

Contractor: Institutul Național de Cercetare-Dezvoltare pentru Fizica Pământului
Cod fiscal: 5495459 (anexa la procesul verbal de avizare interna nr./.....)

De acord,
DIRECTOR GENERAL
Dr. Ing. Constantin Ionescu

Avizat,
DIRECTOR DE PROGRAM
Prof. Dr. Mircea Radulian

RAPORT DE ACTIVITATE AL FAZEI

Contractul nr: 31N/2019

Proiectul: Cercetări avansate privind factorii care contribuie la riscul seismic pe teritoriul României în contextul interacțiunii multiple litosferă, hidrosferă, atmosferă, ionosferă (PN 19080102)

Faza 14f: : Hărți de expunere și vulnerabilitate seismică la nivel național

Termen de încheiere a fazei: 14 Martie 2022

1. Obiectivul proiectului

Proiectul propune o investigație multidisciplinara, complexă și intercorelata a fenomenelor care au loc în sistemul cuplat Litosfera-Hidrosfera-Atmosfera-Ionosfera, pentru modelarea fenomenelor tectonice și a proceselor seismice și identificarea relației spatio-temporale dintre structura geologica, tensiunile crustale, potentialul seismogen, în scopul descifrării conexiunilor complexe dintre fenomenele tectonice și efectele lor asupra câmpurilor geofizice măsurabile la suprafața Pământului. Proiectul urmărește totodată și modelele de propagare ale undelor seismice și estimarea efectelor acestora la suprafața Pământului, prin calcularea/măsurarea deformațiilor și deplasărilor crustei și a interacțiunii sol-structuri construite în scopul evaluării hazardului și reducerii riscului la cutremur, dar și a altor fenomene secundare asociate acestuia (tsunami). Acest proiect va aborda fenomenul seismic în interconexiune cu fenomenele generate de sistemele litosfera, hidrosfera, atmosfera și ionosfera în scopul diminuării riscului, ținând cont de noile metode și procedee aplicabile la aceste sisteme cuplate, încercând să răspundă

provocarilor complexe de natura stiintifica si practica pe care dinamica Pamantului le ridica, in vederea cresterii rezilientei la cutremure.

2. Rezultate preconizate pentru atingerea obiectivelor

Dezvoltarea cercetarilor avansate privind evaluarea cu metode specific seismologice, geotehnice, fizice si matematice a factorilor care contribuie la riscul seismic pe teritoriul Romaniei pentru a asigura cresterea rezilientei societatii umane la cutremure. Se vor dezvolta modele de propagare ale undelor seismice si estima efectele acestora la suprafata Pamantului prin calcularea/masurarea deformatiilor si deplasarilor crustei si a interactiunii sol-structuri construite, in scopul evaluarii hazardului si reducerii riscului la cutremur, dar si a altor fenomene secundare asociate acestuia (tsunami). Din analiza înregistrărilor de mișcări puternice ale cutremurelor vrâncene de magnitudine moderată și mare se va investiga variabilitatea observata în distribuțiile spațiale ale mișcării seismice a terenului. Se va implementa o noua metodologie prin abordari noi de evaluare a hazardului seismic folosind factorii neliniari de amplificare spectrală, în funcție de magnitudinea cutremurului și de condițiile locale ale amplasamentului seismic. Se vor realiza hărți de expunere și vulnerabilitate seismică, precum și cu estimări de pagube pentru scenarii seismice reprezentative. Imbunătățirea capabilităților de estimare a pagubelor directe și indirecte generate de cutremure în România se va realiza in tip aproape real și pentru scenarii reprezentative. Calculul parametrilor sursei tip falie, estimarea activitatii seismice se vor realiza prin parametrizari stohastice a evenimentelor seismice cu implementarea de tehnici TMS (timp, magnitudine, spatiu). Identificarea și ierarhizarea parametrilor de interes ingineresc se va face în funcție de gradul influenței seismului asupra integrității clădirii.

