



UNIVERSITATEA DIN BUCUREȘTI

Facultatea de Fizică

Școala Doctorală de Fizică

Liliana-Irina Stanciu (Stoian)

*CERCETĂRI PRIVIND EVALUAREA HAZARDULUI SEISMIC LA
ALUNECĂRI DE TEREN*

Rezumat

Conducător științific

Prof.dr. Mircea Radulian

București, 2024

Cuvânt Înainte

Într-o lume în care riscurile naturale devin din ce în ce mai pregnante, cercetările privind evaluarea hazardului seismic în legătură cu alunecările de teren reprezintă o misiune crucială pentru siguranța comunităților și protecția mediului înconjurător.

Teza de doctorat a fost elaborată pe parcursul activității mele în cadrul Departamentului de Dezvoltare Durabilă, Compartimentul de Geohazard din cadrul Institutului Geologic al României.

Doresc să exprim mulțumirile mele conducătorului științific Acad. Prof. Emerit Gheorghe Mărmureau care m-a susținut pe toată durata programului de doctorat și dlui Prof. Mircea Radulian care m-a ajutat să duc la final această lucrare de interes național. De asemenea membrilor comisiei științifice, care au recenzat teza, au recomandat-o pentru susținerea publică și profesorilor din cadrul școlii doctorale care m-au îndrumat și au fost alături de mine în toată această perioadă.

Aș dori să mulțumesc familiei mele, soțului meu, pentru suportul moral și sufletesc pe parcursul elaborării tezei de doctorat și mamei mele care din nefericire nu a mai reușit să fie alături de mine până la această susținere.

Nu în ultimul rând, mulțumirile mele sincere se îndreaptă către colegii mei minunați, fără de care această călătorie ar fi fost mult mai anevoioasă. Ajutorul lor, colaborarea și sprijinul constant au fost esențiale în finalizarea acestei lucrări.

Sunt convinsă că prin studiile realizate în această teza de doctorat se pot realiza progrese semnificative și se va putea contribui la crearea unui mediu mai sigur și mai rezistent la riscurile seismice și la alunecările de teren.

Cu toată recunoștința și respectul,

Liliana-Irina Stanciu (Stoian)

București, septembrie 2024

Importanța și necesitatea temei de cercetare

Situația actuală a tematicii abordate

- În țară:

În prezent, nu există coerență și corelare între instituțiile de cercetare pentru realizarea de studii sistematice, încadrate într-o strategie la nivel național, de inventariere și monitorizare ale zonelor cu deplasări de teren.

Totuși, mai multe institute de cercetare și proiectare și unități economice au preocupări în acest domeniu, adesea în legătură cu probleme concrete ivite la un moment dat și bazate, aproape exclusiv, pe studii geotehnice.

În cadrul Institutului Geologic al României au fost elaborate studii privind acțiunea factorilor naturali și tehnogeni în declanșarea fenomenelor de instabilitate și implicații ale acțiunii acestora pe teritoriul României, studii geofizice de mare detaliu (seismice, geoelectrice, biogeofizice) în zone punctuale cu alunecări de teren recente din județele Gorj, Vâlcea, Prahova, Argeș, Buzău și Dâmbovița, studii locale privind gestionarea riscului geologic în perimetre afectate de alunecări de teren.

Prin studii s-au identificat :

- zone cu risc ridicat de cutremure în România, cum ar fi zona Vrancea. Aceste studii au contribuit la dezvoltarea codurilor de construcție și la îmbunătățirea rezistenței structurilor în fața seismelor. S-au realizat hărți de hazard seismic și s-au dezvoltat sisteme de avertizare timpurie pentru a proteja populația și infrastructura.
- zonele predispușe la alunecări de teren în România, cu accent pe zonele montane și dealurile înclinate. S-au dezvoltat metode de monitorizare a alunecărilor de teren și s-au propus soluții de stabilizare a terenului pentru a reduce riscul pentru comunități și infrastructură.
- analiza modelele de inundații din România și au identificat zonele cu risc crescut. S-au dezvoltat modele de prognoză a inundațiilor și s-au implementat sisteme de avertizare pentru a minimiza impactul acestora. De asemenea, s-au propus măsuri de gestionare a apelor și de îmbunătățire a infrastructurii hidrotehnice.

