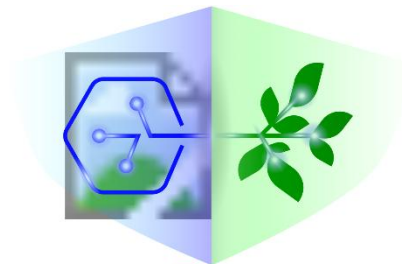


„PNRR: Fonduri pentru România modernă și reformată!”



DTEclimate

Digital Twin Earth Intelligence for Climate Changes

DTEClimate, ctr. nr. 760008/30.12.2022

D 4-5.2- Rapoarte științifice

Prepared By	<u>REACTIVE team</u>	<u>27.04.2026</u> Date
Reviewed By	<u>Ionescu Constantin</u>	<u>30.04.2026</u> Date
Approved By	<u>Ionescu Constantin</u>	<u>30.04.2026</u> Date

„Conținutul acestui material nu reprezintă în mod obligatoriu poziția oficială a Uniunii Europene sau a Guvernului României”

DOCUMENT CHANGE RECORD

Issue	Date	Chapter	Change
0.1	2026-03-25	all	First version
0.2	2026-04-27	all	Final version

„Conținutul acestui material nu reprezintă în mod obligatoriu poziția oficială a Uniunii Europene sau a Guvernului României”



„PNRR. Finanțat de Uniunea Europeană – Următoarea Generație UE”

<https://mfe.gov.ro/pnrr/>

<https://www.facebook.com/PNRROficial/>

CUPRINS

1. Obiectivele proiectului, progresul cercetarilor și realizări, managementul proiectului
 - 1.1 Obiectivele proiectului
 - 1.2 Obiectivele principale ale fiecarui pachet de lucru
 - 1.3 Progresul cercetarilor și realizările în perioada de raportare a fiecarui WP
 - 1.3.1 WP4-1 – Evaluarea și dezvoltarea instrumentelor de observare a Pământului pentru răspunsul mișcării solului la schimbările climatice
 - 1.3.2 WP 4-2 – Analiza interdisciplinară a datelor și evaluarea riscurilor multiple
 - 1.3.3 WP 4-3 – Dezvoltare digitală: instrument complex pentru transformări societale.
 - 1.3.4 WP 4-4 – Studii de caz
 - 1.3.5 WP 4-5 – Management, Diseminare, Comunicare
2. Bibliografie

„Conținutul acestui material nu reprezintă în mod obligatoriu poziția oficială a Uniunii Europene sau a Guvernului României”

1. Obiectivele proiectului, progresul cercetarilor și realizări, managementul proiectului

1.1 Obiectivele proiectului

- ❑ O1: Modernizarea rețelelor de monitorizare și performanța de monitorizare a mai multor tipuri de rețele operate de INCDFP prin achiziția și instalarea a 4 seismometre, 2 stații GNSS, Sistem de reducere a zgomotului pentru rețeaua de infrasunete de la AGIGEA, precum și îmbunătățirea performanțelor la rețeaua de la Marea Neagră și instalarea de accelerometre în zone cu impact al efectelor schimbărilor climatice
- ❑ O2: Aplicarea celor mai noi tehnici de procesare și pachete software disponibile pentru a obține informații din fiecare tip de date și analiza posibilelor relații de corelare și cauzalitate;
- ❑ O3. Generarea hărților multi-hazard dependente de timp pentru scenarii de cutremur puternic la scară urbană și locală, cu un efect suplimentar al variabilelor schimbărilor climatice și integrarea în sistemul de mesagerie al sistemului de avertizare timpurie existent (REWS);
- ❑ O4. Proiectul se integrează cu Misiunea UE Orizont Europa „Adaptare la schimbările climatice” și va servi drept punct de plecare pentru mai multe direcții de cercetare, cu scopul final de a reduce riscul seismic și de a crește rezistența și adaptarea comunităților vulnerabile din punct de vedere economic la condițiile seismice locale în schimbare.

1.2 Obiectivele principale ale fiecărui pachet de lucru

WP4-1 – Evaluarea și dezvoltarea instrumentelor de observare a Pământului pentru răspunsul mișcării solului la schimbările climatice

Obiectivele principale pentru perioada de desfășurare a pachetului de lucru:

- Elaborarea livrabilelor 4-1.1, 4-1.2 și 4-1.3 în luna 12, dar care din motive financiare nu au fost realizate la timp, termenul fiind extins până-n luna 24 a proiectului.
- Pregătirea livrabilului 4-2.1, care a fost predat în luna 24, în loc de luna 12, motivele fiind aceleași.
- Elaborarea structurii bazei de date multi-type: seismic, infrasunete, GNSS și datele din zona Marii Negre și începerea organizării acesteia, ca pregătire pentru Livrabilele din WP4-3 și WP4-4, cu termen în lunile 36-40;
- Continuarea activităților pentru atingerea rezultatelor prevăzute în Livrabilele WP4-2, cu termen în luna 24-36.

„Conținutul acestui material nu reprezintă în mod obligatoriu poziția oficială a Uniunii Europene sau a Guvernului României”

WP 4-2 - Analiza interdisciplinară a datelor și evaluarea riscurilor

Obiectivele principale:

- Procesarea și analiza în comun a seturilor de date nou achiziționate și istorice privind înregistrările mișcărilor terenului, date GNSS și date de infrasunete;
- Evaluarea unui model de risc seismic mai precis la nivelul României, ținând cont de modificările efectelor locale ale amplasamentelor selectate și ale tiparelor de amplificare a mișcării terenului ca răspuns la schimbările climatice.

WP 4-3 - Dezvoltare digitală - instrument complex pentru transformările societale

Obiectivele principale:

- Crearea un portal digital care permite utilizatorilor să acceseze și să vizualizeze date brute continue, precum și să monitorizeze produsul multihazard dinamic în timp dezvoltat în WP4-2 și WP4-4 (Task 4-3.4 și Livrabil 4-3.2).
- Dezvoltarea unor instrumente care identifică evenimente extreme, fiind esențială pentru înțelegerea proceselor în schimbare și, de asemenea, utilă pentru o societate aflată în plină transformare.

WP 4-4 - Studii de caz

Obiectivele principale:

- Selectarea unor locații vulnerabile cheie (ex: lacuri de acumulare, baraje, infrastructuri industriale și civile) pentru a demonstra și evalua efectul schimbărilor climatice asupra infrastructurilor critice;
- Analiza efectelor directe și indirecte ale schimbărilor climatice asupra integrității structurilor, rezilienței și protocolelor de securitate;
- Implementarea unui sistem de avertizare timpurie conectat la portalul pentru evenimente climatice extreme.

WP4-5 - Management, diseminare și comunicare

Obiectivele principale:

- Asigura monitorizarea constantă a progreselor științifice și tehnice ale proiectului, precum și a stadiului și calității livrabilelor ;
- Garantează funcționarea corectă administrativă și financiară a proiectului;

„Conținutul acestui material nu reprezintă în mod obligatoriu poziția oficială a Uniunii Europene sau a Guvernului României”

- Menține relațiile cu partenerii implicați (+ partenerul cofinanțator-GREENSOFT) privind evoluția activităților și obiectivele proiectului;
- Asigura comunicarea cu beneficiarii proiectului;
- Crearea și administrarea website-ului proiectului REACTIVE, precum și contribuții la site-ul proiectului complex DTEClimate;
- Menținerea prezenței proiectului pe rețelele sociale, prin Facebook, precum și prin elaborarea și distribuirea de materiale de prezentare (broșuri, pliante);
- Pregătirea și transmiterea către ANC a rapoartelor tehnico-științifice trimestriale ale proiectului;
- Menținerea vizibilității eforturilor și rezultatelor REACTIVE în comunitatea științifică – prin prezentări (orale/poster) în cadrul întâlnirilor și conferințelor și prin publicarea de articole în reviste științifice de specialitate;
- Organizarea de întâlniri interne și în consorțiu necesare pentru realizarea activităților, respectiv cu potențialii beneficiari ai rezultatelor proiectului, în scopul creșterii gradului de conștientizare a riscului privind efectele evenimentelor climatice extreme și pentru a stimula implicarea și cooperarea în vederea construirii unor comunități reziliente (livrabil D4-5.4, **Portal pentru Evenimente Extreme**).

1.3 Progresul cercetărilor și realizările în perioada de raportare a fiecărui WP

1.3.1 WP4-1 – Evaluarea și dezvoltarea instrumentelor de observare a Pământului pentru răspunsul mișcării solului la schimbările climatice

WP leader: INCDFP (C. Ionescu)

În cadrul acestui pachet de lucru s-au realizat activități esențiale pentru modernizarea și optimizarea performanțelor echipamentelor de monitorizare. Aceste activități au vizat consolidarea capacității de observare a fenomenelor extreme și terenurilor vulnerabile pentru mai multe tipuri de rețele, precum seismice, GNSS, infrasunete, nivelul mării, ionizare operate de INCDFP. Prin aceste modernizări, proiectul a asigurat o acoperire integrată și simultană, multi-tip de date, oferind o bază solidă pentru analiza interdisciplinară a proceselor geofizice.

Contribuții per Task:

Task 4-1.1 – Achiziția și instalarea a cinci senzori seismici de bandă largă

Obiectivul general al task-ului constă în modernizarea rețelei naționale INCDFP de stații seismice de bandă largă. Într-o primă fază, în cadrul acestui task s-au realizat analize de zgomot care sunt utile pentru monitorizarea fenomenelor meteo extreme (furtuni, taifunuri, etc.) cu ajutorul

„Conținutul acestui material nu reprezintă în mod obligatoriu poziția oficială a Uniunii Europene sau a Guvernului României”

zgomotului seismic. Astfel ca, pe lângă monitorizarea fenomenelor meteorologice, analiza zgomotului seismic poate contribui și la îmbunătățirea înțelegerii interacțiunilor dintre atmosferă, oceane și crusta terestră. Metodologia aplicata consta in:

1. Colectarea datelor pentru analiza - se utilizeaza inregistrările seismice obtinute la statiile de banda larga din Romania.
2. Procesarea datelor - se calculeaza spectrele densitatii de putere, functiile densitatii de probabilitate (PDF) si spectrogramele inregistrarilor seismice pentru intervalele de timp de interes.
3. Calculul curbelor statistice ale PDF-urilor (ex. mode, median)
4. Analiza PDF-urilor, curbelor statistice în domeniul microseismelor (2-20 s) si corelarea acestora cu fenomenele meteo extreme
5. Extragerea valorilor maxime din curbele statistice in domeniul (2-20 s) si reprezentarea lor pe harta

4-1.1.1 Analiza zgomotului seismic la RSN

Zgomotul seismic reprezintă vibrația continuă de amplitudine foarte mică a scoarței terestre, fiind generat de diverse surse, inclusiv de activitatea umană (de exemplu, trafic, industrie), procese geologice (de exemplu, vulcani, mișcări tectonice) și, în mod important pentru contextual proiectului REACTIVE, de fenomene meteorologice extreme, cum ar fi furtunile, uraganele, taifunurile, etc. Când se produc astfel de fenomene, energia lor este transmisă nu doar prin atmosferă, ci și scoarta terestră, generând vibrații specific cunoscute sub numele de microseisme si care pot fi detectate de seismografe. Aceste vibrații pot ajuta la monitorizarea intensității și a traseului fenomenelor meteorologice, chiar și în regiuni unde datele meteorologice pot fi limitate. Pe lângă monitorizarea fenomenelor meteorologice, analiza zgomotului seismic poate contribui și la îmbunătățirea înțelegerii interacțiunilor dintre atmosferă, oceane și crusta terestră.

4-1.1.2 Variația zgomotului seismic în domeniul 0.025 - 1 s

În acest domeniu spectral, zgomotul seismic poate avea atât origine naturală (vânt, ape curgătoare) cât și origine antropică. Vântul poate genera zgomot seismic din cauza modificărilor presiunii aerului, în timp ce râurile generează vibrații ale terenului într-o gamă largă de frecvențe ca urmare a coliziunii particulelor de sedimente din timpul transportului acestora. Utilizând stații meteorologice co-localizate cu stațiile seismice (ex. MLR), s-a efectuat o analiză a impactului variațiilor condițiilor atmosferice locale, precum variația vitezei vântului, asupra nivelului zgomotului seismic. S-a folosit un set de date colectate pe o perioadă de zece zile. Figura 4-1.1.1 prezintă o comparație între datele de zgomot seismic și parametrii atmosferici înregistrați la stația MLR. Se poate observa o bună corelare între creșterea nivelului zgomotului seismic și intensificarea vântului în perioada de mijloc a intervalului selectat.

„Conținutul acestui material nu reprezintă în mod obligatoriu poziția oficială a Uniunii Europene sau a Guvernului României”

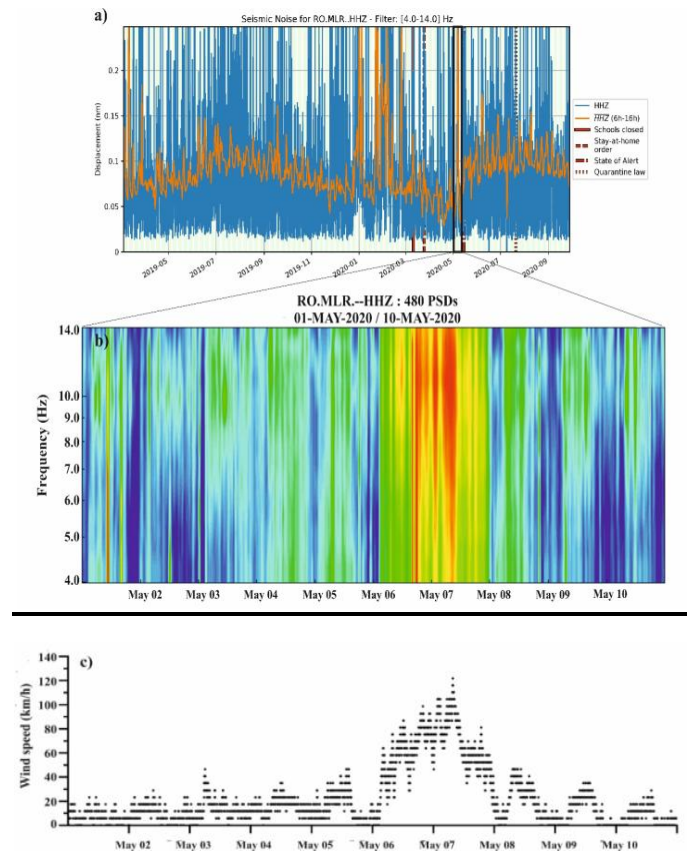


Figura 4-1.1.1- Comparație între datele de zgomot seismic și parametrii atmosferici înregistrate la stația MLR (Muntele Roșu). (a) Evoluția pe termen lung a zgomotului seismic. Cele două linii vertical marchează intervalul 01 - 10 mai pentru care a fost efectuată analiza. (b) Spectrograma calculată în banda de frecvență 4-14 Hz. (c) Reprezentarea în timp a datelor privind viteza vântului. Se observă o bună corelare între vârful zgomotului seismic observat în fereastra selectată (a), creșterea energiei zgomotului în spectrogramă între 06 mai și 08 mai 2020 (b) și creșterea semnificativă a vitezei vântului pentru același interval (c)

4-1.1.3 Variația zgomotului seismic în domeniul 2 - 20 s

În domeniul 2-20 s (domeniul microseismelor), zgomotul seismic are origine naturală și este caracterizat de prezența a două vârfuri spectrale ce pot fi observate la majoritatea stațiilor seismice din întreaga lume. Un prim vârf mai pronunțat se regăsește în domeniul 2-10 s (Double Frequency Peak – DFP), fiind asociat cu undele oceanice care se propagă în direcții opuse și generează unde staționare care interacționează cu fundul oceanului, dând astfel naștere undelor elastice care sunt înregistrate de stațiile seismice sub forma zgomotului seismic. Un al doilea vârf (Single Frequency Peak – SFP), mai puțin pronunțat, se poate identifica în jur de 8-14 s și este interpretat ca fiind rezultatul undelor oceanice care lovesc coasta și transferă energia în unde Rayleigh. Pentru studiu s-

„Conținutul acestui material nu reprezintă în mod obligatoriu poziția oficială a Uniunii Europene sau a Guvernului României”

au ales înregistrări seismice obținute în două intervale de timp caracterizate de condiții meteorologice diferite la patru stații situate la distanțe diferite de la linia de coastă a Mării Negre (MANR, RAZG, SRE și TIRR).

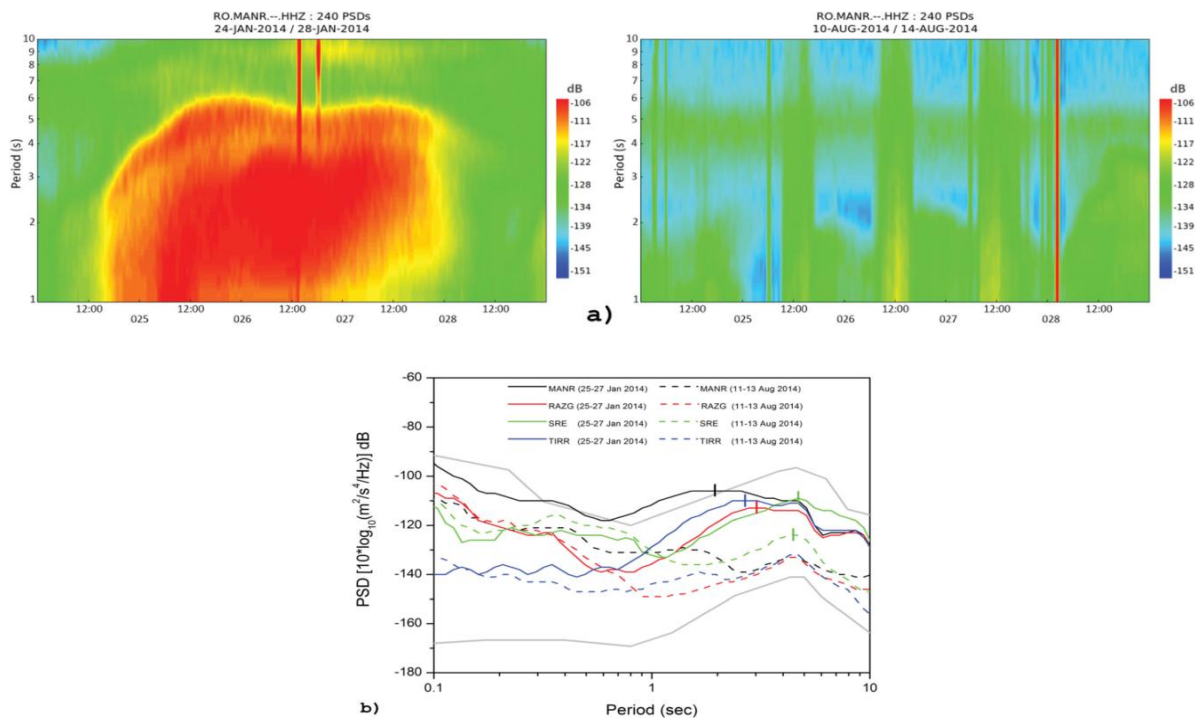


Figura 4-1.1.2. a) Spectrogramele calculate pentru component verticală a stației MANR pentru intervalul de timp 24-28 ianuarie 2014 (stânga), respectiv 10-14 august 2014 (dreapta). Se observă creșterea nivelului zgomotului în domeniul 2-10 s în timpul iernii. b) Mediana PDF-urilor obținută la stațiile MANR, RAZG, SRE și TIRR pentru intervalul de iarnă (25-27 ianuarie 2014) și intervalul de vară (11-13 august 2014)

Dupa studiul premergator efectuat privind analiza zgomotului seismic ambiental s-a reusit achizitia si instalarea celor cinci senzori seismici in locatiile prestabilite. Senzorii seismici de banda larga achizitionati au fost amplasati in zona Dobrogea, în localitățile Constanța, Mangalia, Cernavodă, Galați și Jurilovca, precum și un senzor, din fonduri proprii, în Odobești (Vrancea). Acești senzori, inițial proiectați pentru înregistrarea cutremurelor, s-au dovedit esențiali/utili și în monitorizarea **fenomenelor meteorologice extreme**, deoarece pot detecta **vibrații subtile ale solului** generate de furtuni puternice sau uragane, ploi intense sau interacțiunea valurilor cu fundul mării. Analiza acestor semnale se face pe **benzi de frecvență specifice**, relevante pentru diferite procese: peste **40 Hz** pentru impactul picăturilor de ploaie, **0.4–0.8 Hz** pentru microseisme locale asociate vântului și valurilor, **0.18–0.35 Hz** pentru fenomene precum medicane (uragane mediteraneene) și sub

„Conținutul acestui material nu reprezintă în mod obligatoriu poziția oficială a Uniunii Europene sau a Guvernului României”

0.05 Hz pentru interacțiuni atmosferă–sol. Pentru a capta corect aceste semnale, senzorii trebuie să îndeplinească câteva **caracteristici esențiale**: să fie **triaxiali** (înregistrează pe trei direcții), să aibă **rată mare de eșantionare** (≥ 100 Hz), **bandă largă de frecvență** (**0.01–100 Hz**) și **calibrare precisă** (definită prin poli și zerouri). Aceste cerințe permit transformarea vibrațiilor slabe în informații utile, contribuind la **înțelegerea formării, evoluției și impactului fenomenelor extreme** asupra mediului. Locațiile selectate pentru noii senzori seismici sunt prezentate în Figura 4-1.1.3.

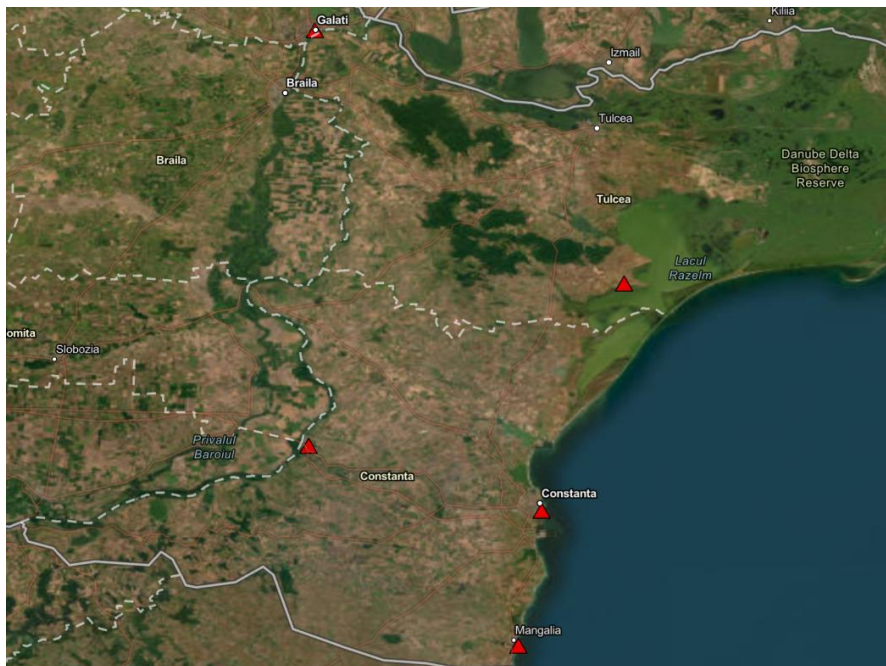


Figura 4-1.1.3- Harta cu amplasamentele noilor senzori seismici (triunghiuri roșii).

În concluzie, corelarea datelor seismice cu observațiile meteorologice și satelitare oferă o înțelegere mai detaliată a dinamicii furtunilor și a interacțiunii acestora cu suprafața terestră. Această abordare contribuie la îmbunătățirea monitorizării și prognozei fenomenelor meteorologice extreme și la o mai bună evaluare a impactului acestora.

Task 4-1.2- Achiziția și instalarea unui sistem de monitorizare infrasunete la Eforie Nord/ Agigea în vederea modernizării rețelei de infrasunete

În cadrul acestei activități s-a realizat documentația privind achiziția echipamentului “Modernizare sistem de monitorizare infrasunete”, s-a făcut proiectarea sistemului și simularea privind distribuția elementelor în teren, în vederea îmbunătățirii capacității de detecție a evenimentelor atmosferice și seismice. Astfel, un nou sistem de măsurare a infrasunetelor a fost instalat la Eforie

„Conținutul acestui material nu reprezintă în mod obligatoriu poziția oficială a Uniunii Europene sau a Guvernului României”

Nord/Agigea (județul Constanța), în cadrul Stațiunii Biologice Marine „Prof. Dr. Ioan Borcea” de la Agigea.

4-1.2.1. Sursele de infrasunete

Undele infrasonice sunt generate de o mare varietate de surse: naturale și provocate de activitatea umană (surse antropogene) (*Campus, 2004*). Sursele naturale includ: meteori, aurore boreale, furtuni de convecție și fulgere, tornade, valuri oceanice de mare amplitudine, cutremure, crioseisme, alunecări de teren, avalanșe, ruperi de aisberguri și ghețari, erupții vulcanice continue sau explozive, tsunami, cascade și valuri marine costiere. Sursele antropogene de infrasunete includ: explozii nucleare, explozii miniere și chimice, lansări și reintrări în atmosferă de sateliți, nave spațiale și rachete, avioane, surse industriale precum gazele emantate de instalații industriale, flăcările rafinării de petrol și gaze, barajele hidrotehnice, turbinele eoliene etc. (*Campus și Christie, 2010*).

