., Vliet M. & Aerts J. C. J. H. 2014. Evaluating the effect of flood damage-reducing measures: a case study of the unembanked area of Rotterdam, the Netherlands. *Reg. Environ. Change* 14.
- De Moel, Aerts H. & J.C.J.H 2011. Effect of uncertainty in land use, damage models and inundation depth on flood damage estimates. *Nat. Hazard. Earth Syst. Sci*, 58.
- Dias L. 2013. City, climate change and floods. A contribution to the urban resilience study. In: Klijn, F. & Schweckendiek, T. (eds.) *Floodrisk 2012 – The 2nd European Conference on Flood Risk Management - Comprehensive Flood Risk Management*. Rotterdam: CRC Press, Taylor & Francis Group.
- Dias L., Braunschweig F., Grosso N., Costa H. & Garrett P. 2014a. Flood risk mapping. Methodological guide. Portuguese Association of Insurers (APS), Foundation of the Faculty of Science, University of Lisbon (FFCUL).
- Dias L., Braunschweig F., Grosso N., Costa H. & Garrett P. 2014b. Flood risk mapping. Methodological guide. In: THE PORTUGUESE ASSOCIATION OF INSURERS (APS) AND THE FOUNDATION OF THE FACULTY OF SCIENCE, U. O. L. F. (ed.).
- Dikau R. & Weichselgartner J. 2005. *Der unruhige Planet. Der Mensch und die Naturgewalten*, Darmstadt.
- Dumitriu D. 2007. Sediment system of the Troțuș drainage basin (in Romanian).
- Dumitru D. 2016. Geomorphic effectiveness of floods on Troțuș river channel (Romania) between 2000 and 2012. *Carpathian Journal of Earth and Environmental Sciences*, Vol. 11, No. 1.
- EEA 2018. Corine Land Cover 2012 raster data-version is v.18.5.1 [Online]. European Environment Agency. Available: <https://land.copernicus.eu>.
- EEA W. J. 2008. Impacts of Europe's changing climate—2008 indicator- based assessment, Copenhagen, Denmark, European Environment Agency.
- Erdlenbruch, K., Gilbert, E., Grelot, F., Lescoulier, C., 2008. Une analyse coût-bénéficespatialisée de la protection contre les inondations—Application de la méthode des dommages évités à la basse vallée de l'Orb. *Ingénieries* 53, 3–20.
- ESRI 1996-2006. Environmental Systems Research Institute, Documentație tehnică, ESRI Inc., Redlands, CA, USA [Online]. Available: <http://www.esri.com>.
- Falter, D., Schröter, K., Dung, N.V., Vorogushyn, S., Kreibich, H., Hundecha, Y., Apel, H., Merz, B., 2015. Spatially coherent flood risk assessment based on long-term continuous simulation with a coupled model chain. *J. Hydrol.* 524,182–193. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jhydrol.2015.02.021>.
- Fekete A. 2010. Assessment of Social Vulnerability for River-Floods in Germany. United Nations University (UNU-EHS).

- Felgentreff C. & Glade T. 2008. (Eds.) *Naturrisiken und Sozialkatastrophen*, Spektrum Akademischer Verlag, Berlin.
- Fell R. & Hartford D. 1997. Landslide risk management. In: Cruden D, Fell R, editors. *Landslide risk assessment – Proceedings of the Workshop on Landslide Risk Assessment*. Honolulu, HI: A.A. Balkema.
- Fell R., Corominas J., Bonnard C., Cascini L., Leroi E. & Savage W. 2008. Guidelines for landslide susceptibility, hazard and risk zoning for land use planning. *Eng Geol*.
- FICCDC 1988. Federal Interagency Coordinating Committee on Digital Cartography.
- FloodRiskGroup 2017. The QGIS Plug-in FloodRisk ver.1.0. USER MANUAL.
- Foot K. E. & Lynch M. 1996a. Geographic information systems as an integrating technology: context, concepts, and definitions. In: *The geographer's craft project*. Austin, T X : Department of Geography, University of Texas at Austin.
