1. Rezumatul fazei: *(maxim 5 pagini)*

Introducere

Pentru a monitoriza fluctuatiile de structura si altitudine ale ionosferei este utilizata o metoda simpla, care beneficiaza de existenta unor emitatoare de mare putere, folosite pentru comunicatii cu submarinele sau in alte scopuri, cum ar fi transmiterea marker-elor de timp. Aceste emitatoare transmit intr-o banda de frecvente foarte scazute, cuprinsa intre 11kHz si 50kHz. Monitorizarea propagarii semnalelor de foarte joasa frecventa (VLF), transmise de aceste emitatoare, precum si monitorizarea intensitatii semnalelor ce provin de la emitatoare in banda LF (100kHz-500kHz) ajuta la urmarirea comportarii stratului D al ionosferei, care are cea mai scazuta altitudine (60 - 90km) dintre toate straturile ionosferei (in conditii de activitate solara intensa, poate aparea si stratul C).

Obiectiv 1.1 Gestionarea si corelarea datelor seismice, electromagnetice (EM) si spatiale existente

In 2009, la initiativa Universitatii din Bari a luat fiinta reteaua de monitorizare a ionosferei in benzile VLF si LF**, numita INFREP (Figura 1)**.

Tabelul 1. Caracteristicile receptoarelor INFREP si frecventele ce sunt monitorizate in prezent

Ri	Simbol	Locatie	Lat	Long	Start	LFi	VLFi	Inregistrari
R1	CIP	Nicosia, Cyprus	35.17	33.35	3/2012	T1,T2,T4,T9,T8	T10, T13,T14,T6, T5	2012-2016
R2	CRE	Chania, Crete, Greece	35.52	24.02	4/2012	T1,T2,T4,T9,T8	T13, T14,T6,T5, T12	2012-2016
R3	MAL	Valletta, Malta	35.9	14.51	10/2012	T1,T2,T4,T9,T8	T10,T13,T14,T12	2012-2015 (-)
R4	POR	Evora, Portugal	38.57	-7.9	9/2010	T1,T2,T9,T8,T7	T10,T13,T14,T5	2010-2016
R5	TUR	Canakkale, Turkey	40.15	26.41	4/2010	T1,T2,T4,T9,T11	T10,T13,T12,T6, T5	2010-2012 (-)
R5	GEO-TUR	Tbilisi, Georgia	41.71	44.91	10/2015	T2, T11, T9, T7, T4	T6, T12, AWT04, T10, T5	**2015-2016**
R6	GRE	Thesaloniki, Greece	40.57	23	12/2009	T1,T2,T4,T9,T7	T13,T14,T12,T6, T5	2009-2016
R7	IT-Tc	Santeramo, Italy	40.8	16.77	5/2012	T1,T2,T4,T9,T8, T11	T10,T13,T14,T6, T5	2012-2015 (-)
R7	IT-Co	Corlo, Italy	44.57	10.81	4/2015	T1,T2,T4,T9,T8, T11	T10,T13,T14,T6, T5	2015 (-)
R7	IT-Pa	Palese, Italy	41.16	16.78	11/2015	T2, T11, T7, T9, T8, T4	T13, T6, T10, T5,	**2015-2016**
R8	IT-Du	Duronia, Italy	41.67	14.47	9/2015	T2, T11, T9, T8, T4	T13, T6, AWT9, T10, T5	2015-2016
R9	IT-An	Antrodoco, Italy	42.42	13.08	11/2009	T1,T4,T9,T8,T11, T3	T10,T13,T14,T6, T5	2009-2016
R10*	IT-Mi	Miano, Italy	44.36	10.99	6/2012	T2,T11,T9,T8,T4	T10,AWT09,AWT04, T14,T6,T5	2012-2015 (-)
R10*	RO?	?, Romania	?	?	2016	?	?	2016-
R11	**Dob-RO**	**Eforie Nord, Romania**	**44.08**	**28.63**	**9/2009**	**T11, T8,T7, T4**	**T10,T13,T14,T12, T5, AWT25**	2009-2016

In prezent reteaua INFREP consta din 11 receptoare localizate pe tot cuprinsul Europei, care monitorizeaza fiecare transmisiile a cate 10 emitatoare din Europa si Africa pe frecvente VLF (15~50 kHz) si LF (150~300 kHz) (http://beta.fisica.uniba.it/infrep/Home.aspx). Receptoarele sunt instalate in Portugalia, Italia, Malta, Grecia, Romania, Turcia/Georgia si Cipru – **Figura 1/Tabelul 1.** Emitatoarele ale caror frecvente sunt monitorizate de INFREP sunt prezentate in **Figura 1/Tabelul 2**. Unul din receptoarele INFREP se afla in Romania la Observatorul seismologic Dobrogea.