În **Tabelul 1** este prezentată o listă a celor mai importante tipuri de unde infrasonice observate, inclusiv gama specifică de frecvențe, amplitudinile maxime observate în Pa ($1 \text{ Pa} = 10^{-5} \text{ bar}$), domeniul de distanțe maxim estimat pentru detecție. Un număr de surse relativ mici nu a fost inclus în acest tabel – uzine hidroelectrice, turbinele eoliene, crioseisme, micro-explozii, eclipse solare și surse asociate cu activități generatoare de zgomot cultural, precum autostrăzi, trenuri și aeroporturi (*Campus și Christie, 2010*). În **Figura 4-1.2.1** sunt ilustrate câteva dintre aceste surse de infrasunete.

Tabelul 1. Caracteristicile câtorva tipuri de unde infrasonice (după *Campus și Christie, 2010*)

Sursa de infrasunete sau tipul de unde infrasonice	Gama de frecvențe (Hz)	Amplitudinea maximă observată (Pa)	Distanța estimată pentru detecție (km)
Explozii nucleare atmosferice	0,002-20	> 20	>20.000
Explozii nucleare subterane	~1-20	~1	~1.000
Explozii în mină	0,05-20	~5	>5.000
Alte explozii chimice	0,05-20	~10	>5.000
Poduri și alte structuri	0,5-20	~0,5	<100
Emanări de gaze din activități industriale (flăcări rezultate din arderea gazelor în rafinării)	1-20	~0,5	~1.000
Lansări de rachete și nave spațiale	0,01-20	~5	~3.000
Reintrarea în atmosferă a sateliților și a navetelor spațiale	0,1-10	~1	>2.000
Avion subsonic	0,3-20	~2	<100
Avion supersonic	0,3-20	~10	~5.000
Meteoriți	0,01-20	>10	>20.000
Infrasunete generate de aurora boreală	0,008-20	~2	~4.000
Rupere de aisberguri și ghețari	~0,5-8	~1	~200
Erupții vulcanice	0,002-20	>20	>20.000

„Conținutul acestui material nu reprezintă în mod obligatoriu poziția oficială a Uniunii Europene sau a Guvernului României”

Furtuni severe (convective)	0,01-0,1	~0,5	~1.500
Cutremure	0,005-10	~4	>10.000
Incendii forestiere; incendii industriale majore	2-20	~2	~4.000
Alunecări de teren; avalanșe	0,1-20	~1	~1.000
Unde microbarometrice	0,12-0,35	~5	~10.000
Unde asociate cu zonele muntoase	0,007-0,1	~5	~10.000
Valuri (surf)	1-20	~0,2	~250
Trăsnete	0,5-20	~2	~50
Tornade	0,5-20	~0,5	~300
Tsunami	0,5-2	~0,1	~1.000
Cascade	0,5-20	~0,2	~200



Figura 4-1.2.1. Sursele de infrasunete: explozii, erupții vulcanice, avalanșe, aurora boreală, orografie, vreme severă, bolizi (explozii de meteoriți în atmosferă), unde marine, baraje hidro-energetice, turbine eoliene

4-1.2.2. Prezentarea rețelei de stații pentru monitorizarea infrasunetelor din România

În anul 2009, INCDFP a demarat instalarea la Ploștina, județul Vrancea, a primei stații românești de monitorizare a infrasunetelor, IPLOR (**Figura 1**). Inițial, stația de tip array IPLOR a avut în componență trei elemente; în anul 2010, a fost adăugat cel de-al patrulea element, iar apoi, pe parcursul anului 2012, au mai fost instalați încă doi senzori, configurația stației ajungând să contină 6 elemente distribuite într-o apertură de 2,5 km. În anul 2019, în urma unui proces de modernizare, configurația stației IPLOR a fost redimensionată la patru elemente echipate cu senzori Chaparral Physics model 25 și distribuite într-o apertură de 0,6 km, cu.

În anul 2016, în cadrul colaborării dintre INCDFP și AFTAC (Air Force Technical Application Center), SUA, a fost instalată, în partea de nord a României (lângă localitatea Benea, județul Suceava), o nouă stație infrasonică temporară de tip array (BURARI) (**Figura 4-1.2.1**) cu patru

„Conținutul acestui material nu reprezintă în mod obligatoriu poziția oficială a Uniunii Europene sau a Guvernului României”

elemente distribuite pe o arie cu apertură de 1,2 km. Având o bună performanță de detecție, în anul 2019, BURARI a devenit stație permanentă cu o configurație re-proiectată de 6 elemente echipate cu microbarometre Hyperion 5113/A și distribuite într-o apertură de 0,7 km.

Pe lângă cele două stații infrasonice permanente, pe teritoriul României, a mai fost instalată în perioada 2016 – 2018, la Mărișel (județul Cluj), stația infrasonică temporară de tip array mobil I67RO (**Figura 4-1.2.1**), în cadrul unui proiect de colaborare științifică a INCDFP cu Secretariatul Tehnic Provizoriu (PTS – Provisional Technical Secretariat) al Organizației Tratatului de Interzicere Totală a Experiențelor Nucleare (CTBTO – Comprehensive nuclear-Test-Ban Treaty Organization). Acest array a avut în componență patru elemente echipate cu microbarometre MB2005 (CEA/DAM) distribuite într-o apertură de 0,9 km. În octombrie 2018, echipamentul stației temporare a fost returnat la CTBTO pentru a fi utilizat într-o altă țară semnatară a Tratatului.

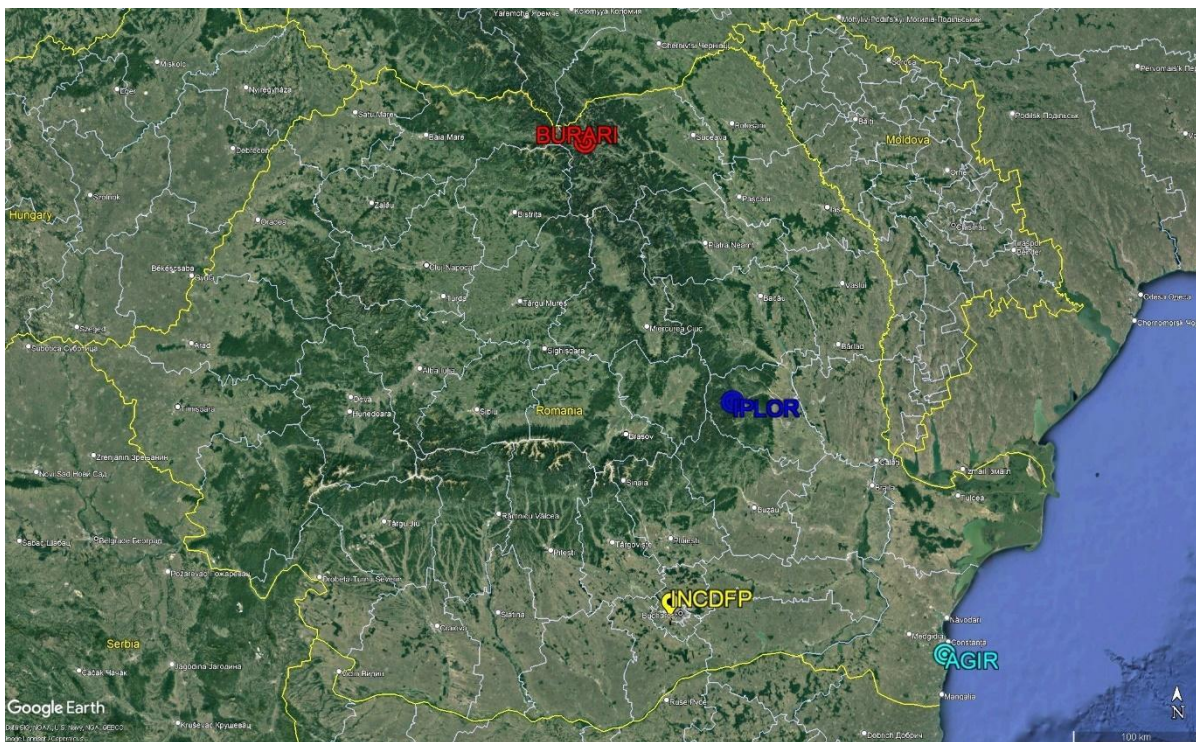


Figura 4-1.2.2. Amplasarea geografică a rețelei de stații pentru monitorizarea infrasunetelor din România

4-1.2.3 Proiectarea geometriei array-ului și selectarea pozițiilor de amplasare a elementelor componente

Proiectarea unui array de infrasunete prezintă o problemă clasică pentru acest demers: compromisul între raportul semnal-zgomot și precizia detecției semnalelor (*Blandford, 1997*). Deși

„Conținutul acestui material nu reprezintă în mod obligatoriu poziția oficială a Uniunii Europene sau a Guvernului României”

zgomotul infrasonic devine necorelat pentru toate perioadele la distanțe mai mici de 100 de metri (*McDonald et al., 1971; Blandford și Clauter, 1996*), semnalele utile devin semnificativ necorelate doar la distanțe cuprinse între 1 și 50 km pentru perioade cuprinse între 1 și 50 s (*Mack și Flinn, 1971*). Astfel, pentru un anumit număr de senzori, pe măsură ce apertura array-ului depășește peste câteva sute de metri, raportul semnal-zgomot scade. Cu toate acestea, dacă coerența semnalului crește, o apertură mai mare va permite o estimare mai precisă a azimutului de sosire a semnalului precum și a vitezei sale aparente.

O rețea proiectată corespunzător ar trebui să ofere o estimare precisă a azimutului semnalului pentru utilizarea lui în algoritmi de localizare a sursei. Principiile fundamentale ale proiectării unui array au fost studiate de mulți ani (a se vedea, de exemplu, *Haubrich 1968; Rost și Thomas 2002*). Proiectarea unui array de monitorizare a infrasunetelor depinde de un număr mare de factori, precum numărul și configurația elementelor array-ului, coerența spațială a semnalelor dintre elementele array-ului și amplitudinea și proprietățile de coerență ale zgomotului de fond (*Christie și Campus, 2010*).

Zgomotul generat de vânt este aproape întotdeauna cea mai importantă sursă de zgomot de fond care afectează stațiile de monitorizare ca infrasunetelor. Prin urmare, proiectarea configurației unui array infrasonic trebuie să urmărească, pe cât posibil, incoerența zgomotului de fond generat de vânt între elementele array-ului. Astfel, raportul semnal-zgomot este crescut cu rădăcina pătrată a numărului de elemente ale matricei. Totuși acesta este un factor relativ mic fiind necesare alte tehnici de reducere la niveluri acceptabile a zgomotului de fond la stațiile de monitorizare a infrasunetelor. Deși se urmărește ca prin proiectarea unui array infrasonic să se obțină o bună capacitate de detectare și o estimare cât mai precisă a azimutului semnalelor într-un cât mai larg domeniu de frecvențe a surselor monitorizate, considerente practice legate de numărul maxim de senzori care pot fi utilizați în array și de apertura maximă a array-ului impun adoptarea unei configurații optime pentru detectarea în banda de monitorizare primară. Semnalele cu perioade mai lungi pot fi încă detectate, dar erorile de măsurare a azimutului vor fi mai mari decât cele pentru semnalele detectate în banda de monitorizare primară cu frecvență mai mare (*Christie și Campus, 2010*).

Principalele probleme în proiectarea unui array rentabil pentru monitorizarea surselor de infrasunete sunt:

- (a) Probleme asociate cu efectul de aliasing spațial a semnalelor de frecvență mai înaltă (pierderea preciziei de estimare a energiei semnalelor pentru anumite direcții de sosire)
- (b) Probleme cu pierderea corelării semnalului între elementele array-ului

1. Funcția de transfer/răspuns

Funcția de transfer a unui array descrie **sensibilitatea și precizia** acestuia în detectarea semnalelor infrasonice cu frecvențe și viteze aparente diferite. În procesul de digitizare, semnalul este

„Conținutul acestui material nu reprezintă în mod obligatoriu poziția oficială a Uniunii Europene sau a Guvernului României”

eșantionat în timp (cu aplicarea unui **filtru anti-aliasing**), iar în cazul array-urilor apare și o **eșantionare spațială** a mișcării solului. Astfel se poate determina **numărul de undă** ($k = 2\pi/\lambda = 2\pi \cdot f \cdot s$), dependent de lungimea de undă, frecvență și slowness (inversul vitezei aparente). La fel cum eșantionarea temporală poate produce **aliasing în timp**, eșantionarea spațială poate genera **aliasing în domeniul numărului de undă**, ceea ce impune analiza intervalului de lungimi de undă detectabile și a capacității de detecție a array-ului prin funcția sa de transfer. Un array performant trebuie să aibă **un lob central bine definit și concentrat și lobi laterali minimizați**, situați în afara domeniului de interes.

Performanța unui array depinde de mai mulți factori esențiali: **apertura**, care controlează detectarea numerelor de undă mici (lungimi de undă mari); **numărul de senzori**, care influențează capacitatea de filtrare; **distanța dintre elemente**, care determină poziția lobilor laterali și limitele de măsurare; și **geometria array-ului**, care afectează dependența azimutală. Proiectarea trebuie adaptată conținutului de frecvență al semnalelor studiate, iar o configurație apropiată de ideal este **array-ul circular cu distanțe inegale între senzori**, capabil să ofere o rezoluție uniformă. În practică, distanța dintre senzori se corelează cu **lungimea de undă aparentă (viteză/frecvență)**, iar pentru o analiză corectă este necesar un minim de **două eșantioane pe lungimea de undă de interes**.

2. Geometria propusă pentru array-ul AGIR

Pentru instalarea stației infrasonice AGIR s-a ales amplasamentul Stațiunii Biologice Marini „Prof. Dr. Ioan Borcea” de la Agigea (județul Constanța) (**Figura 4-1.2.2**), care oferă:

- condiții bune de zgomot ambiental – relativ redus
- acces la alimentarea cu energie electrică
- menținerea siguranței echipamentelor și a integrității datelor înregistrate prin sistemele de pază perimetrare

Suprafața de teren din amplasament disponibilă pentru instalarea array-ului infrasonic, punctele în care vegetația existentă oferă condiții de reducere a zgomotului produs de vânt, precum și costurile echipamentelor și transmiterii datelor au condus la decizia de a desfășura o configurație geometrică standard, respectiv un array cu patru elemente: trei dintre ele dispuse într-un triunghi echilateral, iar al patrulea element plasat în centru.

S-au analizat trei variante posibile de amplasare a celor patru elemente ale array-ului. Pentru fiecare variantă s-a calculat funcția de răspuns. Cele trei variante de configurații sunt ilustrate în **Figura 4-1.2.3**.

„Conținutul acestui material nu reprezintă în mod obligatoriu poziția oficială a Uniunii Europene sau a Guvernului României”

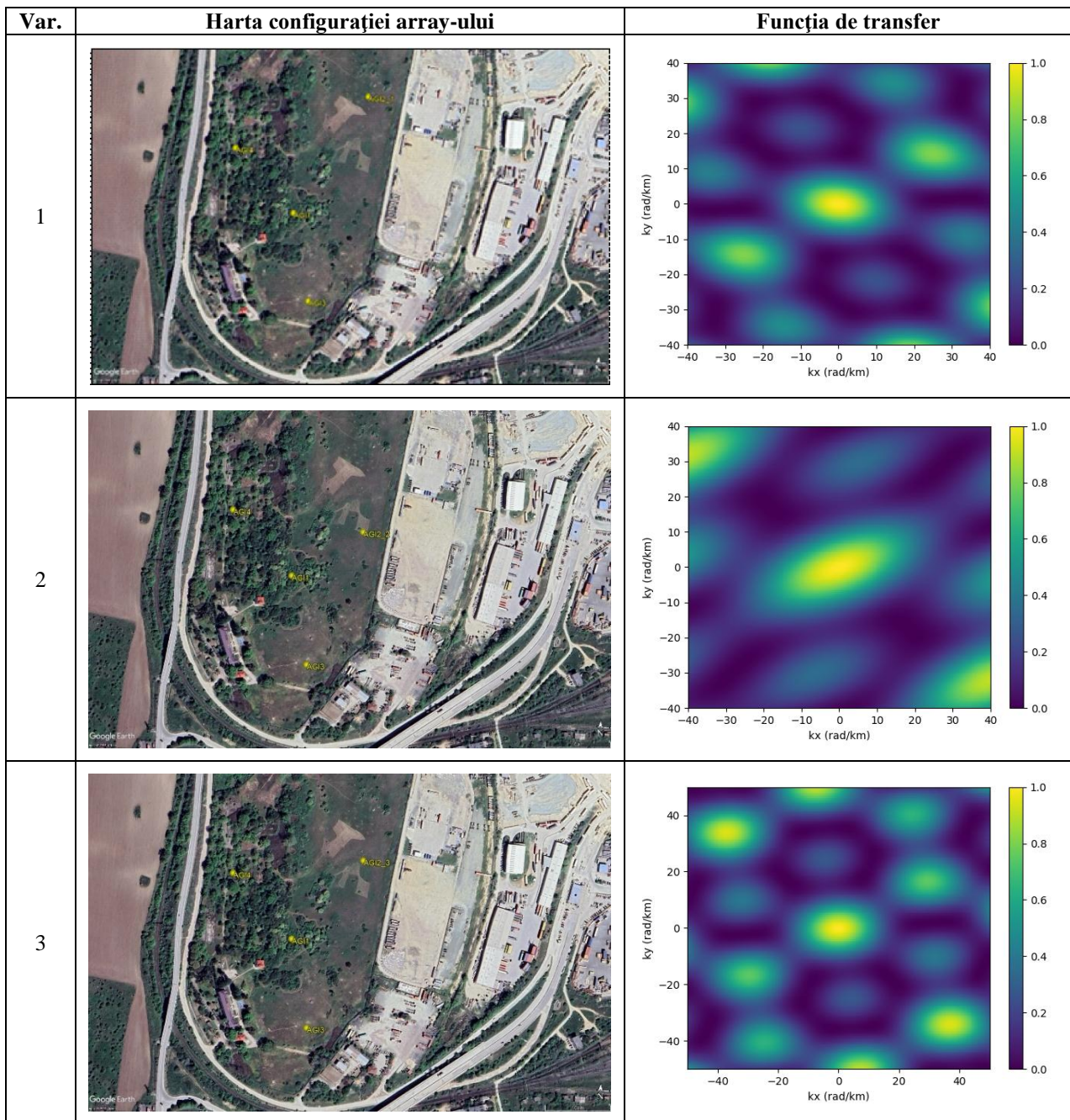


Figura 4-1.2.3. Cele trei variante posibile de amplasare a celor patru elemente ale array-ului AGIR

Pe baza analizei funcției de răspuns, s-a ales pentru configurația finală a stației infrasonice AGIR, **varianta a 3-a** de amplasare a elementelor.

3. Stația infrasonică AGIR

„Conținutul acestui material nu reprezintă în mod obligatoriu poziția oficială a Uniunii Europene sau a Guvernului României”

3.1. Caracteristicile geometrice ale array-ului

Pentru integrarea stației AGIR în sistemul de achiziție și prelucrare a datelor de la INCDFP, cele patru elemente ale array-ului au fost denumite IGH1, IGH2, IGH3 și IGH4. În **Figura 4-1.2.4** este reprezentată dispunerea acestor elemente cu programul Google Earth.



Figura 4-1.2.4. Amplasarea geografică a elementelor stației infrasonice AGIR

Utilizând aplicația software DTK-GPMCC integrată în pachetul standard extins de programe (NDC-in-a-BOX) dezvoltat în cadrul IDC al CTBTO, s-au reprezentat grafic geometria și diagrama de eroare a array-ului AGIR (**Figura 4-1.2.5**).

„Conținutul acestui material nu reprezintă în mod obligatoriu poziția oficială a Uniunii Europene sau a Guvernului României”

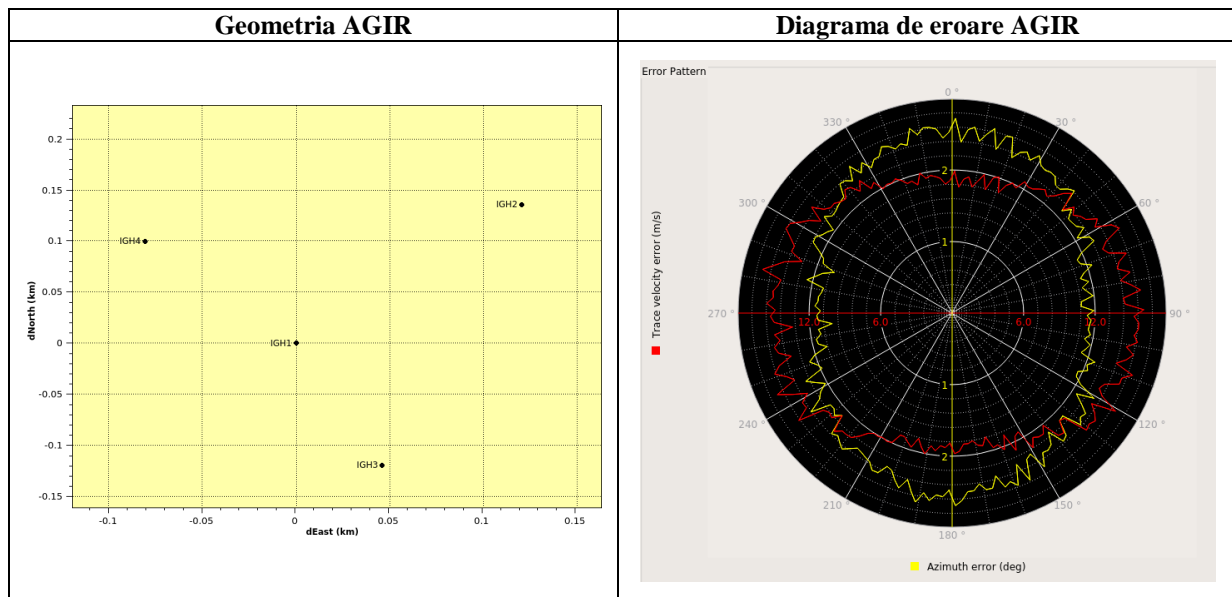


Figura 4-1.2.5. Geometria și diagrama de eroare a array-ului AGIR

3.2. Echipamentul instalat în amplasamentul array-ului

Echipamentul instalat în prezent la noul array AGIR cu patru elemente constă din:

- Senzor infrasonic (microfon) Chaparral Physics Model 60 – la fiecare element
- Digitizor GEOsix (GEObit) – la fiecare element
- Sistem de reducere a zgomotului provocat de vânt – la fiecare element

S-a folosit un array de prize în formă de stea pentru admisia aerului în senzorul de măsurare a presiunii atmosferice conectat prin intermediul unor tuburi flexibile. Sistemul conține:

- un braț flexibil principal, de legătură între senzor și manifold (colector de presiune) cu lungimea de 2 m
- un manifold (colector de presiune) cu patru ieșiri
- patru brațe flexibile secundare, cu lungimea de 2 m, cuplate la ieșirile manifoldului
- patru prize de aer (site admisie aer) cuplate prin intermediul brațelor secundare la manifold
- conectori pentru cuplarea brațului principal la senzor și la manifold, precum și pentru cuplarea brațelor secundare la manifold și la prizele de aer.
- Sistem de poziționare globală (GPS) – la fiecare element
- Sistem de alimentare, respectiv racordare la rețeaua electrică de distribuție
- Incintă pentru protecția echipamentelor (senzor și digitizor) la factorii de mediu și la accesul neautorizat – la fiecare element
- Sistem de transmitere a datelor către centrul de achiziție și prelucrare date de la INCDFP: datele înregistrate de stația AGIR se transmit prin protocol GPRS având ca mediu de transmisie rețele

„Conținutul acestui material nu reprezintă în mod obligatoriu poziția oficială a Uniunii Europene sau a Guvernului României”

GSM; fiecare digitizor din stație conține un server de seedlink (protocol de achiziție în timp real a datelor) care face posibilă achiziția unitară a datelor în sistemele de calcul ale INCDFP

În **Figura 4-1.2.6** sunt prezentate câteva imagini din amplasamentul stației infrasonice AGIR care ilustrează echipamentele și modul de instalare ale acestora.