- Foudi, S. & Osés-Eraso, N. 2014. Flood risk management: assessment for prevention with hydro-economic approaches. In: Markandya, A., Galarraga, I., Sainz de Murieta, E, (Eds.), *Routledge Handbook of the Economics of Climate Change Adaptation*. Taylor & Francis.
- Foudi S., Osés-Eraso N. & Tamayo I. 2015. Integrated spatial flood risk assessment: The case of Zaragoza. *Land Use Policy*, 42, 278-292.
- Freni G., Loggia G. L. & Notaro V. 2010. Uncertainty in urban flood damage assessment due to urban drainage modelling and depth-damage curve estimation. *Water Science and Technology*, 61.
- Fuchs S. 2009. Susceptibility versus resilience to mountain hazards in Austria - paradigms of vulnerability revisited. *Nat. Hazards Earth Syst. Sci.*, 9 (2).
- Gheorghe D., Dăscăliță D., *Considerații privind impactul antropic asupra resurselor de apă subterană din bazinul hidrografic al râului Trotuș*, ABA Siret, Bacău, 2004
- Gissing A. & Blong R. 2004. Accounting for variability in commercial flood damage estimation. *Australian Geographer*, 35 (2).
- Giupponi C., Giove S. & Giannini V. 2013. A dynamic assessment tool for exploring and communicating vulnerability to floods and climate change. *Environmental Modelling & Software*, 44, 136-147.
- Godfrey A., Ciurean R. L., Van Westen C. J., Kingma N. C. & Glade T. 2015. Assessing vulnerability of buildings to hydro-meteorological hazards using an expert based approach – An application in Nehoiu Valley, Romania. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 13, 229-241.
- Gouldby B. & Samuels P. 2005. Language of risk—project definitions. *Integrated Flood Risk Analysis and Management Methodologies*. . Floodsite Project Report T32-04-01.
- Gray J. 2008. Getting Started With Quantum GIS. *Linux Journal*.
- Greco F. 2009. *Hazarde și Riscuri Naturale*, București, Editura Universitară.
- Green C., Viavattene C. & Thompson P. 2011. Guidance for assessing flood losses, CONHAZ.
- Grimshaw D. J. 1994. *Bringing geographical information systems into business*. Harlow, Essex, England: Longman Scientific and Technical.
- Guillard-Gonçalves C., Zêzere J. L., Pereira S. & Garcia R. C. 2016. Assessment of physical vulnerability of buildings and analysis of landslide risk at the municipal scale – application to the Loures municipality, Portugal. *Nat Hazards Earth Syst Sci*, 16.
- Guzzetti F., Carrara A., Cardinali M. & Reichenbach P. 1999. Landslide hazard evaluation: a review of current techniques and their application in a multi-scale study, Central Italy. *Geomorphology*, 31.
- Haki Z., Akyurek Z. & Duezguen S. 2004. Assessment of social vulnerability using geographic information systems: Pendik, Istanbul case study. In: *7th AGILE Conference on Geographic Information Science (Heraklion, Greece, 2004)*, Middle East Technical University of Ankara, Turkey, 413–423.
- Herbei M. V. 2013. *Sisteme Informatice Geografice - Aplicații*. Universitas Petrosani.
- Huizinga J. 2007. *Flood damage functions for EU member states*. HKV CONSULTANTS.
- Huizinga J., Moel H. D. & Szewczyk W. 2017. *Global flood depth-damage functions. Methodology and the database with guidelines*. Luxembourg: Publications Office of the European Union.

- Hunsaker, C. T., Graham, R. L., Suter, G. W., O'Neill, R. V., Barnhouse, L. W. & Gardner, R. H. 1990. Assessing ecological risk on a regional scale. *Environ. Manag.*, 14.
- INS - Institutul Național de Statistică.
- INS - 2011. Romanian Statistics Institute. Available: <http://www.recensamantromania.ro/rezultate-2/>.
- Ioniță F. 2011. Formarea viiturilor și delimitarea zonelor inundabile în bazine hidrografice. Teza de doctorat, Universitatea Tehnică de Construcții București
- IPCC 2012a. Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation - Special Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Cambridge, UK, and New York, NY, USA, Cambridge University Press.