3. Obiectivul fazei

- Evidențierea geospațială a caracteristicilor ce țin de expunere și vulnerabilitate seismică în România

4. Rezultate preconizate pentru atingerea obiectivului fazei

- Realizarea unei colecții de hărți reprezentative, bazate pe datele GIS disponibile în cadrul modelului socio-economic de expunere și vulnerabilitate seismică (MODEVUS) actual, dezvoltat în cadrul fazei anterioare

5. Rezumatul fazei (maxim 5 pagini)

În prima parte a fazei proiectului - 14i - a fost dezvoltat un model socio-economic de expunere și vulnerabilitate seismică actual (MODEVUS) la nivel de unitate administrativ-teritorială (UAT), pentru România, dezvoltat cu scopul de a fi integrat în cadrul metodologiilor de estimare a pagubelor seismice și în Sistemul de Estimare Rapidă a Pagubelor generate de cutremure în România (SeisDaRo).

MODEVUS cuprinde în prezent informații integrate într-o bază de date GIS cu privire la:

- numărul de clădiri rezidențiale aparținând diferitor tipologii reprezentative (în funcție de perioada de construcție, materialul de construcție și numărul de etaje), conform Recensământului din 2011 dar și 2002 pentru anumite județe. Sursa datelor originale: Institutul Național de Statistică. Pe lângă acestea, alte date disponibile la INCDFP, cu privire la numărul clădirilor rezidențiale și a numărului de locuitori ai acestora, provin de la Recensământul din 2002 (pentru județele Olt, Dolj și Mehedinți) și din 1999 (din cadrul unui proiect al Băncii Mondiale, pentru 16 județe din Moldova și Muntenia dar și Constanța, precum și București) există și sunt folosite pentru rafinarea MODEVUS – fiind încă necesară o prelucrare mai atentă din punct de vedere a corespondenței cu modificările administrativ-teritoriale apărute între timp în anumite locuri dar și a echivalării între tipologii diferite a clădirilor.
- numărul de locuitori aferent clădirilor rezidențiale din 2011. Sursa datelor originale: Institutul Național de Statistică. Datele folosite în prezent nu sunt împărțite pe tipologii de clădiri, fiind utilizat un proxy care induce incertitudini destul de mari (folosește profile determinate în baza datelor mai vechi din 1999 și 2002) în determinarea numărului de locuitori pe tipologie de clădire; acest aspect urmează a fi corectat prin utilizarea unui set de date a locuitorilor mai detaliat, a cărui existență a fost identificată.
- rețeaua rutieră și feroviară de transport din România. Sursa datelor originale: OpenStreetMap
- clădiri încadrate pe clase de risc seismic și categorii de urgență (ca punct și poligon). Sursa datelor: digitalizarea Re:Rise și geo-spatial.org prezentată pe dupacutremur.ro, în baza listei AMCCRS din 2021.08.02
- spitale și detașamente de pompieri din București și Ilfov. Sursa datelor: Toma-Danila et al. (2022)
- zone potențial inaccesibile și străzi blocate parțial sau total în urma unui cutremur care ar afecta toate clădirile încadrate pe clase de risc seismic și categorii de urgență. Sursa datelor: Toma-Danila et al (2022)
- clădiri din București afectate de cutremurele puternice anterioare din 1977, 1940 dar și mai vechi
- clădiri de interes (școli, spitale, primării) din 7 județe din sudul României (722 de clădiri din 45 de orașe), utilizate în cadrul modulului SeisDaRo THIMA dezvoltat de către UTCB
- rezultate ale analizei de hazard și risc seismic (pentru probabilitatea 1:1000 de ani), efectuate în cadrul Proiectului Ro-Risk (2017) de către INCDFP, URBAN-INCERC și UTCB (mai puțin estimarea efectelor economice)
- hărți de zonare seismică din România, conform codurilor de proiectare: din Instrucțiuni MPL 1942, STAS 2923-52, STAS 2923-63, Decret 66/1977, STAS 11100/1-77, P100-91, P100-92, P100-1/2006 și P100-1/2013.