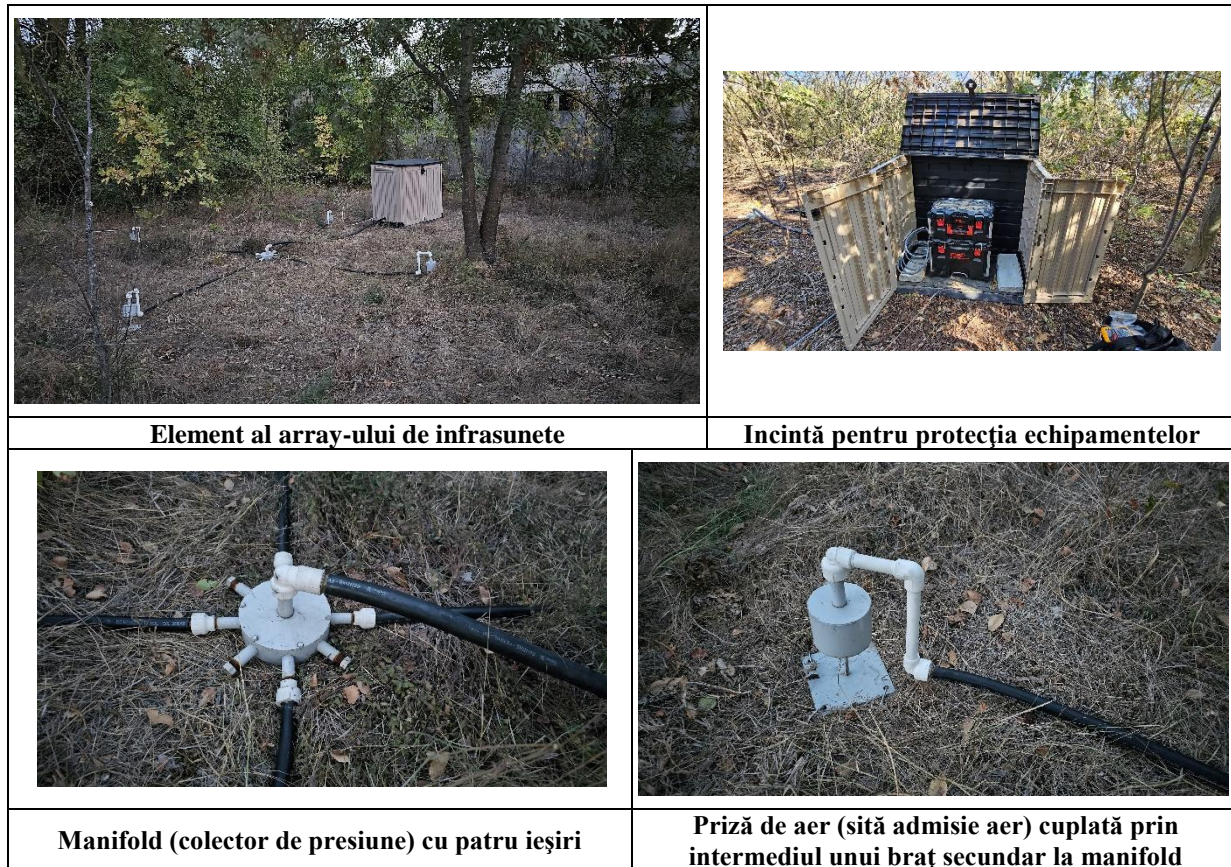


Figura 4-1.2.6. Imagini din amplasamentul stației AGIR de monitorizare a infrasunetelor

Modernizarea sistemului de monitorizare a infrasunetelor a inclus și **achiziționarea și instalarea unui sistem de reducere a zgomotului** la array-ul Eforie Nord/Agigea, destinat diminuării influenței factorilor perturbatori precum **vântul** sau **activitățile industriale**. Scopul acestei îmbunătățiri este **colectarea unor date infrasonice de calitate superioară** și **extinderea capacității de monitorizare** a unui număr cât mai mare și divers de **fenomene extreme**, atât pe teritoriul României, cât și la nivel regional.

Task 4-1.3- Achiziția și instalarea a două stații GNSS în locații cheie pentru a extinde rețeaua GNSS existentă, precum și a echipamentelor pentru nivelul mării și ionizare

„Conținutul acestui material nu reprezintă în mod obligatoriu poziția oficială a Uniunii Europene sau a Guvernului României”

4-1.3.1 Instalare stație GNSS de referință, parte din rețeaua INCDFP în localitatea Odobesti - ODBE (temporar)

În perioada Martie- Aprilie 2023 s-a realizat instalarea unei noi stații GNSS de referință din surse proprii, parte din rețeaua INCDFP în localitatea Odobesti, anterior demarării procedurii de achiziție și de finanțare de către ANC a echipamentelor destinate realizării activităților proiectului. Alegerea locației a fost una strategică fiind amplasată aproximativ în centrul triunghiului realizat de stațiile Ramnicu Sarat, Tecuci și Plostina (în zona epicentrală Vrancea). Stația este una multidisciplinară, având colocați senzori precum: inclinometru biaxial Leica Nivel210, senzori seismic de viteză și de accelerație.



Figura 4-1.3.1-Locația și stația GNSS instalată la Odobesti

„Conținutul acestui material nu reprezintă în mod obligatoriu poziția oficială a Uniunii Europene sau a Guvernului României”

Mai jos sunt prezentate caracteristicile tehnice (minime) al receptorului model Leica GR50 instalat:

Receptor GNSS Leica GR50:

- **Precizie (minim):**
*Static: (baze scurte) H: +/- 5mm + 1ppm
V: +/- 10mm + 1ppm
(baze lungi) H: +/- 3mm + 1ppm
V: +/- 6mm + 1ppm
DGNS: (soluție cod) H: +/- 0.3m + 1ppm
V: +/- 1m + 1ppm
Cinematic Timp Real: H: +/- 10mm + 1ppm
V: +/- 20mm + 1ppm*
- **Semnale GNSS (cel puțin pentru):** GPS (L1, L2P(Y), L2C, L5); GLONASS (L1, L2P, L2C); Galileo (E1, E5a, E5b); BeiDou (B1, B2); QZSS (L1, L2C, L5); SBAS (WAAS, EGNOS, GAGAN, MSAS);
- **Capacitate de înregistrare viteze și deplasări cu precizie de ≤ 0.003 m/s (orizontal), ≤ 0.005 m/s (vertical);**
- **Minim 500 canale de urmărire universale;**
- **Atenuare multipath;**
- **Porturi, conectare și comunicație (minimum): un Port RJ45;**
- **Tensiune de alimentare între 10.5 – 28 V CC;**
- **Temperatură operare: -20 la +40 °C și depozitare: -25 la +60 °C;**
- **Funcționare în mediu cu umiditate de până la 100%;**
- **Protecție vibrații ISO9022-36-08 și MIL-STD-810F - 514.6-Cat.24 (sau echivalent);**
- **Protecție ploaie, praf, nisip, vânt: IP67(IEC 60529) și MIL-STD-810G - 512.5-I (sau echivalent), protejată la rafale de ploaie și vânt, rezistentă la apă până la 1m imersie temporară;**
- **Înregistrare date pe dispozitiv SD card, detașabil, până la 32 GB posibilitate de >10 sesiuni de înregistrare simultane cu rata date până la 50 Hz;**
- **Format înregistrare date minim RINEX 2.11/3.01/3.02, Hatanaka și inclusiv capacitate de compresie zip;**
- **Capacitate de calcul, în receptor, a vitezelor și deplasărilor cu precizie pe componenta orizontală ≤ 0.003 m/s și verticală ≤ 0.005 m/s, având sensibilitatea tipică la deplasare derivată din viteză pe componenta orizontală ≤ 1 cm/s și verticală ≤ 2 cm/s;**
- **Flux de date până la 20 fluxuri de date simultane cu conectări multiple. Rată de înregistrare a datelor, activă, până la 50 Hz.**
- **Alte opțiuni: controlul complet și configurarea receptorului printr-un browser web, Ntrip server (sursă), acces securizat utilizând HTTPS, certificate SSL;**
- **Pachete de asistență pentru clienți, actualizare firmware pentru minim 3 ani;**

Specificații tehnice minime necesare pentru receptoarele mobile GNSS sunt:

- **Cablu alimentator 12Vcc cu siguranță de protecție - 1buc;**
- **Senzor nivelă biaxială, conectare RS232 – 1 buc;**
- **Sistem de montare și reglare senzor nivelă biaxială – 1 buc;**

„Conținutul acestui material nu reprezintă în mod obligatoriu poziția oficială a Uniunii Europene sau a Guvernului României”

- *Cablu de date conectare receptor GNSS și senzor nivelă biaxială (Lemo - Lemo) min 1.8m - 1 buc;*

Receptorul GNSS funcționează ca un sistem unitar, complet integrat de către furnizor, fără a fi necesare ajustări de integrare suplimentare.

Ulterior s-a realizat și achiziția stației planificate în PAAP-ul proiectului și anume: stația GNSS care a fost montată la Roșia Montana, pentru completarea și modernizarea rețelei naționale de monitorizare.

4-1.3.2 Modernizare Stație GNSS în locații cheie pentru a extinde rețeaua GNSS actuală – Stația GNSS Rosia Montana

În luna decembrie 2023 s-a realizat modernizarea stației de referință GNSS Rosia Montana prin înlocuirea receptorului GNSS, a sursei de alimentare și a bateriei și a comunicației, acestea efectuându-se în prezent, în mod securizat prin VPN. Data primei instalării a stației GNSS de referință ROSP este 01.07.2009 și a fost echipată cu un receptor LEICA GRX1200GGPRO dubla constelație. După 14 ani de monitorizare continuă, această stație a fost modernizată și s-a utilizat un receptor Leica GR50 full constellation având caracteristicile identice cu cel montat la Odobesti. ROSP00ROU Site Information Form (site log), International GNSS Service; See Instructions at: https://files.igsb.org/pub/station/general/sitelog_instr.txt



Figura 4-1.3.2 - Instalare stație GNSS la Roșia Montana.

„Conținutul acestui material nu reprezintă în mod obligatoriu poziția oficială a Uniunii Europene sau a Guvernului României”

4-1.3.3 - Achiziționarea și instalarea de echipamente necesare modernizării sistemului complex de monitorizare a nivelului Mării Negre

Sistemul de monitorizare de la Marea Neagră a fost modernizat prin achiziționarea a 3 echipamente pentru monitorizarea nivelului mării, pe lângă cele 2 provizoriu instalate anterior achiziției, și două echipamente de monitorizare a ionizării atmosferice. Toate aceste echipamente furnizează date precise pentru monitorizarea variațiilor geodezice și atmosferice în cazul fenomenelor extreme (stațiile GNSS), precum și a presiunii și temperaturii la o adâncime de 3 metri (senzorii de nivel de apă) furnizând informații vitale pentru evaluarea impactului încălzirii globale asupra regiunii Mării Negre.

Măsurarea nivelului apei la Marea Neagră s-a realizat pe baza senzorilor de nivel tip radar (MB760) și a unui de presiune (LT500) care suplimentar are încorporat și un senzor de temperatura. Alături de acești senzori se utilizează date de la un radar pentru descărcări electrice LD250, informații meteorologice de la o stație Vantage Pro2+ (include și senzori pentru radiație solară) și ionizarea a aerului prin Boltek EFM100. Aceste aparate aparțin și se afla în stațiile INCDFP.

Pentru a avea o imagine de ansamblu asupra nivelului apei s-a extins rețeaua de date cu informații de la alte stații aflate la Marea Neagră și Marea Mediterană. Baza de date cu aceste locații și harta cu pozițiile lor sunt prezentate mai jos:

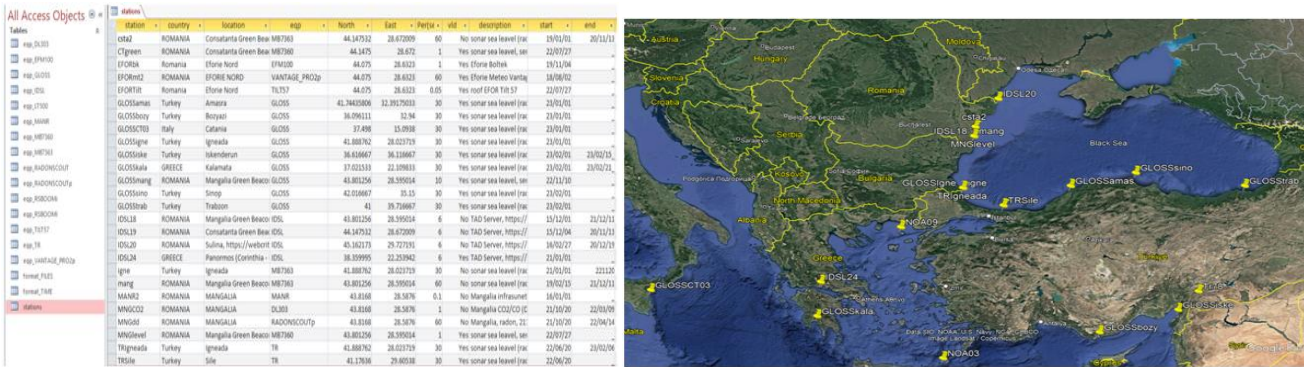


Figura 4-1.3.3 - Rețeaua de stații din Marea Neagră și Marea Mediterană

De asemenea, sunt utilizate date de la două balize aflate în apropierea țărmului românesc, (aparțin GeoEcomar). Pentru realizarea acestei activități s-au elaborat două aplicații software de preluare și transmitere a datelor. Pentru MB7360 s-a utilizat o interfață serială RS232 și un convertor la TCP/IP tip Moxa. Pentru cele două stații, MNGlevel (port Mangalia) și CTgreen (port Constanta) software-ul este prezentat în figura 4-1.3.4. Pentru LT500 s-a utilizat o interfață de comunicații SDI – RS232 (TBS-06 SDI-12). Senzorul măsoară presiunea apei și din aceasta determina nivelul

„Conținutul acestui material nu reprezintă în mod obligatoriu poziția oficială a Uniunii Europene sau a Guvernului României”

apei. Panela software-ului de achiziție și transmiterii de date este prezentată în figura 4-1.3.5 (stație CTra port Constanta 2)

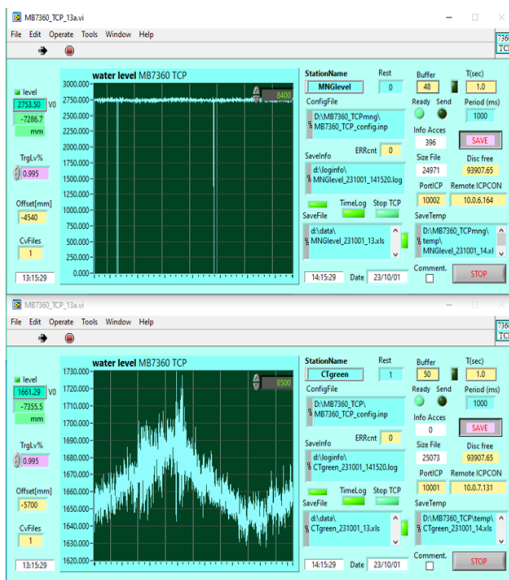


Figura 4-1.3.4 - Achiziție date de la MB7360.

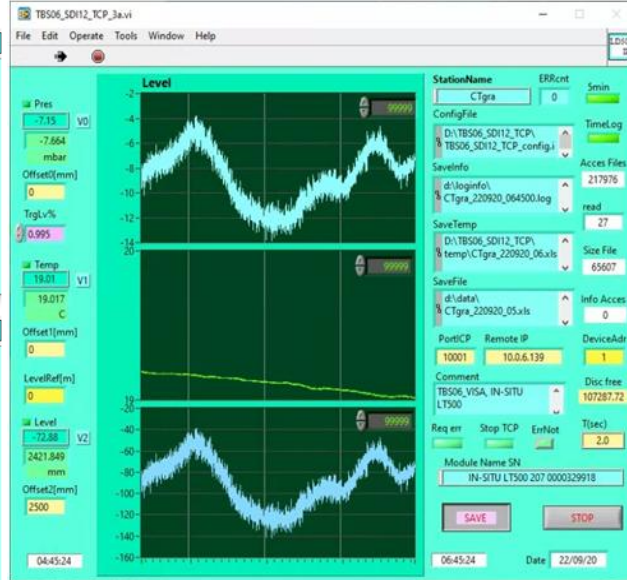


Figura 4-1.3.5 - Achiziție date de la LT500.

De asemenea, a fost implementat softul de achiziție a datelor de nivel al apei, cu integrarea datelor istorice de la Marea Neagră în rețelele internaționale: <http://www.ioc-sealevelmonitoring.org/> și https://webcritech.jrc.ec.europa.eu/TAD_server/ prin intermediul platformei geobs.infp.ro. Aceasta asigură printr-o interfață API format JSON accesul la date geofizice incluzând nivelul apei la Marea Neagră, ionizarea aerului, emisii de gaze (radon, CO₂, CO, O₃) etc.

4-1.3.4- Echipament de ionizarea aerului

Pentru detectia ionizării aerului echipamentul instalat este de tip Boltek EFM100C. Acesta este un detector de mare precizie a fulgerelor cu rază scurtă de acțiune, de la 0 la 38 km, cu capacitatea de monitorizare în timp real. Măsurând câmpul electric static generat de nori, el nu numai că detectează fulgerele din apropiere, dar poate detecta condițiile atmosferice care preced fulgerul. Senzorii pentru măsurarea ionizării s-au instalat în două locații: Mangalia (în locația stației seismice MANR) și Carcaliu (în locația stației seismice CFR). Aceștia extind aria de monitorizare alături de același tip de echipament aflat la Observatorul Seismologic Dobrogea al INCDFP din Eforie Nord și permit localizarea furtunilor însoțite de descărcări electrice. Datele furnizate de echipamentul Boltek au fost folosite în cadrul următorului WP (4-2).

Concluzia: obiectivele pachetului de lucru WP 4.1 au fost în concordanță cu cele propuse în proiect și au fost îndeplinite integral.

„Conținutul acestui material nu reprezintă în mod obligatoriu poziția oficială a Uniunii Europene sau a Guvernului României”

1.3.2 WP 4-2 - Analiza interdisciplinară a datelor și evaluarea riscurilor multiple

WP leader: INCDFP (L. Petrescu)

Acest pachet de lucru a avut ca obiectiv integrarea și corelarea seriilor temporale istorice și recente provenite din înregistrări ale mișcărilor solului, observații GNSS de înaltă precizie și măsurători infrasonice, în vederea caracterizării interdependențelor dintre procesele geofizice și climatice și a cuantificării influenței acestora asupra dinamicii hazardelor naturale.

Contributii per Task:

Task 4-2.1 Utilizarea stațiilor GNSS pentru modelarea și monitorizarea modelelor climatice

Astfel că pentru utilizarea datelor de la stațiile GNSS în vederea modelării și monitorizării proceselor climatice au fost dezvoltate scripturi Python pentru selecția datelor și calcularea PDF-urilor, a curbelor statice și a valorilor maxime (pentru reprezentarea pe hartă) și a spectrogramelor pentru selecții de stații. S-a studiat implicația dintre evenimentele geofizice, cele extreme și variația semnalului sezonier determinat în seria temporală de poziție GNSS. Au fost generate spectre timp-frecvență utilizând CWT - Continuous Wavelet Transform - pe componenta est a stațiilor BAIA și BACA, exemplificate în figura de mai jos. Liniile albe punctate corespund anului tropical și a 2-a, a 3-a și a 4-a armonică (de jos în sus)

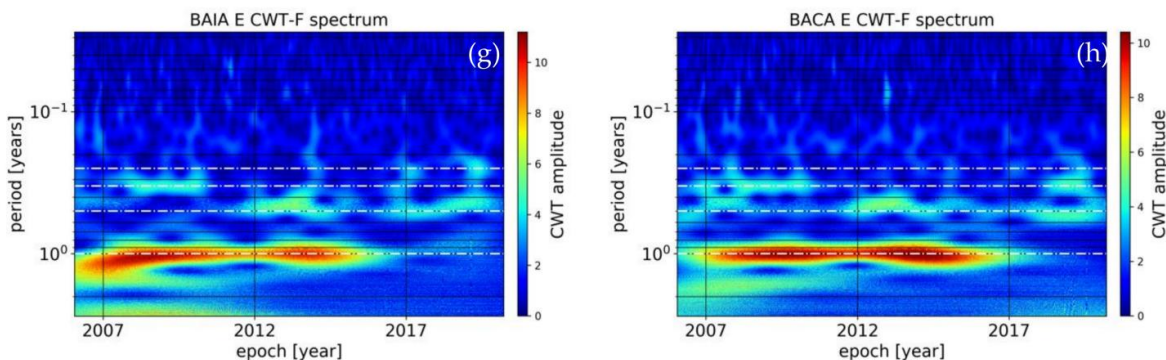


Figura 4-2.1.1 - Spectre timp-frecvență folosind CWT

Studiile realizate în acest task au fost ulterior utilizate ca bază pentru finalizarea livrabilului „Metodologii pentru utilizarea datelor GNSS în scopul monitorizării modelelor climatice din România” care evidențiază importanța tehnologiei GNSS și utilizarea rețelelor CORS pentru monitorizarea fenomenelor geodinamice și atmosferice. În raport este descrisă implementarea unui serviciu de monitorizare troposferică în timp real, bazat pe tehnica Precise Point Positioning (PPP) și software-ul G-Nut/Tefnut RT. Acest serviciu oferă estimări precise ale parametrilor troposferici (ZTD și gradientele orizontale), actualizate regulat și vizualizate pe un portal web dedicat. De

„Conținutul acestui material nu reprezintă în mod obligatoriu poziția oficială a Uniunii Europene sau a Guvernului României”

asemenea, au fost prezentate metodologiile pentru procesarea și analiza datelor GNSS, incluzând controlul calității și evaluarea semnalelor sezoniere și a zgomotului stocastic din seriile temporale. Algoritmul Maximum Likelihood Estimation (MLE) a fost utilizat pentru a identifica modelele de zgomot dominante, cum ar fi „flicker noise” și „random walk”, și pentru a analiza influența factorilor locali asupra datelor GNSS. Analiza rețelelor CORS din România a relevat variații semnificative ale zgomotului și semnalelor sezoniere între stații, influențate de condițiile locale și tipul de montaj al antenelor. Concluziile subliniază complexitatea factorilor care afectează datele GNSS și necesitatea unor abordări multidisciplinare pentru o interpretare corectă.

Cercetarea a continuat în cadrul acestui pachet de lucru, prin utilizarea datelor existente, având ca scop detectarea timpurie și precisă a fenomenelor meteorologice severe (de tip furtuni), esențială pentru reducerea riscurilor și protejarea populației și a bunurilor. Studiul a urmărit corelarea evenimentelor extreme cu înregistrările provenite de la echipamentele existente, rezultatul fiind dezvoltarea unor produse dedicate monitorizării furtunilor. Aceste produse se obțin prin utilizarea echipamentelor Bolteck de detecție a fulgerelor, împreună cu aplicația software NexStorm. Aceasta comunică direct cu detectorul de fulgere, realizează procesări și calcule specifice, iar rezultatul constă în hărți ale detecțiilor de fulgere, incluzând și forma de undă a semnalelor înregistrate în timp. Astfel, NexStorm Lite oferă utilizatorului informații cu privire la localizarea fulgerelor și anumite caracteristici ale acestora. Datele colectate de la echipamentele Bolteck au fost coroborate cu informații satelitare oferite de către EUMETSAT, rezultând un produs de tip hartă. Mai precis, au fost utilizate date privind descărcările electrice provenite de la senzorul Lightning Imager (LI), parte a constelației de sateliți geostaționari Meteosat Third Generation. Instrumentul LI este alcătuit din patru camere optice, fiecare echipată cu detectoare CMOS de 1000×1170 pixeli, oferind o rezoluție temporală de 1 ms și o rezoluție spațială cuprinsă între 4,5 și 7 km. Datele utilizate sunt de nivel 2 (EO:EUM:DAT:0691) și sunt accesate prin intermediul pachetului Python EUMDAC, utilizând un API care permite accesul la date satelitare în timp real. Datele de fulgere, atât de la stațiile Bolteck cât și de la MTG-LI sunt importate și convertite în același sistem de coordonate și apoi afișate grafic pe aceeași hartă. Menționăm că prin utilizarea tehnologiei oferite de Bolteck avem acces la un software avansat de detecție a furtunii, ce oferă o soluție cuprinzătoare și fiabilă de gestionare a riscurilor pentru evenimente meteorologice severe. În figura de mai jos sunt reprezentate datele de fulgere de la 3 stații Bolteck (afișate în culorile roșu, albastru și verde) precum și de la MTG LI lvl2 (afișate în galben).

„Conținutul acestui material nu reprezintă în mod obligatoriu poziția oficială a Uniunii Europene sau a Guvernului României”

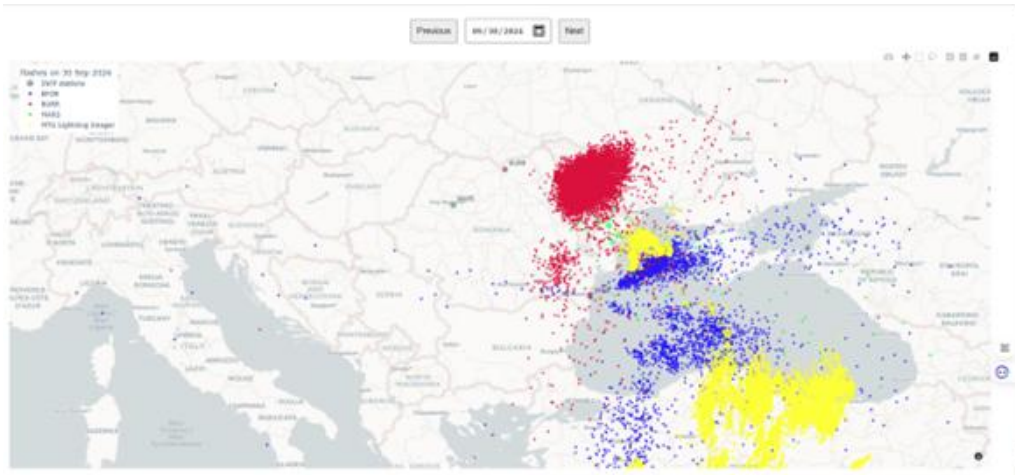


Figura 4-2.1.2- Mod de vizualizare a datelor de fulgere.

