



AGENȚIA DE CERCETARE PENTRU TEHNICĂ ȘI TEHNOLOGII MILITARE

RAPORT ȘTIINȚIFIC ȘI TEHNIC

SISTEM DE IDENTIFICARE SI LOCALIZARE PRIN AER SI SOL A POZITIEI GURILOR DE FOC IN CAMPURI DE TRAGERE (GUNDETECT)

Activitatea 3 - Testare privind operabilitatea și siguranțaîn funcționare a instalației pilot.

RESPONSABIL DE PROIECT

Dr. Ing. Constantin IONESCU

2022

Activitate 3.1 Testarea operabilității și siguranței în funcționare a instalației pilot. Corectarea deficiențelor constatate și calibrarea instalației pilot.

Descrierea instalatiei pilot "SISTEM DE IDENTIFICARE SI LOCALIZARE PRIN AER SI SOL A POZITIEI GURILOR DE FOC IN CAMPURI DE TRAGERE".

1. "Sistem de detectie multisensor" folosind sensori de infrasunete, sensor seismic (geofon) si microfon

Sistemul complex de identificare si localizare prin aer si sol a pozitiei gurilor de foc in campuri de tragere la distante de pana la 100 km folosind senzori seismo-acustici.

Sistemele de detectare a surselor generatoare a sunetelor de joasa frecventa sau inalta frecventa sunt folosite in diverse aplicatii civile sau militare. Astfel detectarea sunetelor de tip infrasunet a fost si este utilizata pe scară largă pentru monitorizarea globală a experimentelor nucleare in cadrul respectarii tratatului de interzicere a testelor nucleare, CTBT "Comprehensive Nuclear-Test-Ban Treaty" sau pentru detectarea eruptiilor vulcanilor activi, avalanselor, meteoritilor precum si a altor evenimente provocate de om [1]. Extrapolând, la surse artificiale pot fi incluse și exploziile chimice accidentale, exploziile de carieră, lansarea sateliților și a navelor spațiale, decolarea avioanelor, barajele hidroelectrice și altele [2]. Pentru domeniul militar sunt importante infrasunetele generate de tehnica militară, pe de o parte la rulaj, pe de altă parte la trageri. Ele reprezintă o sursă de deconspirație, ce poate fi valorificată doar dacă se cunoaște bine spectrul acustic al fiecăreia, pentru a reuși să se facă o distincție clară dintr-o multitudine de surse posibile. Din acest motiv, trebuie achiziționate seturi de date pentru posibilele surse, caracterizate de frecvență (Hz), amplitunea maximă observată (Pa) și distanța maximă estimată pentru detecție (km). Totodată, odată identificat un eveniment, semnalul trebuie procesat pentru a evalua viteza de propagare și back azimutul.

Sistemul este format din: (*i*) patru module care contin senzori seismo-acustici, dispusi intr-o configuratie predefinita, (*ii*) Sistem portabil de prelucrare a datelor (localizat intr-un rucsac) si (*iii*) centru de comanda central. Dupa ce sunt instalate cele patru module de senzori, acestia funcționează continuu iar cand este identificat un enveniment, sistemul de calcul parte a sistemului portabil de prelucrare a datelor identifica distanta la care se afla sursa generatoare de semnal, directia si caracteristici despre semnal, comunicand informatia centrului de comanda central iar acesta o foloseste conform operatiunilor specifice.

Modulul senzori seismo-acustici conține: *senzor seismic de tip geofon; senzor de infrasunete; microfon de presiune; o placă electronică de tip conversie semnal analog / digital, procesor de prelucrare date, un modem radio, GPS si un acumulator.* Sistemul portabil de prelucrare a datelor este localizat intr-un rucsac, *are o placa inteligenta tip computer pe care ruleaza un software specific, modem radio, GPS, acumulatori.* Centrul de comandă central este format dintr-un *calculator și mijloacele radio de recepție si emisie.*

Comunicațiile dintre modulul cu senzori / sistemul de prelucare portabil/centrul de comanda central se realizeaza prin wi-fi securizat sau cablu ethernet daca situatia o permite, si retele 4G-GSM (rețelele de telefonie mobilă) sau sisteme SCADA via satelit. Sistemul este vulnerabil în ceea ce privește siguranța comunicațiilor la distante mari întrucât in cazul unui conflict apar bruiaje sau supraaglomerari,

frecvent apar și întreruperi în alimentare cu energie electrică ce afectează sistemele de comunicatii terestre.