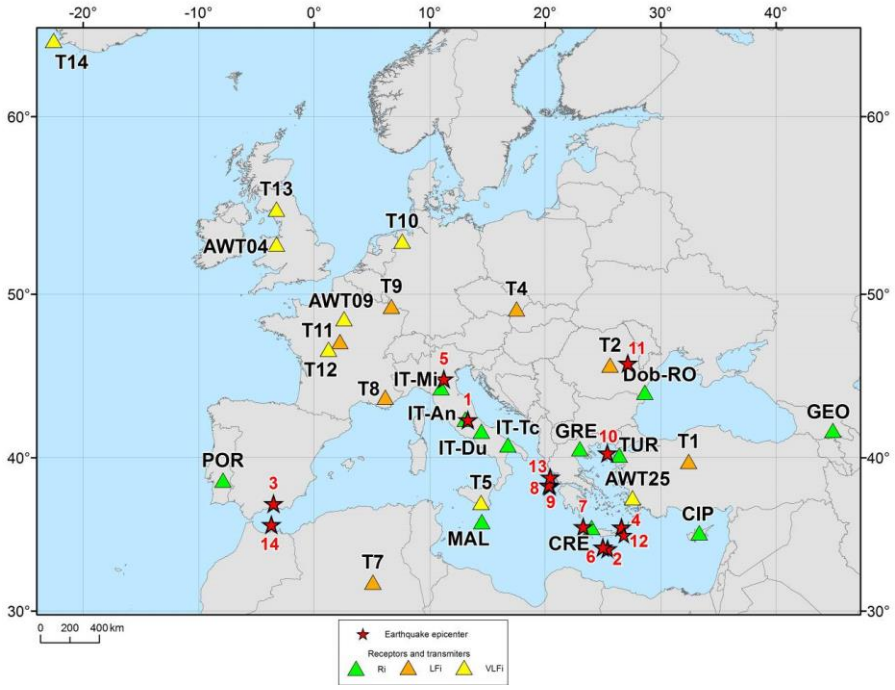

Figura 1. Receptoarele (Ri) retelei INFREP, emitatoarele LF si VLF (Ti) si seismicitatea europeana cu Mw>6.0 produsa dupa 2009 (Tabelul 3)

Tabelul 2. Transmitatoarele monitorizate de receptoarele INFREP

Ti	Simbol	Locatie	Lat	Long	Freq (Hz)	Tip
T1	TRT	Polatli, Turkey	39.76	32.42	180000	LF
T2	RRO	Brasov, Romania	45.75	25.61	153000	LF
T3	RRU	Taldom, Russia	56.73	37.66	261000	LF
T4	CZE	Topolna, Czech R	49.12	17.51	270000	LF
T5	ITS	Niscemi, Italy	37.13	14.44	45900	VLF
T6	ICV	Tavolara, Sardinia	40.91	9.71	20270	VLF
T7	CH1	Ouargia, Algeria	31.92	5.08	198000	LF
T8	MCO	Roumoules, France	43.78	6.15	216000	LF
T9	EU1	Felsberg-Berus, Germany	49.28	6.68	183000	LF
T10	DHO	Rhauderfehn, Germany	53.08	7.62	23400	VLF
T11	FRI	Allouis, France	47.17	2.22	162000	LF
T12	HWU	Le Blanc, France	46.71	1.24	21750	VLF
T13	GBZ	Anthorn, UK	54.91	-3.28	19580	VLF
T14	NRK	Keflavik, + Iceland	64.02	-22.57	37500	VLF
AWT04**	GBZ	Anthorn, UK	52.91	-3.28	22100	VLF
AWT9**	HWV	StAssise,France	48.544	2.576	20900	VLF
AWT25**	TBB	Bafa,Turkey	37.43	27.55	26700	VLF

Activitate 1.1.1 Zonarea seismica a Romaniei şi realizarea cataloagelor de cutremure (M>4.0) pentru perioada 2009-prezent

In realizarea etapei actuale a Proiectului NUCLEU, pentru zonarea seismica a Romaniei (Figura 2) am folosit standardele impuse de proiectul SHARE, folosind catalogul Romplus de la anul 1900 pana in prezent. In Tabelul 3 este trecuta doar seismicitatea europeana cu Mw>6.0 produsa in perioada de functionare a retelei INFREP (2009-prezent), plus 3 cutremure romanesti cu Mw>5.0.

