

Contractor: Institutul National de Cercetare-Dezvoltare pentru Fizica Pamantului

Cod fiscal : 5495458

(anexa la procesul verbal de avizare interna nr.)

De acord,

DIRECTOR GENERAL

Dr. Ing. Constantin Ionescu

Avizat,

DIRECTOR DE PROGRAM

Dr. Mircea Radulian

RAPORT DE ACTIVITATE AL FAZEI

Contractul nr.: 15N/16.03.2018

Proiectul: PN18150101: Aplicarea analizelor moderne în estimarea hazardului la cutremur si tsunami în vederea evaluarii si reducerii riscurilor asociate.

Faza: 10. Surse seismice composite si/sau individuale din sudul blocului tectonic Dacia

Termen: 07.12.2018.

1. Obiectivul proiectului:

Aplicarea metodelor moderne in estimarea hazardului seismic regional si local si evaluarea si reducerea riscului seismic.

2. Rezultate preconizate pentru atingerea obiectivului:

Acest proiect are ca obiectiv realizarea unei investigatii complexe care sa evidentieze interconectarea fenomenelor care au loc în interiorul Pamantului cu cele de la suprafata, in scopul modelarii proceselor seismice si a fenomenelor tectonice si identificarea relatiei spatio-temporale dintre structura geologica, tensiunile crustale, potentialul seismogen si modelele de propagare ale undelor seismice în scopul evaluarii hazardului si riscului la cutremur, dar si a altor fenomene secundare asociate acestuia (tsunami). Pentru a indeplini acest obiectiv se au in vedere mai multe directii de cercetare: (1) estimarea si masurarea efectelor cutremurelor in cazul diferitelor amplasamente, modelarea propagarii undelor seismice prin structuri cu anumite caracteristici, in vederea introducerii lor ca date de intrare pentru proiectarea antiseismica, (2) evidentierea relatiei complexe dintre structura geologica, tensiunile crustale si potentialul seismogene al unor arii seismic active, (3) determinarea parametrilor surselor seismice crustale si subcrustale: momentul seismic scalar, căderea de tensiune, raza si durata sursei, frecventa de colt, pentru cutremurele ale caror inregistrari au un raport semnal/zgomot mai mare decat 5, (4) parametrizarea gruparilor seismice din zonele seismogene ale Romaniei, (5) dezvoltarea de noi

relatii de atenuare a intensitatii macroseismice pentru cutremurile crustale si subcrustale pentru realizarea unor analize de risc bazate pe scenarii seismice, (6) evaluarea post-seismică a stării structurii clădirilor, în cazul cutremurilor puternice, (7) estimarea pagubelor si evaluarea rapida a efectelor macroseismice si (8) evaluarea unor hazarde secundare asociate cutremurilor si anume fenomenul tsunami din zona litoralului romanesc al Marii Negre.

3. Obiectivul fazei:

Caracterizarea faliilor in maniera SHARE/DISS

Evidentierea relatiei complexe dintre structura geologica, tensiunile crustale si potentialul seismogene al unor arii seismic active

Harti tectonice, geologice precum si harta seismicitatii zonei studiate

Introducerea rezultatelor in **RoDaSeF (Romanian Database of Seismogenic Faults)**

4. Rezultate preconizate pentru atingerea obiectivului fazei:

- Definirea si caracterizarea surselor sesimice composite si/sau individuale in maniera SHARE/DISS
- Analiza in timp si spatiu intr-un studio de tip “patern seismicity” care va cuprinde evidentierea existentei sau nu a lacunelor seismice (seismic gap), distribuita valorilor b din relatia Gutenberg-Richter, variatia tempoprala si spatiaa 2D si 3D a sesimicitatii, acolo unde va fi posibila. Se vor folosi determinarile de tip MLE (Maxim likelihood estimation).
- Pentru secventele sesimice se va mai folosi si metoda deconvolutiei cu functii Green empirice si metoda rapoartelor spectrale. In principal, ele se bazeaza pe folosirea datelor de la prechi de cutremure colocalizate, inregistrate de statii comune, considerandu-se astfel ca efectele de parcurs pot fi eliminate. Metodele relative sunt convenabile pentru secventele seismice, care se caracterizeaza prin producerea grupata in spatiu si timp a mai multor cutremure specifice pentru o zona data.

5. Rezumatul fazei:

5.1. Geotectonica zonei

Structura tectonica actuala a Carpatilor Sudici este rezultatul combinat al unei miscarii principale de rotatie catre nord si al uneia secundare laterale, catre dreapta, la care au luat parte unitati tectonice ale Dacidelor Interne si Externe, ale panzei Danubiene. Deformarii de tip decrosare au jucat un rol important in dezvoltarea tectonica a regiunii. Un rezultat al acestui regim tectonic este formarea bazinelor intramontane de pull-apart cum ar fi: bazinul Hateg, bazinul Caransebes-Mehadia, bazinul Bozovici si bazinul Petrosani (Popa et al., 2018). Fundamentul pre-Neogen al regiunii reprezinta rezultatul unui amestec complex de panze de sariaj, rifturi inchise, corpuri magmatice si zone de sutura. Diferite schimbari ale regimului de stres in perioada Alpina reactiveaza sistemele de falii care delimiteaza structurile tectonice din zona de studiu. Panzele Supragetica, Getica (Dacide Interne), de Severin (Dacidele Externe) si cea Danubiana sunt sariate si suprapuse peste unitati ale platformei Moesice (Oros et al., 2018, Popa et al., 2018). Trei dintre aceste panze de sariaj sunt de origine continentală: panza Getica, Supragetica si Danubiana. Panza de Severin este de origine oceanica (Popa et al., 2018). Prezenta si distributia structurilor magmatice plutonice si a corpurilor vulcanice intrusive este asociata cu sistemele de falii adanci si cu zone de subductie continentală. Cuvertura sedimentara prezinta un grad ridicat de complexitate prin importante variatii de facies si goluri stratigrafice. Varsta formatiunilor sedimentare este incadrata in intervalul Carbonifer superior – Cretacic superior (Oros et al., 2018, Popa et al., 2018).