Problema tehnică care se rezolvă constă in identificarea locatiei de unde se execută trageri cu munitie grea (artilerie, tancuri, etc), transmiterea acesteia către un centru central de comandă care transmite comenzi specifice de anihilare a gurii de foc contribuind astfel la reducerea numărului de victime.

Sistemul de identificare si localizare prin aer si sol a pozitiei gurilor de foc in campuri de tragere, înlătură toate dezavantajele altor sisteme datorita faptului că are in componenta nu numai senzori de infrasunete ci si senzori seimici și microfoane de presiune, având drept scop acoperirea unui spectru larg de frecvențe si creșterea sensibilității în detecție, reprezentand un avantaj pentru algoritmul de analiza si decizie.

Prezentăm în continuare un exemplu de realizare a instalatiei pilot (figura 1), care reprezintă schița de principiu a sistemului de identificare si localizare prin aer si sol a pozitiei gurilor de foc in campuri de tragere.

Sistemul de identificare si localizare prin aer si sol a pozitiei gurilor de foc in campuri de tragere, conform figurii 1 constă in:

- Centru de Comanda Central (CCC);
- Sistemul dePrelucare Portabil (SPP)
- Modulul de Senzori Seismo-Acustici (MSSA)

Modulul senzori seismo-acustici MSSA prezentat in figura 2 are în componență următooarele elemente:

- Geofon (G), senzor de măsurare a infrasunetelor (SI),
- senzor acustic microfon presiune (MP),
- convertor analog digital (AD) al carui timp trebuie sincronizat printr-o antena GPS,
- modul de comunicatie (MC).





Componenta echipamentului de masura:.e- Suma tor semnal
- Furtun de legatura
- elemente de reducere zgomot
- Antena GPS
- Cutii de prot ectie

- Senzor infrasunete
 Microfon
 Geofon
 Convertor analog digital
 Sistem de alimentare 12V/48Ah



Dispunerea in teren a Sistemui de identificare si localizare prin aer si sol a pozitiei gurilor de foc in campuri de tragere- multisenzor

2. Sistem folosind array de microfoane si sistem de inregistrare cu esantionare ridicata (50000SPS)

Sistemul utilizeaza un modul de achizitie date de mare viteza (100 Khz rata maxima de esantionare) tip FD11634 produs de NI. Acesa are 8 canale si este specializat pentru achizitia semnalelor de sunet si vibratii de frecventa ridicata.



Fig. 2.1. Dispozitiv de achizitie date pentru sunet și vibrații cu 8 canale, FD11634. Nr ch=8, 24 bits,

Fig. 2.2. Configurare FD11634 cu ajutorul programelor LavVIEW si NI max.

Date tehnice: Specificațiile sunt tipice și valabile la -40 °C până la 85 °C, dacă nu se specifică altfel. Caracteristici de intrare: Un exemplu de configurare este prezentat in figura urmatoare:

Analiza acustică a datelor infrasonice și seismice înregistrate în urma testului cu sursă de mare calibru (TSMC) efectuat în poligonul de tragere

1. Introducere

Infrasunetele sunt unde sonore de frecvențe mici (sub 20 Hz), care se propagă în aer cu viteza sunetului – 343 m/s la 20°C (viteza efectivă la suprafața Pământului). Această viteză crește cu temperatura și direcția în care bate vântul, din cauza advecției, și viceversa. În plus, această viteză depinde de tipul de gaz din mediul de propagare, respectiv de proprietățile fundamentale ale materialului, care pot ține de starea solidă sau lichidă. Propagarea undei infrasonice este dependentă de compoziția și structura vântului și temperaturii ale atmosferei.