Tabelul 3. Cutremurele cu Mw>6.9 produse in zona euro-Mediteraneana in perioada functionarii INFREP 2009-2016

Data	Timp UTC	Lat	Long	H (km)	Mw	Numele regiunii seismice (dupa EMSC)	No
09/04/25	17:18:48	45.68	26.62	109.6	5.4	VRI	RO1
09/04/06	01:32:41	42.38	13.32	2	6.3	CENTRAL ITALY	1
09/07/01	09:30:11	34.13	25.42	30	6.4	CRETE	2
10/04/11	22:08:11	37.07	-3.51	623	6.3	SPAIN	3
11/04/01	13:29:11	35.54	26.63	60	6	CRETE	4
12/05/20	02:03:53	44.9	11.24	10	6.1	NORTHERN ITALY	5
13/06/15	16:10:59	34.23	25	10	6.2	CRETE	6
13/10/6	1:37:21	45.67	26.58	135.1	5.2	VRI	RO2
13/10/12	13:11:54	35.56	23.31	47	6.4	CRETE	7
14/01/26	13:55:43	38.19	20.41	18	6.1	GREECE	8
14/02/03	03:08:45	38.26	20.32	2	6	GREECE	9
14/05/24	09:25:02	40.29	25.4	27	6.9	AEGEAN SEA	10
14/11/22	19:14:17	45.87	27.16	39	5.4	ROMANIA	11/RO3
15/04/16	18:07:44	35.03	26.81	30	6.1	CRETE	12
15/11/17	07:10:08	38.76	20.45	10	6.5	GREECE	13
16/01/25	04:22:02	35.7	-3.71	10	6.3	GIBRALTAR	14

Se observa ca din Tabelul 3 doar un singur eveniment are Mw>6.5 (6.9) si unul Mw=6.5.

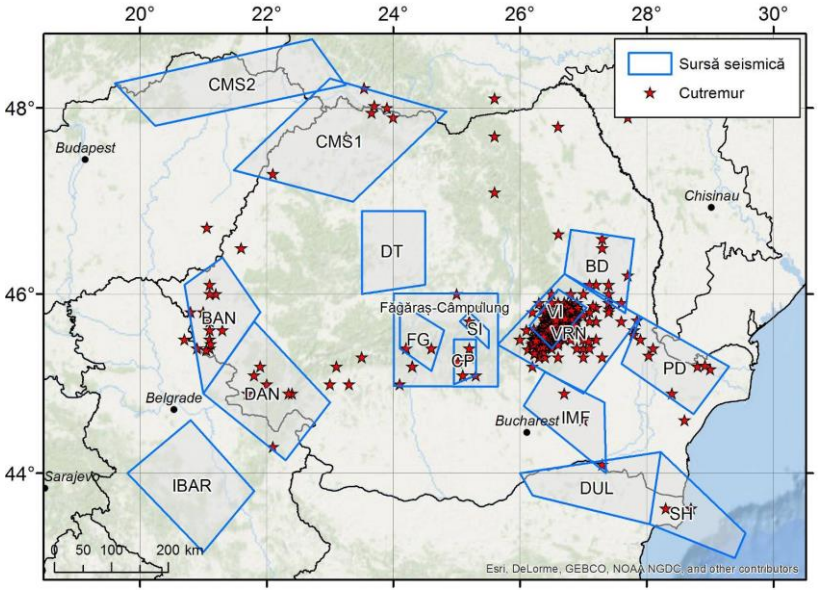

Figura 2. Zonarea seismica a Romaniei

Activitate 1.1.2 Corelarea tuturor surselor seismice care sunt traversate de prima zona Fresnel a rutelor de propagare ale undelor radio monitorizate de reteaua INFREP si stabilirea perechilor emitator-receptor ce vor fi folosite in studiu.

Receptorul instalat in Romania Dob-RO monitorizeaza trasee de propagare ce trec peste parti din Romania, Bulgaria, Grecia de Nord, Sudul si Nordul Italiei. In **Figura 3** este prezentata configuratia frecventelor monitorizate de Dob-RO si corespondenta acestora cu seismicitatea recenta a Europei.