Pe lângă acestea, MODEVUS cuprinde și tabele cu privire la funcțiile de vulnerabilitate specifice pentru clădirile din România.

Toate aceste informații, transpuse pe hărți într-o manieră corespunzătoare, pot evidenția nivelul ridicat de expunere a clădirilor și populației la cutremur (și prin alăturarea hărților de hazard seismic) precum și distribuția clădirilor vulnerabile, facilitând identificarea zonelor ce ar putea fi mai puternic afectate de cutremur. Un prim pas pentru ilustrarea utilității MODEVUS a fost dezvoltarea aplicației interactive webGIS „Riscul seismic al Bucureștiului” (varianta 2D și 3D), lansat pe 3 martie 2022, cu prilejul împlinirii a 45 de ani de la cutremurul din 1977. O aplicație similară va fi dezvoltată și pentru înțelegerea riscului seismic și exploatarea datelor MODEVUS – la nivel național.

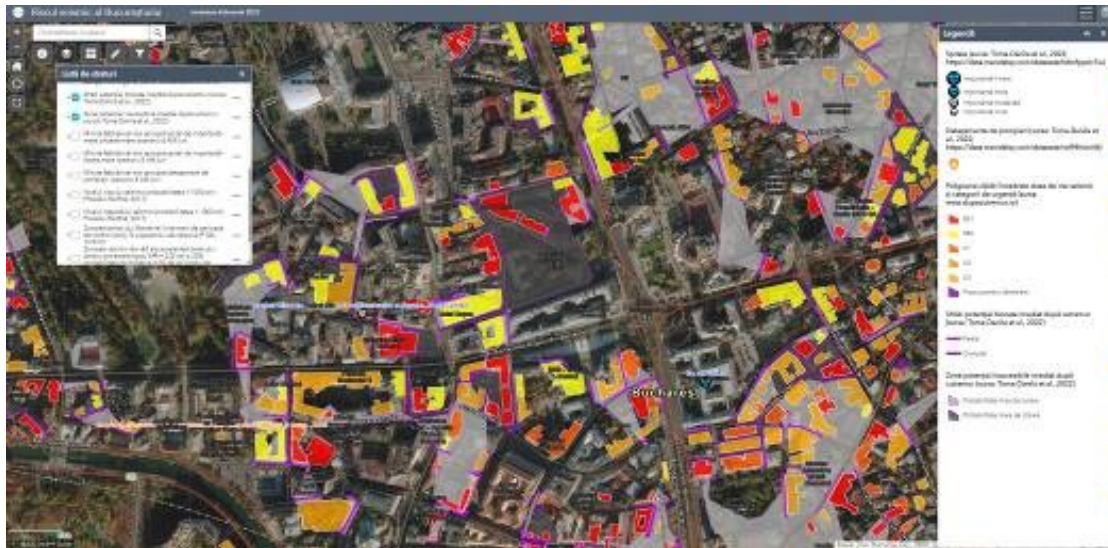


Fig. 1 Aplicația „Riscul seismic al Bucureștiului”, care utilizează și datele incluse în MODEVUS; aplicația poate fi găsită la <https://mobee.infp.ro/aplicatii> dar și pe prima pagină a site-ului infp.ro, existând și o variantă de vizualizare 3D pentru anumite date.

Pentru realizarea hărților din cadrul acestei etape, a fost utilizat softul profesional ESRI ArcMap. Proiecția selectată pentru toate hărțile este cea oficială a României – Stereo 70. Hărțile pot fi exportate și la rezoluții foarte înalte, fiind de altfel concepute și pentru materiale de conștientizare a riscului seismic și de planificare a măsurilor de reducere a acestuia. Ținând cont de aspectele evidențiate în cadrul fazei anterioare, cu privire la gradul de incertitudine al anumitor date colectate la Recensământul din 2011, am ales să prezentăm pe hărți și zonele identificate ca având erori semnificative în ceea ce privește calitatea datelor de expunere.