Totuși, în cazul surselor acustice locale (monitorizate la intervale de la 0 la 100 km), domeniul de frecvență al semnalelor de infrasunete observate se extinde până la limita inferioară a spațiului de frecvență acustică (100 Hz) (*Stubbs et al. 2005*). În acest caz, predomină fazele troposferice, care se propagă în "zona de tăcere" (*McKenna et al. 2012*), acolo unde traseele geometrice ale razelor nu pot fi descrise prin modele climatologice atmosferice. Propagarea infrasunetelor la altitudine joasă permite

pătrunderea semnalelor în "zona de tăcere", fiind afectată doar de condițiile meteorologice locale și de terenul existent de-a lungul căii de propagare, de la sursă la receptor. Din cauza acestor efecte, modelarea acestor sosiri devine complexă. Prin urmare, în vederea detectării lungimilor mici de undă ale frecvențelor superioare, array-urile se senzori de monitorizare a infrasunetelor trebuie să aibă aperturi mici (<60 m), să conțină de obicei între 3 și 5 elemente, iar eșantionarea înregistrărilor să fie de minimum 200 Hz (pentru a capta conținutul de frecvențe înalte) (*McComas et al., 2016*). Semnalul de presiune detectat de sistemul de senzori conține combinația dintre spectrul de putere sonică al sursei și distorsiunile introduse de atmosferă atât în spectru cât și în direcția frontului de undă. Pentru a extrage caracteristicile sursei din datele înregistrate și pentru a determina corect informațiile despre direcția de sosire într-o locație, trebuie înțeleasă contribuția atmosferică (*Stubbs et al. 2005*).

2. Metodologia de prelucrare a datelor seismo-acustice

Semnalele infrasonice pot fi detectate eficient cu rețelele de tip array (grupare locală de senzori infrasonici cu timp comun de referință/înregistrare și tip uniform de instrumentație) având distanțe intersenzori suficient de mici pentru corelarea înregistrărilor lor. Precizia de măsurare a unui array și erorile corespunzătoare se pot analiza cu ajutorul funcției de transfer a array-ului. Funcția de transfer descrie sensibilitatea și rezoluția unui array de a identifica semnale cu frecvență și viteze diferite.

Pentru înregistrarea semnalelor generate în urma testului cu sursă de mare calibru (TSMC) efectuat în poligonul de tragere, s-a folosit un array seismo-acustic (GND) cu patru elemente (GND1,..., GND4). În fiecare element, au fost instalați un senzor infrasonic Chaparral Physics Model 25 (canal BDF) și unul seismic de scurtă perioadă (Racotech RGI-20DX geophone) (canal EHZ). Rata de eșantionare aplicată datelor înregistrate este de 200 sps. În figura 1 sunt prezentate: (a) configurația geometrică a array-ului de măsurare, și (b) funcția de transfer (răspunsul array-ului) în spațiul numărului de undă k (rad/m) pentru domeniul de frecvențe analizate (1 – 100 Hz). Scala de culori corespunde valorilor descrescătoare ale densității de putere, în dB (alb – pentru valoarea cea mai mare), și este o măsură a reducerii coerenței semnalului în banda de frecvență analizată.



Figura 1. Array-ul seismo-acustic GND utilizat pentru TSMC. (a) - configurația geometrică; (b) - funcția de transfer

Pentru prelucrarea datelor de infrasunete înregistrate de array-ul seismo-acustic GND, respectiv detectarea semnalelor utile, s-a folosit metoda de corelare încrucișată a formelor de undă – algoritmul PMCC (Progressive Multi-Channel Correlation – corelare multi-canal progresivă, *Cansi, 1995*). Această metodă specifică array-urilor, inițial dezvoltată pentru prelucrarea datelor seismice, s-a dovedit eficientă și în identificarea semnalelor coerente de amplitudine mică din zgomotul de fond incoerent al înregistrării. Principalii parametrii de propagare asociați fiecărei detecții obținute prin aplicarea algoritmului PMCC sunt: numărul de senzori care definesc sub-array-urile considerate în calcul, consistența, viteza undei și azimutul acesteia. Pentru prelucrarea și analiza datelor seismo-acustice, s-a folosit un grup de două aplicații software dezvoltate pentru detectarea semnalelor de infrasunete, care a fost dezvoltat recent de către Departamentul de analiză, supraveghere și mediu al Comisariatului de Energie Atomică din Franța (CEA/DASE): DTK-GPMCC și DTK-DIVA.