- evaluările riscului de avalanșă în zonele montane din România și au identificat zonele cu risc ridicat. S-au dezvoltat sisteme de avertizare și s-au propus măsuri de prevenire a avalanșelor, inclusiv prin amenajarea teritoriului și educarea comunităților montane.
- sursele de poluare și s-au propus măsuri de reducere a emisiilor și de îmbunătățire a calității aerului și a calității apelor. Tot prin studii s-a analizat impactul poluării și al accidentelor industriale asupra mediului și sănătății umane în România.

Rezultatele acestor studii au contribuit la dezvoltarea politicilor de prevenire și gestionare a riscurilor și au avut un impact semnificativ asupra siguranței și protecției populației și mediului.

Preocupări legate de acest domeniu au și alte institute de cercetare (Institutul de Geodinamica « Sabba Ștefănescu », Institutul de Geografie ale Academiei Romane).

- În străinătate:

În majoritatea țărilor vestice și central europene, precum și în America de Nord și de Sud și în unele țări asiatice, există strategii naționale de inventariere, prognoză și remediere a deplasărilor de teren. De asemenea, peste hotare cercetarea geofizică este obligatorie la avizarea lucrărilor ingineresti.

Tematica de cercetare specifică la nivel european arată o preocupare deosebită în ceea ce privește problematica fenomenelor de instabilitate a terenului, în special a repercusiunilor actuale și predictibile ale schimbărilor climatice globale. Sunt menționate câteva proiecte:

2006 – 2008: Project ClimChAlp, (Interreg IIIB "Alpine Space"): <http://www.climchalp.org/>

2005 – 2009: GeoExtreme Project (Norway, funded by Research Council of Norway, conducted by ICG (NGU and NGI), Bjerknes Centre for Climate Research, Meteorological Institute, CICERO): <http://www.geoextreme.no>

2006 – 2008: SIGMA : Surveillance des régimes cinématiques des Glissements de terrain lents et récurrents en relation avec les changements climatiques (BRGM, France)

2005 – ongoing: Project GACH2C (France, ACI FNS Aléas et Changement Global) (Ubaye et Trièves)

2005 – ongoing: ESPRC (British Council, UK) CLIFS: "Climate impact forecasting for slopes"

1995: Project Versinclin (Switzerland)

1994 – 1996 : European program 'TESLEC - The Temporal Stability and activity of Landslides in Europe with respect to Climatic change'. Coordination : R. Dikau (Université d'Heidelberg).

Mai jos sunt prezentate cateva lucrari internationale si metodele aplicate pe diferite situatii studiate:

Zdeněk KALÁB si Markéta LEDNICKÁ de la VSB-Technical University of Ostrava, Faculty of Civil Engineering, Ostrava-Poruba, Czech Republic si Institute of Geonics AS CR, Ostrava-Poruba, Czech Republic , în lucrarea „Foundation Conditions of Buildings in Undermined Areas: An Example of Evaluation „, evaluează un set de parametrii geologici și petrofizici individuali în scopuri de construcții. Metodologia lor, care face parte din evaluarea expertilor, se bazează pe compilarea a patru efecte semnificative și anume: geologia locală a subteranului, panza freatică, deformarea suprafeței datorată exploatarea miniere și alunecări de teren. Au atribuit diferite valori ale semnificațiilor specificate, iar clasa condițiilor de fundație a fost selectată conform valorilor pentru un punct dat. Valoarea descrie modul în care parametrii selectați influențează efectul vibrațiilor asupra suprafeței și rezistența clădirilor la acea încărcare seismică. Au elaborat astfel o hartă, regiunea studiată fiind cunoscută ca o zonă cu activitate minieră semnificativă și cu efecte semnificative asupra solului.