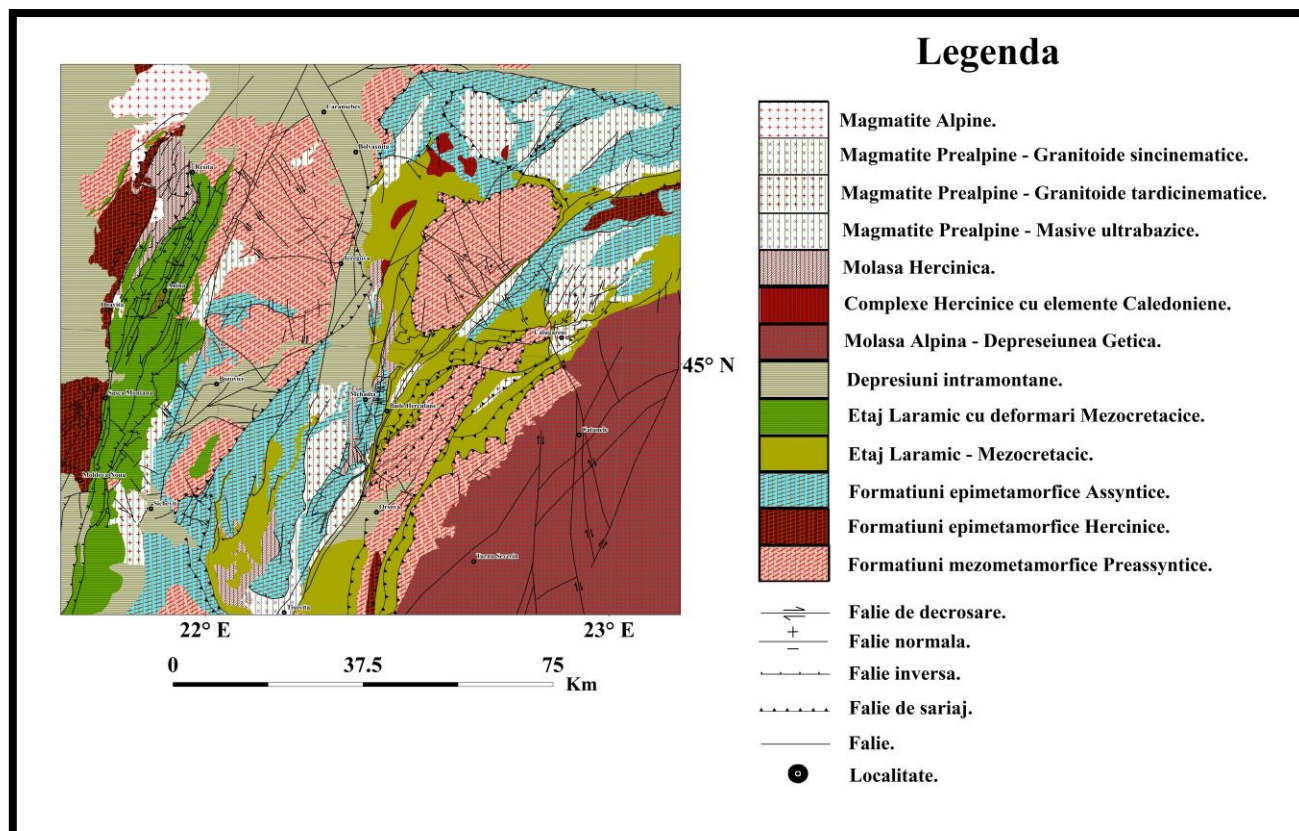


Fig. 1. Harta geotectonica a Domeniului Danubian. Dupa vezi Anxa A

Principalul sistem de falii din regiune este sistemul de falii Carpatice (Oros et al., 2018) care caracterizeaza fundamentul si structurile orogenice si care delimiteaza unitatile geotectonice majore (Fig.2). Faliile acestui sistem sunt fie de sariaj (Sichevita-Retezat si Closani-Baia de Arama), fie falii trans-crustale verticale (Oravita-Moldova-Noua). Faliile sistemului Carpatice sunt orientate NE-SV, cu exceptia faliei Bistrita care este orientata E-V. Vergenta sariajelor separa aceste falii in doua categorii: prima categorie este a celor cu vergenta ESE (falia Closani - Baia de Arama) si cea de a doua categorie este a celor cu vergenta VNV (falia Sichevita -Retezat) (Oros et al., 2018). Sistemul de falii Carpatice interactioneaza cu un alt sistem de falii important, Sistemul Panonic, situate mai la vest care controleaza activitatea neo-teonica in regiune avand o directie predominata NW-SE si NNE-SSW, fiind prezente falii normale si de unghi mic (Oros et al., 2018).