- IPCC 2012b. Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation - Special Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. In: Field, C. B., Barros, V., Stocker, T. F., Dahe, Q., Dokken, D. J., Ebi, K. L., Mastrandrea, M. D., Mach, K. J., Plattner, G.-K., Allen, S. K., Tignor, M. & Midgley, P. M. (Eds.). Cambridge University Press ed.: First Joint Session of Working Groups I and II.
- IPCC 2013. Climate Change 2013: The Physical Science Basis (Final Draft Underlying Scientific-Technical Assessment). Intergovernmental Panel on Climate Change.
- ISO.31000 2009. Risk management – Principles and guidelines.
- ISO/IEC-31010 2009. Risk management - Risk assessment techniques. ISO/IEC.
- ISU - Inspectoratul Județean pentru Situații de Urgență "Maior Constantin Ene" al Județului Bacău.
- Jaiswal P., Westen C. J. & Jetten V. 2011. Quantitative estimation of landslide risk from rapid debris slides on natural slopes in the Nilgiri hills, India. *Nat Hazards Earth Syst Sci*, 11.
- Jongman B., Koks E. E., Husby T. G. & Ward P. J. 2014b. Financing increasing flood risk: evidence from millions of buildings. *Nat. Hazards Earth Syst. Sci. Discuss.* 2.
- Jongman B., Kreibich H., Apel H., Barredo J. I., Bates P. D., Feyen L., Gericke A., Neal J., Aerts J. C. J. H. & Ward P. J. 2012. Comparative flood damage model assessment: towards European approach. *Nat. Hazards Earth Syst. Sci*, 12.
- Jonkman S. N., Vrijling J. K., Vrouwenvelder & A.C.W.M. 2008. Methods for the estimation of loss of life due to floods: a literature review and a proposal for a new method. *Natural Hazards*, 46.
- Julião R. P., Nery F., Ribeiro J. L., Branco M. C. & Zêzere J. L. 2009. Guia Metodológico para a Produção de Cartografia Municipal de Risco e para a Criação de Sistemas de Informação Geográfica (SIG) de Base Municipal. Autoridade Nacional de Protecção Civil.
- Kalbfleisch J. G. 1985. Probability and statistical inference: volume 1: probability. Springer. Texts in Statistics.
- Kaynia A. M., Papatoma-Köhle M., Neuhäuser B., Ratzinger K., Wenzel H. & Medina-Cetina Z. 2008. Probabilistic assessment of vulnerability to landslide: Application to the village of Lichtenstein, Baden-Württemberg, Germany. *Eng. Geol.*, 101(1–2).
- Kharin V. V., Zwiers F. W., Zhang X. & Hegerl G. C. 2007. Changes in Temperature and Precipitation Extremes in the IPCC Ensemble of Global Coupled Model Simulations. *Journal of Climate*, 20, 1419-1444.
- Kienberger S., Lang S. & Zeil P. 2009. Spatial vulnerability units –expert-based spatial modelling of socio-economic vulnerability in the Salzach catchment, Austria. *Nat. Hazards Earth Syst. Sci.*, 9.
- Koks E. E., Jongman B., Husby T. G. & Botzen W. J. W. 2015. Combining hazard, exposure and social vulnerability to provide lessons for flood risk management. *Environmental Science & Policy*, 47, 42-52.
- Kron W. 2005. Flood Risk = Hazard • Values • Vulnerability. *Water International*, 30, 58-68.
- Krudzlo R. 2010. Flash Flood Potential Index for the Mount Holly Hydrologic Service Area. A Microsoft PowerPoint presentation available at: http://www.state.nj.us/drbc/library/documents/Flood_Website/flood-warning/user-forums/Krudzlo_NWS.pdf.

- 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.
- Landis W. G. 2005. *Regional Scale Ecological Risk Assessment. Using the Relative Risk Model*. CRC PRESS.
- Lateltin O., Haemmig C., Raetzo H. & Bonnard C. 2005. Landslide risk management in Switzerland. *Landslides*, 2, 313-320.
