

RAPORT ȘTIINȚIFIC FINAL

Competiția:	Proiect de cercetare postdoctorala - PD 2019
Nr. contract:	PD23
Cod proiect:	PN-III-P1-1.1-PD-2019-0552
Domeniul de cercetare:	PE9_10 - High energy and particles astronomy – X-rays, cosmic rays, gamma rays, neutrinos PE9_12 - Dark matter, dark energy
Titlul :	Studii si simulari privind detectia spatiala de nucleariti
Acronim:	S2NUSDET
Data începere proiect:	01.09.2020
Data finalizare proiect:	30.11.2022
Durata (luni):	27
Buget total:	245.350
Sursa 1 Bugetul de stat	245.350
Sursa 2 Alte surse atrase (cofinanțare):	
Pagina web proiect:	http://www.space-science.ro/projects/s2nusdet/index_en.html
Instituția coordonatoare:	INSTITUTUL DE ȘTIINȚE SPAȚIALE-FILIALA INFLPR
Director de proiect:	Gabriel Chiritoi
Partener 1 proiect (P1):	
Partener n proiect (Pn):	

A1. Etapa de execuție Nr. 1: Implementarea de nucleariti in ESAF

Obiectivul general Etapa de execuție Nr. 1: implementarea descrierilor teoretice de nucleariti în pachetul de programe ESAF astfel încât sa poate fi posibila simularea, reconstrucția și analiza posibilelor evenimente folosind telescoape orbitale pentru detecția de UHECR.

Obiectivele specifice ale etapei de execuție au inclus activități de implementare, optimizare, testare si verificare software in vederea simulării, reconstrucției si analizei de nucleariti folosind pachetul de software ESAF[1].

În particular, în conformitate cu Planul de Realizare a Proiectului, activitățile prezentei etape au inclus analiza si actualizarea ultimelor noutăți apărute pe plan național si internațional in domeniul proiectului, implementarea modelelor teoretice privind detecția de nucleariti in pachetul de programe ESAF folosit pentru validarea telescoapelor orbitale pentru detecția de UHECR, optimizare, testare si verificarea codului sursa in vederea simulării, reconstrucției si analizei de nucleariti si dezvoltarea website-ului proiectului.

Obiective specifice prevăzute Etapă de Execuție Nr. 1:

- Analiza si actualizarea ultimelor noutati aparute pe plan national/international in domeniul proiectului
- Implementarea sub-pachetului dedicat nuclearitilor in ESAF

Obiective realizate Etapă de Execuție Nr. 1:

Activitatea 1.1: Analiza si actualizarea ultimelor noutati aparute pe plan national/international in domeniul proiectului

În conformitate cu Planul de Realizare al proiectului, în cadrul acestei activități a fost analizată atât activitatea recenta a colaborărilor JEM-EUSO și TUS din care echipa prezentului proiect face parte cât și literatura de specialitate națională și internațională.

Analiza activităților recente ale colaborărilor JEM-EUSO si TUS a condus la următoarele concluzii:

1. În cadrul colaborării JEM-EUSO se studiază posibilitatea utilizării telescoapelor orbitale ale misiunilor Mini-EUSO [2] și KLYPVE/K-EUSO [3] pentru detecția de nucleariti. În acest context, detectorii de radiație au fost proiectați pentru a putea detecta evenimente lente precum TLE-uri, meteori, deșeuri spațiale si nucleariti.

2. În cazul colaborării TUS, situația este relativ similara. Electronica detectorului telescopului TUS a fost de asemenea dezvoltata pentru a funcționa in trei moduri de operare: ultra-rapide, rapide si lente.

Analiza literaturii de specialitate a condus la concluzia ca pe plan internațional nu au fost publicate noutăți privind aceste particule exotice fata de cele prezentate la aplicarea propunerii de proiect. Ca urmare a acestei analize, a fost luata decizia de a se începe dezvoltarea software-ului in vederea simulării, reconstrucției si analizei de nucleariti folosind pachetul de software ESAF pe baza informațiilor si rezultatelor anterioare ale echipei de proiect.

Activitatea 1.2: Implementarea sub-pachetului dedicat nuclearitilor in ESAF

În conformitate cu Planul de Realizare al proiectului, în cadrul acestei activități au fost revizuite componentele deja implementate in pachetul de programe ESAF cu referire la simularea, reconstrucția si analiza de meteori si implementarea unui subpachet dedicat nuclearitilor.

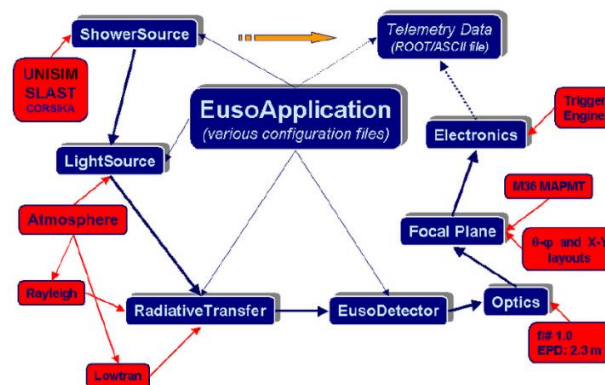


Figura 1. Arhitectura funcțională de simulare a pachetului software ESAF.

Aceste activități au presupus modificarea codului sursa a framework-ului ESAF in modulul de simulare, Figura 1, pachetul responsabil cu generarea de fotoni LightSource, unde au fost implementate modelele teoretice referitoare la proprietățile fizice ale nuclearitilor si a propagării lor prin atmosfera, precum si a pachetului TriggerEngine unde un algoritm de triggerare face posibila detecția „cozii” luminoase a nuclearitilor de către telescoapele orbitale. In Figura 2 se poate observa un fișier de configurare dezvoltat in ESAF cu care se pot simula evenimente fie de tip meteori fie de tip nucleariti.

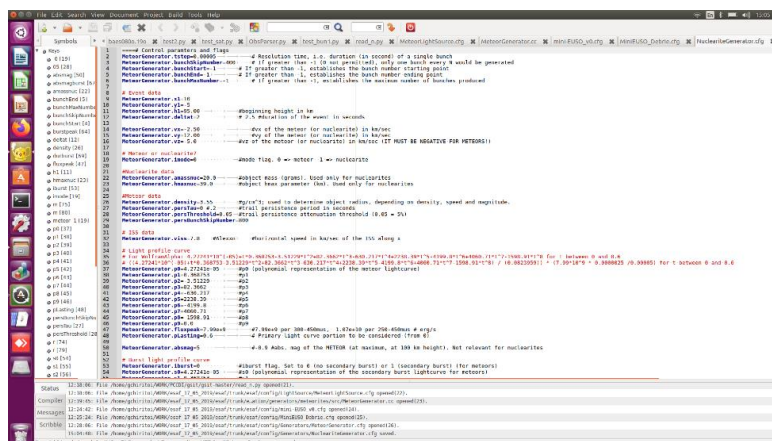


Figura 2. Fisier configurare pentru nucleariti sau meteori in ESAF.

