

RAPORT ȘTIINȚIFIC ȘI TEHNIC

contract nr. 713PED/2022

etapa nr. 3 / 2024

PN-III-P2-2.1-PED-2021-1938

ACCuReSy

Cercetări avansate asupra norilor convectivi folosind instrumente
de teledetecție de la noi platforme exploratorii

Cuprins

RST - Raport științific și tehnic, <i>rezumat</i>	2
Titlu proiect	2
Obiective generale/specifice	2
Număr etapă, denumire etapă	2
Obiective etapă	2
Rezultate etapă	2
Rezumatul etapei	3
Descrierea științifică și tehnică	4
1. Introducere	4
2. Activitățile desfășurate în etapa 3, aferentă anului 2024	4
<i>Activitatea 3.1. Procedură privind colectarea, procesarea, armonizarea și analizarea datelor măsurate în cele două locații (București-Măgurele și Brașov)</i>	4
<i>Activitatea 3.2. Construirea colecției de date cu evenimente convective aferente sezoanelor calde din 2022, 2023 și 2024</i>	5
<i>Activitatea 3.3. Monitorizare continuă a proceselor atmosferice în sezonul convectiv 2024</i>	6
<i>Activitatea 3.4. Studii privind dezvoltările convective în medii poluate</i>	9
<i>Activitatea 3.5. Diseminare</i>	17
3. Rezultatele etapei și concluzii	19
4. Bibliografie	20
5. Anexe	21
<i>Anexa 1</i>	21
<i>Anexa 2</i>	22

RST - Raport științific și tehnic, *rezumat*

Titlu proiect

ACCuReSy - Cercetări avansate asupra norilor convectivi folosind instrumente de teledetecție de la noi platforme exploratorii

Obiective generale/specifice

- OG:** Realizarea de cercetări avansate ale mediului atmosferic înainte, în timpul și la scurt timp după producerea evenimentelor convective, folosind instrumente de teledetecție pentru investigarea interacțiunilor aerosoli-nor, cu o atenție specială asupra factorilor ce contribuie la formarea grindinei.
- OS1:** Monitorizarea sistematică a atmosferei în timpul sezonului convectiv (campanii de măsurători intensive), cu focus pe modul în care prezența diverselor tipuri de aerosoli pot influența evoluția norilor și precipitațiilor, utilizând o suită complexă de instrumente de teledetecție.
- OS2:** Construirea unei colecții de date privind evenimentele convective, pe baza datelor măsurate de instrumentele de teledetecție implicate în campaniile de măsurători.
- OS3:** Analize detaliate ale evenimentelor convective cu căderi de grindină.

Număr etapă, denumire etapă

Etapă 3: Colectare, procesare, armonizare și analizarea datelor

Obiective etapă

Construirea unei colecții de date privind evenimentele convective, pe baza datelor măsurate de instrumentele de teledetecție implicate în campaniile de măsurători, analize detaliate ale evenimentelor convective (cu căderi de grindină) și diseminarea rezultatelor proiectului.

Rezultate etapă

- Elaborarea procedurii privind colectarea, procesarea, armonizarea și analizarea datelor măsurate în cele două locații (București-Măgurele și Brașov);
- Construirea colecției de date cu evenimente convective și inițierea analizelor preliminare a evenimentelor identificate în cursul sezoanelor convective 2022-2023;
- Monitorizarea continuă a proceselor atmosferice în sezonul convectiv 2024;
- Studii privind dezvoltările convective în medii poluate;
- Diseminare: comunicarea rezultatelor preliminare la evenimente științifice naționale și/sau internaționale; organizare workshop, publicarea rezultatelor.

Rezumatul etapei

Activitățile desfășurate în această etapă au constat în colectarea datelor măsurate din fiecare locație în timpul sezonelor convective 2022 și 2023, la care s-au mai adăugat și măsurătorile realizate pe parcursul lunilor mai și iunie 2024 (Activitatea 3.1).

Datele brute au fost procesate și salvate ca fișiere de tip csv și/sau netcdf. În etapa următoare au fost create fișiere separate pentru fiecare eveniment convectiv ce a avut loc în perioada desfășurării proiectului (Activitatea 3.2).

Monitorizarea proceselor atmosferice a continuat și pe parcursul sezonului convectiv 2024 (Activitatea 3.3).

Colecția de date cu evenimente convective rezultată din Activitatea 3.2 a fost supusă analizelor. Au fost inițiate o serie de studii privind dezvoltările convective în medii poluate. Parte din rezultatele preliminare obținute în proiect, au completat un șir mai lung de observații, care au fost utilizate într-un studiu mai amplu, extins pe 11 ani (2012 - 2022). Studiul s-a concentrat pe analiza evenimentelor convective înregistrate la 17 stații de aerodrom din România (Activitatea 3.4).

Pe baza rezultatelor obținute a fost redactat un articol științific care a fost trimis spre publicare la o revistă științifică cu factor de impact. Până la încheierea proiectului articolul a parcurs cu succes procesul de evaluare și a fost publicat. Alte rezultate obținute în cursul proiectului au fost comunicate în cadrul a trei manifestări științifice internaționale și a workshopului organizat la final de proiect (Activitatea 3.5).

Ca și în etapele anterioare, am continuat monitorizarea proceselor atmosferice din proximitatea Centrului pentru studii de Atmosferă și Radiație de la Măgurele – MARS și al Academiei Forțelor Aeriene “Henri Coandă” din Brașov. Perioada de monitorizare a cuprins intervalul 1 mai – 28 iunie 2024, cu mențiunea că activitățile vor continua și după finalizarea proiectului. Până la momentul raportării, au fost consemnate două evenimente convective cu căderi de grindină de dimensiuni mici și medii în zona București- Măgurele în datele de 08 și 13 iunie 2024.

RST - Raport științific și tehnic *in extenso*

Descrierea științifică și tehnică

1. Introducere

Schimbările climatice reprezintă una dintre cele mai importante provocări cu care se confruntă omenirea în prezent. Factorii antropici precum emisiile de gaze cu efect de seră, poluarea aerului, apei și a solului, urbanizarea și restrângerea habitatelor naturale, au determinat într-o perioadă scurtă de timp creșterea temperaturii medii globale, ceea ce a dus la o serie de efecte îngrijorătoare.

Dintre aceste efecte, cele mai importante și “trasabile” sunt valurile de caldură și fenomenele convective. În ultimii ani s-a observat o creștere a numărului de perioade caniculare prelungite, urmate de episoade cu furtuni severe, tornade și/sau inundații rapide. Ambele efecte au exercitat un impact devastator asupra ecosistemelor, au provocat daune economice importante și au pus în pericol sănătatea și viețile oamenilor. În condițiile date, asigurarea unui viitor durabil pentru generațiile următoare implică eforturi substanțiale canalizate către atenuarea și adaptarea la schimbările climatice, iar la baza acestor eforturi stă cunoașterea.