- Lateltin O. & Ofefp-Shgn 1997. Prise en compte des dangers dus aux mouvements de terrain dans le cadre des activités de l'aménagement du territoire. In: OFFICE FÉDÉRAL DE L'AMÉNAGEMENT DU TERRITOIRE (OFAT), O. F. D. L. É. D. E. O., OFFICE FÉDÉRAL DE L'ENVIRONNEMENT, DES FORÊTS ET DU PAYSAGE (OFEFP) (ed.). Kellerhals+Haefeli SA, Berne.
- Te Linde, A.H., Bubeck, P., Dekkers, J.E.C., de Moel, H., Aerts, J.C.J.H., 2011. Future flood risk estimates along the river Rhine. *Nat. Hazards Earth Syst. Sci.* 11, 459-473. doi:http://dx.doi.org/10.5194/nhess-11-459-2011.
- Lekuthai A. & Vongvisessomjai S. 2001. Intangible flood damage quantification. *Water Resour. Manage*, 15.
- Loat R. & Petrascheck A. 2008. Consideration of Flood Hazards for Activities with Spatial Impact. In: FEDERAL OFFICE FOR WATER MANAGEMENT, S. P. A. F. T. E., FORESTS & LANDSCAPE, A. (eds.) *Natural hazards*.
- Longley P., Goodchild M., Maguire D. & Rhind D. 2005. *Geographical information systems: principles, techniques, management and applications*. 2nd ed. Chichester: Wiley. 2nd ed. Chichester: Wiley.
- Longley P., Goodchild M., Maguire D. & Rhind D. 2011. *Geographical Information Systems and Science*. 3rd ed. Chichester: Wiley.
- Mătreacă M. & Mătreacă S. 2011. Metodologie de estimare a potențialului de producere de viituri rapide în bazine în bazine hidrografice mici. Editura Universității din București, București, *Comunicări de Geografie*, Vol. XIV
- Mancusi L., Albano R. & Sole A. 2015. FloodRisk: a QGIS plugin for flood consequences estimation. *Geomatics Workbooks* n° 12 – FOSS4G Europe Como.
- Marble D. F., Calkins H. W. & Peuquet D. J. 1984. *Basic readings in geographic information systems*. Williamsville, N Y : SPA D Systems Ltd.
- Mazzorana B., Hübl J. & Fuchs S. 2009. Improving risk assessment by defining consistent and reliable system scenarios. *Nat. Hazards Earth Syst. Sci.*, 9.
- Meneses B., Rocha J., Mileu N., Fonseca N., Abrantes P., Palma P. & Garcia R. 2014. *Sistemas de Informação Geográfica - Manual*. IGOT - Instituto de Geografia e Ordenamento do Território Universidade Lisboa.
- Merz, Kreibich H., Schwarze R. & Thielen A. 2010. Review Article: Assessment of Economic Flood Damage. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 10.
- Merz B., Kreibich H., Thielen A. & Schmidtke R. 2004. Estimation uncertainty of direct monetary flood damage to buildings. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 4.
- Merz B. & Thielen A. H. 2005. Separating natural and epistemic uncertainty in flood frequency analysis. *J. Hydrol*, 309.
- Merz B., Thielen A. H. & Gocht, M. 2007. Flood Risk Mapping at the Local Scale: Concepts and Challenges. In: Begum, S., Stive, M. J. F. & Hall, J. W. (eds.) *Flood Risk Management in Europe*. Springer Netherlands.
- Messner F., Penning-Rowsell E., Green C., Tunstall V. M. S. & Veen A. V. D. 2007. Evaluating flood damages: Guidance and recommendations on principles and methods, FLOODsite Project.
- Meyer V. & Messner F. 2005. National Flood Damage Evaluation Methods. A review of Applied Methods in England, the Netherlands, the Czech Republic and Germany. In: UFZ ENVIRONMENTAL RESEARCH CENTER LEIPZIG HALL, D. O. E. (ed.).
- Michael-Leiba M., Baynes F. & Scott G. 2003. Regional Landslide risk to the Cairns community. *Nat Hazards*, 30.
- Min S-K., Zhang X., Zwiers F. W. & Hegerl G. C. 2011. Human contribution to more-intense precipitation extremes. *Nature*, 470.