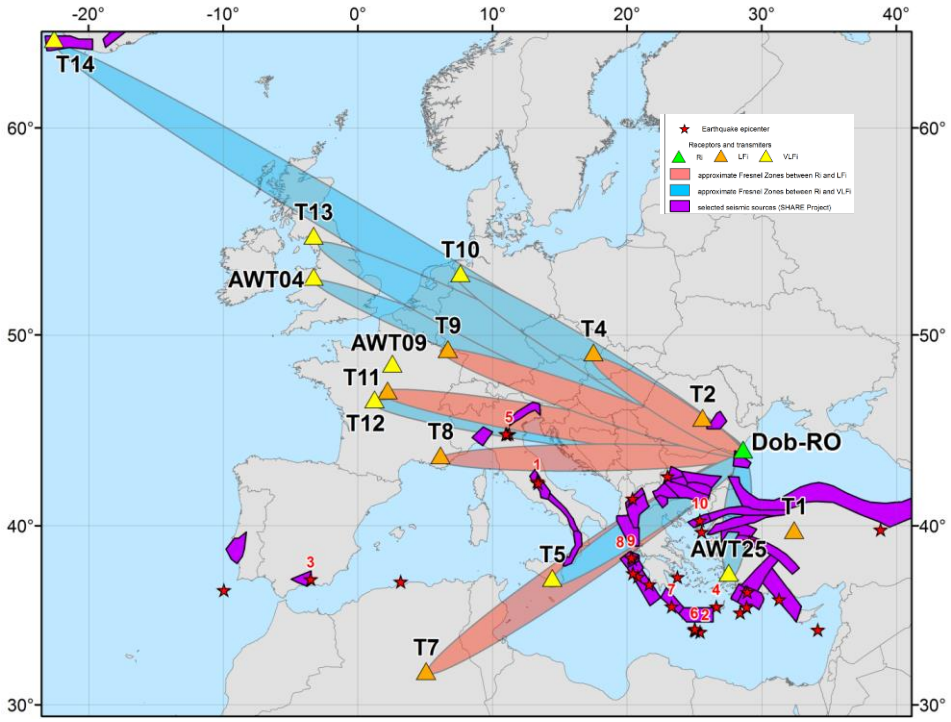

Figura 3. Zonele seismogene din Europa unde se pot produce si cutremure cu Mw>6.0, traversate de a 5a zona Fresnel a traseelor radio monitorizate de receptorul DOB-Ro

In afara receptorului Dob-Ro instalat in Romania, la Observatorul seismologic Dobrogea, din Eforie Nord, sursele seismogene din Romania mai sunt traversate si de traseele radio monitorizate de alte 7 receptoare ale retelei INFREP (Figurile 4 si 5). Receptoarele CRE, POR, GRE si IT-PA (Figura 4) au legatura cu Romania doar prin monitorizarea frecventei RRO, care apartine emitatorului radio de unde lungi de la Bod, Brasov . (T2= 153000Hz – vezi Tabelul 2). In Figura 5 sunt prezentate receptoarele (Dob-RO, CIP, IT-An si GEO-TUR) care, pe langa monitorizarea T2, au si trasee care traverseaza Romania si sursele seismice romanesti.

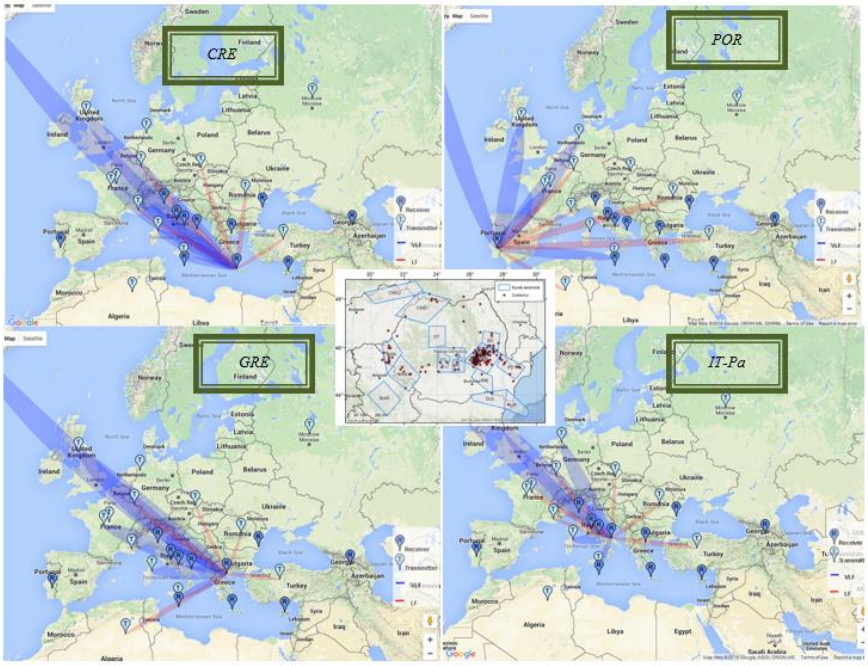

Figura 4. Corelarea surselor seimice din Romania cu traseele de propagare monitorizate INFREP