Studii recente ce au stat la baza ultimului raport IPCC au evidențiat faptul că datorită efectelor antropice, se anticipează o creștere a probabilității de apariție a furtunilor severe însoțite de vânt puternic și căderi de grindină de mari dimensiuni. Prezența aerosolilor în atmosferă joacă un rol important în formarea și evoluția norilor, implicit a norilor convectivi. În ciuda progreselor obținute în cercetarea efectelor aerosolilor asupra micro- și macrofizicii norilor și precipitațiilor, interacțiunile aerosoli-nori rămân un obstacol major în înțelegerea climatului și a vremii severe. Având în vedere daunele economice provocate de furtunile severe, prognozele privind dezvoltările convective profunde ar trebui să aibă un grad înalt de acuratețe, prin îmbunătățirea schemelor de parametrizare utilizate în modelele numerice și cele climatice.

În acest context, obiectivul major al proiectului ACCuReSy are în vedere realizarea de cercetări avansate ale mediului atmosferic înainte, în timpul și la scurt timp după producerea evenimentelor convective, folosind o suită complexă de instrumente de teledetecție pentru investigarea interacțiunilor aerosoli-nor, cu o atenție specială asupra factorilor ce contribuie la formarea grindinei. Măsurătorile atmosferice s-au realizat în două locații relevante din punct de vedere al factorilor de mediu care favorizează formarea dezvoltărilor convective atât cele de natură termică caracteristice zonelor joase, de câmpie (zona Măgurele), cât și cele de natură dinamică caracteristice zonelor mai înalte, de deal și de munte (zona Brașov).

Pentru buna implementare a proiectului, etapa a 3-a aferentă anului 2024 a fost dedicată activităților de colectare, procesare și analizare a datelor măsurate în cele două locații (București-Măgurele și Brașov), construirea colecției de date cu evenimente convective aferente sezoanelor convective 2022, 2023 și 2024, continuarea monitorizării mediilor atmosferice din locațiile selectate, realizarea de studii privind dezvoltările convective în medii poluate și diseminarea rezultatelor proiectului, așa cum sunt descrise în detaliu în capitolul următor.

2. Activitățile desfășurate în etapa 3, aferentă anului 2024

Activitatea 3.1. Procedură privind colectarea, procesarea, armonizarea și analizarea datelor măsurate în cele două locații (București-Măgurele și Brașov)

Procedura de colectare, procesare, armonizare și analizare a datelor măsurate în cele două locații (București-Măgurele și Brașov) a cuprins următoarele etape:

- Monitorizarea continuă a mediilor atmosferice cu instrumentele disponibile în fiecare din cele două locații, realizată conform analizelor preliminare (prognoze meteo, estimări ale Laboratorului European de Furtuni Severe, prognoze de transport de aerosoli la distanță), urmând lanțul logistic prestabilit în strategia de campanie elaborată în cursul fazelor 1 și 2 ale proiectului;

- Datele brute de observație colectate în zilele cu evenimente convective au fost procesate rezultând fișiere de 24 de ore, în format netcdf și text. Corespunzător fiecărui fișier au fost construite imagini cu parametri de interes (Quicklooks) (Fig.1).
- Pentru analiza contextului meteorologic în care s-au produs evenimentele convective, câmpurile meteosinoptice și indicii de instabilitate au fost reconstruiți utilizând datele de reanaliză ERA5 furnizate de serviciul Copernicus Climate Change. De asemenea, transportul de aerosoli la distanță a fost confirmat/validat folosind datele de reanaliză EAC4 furnizate de Copernicus Atmosphere Monitoring Service (Fig.1).

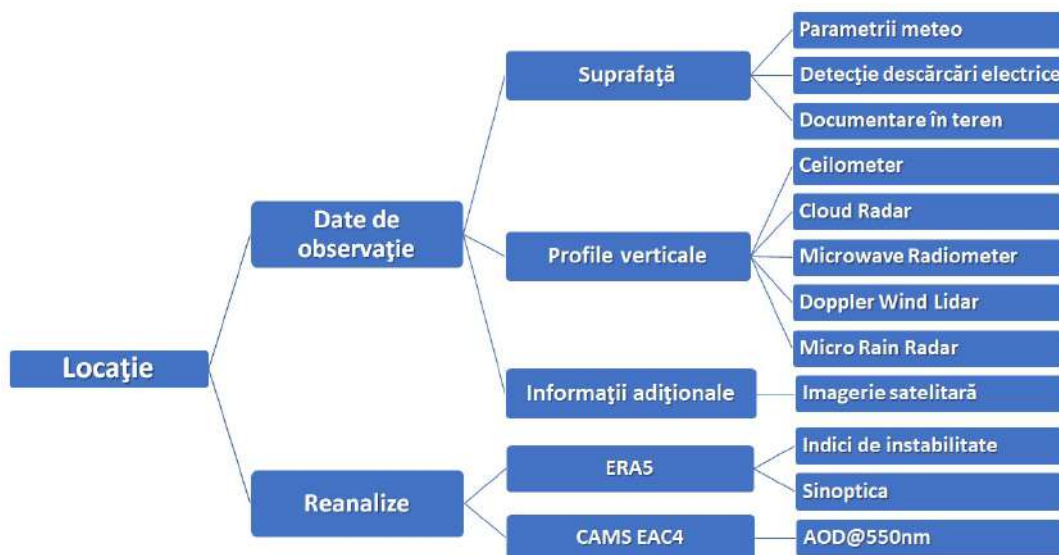


Fig.1. Structura bazei/colecției de date cu evenimente convective pentru fiecare locație de monitorizare.

Toate informațiile (date brute, procesate, quicklooks și reanalize) au fost grupate în foldere asignare fiecărui eveniment convectiv.

Activitatea 3.2. Construirea colecției de date cu evenimente convective aferente sezoanelor calde din 2022, 2023 și 2024

Datele obținute au fost agregate rezultând o colecție de 33 de evenimente în locația București-Măgurele și de 39 de evenimente în zona Brașov. Evenimente în care s-au raportat și căderi de grindină au fost doar 6, din care două evenimente au fost consemnate în afara intervalului de desfășurare a proiectului (pe data de 5 respectiv 14 iunie 2022).

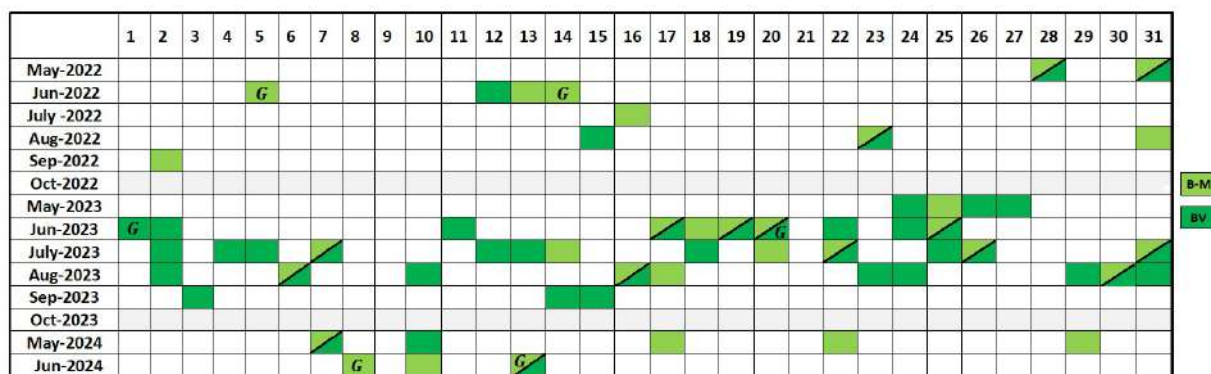


Fig.2 Calendarul evenimentelor convective produse pe parcursul derulării proiectului ACCuReSy în zona București-Măgurele (verde deschis) și Brașov (verde închis). Litera G indică evenimentele convective în care s-au raportat căderi de grindină

Conform rapoartelor anuale ale [Serviciului Copernicus pentru Schimbări Climatice](#), sezoanele estivale 2022 și 2023 au fost printre cele mai calde sezoane din istoricul măsurătorilor înregistrate comparativ cu media climatică a perioadei (1991-2020), perioadele cu valuri de căldură fiind caracteristica principală. Mai mult, sud-estul Europei și în special zona balcanică a fost în mare parte secetoasă, înregistrând anomalii negative de precipitații. În condițiile acestea evenimentele convective au fost rare în sudul României și nu foarte intense.