În **figura 2** este dată reprezentarea grafică a benzilor de frecvență corespunzătoare configurației folosite în DTK-GPMCC pentru prelucrarea înregistrărilor array-ului seismo-acustic GND in vederea detectării semnalelor infrasonice generate în urma TSMC.



Figura 2. Reprezentarea grafică a benzilor de frecvență corespunzătoare configurației folosite în DTK-GPMCC pentru prelucrarea înregistrărilor GND (număr subrețele = 4; interval de frecevențe de calcul: Fmin = 1 Hz, Fmax = 99 Hz; număr benzi de frecvență folositepentru filtrarea semnalului (variație liniară) = 30, lungimea ferestrei de timp (variație logaritmică cu frecvența 1/f): intre 6s și 2 s

3. Rezultatele prelucrării datelor seismo-acustice

Pe durata TSMC (aproximativ o oră), array-ul seismo-acustic GND a înregistrat 40 de semnale distincte generate de cele 40 de trageri efectuate cu un tun antitanc de calibru 100 mm (denumit "sursă de mare

calibru") amplasat la distanța de 0,7 km față de array. În continuare, sunt prezentate rezultatele obținute în urma prelucrării datelor seismo-acustice cu programul DTK-GPMCC, respectiv:

- Panourile grafice al detecțiilor (timp/frecvență/azimut invers) (DTK-GPMCC) (figurile 3 și 5)
- Diagramele de detectabilitate a detecțiilor infrasonice (DTK-DIVA) (figurile 4 și 6)
- a) Datele infrasonice



Figura 3. Panoul grafic al detecțiilor obținute din datele infrasonice (timp/frecvență/azimut invers) (DTK-GPMCC)



Figura 4. Diagrama de detectabilitate a obținute din datele infrasonice (DTK-DIVA)b) Datele seismice



Figura 5. Panoul grafic al detecțiilor obținute din datele seismice (timp/frecvență/azimut invers) (DTK-GPMCC)



Figura 6. Diagrama de detectabilitate a obținute din datele seismice (DTK-DIVA)

În urma prelucrării datelor seismo-acustice înregistrate pe durata TSMC, s-a observat că detecțiile obținute sunt caracterizate prin viteze acustice: 0.317 km/s (valoare medie) pentru înregistrările infrasonice și 0.365 km/s (valoare medie) pentru înregistrările seismice. Nu există nicio indicație privind prezența vre-unor faze seismice observabile în datele seismice și care să ajungă înaintea fazelor acustice. În plus, pe toate înregistrările seismice, se observă un tren de unde pronunțat cu frecvență scăzută, cu o durată de până la 0,5 s față de prima sosire impulsivă. Coerența spațială a formelor de undă indică o viteză de fază apropiată de viteza undei acustice, dar energia se propagă clar în pământ (nu apare în înregistrările infrasonice). Se poate presupune că aceasta este manifestarea unei unde Rayleigh generate de cuplarea aer-sol a semnalului acustic (*Haskell 1951; Albert & Orcutt 1989*). În **figura 7** este prezentat un exemplu de forme de undă pentru un semnal înregistrat de senzorul infrasonic (BDF) și de cel seismic (EHZ) din elementul GND4.



Figura 7. Exemplu de forma de undă pentru un semnal înregistrat de senzorul infrasonic (BDF) și de cel seismic (EHZ) din elementul GND4

De asemenea, înregistrarea infrasonică (BDF) din **figura 7** pune clar în evidență semnătura de tip "Nwave" a semnalului, denumită astfel de *DuMond et al.*, 1946 datorită similarității cu litera N. Această semnătură este caracteristică undelor balistice generate de boom-uri sonice precum tragerile din cadrul TSCM. Semnalele infrasonice observate sunt impulsive și au o durată scurtă (aprox, 0,25 s).

În **tabelul 1** sunt prezentate principalele rezultate ale prelucrării datelor seismo-acustice cu programul DTK-GPMCC, respectiv valorile medii calculate pentru azimutul invers, viteza de fază, frecevența și amplitudinea PP (peak-to-peak) ale semnalelor infrasonice identificate.