Paulina Harba, Zenon Pilecki Krzysztof Krawiec, 2019, în lucrarea cu numele „Comparison of MASW and seismic interferometry with use of ambient noise for estimation of S-wave velocity field in landslide subsurface” prezintă un studiu de comparație a achiziției, procesării și interpretării datelor între metodele de interferometrie seismică pasivă (SI) și analiza activă multicanal a undelor de suprafață (MASW), ambele folosind unde de suprafață pentru estimarea câmpului de viteză a undei S. Măsurătorile au fost efectuate în condiții de alunecare de teren și s-au bazat pe înregistrarea zgomotului seismic local generat de traficul intens pe drumul care intersectează alunecarea. Etapa principală de procesare a fost corelarea încrucișată a zgomotului seismic între fiecare pereche de receptori. Au obținut o serie de funcții empirice ale lui Green pentru unda de suprafață Rayleigh. Cu toate acestea, în metoda MASW, energia seismică a fost eliberată de impactul barosului de 5 kilograme într-o placă de metal. Ambele metode au inclus analiza curbelor de dispersie a undei de suprafață Rayleigh. Inversarea modurilor fundamentale alese a fost aplicată folosind algoritmul genetic și a rezultat în modele 1D de viteză a undei S. Ultimul pas de interpretare a inclus vizualizarea modelului ca secțiuni de viteză a undei S 2D pentru profilele studiate. Ambele metode au permis estimarea câmpului de viteză a undei S în subsolul alunecării de teren.

În lucrarea intitulată „Estimation of local site effects and seismic vulnerability using geotechnical dataset at flyover site Agartala, India” (2022), Khalid Bashir, Rajat Debnath și

Rajib Saha analizează impactul potențial al cutremurelor asupra orașului Agartala, ținând cont de creșterea recentă a populației și de dezvoltarea infrastructurii. Studiul lor se concentrează pe evaluarea efectelor locale ale solului și a mișcărilor seismice, utilizând programul stocastic-source SSIM, bazat pe scenarii seismice anterioare din zonă. În acest context, autorii realizează o analiză unidimensională a răspunsului neliniar al solului pentru un pasaj de 2,3 km recent construit. Programul a prezentat rezultate contrastante cu valori mai mari ale accelerației în soluri mai rigide datorită atenuării undelor seismice. Raportul de amplificare evaluat a indicat că porțiunea centrală a pasajului a dat valori ridicate și o valoare mare a frecvenței fundamentale, ceea ce ar fi dăunător pentru clădirile joase. Aceste mișcări sintetice generate de cutremurele scenariului vor fi utile pentru cercetători și proiectanți în evaluarea rezistenței la cutremure.

S.Martino, B. Atonielli, F. Bozzano, P. Caprari, M.E. Discenza, C. Esposito, M. Fiorucci, R. Iannucci, G.M. Marmoni, L. Schiliro, 2020, în lucrarea „Landslides triggered after 16 august 2018 Mw 5.1 Molise earthquake (Italy) by a combination of intense rainfalls and seismic shaking” prezintă faptul că, după trei zile de la un cutremur cu magnitudine de 5.1 grade Richter, în regiunea Molise din Italia Centrală, în timpul unei evenimente de precipitații intense s-a acumulat 140mm apă, au analizat și clasificat 88 de alunecări de teren. Cele mai multe fiind alunecări coerente care au implicat argile, argile marnoase și depozite de acoperire pe pante mici. Analiza distribuției spațiale a alunecărilor de teren în raport cu acțiunea seismică și intensitatea precipitațiilor a fost efectuată pentru a evalua contribuția posibilă atât saturației induse de precipitații cât și a cutremurului la declanșarea alunecărilor de teren. Pe baza acestei analize, în zona epicentrală, nu este posibilă împărțirea rolului acțiunilor de destabilizare seismică și hidrolică, în timp ce, la distanțe mai mari, contribuția concomitentă a precipitațiilor și cutremurului ar putea favoriza defecțiunile taluzului. Comparatiile între datele colectate și cataloagele existente la nivel mondial permit evidențierea prin analiza distribuției spațiale a alunecărilor de teren, efectul posibil și deloc neglijabil al saturației solului în timpul mișcărilor seismice în distanța epicentrală. Rezultatele obținute au încadrat mai bine rolul destabilizator combinat cu factorii predispozanți în controlul fracturilor induse de cutremur, evidențiind o perspectivă viitoare a scenariilor de alunecare de teren bazate fizic la scară regională.