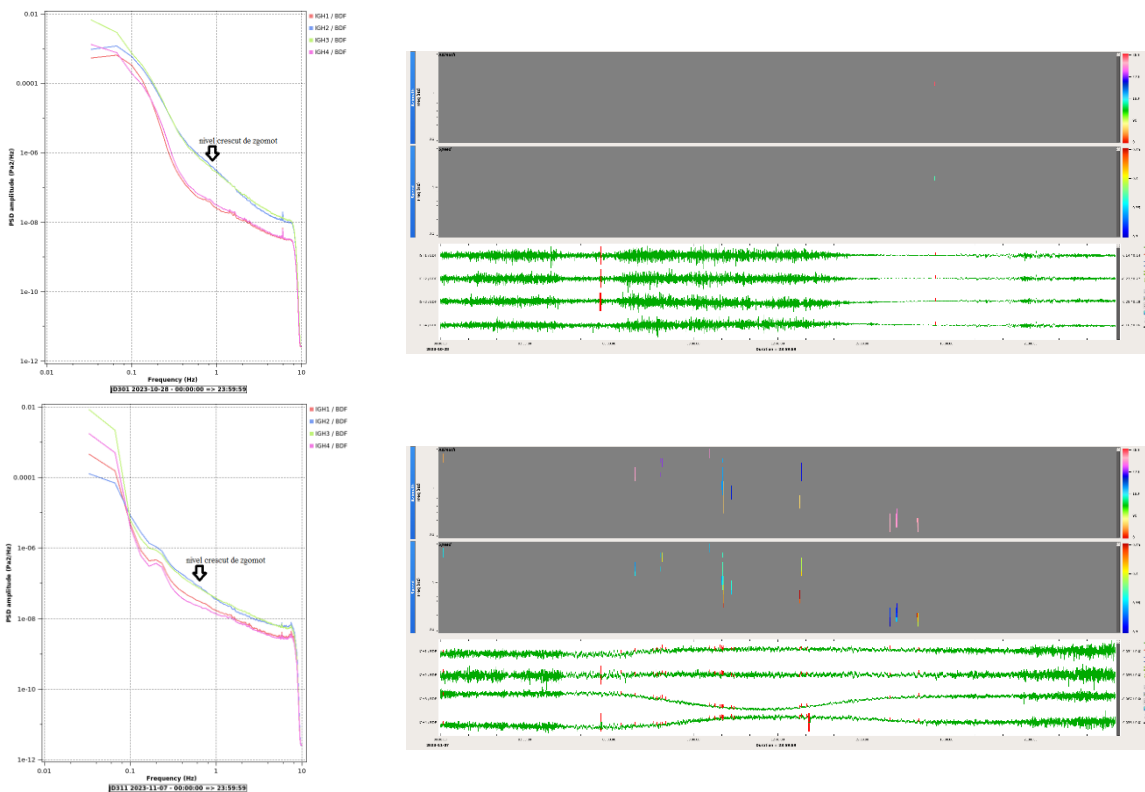
Task 4-2.2- Evaluarea performanței rețelei de infrasunete în detectarea și monitorizarea surselor acustice (cutremure, erupții vulcanice, vreme severă).

Pentru evaluarea performanței rețelei de infrasunete au fost analizate datele furnizate de stația infrasonica instalată în zona Eforie Nord – Agigea (AGIR -un array clasic cu 4 elemente -IGH1, IGH2, IGH3 și IGH4). Astfel ca, pentru identificarea eventualelor probleme de calitate a datelor infrasonice s-au calculat spectrele de densitate de putere PSD (Power SpectralDensity) zilnice. S-a observat că în cazul punctelor de monitorizare IGH3 și IGH4 instalate în câmp deschis (Figura 4-2.2.1, cu roșu), nivelul de zgomot este mult crescut față de celelalte două puncte ale stației (Figura 4-2.2.2), afectând capacitatea de detecție a stației. Cauza cea mai probabilă este acțiunea mult mai puternică asupra senzorilor a turbulențelor provocate de vânt, idee susținută și de faptul că punctele IGH1 și IGH4 sunt instalate în amplasamente cu vegetație (Figura 4-2.2.1, cu albastru), ceea ce rezultă într-un nivel acceptabil de zgomot al datelor colectate (Figura 4-2.2.2). În urma analizei de mai sus s-a decis recalibrarea sistemului de infrasunete pentru îmbunătățirea performanțelor, cu scopul reducerii zgomotului ambiental produs de vânt.

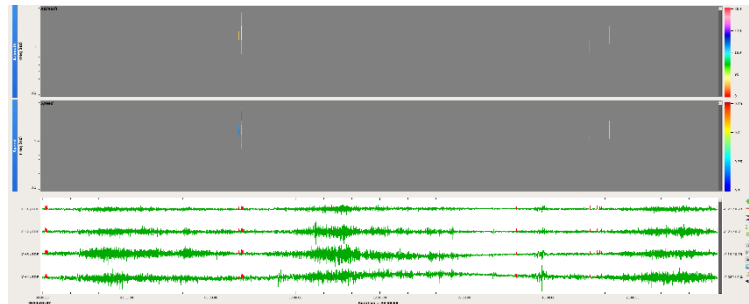
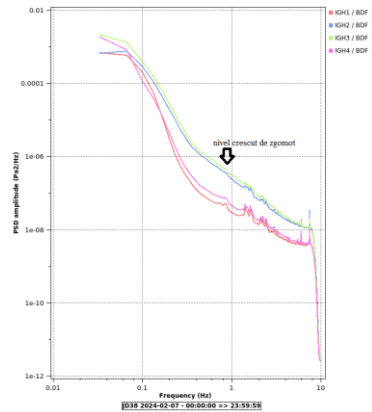
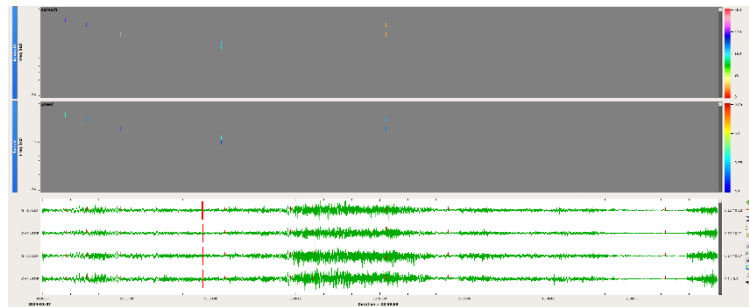
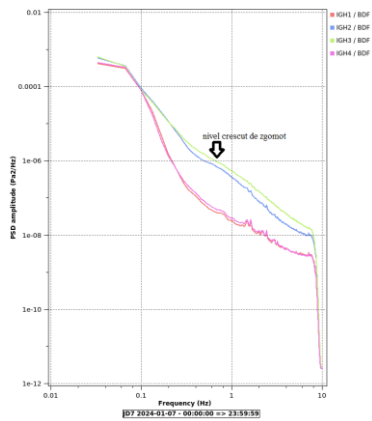
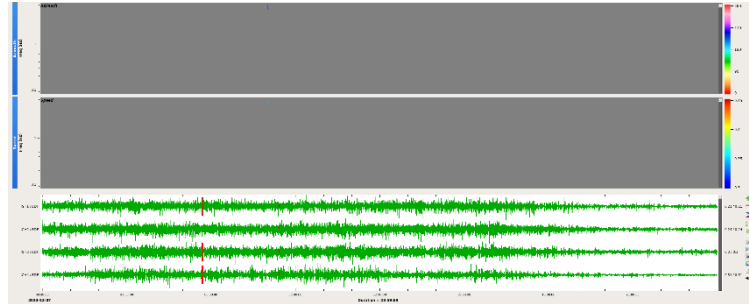
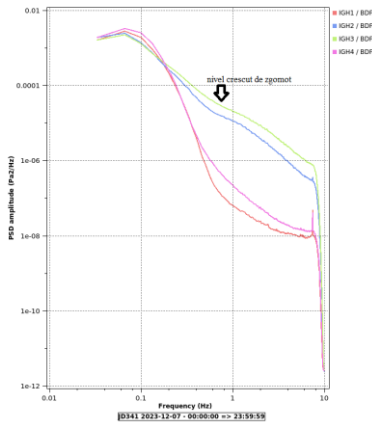
„Conținutul acestui material nu reprezintă în mod obligatoriu poziția oficială a Uniunii Europene sau a Guvernului României”



Figura 4-2.2.1. Amplasarea geografică a elementelor stației infrasonice AGIR



„Conținutul acestui material nu reprezintă în mod obligatoriu poziția oficială a Uniunii Europene sau a Guvernului României”



„Conținutul acestui material nu reprezintă în mod obligatoriu poziția oficială a Uniunii Europene sau a Guvernului României”



„PNRR. Finanțat de Uniunea Europeană – Următoarea Generație UE”

<https://mfe.gov.ro/pnrr/>

<https://www.facebook.com/PNRROficial/>

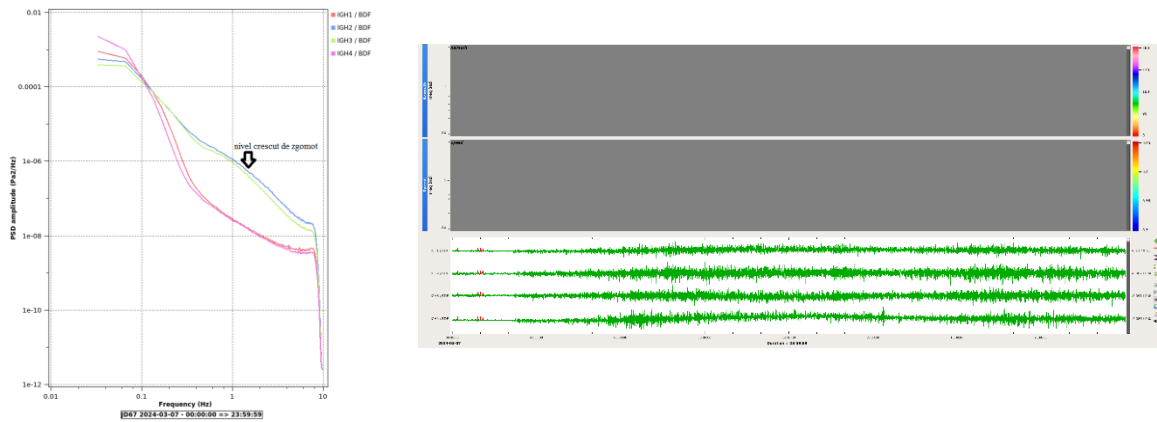
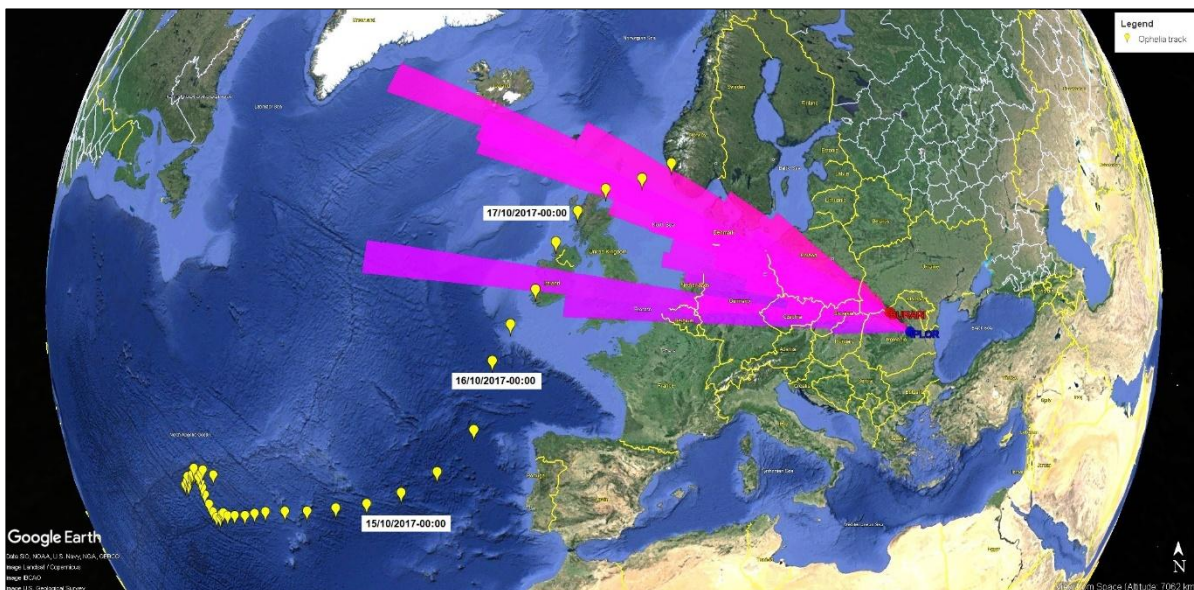


Figura 4-2.2.2 - Analiza calității datelor AGIR: în stanga sunt prezentate spectrele de densitate de putere PSD, iar în dreapta - panourile de detecții corespunzătoare

Mergand mai departe cu cercetarile in cadrul acestui WP, si in mod special al prezentului Task, s-a stabilit ca pentru fiecare tehnologie utilizată de INCDFP în identificarea evenimentelor extreme asociate schimbărilor climatice să fie realizată o analiză dedicată, utilizând ca studiu de caz unul dintre episoadele climatice severe din istoria recentă. Astfel, au fost selectate trei furtuni majore: Ophelia (9–18 octombrie 2017), Frederico/Linus (15–21 noiembrie 2023) și Bettina (25–28 noiembrie 2023). A fost analizată performanța rețelei romanesti de infrasunete în detectarea și monitorizarea surselor acustice naturale asociate acestor fenomene extreme, cu un accent special pe evaluarea răspunsului sistemului în timpul furtunii Ophelia, care a reprezentat evenimentul de referință pentru validarea metodologiei.



„Conținutul acestui material nu reprezintă în mod obligatoriu poziția oficială a Uniunii Europene sau a Guvernului României”

Figura 4-2.2.3- Histogramele polare ale detecțiilor stațiilor infrasonice BURARI și IPLOR afișată cu Google Earth pentru intervalul de timp 15 -17 octombrie 2017. Traseul complet al furtunii Ophelia (6 – 17 octombrie 2017) este reprezentat cu punctele galbene

Înregistrările infrasonice ale microbaroamelor pun în evidență variații importante a amplitudinii și direcției semnalului, care sunt controlate de circulația sezonieră globală a vântului stratosferic, de amplitudinea și frecvența valurilor oceanice și de distanța de propagare (distanța dintre sursa și stația de măsurare).

Analiza detecțiilor infrasonice PMCC (Progressive Multi-Channel Correlation) ale celor două stații românești a fost realizat cu programul DTK-DIVA. În **Figurile 4-2.2.4 și 4-2.2.5** sunt prezentate diagramele de detectabilitate ale celor două stații, corespunzătoare domeniului azimut al de interes, pentru perioada 6 – 18 octombrie 2017 (a), cu evidențierea intervalului 15-17 octombrie, în care furtuna Ophelia a produs fluctuații în detecțiile de microbaroame.

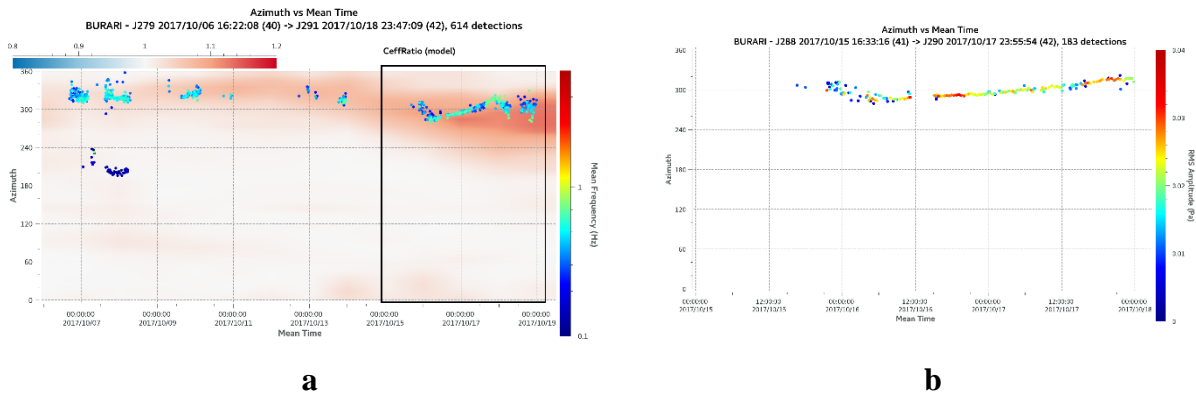


Figura 4-2.2.4- Diagramele de detectabilitate ale stației infrasonice BURARI în intervalele de timp 6 – 18 octombrie 2017, cu modelul atmosferic ECWFM inclus (a) și 15 – 17 octombrie 2017 (b)

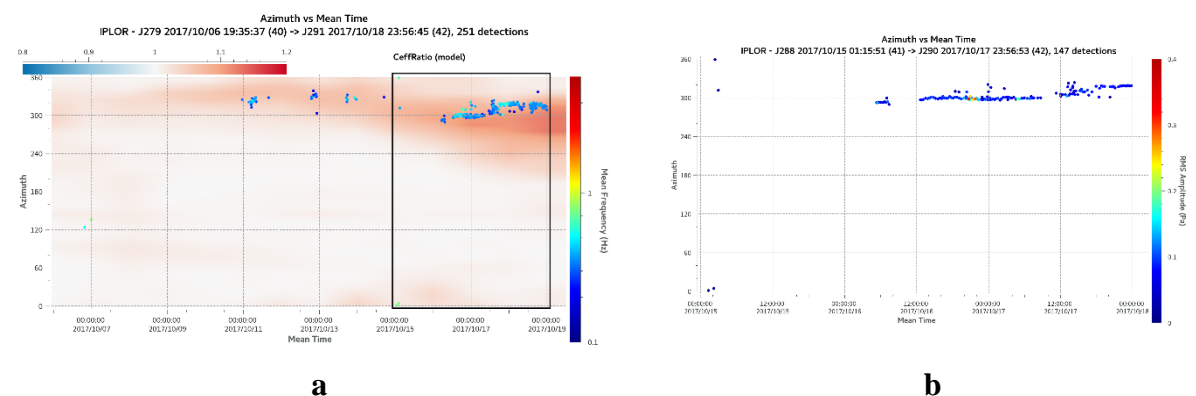


Figura 4-2.2.5- Diagramele de detectabilitate ale stației infrasonice IPLOR în intervalele de timp 6 – 18 octombrie 2017, cu modelul atmosferic ECWFM inclus (a) și 15 – 17 octombrie 2017 (b)

„Conținutul acestui material nu reprezintă în mod obligatoriu poziția oficială a Uniunii Europene sau a Guvernului României”

În plus, s-a făcut corelarea detecțiilor celor două stații infrasonice cu valorile teoretice (așteptate a fi observate la stații) de azimut invers și timp de sosire obținute din traseul furtunii Ophelia – **Figura 4-2.2.6**. Pentru estimarea valorilor teoretice, s-a aplicat un program distanță-azimut de la serviciul SAGE (Seismological Facility for the Advancement of Geoscience), care calculează azimutul și distanța dintre două perechi de coordonate geografice ca distanță unghiulară a cercului mare. Pentru calculul timpului teoretic de sosire s-a folosit o valoare a vitezei sunetului de 0,3 km/s. Se observa o bună corelare între valorile teoretice și observate.

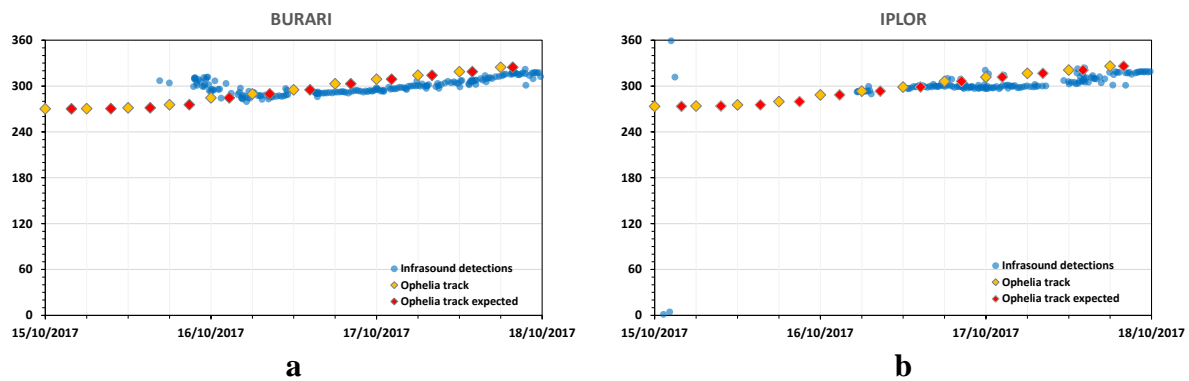


Figura 4-2.2.6- Corelarea detecțiilor semnalelor infrasonice generate de furtuna Ophelia (cu albastru) și valorile așteptate ale traseului (cu roșu) la cele două stații românești: BURARI (a) și IPLOR (b). Cu galben este reprezentat traseul furtunii.

Analiza a inclus evaluarea capacității rețelei de a identifica semnale generate de fenomene atmosferice severe, cutremure și alte procese geofizice cu impact climatic.

În paralel, pentru a atinge un alt obiectiv al acestui task s-a demarat realizarea unui chestionar pentru colectarea informațiilor privind fenomenele extreme și crearea bazei de date. Astfel ca, foarte important pentru realizarea bazei de date multi-tip o constituie colectarea datelor privind fenomenele meteorologice extreme (e.g., grindină de mari dimensiuni, vânt intens, tornade) care se realizează în România la stațiile meteorologice din rețeaua Administrației Naționale de Meteorologie. Aceste fenomene meteorologice de cele mai multe ori nu se produc în apropierea unor stații meteorologice. Din acest motiv este necesar colectarea datelor din alte surse.

În 2006, Laboratorul European de Furtuni Severe a dezvoltat o bază de date deschisă publicului larg. În această bază de date (Baza Europeană de Date de Furtuni Severe, eswd.eu) publicul larg poate adăuga observații care apoi sunt verificate. Adăugarea observațiilor se face folosind un chestionar pentru a obține cât mai multe detalii despre eveniment. Datele sunt adăugate apoi în baza de date care este accesată de diferiți utilizatori.

Deoarece în România nu există o bază de date care să conțină fenomene meteorologice extreme (în afara celor colectate la stațiile meteorologice) a fost dezvoltată după modelul bazei europene de

„Conținutul acestui material nu reprezintă în mod obligatoriu poziția oficială a Uniunii Europene sau a Guvernului României”

date, o interfață care poate fi accesată de publicul larg pentru a trimite informații despre fenomenele extreme.

Informațiile încarcate de public sunt validate în doi pași de operatori umani, primul care verifică doar plauzibilitatea informației și șterge înregistrările “aberante” și al doilea, care este un specialist de renume în domeniu confirmă rapoartele și cazurile de excepție sunt marcate ca și “case studies” care pot constitui pe viitor subiecte de cercetare științifică. Baza de date rezultată în urma colectării rapoartelor și validării acestora conține informații detaliate despre momentul, locația, intensitatea și impactul acestor evenimente, împreună cu orice documentație, fotografii, videoclipuri sau rapoarte disponibile. Cercetătorii, meteorologii și alte părți interesate pot accesa această bază de date, pentru a investiga tendințele climatologice, pentru a îmbunătăți înțelegerea fenomenelor meteorologice extreme din România. Baza de date poate fi utilizată, de asemenea, pentru gestionarea dezastrelor sau pentru evaluarea riscurilor. Interfața grafică a acestei baze de date permite vizualizarea în timp real a fenomenelor meteorologice extreme dar este utilă în special pentru analiza fenomenelor din trecut. Această bază de date (unică în România) va permite pe termen lung construirea unui set de date care poate fi apoi utilizat pentru a analiza influența schimbărilor climatice asupra fenomenelor meteorologice extreme din România.

Dupa modelul paginii extreme events Europa: https://eswd.eu/#map_div, s-au realizat chestionarul de colectare date și informații privind fenomenele extreme care se produc pe teritoriul României cât și validarea informațiilor primite de la public.

Chestionarul se găsește la adresa <https://extreme.v.infp.ro/>, dar și direct pe pagina aplicației <https://reactive.infp.ro/events/> prin accesarea butonului roșu “Raportează un eveniment” din stanga sus a paginii de start. Conținutul chestionarului este redat pe scurt în cele ce urmează:

I. Chestionar – Raportare fenomene extreme

1. **Localizare** (informații despre: Localizare automată sau introdusă manual, Data și ora raportării se salvează automat, Acuratețe spațială: distanța față de locul observării, Acuratețe temporală: timpul trecut de la observarea fenomenului)

2. **Tipul fenomenului observat** (Descriere eveniment, Descriere impact (infrastructură, clădiri, vehicule, mediu, agricultură etc.))