În conformitate cu Planul de Realizare a proiectului, în cadrul acestei activități a fost dezvoltat si website-ul proiectului, și au fost realizate activități suport de diseminare. În cazul website-ului proiectului (<http://www.space-science.ro/projects/s2nusdet/index.html>), acesta a fost dezvoltat utilizând-se limbajul de programare HTML și o arhitectură web pe care echipa proiectului o utilizează în mod standard pentru website-uri de proiecte naționale. În cazul activităților suport de diseminare, membrii echipei de proiect au participat la întâlnirile lunare ale grupurilor de lucru ale colaborării JEM-EUSO ce a avut loc online.

In acest context apreciem ca obiectivele aferente acestor activitati au fost atinse in proportie de 100%, iar din punct de vedere financiar, aceste activitati au fost implementate conform bugetului stabilit in Planul de Realizare al proiectului.

A2. Etapa de execuție Nr. 2: Simularea, reconstrucția si analiza de nucleariti cu ESAF si analiza datelor înregistrate de TUS

Obiectivul general Etapa de execuție Nr. 2: simularea, reconstrucția și analiza posibilelor evenimente înregistrate de telescoapele orbitale pentru detecția de UHECR in urma implementării descrierilor teoretice de nucleariti în pachetul de programe ESAF desfășurata in etapa anterioara.

Obiectivele specifice ale etapei de execuție au inclus activități de simulare, reconstrucție si analiza de nucleariti folosind pachetul de software ESAF[1] dar si activități de implementare, optimizare, testare si verificare software in vederea simulării, reconstrucției si analizei de nucleariti folosind pachetul de software ESAF-D, o versiune modificata de grupul de la DUBNA in vederea testării si verificării evenimentelor înregistrate de Telescopul orbital TUS.

În particular, în conformitate cu Planul de Realizare a Proiectului, activitățile prezentei etape au inclus simularea de nucleariti si reconstrucția posibilelor surse folosind codul sursa ESAF precum si analiza rezultatelor simulării si reconstrucție, modificarea versiunii de ESAF Dubna - ESAF-D pentru implementarea modelelor teoretice privind detecția de nucleariti, optimizare, testare si verificarea codului sursa in vederea simulării, reconstrucției si analizei evenimentelor detectate de telescopul orbital TUS. De asemenea prezenta etapa a cuprins si activități de diseminare precum participarea la seminarii, conferințe naționale si dezvoltarea website-ului proiectului.

Obiective specifice prevăzute Etapă de Execuție Nr. 2:

- Simularea de nucleariti si reconstrucția posibilelor surse folosind ESAF.
- Analiza rezultatelor simulării si reconstrucției
- Modificarea versiunii de ESAF Dubna - ESAF-D

- Analiza evenimentelor detectate de TUS
- Diseminarea Rezultatelor - partea I

Obiective realizate Etapă de Execuție Nr. 2:

Activitatea 2.1: Simularea de nucleariti si reconstrucția posibilelor surse folosind ESAF.

În conformitate cu Planul de Realizare al proiectului, în cadrul acestei activități au fost efectuate o serie de simulări de propagare de nucleariti si curbele de lumina aferente in ferestre de timp de 1 ms ținând cont de parametri de funcționare ale telescoapelor orbitale (unghiul de vedere al telescopului, viteza orbitala, altitudinea orbitala). Deoarece Mini-EUSO precum si ceilalți precursori vor orbita la o altitudine apropiata de cea a ISS (Stației Spațiale Internațională) ca si parametri de intrare pentru detector au fost folosite valorile de 7.8 km/s si 400 Km.

Pentru simulări de nucleariti am folosit următoarele date de intrare:

Masa	5-100 g
Viteza orizontala a telescopului	7.8km/s
Coordonatele inițiale ale telescopului	0-200km
Durata evenimentului	0-2s
Viteza de propagare a nuclearitului	50-500Km/s
Înălțimea maxima la care emisia luminii nuclearitului poate fi detectata de catre telescop	Km

Spre exemplificare, așa cum se poate observa in Figura 3, Figura 4 si Figura 5, ca si date de ieșire pentru simulările pe care le-am efectuat avem distribuția numărului fotonilor pe planul focal al Telescopului Mini-EUSO, histograme privind numărul de fotoni raportat la fereastra de timp de detecție, tipuri de fotoni, fotoni vs lungimea de unda precum analiza spectrala a acestora.

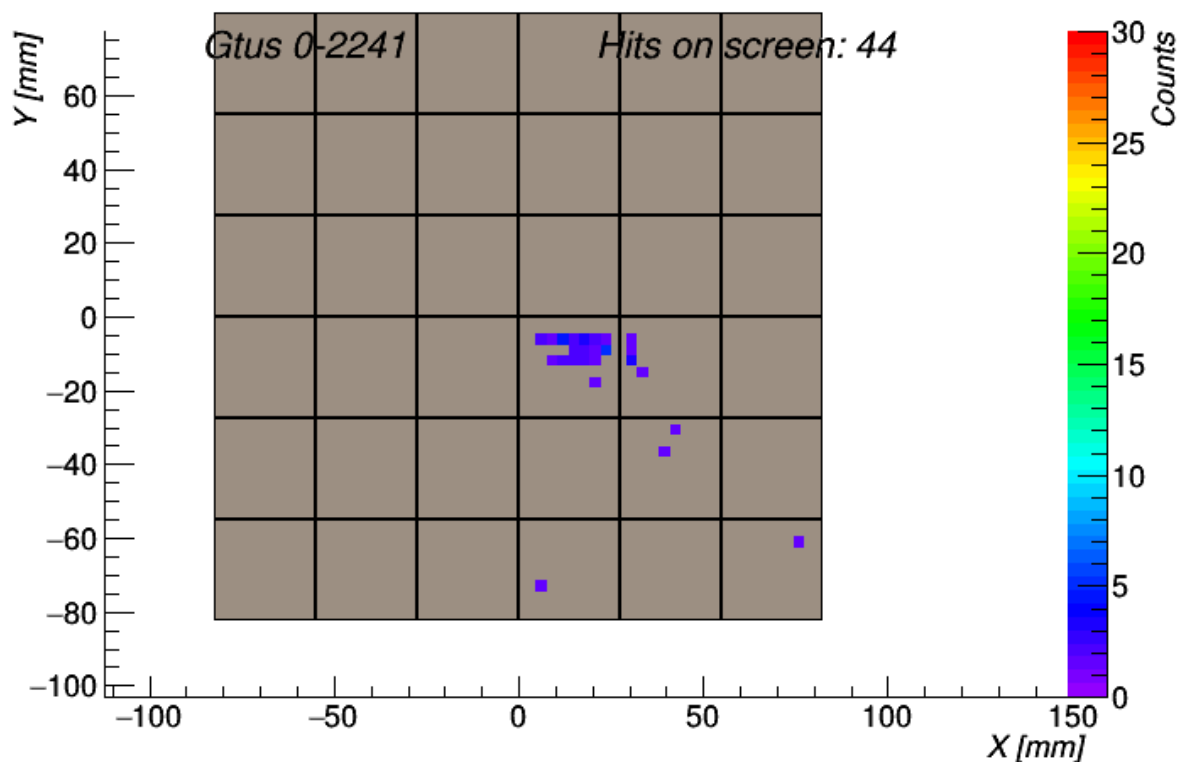


Figura 3. Distribuția fotonilor unui nuclearit pe planul focal al telescopului Mini-EUSO (masa nuclearitului simulat 20 g, viteza 100 km/s, durata evenimentului. 2 s, altitudinea 15 km).