5.2. Paternul de seismicitate al zonei studiate

Pentru studierea seismicitatii zonei de interes au fost folosite 1188 de evenimente seismice cuprinse in catalogul Romplus. Hipocentrele evenimentelor seismice selectate au fost localizate la adancimii ce nu depasesc de 50 km. Activitatea seismica din zona este concentrata in primii 20 de km ai crustei, in acest interval de adancime fiind localizate 97% din cutremure. Numarul cutremurelor scade gradual (o scadere de aproximativ 50 de cutremure pentru fiecare palier de adancime de 5 km) pana la adancimea de 15 km. Intre 15 si 20 de km adancime numarul de cutremure este de 122, acesta fiind cu 174 de cutremure mai mic decat pentru palierul de adancime precedent (adica 10-15 km adancime) (Fig. 4 – 1). La adancimi mai mare de 20 de km, sunt inregistrate 41 de evenimente seismice (29 de cutremure intre 20-30 de km si 12 cutremure intre 30-50 de km).

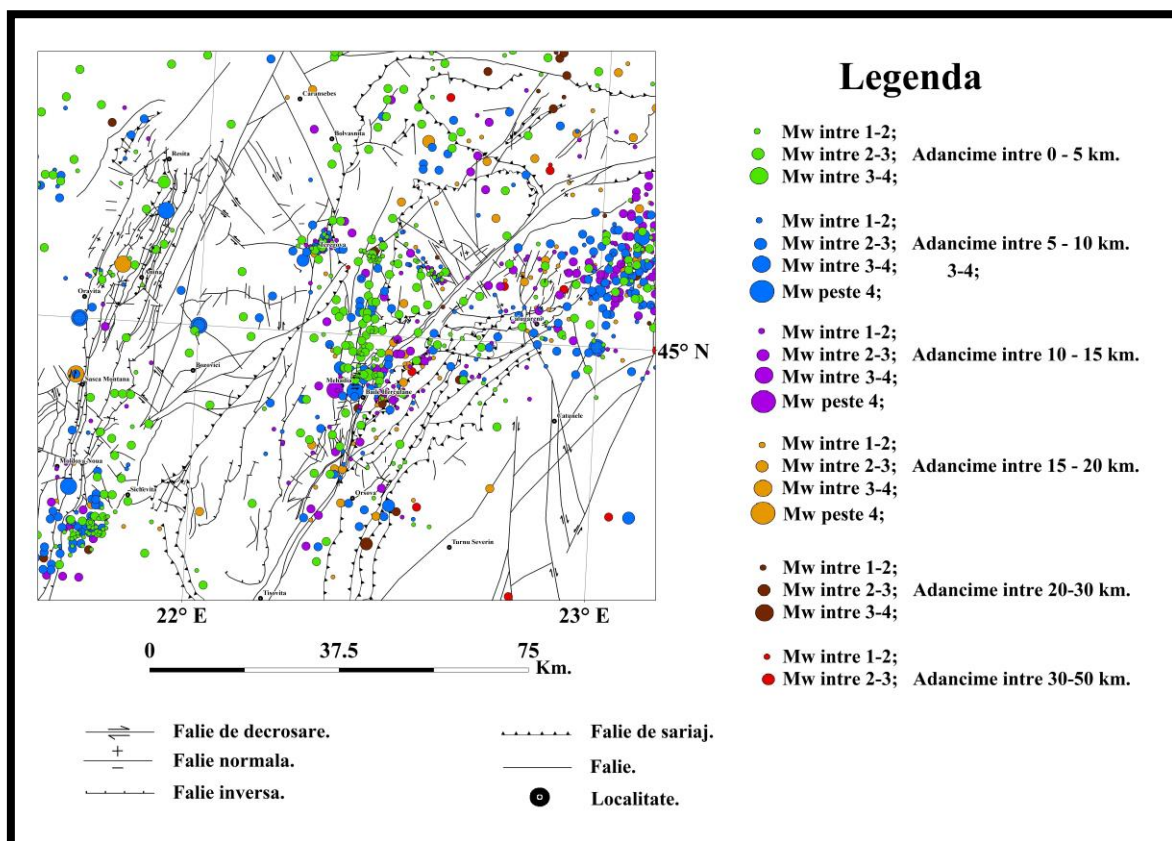


Fig. 3. Seismicitatea Domeniului Danubian.

Palierul de magnitudine reprezentativ pentru zona de interes este incadrat între valorile de 1 și 3 M_w . Magnitudinile mai mari de 3 M_w au fost înregistrate doar pentru 34 de cutremure, 20 din acestea având valori ale M_w mai mari de 4. Doar 4 evenimente seismice din cele selectate au valori ale magnitudinii M_w care depășesc 5. Aceste 4 cutremure sunt: cele din 10.10.1879 (M_w 5.3) și 11.10.1879 (M_w 5.3) au fost localizate în apropierea localității Moldova Noua, cel din 18.07.1991 (M_w 5.6) localizate în vecinătatea localității Mehadia și cel din 20.06.1943 (M_w 5.2) localizat în apropiere de localitatea Baia de Arama. Cutremurul din 18.07.1991 de magnitudine M_w 5.6, localizat la sud-vest de localitatea Mehadia, la o adâncime de 12 km este evenimentul seismic pentru care a fost înregistrată cea mai mare magnitudinea M_w în zona de interes. Întreaga gamă a valorilor de magnitudine a fost înregistrată pentru evenimente seismice ce au hipocentrele între 5 și 20 km adâncime. Cele mai multe cutremure cu M_w mai mare de 4 sunt întâlnite la adâncimii de până la 10 km.

Disponerea epicentrelor sugerează existența a trei aliniamente cu activitate seismică densă, orientate NE-SV (fig.3).