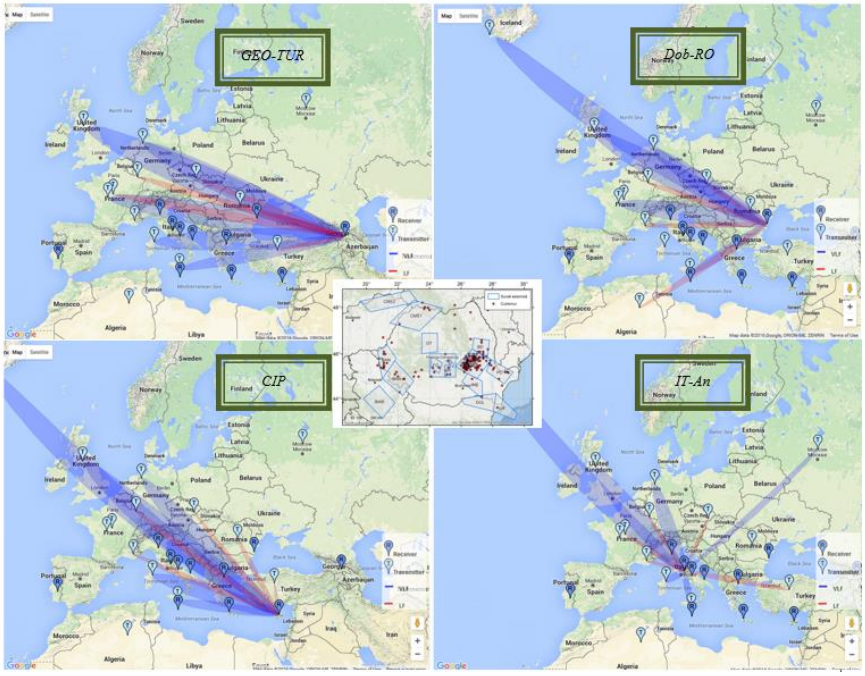

Figura 5. Corelarea surselor seimice din Romania cu traseele de propagare monitorizate INFREP

Activitate 1.1.3 Evaluarea conditiilor globale si realizarea bazei de date cu activitatea solara

In geomagnetism, starea de calm sau perturbaţie geomagnetică este descrisă cu ajutorul indicilor activităţii geomagnetice Ak si Kp. Conditiile geomagnetice globale au fost urmarite cu ajutorul indicilor geomagnetici descarcati zilnic de la NOOA, si s-a realizat baza de date cu acesti indici pentru toata perioada de studiu:http://www.swpc.noaa.gov/alerts/solar_indices.html .

Obiectiv 1.2. Corelarea inregistrarilor electromagnetice (EM) cu datele seismice si spatiale existente

Activitate 1.2.1 Prelucrarea primara a datelor EM si gestionarea principalelor perturbaţii (amplitudine si faza) înregistrate cu reţeaua INFREP LF/ VLF (2009-prezent) şi corelarea cu cauzele lor posibile

S-au studiat perioadele asociate cutremurelor 5,8,9,10,13,RO2 si RO3 din tabelul 3si doua perioade caracterizate de activitate solara intensa (Kp=8) din 17-19 martie 2013 si 2015. In figura 6 este prezentat cazul cutremurului crustal romanesc din noiembrie 2014 (cel mai mare inregistrat)