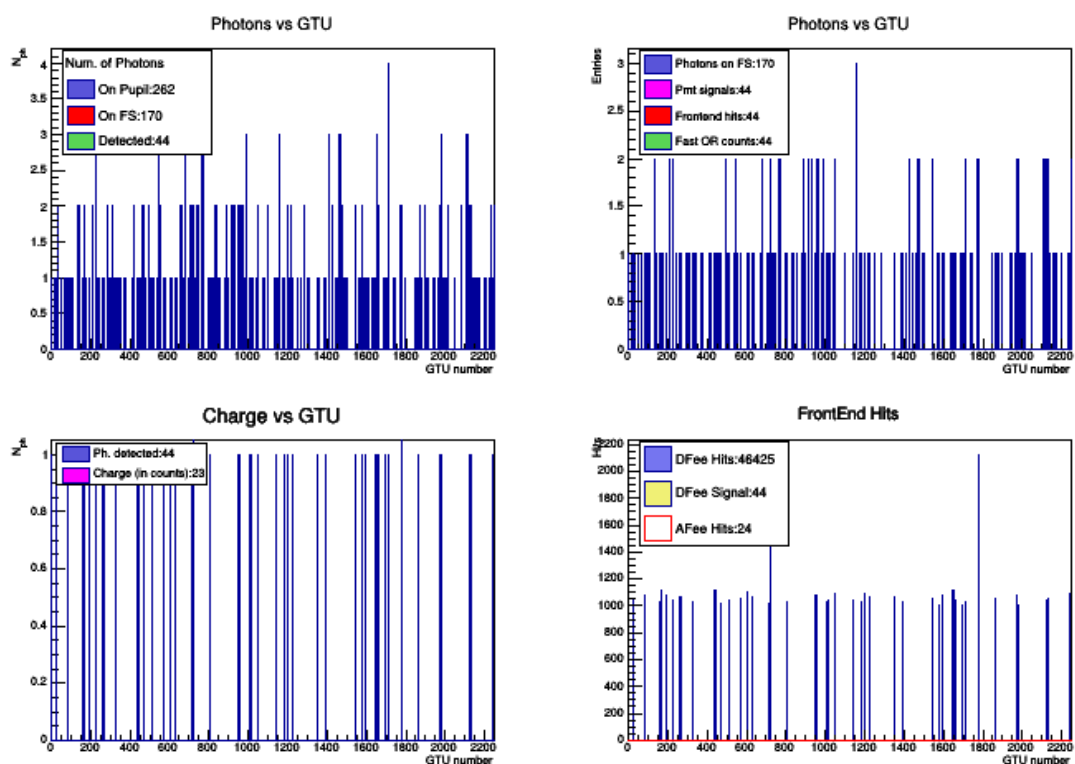


Figura 4. Histograme privind numărul de fotoni raportat la fereastra de timp de detectie (masa nuclearitului simulat 20 g, viteza 100 km/s, durata evenimentului 2 s, altitudinea 15 km).

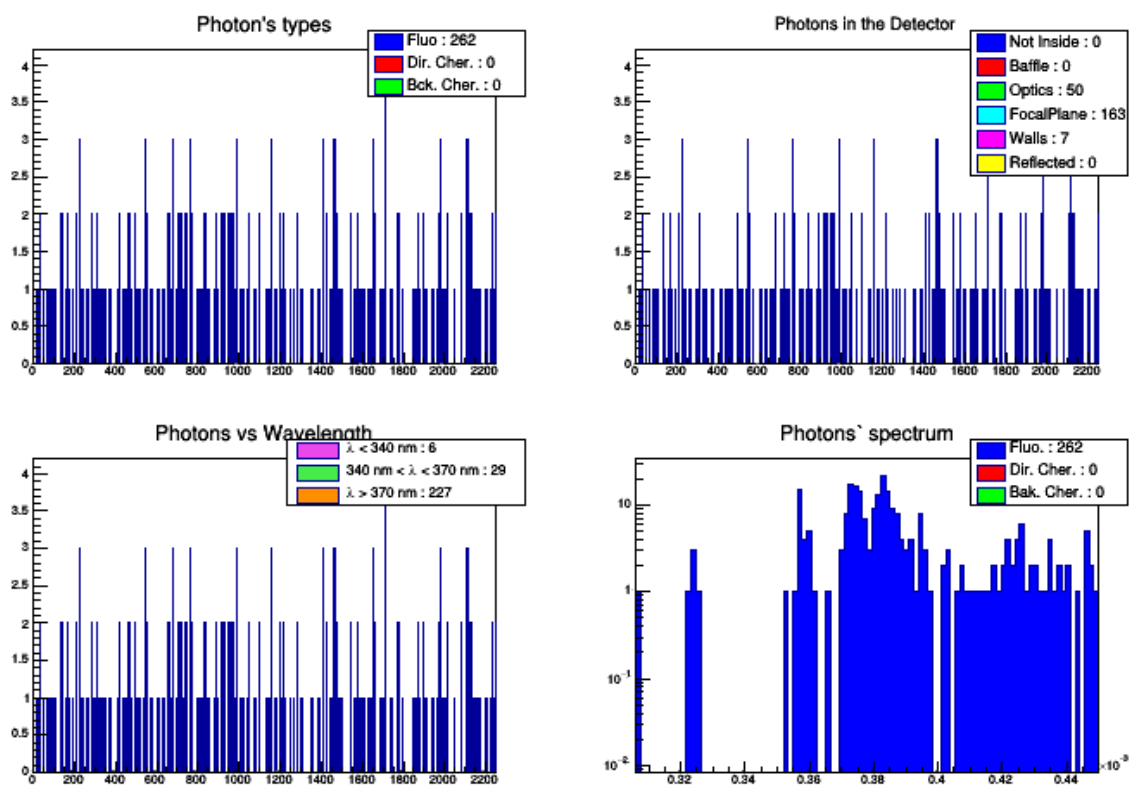


Figura 5. Histograme privind tipul de fotoni, lungimea de unda si distribuția spectrala (masa nuclearitului simulat 20 g, viteza 100 km/s, durata evenimentului. 2 s, altitudinea 15 km).

Activitatea 2.2: Analiza rezultatelor simulării si reconstrucției

În conformitate cu Planul de Realizare al proiectului, în cadrul acestei activități a fost efectuată analiza rezultatelor simulării si reconstrucție de nucleariti.

Astfel, activitățile expuse mai sus au condus la următoarele concluzii:

1. Evenimentele mai scurte de 0.1 s ar trebui neglijate deoarece sunt prea rapide pentru o analiza semnificativa .
2. Ținând cont de masa nuclearitilor: 5-100g si viteza de deplasare:250-500km/s acestea vor interacționa la altitudini mai joase in atmosfera (sub 30 km) spre deosebire de meteoriți care pot dezintegra începând cu 90 km altitudine.
3. Numărul de fotoni emiși de un nuclearit este semnificativ mai mic decât al unui meteorit, Figura 6, iar distribuția curbei de lumina este una liniara fata de gausiana in cazul meteoriților.