Primul dintre acestea se poate distinge în partea de vest a hărții prezentate în figura 3. Acest aliniament poate fi observat de la vest de Resita, la est de Oravita, până la sud de Moldova Noua. Sistemul de falii Resita-Moldova Noua urmează îndeaproape traseul acestui aliniament seismic. La sud-vest de localitatea Moldova Noua între anii 2010 și 2018, au fost localizate 111 evenimente seismice. Hipocentrele acestor cutremure sunt localizate până la 30 de km adâncime. Valorile de magnitudine M_w pentru aceste seisme nu depășesc valoarea de 3. Disponerea spațială a hipocentrelor sugerează o activitate seismică mai bogată până la adâncimea de 10 km.

Cel de al doilea aliniament poate fi observat între localitățile Caransebes, Teregova, Mehadia, Baile Herculane, Orsova. 503 seisme sunt localizate, între 2006 și 2018, în zona dintre Caransebes și Orsova. Magnitudinile M_w sunt încadrate în intervalul 1.2 – 3.5. Hipocentrele sunt localizate până la adâncimea de 42,4 km. Zone cu activitate seismică crescută pot fi observate la nord și est de Teregova, la nord și nord-est de Mehadia, la est de Baile Herculane și la nord-vest de Orsova.

La nord și sud de localitatea Teregova între 31.10.2014 și 05.11.2014 este observată o secvență seismică cu soc principal de magnitudine $M_w=3,5$ ($M_L = 4,1$) și hipocentrul localizat la 8,7 km adâncime. Socul principal este urmat de 48 de replici care au magnitudinile M_w între 1,3 și 2,4. Hipocentrele secvenței sunt localizate între adâncimi de 5 și 15,2 km.

La est de Teregova sunt identificate două roiuri seismice. Primul roi seismic are loc în perioada 06.01.2015 – 15.01.2015 și este alcătuit din 20 de seisme cu magnitudinile M_w între 1,4 și 2. Hipocentrele cutremurelor acestui roi seismic sunt localizate până la adâncime de 12 km. Cel de al doilea roi seismic este alcătuit din 35 de seisme cu magnitudinile M_w cuprinse între 1,2 și 2,5 și este înregistrat în perioada 28.07.2016 – 01.08.2016. Adâncimea hipocentrelor este de 15,5 km.

Cel de al treilea aliniament seismic este cuprins între localitățile Uricani și Baia de Arama (în estul hărții din figura 3). Acest aliniament este marcat de seismicitate dispersată în timp și spațiu. În această zonă au fost localizate, în perioada 2006-2018, 378 de cutremure. Hipocentrele acestor cutremure ating adâncimea de 45,8 km. Valorile de magnitudine M_w ale acestor seisme sunt cuprinse între 1,4 și 3,1.

5.3. Distribuția după mărime a evenimentelor seismice -metodologie

Variațiile spațiale și temporale ale valorii (b) a relației Gutenberg-Richter (G-R) (1944) au fost studiate pe scară largă pentru diferite regimuri tectonice.

Acest parametru depinde de regimul de stres, caracterul tectonic al regiunii, eterogenitățile în general. În acest studiu ne propunem să facem o analiză statistică a parametrilor principali G-R aplicată într-un studiu pe catalog, înainte și după cutremur / secvență, prin folosirea statisticii matematice.

Parametrul b reprezintă un indicator al distribuției relative a evenimentelor seismice.

Parametrul M_c (Magnitudine completitudine) este esențial în studiile de seismologie și reprezintă cea valoare minimă a magnitudinii pentru care sunt detectate în mod corect toate evenimentele dintr-o anumită regiune.

Majoritatea metodelor seismice se bazează pe principiul propriei similitudini (self-similarity) a cutremurelor. De aceea, aceste metode presupun o lege exponențială de distribuție a magnitudinii cutremurelor.

Sunt utilizate două metode pentru estimarea parametrilor M_c și b și calculul distribuției frecvenței magnitudinilor.

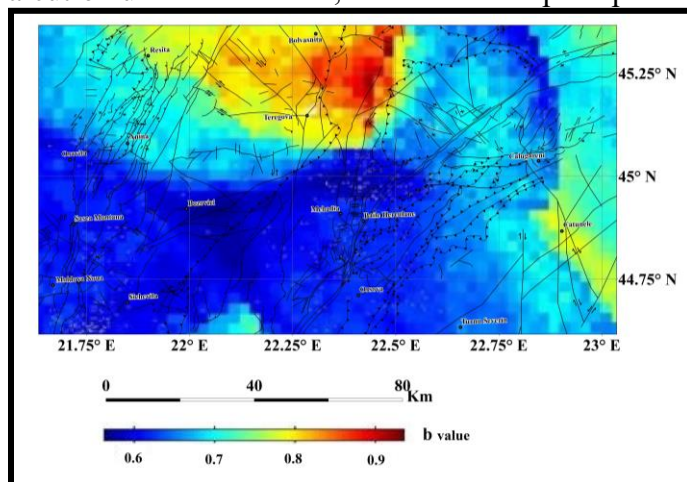


Fig.22. Harta valorilor lui b

Metoda stabilității – MBS, propusă de Cao și Gao (2002) constă în calculul valorii lui b prin metoda verosimilității maxime (maximum likelihood method – Fisher, 1912) într-un algoritm iterativ, pornind de la o valoare inițială a magnitudinii de tăiere (cutoff) M_{co} .

Parametrul b se calculează în funcție de M_c și valoarea medie \bar{M} a magnitudinilor evenimentelor de peste valoarea prag M_c .

Algoritmul iterativ al metodei stabilității propus de Cao și Gao calculează pe b pornind de la o valoare M_c inițială (de ex., $M_c=2.5$), mărită la fiecare iterație cu pasul de 0.05, până când diferența Δb dintre două valori consecutive ale lui b este inferioară unei limite impuse (de ex., $\Delta b < 0.03$).