A. Fenomene marine / zona Mării Negre

- Furtuni și valuri mari
- Valuri tsunami
 - Cutremur resimțit la litoral
 - Scăderea nivelului mării după cutremur
 - Creșterea nivelului mării / valuri mari după cutremur
- Unde sonore de joasă frecvență
- Alte fenomene marine

„Conținutul acestui material nu reprezintă în mod obligatoriu poziția oficială a Uniunii Europene sau a Guvernului României”

B. Fenomene atmosferice

- Temperaturi extreme / variații bruște
- Nori anormali
- Vânt puternic / tornadă / vârtej
- Fenomene electrice
 - Electrizare anormală
 - Tunete și fulgere
 - Fenomene sonore
- Precipitații și efecte asociate
 - Ploaie puternică
 - Grindină
 - Ploaie înghețată
 - Îngheț / dezgheț rapid
 - Inundații
 - Ninsoare abundentă
 - Avalanșe
- Alte fenomene atmosferice

C. Alte fenomene

- Alunecări de teren
- Erupții vulcanice
- Cutremure resimțite puternic
- Explozii atmosferice (meteoriti, resturi sateliți etc.)
- Alte fenomene neobișnuite (ex. lumini anormale pe cer)

3. Încărcare fișiere (Fotografii, Video sau link TikTok/Facebook/alte surse)

4. Informații suplimentare (Cunoașteți măsurile luate de autorități? , Adresă e-mail pentru contact (opțional))

***Acord GDPR:**Datele furnizate pot fi stocate și utilizate de INCDFP / Proiect REACTIVE pentru verificarea raportului. Adresa de e-mail nu va fi publicată.

5. Trimitere raport-Buton: TRIMITE RAPORT

II. Interfata de vizualizare a informațiilor din baza de date

Outputul chestionarului (<https://reactive.infp.ro/events/>) este reprezentat în forma grafică, și conține o hartă cu evenimente, cât și în forma tabelară.

„Conținutul acestui material nu reprezintă în mod obligatoriu poziția oficială a Uniunii Europene sau a Guvernului României”

ProjectName
DTEClimate, ctr. no. 760008/30.12.2022
REACTIVE D4-5.2 Rapoarte științifice

ID DTECLIMATE-TN-REACTIVE-452
Issue 0.2
Date 2026-04-27
Page 34 of 61

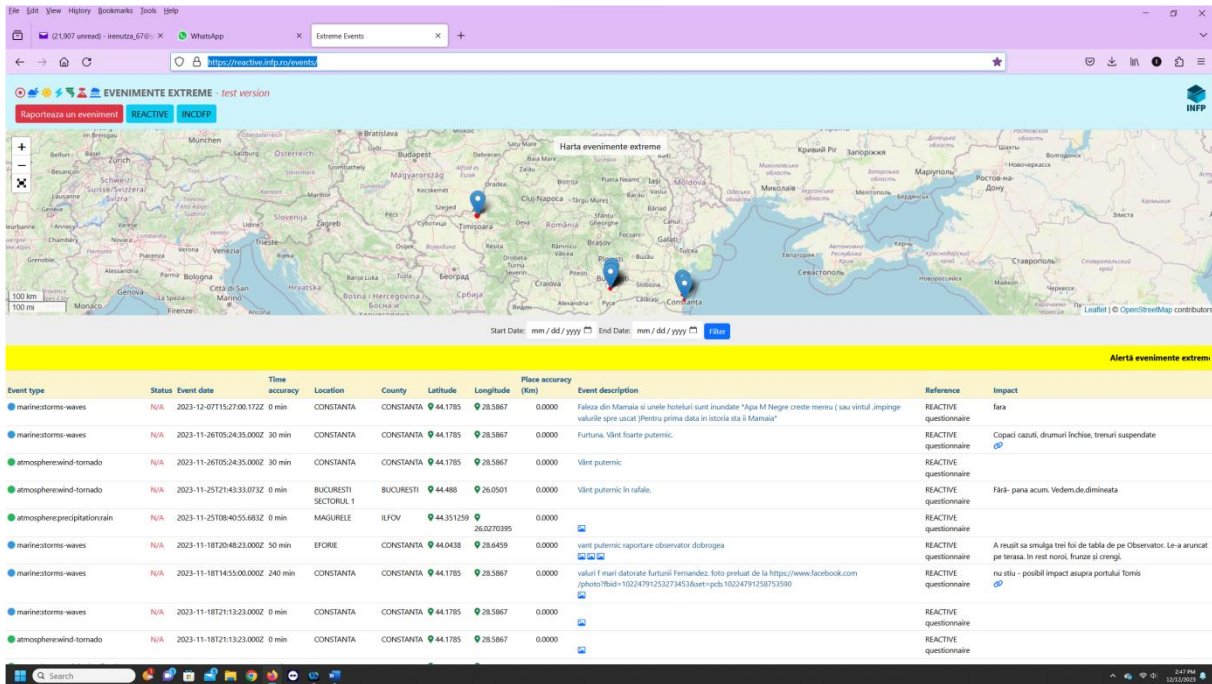


Figura 4-2.2.7- Vizualizarea informatiilor atat in format tabular cat si in format grafic, cu posibilitatea de descarcare a datelor in format csv si json.

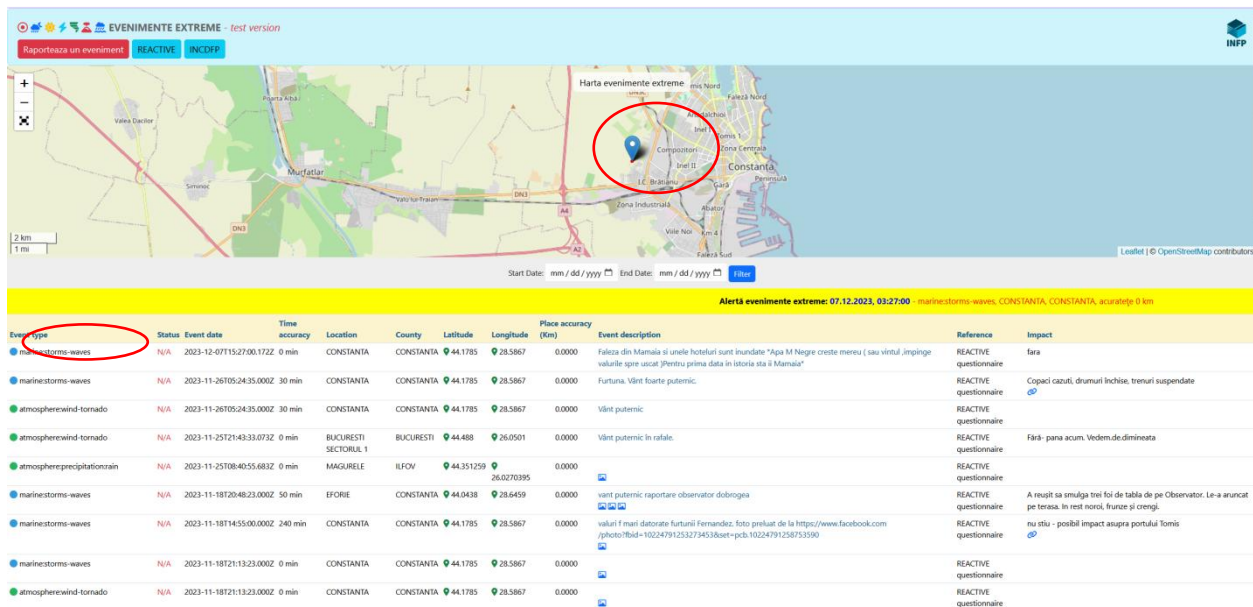


Figura 4-2.2.8- Corelarea dintre tabel si harta

In acest moment, platforma este functionala fiind pe site-ul proiectului si promovata in social media.

„Conținutul acestui material nu reprezintă în mod obligatoriu poziția oficială a Uniunii Europene sau a Guvernului României”

Task 4-2.3 Testarea algoritmilor de deep learning pentru detectarea microseismicității.

O altă activitate esențială pentru atingerea obiectivelor WP4-2 a constat în testarea algoritmilor de deep learning pentru detectarea microseismicității, în paralel cu inițierea analizei zgomotului seismic ambiental generat de interacțiunea valurilor oceanice cu scoarța terestră. Această analiză a avut ca scop identificarea variațiilor sezoniere ale câmpului de zgomot seismic și determinarea surselor acestuia, utilizând metode avansate de localizare a câmpului de unde, integrate cu tehnici de deep learning. În același context, au fost investigate și tendințele sezoniere ale microseismicității, în corelație cu dinamica climatică și manifestările meteorologice intense. În continuare, pentru a extinde cele menționate mai sus este prezentată o sinteză a principalelor cercetări realizate în cadrul acestui task.

Schimbările climatice și evenimentele meteorologice extreme asociate reprezintă provocări majore pentru siguranța populației, economie și dezvoltarea durabilă, motiv pentru care a fost realizată o analiză multidisciplinară a acestor evenimente, căutarea posibilelor relații de corelare și/sau de cauzalitate în ansamblul de date observate, care capturează vibrațiile solului (surse naturale de zgomot, adesea asociate cu interacțiunea valurilor mării și suprafața solului), perturbații ale ionosferei cauzate de microbaromi (valuri de unde de presiune generate de dinamica valurilor și a atmosferei) și cantitatea de precipitații din atmosferă (detectată prin întârzierea semnalului de la sateliți la stațiile GPS). Un prim pas în analiza evenimentelor extreme și, ulterior, a trendurilor climatice pe perioade îndelungate a fost colectarea datelor raportate ca fiind capabile să capteze acest semnal climatic și procesarea lor pe benzile de frecvență corespunzătoare sau cu programele de calcul specifice, adaptate semnalului-țintă. De asemenea, vizualizarea lor temporală și spațială, împreună cu datele meteo, este esențială pentru comparația ulterioară și stabilirea unor relații posibile de corelare sau cauzalitate. Seturile de date folosite pentru analiza:

4-2.3.1 Date meteo

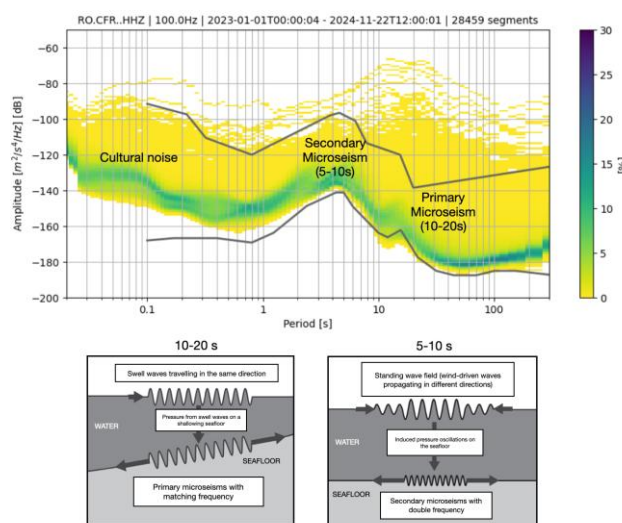
Analiza trendurilor climatice și a evenimentelor extreme necesită o bază de date pe o durată îndelungată, cu o rezoluție spațială și temporală suficient de mare pentru a deduce eventuale semnale concomitente sau precursore pe observațiile cuplate litosferă-hidrosferă-atmosferă. Încercarea de a obține date climatice și meteorologice în special pe teritoriul României a fost anevoioasă în special datorită lipsei unor date brute, neprelucrate, care pot fi folosite în scopul cercetării. Majoritatea websiteurilor pun la dispoziție date deja prelucrate și vizualizări interactive în special pentru end-users, precum agenții media. În final, am decis utilizarea datelor așa-numite ERA5 (*Hersbach et al., 2020*), furnizate de European Centre for Medium-Range Weather Forecasts (ECMWF) disponibile la <https://cds.climate.copernicus.eu/datasets/reanalysis-era5-single-levels?tab=overview>. ERA5 furnizează date detaliate despre starea atmosferei, a oceanului și a suprafeței terestre, acoperind perioada începând din 1940 până în prezent. Spre deosebire de

„Conținutul acestui material nu reprezintă în mod obligatoriu poziția oficială a Uniunii Europene sau a Guvernului României”

un set de date bazat exclusiv pe măsurători brute, ERA5 combină observațiile meteorologice disponibile (din stații terestre, sateliți, baloane atmosferice, avioane și nave) cu modele numerice avansate. Acest proces permite completarea zonelor unde măsurătorile lipsesc sau sunt incomplete, utilizând simulări bazate pe legile fizicii pentru a reconstrui cât mai fidel condițiile meteorologice. Setul de date oferă estimări orare pentru parametri precum temperatura aerului, precipitațiile, viteza și direcția vântului, presiunea atmosferică și înălțimea valurilor oceanice. În plus, ERA5 include și estimări ale incertitudinii, obținute printr-un sistem de ansamblu care rulează mai multe variante ale analizei pentru a evalua variabilitatea datelor. Pentru studiul evenimentelor extreme în corelare cu datele seismice, infrasunete și GNSS, s-au descărcat date precum nivelul de precipitații, înălțimea și periodicitatea valurilor swell și a valurilor generate de vânt, precum și viteza vântului, în zona Mării Negre și a Dobrogei, pe un grid spațial de $1^\circ \times 1^\circ$.

4-2.3.2. Date seismice

Datele seismice reprezintă vibrațiile suprafeței Pământului, cunoscute și sub denumirea de zgomot seismic. Aceste mișcări de amplitudine scăzută sunt înregistrate pe întreaga suprafață a Pământului și sunt utilizate tradițional pentru studierea structurii interne a Terrei și pentru detectarea cutremurelor. Recent, însă, au început să fie tot mai mult folosite în meteorologie și hidrologie, în special pentru monitorizarea fenomenelor meteorologice (e.g. Diaz et al., 2023), a episoadelor de inundații distrugătoare, a furtunilor oceanice și a ciclonilor tropicali (Retailleau și Gualtieri, 2021). Zgomotul seismic poate dezvălui impactul condițiilor atmosferice și oceanice, oferind informații valoroase despre evenimentele meteorologice și schimbările climatice. În mod special, datele seismice ajută la urmărirea variațiilor suprafeței Pământului cauzate de factori precum valurile oceanice, vântul și precipitațiile, oferind o perspectivă unică asupra acestor fenomene.



„Conținutul acestui material nu reprezintă în mod obligatoriu poziția oficială a Uniunii Europene sau a Guvernului României”

Figura 4-2.3.1- Densitatea de putere spectrală probabilistică (PPSD) a zgomotului seismic pentru stația CFR, pe o perioadă de doi ani, care evidențiază sursele cheie ale microseismelor primare și secundare. Mai jos, schițele ilustrează mecanismele de generare: microseismele primare sunt cauzate de valurile de tip „swell” unidirecționale care induc fluctuații de presiune pe un fund marin în apropiere de țărm, în timp ce microseismele secundare rezultă din interacțiunile neliniare ale valurilor generate de vânt pe ape mai adânci.

Datele seismice mai relevă două vârfuri principale legate de interacțiunile valurilor oceanice. Primul vârf, observat în intervalul de 10-20 de secunde (0.05-1Hz), este generat de impactul valurilor „swell” ce călătoresc în aceeași direcție, inducând variații de presiune în crusta terestră care coincid cu perioada valurilor. Al doilea vârf, în intervalul de 5-10 secunde (0.1-0.5 Hz), este produs de valurile generate de vânt, care se propagă în direcții diferite și generează oscilații de presiune pe fundul oceanului. Aceste semnale seismice leagă direct condițiile oceanice de activitatea seismică, oferind informații despre fenomenele meteorologice de mare amploare, cum ar fi furtunile oceanice. Frecvențele mai înalte, de peste 30 Hz, sunt asociate cu efectele precipitațiilor și vântului, așa cum se observă în studii precum cele ale lui Rindrahariasona et al. (2022) sau Diaz et al. (2023). Aceste semnale seismice de frecvență înaltă ajută la monitorizarea evenimentelor meteorologice mai localizate, cum ar fi furtunile și ploile abundente. Datele seismice, atunci când sunt integrate cu alte instrumente meteorologice, îmbunătățesc capacitatea de a monitoriza și prezice evenimentele meteo.

Pentru analiza datelor seismice, înregistrările brute sunt mai întâi corectate pentru răspunsul instrumentului (Figura 4-2.3.2) și convertite în unități de viteză (Figura 4-2.3.1). Spectrogramele acestor trasee seismice sunt produse pentru a detecta amplitudinile crescute ale zgomotului seismic din benzile microseismice (1-20 s), în scopul vizualizării posibilelor semnături ale fenomenelor meteorologice extreme.

„Conținutul acestui material nu reprezintă în mod obligatoriu poziția oficială a Uniunii Europene sau a Guvernului României”

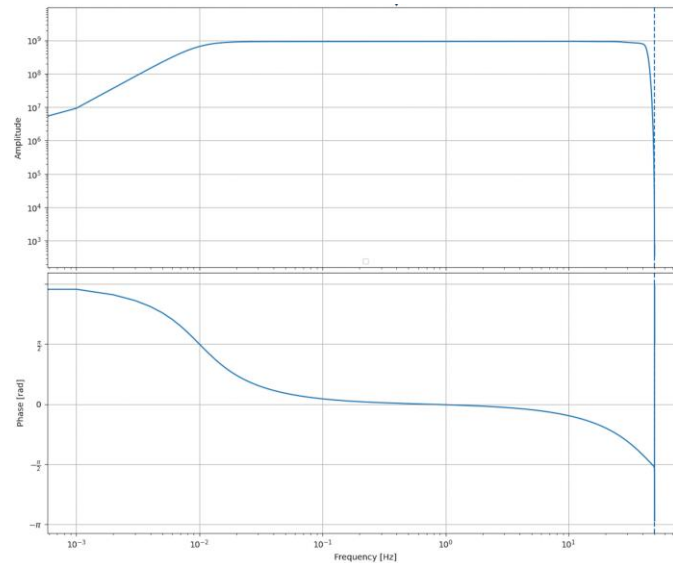


Figura 4-2.3.2- Raspunsul unui instrument seismic de banda larga la statia MANR din orasul Mangalia, reprezentat prin variatia amplitudinii si a fazei semnalului la diverse frecvente.

Vibrațiile seismice înregistrate de la un ansamblu de stații sunt apoi filtrate folosind filtre Butterworth, adaptate pentru a capta semnalul țintă: filtrare low-pass (<1 Hz) pentru interacțiunile valuri-fundul mării și filtrare high-pass (>30 Hz) pentru a identifica posibile semnături ale precipitațiilor, fluctuații de presiune induse pe sol și convertite în vibrații seismice slabe datorită picăturilor de ploaie.

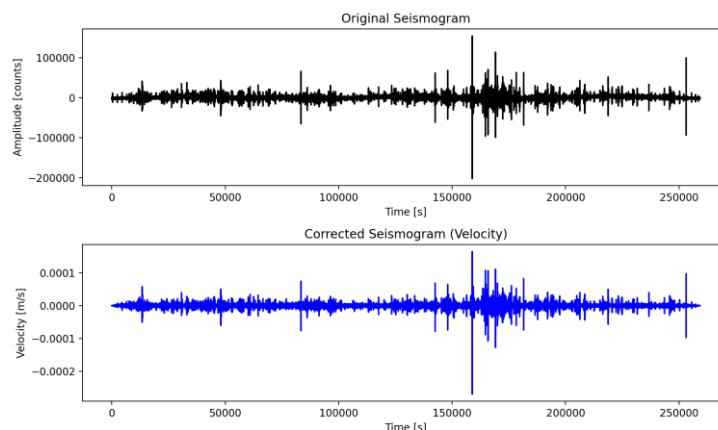


Figura 4-2.3.3- Exemplu pentru obținerea unei seismograme în unitați de viteză pentru câteva zile în jurul unei furtuni din Marea Neagră la stația MANR amplasată în orașul Mangalia. Trasa neagră reprezintă seismograma originală în unitati non fizice specifice instrumentului. Trasa albastră reprezintă seismograma corectata în unitati de viteză (m/s).

„Conținutul acestui material nu reprezintă în mod obligatoriu poziția oficială a Uniunii Europene sau a Guvernului României”

4-2.3.3 Vizualizarea unui studiu de caz: rezultate preliminare seismo-meteo

Pentru a înțelege mai bine conținutul semnalului, analizăm evoluția frecvență-timp a zgomotului în banda microseismică. În acest sens, utilizăm modulele Python scipy și obspy pentru a procesa datele seismice brute. Din cadrul scipy.signal, folosim funcția spectrogram pentru a extrage și analiza spectrele de frecvență ale semnalului pe parcursul timpului, ceea ce ne permite să observăm detalii esențiale privind caracteristicile și comportamentul zgomotului seismic în intervalul de frecvențe microseismice (Figura 4-2.3.4).

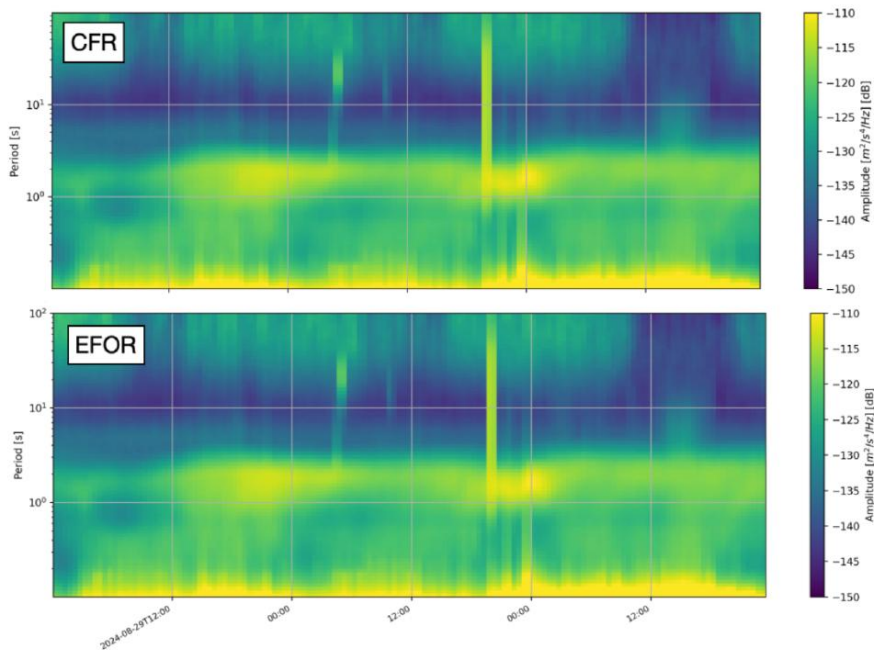


Figura 4-2.3.4- Spectrograme la stații seismice de bandă largă amplasate în Dobrogea care capturează sursele zgomotului seismic. Se observă amplitudini ridicate la frecvențele 1-5 s (primary peak) și între 10-20 s (secondary peak).

„Conținutul acestui material nu reprezintă în mod obligatoriu poziția oficială a Uniunii Europene sau a Guvernului României”

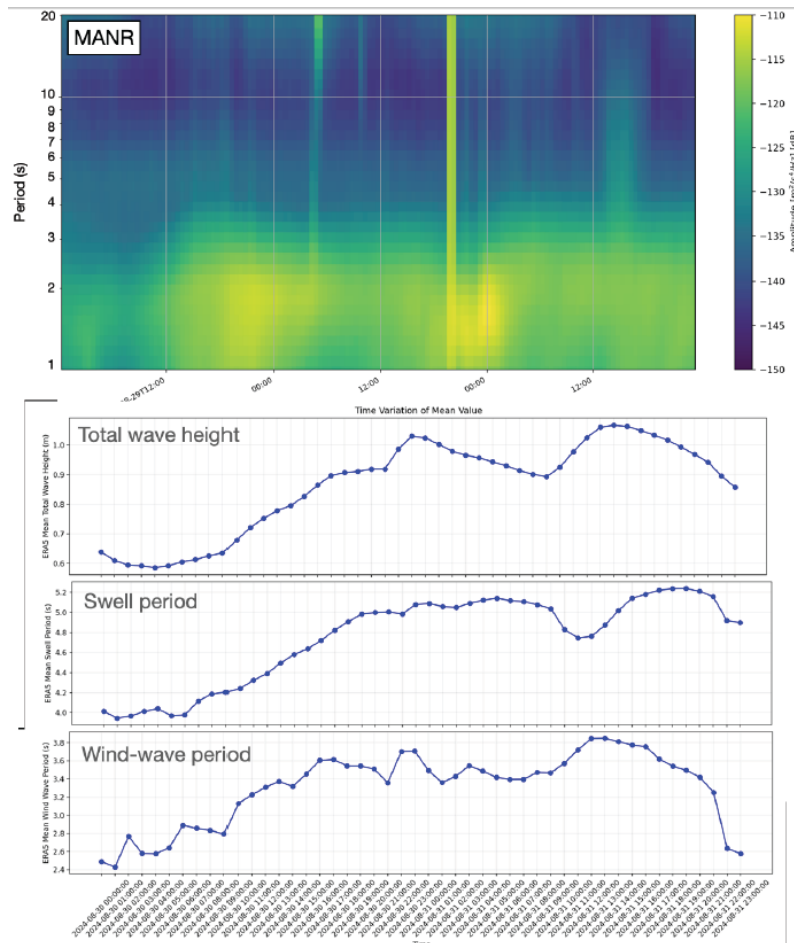


Figura 4-2.3.5- Spectrograma la stația seismică Mangalia și date ERA5 despre înălțimea totală a valurilor, perioada principală a valurilor de tip swell și perioada principală a valurilor generate de vânt, ultimele două fiind surse generatoare de zgomot seismic in benzile microseismice.