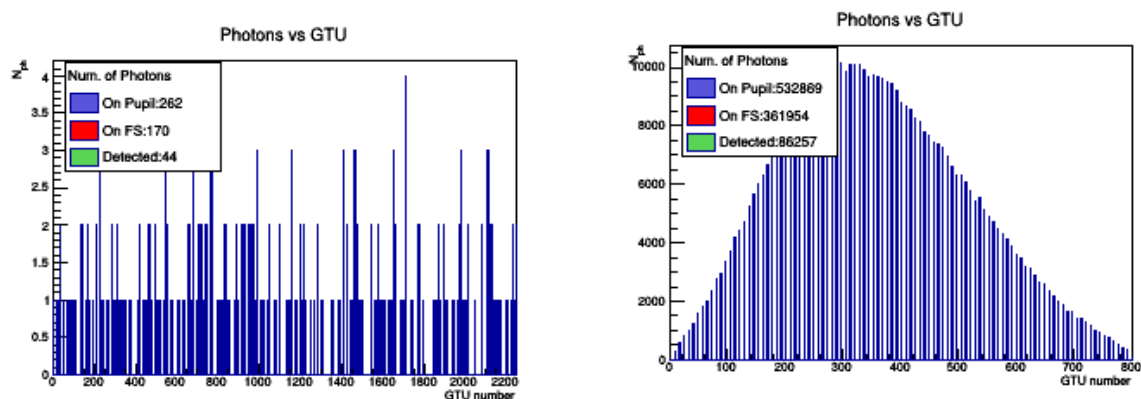


Figura 6. Histograme privind numărul de fotoni raportat la fereastra de timp de detecție (nuclearitului 20 g în stanga, viteza 100 km/s, meteorit aprox. 25 g).

Activitatea 2.3: Modificarea versiunii de ESAF Dubna - ESAF-D

În conformitate cu Planul de Realizare al proiectului, în cadrul acestei activități au fost revizuite componentele deja implementate în pachetul de programe ESAF-D cu referire la simularea, reconstrucția și analiza de meteori și implementarea unui subpachet dedicat nuclearitilor.

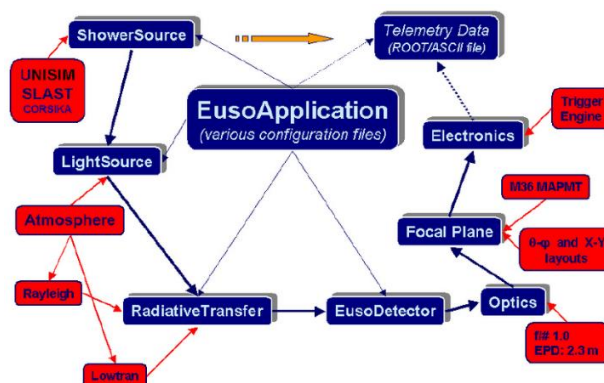


Figura 7. Arhitectura funcțională de simulare a pachetului software ESAF-D.

Aceste activități au presupus modificarea codului sursă a framework-ului ESAF-D în modulul de simulare, Figura 7, pachetul responsabil cu generarea de fotoni *LightSource*, unde au fost implementate modelele teoretice referitoare la proprietățile fizice ale nuclearitilor și a propagării lor prin atmosfera, precum și a pachetului *TriggerEngine* unde un algoritm de triggerare face posibilă detecția „cozii” luminoase a nuclearitilor de către telescoapele orbitale. În Figura 8 se poate observa un fișier de configurare dezvoltat în ESAF-D cu care se pot simula evenimente fie de tip *meteori* fie de tip *nucleariti*.

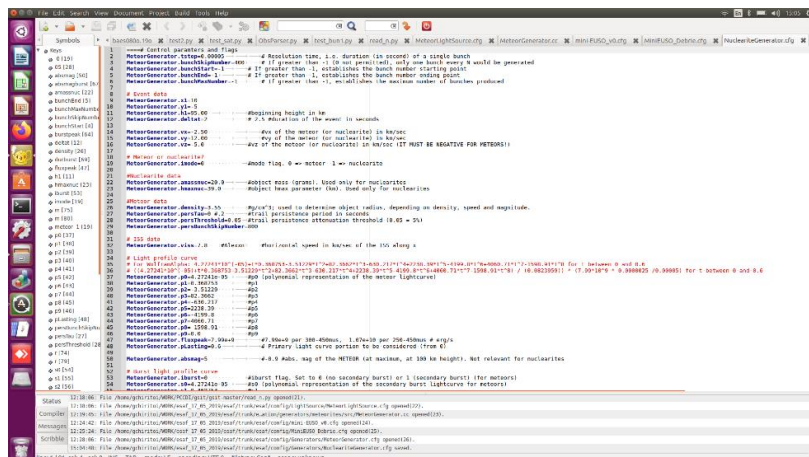


Figura 8. Fisier configurare pentru nucleariti sau meteori in ESAF-D.

Activitatea 2.4: Analiza evenimentelor detectate de TUS

Pe data de 28 Aprilie 2016 telescopul TUS aflat la bordul satelitului Lomonosov a fost lansat cu succes de pe cosmodromul Vostochny. Lomonosov împreună cu alți doi sateliți, Aist-2D și SamSat-218, au fost transportați pe orbita de o rachetă Soyuz-2.1A, prima rachetă care a zburat de pe noul cosmodrom rusesc. Satelitul are o orbită helio-sincronă cu o înclinare de 97.3° , ceea ce poate fi tradus într-o perioadă de ~ 94 min la o altitudine de aproximativ 470-500 km [50].

Telescopul TUS (Tracking Ultraviolet Setup) va detecta jerbele atmosferice largi produse de radiația cosmică de energie ultraînaltă și va contribui la studiul spectrului de energie și al distribuției direcțiilor de sosire ale razelor cosmice cu energii de peste 10^{20} eV.

Elementele de bază ale telescopului TUS sunt oglinda concentratoare Fresnel (OCF) cu suprafața 2 m^2 și blocul electronic fotoreceptor din focarul ei, care constă dintr-o matrice de 16×16 tuburi fotomultiplicatoare (pixeli) de tip HAMAMATSU R1463 cu un diametru de 13 mm și cu sensibilitate la radiația electromagnetică din domeniul 300-400 nm.

Câmpul de vedere al telescopului TUS este de $\pm 4.5^\circ$, fapt care permite sondarea unei suprafețe terestre de $80 \times 80 \text{ km}^2$ de la o altitudine orbitală de 500 km. Această suprafață depășește suprafața Observatorului Pierre Auger care este de numai 3000 km^2 .

Pe perioada de operare în spațiu, TUS a fost comutat din când în când pe modul de observație pentru meteori care permite detecția evenimentelor luminoase în ferestre de timp de 6.6 ms. Pentru analiza noastră am avut în vedere evenimentele înregistrate deasupra Sud-Estului Europei în perioada decembrie 20016 noiembrie 2017.