Woessner și Wiemer completează metoda MBS, prin reconsiderarea metodei de calcul a variației Δb , în scopul creșterii stabilității.

Astfel, se consideră Δb drept o abatere a valorii lui b față de valoarea medie b_{ave} a valorilor lui b corespunzătoare unor magnitudini de tăiere succesive pe o jumătate de interval $dM=0.5$. Pentru $dM=0.5$ și lățimea intervalului de grupare de 0.1, avem:

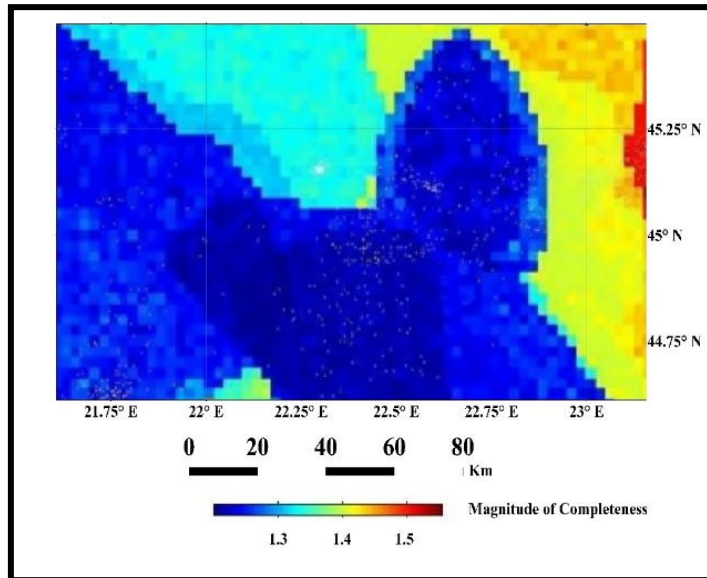


Fig 24. Harta magnitudine de completitudine

Woessner și Wiemer definesc M_c ca acea valoare a magnitudinii pentru care abaterea Δb este inferioară incertitudinii δb de determinare a valorii b , indicată de Shi și Bolt (1982).

5.3.1. Discutii

Valorile lui b variază semnificativ dacă schimbările de stres sunt mari și există anumite condiții structurale (de exemplu, eterogenități geometrice) care pot afecta potențialului seismogen al zonei.

Există mai multe explicații plauzibile pentru variațiile observate în valorile b , cum ar fi

- 1) Valori mari ale lui b sunt prezente eterogenitati (Mogi 1962)
- 2) Secvențe seismice – de regula sunt valori aproximativ $b \sim 0.94$ (Ota Kulhanek, 2005) valorile se regasesc in graficul (Fig. 29)
- 3) Valorile lui b de maxim 2,5 se gasesc in roiuri, acestea sunt asociate cu activitatea vulcanica si prezenta apei (Popescu, 2007).

Astfel valoarea lui b cat si variațiile sale pot constrânge limitele ariilor în care există corelații între seismicitate tectonica si analiza campului de stres.

Mai sus sunt prezentate harti 2 D cu distributia valorilor b pe zona studiata impreuna cu analiza a cativa parametrii statistici privind calitatea datelor modelate (Fig.22 si Fig.24).

Hartile au fost construite dupa codul Woessner si Wiemer implementat in matlab folosind o retea de 200 evenimente N_{min} 50-grid $0,07 \times 0,07$ inregistrate in perioada 2010-2018

Valorile lui b se incadreaza în intervalul $(0,60 < b < 0,94)$ sunt în general corelate cu structurile geotectonice din regiunea de studiu. Distributia lui b evidentiaza o concentrare mare de stress in zona $b > 0.8$ (Teregova) unde se observa trei zone de clustere. Pentru declustrare s-a folosit algoritmul Gruenthall & Gardner Knopoff 1986.

Valorile $b > 0.8$ sunt obtinute in zone mici unde sunt evidentiate falii active

5.4. Concluzii

Din analiza celor prezentate se deduce faptul ca seismicitatea zonei este distribuita paralel la principalele sisteme de falii din zona, astfel :

- Zona Moldova Noua-Sasca Montana-Oravita-Resita este dominata de falia Moldova Noua - Oravita si faliile asociate ei. Zona este caracterizata de o secventa seismica aparuta in sudul zonei Resita - Moldova Noua. Aceasta zona este marginita catre vest de Falia Oravita-Moldova Noua. Falia Oravita-Moldova Noua controleaza majoritatea proceselor tectonice Alpine din zona. De-alungul ei Panzele Supra-Getice incalca Panzele Getice (Oros et al., 2004).

In perioada 1 Aprilie 2002-31 August 2002 de-alungul acestei falii a avut loc o secventa sesimica de 70 de cutremure cu magnitudinea $1.8 < M_D < 4.8$.

Planele de falie indica in majoritate o faliere de tip falie normala cu o componenta strike slip. Un singur cutremur indica o faliere inversa. Valorile mici ale lui b sunt caracteristice zonelor cu falii inverse precum si cu existenta presocurilor, valorile mari ale lui b sunt caracteristice replicilor. Lucru perfect aplicabil zonei.

- Zona Mehadia- Baile Herculane-Orsova este caracterizata de falia Cerna-Jiu (grabenul Cernei) si faliile paralele si transversale la aceasta. Aceasta zone este caracterizata de secventa seismica din perioada iulie – septembrie 1991. Magnitudinea maxima observata este de 5.6 (M_W). Valorile mici ale lui b sunt tipice pentru zonele cu falii inverse si de sariaj. In cadrul secventei s-au pus in evidenta atat falieri normale si de strike slip cat si falieri inverse in proportii egale dupa cum urmeaza: cutremurele 27,43, 64, 95 si 98 faliere inversa iar cutremurele 28 , 63,158 si 160 normale si de strike slip.

