

Rezumatul publicabil în limbile română și engleză (maxim 3 pagini), din care să rezulte gradul de noutate și elementele de dezvoltare economică ale întregului proiect, impactul preconizat asupra mediului științific, tehnic, economic, social și didactic

Ideea care a stat la baza proiectului este conceptul de cercetare complexă, multidisciplinară, care urmărește obținerea unei perspective noi asupra fenomenelor geofizice asociate perioadelor de pregătire a cutremurelor, obținute din procesarea simultană a înregistrărilor complementare oferite de instituțiile partenere în proiect din România și Cipru. Această inițiativă reprezintă prima încercare de a investiga cutremurele în legatură cu perturbările ionosferice deasupra Europei, utilizând modalități combinate și complementare de monitorizare și analiză.

S-au urmărit atât caracteristicile propagării în ionosferă a undelor radio la frecvențe foarte joase și joase (VLF/LF) (puse la dispoziția proiectului de partenerul din România prin intermediul rețelei INFREP) dar și la frecvențe foarte înalte (HF) (aparținând partenerului din Cipru) cât și proprietățile ionosferei văzute prin prisma conținutului total de electroni (TEC) obținut prin analiza avansată a datelor GPS/GNSS înregistrate în ambele țări partenere, dar neprelucrate încă în acest scop în România.

Proiectul a investigat interacțiunile din sistemul cuplat Pamant-Spațiu în corelație cu cutremurele din Europa, folosind sistemele de monitorizare ale ionosferei existente în ambele țări: receptoarele GNSS/GPS și receptoarele VLF/LF instalate la Eforie Nord și centrul Helen Sat, din sudul Ciprului, receptoare aparținând rețelei INFREP și gestionate de partenerul din România și datele de la ionosondele europene și receptoarele VLF din rețeaua AWESOME la care are acces partenerul din Cipru.

Obiectivul principal a fost acela de a studia fenomenele seismoionosferice și de a identifica particularitățile de manifestare ale acestora în corelație cu cutremurele. Folosind observații experimentale și prelucrări matematice avansate, s-a încercat identificarea semnatuurilor ionosferice asociate producerii cutremurelor.

Obiectivele fazelor de execuție au fost:

Obiectivul 1.1 Gestionarea datelor seismice și magnetice și crearea bazei de date în care s-a realizat zonarea seismică a Europei și implicit a cataloagelor de cutremure europene pentru perioada 1998-2015. S-au evidențiat sursele seismice (Figurile 1 a și b) din aria de studiu situate în interiorul celei de-a cincea zone Fresnel a traseelor de propagare ale undelor radio monitorizate de receptoarele din România și Cipru, receptoare aparținând rețelei INFREP. Tot în cadrul acestui obiectiv s-au evaluat condițiile geomagnetice globale și s-a realizat baza de date cu Kp-uri până în 2015.

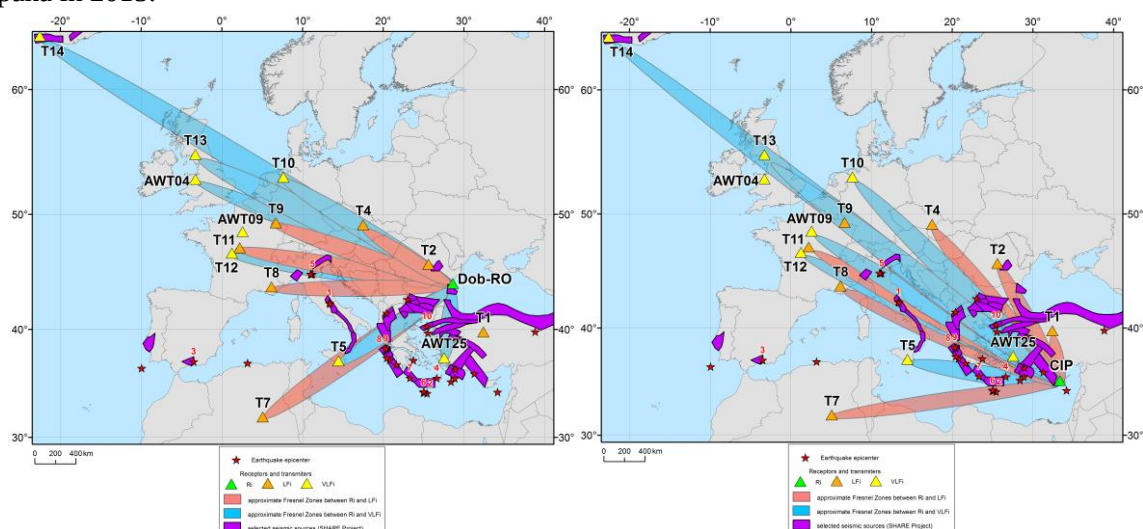


Figura 1. Zonele seismogene (și cutremurele cu $M_w > 6$ din perioada 2009-2015) din Europa traversate de a 5a zonă Fresnel a traseelor radio monitorizate de a. receptorul DOB-Ro și b. receptorul CIP

Obiectivul 2.1 Analize și investigații pe datele electromagnetice (EM) oferite de rețeaua INFREP (VLF/LF). În cadrul acestui obiectiv s-au gestionat principalele perturbații (amplitudine și fază) înregistrate cu rețeaua INFREP LF/ VLF și s-a încercat corelarea cu cauzele posibile (Figura 2).