Leonardo Maria Giannini, Chiara Varone, Carlo Esposito, Gian Marco Marmoni, Gabriele Scarascia Mugnozza, Luca Schilirò, 2022, prezintă în studiul cu numele „Earthquake-induced reactivation of landslides under variable hydrostatic conditions:

evaluation at regional scale and implications for risk assessment” faptul ca alunecările de teren induse de cutremur reprezintă un pericol seismic semnificativ, deoarece pot crește în mare măsură daunele și pierderile datorate unui eveniment seismic, o problemă care trebuie luată în considerare în scopuri de utilizare a terenurilor și de gestionare a riscurilor. Cu toate acestea, poate fi dificil să se ia în considerare toate variabilele naturale, cum ar fi parametrii geotehnici, care predispun la apariția alunecărilor de teren sub o anumită declanșare dinamică, în special pentru arii extinse. Dintre acestea, cele mai importante și critice de cuantificat la scară largă, sunt reprezentate de condițiile hidraulice atât în medii nesaturate, cât și în cele saturate. Din acest motiv, în această lucrare este prezentat un instrument GIS nou dezvoltat, care a fost conceput special pentru automatizarea unui model pseudo-dinamic Newmark care să estimeze deplasările co-seismice pe suprafețe largi. Instrumentul ia în considerare reactivările alunecărilor de teren sub diferite mecanisme de rupere și cântărește parametric rolul umidității inițiale variabile a solului sau al condițiilor de presiune, precum și influența scuturării solului care rezultă din efectele locale de amplificare. Instrumentul propus a fost testat în regiunea Molise (centrul-sudul Italiei), unde aproape 23.000 de alunecări de teren existente au fost selectate pentru evaluarea potențialelor reactivări. Rezultatele obținute evidențiază importanța condițiilor locale asupra mărimii deplasării, chiar și luând în considerare o perioadă unică de revenire a acțiunii seismice. Punctele tari și punctele slabe ale modelului propus au fost, de asemenea, evidențiate, având în vedere potențialele aplicații viitoare în cadrul evaluării și măsurilor de atenuare a riscului de alunecare de teren co-seismică.

Teza de doctorat elaborată aduce contribuții originale în domeniu prin valorificarea integrată a datelor și informațiilor dobândite anterior și crearea premiselor de dezvoltare a unor noi. Utilizarea unei abordări multidisciplinare a problemei, precum și modul inedit de aplicare a cunoștințelor existente, în scopul gestionării, monitorizării și calibrării modelelor și scenariilor referitoare la hazardul natural și antropoc privind fenomene de instabilitate a terenului, constituie un element cert de noutate și originalitate.

Trebuie subliniat caracterul de durabilitate al studiului realizat în cadrul tezei de doctorat dat de complexitatea temei abordate, cu aportul material și cognitiv al tuturor părților implicate (domeniul economic, social și științific).

Probleme propuse spre rezolvare

Alunecările de teren sunt cele mai răspândite fenomene de deplasare în masă, producând mari pagube materiale și pierderi de vieți omenești și întrunind o gama variată de forme de manifestare.

Cunoașterea alunecărilor de teren conduce la posibilitatea analizării pe o bază fundamentată a condițiilor specifice, la elaborarea de programe de reconstrucție ecologică, de ameliorare, recuperare și de redare în circuitul economic a unor importante suprafețe de teren, de prognozare și de luare a unor măsuri de evitare a unor posibile dezastre, de acționare antropică asupra “hazardului natural”.

Studiul sistematic al alunecărilor de teren conduce la ameliorarea cunoașterii tipologiei acestor fenomene și a mecanismelor de manifestare, la ameliorarea metodelor de cercetare, investigare și cuantificare a elementelor caracteristice și poate conduce la realizarea unui catalog național al evenimentelor cunoscute și care pot genera alte evenimente viitoare. În plus, este de semnalat importanța, sub raportul prevenirii unor situații de criză, a riscurilor și pagubelor importante, rapide și posibil devastatoare.

Studiile, cercetările și prezentările de “cazuri” ajută întotdeauna la întregirea cunoștințelor, compararea condițiilor, interpretărilor, îmbogățirea statistică. Supravegherea evoluției în timp a acestor fenomene constituie unul dintre aspectele esențiale în ceea ce privește prevenirea și protecția împotriva hazardelor naturale.