Semnalele microseismice provin din activitatea valurilor din Marea Neagră. În acest scop, comparăm spectrogramele obținute din datele seismice cu informațiile privind valurile din cadrul ERA5. Această comparație ne permite să identificăm eventualele legături între variabilitatea semnalelor microseismice și dinamica valurilor oceanice, oferindu-ne o înțelegere mai profundă a modului în care fenomenele oceanice influențează zgomotul seismic în această regiune specifică. Pentru a vizualiza semnalul furtunii care traversează rețeaua de stații seismice cu bandă largă din zona de coastă, am reprezentat grafic valorile orare ale precipitațiilor împreună cu amplitudinile orare ale vitezelor de vârf, calculate ca rădăcină pătrată a mediei amplitudinilor, ale semnalelor seismice de frecvență înaltă (>30 Hz) înregistrate la fiecare stație. Figura 4-2.3.5 prezintă trei instantanee din graficele orare, evidențiind o corelație între modelele de precipitații, provenite din datele ERA5, și amplitudinile zgomotului seismic de frecvență înaltă. Această observație întărește

„Conținutul acestui material nu reprezintă în mod obligatoriu poziția oficială a Uniunii Europene sau a Guvernului României”

ipoteza unei posibile relații cauzale între evenimentele meteorologice și variațiile semnalelor seismice, sugerând că modificările de precipitație pot influența intensitatea și comportamentul zgomotului seismic în acea perioadă.

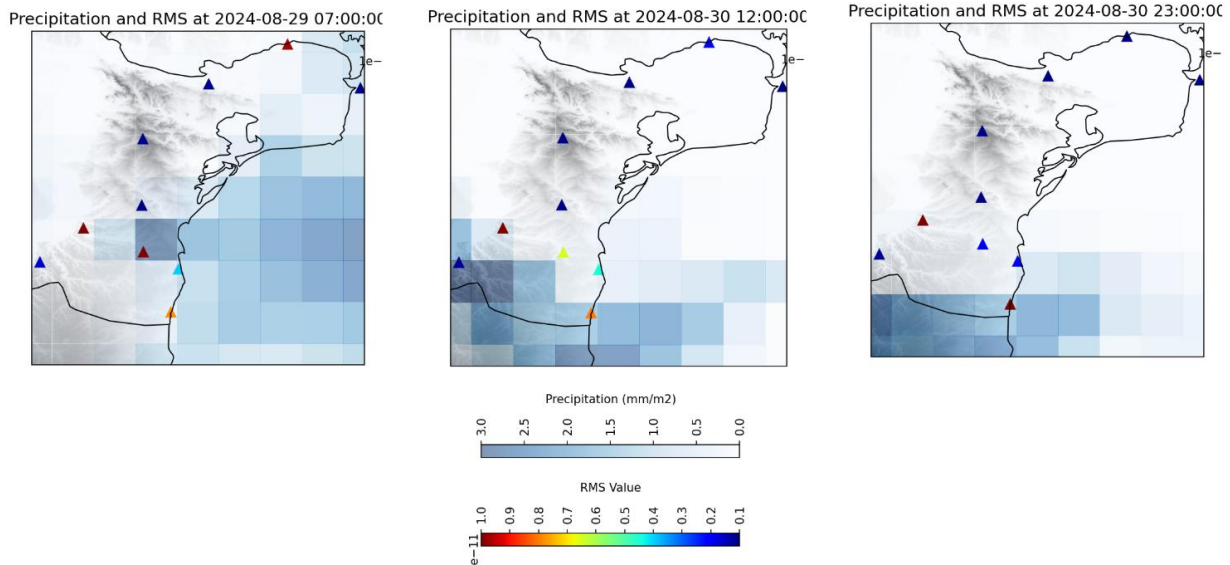


Figura 4-2.3.6- Distribuția valorilor orare ale rădăcinii pătrate a mediei (RMS) ale seismogramelor filtrate high-pass (>30 Hz) în comparație cu nivelul orar de precipitații pe un grid 1°x1°. Culoarele indică amplitudinea orară RMS a envelopelor de viteză filtrate în intervalul 30-50 Hz. Grila colorată de fundal reprezintă precipitațiile totale (mm/m²) conform datelor ERA5.

Activitatea de estimare a frecvenței fundamentale de rezonanță, a elipticității undelor Rayleigh și de inversie comună pentru obținerea modelelor 2D ale structurilor sedimentare și ale proprietăților near-surface (**Task 4-2.4**) constituie baza pentru elaborarea livrabilului privind hărțile dependente de timp ale proprietăților mișcării terenului (frecvență de rezonanță, adâncimea rocii de bază geofizice, predicția deplasării maxime) și ale seismicității, inclusiv evaluarea variațiilor sezoniere și a efectelor fenomenelor meteorologice extreme asupra răspunsului seismic local.

Rezultatele **Task-urilor 4-2.3 și 4-2.4** au fost incluse în livrabilele **D4-2.2 și D4-2.3**. Livrabilul D4-2.2 (Relații empirice între modelele de microseismicitate și datele atmosferice GNSS-infrasonice combinate), investighează interacțiunea dinamică dintre atmosferă și teren, concentrându-se asupra modului în care zgomotul seismic ambiental, în special în benzile microseismelor și de înaltă frecvență, răspunde la condițiile meteorologice, încărcarea hidrologică și forțele oceanografice la scară largă. În conformitate cu obiectivele de evaluare a riscurilor multiple ale WP4-2, s-au analizat în comun caracteristicile intensităților microseismice și compoziția câmpului de unde, parametrii atmosferici derivați din GNSS (cum ar fi vaporii de apă, precipitații și încărcarea verticală), observațiile infrasonice și seturile de date meteorologice. În ceea ce privește livrabilul D4-2.3 al aceluiași WP, s-au obținut hărți spațiale explicite și

„Conținutul acestui material nu reprezintă în mod obligatoriu poziția oficială a Uniunii Europene sau a Guvernului României”

dependente de timp ale proprietăților mișcării solului pe teritoriul României, derivate din frecvențele de rezonanță obținute prin HVSR, inversia profilului V_s și estimarea adâncimii rocii de bază. Hărțile la scară națională rezultate evidențiază diferențe sistematice în frecvența de rezonanță și ale potențialul de amplificare între bazinele sedimentare și regiunile cu roci dure, precum și variații temporale asociate încărcării hidrologice.

Schimbările sezoniere și multianuale ale frecvenței de rezonanță indică faptul că vitezele seismice la adâncime mică nu sunt constante; dimpotrivă, ele evoluează în funcție de umiditatea solului, nivelul apei subterane și ciclurile de încărcare, sugerând o sensibilitate climatică în caracteristicile de amplificare ale amplasamentului. Aceste variații au implicații pentru evaluarea hazardului seismic, în special în zonele cu sedimente moi care găzduiesc infrastructuri critice. În concluzie, acest livrabil prezintă hărți de înaltă rezoluție ale rezonanței amplasamentului și ale proprietăților seismice de la suprafața de pe teritoriul României, completate de un cadru hidro-seismo-elastic care transformă precipitațiile în variații ale presiunii interstițiale, modifică tensiunea efectivă și viteza undelor de forfecare și corelează aceste procese cu variațiile parametrilor HVSR. Prin combinarea cartografierii spațiale cu o interpretare mecanică a forțelor ambientale, livrabilul oferă un instrument sensibil la climă pentru monitorizarea și predicția amplificării amplasamentului, sprijinind evaluarea dinamică a hazardului seismic și planificarea rezilienței în cadrul inițiativei mai ample **Digital Twin Earth Intelligence for Climate Changes (DTEClimate)**.

1.3.3 WP 4-3 – Dezvoltare digitală: instrument complex pentru transformări societale.

WP leader: GREENSOFT (A. Brezulianu)

În cadrul acestui pachet de lucru a fost dezvoltat un portal digital interactiv, destinat accesului, vizualizării și analizei datelor multi-hazard colectate. Platforma integrează tehnologii avansate pentru analiza riscurilor climatice și geologice, include interfețe vizuale intuitive, module de analiză avansată și instrumente pentru vizualizarea integrată a fenomenelor naturale.

Activitățile realizate au inclus:

- dezvoltarea și implementarea portalului pentru evenimente meteorologice extreme ca instrument suport pentru evaluarea riscurilor multi-hazard, cu accent pe valorificarea rezultatelor obținute în cadrul WP-urilor anterioare,
- colectarea și integrarea datelor climatice pentru construirea bazei informaționale a portalului,
- proiectarea serviciului web dedicat pentru prezentarea datelor seismice, infrasunete și GNSS rezultate din WP 4-2 și utilizate pentru WP4-4,
- extinderea serviciului de integrare automată a datelor în ceea ce privește precipitațiile,

„Conținutul acestui material nu reprezintă în mod obligatoriu poziția oficială a Uniunii Europene sau a Guvernului României”

- dezvoltarea portalului de evenimente extreme, care include sapte straturi tematice: furtuni, fulgere, vapori de apă, temperatură, infrasunete, precipitații și zgomot seismic, toate cu filtre interactive și grafice la nivel de senzor;
- implementarea unui mecanism recursiv de parcurgere a ierarhiilor de fișiere, pentru administrarea și catalogarea volumelor mari de date. Platforma permite vizualizarea interactivă a datelor despre precipitații sub formă de heatmap.
- testarea și validarea portalului pilot, evaluându-se fiabilitatea proceselor automate de colectare și arhivare a datelor, corectitudinea algoritmilor de procesare a datelor și acuratețea reprezentărilor grafice, dar și performanța API-urilor în scenarii de volum ridicat de date.

Testele efectuate au confirmat stabilitatea sistemului, funcționarea optimă a fluxurilor de date și capacitatea platformei de a susține analize complexe în timp real. De asemenea, a fost realizată o simulare a portalului cu interfețele ecosistemului RDI, validând compatibilitatea soluției cu infrastructurile de cercetare existente și potențialul de integrare la scară largă.

Spre exemplificare vom prezenta cateva imagini cu straturi tematice in care se vizualizeaza diverse tipuri de date incluse in portalul pentru evenimente extreme.

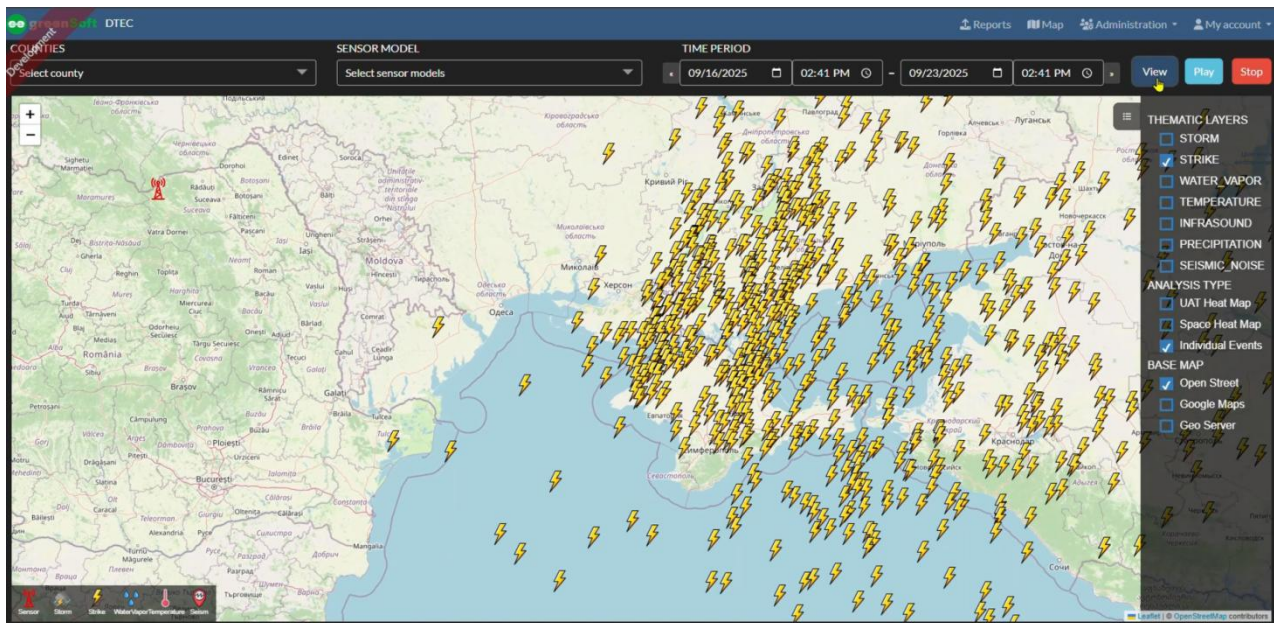


Figura 4-3.1- Reprezentarea distribuției descărcărilor electrice pe hartă

„Conținutul acestui material nu reprezintă în mod obligatoriu poziția oficială a Uniunii Europene sau a Guvernului României”

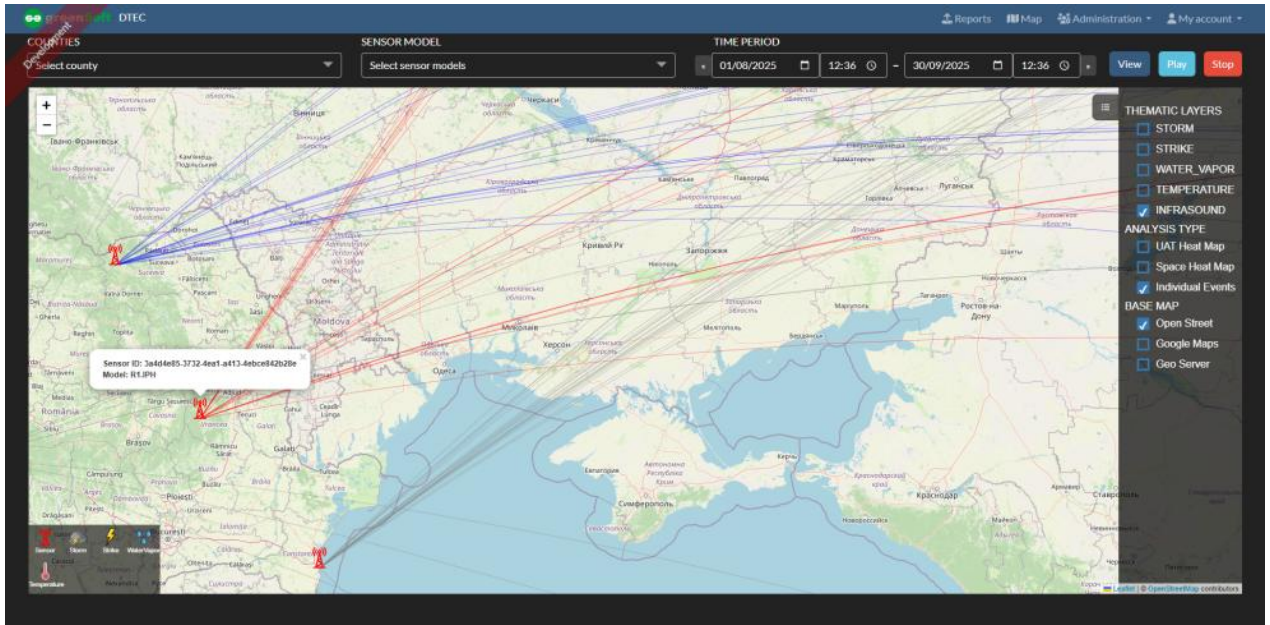


Figura 4-3.2- Date despre infrasunete de la stațiile IPH, IBH și IGH

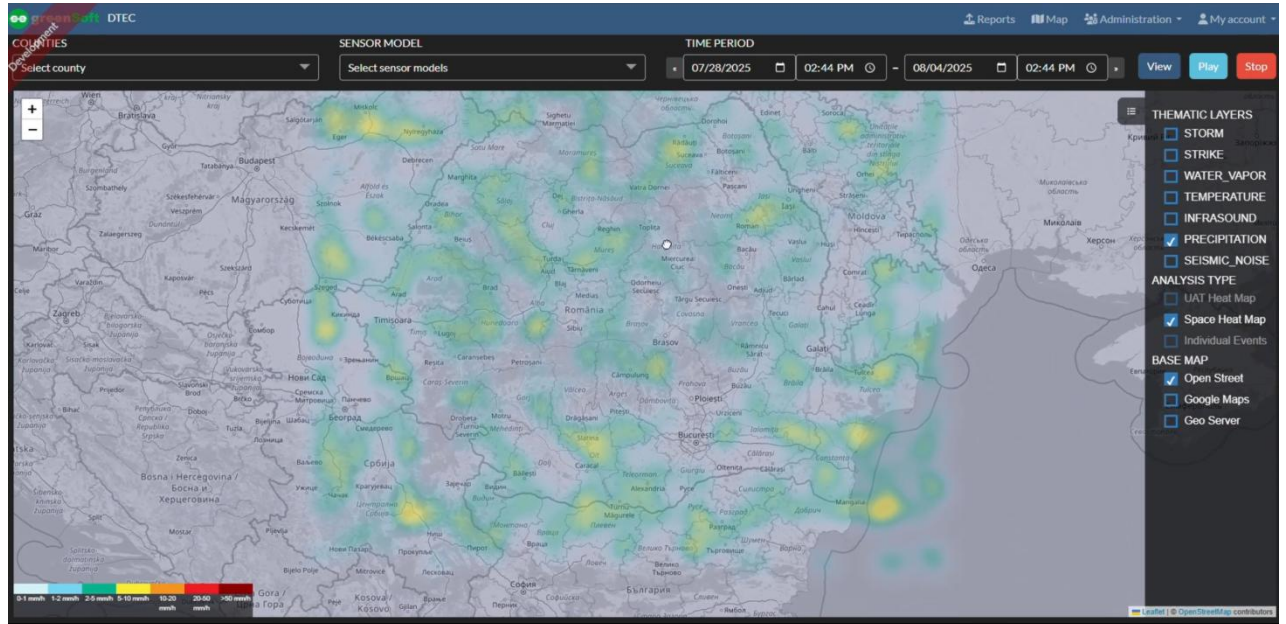


Figura 4-3.3- Hartă de densitate pentru parametri climatici (ex. temperatură/precipitații)

„Conținutul acestui material nu reprezintă în mod obligatoriu poziția oficială a Uniunii Europene sau a Guvernului României”

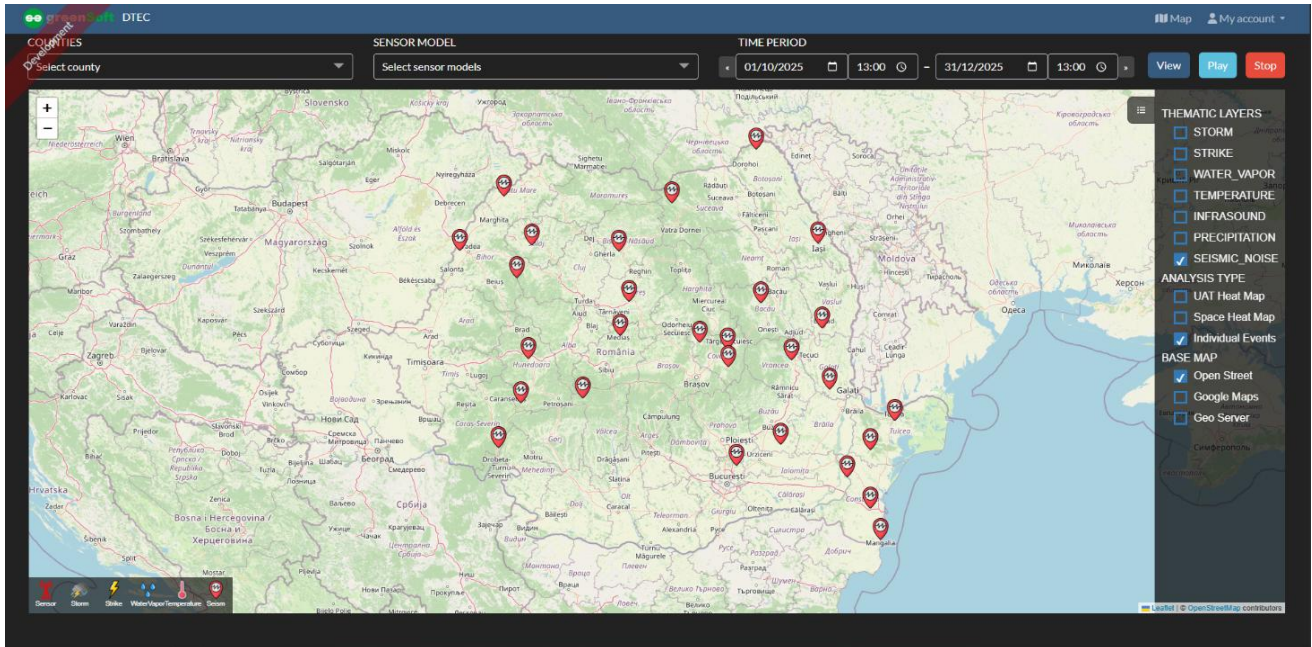


Figura 4-3.4- Stațiile care au efectuat măsurători ale zgomotului seismic

1.3.4 WP 4-4 – Studii de caz

WP leader: INCDFP (C. Ionescu)

Scopul acestui WP a fost de a demonstra și evalua efectul schimbărilor climatice asupra infrastructurilor critice, cum ar fi cele 4 locații vulnerabile alese: Zona Mioveni - Reactorul de Cercetare ICN Pitești; zona și instalațiile lacului de cianurare de la Roșia Montană; împrejurimile rafinăriilor Petromidia Năvodari și Barajul de acumulare Paltinu. Cercetările au avut în vedere desfășurarea următoarelor activități privind evaluarea schimbărilor climatice în locațiile selectate:

- instalarea unor noi instrumente de monitorizare;
- analiza datelor furnizate de tehnologiile utilizate;
- aplicarea unor metodologii inovatoare pentru creșterea robusteții și rapidității sistemelor de alertă;
- evaluarea conexiunii cu sistemele de urgență și a protocoalelor de securitate;
- implementarea unor acțiuni automate specifice pentru protecția persoanelor, clădirilor și echipamentelor;
- testarea întregului lanț operațional prin utilizarea datelor reale și simulate.

Contributii per Task:

„Conținutul acestui material nu reprezintă în mod obligatoriu poziția oficială a Uniunii Europene sau a Guvernului României”

Task 4-4.1- Dezvoltarea unei aplicații pentru evaluarea efectelor creșterii nivelului apei din Marea Neagră asupra infrastructurii din orașele dens populate

În cadrul acestui task au fost realizate cercetări complexe dedicate evaluării integrate a hazardurilor naturale și climatice care afectează regiunea Mării Negre, cu accent pe interacțiunea dintre riscurile seismice, costiere și climatice. Activitățile desfășurate au urmărit atât analiza efectelor creșterii nivelului mării, cât și evaluarea impactului produs de tsunami generate de cutremure, alunecări submarine de teren și fenomene meteorologice extreme.

În cadrul studiilor au fost utilizate tehnici moderne și metode avansate de analiză aplicate rețelei naționale de monitorizare seismică și a nivelului apei din Marea Neagră, prin integrarea datelor provenite din înregistrări istorice și forme de undă continue.

Un rezultat major al activităților desfășurate îl reprezintă dezvoltarea unei aplicații software dedicate evaluării integrate a riscurilor naturale în zonele urbane costiere ale Mării Negre. Sistemul integrează în timp real date provenite de la rețele seismice naționale și internaționale, precum INCDFP, EMSC și USGS, precum și informații furnizate de stații oceanografice regionale, acoperind puncte-cheie de monitorizare precum Sulina, Constanța, Mangalia, Varna și Istanbul. Aplicația permite detectarea și analiza automată a evenimentelor cu potențial tsunamigen, clasificarea acestora în funcție de mecanismul de generare și simularea propagării valurilor, a timpului de sosire și a zonelor de impact. Cerințele pentru funcționalitatea unei astfel de aplicații sunt prezentate pe scurt în diagrama din figura 4-4.1.1.