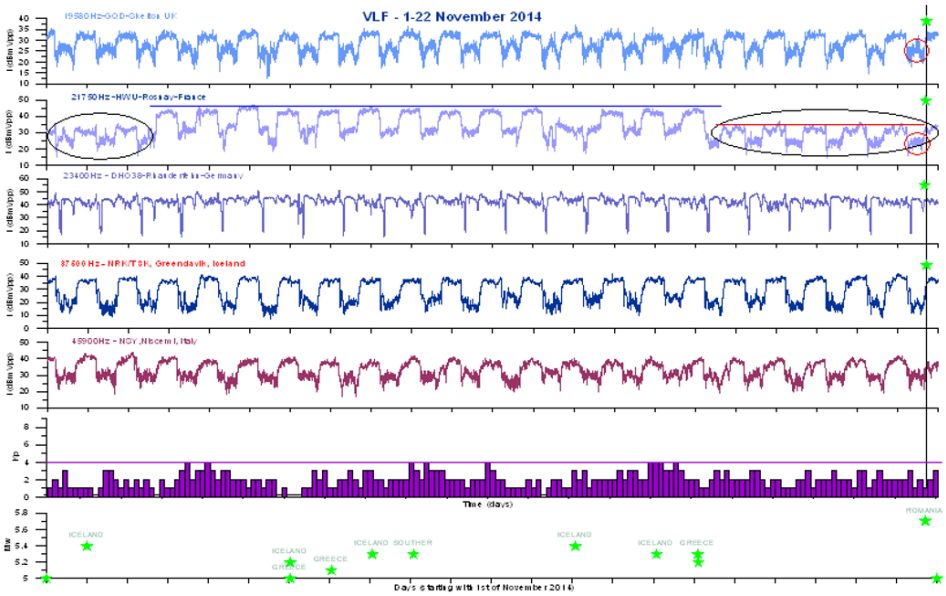

Figura 6. Analiza VLF si Kp a perioadei premergatoare cutremurului din noiembrie 2014 (RO3)

Activitatea 1.2.2 Alegerea amplasamentelor pentru noile receptoare astfel incat sa se asigure acoperirea optima a tuturor surselor seismogene din Romania si din Marea Neagra

S-au testat mai multe posibile amplasamente, s-au gasit argumente pro si contra fiecaruia si propunerea din acest moment este : (1) Receptorul VLF/LF primit in gestiune de la INFREP in aprilie 2016 – la Marisel, Cluj si (2) Cele doua receptoare ce se vor achizitiona anul viitor sa fie instalate la Plostina, Barlad sau Vaslui. In etapa viitoare se vor testa inregistrarile de la cele 3 amplasamente si se vor alege cele mai bune doua.

Obiectiv 1.3. Diseminarea rezultatelor – vezi rezultatele

Activitatea1.3.1 Diseminarea rezultatelor la conferințe

Activitatea 1.3.2 Trimiterea unui articol la publicat intr-o revista ISI

Bibliografie

J. Artru, T. Farges and P. Lognonn'e. Acoustic waves generated from seismic surface waves: propagation properties determined from doppler sounding observation and normal-modes modeling. Geophys. J. Int., 158, 1067-1077 (2004).

L. Ciraolo. Evaluation of GPS L2-L1 biases and related daily TEC profiles, in: Proc. of the GPS/Ionosphere Workshop, 90–97, Neustrelitz (1993).

I.R. Dobrovolsky, S.I Zubkov and V.I. Myachkin. Estimation of the size of earthquake preparation zones. Pageoph, 117, 1025–1044 (1979).

P Dolea, O Cristea, Paul Vladut Dascal, Iren-Adelina Moldovan, Pier Francesco Biagi Aspects regarding the use of the INFREP network for identifying possible seismic precursors Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C, Volumes 85–86, 2015, 34–43, http://dx.doi.org/10.1016/j.pce.2015.05.010

M. Hayakawa. On the fluctuation spectra of seismo-electromagnetic phenomena. Nat. Hazards Earth Syst. Sci., 11, 301–308 (2011).

Y. He, D. Yang, J. Qian and M. Parrot Response of the ionospheric electron density to different types of seismic events. Nat. Hazards Earth Syst. Sci., 11, 2173–2180 (2011).

H. Le, J.Y. Liu and L. Liu A statistical analysis of ionospheric anomalies before 736 M6.0+ earthquakes during 2002–2010, J. Geophys. Res., 116, A02303 (2011).

I.A. Moldovan, A.P. Constantin, P.F. Biagi, D. Toma Danila, A.S. Moldovan, P. Dolea, V.E. Toader, T. Maggipinto. The Development of the Romanian VLF/LF Monitoring System as Part of the International Network for Frontier Research on Earthquake Precursors (INFREP), Rom. Journ. Phys., 60, 7–8, 1203–1217 (2015)

P.I. Nenovski, M. Pezzopane, L. Ciraolo, M. Vellante, U. Villante and M. De Lauretis. Local changes in the total electron content immediately before the 2009 Abruzzo earthquake. Adv. In Space Res. 55, 243-258 (2015).

S.A. Pulinets and K.A. Boyarchuk. Ionospheric precursors of earthquakes, Springer, Berlin (2004).

A.A. Rozhnoi, M.S. Solovieva, P.F. Biagi, K. Schwingenschuh and M. Maekawa. Low frequency signal spectrum analysis for strong earthquakes. Annals of geophysics, 55 (2012).