Și luna [mai 2024](#) a înregistrat valori termice peste media perioadei climatice, cu un reviriment semnificativ la capitolul precipitații, ceea ce explică creșterea ușoară a numărului de evenimente convective comparativ cu lunile mai 2022 și 2023. Debutul lunii iulie 2024 a fost marcat de un regim termic mult peste medie, ceea ce a generat situații convective semnificative. Per total, în primele două luni ale sezonului convectiv 2024 s-au înregistrat un număr de 7 evenimente convective în zona București-Măgurele, două dintre aceste evenimente înregistrând și căderi de grindină de dimensiuni mici și medii (Fig.2).

Activitatea 3.3. Monitorizare continuă a proceselor atmosferice în sezonul convectiv 2024

Pe fondul creșterii activității convective din perioada mai-iunie 2024, am continuat monitorizarea proceselor atmosferice din proximitatea Centrului pentru studii de Atmosferă și Radiație de la Măgurele – MARS și al Academiei Forțelor Aeriene “Henri Coandă” din Brașov.

Urmând procedurile tehnice și programul operațional de măsurători stabilit în fazele precedente ale proiectului, a fost organizată o sesiune de măsurători în mediu atmosferic stabil versus atmosferă instabilă în perioada 12 - 13 iunie 2024. Măsurătorile s-au realizat la baza de antrenament de la Tărlungeni aparținând Academiei Forțelor Aeriene „Henri Coandă” și au constatat în efectuarea unor sondaje atmosferice cu scopul practic de a obține profile verticale ale principalilor parametri meteorologici. Totodată, activitatea s-a constituit într-o sesiune de hands-on training pentru studenții Facultății de Management Aeronautic, specializarea Meteorologie Aeronautică.

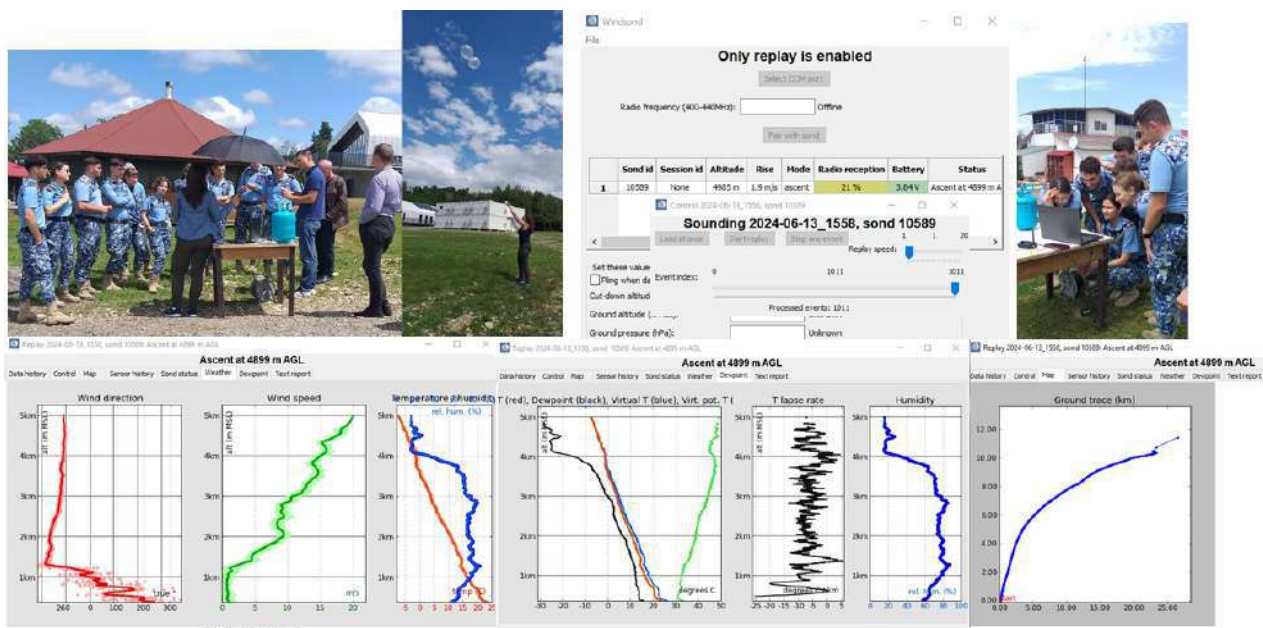


Fig.3. Sesiune hands-on la baza de antrenament de la Tărlungeni

Datorită căldurii excesive de la începutul lunii iunie 2024, instabilitatea atmosferică a fost accentuată în regiunile sudice, facilitând astfel declanșarea convecțiilor profunde. Două astfel de situații convective s-au produs în zona București-Măgurele în data de 08.06 2024, respectiv în data de 13.06.2024. În ambele situații au fost consemnate căderi de grindină. Ambele evenimente s-au dezvoltat într-o masă de aer fierbinte transportată dinspre Africa de Nord către centrul și sud-estul Europei (Fig.4). Câmpurile de altitudine diferă de la un eveniment la altul. În cazul evenimentului din 08.06.2024, dorsala termică și de geopotential acoperea întreagă zonă mediteraneană (Fig.4, stânga), în timp ce în cazul din 13.06.2024 un

talveg de altitudine vizibil în câmpurile de geopotențial de la 500 și 700 hPa, a facilitat pătrunderea unei mase de aer rece, de origine polară, până deasupra bazinului estic al Mediteranei (Fig.4, dreapta). Pătrunderea de aer rece a amplificat contrastul termic din troposfera inferioară, generând manifestările de vreme severă înregistrate în sudul României în cursul după-amiezei și al nopții.