	Date infrasonice	Date seismice
Azimut invers mediu (°)	145,9	145,0
Viteză medie (km/s)	0,315	0,365
Frecvență medie (Hz)	19,1	17,1
Amplitudine PP (Pa)	11,0	N/A

Tabelul 1. Principalele rezultate ale prelucrării datelor seismo-acustice cu programul DTK-GPMCC

Histograma polară a detecțiilor infrasonice ale array-ului seismo-acustic asociate TMSC a fost reprezentată în Google Earth în contextul hărții amplasamentului de testare (cu verde – obținute din datele infrasonice, cu galben – obținute din datele seismice) (figura 8).



Figura 8. Histograma polară a detecțiilor infrasonice ale array-ului seismo-acustic asociate TMSC reprezentată în Google Earth (cu verde – obținute din datele infrasonice, cu galben – obținute din datele seismice)

Se observă că există o deplasare a direcției estimată din datele seismo-acustice față de direcția teoretică (rezultată din coordonatele din amplasament). Cauzele posibile ale acestei diferențe sunt:

(1) configurația sursei: tunul a fost instalat într-o alveolă de beton pentru a preveni împrăștierea de schije rezultate din sfărâmarea muniției prin explozie. Acest sistem de protecție ar fi putut cauza reverberații sonore parazite care ar fi putut devia direcția de propagare a semnalelor acustice generate în timpul TSCM;

(2) condițiile meteorologice din amplasament, respectiv direcția vântului în momentul efectuării testului: conform modelul atmosferic Naval Research Laboratory Ground to Space Ground to Space (NRLS-G2S) obținut pentru locul de tragere, s-a observat că pentru componenta zonală a vântului (u), s-a înregistrat o valoare de 1,44 m/s și o direcție vest-est, în timp ce pentru componenta meridională a vântului (v), s-a înregistrat o valoare de -1,38 m/s și o direcție nord-sud. Prin calcul, s-a determinat o valoare a vitezei acustice în sursă de 334 m/s, care este cu aprox. 6 m/s mai mică decât cea teoretică (340 m/s). Aceasta diferență, denumită și efectul vântului transversal, poate duce la devierea observată a direcției de propagare a semnalelor acustice generate în timpul TSCM.

4. Semnăturile acustice: formele de undă și conținutul lor spectral

Analiza datelor seismo-acustice și caracterizarea semnalelor infrasonice înregistrate în urma TSMC oferă informații referențiale valoroase, utile pentru aplicațiile tactice. În plus, evidențierea semnăturii acustice prin analiza spectrală a semnalului generat de o sursă cunoscută de tip GTE (Ground Truth Event) oferă posibilitatea caracterizării și identificării unor evenimente acustice necunoscute înregistrate în condiții similare. În acest scop, devine necesară arhivarea semnăturilor acustice calibrate pentru un anumit tip de eveniment, în vederea creării unei bănci de date infrasonice care să conțină aceste semnături acustice ale evenimentelor înregistrate identificate. Această bancă poate sta la baza dezvoltării metodelor de discriminare și alertare a evenimentelor infrasonice explozive care apar în amplasamente cu hazard geofizic ridicat (uzine chimice, centrale termice și nucleare, rafinării etc.).

Figura 9 prezintă un exemplu de spectrograme normalizate și formele de undă asociate semnalului infrasonic considerat în **figura 7**, înregistrat de (a) senzorul infrasonic (BDF) și de (b) cel seismic (EHZ) din elementul GND4. Se observă că senzorii acustic și seismic instalați în același element au înregistrat energie maximă în benzi diferite de frecvență: 0 - 30 Hz, în cazul datelor acustice, respectiv 20 - 50 Hz, în cazul datelor seismice. Durata semnalului de presiune generat de o tragere din cadrul TSMC este foarte scurtă: 0,25 s, în cazul datelor acustice, respectiv 0,5 s, în cazul datelor seismice.