- Min.Mediului 1992. Atlasul Cadastrului Apelor Din Romania.
- Minea G. 2013. Assessment of the flash flood potential of Bâsca River Catchment (Romania) based on physiographic factors. *Central European Journal of Geosciences*, 5, 344-353.
- Moel D., Asselman H., Aerts N. & J.C.J.H 2012. Uncertainty and sensitivity analysis of coastal flood damage estimates in the west of the Netherlands. *Nat. Hazard.Earth Syst. Sci*, 12.
- Moisă C., Irimin A. & Ciorăia A. 2008. Curs GIS - Notiuni introductive. In: IRISILVA (ed.). Ocna Sugatag.
- Moore I. D., Grayson R. B. & Ladson A. R. 1991. Digital terrain modelling: A review of hydrological, geomorphological, and biological applications. *Hydrological Processes*, 5, 3-30.
- Müller A., Reiter J. & Weiland U. 2011. Assessment of urban vulnerability towards floods using an indicator-based approach – a case study for Santiago de Chile. *Natural Hazards and Earth System Science*, 11, 2107-2123.
- Mutihaç V. & Ionesi L. 1974. *Geologia Romaniei*
- Nitu C. & Craciunescu V. 2009. Modele digitale altimetrice și geostatistică.
- Norén, V., B. Hedelin, L. Nyberg and K. Bishop. 2016. Flood risk assessment – Practices in flood prone Swedish municipalities. *International Journal of Disaster Risk Reduction* 18: 206-217.
- P. Stefanovic J. Drummond & Muller J-C. 1989. ITC's response to the need for training in CAC and GIS. IX INCA International Seminar on Digital Cartography and Potential Users. Pre-session Proceedings. Survey of India, Debra Dun.
- Pall P., Aina T., Stone D. A., Stott P. A., Nozawa T., Hilberts A. G. J. & Lohmann D. A., M. R 2011. Anthropogenic greenhouse gas contribution to flood risk in England and Wales in autumn 2000. *Nature*, 470, 382-385.
- Papathoma-Köhle M., Neuhauser B., Ratzinger K., Wenzel H. & Dominey-Howes D. 2007. Elements at risk as a framework for assessing the vulnerability of communities to landslides. *Nat Hazards Earth Syst Sci*, 7.
- Pătruș S-M. 2010. Riscul inundațiilor în bazinul Dunării. Doctorat, Universitatea din București.
- Pelling M. 2003. Social Capital, Hazards and Adaptation Strategies for the Vulnerable. Draft. Justice in Adaptation to Climate Change. Seminar for Connective Environmental Research. . University of East Anglia, 7-9. September 2003.
- Penning-Rowsell E. C., Johnson C., Tunstall S., Tapsell S., Morris J., Chatterton J. & Green C. 2005. The benefits of flood and coastal risk management: A handbook of assessment techniques. Flood Hazard Research Centre, Middlesex University Press, 2005.
- Pereira S., Garcia R., Zêzere J. L., Oliveira S. C. & Silva M. 2016. Landslide quantitative risk analysis of buildings at the municipal scale based on a rainfall triggering scenario. *Geomatics, Natural Hazards and Risk*, 8, 624-648.
- Philipp Schmidt-Thomé, Hilkka Kallio, Jaana Jarva, Timo Tarvainen (GTK), Stefan Greiving, Mark Fleischhauer (Irpud), Lasse Peltonen, Satu Kumpulainen (Curs/Hut), Alfred Olfert, Jochen Schanze (IOER), Lars Barring, G. P. S. & António M. Relvão (CCDRC), M. J. B. I. 2006. The Spatial Effects and Management of Natural and Technological Hazards in Europe ESPON 1.3.1. GTK.
- Pișota I. & Zaharia L. 2002. Hidrologie. Editura Universității din București, p. 444.
- Podani M. & Zăvoianu I. 1992. Causes and effects of the July 1991 floods in Moldova (in Romanian). *Studii și cercetări de geografie*, XXXIX.
- QGIS 2013. "QGIS Official Website".
- QGIS 2017. QGIS User Guide. Release 2.14.QGIS Project.