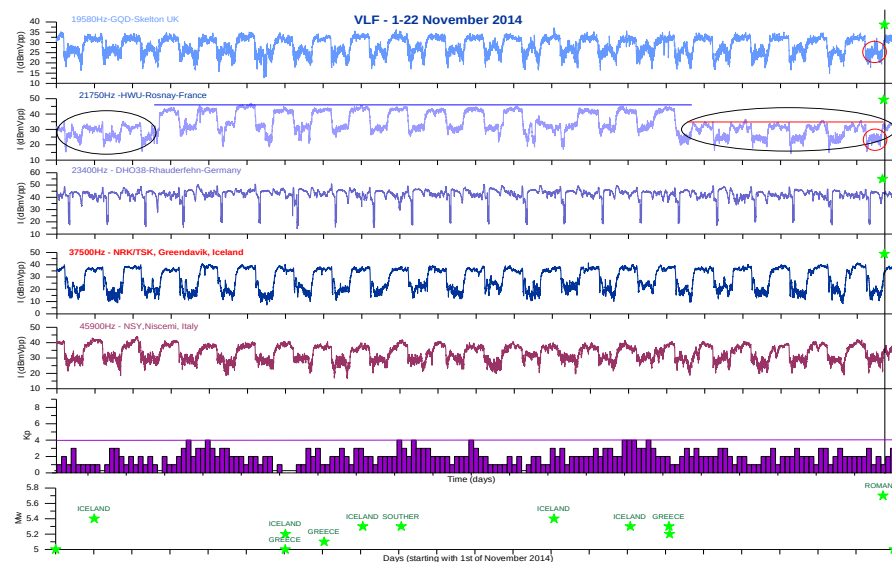


Figura 2. Diagrame cu datele VLF inregistrate de receptorul Dob-Ro, indicele magnetic Kp si cutremurele europene ce s-au produs in perioada 1-22 noiembrie 2014, perioada premergatoare celui mai mare cutremur inregistrat instrumental din zona Vrancea cutremure crustale.

Datele au fost analizate deasemenea si prin metodele Timpului Terminator (TT) si a fluctuatiei nocturne (NT) in scopul detectarii perturbatiilor seismo-ionosferice.

Obiectivul 2.2. Analize si investigatii ale TEC folosind datele GPS/GNSS oferite de retelele partenere (INCDFP SI FRC).

In cadrul acestui obiectiv s-au prelucrat datele RINEX furnizate de retelele GPS/GNSS apartinand INCDFP, din Romania dar si din datele puse la dispozitie gratis de retelele europene, pentru a obtine informatii despre TEC inainte, in timpul si imediat dupa cutremurele mari. S-au elaborat harti de TEC diferentiale inainte, in timpul si dupa producerea cutremurelor mari din Romania (Figura 3) si din Europa, folosindu-se metode statistice si tehnici de corelare pentru identificarea semnatuurilor seismice in distributia TEC-urilor.