În acest context se înscriu (alături de cercetările geologice ingineresti, prin observații directe pe teren sau în lucrări miniere și de foraj și măsurători topografice) cercetările geofizice, în special în zonele unde celelalte lucrări sunt dificil de executat datorită gradului mare de acoperire cu vegetație și a numărului mic de puncte de observație sau când volumul de lucrări ce implică cheltuieli mari este imposibil de realizat cu resursele financiare disponibile.

Spectrul polivalent al cercetărilor realizate în cadrul tezei relevă următoarele sub tematici semnificative:

a- aplicarea, dezvoltarea, calibrarea și validarea tehnologiilor de achiziție și procesare ale datelor geofizice în conjuncție cu studiile de cartare geologică inginerască pentru estimarea hazardelor naturale și antropice și cartografierea efectelor actuale;

b- stabilirea de corelații între rezultatele măsurărilor geofizice, concretizate în principalele proprietăți fizico-mecanice (modulii de elasticitate dinamici, moduli de deformare,

indici de coeziune, unghi de frecare internă) ale depozitelor instabile implicate (alunecări superficiale, subsidență minieră, colaps etc.);

c- evaluarea impactului economic și social prin studierea relevanței referitoare la utilizatorii terenurilor.

Teza de doctorat urmărește avansarea și integrarea tehnologiilor de achiziție și procesare ale datelor, subordonate unei multitudini de tehnici geologice-geofizice, pentru determinarea de proprietăți fizice ale terenurilor și de evaluare a stadiului de degradare pentru terenuri situate în arii cu potențial de hazard natural și/sau indus de activități industriale. Sunt vizate elemente de dinamica formațiunilor superficiale, în scopul soluționării problematicei hazardului natural și antropic cu implicații directe în generarea fenomenelor de instabilitate a terenului.

Întrucât evaluarea și diminuarea procesului degradării terenurilor datorită deplasărilor de teren impun informații privind caracteristicile fizice și geologice ale complexelor litologice implicate, lucrarea are ca obiectiv central creșterea posibilităților principalelor metode geofizice (seismometrice, geoelectrice, teledetecție) de investigare rezolutivă a secțiunii de mică adâncime, pentru dezvoltarea unei metodologii testate în puncte critice/fierbinți din zonele alese pentru studiu, în scopul îmbunătățirii gradului de cunoaștere, a calibrării metodelor și a integrării strategiei pentru managementul hazardului.

În lucrare se dorește a se crea o legătură între impactul provocat de cutremure și acțiunea acestuia asupra alunecărilor de teren contribuind astfel la avansarea cunoașterii în domeniul geologiei și geofizicii aplicate, oferind instrumente și metodologii inovatoare pentru evaluarea și gestionarea riscului în zonele vulnerabile la hazard natural și/sau industrial. Rezultatele acestei cercetări au implicații directe în dezvoltarea și implementarea politicilor de protecție a mediului și de reducere a riscului la nivel regional și global.

Până în prezent astfel de corelație nu a fost pe deplin studiată, cele doua evenimente fiind de obicei cercetate individual și punându-se accent mai mult pe impactul cutremurelor, alunecările de teren fiind doar un efect al cutremurelor. În lucrare se explică legătura dintre epicentru, hipocentru, unda seismică, magnitudine și intensitatea unui cutremur și modul în care acestea duc la apariția fenomenelor de alunecare de teren. În ceea ce privește evaluarea hazardului seismic la alunecări de teren, aceasta a fost făcută pe baza unor studii efectuate în zone afectate atât de cutremure de suprafață cât și de alunecări de teren, datorate atât

instabilității zonelor respective cât și existenței unor structuri geologice particulare (masive de sare în exploatare, supuse disoluției).