- Raetz H., Lateltin O., Tripet J. P. & Bollinger D. 2002. Hazard assessment in Switzerland–codes of practice for mass movements. *Bulletin of Engineering Geology and the Environment*, 61, 263-268.
- Roberts N. J., Nadim F. and Kalsnes B. 2009. Quantification of vulnerability to natural hazards. *Georisk Assessment and Management of Risk for Engineered Systems and Geohazards*. DOI: 10.1080/17499510902788850.
- Romanescu G. 2005. Caracterizarea fizico-geografică a euroregiunii Siret-Prut-Nistru. Editura Performantica, Iași, 22-33.

- Romanescu G., Nistor I. 2011. The effect of the July 2005 catastrophic inundations in the Siret River's Lower Watershed, Romania. *Natural Hazards*, 57(2):345-368. DOI: 10.1007/s11069-010-9617-3.
- Romanescu G., Cimpianu C.I., Mișu-Pintilie A., Stoleriu C.C. 2017. Historic flood events in NE Romania (post-1990). *Journal of Maps*, 13(2):787-798. DOI: 10.1080/17445647.2017.1383944.
- Romanescu G., Mișu-Pintilie A., Stoleriu C.C., Carboni D., Paveluc L.E., Cimpianu C.I. 2018. A Comparative Analysis of Exceptional Flood Events in the Context of Heavy Rains in the Summer of 2010: Siret Basin (NE Romania) Case Study. *Water*, 216, 10(2):216:1-17. doi: 10.3390/w10020216.
- Romali N. S., Sulaiman M. S. A. K., Yusop Z. & Ismail Z. 2015. Flood Damage Assessment: A Review of Flood Stage–Damage Function Curve. 147-159.
- Ronco P., Gallina V., Torresan S., Zabeo A., Semenzin E., Critto A. & Marcomini A. 2014. The KULTURisk Regional Risk Assessment methodology for water-related natural hazards – Part 1: Physical–environmental assessment. *Hydrology and Earth System Sciences*, 18, 5399-5414.
- RWNA 2012. ROMANIAN WATERS NATIONAL ADMINISTRATION, SIRET Water Branch – Unpublished data from the PPPDEI Project.
- Safeland 2010. Revision 2. 7th framework programme, Grant Agreement No.: 226479, SGI/ICG revision: 1 – final.
- Saint-Geours N., Lavergne C., Bailly J. S. & Grelot F. 2013. Ranking sources of uncer-tainty in flood damage modelling: a case-study on the cost-benefit analysis of a flood mitigation project in the Orb Delta, France. *J. Flood Risk Manage.*
- Santos F. D. M., P. 2006. Alterações Climáticas em Portugal Cenários, Impactos e Medidas de Adaptação. Projecto SIAM II, Lisboa, Gradiva.
- Săvulescu C. 1996. GIS - O privire generală. CAD Report, An I, nr.3, 3.
- Schanze J., Zeman E. & Marsalek J. 2006. Flood Risk Management: Hazards, Vulnerability and Mitigation Measures. Springer Netherlands.
- Șchiopu C. 2009. Costuri de reconstrucție - Costuri de înlocuire. Clădiri rezidențiale, București, Iroval.
- SEC 2010. Risk Assessment and Mapping Guidelines for Disaster Management, 21.12.2010 - 1626 final. Brussels: Commission staff working paper.
- Silva M. & Pereira S. 2014. Assessment of physical vulnerability and potential losses of buildings due to shallow slides. *Nat Hazards*, 1029–1050.
- Smith K. & Ward R. 1998. Floods: Physical processes and human impacts, John Wiley & Sons, Chichester.
- Smith G. 2003. Flash flood potential: determining the hydrologic response of fmp basins to heavy rain by analyzing their physiographic characteristics [Online]. Available: http://www.cbrfc.noaa.gov/papers/ffp_wpap.pdf [Accessed 10.01.2018].
- Sperotto A., Torresan S., Gallina V., Coppola E., Critto A. & Marcomini A. 2016. A multi-disciplinary approach to evaluate pluvial floods risk under changing climate: The case study of the municipality of Venice (Italy). *Sci Total Environ*, 562, 1031-1043.