În Figura 9 este ilustrată distribuția evenimentelor înregistrate în perioada menționată mai sus. Cele 38 de evenimente pot fi împărțite în:

- Zgomot staționar ($I = \text{const}$)
- Lumina antropică de la Orașe ($v = 8 \text{ km/s}$, 50-60 Hz)(ex. Figura 10)
- Nori ($v = 8 \text{ km/s}$)
- Fulgere (Peak-uri ascuțite în diagrama de semnal)
- Meteori (evenimente cu viteze între 30 – 70 km/s)
- Nucleariti ???



Figura 9. Înregistrări ale TUS in modul meteori deasupra Sud-Estului Europei.

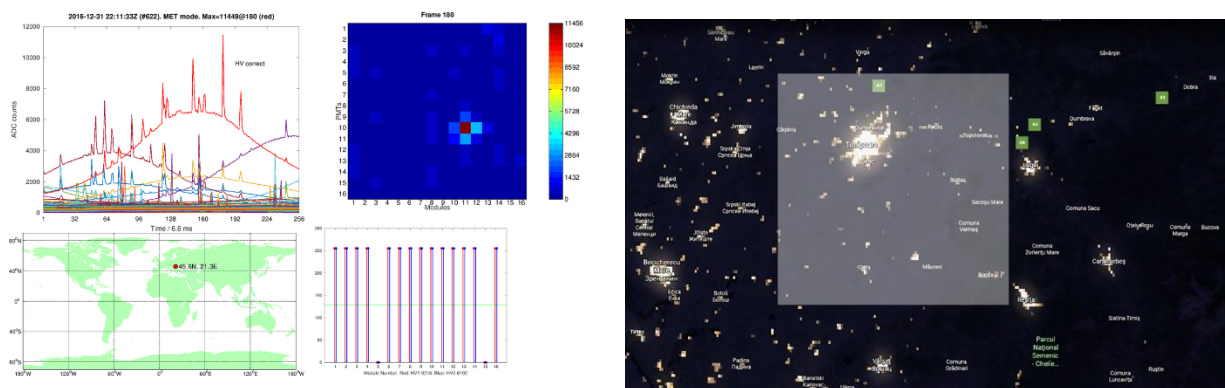


Figura 10. Eveniment deasupra orașului Timișoara.

Un posibil candidat de tip nuclearit a fost înregistrat în data de 01.01.2017 la ora 21:44, Figura 11, eveniment care a fost studiat în detaliu pentru a putea fi identificată sursa, nuclearit sau meteorit. În acest sens au fost efectuate o serie de simulări în vederea reconstrucției evenimentului cât mai exactă.

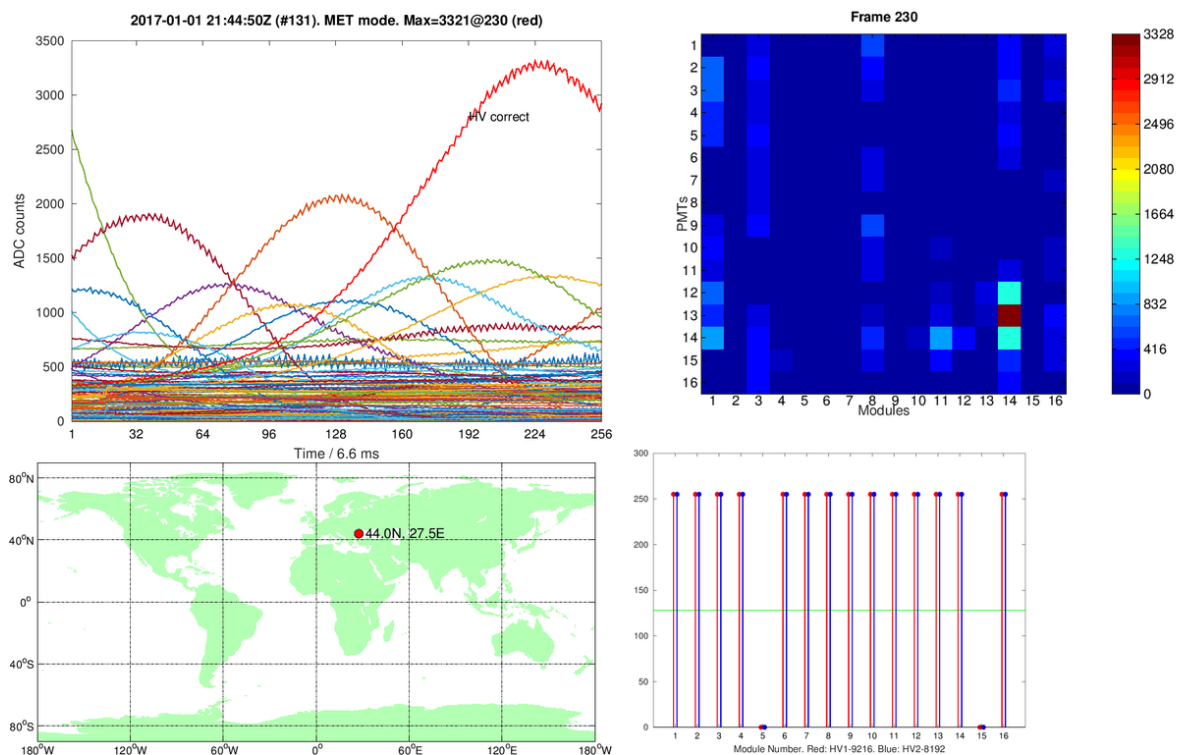


Figura 11. Eveniment posibil candidat nuclearit.

În urma acestei analize s-a ajuns la concluzia că acest eveniment a fost generat de un meteorit ce avea viteza de aproximativ 30 km/s. Cel mai apropiat rezultat simulat pentru un nuclearit este reprezentat grafic în Figura 12, masă 20g, viteză 270 Km/s, înclinată 45° .

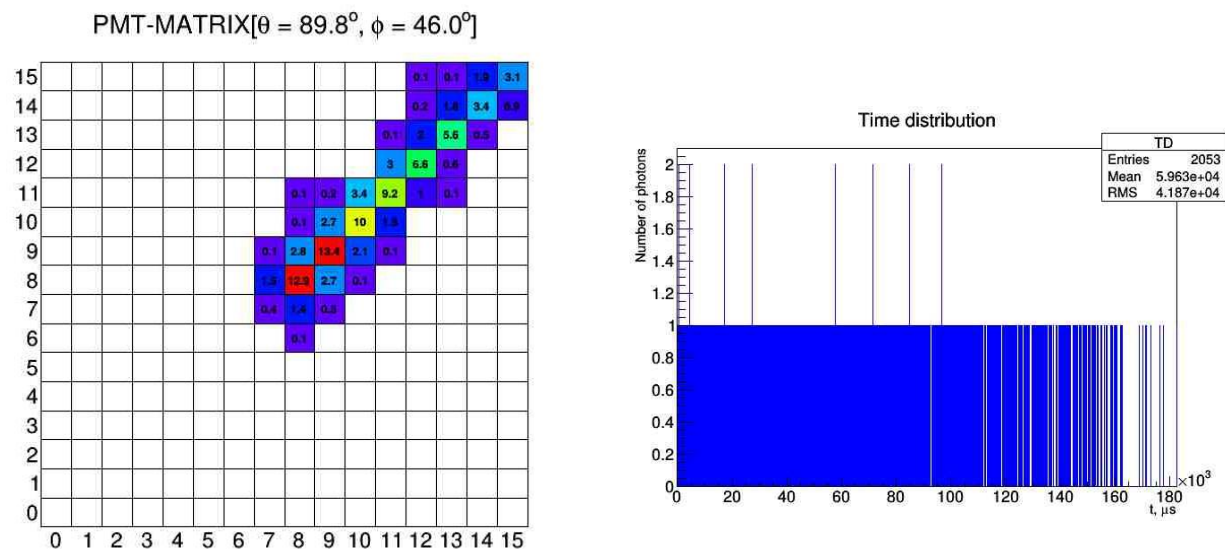


Figura 12. Reconstrucția posibilului candidat nuclearit.