Pentru o abordare comprehensivă în identificarea și delimitarea riscului la alunecări de teren în cadrul localităților analizate, vor fi urmărite mai multe etape și obiective esențiale:

1. Cunoașterea condițiilor fizico-geografice ale teritoriului:
 - Analiza detaliată a caracteristicilor topografice, geologice, hidrologice și climatice ale zonei de studiu.
 - Cartografierea elementelor naturale și antropice care pot influența alunecările de teren.
2. Investigații geofizice:
 - Realizarea sondajelor și măsurătorilor geofizice pentru a identifica structura subterană și caracteristicile geotehnice ale solului și rocilor.
 - Utilizarea tehnologiilor moderne, precum tomografia seismică și rezistivitatea electrică, pentru a obține informații precise despre stratigrafia subsolului.
3. Inventarierea alunecărilor de teren:
 - Identificarea și documentarea alunecărilor de teren existente, inclusiv localizarea, dimensiunea și tipul acestora.
 - Crearea unei baze de date cu istoricul evenimentelor de alunecare, care să includă cauzele și efectele acestora.
4. Analiza stării de hazard și calculul coeficientului mediu de hazard:
 - Evaluarea factorilor de risc, precum panta terenului, tipul de sol, precipitațiile, activitatea seismică și utilizarea terenului.
 - Calcularea coeficientului mediu de hazard pentru a determina nivelul de risc al diferitelor zone din cadrul localității.

Teza de doctorat elaborată, are un cadru organizat pe **8 capitole principale**, fiecare dintre ele fiind structurat pe mai multe subcapitole și o anexă.

Primele 4 capitole reprezintă o descriere bibliografică detaliată asupra temei tezei, realizată prin consultarea lucrărilor disponibile, lucrări de specialitate națională și internațională, din domeniul alunecărilor și impactul cutremurelor.

În **capitolul 1** al lucrări de cercetare, se pune accentul pe **importanța și necesitatea temei de creștere**, justificând de ce aceasta merită studiată și ce contribuție poate aduce în domeniul respectiv. Sunt discutate studiile recente, teoriile, și metodele utilizate de alți cercetători,

evidențiind lacunele sau limitările existente. Această parte subliniază importanța temei în contextul cercetării actuale, arătând cum aceasta se încadrează în peisajul științific contemporan. Sunt identificate de asemenea, problemele specifice care nu au fost încă abordate sau rezolvate în mod adecvat în literatura existentă. Prin delimitarea acestor probleme, se stabilește un cadru clar pentru cercetarea proprie, iar importanța studiului este consolidată prin demonstrarea relevanței și urgenței acestora. Acest capitol inițial fundamentează lucrarea prin argumentarea necesității cercetării, oferind un cadru teoretic solid și o înțelegere clară a contextului în care se înscrie tema de studiu.

Capitolul 2 al lucrării este dedicat cutremurelor și oferă o prezentare detaliată a acestui fenomen natural, acoperind aspecte esențiale legate de generalități, principii de bază, originea și cauzele cutremurelor, clasificarea acestora, tipurile de falii, intensitatea și magnitudinea, energia eliberată, efectele cutremurelor, precum și exemple de cutremure din România și la nivel Mondial, oferind o bază solidă de cunoștințe despre cutremure, esențială pentru înțelegerea riscurilor seismice și a măsurilor de protecție necesare.

Sunt descrise procesele fizice de bază care duc la apariția cutremurelor, subliniindu-se importanța înțelegerii acestora pentru prevenirea și gestionarea efectelor.

Sunt detaliate cauzele principale care duc la acumularea de tensiuni în scoarța terestră și declanșarea cutremurelor.

Cutremurele sunt clasificate în funcție de diverse criterii, cum ar fi adâncimea focarului (superficiale, intermediare, adânci) sau magnitudinea lor. De asemenea, se explică tipurile de falii – normale, inverse, și transversale – și modul în care acestea influențează caracteristicile unui cutremur.

Capitolul abordează și conceptele de intensitate (măsurată pe scara Mercalli) și magnitudine (măsurată pe scara Richter), explicând diferențele dintre acestea și modul în care fiecare reflectă impactul unui cutremur. Se discută, de asemenea, cum intensitatea și magnitudinea sunt influențate de adâncimea și locația cutremurului.

Este analizată energia eliberată în timpul unui cutremur, fiind subliniată relația dintre magnitudine și energia dislocată. Energie ce este responsabilă pentru distrugerile cauzate de cutremure, iar înțelegerea ei este crucială pentru evaluarea riscurilor seismice.