Figura 9. Exemplu de spectrograme normalizate și formele de undă asociate semnalului infrasonic considerat în **figura 7**. (a) – date infrasonice; (b) – date seismice

Pe de altă parte, spectrogramele formei de beam a înregistrărilor senzorilor (sumei celor patru canale) aceluiași semnal infrasonic (**figura 10**) arată că deși în cazul datelor acustice, banda de frecvență este aceiași cu cea observată în **figura 9**, în cazul datelor seismice, apare banda de frecvență se extinde și spre frecvențe mai mici (spre 10 Hz).



Figura 10. Exemplu de spectrograme ale formei de beam a înregistrărilor celor patru senzori asociate semnalului infrasonic considerat în **figura 7**. (a) – date infrasonice; (b) – date seismice

Ca urmare a conținutului important de energie acustică observat la frecvențe joase, se poate presupune că, în anumite condiții atmosferice favorabile, semnalele infrasonice emise de aceste surse pot fi detectabile pe distanțe mult mai mari decât în cazul de față.

Semnalul infrasonic detectat de sistemul de senzori conține o combinație între spectrul de putere a sursei acustice și efectele de propagare (distorsiunile introduse de comportarea mediului de propagare, respectiv de atmosferă). Pentru a extrage caracteristicile sursei din datele înregistrate și pentru a înțelege informațiile despre direcția de sosire la stația înregistratoare, trebuie înțeleasă contribuția atmosferei. Conform *Stubbs et al., 2005*, două abordări sunt posibile pentru caracterizarea efectelor de propagare ca element esențial în exploatarea cu succes a semnăturilor sonice tactice în intervalele de interes: (1)

măsurarea acustică directă a caracteristicilor de propagare a atmosferei, și (2) folosirea unor tehnici indirecte care îmbină măsurătorile meteorologice cu modelarea atmosferică. Cele două nu se exclud reciproc.

Raport de testare privind operabilitatea și siguranța în funcționare a instalației pilot calibrate

OBIECTIVELE TESTĂRII ȘI EVALUĂRII: Obiectivele testării și evaluării sunt verificarea și determinarea caracteristicilor de performanță ale produsului în conformitate cu datele cuprinse în Plan de încercări SISTEM DE IDENTIFICARE ȘI LOCALIZARE PRÎN AER ȘI SOL A POZIȚIEI GURILOR DE FOC ÎN CÂMPURI DE TRAGERE, PI-CCISA-002-2021.

4.2. Rezultatele testării menționate în prezentul raport de încercări vor fi utilizate pentru stabilirea cu exactitate a posibilităților de trecere la faza de proiectare a prototipului.

5. STRATEGIILE DE TESTARE ȘI EVALUARE

5.1. STRATEGIA DE TESTARE

5.2.1 Activitățile de testare au fost organizate astfel încât să se evidențieze influența testului anterior asupra celor care urmează, prin determinarea parametrilor constructivi și a modului în care aceștia sunt influențați de cei funcționali.

5.2.2 Testarea s-a realizat prin măsurarea directă/indirectă a valorilor mărimilor ce demonstrează capacitatea produsului de îndeplinire a cerințelor stabilite.

5.2.3 Metode utilizate pentru testarea produsului: inspectare, testare. 5.2.4 Mărimea eșantionului de testare este de 1 (un) sistem.

5.2. STRATEGIA DE EVALUARE În cadrul strategiei de evaluare se urmărește: • orientarea analizelor de evaluare spre aprecierea modului în care configurația propusă pentru produs realizează performanțele generale și specifice în conformitate cu specificația produsului; • punerea la dispoziția proiectantului a datelor experimentale necesare luării eventualelor măsuri corective necesare în vederea implementării pe timpul următoarelor faze de dezvoltare ale produsului.