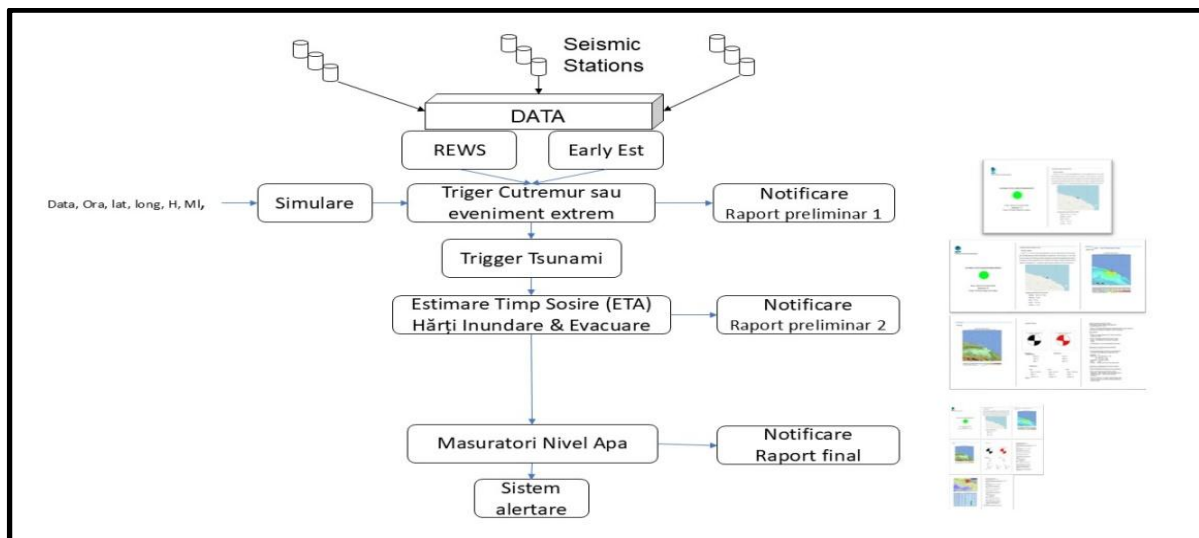


Figura 4-4.1.1 - Diagrama aplicației pentru evaluarea efectelor creșterii nivelului apei din Marea Neagră asupra infrastructurii din orașele dens populate

„Conținutul acestui material nu reprezintă în mod obligatoriu poziția oficială a Uniunii Europene sau a Guvernului României”

Platforma generează hărți interactive de hazard și inundabilitate, oferă funcționalități de vizualizare și analiză a evoluției nivelului apei și permite evaluarea impactului asupra infrastructurii critice, inclusiv asupra rețelelor de transport, sănătate și energie. De asemenea, aplicația include instrumente intuitive de analiză spațială și temporală, fiind concepută atât pentru specialiști, cât și pentru autorități locale și utilizatori nespecializați implicați în activități de planificare și management al riscurilor.

Ca rezultat direct al acestui task a fost realizat livrabilul D4-4.1, reprezentat printr-o aplicație software interactivă dedicată explorării schimbărilor oceanografice multidecadale din regiunea Mării Negre. Aplicația utilizează observații satelitare și produse de reanaliză furnizate de Serviciul Copernicus de monitorizare a mediului marin și se concentrează asupra a doi indicatori esențiali ai impactului schimbărilor climatice asupra mediului marin: temperatura suprafeței mării și variația nivelului mării.

Pentru analiza evoluției termice a fost utilizat produsul de înaltă rezoluție Level-3 Super-collated (L3S) Sea Surface Temperature, care furnizează observații zilnice pentru perioada 1982–2025, la o rezoluție spațială de aproximativ $0,05^\circ \times 0,05^\circ$ (aproximativ 5 km între punctele de rețea). Acest set de date oferă o imagine detaliată asupra evoluției temperaturii suprafeței mării pe parcursul ultimelor patru decenii.

Platforma web interactivă de monitorizare și analiză a nivelului Mării Negre dezvoltată în cadrul livrabilului D4-4.1, disponibilă la <https://reactive.infp.ro/events/waterlevel.php>, permite utilizatorilor explorarea dinamică a distribuției spațiale și temporale a parametrilor oceanografici, selectarea perioadelor de analiză și vizualizarea seriilor temporale și a tendințelor climatice pe termen lung. Sistemul contribuie la reducerea barierelor dintre seturile complexe de date climatice și procesul decizional privind adaptarea costieră și gestionarea riscurilor.

În paralel, analiza variației nivelului mării utilizează produsul Black Sea Physics Reanalysis, care furnizează măsurători zilnice ale înălțimii suprafeței mării pentru perioada 1993–2025, la o rezoluție spațială de aproximativ $0,025^\circ \times 0,025^\circ$ (aproximativ 2,5 km între punctele de rețea). Aceste date permit evaluarea tendințelor pe termen lung și a variabilității interanuale a nivelului absolut al mării în raport cu elipsoidul de referință.

„Conținutul acestui material nu reprezintă în mod obligatoriu poziția oficială a Uniunii Europene sau a Guvernului României”

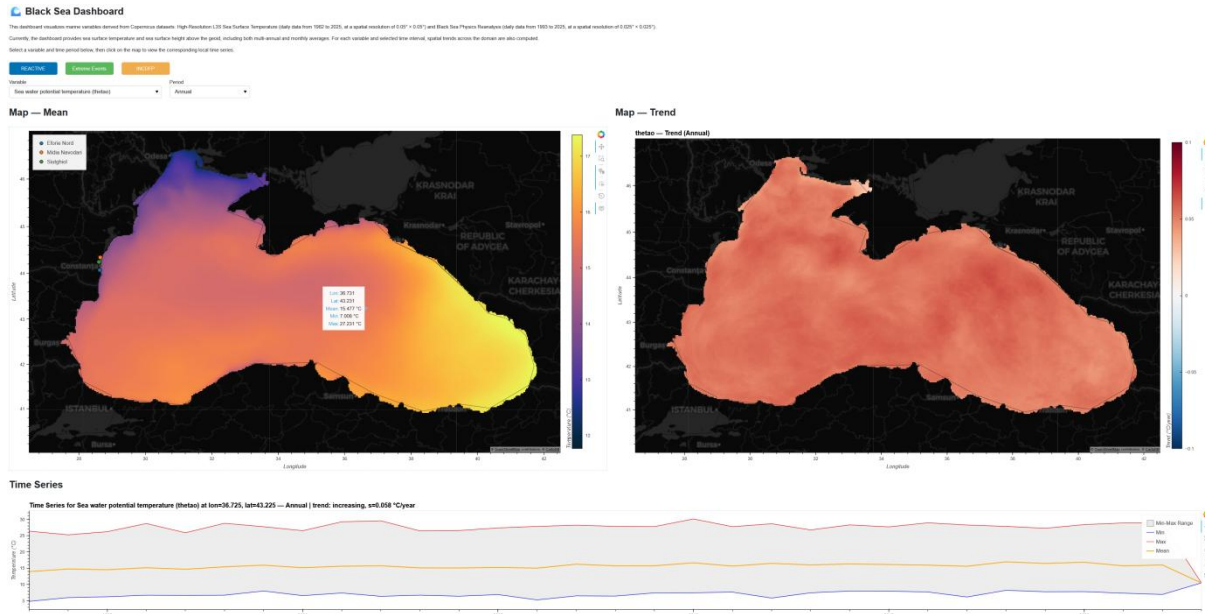


Figura 4-4.1.2 - Variabilitatea multianuală a temperaturii. Pe lângă valoarea medie a temperaturii, sunt afișate atât temperatura minimă cât și cea maximă, pentru fiecare an.

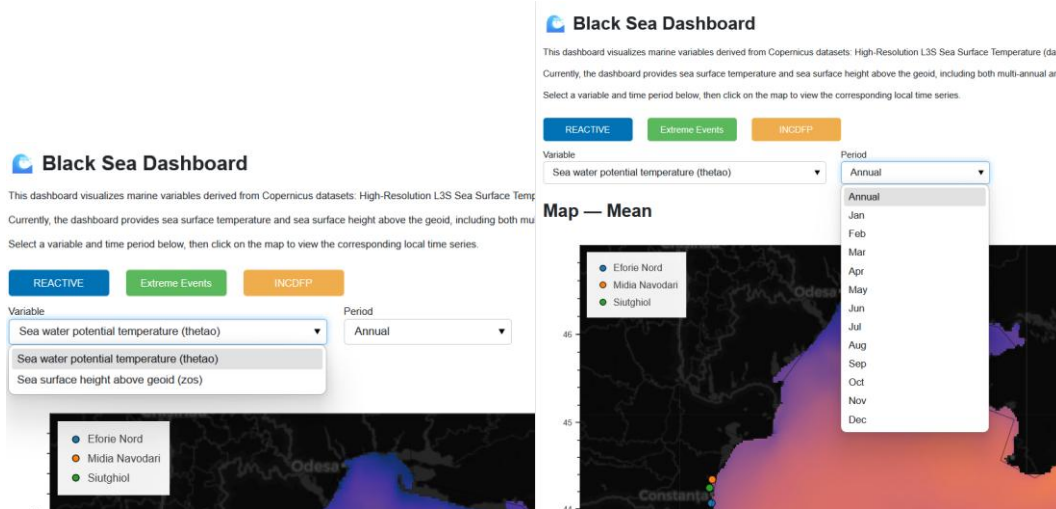


Figura 4-4.1.3 - Cu excepția valorilor multianuale, meniul dropdown permite selectarea unei luni din an sau afișarea trendurilor calculate pentru fiecare pixel, fie pentru temperatura apei, fie pentru nivelul mării

Rezultatele studiului evidențiază faptul că regiunea Mării Negre este expusă unor hazarduri multiple și interconectate, incluzând creșterea temperaturilor, modificarea regimului precipitațiilor, intensificarea furtunilor, creșterea nivelului mării și apariția hazardurilor în cascadă rezultate din interacțiunea proceselor fluviale și costiere. În acest context, aplicația dezvoltată reprezintă un instrument strategic și operațional pentru sprijinirea autorităților naționale și locale în gestionarea

„Conținutul acestui material nu reprezintă în mod obligatoriu poziția oficială a Uniunii Europene sau a Guvernului României”

riscurilor de dezastru, protecția infrastructurii critice, planificarea urbană și dezvoltarea măsurilor de adaptare la schimbările climatice în regiunea Mării Negre.

Task 4-4.2 - Dezvoltarea unei aplicații complete pentru infrastructurile critice din România

Considerând obiectivele principale ale WP4-4, activitățile desfășurate pentru acest task au implicat reanalizarea efectelor schimbărilor climatice observate și proiectate pe teritoriul României precum creșterea temperaturilor, modificarea intensității și duratei precipitațiilor, schimbările în frecvența furtunilor, creșterea nivelului mării și evenimentele combinate fluvio-costiere care generează riscuri în cascadă. În acest scop toate tipurile de date (climatice, hidrometeorologice, oceanografice, geodezice și a datelor despre infrastructuri) au fost integrate într-un sistem software modular și reproductibil. Pentru reducere/diminuarea riscurilor generate de schimbările climatice studiul s-a concentrat pe obținerea indicatorilor de hazard relevanți pentru proiectare/operațiuni (de exemplu, temperatură, vânt, indici de căldură). Toate aceste acțiuni, și implicit rezultatele obținute, sunt destinate realizării de aplicații interactive cu explorare bazată pe hărți, diagnosticare în serii de timp și statistici și tendințe generate în timp real.

Această aplicație software utilizează date interdisciplinare pentru a evalua efectele schimbărilor climatice asupra infrastructurilor critice. Folosind echipamentul seismic achiziționat și instalat în WP 4-1, REWS implementat în WP 4-4 va furniza rapid informații despre cutremure și despre mișcările solului în amplasamentele selectate, inclusiv nivelul apei și comportamentul clădirilor în timpul unui cutremur, generând, de asemenea, proceduri de siguranță.

Pentru a rezolva acest deziderat s-a demarat proiectarea unei strategii pentru monitorizarea infrastructurilor critice selectate, cu accent pe evaluarea efectelor generate de cutremure. Aplicația integrează date seismice și multi-disciplinare provenite de la echipamentele recent instalate, cu scopul de a furniza informații rapide despre mișcarea seismică estimată și efectele asupra structurilor sensibile. Pentru început au fost identificate și sunt monitorizate următoarele amplasamente critice: barajul de acumulare Paltinu (jud. Prahova) și Roșia Montană. La aceste locații au fost deja instalate stații seismice (la Paltinu și Roșia Montană) și accelerometre (Mioveni, Pitești). Prin intermediul acestor senzori, se monitorizează comportamentul structural al infrastructurilor în condiții de solicitare seismică, urmărind parametri precum deplasarea, accelerația și potențiala deteriorare a elementelor critice (beton, echipamente industriale, niveluri de apă etc.). Această etapă pregătitoare va permite, ulterior, implementarea de scenarii realiste de evaluare a mișcării seismice, respectiv declanșarea automată a alertelor în cazul apariției unui eveniment extrem.

Pentru dezvoltarea aplicației au fost integrate și analizate mai multe categorii de date multidisciplinare, astfel:

1. Date atmosferice

„Conținutul acestui material nu reprezintă în mod obligatoriu poziția oficială a Uniunii Europene sau a Guvernului României”

Componenta atmosferică utilizează datele ERA5-Land, parte a reanalizei climatice ERA5 realizată de ECMWF. Acest set de date se bazează pe un model de suprafață offline rulat la o rezoluție orizontală fină de aproximativ 9 km (grilă de 0,1°), folosind forțări atmosferice din ERA5 și oferind o reprezentare realistă a proceselor terestre și a ciclurilor apei și energiei pe parcursul mai multor decenii. Setul de date acoperă perioada ianuarie 1950–prezent și furnizează câmpuri orare actualizate aproape în timp real.

ERA5-Land include aproximativ 50 de variabile atmosferice și de suprafață, precum temperatura și punctul de rouă la 2 m, componentele vântului la 10 m, presiunea la suprafață, precipitațiile totale, evaporarea, temperatura și umiditatea solului, caracteristicile stratului de zăpadă, fluxurile radiative și parametrii de vegetație. Pentru aplicația interactivă au fost utilizate în principal date privind temperatura, precipitațiile și vântul, necesare obținerii unor indicatori și diagnostice relevante pentru baraje, instalații petroliere și diverse tipuri de hazarduri, precum valurile de căldură.

2. Date marine

Datele marine provin din produsul Black Sea Physics Reanalysis, o reanaliză fizică multidecadală de înaltă rezoluție pentru bazinul Mării Negre. Acest set de date furnizează câmpuri tridimensionale de temperatură, salinitate și curenți marini, precum și câmpuri bidimensionale privind nivelul suprafeței mării, temperatura apei și fluxurile aer–mare. Arhiva începe în anul 1993 (1 ianuarie) și este actualizată periodic. Datele sunt disponibile ca medii zilnice, lunare, anuale și climatologice, pe o grilă spațială de aproximativ 2,5 km și cu 121 de niveluri verticale, fiind concepute pentru a surprinde procesele mezoscalare specifice Mării Negre.

3. Date GNSS

Institutul Național pentru Fizica Pământului (INCDFP) operează o rețea GNSS dedicată monitorizării deformărilor crustale din România și integrării constrângerilor geodezice în fluxurile de evaluare a hazardului seismic. Programul a început în anii 1990 prin campanii GPS temporare și a evoluat către o rețea permanentă de aproximativ 32 de stații în timp real, integrate în infrastructura EPOS.

Distribuția spațială a stațiilor prioritizează zonele seismice și regiunile costiere. În Dobrogea, primul amplasament permanent costier (Histria – HIST) a fost instalat în 2003, iar ulterior rețeaua s-a extins prin integrarea subrețelei GeoPontica implementate de GeoEcoMar de-a lungul litoralului românesc al Mării Negre.

Rețeaua GNSS furnizează informații esențiale pentru estimarea mișcărilor verticale ale terenului și pentru evaluarea riscului de inundații și hazard costier. În același timp, stațiile GNSS continue permit estimarea întârzierii totale zenitale (ZTD), care poate fi convertită în vapori de apă integrați

„Conținutul acestui material nu reprezintă în mod obligatoriu poziția oficială a Uniunii Europene sau a Guvernului României”

(IWV/PWV). Astfel, aceeași infrastructură utilizată pentru monitorizarea seismică oferă și informații relevante privind umiditatea atmosferică, utile pentru detectarea timpurie a dezvoltării furtunilor și pentru validarea modelelor atmosferice și climatice.

Vaporii de apă reprezintă unul dintre cei mai importanți constituenți ai atmosferei terestre, jucând un rol esențial în transferul de energie și în formarea precipitațiilor. Variabilitatea spațio-temporală ridicată face ca estimarea precisă a conținutului de vapori de apă pe coloana atmosferică (IWV – integrated water vapour) să fie o provocare permanentă pentru meteorologie și climatologie. IWV, exprimat în kg m^{-2} (echivalent cu mm de apă precipitabilă), integrează conținutul de vapori de apă pe întreaga coloană atmosferică și constituie o variabilă fundamentală pentru modelele numerice de prognoză, studiile privind schimbări climatice și înțelegerea ciclului hidrologic.

În cadrul proiectului REACTIVE s-a dezvoltat o metodologie pentru obținerea de IWV din datele de GNSS. În vederea validării acestora, valorile obținute au fost comparate cu surse de date independente: date de reanaliză din ERA5, radiometru cu microunde și radiosondaje.

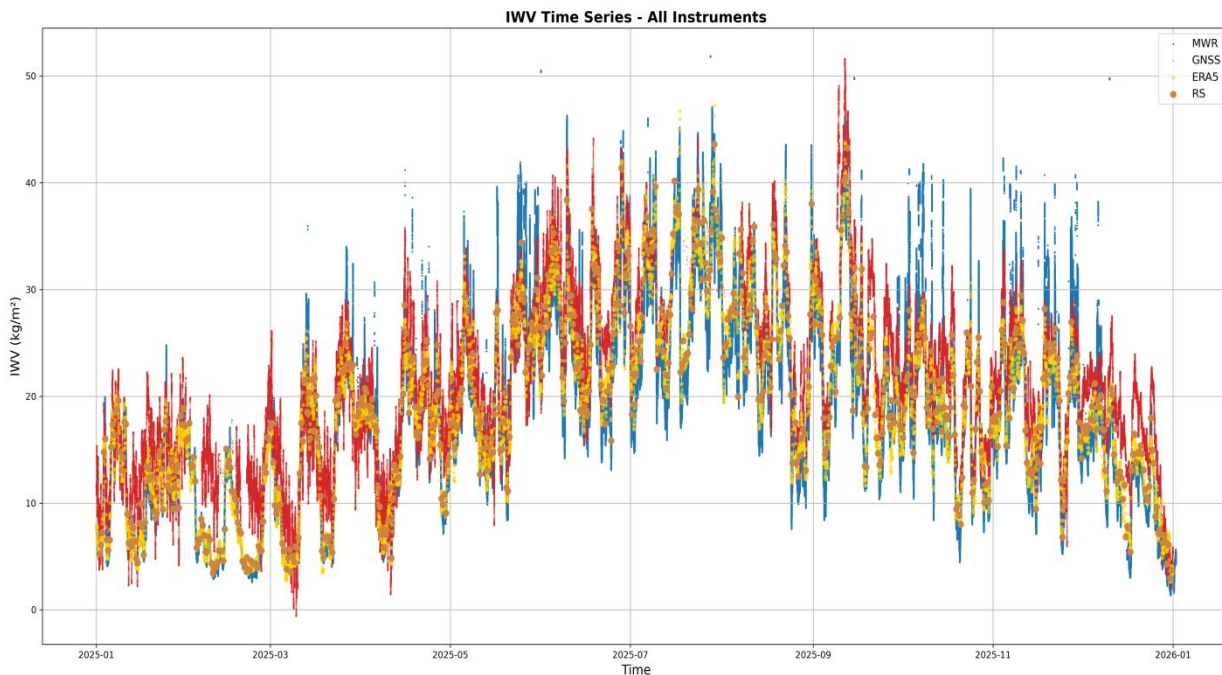


Figura 4-4.2.1- Serii de timp IWV la stația CLDR pentru toate cele patru metode de determinare a acestui parametru (radiometru în microunde — albastru, GNSS — portocaliu, date de reanaliză ERA5 — galben, radiosondaj— roșu), perioada 2025.

„Conținutul acestui material nu reprezintă în mod obligatoriu poziția oficială a Uniunii Europene sau a Guvernului României”

IWV Regression Analysis - All Data

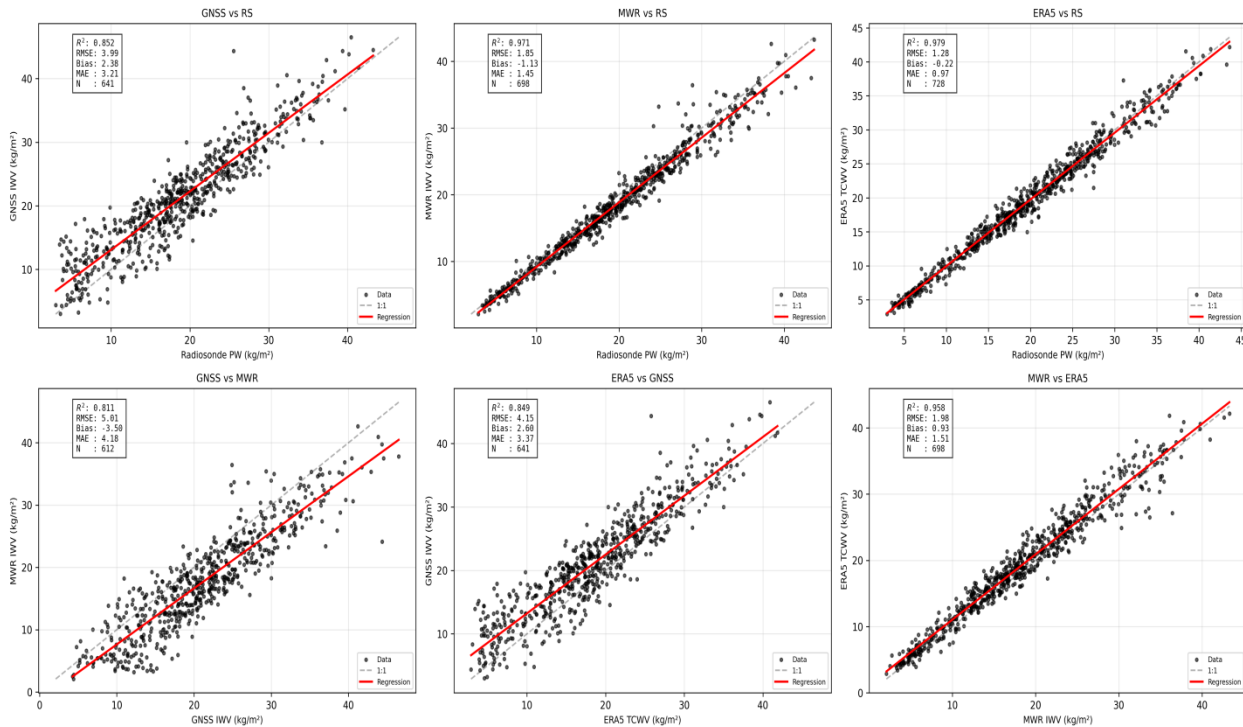


Figura 4-4.2.2 Diagrame de regresie IWV pentru toate perechile de comparații (sus: vs. radiosondaj; jos: comparații încrucișate). Linia gri întreruptă reprezintă linia 1:1; linia roșie reprezintă regresia liniară.

Pentru stația CLDR, GNSS prezintă o corelație mai scăzută cu radiosondajul ($R^2 = 0,852$, $RMSE = 3,99 \text{ kg m}^{-2}$) și un bias negativ semnificativ de $-2,38 \text{ kg m}^{-2}$, indicând o subestimare sistematică a IWV de către GNSS față de radiosondaj. Față de MWR, GNSS arată un bias negativ similar ($-3,34 \text{ kg m}^{-2}$ la rezoluție orară), sugerând că factorul de conversie $ZWD \rightarrow IWV$ sau temperatura medie ponderată T_m ar putea fi subestimate. O modalitate de îmbunătățire a determinării IWV din ZWD este reprezentată de folosirea unui model de intrare mai bun, cu rezoluție ridicată mai mare și cu un pas de timp mai mic decât cel furnizat de ERA5, precum ICON sau WRF.

Analize vizibile în aplicații

Platforma oferă panouri cartografice interactive pentru temperatura aerului la suprafața solului, precipitații și vânt din ERA5-Land, împreună cu nivelul și temperatura suprafeței mării din Copernicus Marine, focalizate pe regiunea românească a Mării Negre. Interfața include controale pentru selectarea anului, lunii și parametrului analizat, ceea ce permite compararea rapidă a diferitelor perioade și condiții climatice.

„Conținutul acestui material nu reprezintă în mod obligatoriu poziția oficială a Uniunii Europene sau a Guvernului României”

Prin intermediul funcției „tooltips interactive”, utilizatorii pot vizualiza valorile statistice și tendințele asociate fiecărui punct sau infrastructuri selectate. Analizele statistice includ estimări ale tendințelor utilizând panta Theil–Sen și testul Mann–Kendall pentru evaluarea semnificației statistice. Totodată, aplicația afișează serii temporale corelate, cu valori minime și maxime lunare și anuale și linii de tendință suprapuse, oferind o interfață completă pentru explorarea hazardurilor climatice și evaluarea impactului asupra infrastructurilor critice din România, **precum PetroMidia Năvodari, Barajul Paltinu, Râușor, Centrala Nucleară Pitești, Roșia Montană, Lacul Siutghiol și Eforie Nord.** Aceste amplasamente sunt marcate pe hartă cu indicatori colorați distinctiv, permițând utilizatorilor să identifice rapid locațiile de interes, special pentru evaluarea riscurilor climatice.