Sunt descrise efectele directe și indirecte ale cutremurelor, cum ar fi distrugerea clădirilor, alunecările de teren, tsunami urile, și impactul asupra infrastructurii și populației. Se subliniază importanța măsurilor de pregătire și răspuns în fața cutremurelor pentru a minimiza pierderile.

Capitolul se încheie cu o prezentare a celor mai semnificative cutremure din România, precum cel din 1977, și discută caracteristicile regiunii Vrancea, cunoscută pentru activitatea seismică intensă. De asemenea, sunt menționate câteva dintre cele mai devastatoare cutremure la nivel mondial, subliniindu-se lecțiile învățate din aceste evenimente.

Capitolul 3 al lucrării se concentrează pe alunecările de teren, explorând generalitățile acestui fenomen, clasificările și principiile de bază, precum și particularitățile care le caracterizează. Sunt abordate modalitățile de cercetare și monitorizare, factorii declanșator, precum și alunecările de teren asociate cu cutremure. Acest capitol furnizează o înțelegere aprofundată a alunecărilor de teren, cu accent pe relația lor cu alte fenomene naturale și pe importanța monitorizării pentru gestionarea riscurilor asociate. Oferă o definiție a alunecărilor de teren, explicând că acestea sunt mișcări de masă ale materialului de pe versanți, declanșate de forțe gravitaționale.

Sunt prezentate diversele tipuri de alunecări și importanța studierii lor pentru prevenirea dezastrelor naturale.

Sunt explicate principiile fizice care guvernează alunecările, cum ar fi forțele de forfecare și de coeziune, și modul în care acestea interacționează pentru a declanșa fenomenul.

Capitolul se încheie cu o discuție despre alunecările de teren declanșate de cutremure, explicând cum vibrațiile seismice pot destabiliza versanții și provoca alunecări. Sunt prezentate cazuri relevante, atât din România, cât și din alte regiuni ale lumii, evidențiind gravitatea acestui fenomen și necesitatea unor măsuri de prevenire și intervenție rapide.

Capitolul 4 al lucrării se concentrează pe evaluarea actuală a hazardului și riscului seismic, abordând situația la nivel național și internațional, precum și hazardul și riscul asociat alunecărilor de teren. Acest capitol oferă o imagine detaliată a procesului de evaluare a hazardului și riscului seismic, subliniind importanța abordării integrate și utilizării tehnologiilor modern. Capitolul detaliază, de asemenea, aspectele cheie ale evaluării acestor riscuri și utilizarea modelării și analizei numerice în acest context. Acest capitol examinează modul în care se realizează evaluarea hazardului seismic și a riscului asociat, utilizând date seismologice și geologice.

Sunt prezentate metodologiile utilizate pentru a cuantifica probabilitatea și impactul cutremurelor, inclusiv hărțile de hazard seismic care indică zonele cu risc ridicat. Se analizează starea actuală a evaluării hazardului și riscului seismic atât în România, cât și la nivel internațional. La nivel național, se subliniază vulnerabilitatea regiunii Vrancea, care este

cunoscută pentru activitatea sa seismică intensă. La nivel internațional, sunt discutate exemple de bune practici din țări precum Japonia și Statele Unite, unde evaluarea riscurilor seismice este avansată și bine integrată în planificarea urbană și construcții.

Capitolul continuă cu o discuție despre hazardul și riscul asociat alunecărilor de teren, subliniind cum aceste fenomene pot fi interconectate cu activitatea seismică. Evaluarea riscului de alunecări implică analiza terenului, studiul precipitațiilor și al altor factori care contribuie la declanșarea alunecărilor. Se discută metodele de cartografiere a zonelor de risc și importanța acestor informații pentru planificarea și prevenirea dezastrelor.

Capitolul se încheie cu o prezentare a modelării și analizei numerice utilizate pentru evaluarea hazardului. Se discută utilizarea simulărilor computerizate și a modelelor matematice pentru a prezice comportamentul terenului în timpul cutremurelor și alunecărilor de teren. Aceste instrumente permit o evaluare mai precisă a riscurilor și ajută la dezvoltarea strategiilor de mitigare.