- Zona Teregova este evidentiata prin Falia Sichevita-Retezat, falie care reprezinta planul de incalcare al Daciadelor Mediane prin Panza Getica peste domeniul Danubian situat la est. Secventa sesimica din zona Teregova este situata in stanga planului de sariaj de-a lungul unor falii conexe. Secventa seismica crustala produsa in perioada 31 octombrie 2014 - 31 decembrie 2014 a constat dintr-un numar de 72 evenimente. Socul principal a fost generat pe 31 octombrie 2014, ora 23:00, $M_L=4.7$ si a fost urmat de 71 de replici cu magnitudinea $0.3 \leq M_L \leq 2.5$ pana la 15 decembrie 2014. Solutiile de plan de falie indica o faliere normala si de strike slip, caracterul zonei fiind extensional. Distributia lui b evidentiaza o concentrare mare de stress in zona $b > 0.8$ (Teregova) unde se observa trei zone de clustere

- Cutremure singulare Est Teregova- Nord Mehadia, reprezinta un petic de incalcare al Panzei Getice peste domeniul Danubian, fracturat pe o directie nord vest- sud est. Valorile lui b indica un stress mic, deci o zona stabila seismologic. Solutiile de plan de falie indica caracterul extensional al zonei

In ceea ce priveste parametrizarea faliilor aceasta se face sub o forma unui tabel asa cum a fost prezentat in propunerea de proiect, in maniera SHARE/DISS. Atasam parametrizarea Faliilor: Moldova Noua – Oravita, Orsova-Mehadia si a faliei vest Teregova.

Falia Moldova Noua-Oravita

Lungime totala (km)	75 km	EJ	Deducere din consideratii tectonice regionale
Active length (km)	45	OD	Deducere din distributia cutremurelor
Wide (km)	7 km	OD	Deducere din distributia cutremurelor
Minimum depth (km)	3 km	OD	Deducere din distributia cutremurelor
Maximum depth (km)	18 km	OD	Deducere din distributia cutremurelor
Strike (degree)	N 4 ⁰ E	EJ	Deducere din consideratii tectonice regionale si distributia cutremurelor

Dip(degree)	dip 67-80 ⁰	EJ	Deducere din consideratii tectonice regionale si distributia cutremurelor
Rake(degree)	145 ⁰		Rake -ul cutremurului cu magnitudine cea mai mare
Max magnitude observed	4.2 Mw (02.08.2002)	OD	Cutremurului cu magnitudinea cea mai mare (Anexa B)

Falia Orsova – Mehadia-Cornereva

Lungime totala (km)	46 km	EJ	Deducere din consideratii tectonice regionale
Active length (km)	46	OD	Deducere din distributia cutremurelor
Wide (km)	10 km	OD	Deducere din distributia cutremurelor
Minimum depth (km)	2 km	OD	Deducere din distributia cutremurelor
Maximum depth (km)	20 km	OD	Deducere din distributia cutremurelor
Strike (degree)	N 5 ⁰ E	EJ	Deducere din consideratii tectonice regionale si distributia cutremurelor
Dip(degree)	dip 60-80 ⁰	EJ	Deducere din consideratii tectonice regionale si distributia cutremurelor
Rake(degree)	178 ⁰		Rake -ul cutremurului cu magnitudine cea mai mare
Max magnitude observed	5.6 Mw (18.07.1991)	OD	Cutremurului cu magnitudinea cea mai mare(Anexa B)

Falia Vest Teregova

Lungime totala (km)	40 km	EJ	Deducere din consideratii tectonice regionale
Active length (km)	15	OD	Deducere din distributia cutremurelor
Wide (km)	3 km	OD	Deducere din distributia cutremurelor
Minimum depth (km)	2 km	OD	Deducere din distributia cutremurelor
Maximum depth (km)	17 km	OD	Deducere din distributia cutremurelor
Strike (degree)	N 6 ⁰ E	EJ	Deducere din consideratii tectonice regionale si distributia cutremurelor
Dip(degree)	dip 60-70 ⁰	EJ	Deducere din consideratii tectonice regionale si distributia cutremurelor
Rake(degree)/Slip (m)	178 ⁰ /0.0318 m		Rake -ul cutremurului cu magnitudine cea mai mare, slipul calculat conform Tabel A.
Max magnitude observed	4.1 Mw (31.10.2014)	OD	Cutremurului cu magnitudinea cea mai mare(Anexa B)

Bibliografie

Aki, K., 1965 Maximum likelihood estimate of b in the formula $\log N = a - bM$ and its confidence limits, *Bull. Earthq. Res. Inst. Univ. Tokyo*, 43, 237 – 239, 1965.

Gardner J K, Knopoff L (1974) “Is the sequence of earthquakes in southern California, with aftershocks removed, Poissonian?” *Bull. Seism. Soc. Amer* 64:5, 1363-1367.

Havskov, J., Ottemöller, L., SEISAN: The Earthquake Analysis Software, Version 7.2, *University of Bergen, Norway*, 256 p., 2001.

Mogi, K., 1962. Magnitude-frequency relationship for elastic shocks accompanying fractures of various materials and some related problems in earthquakes. *Bull. Earthquake Res. Inst. Univ. Tokyo*, 40: 831-883.