6. ECHIPA DE TESTARE ȘI EVALUARE

Echipa de testare din cadrul Centrului de Cercetare și Inovare pentru Sisteme de Armamente a fost alcătuită din:

Responsabil cu testarea și evaluarea: • Cpt. drd. ing. Cristian PREDOI

Membri în echipa de testare și evaluare: • Lt. col. dr. îng. Petru ROȘCA

Echipa de testare din cadrul Institutului Național de Cercetare Dezvoltare pentru Fizica Pământului a fost alcătuită din:

Membri în echipa de testare și evaluare: •

Toader Victorin•

Mihalache Mihai

Neagoe Cristian

Grigore Adrian

7. BENEFICIARUL LUCRĂRILOR DE TESTARE ȘI EVALUARE Beneficiarul lucrărilor de testare este INCDFP și ACTTM

CONCLUZII

Sistemul în configurația realizată permite detecția tragerilor, Pentru determinarea cu o precizie mai ridicată a direcției de tragere și a poziției din care se executa tragerea, numărul de elemente din compunerea sistemului GUNDETECT ar trebui mărit.

OBSERVAŢI:

Pentru determinarea cu exactitate a montajului optim pe sol, trebuie efectuate teste suplimentare pe mai multe categorii de armament.

Rezultate si modul de diseminare a rezultatelor

- Descrierea instalatiei pilot "SISTEM DE IDENTIFICARE SI LOCALIZARE PRIN AER SI SOL A POZITIEI GURILOR DE FOC IN CAMPURI DE TRAGERE".
- Analiza acustică a datelor infrasonice și seismice înregistrate în urma testului cu sursă de mare calibru (TSMC) efectuat în poligonul de tragere
- Raport de testare privind operabilitatea și siguranța în funcționare a instalației pilot calibrate

- Lucrări științifice și comunicări științifice a conferințe și simpozioane de profil pe baza rezultatelor științifice ale temei de cercetare:

- Studies for development of a system for rapid localization of the guns position in firing fields, Constantin Ionescu¹, Daniela Veronica Ghica¹, Victorin Toader¹, Alexandru Marmureanu¹, CristianNeagoe¹, and Cristian Predoi²
- 1) National Institute for Earth Physics, Magurele, Romania
- 2) Military Equipment and Technology Research Agency, Bucharest, Romania
- Cerere Brevet "SISTEM DE IDENTIFICARE SI LOCALIZARE PRIN AER SI SOL A POZITIEI GURILOR DE FOC IN CAMPURI DE TRAGERE". Nr referinta benefiaciar 853/07.03.2022 si la OSIM A00133/07.03.2022.

Gradul de realizarea a obiectivelor

Obiectivele fazei au fost îndeplinite în totalitate, iar rezultatele obținute sunt în concordanță cu țintele propuse.

L3.1: Raport de testare privind operabilitatea și siguranța în funcționare a instalației pilot calibrate

L3.2: Revizuire documentatie, elaborare articol stiintific si Brevet

L3.3 Raport final

Bibliografie

• Albert, D.G. & Orcutt, J.A. (1989). Observations of low-frequency acoustic-to-seismic coupling in the summer and winter. J. acoust. Soc. Am., 86(1), 352–359

• Cansi Y. (1995). An automatic seismic event processing for detection and location: The P.M.C.C. method. Geophys Res Lett 22, 1021–1024

• DuMond, J.W.M., Cohen E.R., Panofsky W.K.H., Deeds E. (1946). A determination of the waveforms and laws of propagation and dissipation of ballistic shock waves. J.A.S.A 18, 97–118

• Haskell, N.A. (1951). A note on air-coupled surface waves. Bull. seism. Soc. Am., 41(4), 295–300

• McComas, S. L., M. E. Pace, H. Diaz Alvarez, C. Simpson, and M. H. McKenna (2016). Persistent monitoring of urban infrasound phenomenology. Report 2: Investigation of structural infrasound signals in an urban environment. ERDC/GSL TR-15-5. Vicksburg, MS: US Army Engineer Research and Development Center

• McKenna, M. H., R. G. Gibson, B. E. Walker, J. McKenna, N. W. Winslow, and A. S. Kofford (2012). Topographic effects on infrasound propagation. J. Acoust. Soc. Am. 131, 35-46

• Stubbs, C., Brenner, M., Bildsten, L., Dimotakis, P., Flatte, S., Goodman, J., Hearing, B., Max, C., Schwitters, R., & Tonry, J. (2005). "Tactical Infrasound." The MITRE Corporation, JASON group, Technical Report JSR-03-520. McLean, Virginia