În capitolul 5 sunt ilustrate aplicabilitățile metodelor de cercetare printr-un studiu de caz detaliat, având ca subiect localitatea Gornet, Prahova. Acest capitol explorează contextul natural al teritoriului, aspectele geografice, geologice, hidrogeologice, structurale, tectonice, seismice și antropice, și include descrierea activităților de cercetare realizate în zonă, precum și evaluarea hazardului seismic și a vulnerabilităților.

Capitolul oferă o descriere detaliată a cadrului natural al teritoriului din Gornet, Prahova. Se analizează aspectele geografice (localizarea și relieful), geologice (compoziția solului și a rocilor), hidrogeologice (resursele de apă subterană), structurale și tectonice (tipul și orientarea faliilor), și seismice (istoricul cutremurelor din zonă). În plus, se discută influențele antropice, cum ar fi impactul activităților umane asupra stabilității terenului. În acest capitol se descriu activitățile de teren și investigațiile de laborator realizate pentru a colecta date precise despre zona studiată.

Se menționează metodele utilizate pentru prelevarea probelor de sol și rocă, analiza acestora în laborator pentru a determina proprietățile fizice și chimice, și evaluarea comportamentului materialelor în condiții seismice.

Capitolul continuă cu detalii despre cercetarea geofizică realizată în zonă, care a implicat utilizarea mai multor metode și tehnici geofizice. Aceste metode au permis obținerea informațiilor despre structura subterană a terenului și identificarea zonelor de risc, urmat de procesul de redactare a hărților de hazard, care ilustrează zonele vulnerabile la alunecări de

teren și activitate seismică. De asemenea, se prezintă metodele de estimare a coeficientului mediu de influență pentru fiecare zonă, bazat pe analiza datelor colectate, ceea ce ajută la cuantificarea riscului și la planificarea măsurilor de prevenire.

Capitolul analizează hazardul seismic specific alunecărilor de teren în Gornet, Prahova, subliniind interdependența dintre activitatea seismică și declanșarea alunecărilor. Sunt utilizate modelele și datele colectate pentru a evalua probabilitatea și severitatea alunecărilor în cazul unui cutremur. Se evaluează vulnerabilitățile zonei, incluzând infrastructura critică, cum ar fi construcțiile, căile de telecomunicații și liniile de utilități. Se analizează potențialul de deteriorare și disfuncționalitate în cazul unui eveniment seismic, oferind recomandări pentru întărirea și protecția acestor structuri.

Capitolul se încheie cu o previzionare a ratei anuale a pierderilor economice și umane, estimată pe baza evaluărilor de hazard și vulnerabilitate. Se calculează potențialele pierderi materiale și impactul social al unor posibile dezastre naturale, subliniind importanța pregătirii și implementării unor măsuri de atenuare a riscurilor. Acest capitol demonstrează aplicabilitatea practică a metodelor de cercetare în gestionarea riscurilor naturale, oferind un exemplu concret și bine documentat al modului în care o zonă specifică poate fi analizată și protejată împotriva hazardului natural.

Capitolul 6 al lucrării sintetizează concluziile principale obținute în urma studiului de caz desfășurat în Gornet, Prahova și evidențiază originalitatea și noutatea aduse în acest domeniu de studiu.

Capitolul 7 o secțiune de bibliografie ce reflectă gama largă de materiale consultate, de la lucrări academice privind alunecările de teren și seismologia, până la studii de geografie și rapoarte tehnice relevante pentru zona studiată. Oferind o bază solidă pentru validarea cercetării și pentru explorări ulterioare în domeniu.

În capitolul 8 sunt detaliate contribuțiile proprii, evidențiind lucrările de specialitate care au fost publicate în reviste de profil și prezentate la conferințe academice sau profesionale. Este un capitol important deoarece documentează aportul personal la cunoașterea și cercetarea în domeniul studiat.

Anexa tezei de doctorat conține valori înregistrate pentru unul din profilele interpretate.

Rezultatele obținute prin intermediul acestui studiu, demonstrează utilitatea metodelor de cercetare folosite, oferind o nouă perspectivă asupra evaluării impactului seismic la alunecări de teren.