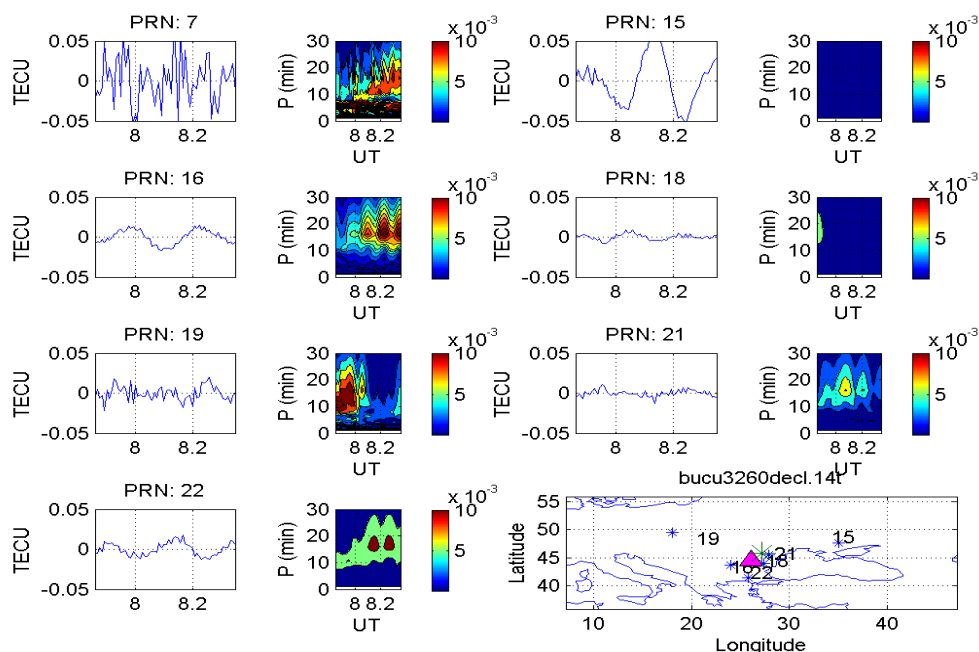


Figura 3. Fluctuatii ale valorilor TEC diferentiale obtinute din masuratorile inregistrate de 7 sateliti trecand pe deasupra zonei de interes in timpul celor mai mari anomalii TEC observate pe date de 22 Nov. 2014 la statiile GPS din apropierea epicentrului. Este aratata de asemenea functia spectrala a amplitudinii normalizate. Harta indica numarul si pozitia satelitilor IPP (cu asterisc albastru), pozitia receptorului GPS de la statia BUCU (triunghi roz) si epicentrul seismului (cu asterisc verde).

Obiectivul 2.3. Analiza si investigarea strater inalte al ionosferei folosind date furnizate de ionosondele Europene (FRC).

In cadrul acestui obiectiv s-au scalat ionogramele inaintea, in timpul si imediat dupa cutremurele mari, in scopul obtinerii parametrilor ionosferici caracterizati de frecventele foF2, foE si foEs. S-au facut aplicatii ale metodelor statistice si ale tehnicilor de corelare (Figura 4) pe seriile de timp oferite de ionosonde pentru identificarea semnaturilor seismice ale cutremurelor europene cu $M_w > 6.0$ produse din 2009 pana in 2015.

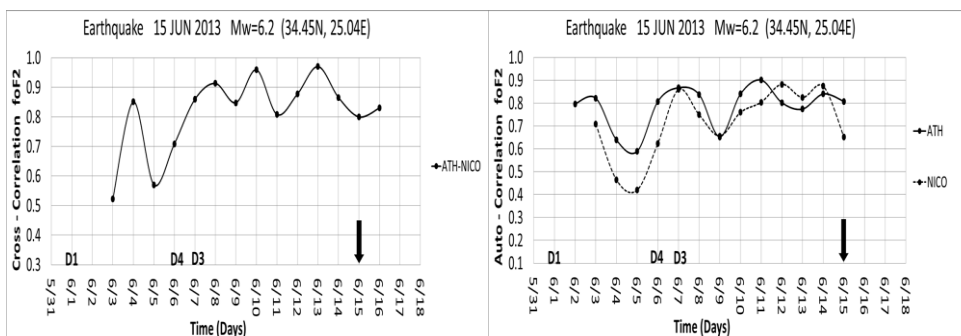


Figura 4. Stânga: coeficientul de cross-corelare pentru semnale vTEC la stațiile selectate, pentru cutremurul din 15 iunie 2013. Dreapta: coeficientul de auto-corelare la aceleași stații. Săgeata neagră indică ziua în care a avut loc cutremurul. Zilele cu perturbații geomagnetice sunt notate cu D.

Rezultatele cuantificabile ale proiectului sunt: Baza de date cu inregistrari VLF/LF; Anomalii de propagare radio; Baza date TEC; Analize statistice si corelatii TEC; Harti diferentiale TEC; Ionograme; Corelatii foF2;

Diseminarea rezultatelor s-a realizat în reviste de specialitate cotate ISI (6 articole) și la conferințe nationale (8 prezentari) si internationale (10 prezentari), in INCDFP si FRC si pe pagina WEB a proiectului (<http://ines.infp.ro/informatii.html>) . Prezentarea sustinuta de unul din tinerii doctoranzi de pe acest proiect, prezentare realizata in urma vizitei de lucru din iunie 2015, a primit mentiune speciala la conferinta *13th International Balkan Workshop on Applied Physics, Constanta, Romania, 2-7 July 2015 (Anexa 1)*. Aceasta activitate s-a concretizat si prin publicarea unui articol comun intr-o revista ISI.

Concluzia principala ce a reiesit din toate studiile este ca in perioada de pregatire a unui cutremur apar manifestari anormale in toate stratele ionosferei, cu manifestari in propagarea undelor la frecvente joase si foarte joase (LF si VLF) cat si in continutul total de electroni (TEC) din stratele mai inalte ale ionosferei. Aceste studii ne-au incurajat sa mergem mai departe pe aceasta cale si vrem ca in viitorul apropiat sa incercam dezvoltarea acestei idei in cadrul altor proiecte finantate la nivel national si international si automatizarea procedeului de identificare si detectie a semnaturilor seismoprecursorare in scopul realizarii de prognoze seismice valabile, ce ar avea un impact major atat in mediul stiintific dar si in cel economico-social.



Cel mai important rezultat al acestui proiect este insa prietenia ce s-a creat intre echipele de cercetare din cele doua tari partenere si dorinta de a colabora pe viitor si de a dezvolta aceste metode de prognoza seismica