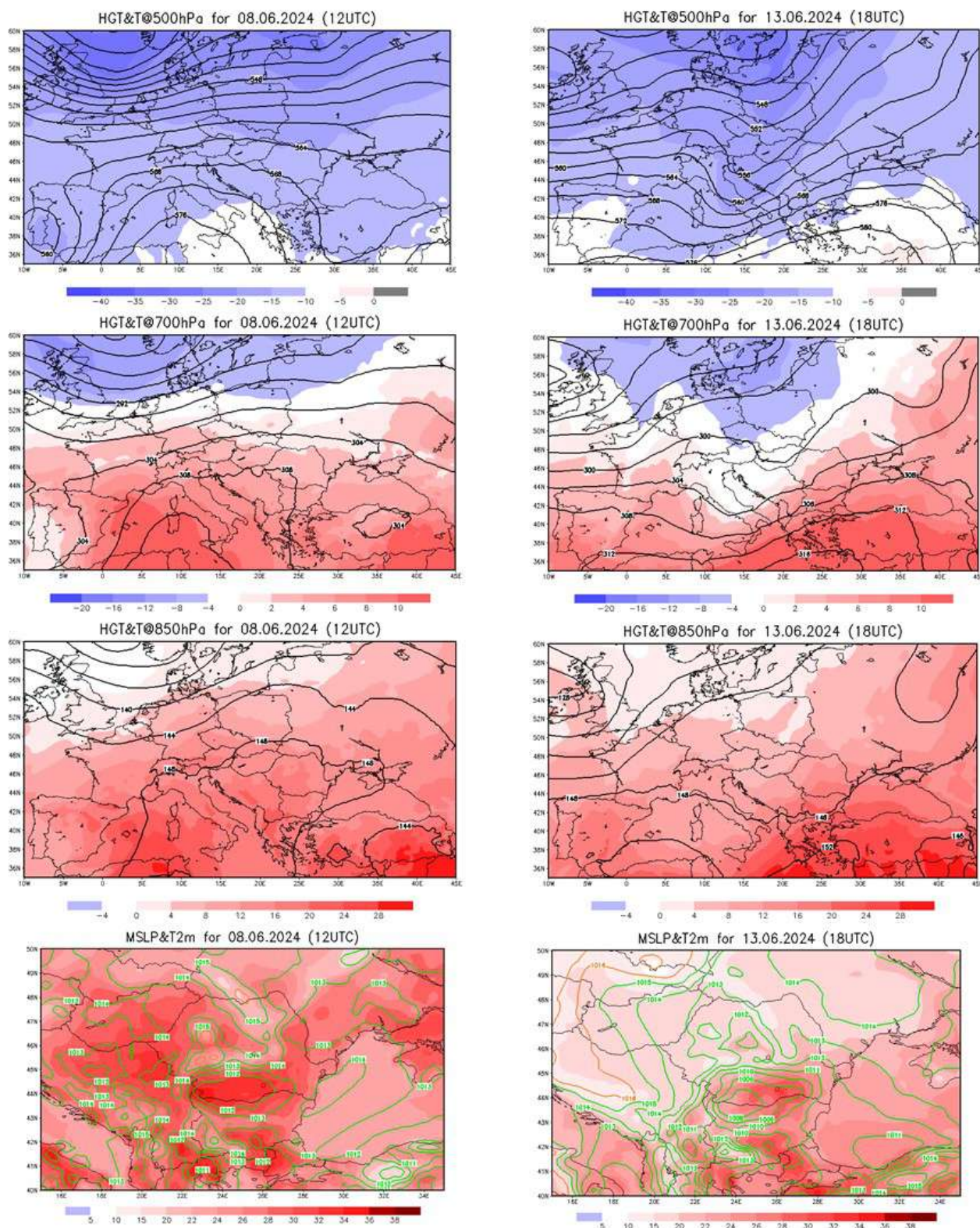


Fig.4. Contextul meteosinoptic al evenimentelor convective din 08.06.2024 (stânga) și 13.06.2024 (dreapta); contururile negre evidențiază valorile de geopotențial ale câmpurilor de altitudine, contururile verde/oranj indică valorile izobarelor de la suprafață, nuanțele de albastru și roșu indică valorile de temperatură la fiecare nivel atmosferic conform scalei.

În cazul evenimentului convectiv din data de 08.06.2024, inițierea convecției a avut loc jurul prânzului la nord de Ploiești (10:15 UTC), iar două ore mai târziu celula convectivă bine dezvoltată s-a deplasat pe componentă NW-SE cuprinzând marginal și zona capitalei așa cum indică produsul satelitar Convective RGB-MSG al EUMETSAT (Fig.5, stânga sus). Nuanțele de galben intens evidențiază prezența în număr mare a cristalelor de gheață, ceea ce confirmă pe de o parte dezvoltarea verticală a norului convectiv care a atins înălțimea de 12 km (Fig.6 stânga, sus), precum și căderile de grindină raportate în zona Otopeni, Băneasa, Pipera, confirmate vizual în Figura 5 (stânga, jos). Ținând cont că evenimentul convectiv din 08.06.2024 s-a produs într-o zi de weekend, iar grindina căzută a fost de dimensiuni mici și medii (Fig.5, dreapta), a fost dificil să prelevăm în timp util mostre de greloane de grindină.

Evenimentul convectiv din 13.06.2024 a debutat cu formarea unei supercelule convective în vestul Serbiei, a cărei deplasare rapidă a fost facilitată de prezența curentului jet în altitudine. Deplasarea sistemului supercelular s-a făcut pe componentă SW-NE, acoperind treptat regiunile sudice ale României, generând numeroase pagube materiale. Sistemul convectiv a abordat zona Capitalei în jurul orei 18 UTC, conform imageriei satelitare (Fig.5, dreapta-sus), manifestările de vreme încadrându-se în categoria fenomene severe: vânt cu aspect de vijelie, frecvente descărcări electrice, precipitații abundente, căderi de grindină. În timpul desfășurării evenimentului, au fost colectate probe de greloane de 2 - 2.5 cm (Fig.5, dreapta-jos). Prelevarea greloanelor de grindină, s-a realizat în zona Calea 13 Septembrie – Parcul Sebastian (sectorul 5). Probele au fost pregătite pentru analizele fizico-chimice urmând protocolul descris de Beal et al. (2021) și au fost trimise spre analiză la laboratoarele MOCA (INOE Central) și ICIA.