Concluzii

Pe lângă evenimentele care au înregistrat un fond luminos provenit fie de la lumina orașelor sau de la fenomenele meteo (aprox. 90% din evenimente), TUS poate înregistra și evenimente de tip meteori sau nucleariti.

Se constata o sensibilitate crescuta la lumina antropica. Se poate calcula un fondul luminos provenit de la iluminarea marilor orașe.

Activitatea 2.5: Diseminarea Rezultatelor - partea I

În conformitate cu Planul de Realizare a proiectului, în cadrul acestei activități a fost actualizat website-ul proiectului și au fost realizate activități suport de diseminare. În cazul website-ului proiectului (<http://www.space-science.ro/projects/s2nusdet/index.html>), acesta a fost actualizat cu ultimele rezultate obținute în cadrul proiectului.

În cazul activităților suport de diseminare, membrii echipei de proiect au participat la întâlnirile lunare ale grupurilor de lucru ale colaborării JEM-EUSO ce a avut loc online. De asemenea Gabriel Chirițoi, în cadrul Sesiunii Științifice Anuale organizată de Facultatea de Fizică din cadrul Universității București în perioada 18.06.2021, a avut o contribuție orală cu titlul *“Preliminary analysis of the TUS UV Telescope data taken in meteor/nuclearite mode above South-East Europe”*.

Totodată au fost întreprinse măsurile de elaborare a unui manuscris pentru un articol spre publicare într-o revista cotată ISI, în care sunt diseminate toate rezultatele proiectului S2NUSDET cât și perspectivele viitoare de aplicare ale acestora.

În consecință toate obiectivele prezentei activități au îndeplinite integral.

In acest context apreciem ca obiectivele aferente acestor activitati au fost atinse in proportie de 100%, iar din punct de vedere financiar, aceste activitati au fost implementate conform bugetului stabilit in Planul de Realizare al proiectului.

A3. Etapa de execuție Nr. 3: Analiza evenimentelor înregistrate de Mini-EUSO

Obiectivul general Etapa de execuție Nr. 3: în analiza posibilelor evenimente înregistrate de telescopul orbital Mini-EUSO pentru detecția de UHECR, plasat pe Stația Spațială Internațională.

Obiectivele specifice ale etapei de execuție au inclus activități de implementare, optimizare, testare și verificare software în vederea reconstrucției și analizei de nucleariti folosind pachetul de software ESAF, în vederea testării și verificării evenimentelor înregistrate de Telescopul orbital Mini-EUSO.

În particular, în conformitate cu Planul de Realizare a Proiectului, activitățile prezentei etape au inclus reconstrucția posibilelor surse folosind codul sursa ESAF precum și analiza rezultatelor, modificarea versiunii de ESAF pentru implementarea modelelor teoretice privind detecția de meteori și nucleariti, optimizare, testare și verificarea codului sursa în vederea analizei evenimentelor detectate de telescopul orbital Mini-EUSO. De asemenea prezenta etapa a cuprins și activități de diseminare precum participarea la seminarii, conferințe naționale și dezvoltarea website-ului proiectului.

Obiective specifice prevăzute Etapă de Execuție Nr. 3:

- Modificarea versiunii de ESAF pentru Mini-EUSO
- Analiza evenimentelor detectate de Mini-EUSO
- Diseminarea Rezultatelor - partea II

Obiective realizate Etapă de Execuție Nr. 3:

Activitatea 3.1: Modificarea versiunii de ESAF pentru Mini-EUSO

În conformitate cu Planul de Realizare al proiectului, în cadrul acestei activități au fost revizuite componentele deja implementate în pachetul de programe ESAF cu referire la simularea, reconstrucția și analiza de meteori și nucleariti.

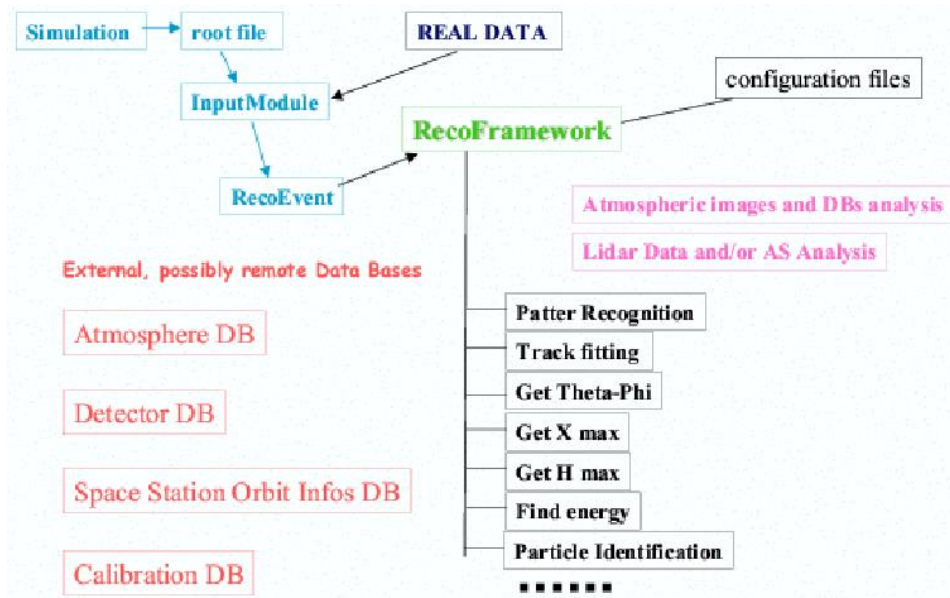


Figura 13. Arhitectura funcțională de reconstrucție a pachetului software ESAF.

În Figura 13 este prezentată arhitectura funcțională de reconstrucție a pachetului software ESAF, arhitectura care oferă posibilitatea folosirii de date fie simulate sub forma de fișiere ROOT, fie date reale înregistrate de detectorii orbitali prin intermediul unui modul de inițializare *InputModule* și unor fișiere de configurare.

În cadrul acestei activități a fost modificat codul sursă al framework-ului ESAF și anume modificarea fișierelor de configurare pentru modulul de *Reconstrucție* pentru a permite determinarea energiei, direcției și a recunoașterii de șabloane pentru evenimente de tip nucleariti.