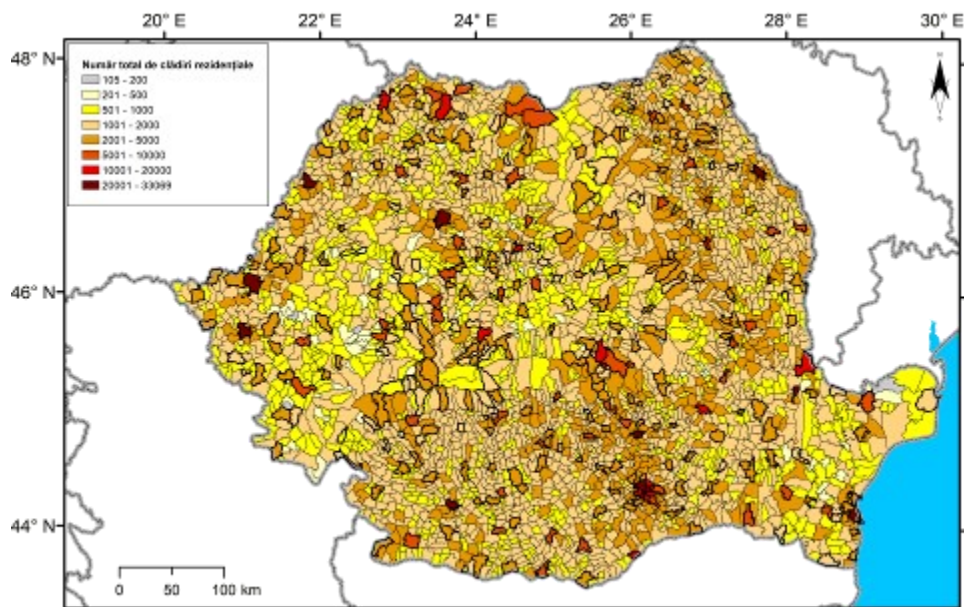


Fig. 2 Harta numărului total al clădirilor rezidențiale din România la nivel de UAT (utilizate în cadrul MODEVUS), conform datelor Recensământului din 2011; poligoanele îngroșate reprezintă orașe.

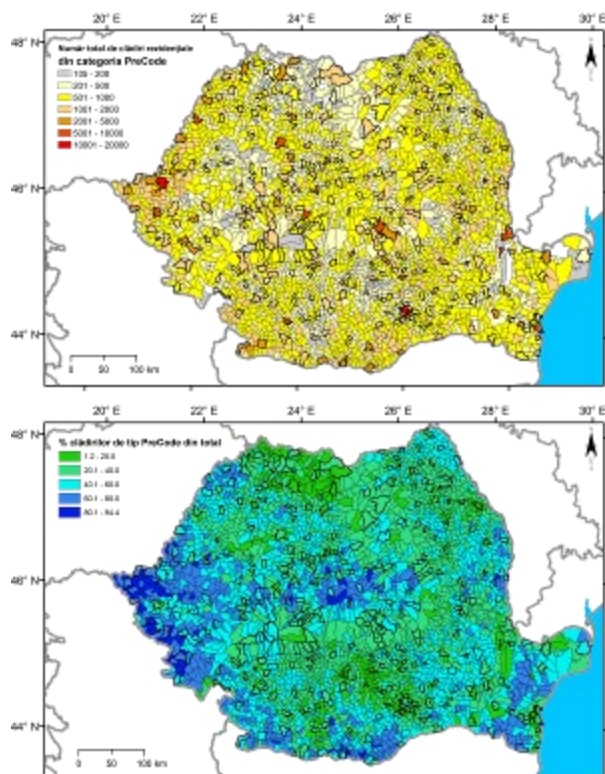


Fig. 3 Numărul clădirilor rezidențiale construite în perioada PreCode (teoretic înainte de 1963, dar structura datelor de la Recensământul din 2011 permițând separarea clădirilor înainte de 1960 în MODEVUS) dar și procentul acestora din numărul total de clădiri; poligoanele îngroșate reprezintă orașe.