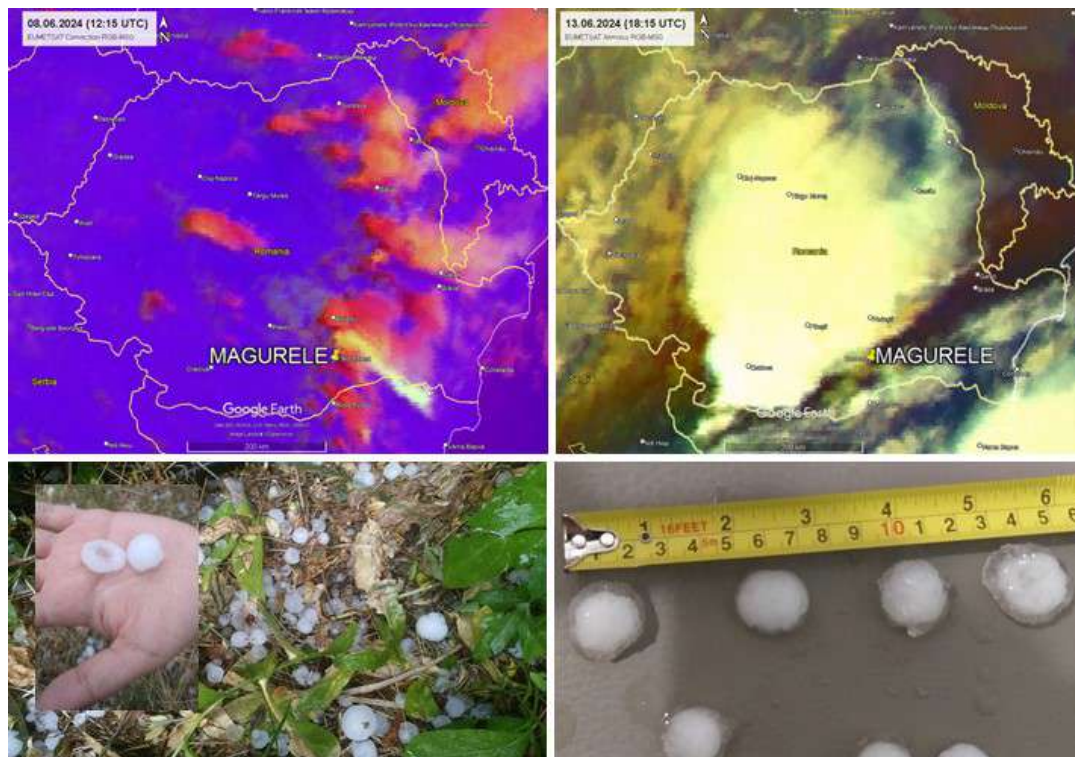


Fig.5. Imagini satelitare EUMETSAT RGB-MSG evidențiind dezvoltările convective din zona București Măgurele în datele de 08.06.2024, respectiv 13.06.2024 (sus); dovezi ale căderilor de grindină raportate corespunzător celor doua evenimente (jos)

Instrumentele Centrului pentru studii de Atmosferă și Radiație de la Măgurele – MARS au surprins desfășurarea celor două evenimente convective (Fig.6). Conform datelor înregistrate de radarul de nori MIRA 35 în data de 08.06.2024, în intervalul 12-15 UTC celula convectivă care a abordat zona, atingea înălțimi de până la 12 km, valorile de reflectivitate radar depășeau 20 dBZ (Fig.6, stânga-sus), iar banda de strălucire se afla poziționată la aproximativ 3.5 km înălțime (nu este prezentată aici). Datorită valorilor termice pozitive din stratul de aer cuprins între suprafață și nivelul de 3.5 km, precipitațiile căzute au fost în mare parte sub formă de ploaie, greloanele de grindină formate în partea superioară a norului topindu-se și scăzând în dimensiune până la atingerea suprafeței terestre. Semnalul corectat cu distanța (RCS) de la

ceilometru și profilele de vânt de la lidarul de vânt din Figura 6 (stânga-jos) evidențiază înălțimea bazei norului convectiv pe măsură ce acesta intră în câmpul de detecție al instrumentelor precum și dinamica precipitațiilor și a vântului în troposfera inferioară (0 – 2,5 km).

Intensitatea fenomenelor din noaptea de 13.06.2024 a determinat o pană de curent care a limitat numărul de date furnizate de instrumentele de la MARS. Din datele disponibile la momentul actual, se poate observa dinamica locală a troposferei inferioare pe măsură ce sistemul convectiv se apropia de site-ul de cercetare, intensificarea vântului și a precipitațiilor în intervalul 17 – 22 UTC (Fig.6 dreapta, jos).

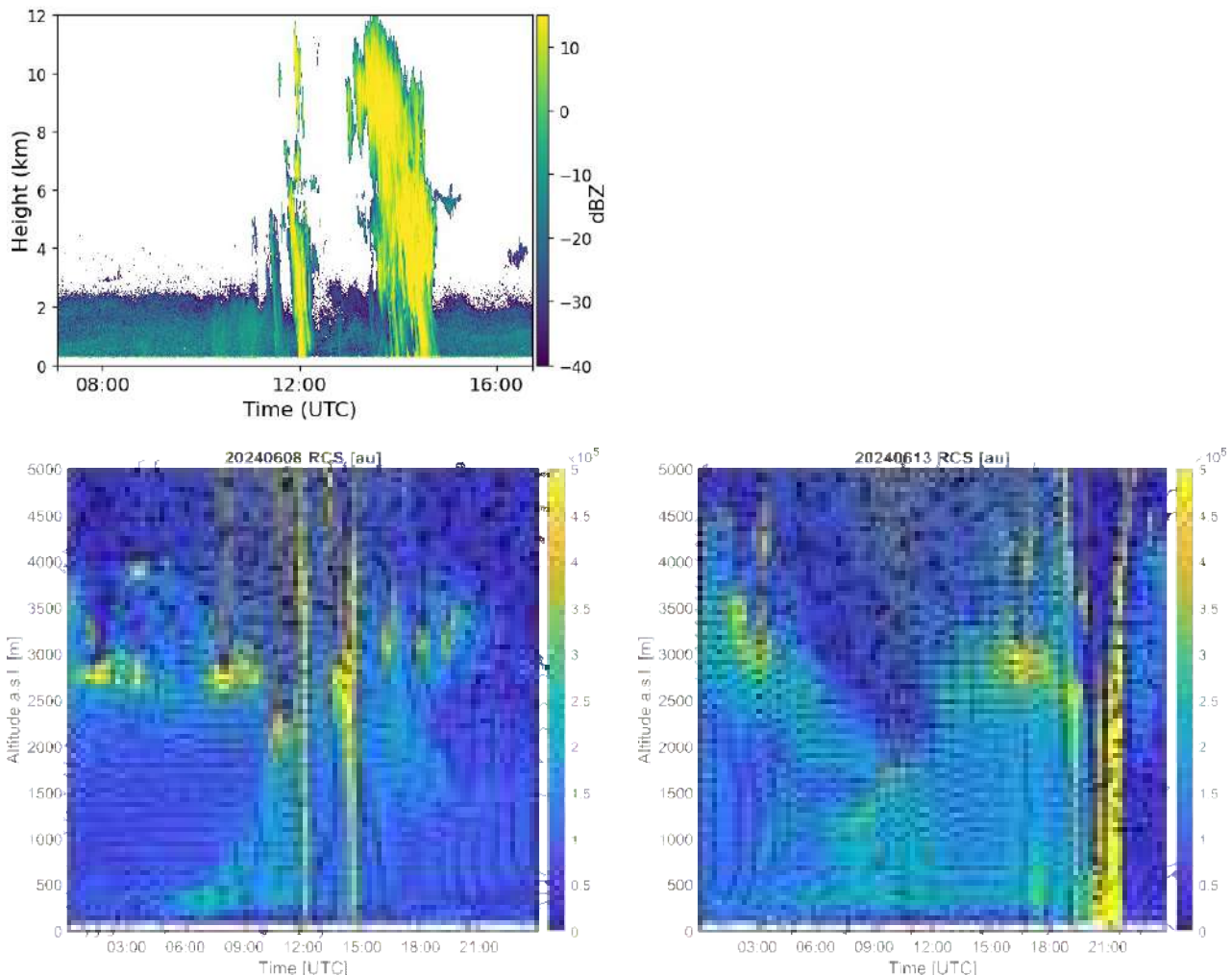


Fig.6. Reflectivitatea radar dată de radarul de nori MIRA35 în data de 08.06.2024 (stânga, sus). Seria temporală a semnalului corectat cu distanța (RCS) de la ceilometrul CMH15K suprapus cu profilele verticale de vânt de la lidarul Doppler DWL în data de 08.056.2024 (stânga, jos) și 13.08.2024 (dreapta, jos)

Activitatea 3.4. Studii privind dezvoltările convective în medii poluate

Utilizând colecția de evenimente convective recent construită au fost inițiate o serie de studii privind dezvoltările convective în medii poluate, caracteristicile particulelor aflate în suspensie în aer fiind importante în declanșarea mecanismelor specifice și evoluția ulterioară a convecțiilor profunde.