Oncescu, M. C., Ardeleanu, L., Popescu, E., (1988), *The State of Stress under the Meridional Carpathians*, Proc. of XXIst Gen. Ass. of ESC, Sofia, 1988, 149–154.

Oncescu, M. C., Mârza, V., Rizescu, M. and Popa, M., The Romanian earthquakes catalogue between 984 and 1997. In: Vrancea Earthquakes: Tectonics, Hazard and Risk Mitigation, edited by F. Wenzel, and D. Lungu, Kluwer Academic Publishers, pp. 43–47, 1999 (continuously updated).

Oros E., The April-June 2002, Moldova Noua seismic sequence and its seismotectonic significance, *Rev. Roum. Geophys.*, 48, p. 49 -68, 2004.

Oros E., Popa M., Moldovan I. A. (2008) Seismological database for banat seismic region (Romania) – the parametric earthquake catalogue, *Rom.Journ.Phys.*, Vol. 53, Nos. 7-8, P.955-964, Bucharest, 2008

Oros E., Diaconescu M., Recent vs Historical seismicity analysis for Banat Seismic Region (western part of Romania), in „Proceedings of the 5th National Conference on Earthquake Engineering and 1st National Conference on Earthquake Engineering and Seismology” (Ed. Vacareanu R, Ionescu C), Vol. 1 „Seismology and engineering seismology”, pp. 181-189. Editura CONSPRESS, Cod CNCISIS 252, ISBN 978-973-100-342-9, 2014.

Oros E., Popa M., Diaconescu M., 2018 – “The seismogenic Sources from the West and South-West of Romania”, Eugen Oros, Mihaela Popa, Mihail Diaconescu, *Seismic Hazard and Risk Assessment*, Springer Natural Hazards, https://doi.org/10.1007/978-3-319-74724-8_4

Ota Kulhanek (2005) Seminar on b - value Dept. of Geophysics, Carles University, Prague

Placinta A.O., Popescu E., Borleanu F., Radulian M., Popa M., 2106. Analysis of source properties for the earthquake sequences in the South-Western Carpathians (Romania), *Romanian Reports in Physics*, Vol. 68, No. 3, P. 1240–1258.

Popa M., Munteanu I., Borleanu F., Oros E., Radulian M., Dinu C., 2018 – “Active tectonic deformation and associated earthquakes: a case study – South West Carpathians Bend zone”, *Acta Geodetica et Geophysica*, DOI: 10.1007/s40328-018-0224-1.

Radulian, M., Mândrescu, N., Panza, G. F., Popescu, E., Utale, A., *Pure Appl. Geophys.*, 157, 57-77, 2000.

Răileanu, V., Tătaru D. Grecu B., Crustal models in Romania – I. Moesian platform, *Romanian Report Phys.*, vol. 64, No., 2012.

Săndulescu M., *Geotectonics of Romania*, Ed. Tehnică, Bucharest, p. 334, 1984.

Shi, Bolt 1982 The standard error of the magnitude-frequency b value Bulletin of the Seismological Society of America (1982) 72 (5): 1677-1687.

Săndulescu, M., Cenozoic tectonic history of the Carpathians, in The Pannonian Basin, a Study in Basin Evolution, edited by L. H. Royden and F. Horváth, AAPG Mem., 45, 17 – 25, 1988.

Woessner J., Wiemer S., (2005) Assessing the quality of earthquake catalogues: Estimating the magnitude of completeness and its uncertainty Bulletin of the Seismological Society of America 95 (2), 684-698, 2005.

Wiemer S (2001) “A software package to analyze seismicity: ZMAP”, Seism. Res. Lett., 72, 373-382. Soc. Am. 90, 859869, 2000.

Prin rezultatele prezentate **obiectivele fazei au fost îndeplinite în totalitate** și că **angajamentele asumate au fost** atinse, iar proiectul a atins gradul de implementare scontat.

5.3. Propuneri pentru continuarea proiectului:

În această etapă, **obiectivul a fost îndeplinit integral** iar **rezultatele obținute sunt în concordanță cu țintele propuse** venind în sprijinul implementării proiectului. Cu toate acestea, activitățile trebuie continuate, calculele trebuie diversificate și rezultatele îmbunătățite, pe măsura apariției de noi secvențe de cutremure pe teritoriul României

Indicatori: Rezultatele obținute în acestă fază au fost și vor fi prezentate la conferințe științifice naționale și internaționale.

5.3.1. Conferințe internaționale și naționale

Diaconescu M., Ghita C., Oros E., Craiu A., Moldovan I.A., Constantinescu E.G., Parametrization of active fault from the southwest of Southern Carpathians. Book of abstracts, Editors: Rodica Vladioiu R., Mandes A., Dinca Balan V., 18th International Balkan Workshop on Applied Physics Constanța, Romania, Ovidius University Press Constanta, July 10-13, pg. 194, 2018

Dinescu R., Rogozea M., Chircea M., Popa M., Placinta A.O., Updated catalogue of Dobrogea (Romania) region for 2013-2017-time interval. World Multidisciplinary Earth Sciences Symposium (WMESS 2018), 2-8 septembrie 2018, Praga

Ghita C., Diaconescu M., Moldovan I.A., Craiu A., Constantinescu E.G. Using the ETAS model for the catalogue declustering and analyses seismic sequence in Danubian seismogenic area. Book of abstracts, Editors: Rodica Vladioiu R., Mandes A., Dinca Balan V., 18th International Balkan Workshop on Applied Physics Constanța, Romania, Ovidius University Press Constanta, July 10-13, pg. 186, 2018