În Figura 14, este prezentată diagrama sistemului de lucru pentru un eveniment reconstruit cu ajutorul modulului de reconstrucție din ESAF.

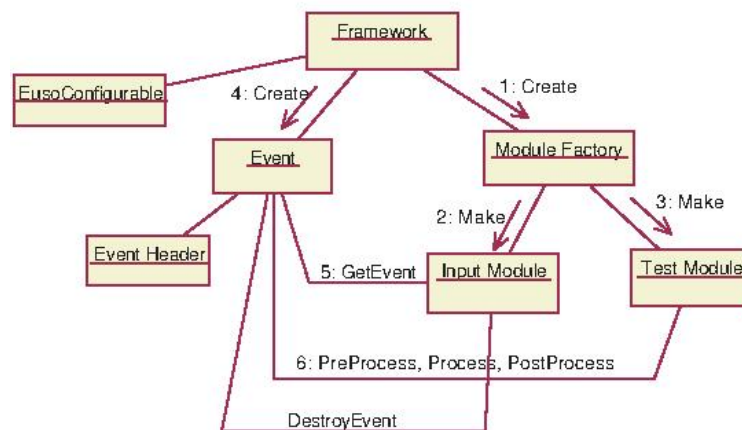


Figura 14. Diagrama de sistem pentru modulul Reconstrucție în ESAF.

Activitatea 3.2: Analiza evenimentelor detectate de Mini-EUSO

Mini-EUSO este un telescop orbital dezvoltat în cadrul colaborării JEM-EUSO pentru observarea părții întunecate a Pământului de pe Stația Spațială Internațională printr-o fereastră transparentă în UV în modul rusesc Zvezda, și care a devenit funcțional începând cu data de 27 august 2019. Scopul său este acela de a măsura emisia de radiație UV a particulelor care lovesc atmosfera terestră dar și a altor surse cum ar fi meteori, deșeurile spațiale și nucleariti.

Elementele de bază ale telescopului Mini-EUSO sunt două oglinzi Fresnel de 25 cm diametru ce concentrează lumina pe un modul de fotodetectie (PDM) ce conține 36 de MAPMTs (multi-anode photomultipliers) însumând 2304 pixeli. Câmpul de vedere acoperă aproximativ 300 km² la sol ceea ce reprezintă 6 km² pentru un singur pixel. Modulul de fotodetectie achiziționează date în 3 moduri de rezoluții temporale. D1 conține pachete de 128 frame-uri cu o expunere individuală de 2.5 μs. D2 conține pachete de 128 frame-uri, fiecare fiind o medie a celor 128 de frame-uri de la D1, formând un bloc de 320 μs. D3 achiziționează date continuu formând un video cu fereastra de timp de 40.96 ms. Această fereastră de timp permite înregistrarea meteoarelor care emit lumina în atmosferă. Nuclearitiile care străbat atmosfera ar trebui să aibă proprietăți de observare similare cu cele ale meteoarelor, de aceea în cadrul acestei activități am analizat datele colectate în acest mod. Pentru a analiza aceste date a fost folosit un trigger offline care urmărește anumiți parametri cum ar fi gain-ul, zgomotul pe fiecare pixel, grupuri sau perechi. După aceasta sortare informațiile despre curba de lumina, desfășurarea pe PDM sau viteza sunt stocate în alta bază de date și apoi analizate mai amănunțit, un exemplu de astfel de eveniment este prezentat în Figura 15.

Deoarece fereastra transparentă în UV din modulul rusesc Zvezda de pe Stația Spațială Internațională deservește mai multor experimente nu doar pentru Mini-EUSO, accesul aici este relativ limitat, astfel culegerea de date se face în sesiuni. Până acum au avut loc aproximativ 14 de sesiuni de observații însumând aproximativ 120 de ore.

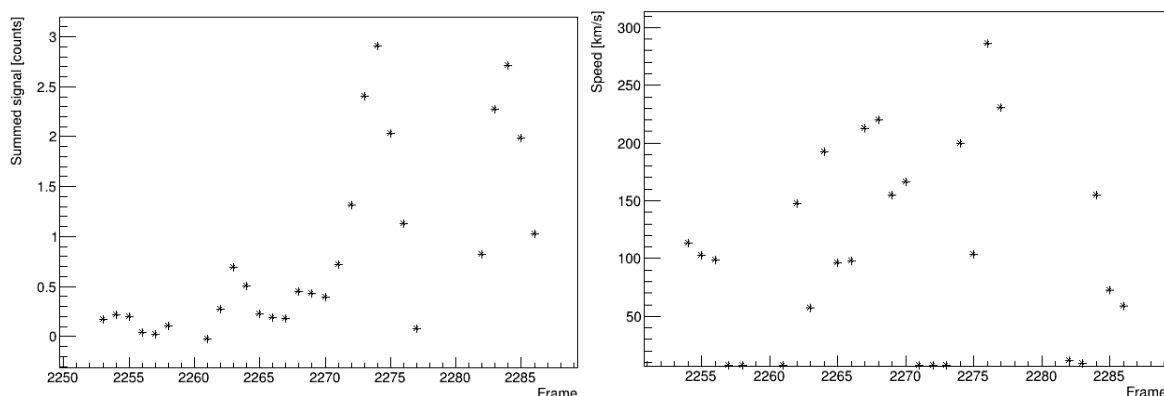


Figura 15. Exemplu de curba de lumina și viteza unui eveniment înregistrat în data de 19.11.2019 ora 19:59:17.

Din aceste date, datorită limitărilor legate de banda de transmisie, 20% dintre ele sunt descărcate direct de pe ISS prin intermediul conexiunii acestuia, restul fiind aduse de astronauții care se întorc pe Pământ pe un dispozitiv de stocare.

În urma analizei datelor stocate după aplicarea triggerului offline, cele peste 5000 de evenimente se pot împărți în 4 mari categorii:

- N= Zgomot (Noise/false triggers)
- U= nedeterminat (unidentified)
- M= Meteori
- M?= Candidat meteori (curba de lumina asemănătoare cu a meteorilor)

În Tabelul 1 se regăsesc datele celor 14 sesiuni de observații împărțite pe durată, număr de evenimente și categorii.

	PERIOADA	durata (H)	Number of events	M(meteor) %	M?(may be meteor) %	U(unidentified event)	N(noise)
Sesiunea 1	2019_10_07__18_48_34 - 2019_10_07__19_33_10	0.75	15	0	0	13	87
Sesiunea 2	2019_10_19__19_04_39 - 2019_10_19__19_17_46	0.25	11	9	18	18	55
Sesiunea 3	2019_10_25__20_42_26 - 2019_10_26__06_18_14	9.5	16	19	13	63	6
Sesiunea 4	2019_11_06__19_05_57 - 2019_11_07__06_01_49	11	66	2	5	23	71
Sesiunea 5	2019_11_19__18_23_44 - 2019_11_20__05_57_38	11.5	388	24	14	12	49
Sesiunea 6	2019_11_27__18_27_53 - 2019_11_28__05_43_22	11.25	772	38	23	8	31

Sesiune a 7	2019_12_05__18_26 _05 - 2019_12_06__05_52 _22	11.25	388	5	7	17	71
Sesiune a 8	2019_12_30__18_11 _21 - 2019_12_31__05_24 _36	11.15	724	37	17	8	38
Sesiune a 9	2020_01_08__19_00 _00 - 2020_01_09__06_09 _34	10	299	1	5	39	55
Sesiune a 11	2020_02_21__18_30 _46 - 2020_02_22__05_40 _18	11	553	56	19	6	19
Sesiune a 12	2020_03_02__18_39 _50 - 2020_03_03__05_50 _07	11	417	30	16	10	44
Sesiune a 13	2020_03_13__18_01 _41 - 2020_03_14__08_23 _06	14.5	436	25	8	6	62
Sesiune a 14	2020_03_31__18_35 _03 - 2020_04_01__06_04 _55	11.5	474	34	16	16	34

Tabelul 1. Datele din cele 14 sesiuni de observații.