3.4.1. Identificarea proprietăților optice și microfizice ale aerosolilor din mediile poluate preconective

Pentru identificarea proprietăților optice și microfizice ale aerosolilor din mediile poluate a fost utilizat algoritmul **GRASP** ([Generalized Retrieval of Atmosphere and Surface Properties](#)). GRASP este un algoritm unificat dezvoltat pentru caracterizarea proprietăților atmosferice pe baza măsurătorilor de la o varietate de instrumente de teledetecție (Dubovik et al, 2014). Algoritmul se poate aplica atât pe datele de observație efectuate la sol, cât și pe datele provenite de la instrumentele găzduite de platformele aeroperțate. Pentru observațiile de la suprafață, cele mai utilizate seturi de date sunt cele de la un

fotometru/radiometru (GRASP/AOD, unde AOD reprezintă grosimea optica a aerosolului). Un algoritm derivat/avansat, **GRASP/GARRLIC** (GARRLIC = Generalized Aerosol Retrieval from Radiometer and Lidar Combined data) utilizează în tandem datele de a fotometru și lidar, furnizând proprietăți ale coloanei atmosferice și profile verticale ale aerosolului, incluzând concentrațiile de aerosol fin și grosier (Lopatin et al., 2013; Bovchaliuk et al., 2016).

Datele utilizate pentru rularea softului GRASP au fost furnizate de **sistemul lidar multi-canal cu depolarizare** (RALI) și **fotometrul solar-lunar** (Automatic Photometer Triple Mode: Sun, Sky, Lunar CE 318TDP9). Sistemul lidar (RALI) măsoară caracteristicile optice ale aerosolului din straturile superioare ale atmosferei, utilizând teledetecția activă. Acesta detectează împrăștierea aerosolului la 1064, 532 și 355 nm, extincția aerosolului la 532 și 355 nm (pe timp de noapte), precum și depolarizarea introdusă de aerosoli la lungimea de undă 532 nm. Datele sunt prelucrate cu SCC și urmează criteriile de QA/QC de la ACTRIS/EARLINET (<https://www.actris.eu/sites/default/files/inline-files/QAPs-CARS-Jan2024-v01-rev12.pdf>). Fotometrul solar-lunar este un dispozitiv automatic triplu mod (soare, cer, lună) cu dublă polarizare, dedicat monitorizării continue a proprietăților optice ale aerosolilor în coloanal atmosferică atât de-a lungul perioadei diurne cât și în perioada nocturnă. Fotometrul efectuează măsurători într-o serie largă de benzi spectrale (340, 380, 440, 500, 670, 870, 936, 1020 și 1640 nm). Datele sunt prelucrate automat de AERONET (<http://aeronet.gsfc.nasa.gov/>) și permit obținerea unui număr mare de parametri caracteristici aerosolilor atmosferici cum ar fi: distribuția dimensională, indicele de refracție complex, asfericitatea), dar și o serie de proprietăți optice ale aerosolului (AOD, funcția de fază, etc.).

Pe baza disponibilității datelor de lidar și fotometru au fost investigate mediile pre-convective pentru evenimentele din 25 mai 2023 și 20 iulie 2023. Proprietățile optice ale aerosolului analizate în cadrul acestui studiu au fost următoarele: profilele de extincție la 355, 532 și 1064 nm, AOD (Aerosol Optical Depth), AAOD (Aerosol Absorption Optical Depth), SSA (Single Scattering Albedo), indexul de refracție real RRI (Real part of Refractive Index), indexul de refracție imaginar IRI (Imaginary part of Refractive Index), raportul lidar LR (Lidar Ratio). Proprietățile microfizice au fost analizate pe baza distribuției mărimii particulelor VSD (Volume Size Distribution).

Analiza evenimentului convectiv din 25.05.2023

Evenimentul convectiv din data de 25. 05 2023 s-a produs pe un fond de vreme deosebit de caldă determinată de extinderea dorsalei Anticlonului Azoric, ce a permis pătrunderea unei mase de aer cald și umed până în zonele centrale și de est ale Europei. La nivelul României, circulația aerului se realiza din direcție predominant nordică și nord-estică în troposfera medie - la nivelurile de 850hPa (≈ 1.5 km), respectiv 700 hPa (≈ 3 km) și înaltă – 500 hPa (≈ 5 km). Un regim de presiune ridicată se regăsea și în troposfera inferioară, temperatura aerului în apropierea suprafeței terestre fiind de 26 - 28°C.

În acest context, presiunea atmosferică în zona București-Măgurele a scăzut în orele după-amiezei astfel că în intervalul 11-13 UTC radarul de nori MIRA35 a surprins o dezvoltare convectivă, vârful norului Cumulonimbus detectat atingând înălțimea de 10 km (Fig.7, stânga). Banda de strălucire dată de depolarizarea liniară se regăsea la înălțimea de 2.2 km (Fig.7, dreapta).

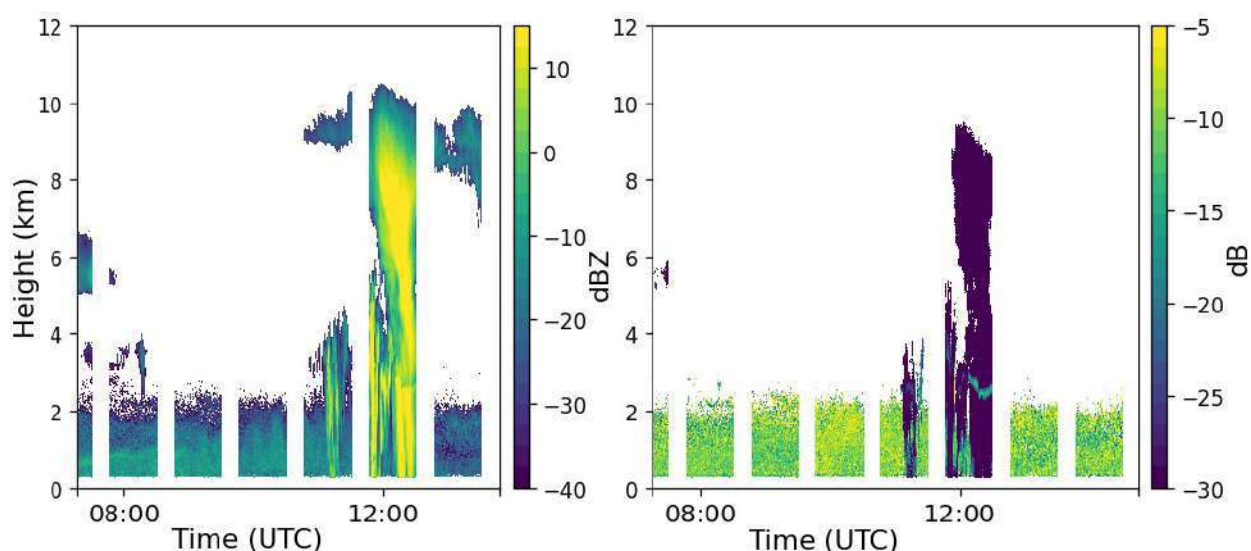


Fig.7 Reflectivitatea radar (stânga) și depolarizarea liniară (dreapta) dată de radarul de nori MIRA35, în data de 25.05.2023

Proprietățile optice și microfizice ale aerosolului observat în mediul preconvectiv (24 mai 2023) evidențiază prezența unor straturi de aerosol fin dintre care cele mai evidente se regăsesc la 1.8 km, respectiv la 2,5 km, vizibile în profilele coeficientului de extincție la 355 nm, 532 nm și 1064 nm (Fig.8). De asemenea un stat de particule fine se evidențiază și între 5 și 6 km altitudine.