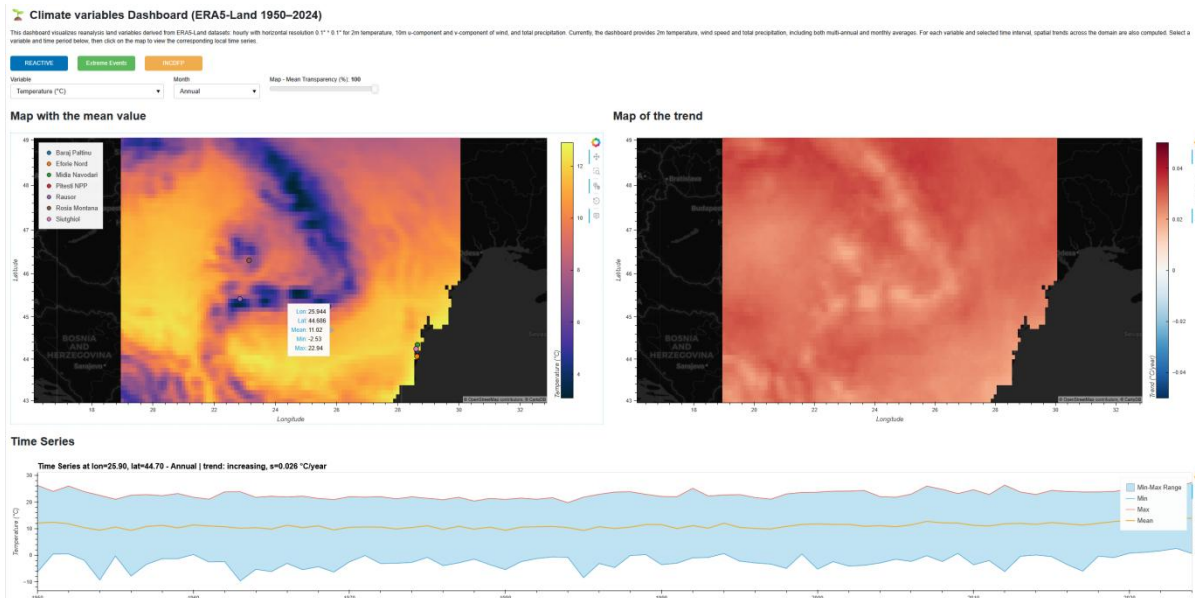


Figura 4-4.2.3- Exemplu de vizualizare a unei serii temporale care ilustrează variabilitatea multianuală a temperaturii în perioada 1950–2024 pentru o locație selectată din România. Graficul prezintă temperatura medie anuală (linie continuă), împreună cu zone umbrite și linii suplimentare care indică valorile minime și maxime pentru fiecare an, evidențiind atât tendințele pe termen lung, cât și variabilitatea de la un an la altul. Informațiile afișate la trecerea cursorului peste grafic oferă detalii, inclusiv coordonatele (longitudine și latitudine) și valorile minime, medii și maxime pentru punctul selectat, facilitând interpretarea cantitativă a modelelor temporale.

„Conținutul acestui material nu reprezintă în mod obligatoriu poziția oficială a Uniunii Europene sau a Guvernului României”

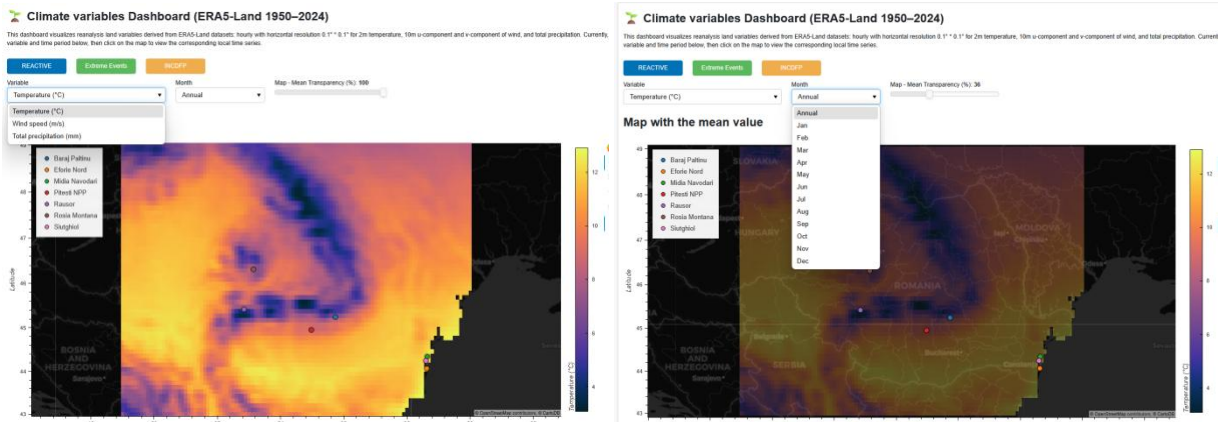


Figura 4-4.2.4- Captură de ecran care prezintă opțiunile disponibile în meniul interfeței panoului de control. Utilizatorii pot selecta dintre diferite variabile climatice (temperatură, viteză a vântului, precipitații totale), pot alege perioade de analiză anuale sau lunare specifice și pot ajusta transparența suprapunerii hărții climatologice prin intermediul unui cursor de opacitate. Aceste comenzi permit o explorare flexibilă, ghidată de utilizator, a tiparelor/modelelor climatice în funcție de diferite variabile, anotimpuri și scări spațiale din România.

Panoul de control interactiv al variabilelor climatice reprezintă o platformă cuprinzătoare pentru explorarea tendințelor climatice pe termen lung și a variabilității acestora pe teritoriul României. Prin combinarea datelor de reanaliză ERA5-Land de înaltă rezoluție, a analizelor statistice riguroase ale tendințelor și a tehnologiilor moderne de vizualizare interactivă, tabloul de bord constituie un instrument puternic pentru cercetarea climatică, evaluarea impactului și sprijinirea procesului decizional. Interfața sa flexibilă răspunde diverselor nevoi analitice, de la examinarea tiparelor/modelelor generale la nivel național până la investigarea tendințelor sezoniere în diverse amplasamente de interes. Accentul pus de panoul de control atât pe mediile climatologice, cât și pe tendințe, completat de vizualizări detaliate ale seriilor temporale, permite utilizatorilor să dezvolte o înțelegere nuanțată a modului în care clima României a evoluat în ultimii 75 de ani și e în continua schimbare.

Pe măsură ce schimbările climatice continuă să remodeleze condițiile atmosferice la nivel global, instrumente precum această aplicație devin din ce în ce mai esențiale pentru înțelegerea răspunsurilor climatice regionale, identificarea zonelor vulnerabile și fundamentarea strategiilor de adaptare. Arhitectura deschisă și metodologia sistematică utilizate în cadrul acestei aplicații oferă o bază solidă ce poate fi extinsă pentru a include variabile suplimentare, seturi de date cu rezoluție mai mare sau domenii geografice extinse, în funcție de necesitățile viitoare ale inițiativelor de monitorizare și evaluare climatică.

„Conținutul acestui material nu reprezintă în mod obligatoriu poziția oficială a Uniunii Europene sau a Guvernului României”

1.3.5 WP 4-5 - Management, Diseminare, Comunicare

WP leader: INCDFP (A. Constantin)

Acest pachet de lucru s-a derulat pe întreg parcursul implementării proiectului REACTIVE, asigurându-se că procedurile de gestionare a proiectului au fost implementate eficient, coordonând, totodată, aspectele financiare și administrative cu privire la alocarea bugetului, comunicarea, diseminarea și exploatarea rezultatelor.

Task 4-5.1- Management financiar și administrativ

În cadrul activităților de management financiar și administrativ ale proiectului REACTIVE, echipa managerială a avut un rol activ și continuu în coordonarea, monitorizarea și susținerea implementării proiectului, atât la nivelul consorțiului, cât și la nivel instituțional. Membrii echipei au participat constant la întâlnirile bilunare organizate de coordonatorul proiectului complex, UNSTPB, precum și la reuniunile de lucru desfășurate în cadrul proiectului DTEClimate, unde participarea s-a realizat într-un format extins, incluzând atât personal managerial, cât și membri ai echipei științifice și administrative. În paralel, echipa de management a fost responsabilă de organizarea și coordonarea întâlnirilor de lucru dedicate proiectului REACTIVE, atât în cadrul INCDFP, cât și împreună cu partenerul privat din consorțiu, în vederea asigurării unei implementări eficiente a activităților și a unei comunicări permanente între parteneri. Aceste activități au contribuit la urmărirea progresului tehnic și administrativ al proiectului, la identificarea eventualelor dificultăți de implementare și la stabilirea măsurilor necesare pentru respectarea termenelor și obiectivelor asumate.

Tot în cadrul acestui pachet de lucru, echipa de implementare a continuat elaborarea rapoartelor periodice privind progresul activităților, măsurile de comunicare și diseminare, precum și evaluarea riscurilor asociate derulării proiectului. O componentă esențială a activității desfășurate a vizat managementul financiar și analiza execuției bugetare, prin monitorizarea permanentă a cheltuielilor, verificarea încadrării acestora în categoriile eligibile și corelarea utilizării resurselor financiare cu activitățile asumate în planul de lucru.

De asemenea, echipa managerială a asigurat pregătirea și centralizarea documentației necesare pentru depunerea celor șase acte adiționale încheiate pe parcursul implementării proiectului, precum și întocmirea tuturor documentelor justificative solicitate pentru soluționarea aspectelor financiare și administrative legate de bugetul proiectului. În același timp a avut obligația de a asigura întocmirea tuturor materialelor necesare rezolvării situațiilor financiare și administrative privind bugetul, precum și răspunsul la orice solicitare a reprezentanților autorității finanțatoare.

O responsabilitate majoră a managerului de proiect a constat în elaborarea și transmiterea raportărilor financiare trimestriale, activitate care a presupus colectarea și verificarea datelor

„Conținutul acestui material nu reprezintă în mod obligatoriu poziția oficială a Uniunii Europene sau a Guvernului României”

financiare, centralizarea documentelor justificative și asigurarea conformității raportărilor cu cerințele contractuale și procedurile impuse de autoritatea finanțatoare.

Task 4-5.2- Management, guvernanta și control al calității

Structura de guvernanta a proiectului specific REACTIVE a fost concepută pentru a asigura conducerea, coordonarea și integrarea eficientă a activităților de cercetare și diseminare prevăzute în propunerea și contractul de finanțare al proiectului. Aceasta a fost aprobată în cadrul primei reuniuni de lansare (Kick-off Meeting), organizată la debutul proiectului. Structura de guvernanta include directorul de proiect (Constantin Ionescu), coordonatorul științific (Laura Petrescu) și managerul de proiect (Angela Constantin). Un rol esențial în procesul de guvernanta revine, de asemenea, liderilor pachetelor de lucru, responsabili de coordonarea și implementarea activităților specifice fiecărui pachet.

Controlul calității a reprezentat un element cheie în guvernanta proiectului, fiind implementate măsuri dedicate monitorizării progresului tehnic și administrativ al activităților, identificării, evaluării și gestionării riscurilor, precum și verificării și coordonării procesului de finalizare a sarcinilor aferente pachetului de lucru. Totodată, prin natura acestui task, a fost inițiată colaborarea cu celelalte proiecte specifice, în vederea stabilirii și implementării activităților comune prevăzute în planul de lucru.

Echipa managerială a fost, de asemenea, responsabilă de revizuirea și transmiterea tuturor livrabilelor către liderul proiectului complex (UNSTPB), în vederea încărcării acestora pe platforma Autorității Contractante, precum și de elaborarea versiunii finale a prezentului raport. Liderii pachetelor de lucru au avut responsabilitatea de a centraliza și integra contribuțiile furnizate de echipa științifică pentru fiecare pachet de lucru în parte.

Task 4-5.3 - Instrumente de comunicare

Website-ul proiectului REACTIVE (<https://reactive.infp.ro>) reprezintă principalul instrument de informare și diseminare a activităților și rezultatelor proiectului către părțile interesate (comunitatea științifică, autorități, publicul larg) fiind realizat în cadrul livrabilului D4-5.4.

Website-ul proiectului conține informații despre misiune, obiective, activități, rezultate, parteneri, etc. și a fost actualizat periodic în funcție de activitățile, rezultatele și evenimentele care au avut loc în cadrul proiectului (de ex. întâlniri, workshopuri, evenimente). Acest site se adresează tuturor părților interesate, precum comunitățile de cercetători, reprezentanții sectorului privat, industrie, studenți, societatea civilă.

În același timp, website-ul oferă acces la informații despre infrastructura de cercetare utilizată (rețeaua de monitorizare a infrasunetelor, rețeaua seismică națională – RSN, rețeaua GNSS și

„Conținutul acestui material nu reprezintă în mod obligatoriu poziția oficială a Uniunii Europene sau a Guvernului României”

rețeaua de monitorizare a zonei costiere a Mării Negre), precum și la produse, rezultate și detalii privind partenerii implicați.

Site-ul are un design clar și conține imagini relevante, oferind o interfață prietenoasă pentru vizitatori. Utilizatorii pot accesa direct date tehnice și instrumente asociate, ceea ce reflectă un nivel ridicat de transparență și angajament față de principiile „open science”.

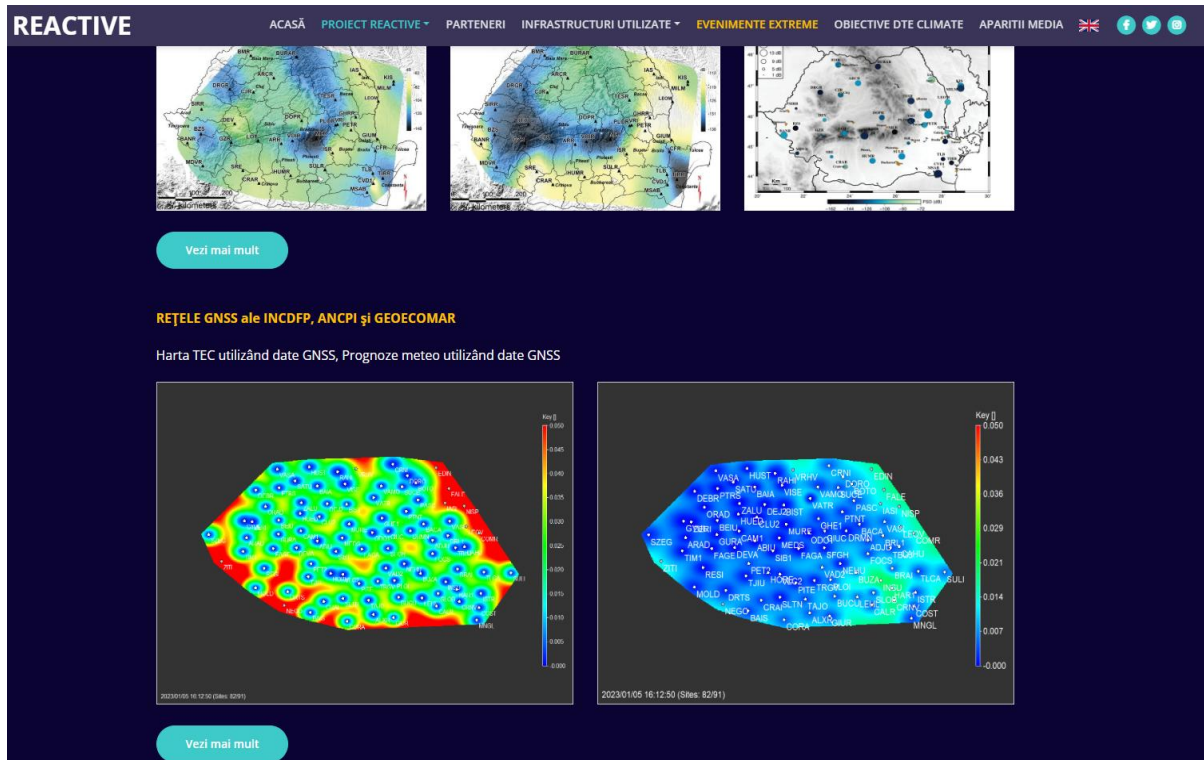


Figura 4-5.3.1- Captura pagina web a proiectului REACTIVE

Platforma ”Extreme Events” a proiectului este dedicată prezentării și documentării evenimentelor naturale extreme relevante pentru obiectivele proiectului, precum fenomene meteorologice severe, variații climatice semnificative. Utilizatorii pot consulta descrieri ale fenomenelor extreme și, de asemenea, pot contribui cu informații, raportând sau trimițând fotografii despre evenimente neobișnuite pe care le observă.

„Conținutul acestui material nu reprezintă în mod obligatoriu poziția oficială a Uniunii Europene sau a Guvernului României”

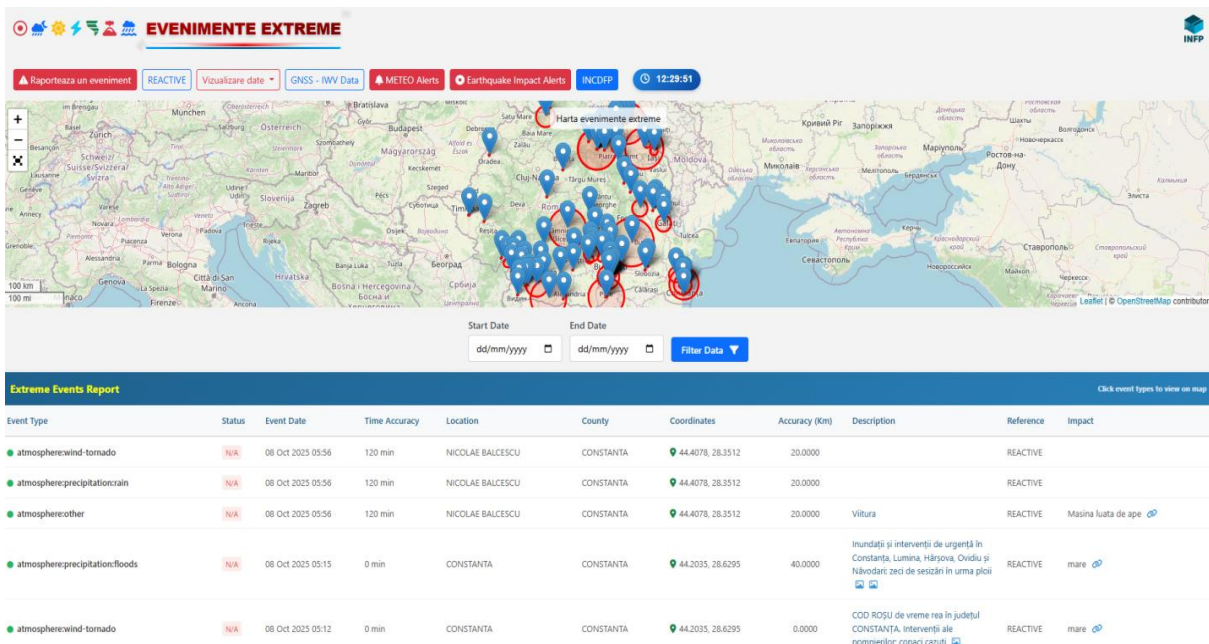


Figura 4-5.3.2 - Captura Platforma "Extreme Events"

Task 4-5.4 - Actiuni de diseminare si exploatare

Unul din obiectivele principale de îndeplinit al WP 4-5 a fost elaborarea și implementarea Planului de comunicare, având rolul de a coordona și optimiza diseminarea informațiilor și rezultatelor proiectului către părțile interesate, asigurând vizibilitate, transparență și un flux coerent de comunicare între echipa de proiect, comunitatea științifică, autorități și publicul larg. Cu alte cuvinte, Planul de diseminare și exploatare a rezultatelor (Livrabilul 4-5.3) prezintă toate acțiunile planificate pentru a asigura o diseminare reușită a proiectului REACTIVE, pentru a crește conștientizarea în rândul comunității. În acest sens s-au utilizat mijloace de comunicare online și offline pentru a ajunge la un public cât mai larg. Planul de diseminare/comunicare este un document dinamic și clar, care a suferit actualizări funcție de nevoile și schimbările survenite în timpul derulării proiectului. Documentul identifică și descrie strategiile și activitățile care trebuie întreprinse pentru a asigura o comunicare internă, între partenerii proiectului, și externă eficientă cu părțile interesate. Unul dintre factorii importanți ai strategiei de comunicare este eficientizarea diseminării, exploatarea rezultatelor proiectului, susținerea evoluției proiectului, implicarea și facilitarea interacției între partenerii proiectului, dar și interacțiunea și atragerea părților interesate, pentru a realiza sustenabilitatea pe termen lung a proiectului. Realizarea activităților de diseminare și comunicare bine direcționate, organizate și monitorizate pot contribui la îndeplinirea obiectivelor proiectului și la exploatarea rezultatelor acestuia.

„Conținutul acestui material nu reprezintă în mod obligatoriu poziția oficială a Uniunii Europene sau a Guvernului României”

În cadrul activităților de diseminare și exploatare, au fost organizate ateliere, sesiuni de instruire și demonstrație, reunind cercetători, utilizatori finali, autorități locale și alte părți interesate, cu scopul de a transmite cunoștințele și rezultatele dezvoltate prin proiect. În acest sens, exploatarea rezultatelor proiectului la nivelul autorităților publice, societății civile și publicului larg, obiectiv prevăzut prin realizarea proiectului, contribuie la creșterea gradului de utilizare a instrumentelor dezvoltate și la consolidarea încrederii cetățenilor în siguranța infrastructurilor critice din zonele vulnerabile cu risc seismic crescut. În acest context, în cadrul proiectului **REACTIVE** au fost stabilite parteneriate prin semnarea unor acorduri de colaborare cu Primăriile orașelor Măgurele și Vrâncioaia, Facultatea de Știința și Ingineria Mediului – UBB Cluj și Fundația „Grupul de Inițiativă Ecologică și Dezvoltare Durabilă”.

Activitățile și rezultatele proiectului REACTIVE au fost diseminate în cadrul mai multor conferințe și reuniuni științifice de specialitate, detalii extinse fiind prezentate în livrabilul D4-5.5, alături de informații privind articolele științifice publicate în reviste de prestigiu internațional.

Pe lângă rezultatele științifice prezentate în cadrul conferințelor și publicațiilor, INCDFP, prin coordonatorul proiectului și echipa științifică, au prezentat și promovat proiectul și rezultatele acestuia în numeroase forumuri științifice, inclusiv: EGU (European Geosciences Union), ESC (European Seismological Commission), GEOSCIENCE International Symposium, IAGA / IASPEI Joint Scientific Meeting, IBWAP (The International Balkan Workshop on Applied Physics). De asemenea, în cadrul simpozioanelor consorțiului DTEClimate organizate semestrial de UNSTPB pe parcursul celor trei ani de implementare s-au diseminat rezultatele obținute și s-a evaluat progresul proiectului.

În concluzie, activitățile derulate în perioada de raportare au consolidat baza tehnico-științifică a proiectului REACTIVE, au îmbunătățit infrastructura de observare și colectare a datelor și au creat premisele pentru dezvoltarea unor instrumente digitale complexe destinate evaluării, prognozei și reducerii riscurilor asociate schimbărilor climatice și activității seismice. Echipa de management a asigurat o coordonare permanentă între partenerii implicați, consolidând mecanismele interne de lucru și fluxurile de aprobare necesare pentru desfășurarea activităților.

2. Bibliografie

1. Blandford R.R. (1997), Design of infrasonic arrays. Air Force Technical Applications Center Report, AFTAC-TR-97-013.
2. Blandford, R.R. and D. Clauter (1996), Estimation of infrasonic network performance, AFTACTR-97-xxx.
3. Campus P. (2004), The IMS infrasound network and its potential for detection of events: examples of a variety of signals recorded around the world. Inframatrics 6:14–22.

„Conținutul acestui material nu reprezintă în mod obligatoriu poziția oficială a Uniunii Europene sau a Guvernului României”

4. Campus P., Christie, D.R. (2010), Worldwide Observations of Infrasonic Waves, In: A. Le Pichon et al. (eds.), *Infrasound Monitoring for Atmospheric Studies*, Chapter 6, pp 181-230, © Springer Science + Business Media B.V. 2010.
5. Christie D.R., Campus P. (2010), The IMS infrasound network: design and establishment of infrasound stations, In: A. Le Pichon et al. (eds.), *Infrasound Monitoring for Atmospheric Studies*, Chapter 2, pp. 27–72.
6. Haubrich, R. A. (1968), Array design. *Bull. Seism. Soc. Am.* 58, 977-991.
7. Diaz, J., Ruiz, M., Udina, M., Polls, F., Martí, D. and Bech, J., 2023. Monitoring storm evolution using a high-density seismic network. *Scientific reports*, 13(1), p.1853.
8. Hersbach, H., Bell, B., Berrisford, P., Hirahara, S., Horányi, A., Muñoz-Sabater, J., Nicolas, J., Peubey, C., Radu, R., Schepers, D. and Simmons, A., 2020. The ERA5 global reanalysis. *Quarterly journal of the royal meteorological society*, 146(730), pp.1999-2049.
9. Mack, H. and E.A. Flinn (1971), Analysis of the spatial coherence of short-period acoustic-gravity waves in the atmosphere, *Geophys. J. R. astr. Soc.* 26, 255-269.
10. McDonald, J.A., E.J. Douze, and E. Herrin (1971), Structure of atmospheric turbulence, *Geophys. J. R. astr. Soc.* 26, 99-109.
11. Retailleau, L. and Gualtieri, L., 2021. Multi-phase seismic source imprint of tropical cyclones. *Nature communications*, 12(1), p.2064.
12. Rindraharisaona, E.J., Réchou, A., Fontaine, F.R., Barruol, G., Stamenoff, P., Boudevillain, B., Rigaud-Louise, F. and Delcher, E., 2022. Seismic signature of rain and wind inferred from seismic data. *Earth and Space Science*, 9(10), p.e2022EA002328.
13. Rost S., Thomas C. (2002), Array seismology: methods and applications. *Rev Geophys* 40, doi:10.1029/2000RG000100.

„Conținutul acestui material nu reprezintă în mod obligatoriu poziția oficială a Uniunii Europene sau a Guvernului României”