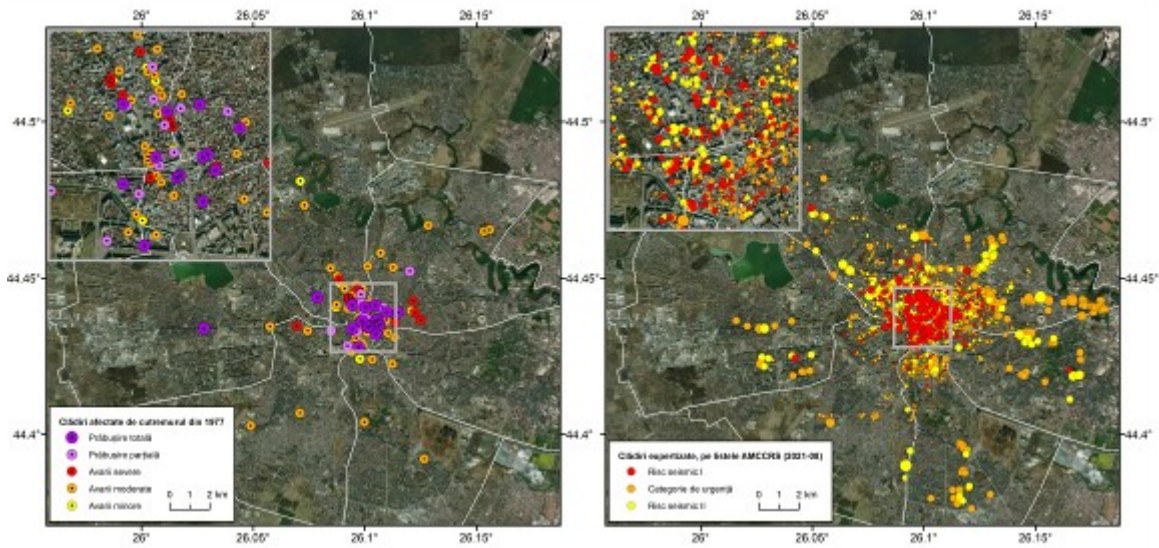


Fig. 4 Harta clădirilor afectate de cutremurul din 1977 și a clădirilor expertizate tehnic și încadrate pe clase de risc seismic și categorii de urgență (conform listei AMCCRS din august 2021 și digitalizării dupacutremur.ro, preluată în cadrul MODEVUS cu mici modificări)