- SUFRI 2012. Methodology for pluvial and river flooding risk assessment in urban areas to inform decision-making. 2nd ERA-NET CRUE Research Funding Initiative Flood resilient communities – managing the consequences of flooding.
- Tarbotton C., Dall'osso F., Dominey-Howes D. & Goff J. 2015. The use of empirical vulnerability functions to assess the response of buildings to tsunami impact: comparative review and summary of best practice. *Earth-Sci. Rev*, 142.
- Țirnovan A., Cojoc G. M., Romanescu G. & Obreja F. Predicting the potential index of major floods production in the Suha river basin (Suha Bucovineana). *Water resources and wetlands*, 2014 Tulcea (Romania).
- Țîncu, R., Zêzere, J. L. & Lazar, G. 2018. Identification of elements exposed to flood hazard in a section of Trotus River, Romania. In press: *Geomatics, Natural Hazards and Risk*.
- Torresan S., Sperotto A., Giannini V., Gallina V., Critto A. & Marcomini A. 2014. Deliverable 8.4 Cross-Cutting Conclusions. Integrated Case Study: Veneto and Friuli Venezia Giulia, Northern Adriatic Sea, Italy. In: 265192, C.-R.-P. N. (ed.).

- Turner B. L., Kasperson R. E. & Matson P. 2003. A framework for vulnerability analysis in sustainability science. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 100(14).
- UE 2007. Directive 2007/60/EC of the European Parliament and of the Council on the assessment and management of flood risks. *Official Journal of the European Union*, L 288/27–L 288/34, <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/RO/TXT/?uri=CELEX:32007L0060>.
- UNDP 2004. United Nations Development Programme. Bureau for Crisis Prevention and Recovery. *Reducing Disaster Risk: A Challenge for Development. A Global Report*. Pelling, M.; Maskrey, A.; Ruiz, P.; Hall, L. (Eds.). John S. Swift Co., . USA, , p. 146.
- UNDRO 1984. *Disaster Prevention and Mitigation: A Compendium of Current Knowledge*. Geneva: Office of the United Nations Disaster Relief Co-ordinator
- UNISDR 2004. *Living with Risk. A global review of disaster reduction initiatives*. United Nations International Strategy for Disaster Reduction Secretariat (UNISDR) ed. New York and Geneva: United Nations.
- UNISDR 2009a. *UNISDR Terminology on Disaster Risk Reduction*. Geneva, Switzerland: United Nations International Strategy for Disaster Reduction.
- UNISDR 2009b. *Terminology on Disaster Risk Reduction*. In: NATIONS, U. (ed.). Geneva, Switzerland: United Nations International Strategy for Disaster Reduction (UNISDR).
- US 2011. Department of Homeland Security (DHS). *Estimating Loss of Life for Dam Failure Scenarios. Dams Sector*.
- Vanneuville W., Gamanya R., De Rouck K., Maeghe K, De Maeyer P. & Mostaert, F. 2005. Development of a Flood Risk Model and applications in the management of hydrographical catchments. *Proceedings of the Cartographic Cutting-Edge Technology for Natural Hazard Management*,, 169-180.
- van Westen C. J. 2017. *Environmental Hazards Methodologies for Risk Assessment and Management. Multi-hazard risk assessment and decision making*.
- van Westen C. J. 2014 - charim.net. *Risk assessment. Characterization of assets - Elements at Risk [Online]. Caribbean HandBook on Risk Management*.
- van Westen C. J., Alkema D., Damen M. C. J., Kerle N. & Kingma N. C. 2011. *Multi-hazard risk assessment. Distance education course. Guide book*. United Nations University – ITC School on Disaster Geoinformation Management (UNU-ITC DGIM)
- Vicente-Serrano S., Trigo R., Pez-Moreno J., Liberato M., Lorenzo-Lacruz J., Beguerería S., Morán-Tejeda E. & El Kenawy A., 2011. Extreme winter precipitation in the Iberian Peninsula in 2010: anomalies, driving mechanisms and future projections. *Climate Research*, 46, 51-65.