V. Yu, Yasyukevich, S.V. Voeykov, I.V. Zhivetiev and E.A. Kosogorov. Ionospheric Response to Solar Flares of C and M Classes in January–February 2010. Cosmic Research, 51, 114–123 (2013).

6.Rezultate, stadiul realizării obiectivului fazei, concluzii şi propuneri pentru continuarea proiectului (se vor preciza stadiul de implementare a proiectului, gradul de indeplinire a obiectivului cu referire la tintele stabilite si indicatorii asociati pentru monitorizare si evaluare).

Rezultatele urmarite au fost obtinute in totalitate in aceasta prima faza a proiectului :

(1) Harti de zonare seismica si cu traseele de propagare radio; **(2)** Baze de date seismice si cu indicii geomagnetici Kp; **(3)** Prelucrari primare ale datelor EM: Diagrame temporale; **(4)** Analize de corelare a fenomenelor: seismic, geofizic, solar, antropic si perturbatiile ionosferice identificate in comportamentul propagarii undelor EM; **(5)** Studii de amplasament;

(6) Articole trimise si acceptate la publicat in reviste ISI, si diseminarea rezultatelor la conferinte nationale si internationale:

Prezentari la conferinte:

1. European Geosciences Union General Assembly, EGU, Viena, Aprilie 2014:

1. Seismic hazard and risk assessment for large Romanian dams situated in the Moldavian Platform by Iren-Adelina Moldovan et al. submitted to NH9.8, identification number EGU2016-13750
2. The reliability of radon as seismic precursor by Victorin Emilian Toader et al. submitted to NH4.7/AS4.37/EMRP4.21/SM3.5, identification number EGU2016-9108.
3. How prepared individuals and communities are for evacuation in tsunami-prone areas in Europe? Findings from the ASTARTE EC Programme by Franck Lavigne et al. submitted to NH5.1, identification number EGU2016-9172
4. Tsunamis hazard assessment and monitoring for the Back Sea area by Raluca Partheniu, et al., submitted to NH5.1, identification number EGU2016-6703.

2. 16th International Balkan Workshop on Applied Physics and Materials Science IBWAP 2016 (7-9, July, 2016)

1. The Modeling Of The Macroseismic Field Associated With Romanian Normal And Intermediate Depth Earthquakes, Iren-Adelina Moldovan, Raluca Partheniu, Cristian Ghita, Angela Petruta Constantin, Dragos Toma Danila
2. Testing The Macroseismic Intensity Attenuation Laws On The Romanian Crustal Seismic Events, Angela Petruta Constantin, Iren-Adelina Moldovan
3. Investigation Of Pre-Earthquake Ionospheric Anomalies Using Vlf/Lf Infrep European And Gnss Global Networks, Haris Haralambous, Christina Oikonomou, Iren-Adelina Moldovan – Prezentare Oral
4. Investigation Of Infrasonic Signals Recorded On The Romanian Black Sea Coast, Iren-Adelina Moldovan, Victorin Emilian Toader1 Adrian Septimiu Moldovan, Angela Petruta Constantin
5. Testing The Macroseismic Intensity Attenuation Laws On The Vrancea (Romania) Subcrustal Seismic Events, Maria Rogozea, Iren-Adelina Moldovan[1], Angela Petruta Constantin[1], Liviu Manea

Articole trimise si acceptate la publicat
Urmatoarele doua prezentari de la IBWAP 2016:
1. Investigation Of Pre-Earthquake Ionospheric Anomalies Using Vlf/Lf Infrep European And Gnss Global Networks, Haris Haralambous, Christina Oikonomou, Iren-Adelina Moldovan
2. Investigation Of Infrasonic Signals Recorded On The Romanian Black Sea Coast, Iren-Adelina Moldovan, Victorin Emilian Toader, Adrian Septimiu Moldovan, Angela Petruta Constantin
au fost trimise la publicat, in volumul special dedicat conferintei.

Articolele trebuie sa treaca de referenti si va fi aleasa revista ISI in care vor fi publicate: Romanian Journal in Physics sau Romanian Reports in Physics.