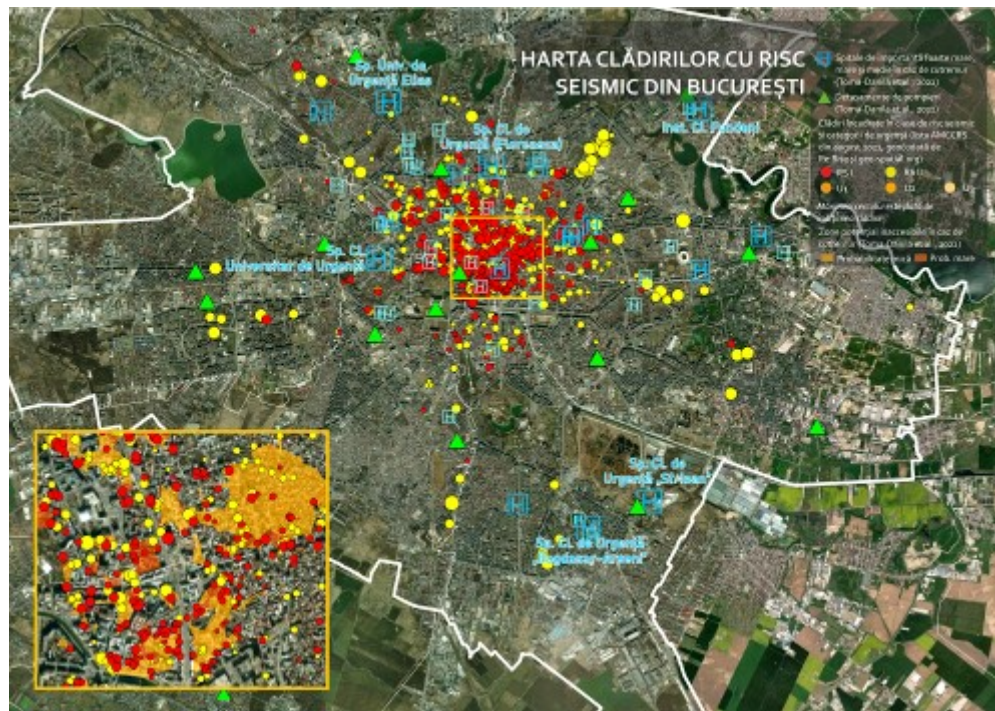


Fig. 5 Harta clădirilor din București expertizate tehnic și încadrate pe clase de risc seismic și categorii de urgență (conform listei AMCCRS din august 2021 și digitalizării dupacutremur.ro, preluată în cadrul MODEVUS cu mici modificări), a spitalelor în funcție de importanța lor în caz de cutremur, a detașamentelor de pompieri precum și a zonelor ce pot deveni inaccesibile rutier în cazul prăbușirii clădirilor încadrate pe clase de risc seismic și categorii de urgență (sursa inițială a datelor: Toma-Danila et al., 2022). Această hartă a fost inclusă în broșura „Bucureștii și cutremurele” distribuită pe 4 și 5 martie în cadrul turului ghidat cu același nume.

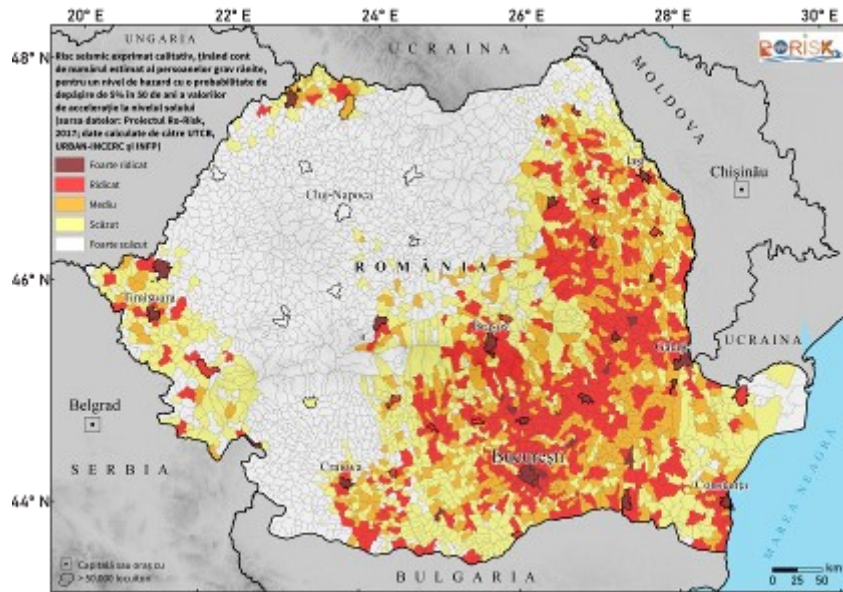


Fig. 6 Harta riscului seismic din România, exprimat calitativ, ținând cont de numărul estimat al persoanelor grav rănite, pentru un nivel de hazard cu o probabilitate de depășire de 5% în 50 de ani a valorilor de accelerație la nivelul solului – IMR 1:1000 de ani (sursa datelor: Proiectul Ro-Risk; date calculate de către UTCB, URBAN-INCERC și INCDFP, preluate și în cadrul MODEVUS pentru compararea rezultatelor estimărilor de pagube). Această hartă a fost inclusă în broșura „Bucureștii și cutremurele” distribuită pe 4 și 5 martie în cadrul turului ghidat cu același nume.