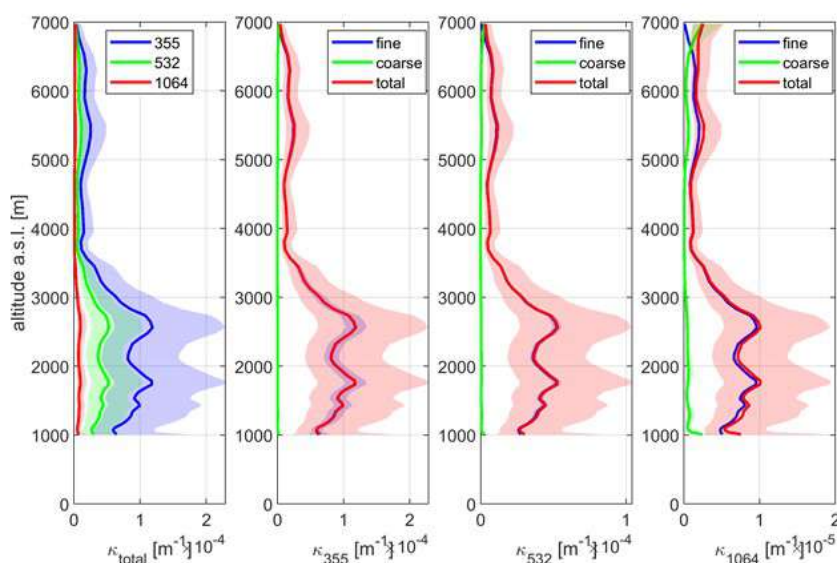


Fig.8 Profilele coeficientului de extincție la 355, 532 și 1064 nm generate cu algoritmul GRASP (sus) și GRASP vs lidar (jos) pentru 24.05.2023. Zonele colorate reprezintă incertitudinea.

Proprietățile aerosolului pe întreaga coloană atmosferică sunt sintetizate în Figura 9. Astfel, distribuția volumetrică a mărimii particulelor VSD $[dV/d\ln(r)]$ ce caracterizează volumul ocupat de particule pentru diverse valori ale diametrului acestora evidențiază în acest caz o distribuție bimodală, cu un vârf pronunțat pe particulele fine (aprox. $0.15\mu\text{m}$) și unul pentru particulele grosiere ($3 - 4\mu\text{m}$). De asemenea se poate observa contribuția particulelor fine la AOD până la $0.8\mu\text{m}$ și pe întreg intervalul spectral la AAOD. Valorile RRI sunt mai mari pe componenta fina în timp ce în valorile IRI nu se poate face o distincție clară. La fel, valorile LR sunt mai mari pentru componenta de particule fine.

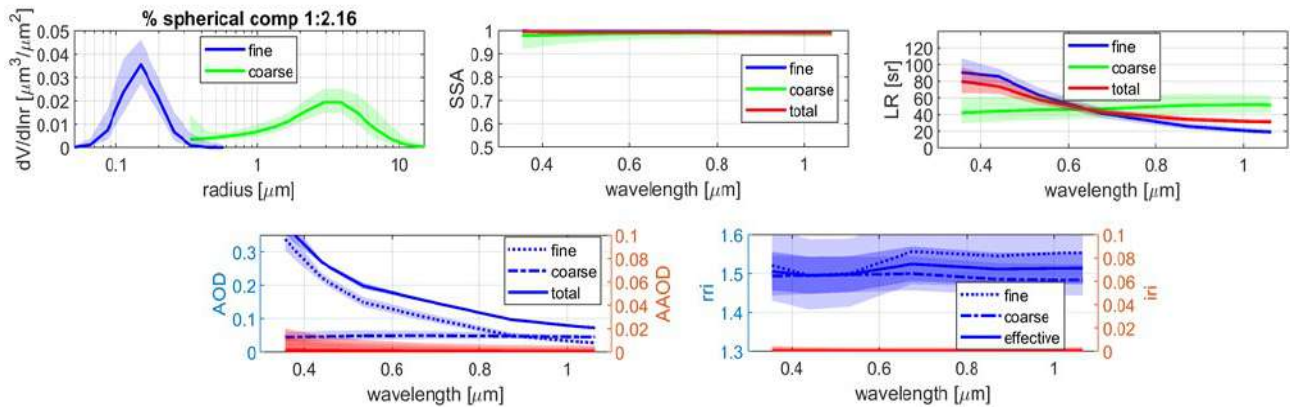


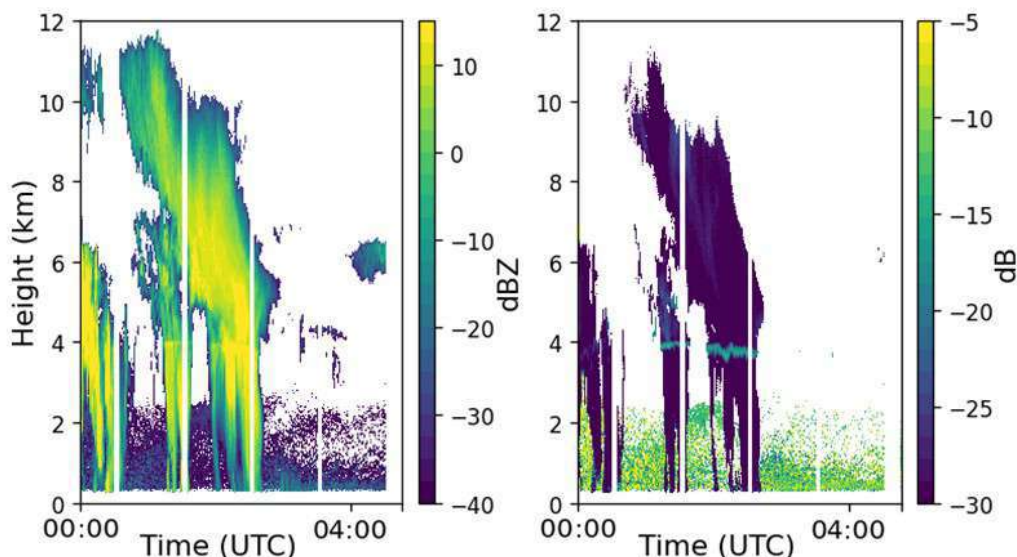
Fig.9 Proprietățile aerosolului pe coloana atmosferică, cu diferențierea pe componentele fină și grosieră pentru 24.05.2023

În concluzie, aerosolul atmosferic în mediul preconvectiv este format în special de particule fine, prezente în straturi multiple pe intervalul 1 – 3 km, cele mai evidente fiind cele de la 1.8 și 2.5 km altitudine. Componenta circulației generale a atmosferei indică ca origine a aerosolului vestul Ucrainei.