Ghita C., Diaconescu M., Oros E., Craiu A., Marius M. Temporal variation of seismic b value beneath Danubian Seismogenic area, Geoscience 2018, Bucharest

Greco B., Zaharia B., Diaconescu M., Constantinescu E.G., Bala A., Nastase E.I., Tataru D. Characterization of site conditions for the Romanian real-time seismic stations. Book of abstracts of the 36th General assembly of the European Seismological Commission, Dámico S., Galea P., Bozionelos G., Colica E., Farrugia D., Agius M.R. (eds), 2-7 September 2018, Valletta, Malta

Oros E., Placinta A. O., Popa M., Diaconescu M., Moldovan I. A., Seismic sequences typology and stress-strain pattern in the southern part of the Pannonian Basin. Case study: the western seismogenic zones of Romania. Book of abstracts of the 36th General assembly of the European Seismological Commission, Dámico S., Galea P., Bozionelos G., Colica E., Farrugia D., Agius M.R. (eds), 2-7 September 2018 , Valletta, Malta

Oros E., Placinta A.O., Popa M., Calibration and validation of Meep method for location and magnitude estimation of historical earthquakes from intra-carpathian region of Romania. World Multidisciplinary Earth Sciences Symposium (WMESS 2018), 2-8 septembrie 2018, Praga

Oros E., Moldovan I.A., Popa M. Diaconescu M., Ghita C. Seismicity and sesismotectonic peculiarities in the south-eastern peculiarities in the south – eastern part of Pannonian basin: Banloc-Voiteg sesimogenic structure (Romania). 18th International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM 2018, Conference Proceedings, ISBN 978-619-7408-35-5 / ISSN 1314-2704, 02-08 July, 2018, Vol.18, Issue 1.1, 971-980 pp, DOI: 10.5593/sgem2018/1.1/S05.121

Oros E, Placinta A.O., Diaconescu M., Popa M., Moldovan I.A. Active stress and strain fields in the southern border of Pannonian Basin. Case study: western seismogenic zones in Romania, Book of abstracts, Editors: Rodica Vladioiu R., Mandes A., Dinca Balan V., 18th International Balkan Workshop on Applied Physics Constanța, Romania, Ovidius University Press Constanta, July 10-13, pg.197, 2018

Placinta A.O., Popescu E., Radulian M., Borleanu F. Source parameters and scaling for the crustal earthquakes in the Carpathians Area, Romania: an overview. World Multidisciplinary Earth Sciences Symposium (WMESS 2018), 2-8 septembrie 2018, Praga

Radulian M., Borleanu F., Popescu E., Placinta A. O., Space-time clustering and source characteristics in the crustal seismicity in front of the South-Eastern Carpathians Arc bend. Book of abstracts of the 36th General assembly of the European Seismological Commission, Dámico S., Galea P., Bozionelos G., Colica E., Farrugia D., Agius M.R. (eds), 2-7 September 2018 , Valletta, Malta

Radulian M., Bala A., Ardeleanu L., Popescu E., Placinta A.O., Toma-Danila D., Oros E. Revised catalog of earthquake mechanism for the event's occurred in Romania until the end of XX century – RCEMXX, Book of abstracts, Editors: Rodica Vladioiu R., Mandes A., Dinca Balan V., 18th International Balkan Workshop on Applied Physics Constanța, Romania, Ovidius University Press Constanta, July 10-13, pg.152-153 2018

5.3.2. Publicații - apărute și în curs de apariție la reviste cu referenți cotate și indexate ISI:

- Bălă A., Radulian M., Popescu E., Toma-Danilă D., Catalogue of earthquake mechanism and correlation with the most active seismogenic zones in south-eastern part of Romania, in Vacareanu R., Ionescu C. (eds) Seismic Hazard and Risk Assessment. Springer Natural Hazards. Springer, Print ISBN 978-3-319-74723-1, Online ISBN 978-3-319-74724-8, 23 - 37, (2018).
- B. Grecu, B. Zaharia, M. Diaconescu, A. Bala, E. Nastase, E. Constantinescu, D. Tataru, Characterization of site conditions for selected seismic stations in eastern part of Romania.. Acta Geophysica, Vol.66, issue 2, pp.153-165, <https://doi.org/10.1007/s11600-018-0117-2> (2018)
- E. Oros, M. Popa, M. Diaconescu, The Seismogenic Sources from the West and South-West of Romania, Springer International Publishing AG, part of Springer Nature 2018 R.

Vacareanu and C. Ionescu (eds.), Seismic Hazard and Risk Assessment, Springer Natural Hazards, pp. 53-69, Print ISBN978-319-74723-1, Online ISBN 978-3-319-74724-8, <https://doi.org/10.1007/978-3-319-74724-8> **4 (2018)**

- L. Besutiu, M. Diaconescu, L. Zlagnan, A. Craiu, Structural and geodynamic considerations on the Galati-Izvoarele seismic-prone area. Pure and Applied Geophysics,(PAAG), pp.1-31, <https://doi.org/10.1007/s00024-018-1956-0> **(2018)**

- *Au colaborat la realizarea acestui raport :*
 - ASC, ing. E.G. Constantinescu cap.5.1 si 5.2,
 - ASC, dr.ing. Cristian Ghita cap.5.2 si.5.4,
 - CS I, dr. Emilia Popescu cap.5.3,
 - CS III, dr. Anca Otilia Placinta la cap 5.3, si
 - Operator calculatoare si retele Marius Mihai

- Consultant stiintific dr.ing. Eugen Oros, Cercetator stiintific I

Responsabil fază proiect

Responsabil proiect

Drd.ing. Mihail Diaconescu

Dr. Iren Adelina Moldovan