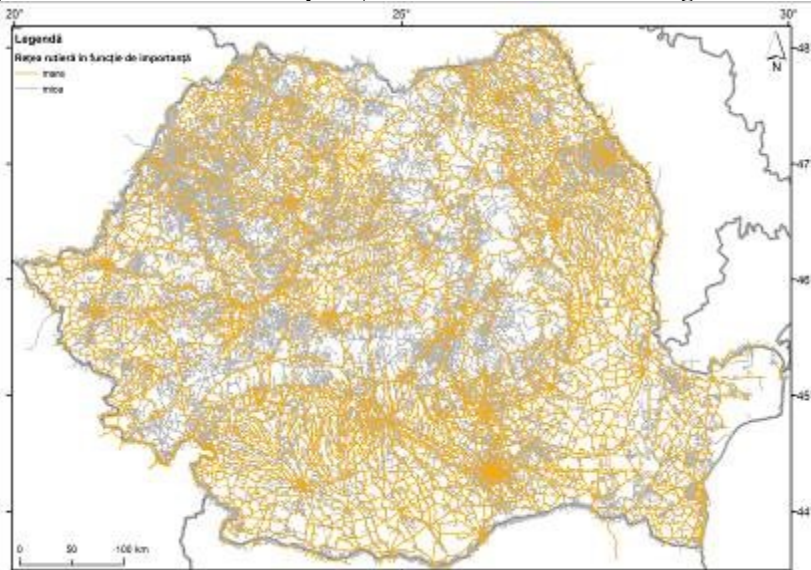


Fig. 7 Drumurile din România în funcție de importanța lor (ierarhie), conform datelor OpenStreetMap procesate în cadrul MODEVUS pentru facilitarea analizei timpilor de parcurs și a riscului indus de distribuția și disfuncționalitățile rețelelor rutiere

Baza de date MODEVUS constituită este de tip File geodatabase, fiind compatibilă cu softul ESRI ArcGIS dar și cu QGIS, respectând standardele bazelor de date din domeniul GIS. Anumite date se regăsesc și în format xlsx.

6. Rezultate, stadiul realizării obiectivului fazei, concluzii și propuneri pentru continuarea proiectului

a) Rezultate

În cadrul acestei faze au fost analizate seturi de date disponibile anterior cu privire la expunere și vulnerabilitate și au fost adunate standardizat într-o bază de date GIS (versiunea 0.1) care conține un model de expunere și vulnerabilitate seismică (MODEVUS) de actualitate.

S-au realizat: Baza de date GIS cu modelul dezvoltat (MODEVUS) și hărțile de expunere și vulnerabilitate seismică la nivel național.

Articolele științifice publicate cu privire la această fază:

1. Marmureanu A., Ionescu C., Grecu B., Toma-Danila D., Tigianescu A., Neagoe C., Toader V., Craifaleanu I.-G., Dragomir C.S., Meita V., Liashchuk O.I., Dimitrova L., Ilie I. (2021) From National to Transnational Seismic Monitoring Products and Services in the Republic of Bulgaria, Republic of Moldova, Romania, and Ukraine. *Seismological Research Letters*, 92 (3): 1685–1703, doi: 10.1785/0220200393

Comunicările științifice susținute cu privire la această fază:

1. Toma-Danila D., Tigianescu A., Cioflan C.O., Ionescu C., Balan S.F. (2021) 10 years of rapid earthquake loss estimation in Romania: insights and foreseen improvements. *Balkan Geophysical Society International Congress* (online/Bucharest, Romania, 10-15 Oct 2021)
2. Toma-Danila D., Radulian M., Neagoe C., Cioflan C.O., Grecu B., Bala A., Manea E.F., Tigianescu A., Tataru D. (2021) Improving the configuration of seismic networks in urban areas in order to better understand local site effects and building vulnerability - Bucharest case study, 37th General Assembly of the European Seismological Commission (online, 19-24 Sept 2021)
3. Toma-Danila D., Balan S.F., Molina S., Kharazian A., Armas I., D'Ayala D., Sun L., Tigianescu A., Vintila D., Cioflan C.O. (2021) Steps forward in rapid earthquake loss estimation for Romania, 37th General Assembly of the European Seismological Commission (online, 19-24 Sept 2021)
4. Toma-Danila D., Radulian M., Bala A., Cioflan C.O., Tigianescu A. (2020) THE SCIENTIFIC OPPORTUNITY OF A MAJOR EARTHQUAKE IN ROMANIA (oral presentation). *Geoscience International Symposium* (20-21 November 2020, online event).

Alte realizări:

1. Toma-Dănilă D. (2022) Aplicația interactivă webGIS: „Riscul seismic al Bucureștiului”, disponibilă la <https://mobee.infp.ro/aplicatii> sau pe prima pagină a site-ului infp.ro
2. Toma-Danila, Dragos (2021), “Network-risk framework for ArcGIS (v1 and v2; Bucharest road network data included)”, Mendeley Data, doi:

- 10.17632/wp69xrf2c5, disponibilă la
<https://data.mendeley.com/datasets/wp69xrf2c5>
3. Toma-Danila, Dragos (2021), “Hospitals in Bucharest and Ilfov (Romania)”, Mendeley Data, doi: 10.17632/b6mfpp6v7w, disponibilă la
<https://data.mendeley.com/datasets/b6mfpp6v7w>
 4. Toma-Danila, Dragos (2021), “Firestations in Bucharest and Ilfov (Romania)”, Mendeley Data, doi: 10.17632/rtd94h6m4k, disponibilă la
<https://data.mendeley.com/drafts/rtd94h6m4k>

b) Stadiul realizării obiectivului fazei

Obiectivul a fost realizat integral în ceea ce privește realizarea unei prime variante a bazei de date care să conțină modelul MODEVUS, a unor hărți reprezentative în baza acestuia dar și a unei aplicații interactive webGIS: „Riscul seismic al Bucureștiului”.

c) Concluzii

Prin cadrul acestei faze a proiectului s-au pus bazele unui model socio-economic de expunere și vulnerabilitate seismică (MODEVUS) actual, integrat într-o bază de date GIS, care urmează să fie unul din instrumentele principale în studiile de risc seismic la nivel național. Acesta a fost adus la un nivel net superior inițiativelor precedente – urmând a facilita un mai bun control al potențialelor erori sau modelelor nesatisfăcătoare, precum și o integrare ușoară în sisteme precum SeisDaRo sau OpenQuake.

d) Propuneri pentru continuarea proiectului

După îmbunătățiri adiționale identificate în urma analizei noastre, MODEVUS urmează a fi utilizat în cadrul estimărilor de pagube realizate prin intermediul Sistemului pentru Estimarea Rapidă a Pagubelor Generate de Cutremure în România (SeisDaRo), OpenQuake sau altele avute în vedere (precum Platformele proiectelor europene TURNkey sau REDACT), putând de asemenea contribui și la revizuirea Modelului European de Expunere și Vulnerabilitate început în cadrul Proiectului SERA. De asemenea, în baza noilor date disponibile, baza de date va fi îmbunătățită. Datorită caracterului sensibil al anumitor date dar și drepturilor de proprietate pentru anumite componente, diseminarea sa publică va fi făcută parțial. Baza de date urmează a primi un cod DOI (obiect de identificare digital).

Responsabil faza

Dr. Toma-Dănilă Dragoș

Responsabil proiect

Dr. Moldovan Iren Adelina