Media evenimentelor de tip zgomot de fond reprezintă aproximativ 50% din evenimentele înregistrate, cu precădere deasupra zonelor locuite, însă acest procent nu este constant ci variază în funcție de nivelul de iluminare antropica, albedoul suprafeței Pământului sau fazele lunii.

În Figura 16 este reprezentată distribuția numărului de meteori detectați în cele 14 sesiuni de observații cu mențiunea că variația poate fi o consecință a fazelor lunii sau a momentului de timp cu activitate mai mare sau mai mică a meteorilor.

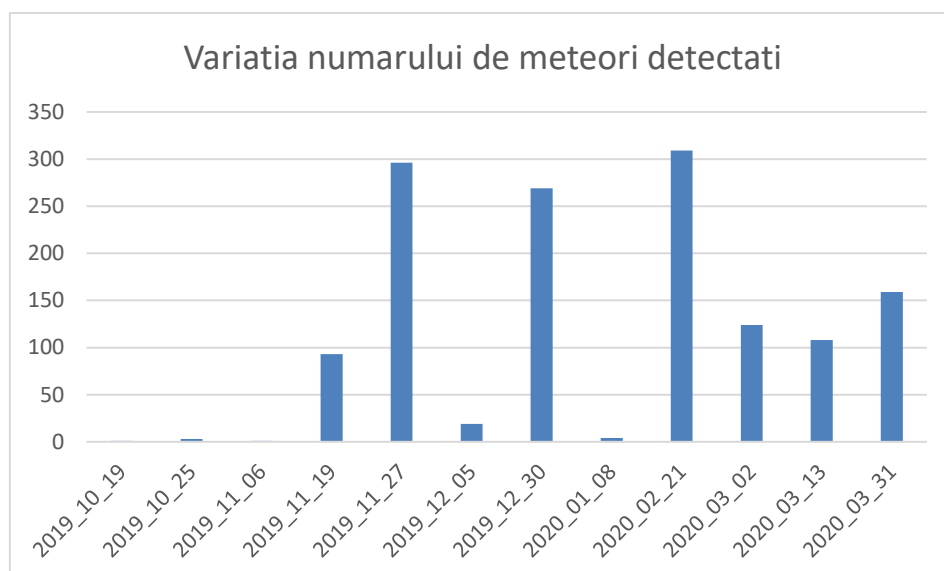


Figura 16. Variația numărului de meteori detectați în cele 14 sesiuni de observații.

Din cele 1300 de evenimente de tip Meteor înregistrate de telescopul Mini-EUSO niciunul din evenimentele analizate nu are o curbă de lumina semi-constantă, o durată mare de desfășurare sau o viteză măsurată care să depășească semnificativ 72 km/s, ceea ce exclude detecția de candidați de tip nuclearit.

Concluzii

Pe lângă evenimentele care au înregistrat un fond luminos provenit fie de la lumina orașelor sau de la fenomenele meteo (aprox. 50% din evenimente), Mini-EUSO poate înregistra și evenimente de tip meteori sau nucleariti. Numărul relativ mare de meteori înregistrați dau mari speranțe în folosirea acestui telescop pentru detecția de nucleariti.

Activitatea 3.3: Diseminarea Rezultatelor - partea II

În conformitate cu Planul de Realizare a proiectului, în cadrul acestei activități a fost actualizat website-ul proiectului și au fost realizate activități suport de diseminare. În cazul website-ului proiectului (<http://www.spacescience.ro/projects/s2nusdet/index.html>), acesta a fost actualizat cu ultimele rezultate obținute în cadrul proiectului.

În cazul activităților suport de diseminare, membrii echipei de proiect au participat la întâlnirile lunare ale grupurilor de lucru ale colaborării JEM-EUSO ce a avut loc online. De asemenea Gabriel Chirițoi, în cadrul Sesiunii Științifice Anuale organizată de Facultatea de Fizică din cadrul Universității București în perioada 24.06.2022, a avut o contribuție orală cu titlul “ *Preliminary analysis of the Mini-EUSO Telescope data taken in D3 offline trigger mode*”.

Totodată manuscrisul cu titlul „*Development of ground-based nuclearites telescope with a SiPM Camera*” a fost transmis spre publicare într-o revistă cunoscută ISI, în care sunt diseminate rezultatele proiectului cât și de asemenea care sunt perspectivele viitoare de aplicare ale acestora. În consecință toate obiectivele prezentei activități au îndeplinite integral.

In acest context apreciem ca obiectivele aferente acestor activitati au fost atinse in proportie de 100%, iar din punct de vedere financiar, aceste activitati au fost implementate conform bugetului stabilit in Planul de Realizare al proiectului.

Impactul rezultatelor obținute în cadrul acestui proiect poate fi rezumat după cum urmează:

1. Prin realizarea activităților proiectului s-a studiat confirmarea existenței particulelor super masive prezise teoretic din perspectiva telescoapelor orbitale TUS și Mini-EUSO. Din punct de vedere practic cea mai importantă realizare poate fi considerată familiarizarea echipei proiectului în lucru cu datele furnizate de la misiuni spațiale care presupune interacțiunea cu membrii colaborărilor internaționale implicate, analiza și interpretarea acestora.
2. Proiectul în sine a avut un impact și asupra membrilor echipei proiectului. La nivelul ISS, acest proiect a permis coagularea unei noi echipe aferente de cercetători cu competente și expertiza multidisciplinară și interdisciplinară în dezvoltarea de soluții software cu aplicații în domeniul fizicii energiei înalte și astrofizica, care va crea premisele participării cu succes la competiții de proiecte atât la nivel național cât și internațional.

C. Bibliografie

[1] F. F. e. al., "THE ESAF SIMULATION FRAMEWORK FOR THE JEM-EUSO MISSION," in ICRC2011 Proceedings, Beijing, 2011.

[2] F. C. e. al., "Mini-EUSO: A high resolution detector for the study of terrestrial and cosmic UV emission from the International Space Station," Advances in Space Research, pp. 2954-2965, 2018.

[3] B. A. K. e. al., "Space Program KOSMOTEPETL (project KLYPVE and TUS) for the study of extremely high energy cosmic rays," AIP Conf. Proc. 566, pp. 57-75, 2011.

Director Proiect,

Gabriel CHIRITOI