Articolele

1. Detection of Events in a Multidisciplinary Network Monitoring Vrancea Area Victorin-Emilian Toader, Iren-Adelina Moldovan, Alexandru Marmureanu, Constantin Ionescu
2. Input Parameters for the Probabilistic Seismic Hazard Assessment in the Eastern Part of Romania and Black Sea Area, I.A. Moldovan, M. Diaconescu, E. Popescu, M. Radulian, D. Toma-Danila, A.P. Constantin, A.O. Placinta

au fost deja acceptate pentru a fi publicate in revista Romanian Journal in Physics

Stadiul realizării obiectivului fazei

Aceasta faza a avut trei obiective :
Obiectiv 1.1 Gestionarea si corelarea datelor seismice, electromagnetice (EM) si spatiale existente
Obiectiv 1.2. Corelarea inregistrarilor electromagnetice (EM) cu datele seismice si spatiale existente
Obiectiv 1.3. Diseminarea rezultatelor

care au fost indeplinite integral.

Cele mai importante rezultate obtinute pana acum au fost si urmeaza sa fie prezentate la conferinte nationale si internationale, au fost trimise 2 articole la publicat si alte doua au fost deja acceptate.
Toate rezumatele, prezentarile si articolele au multumiri aduse Proiectului Nucleu 16 35 03 01/2014.

Concluzii

In Faza 1 a proiectului PN 03 01 s-au obtinut rezultate importante pentru buna desfasurare viitoare a proiectului.
Cele mai importante realizari sunt bazele de date seismice, electromagnetice, date privind activitatea soarelui, dar si gestionarea lor si identificarea perechilor Ri-Ti care traverseaza zonele seismogene importante din Romania. Pentru perechile Ri-Ti selectate s-au stabilit si celelalte surse seismice europene care ar putea contribui la aparitia unor anomalii de propagare.
S-au evidentiat zonele seismogene neacoperite in prezent (BD si PD). In cazul in care receptorul din Georgia isi va relua functionarea aceste zone vor fi acoperite de inregistrari.
S-au studiat cele mai importante evenimente seismice produse pe perioada de functionare a receptorului si s-au identificat cateva tipuri de anomalii posibile, cea mai importanta fiind scaderea amplitudinii semnalului pe timp de noapte.
O alta concluzie observata in urma prelucrarilor semnalelor radio inregistrate de diferite receptoare INFREP, este ca inregistrarile de la DOb-RO sunt cele mai bune. Explicatia este ca am inlocuit inca de la inceput antenele liniare cu care era echipat receptorul cu antene magnetice. Pentru noul receptor primit in locatie de gestiune, de la Universitatea din Bari in aprilie 2016, pentr a fi folosit pe acest proiect, am achizitionat deja antenele magnetice.

Proiectul se va continua in anul urmator avand urmatoarele obiective:

Faza 2. Prelucrari avansate ale inregistrarilor EM pentru evidentierea si corelarea anomaliilor de propagare ionosferica a undelor radio de frecventa joasa (LF) si foarte joasa (VLF) cu cauzele generatoare

Obiectiv 2.1 Dezvoltarea metodelor de prelucrare avansata

Activitate 2.1.1 Dezvoltarea metodei Timpului Terminator (TT), aplicata variatiei amplitudinii si frecventei undelor radio VLF / LF
Activitate 2.1.2 Dezvoltarea metodei fluctuaţiei nocturne (NT), aplicata propagarii sub-ionosferice a undelor radio VLF/LF.

Activitate 2.1.3 Dezvoltarea metodei wavelet

Obiectiv 2.2 Dezvoltarea retelei de monitorizare EM

Activitate 2.2.1 Instalarea noilor receptoare VLF/LF si a antenelor

Obiectiv 2.3. Aplicarea metodelor în analiza propagarii undelor radio VLF / LF pentru studiul perturbatiilor seismo-ionosferice. Validarea rezultatelor cu alte metode geofizice si geodetice

Activitate 2.3.1 Aplicatii pe datele INFREP pentru perioadele centrate pe cele mai importante evenimente seismice din perioada 2009-prezent

Se vor relua si studia perioadele in care am avut evenimente seismice sau spatiale folosind metodele avansate descrise la Obiectivul 2.1. Pentru perioadele cu anomalii se vor cerceta toti factorii posibili care ar fi putut duce la aparitia anomaliei: cauze locale la emitator, la receptor (studiul conditiilor electrice si meteo – doar ptr receptorul Dob-Ro), conditii globale si evenimente seismice.

Obiectiv 2.4. Diseminarea rezultatelor

Activitatea 2.4.1 Diseminarea rezultatelor la conferinţe

Activitatea 2.4.2 Publicarea unui articol intr-o revista ISI

Activitatea 2.4.3 Diseminarea rezultatelor pe pagina WEB a INCDFP

Proiectul isi poate extinde studiile si in viitor prin realizarea acestui tip de analize si asupra surselor seismogene din Marea Neagra.

Responsabil proiect

MOLDOVAN IREN ADELINA