- Vilier J., Kok M. & Nicolai R. P. 2014. *Assessment of the losses due to business interruption caused by large-scale floods. Safety, Reliability and Risk Analysis: Beyond the Horizon – Steenbergen et al. (Eds), Taylor & Francis Group, London*.
- Villagrán De León, J. C. 2006a. *Vulnerability: A conceptual and methodological review*. In: UNU-EHS, UNITED NATIONS UNIVERSITY INSTITUTE FOR ENVIRONMENT AND HUMAN SECURITY (UNU-EHS), BONN, GERMANY (ed.).
- Villagrán De León, J. C. 2006b. *Vulnerability: A conceptual and methodological review*, Bonn, Germany, United Nations University Institute for Environment and Human Security.
- Vives L. & Peyraud S. 2009. *Studiu Privind Inundațiile, Schemă Directoare și Plan de Investiții pentru Trotus*. Ministerul Mediului.
- Watts M. J. & Bohle H. G. 1993. The space of vulnerability: the causal structure and of hunger and famine. . *Progress in Human Geography*, , Vol. 17, 1, , pp. 43-67.
- Wisner B., Blaikie P., Cannon T. & Davis I. 2004. *At Risk – Natural hazards, people’s vulnerability and disasters*, Londres: Routledge.
- WMO/UNESCO, I.-. 2012. *International Glossary of Hydrology*. World Meteorological Organization and United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization.
- Vogel C & O’Brien K. 2004. *Vulnerability and Global Environmental Change: Rhetoric and Reality. Information Bulletin on Global Environmental Change and Human Security*. Aviso. Ottawa.

- Wu S-Y., Yarnal B. & Fisher, A. 2002. Vulnerability of coastal communities to sealevel rise: a case study of Cape May county, New Jersey. USA. *Clim. Res.* 22.
- Zaharia L., Minea G., Ioana-Toroimac, G., Barbu R. & Sârbu I. 2012. Estimation of the Areas with Accelerated Surface Runoff in the Upper Prahova Watershed (Romanian Carpathians). *BALWOIS - Ohrid, Republic of Macedonia* 10.
- Zald A. E., Shelly S. & Wade T. 2006. A to Z GIS: An Illustrated Dictionary of Geographic Information. *Systems Articles (Libraries)*. Paper 144.
- Zenger A. & Wealands S. 2004. Beyond modelling: linking models with GIS for floodrisk management. *Nat Hazards*, 33.
- Zêzere J. L., Garcia C. R., Oliveira S. & Reis E. 2008. Probabilistic landslide risk analysis considering direct costs in the area north of Lisbon (Portugal). *Geomorphology*, 94.
- *** citynews.ro [Online].
- *** <http://arhiva.gov.ro> [Online].
- ***<http://www.rowater.ro/Continut%20Site/CAPITOLUL%20II.aspx>.
- ***<https://distanta.ro/comanesti/miercurea-ciuc>.
- *** <https://www.ziaruldeiasi.ro/bacau/spaima-ca-la-sfirsitul-lumii-la-ghimes~ni2na1>.
- *** <http://jurnalul.ro/special-jurnalul/romania-luata-de-ape-64019.html>.
- *** <http://romanalibera.ro/actualitate/eveniment/drumuri-si-cai-ferate-afectate-de-inundatii-in-judetul-bacau-191661>.
- ***<http://www.ziare.com/stiri/cfr/cfr-anuleaza-mai-multe-trenuri-din-cauza-inundatiilor-1032062> [Online].
- ***<https://stirileprotv.ro/stiri/actualitate/bilantul-inundatiilor-devastatoare-din-moldova-doi-barbati-au-murit-in-viiturile-puternice-iar-mii-de-case-au-ramas-curent.html>.
- ***<https://github.com/FloodRiskGroup/floodrisk>.
- ***http://www.ecb.europa.eu/stats/policy_and_exchange_rates/euro_reference_exchange_rates/html/eurofxref-graph-idr.en.html [Online].
- ***<http://www.mediafax.ro/social/un-numar-de-218-case-au-fost-inundate-in-mai-multe-localitati-din-judetul-bacau-6451179>.