Analiza evenimentului convectiv din 20.07.2023

Evenimentul convectiv din data de 20.07.2024 s-a produs pe fondul unui val de caldură caracterizat de un regim de presiune scăzută în straturile atmosferice inferioare cuplate cu o dorsală termică și de geopotential în troposfera medie și înaltă, poziția acestuia imprimând circulației atmosferice o componentă de circulație vestică, nord-vestică în zona de sud-est a Europei. Regimul termic în sudul României la ora 00 UTC se caracteriza prin valori termice de 26 - 30°C la 2m, peste 16°C la nivelul de 850hPa (≈ 1.5 km), între 6 - 8°C la nivelul de 700hPa (≈ 3 km) și temperaturi negative de până la -10°C la 500hPa (≈ 5 km). Supraîncălzirea suprafeței terestre a determinat instabilizarea atmosferei din această zonă.

Instabilitatea coloanei atmosferice a determinat apariția norilor convectiv a căror prezență a fost observată în datele instrumentelor de la MARS în intervalul 00 – 03 UTC. Reflectivitatea celor două radare de nori MIRA35 (Fig.11, stânga sus) și RPG (Fig.11, stânga jos), au evidențiat amploarea dezvoltării verticale a norului convectiv a cărei vârf a depășit 11.5 km. Banda de strălucire evidențiată în datele de depolarizarea liniară a celor două radare (linia albastru deschis în Fig.11 dreapta) se afla în jurul altitudinii de 4 km astfel că particulele de apă supraracita/cristale de gheață din straturile mai înalte, angrenate către suprafață au traversat un strat de aer cald de aprox. 4km grosime, ajungând la suprafață în formă lichidă.



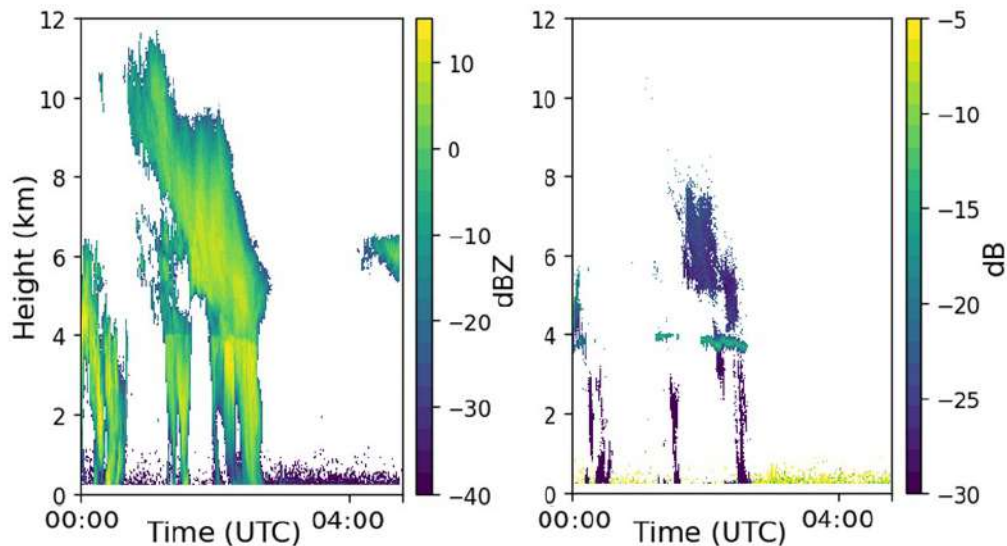


Fig.11 Reflectivitatea radar (stânga) și depolarizarea liniară (dreapta) dată de radarul de nori MIRA35 (sus) și reflectivitatea radar (stânga) și depolarizarea liniară (dreapta) dată de radarul de nori RPG, în data de 20.07.2023.

Din analiza prognozelor zilnice de transport la distanță a aerosolilor grosieri dată de produsul [DOD@550nm](#) s-a observat că în perioada anterioară evenimentului convectiv din 20.07.2023, o cantitate semnificativă de particule grosiere s-au deplasat din zona lor de origine (nord-vestul Africii) au traversat bazinul Mării Mediterane și au pătruns deasupra vestului, centrului și apoi sud-estului Europei, astfel că în perioada preconvectivă (19.07.2023) modelul de prognoză indica prezența reminiscentă a unui strat de particule de praf mineral în coloana de aer ce acoperea sudul României. Analiza cu softul GRASP a proprietăților optice și microfizice ale aerosolului observat în mediul preconvectiv evidențiază prezența particulelor de aerosol grosier (conturul verde în Fig.12) în stratul cuprins între 4 și 5 km al profilelor coeficientului de extincție la lungimile de undă de 532 și 1064 nm. Totodată se remarcă prezența unui al doilea strat de aerosol fin (conturul albastru în Fig.12) în stratul cuprins între 3 și 3.3 km, în special în profilele de extincție la lungimile de undă de 355nm și respectiv 532 nm.

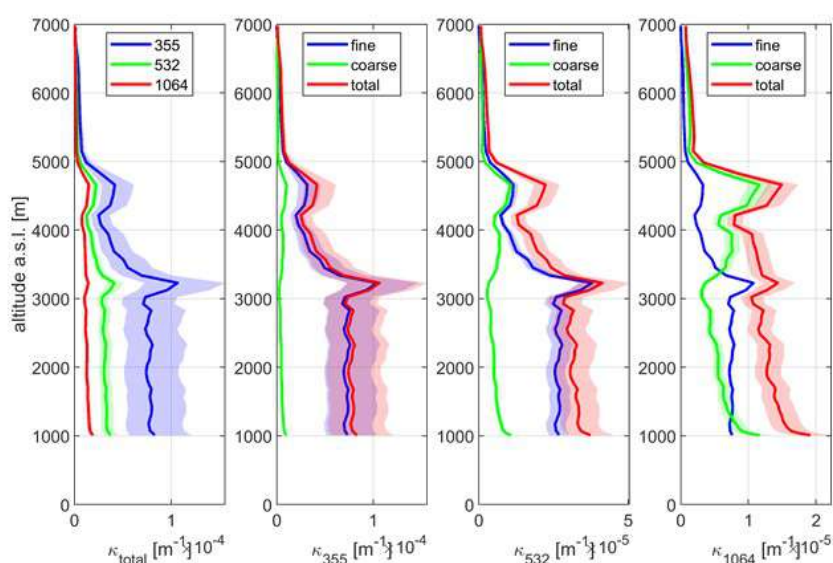


Fig.12 Profilele coeficientului de extincție la 355, 532 și 1064 nm generate cu algoritmul GRASP

Proprietățile aerosolului pe întreaga coloană atmosferică sunt sintetizate în Figura 13. Astfel, distribuția volumetrică a mărimii particulelor VSD [$dV/d\ln(r)$] evidențiază în acest caz o distribuție trimodală, cu un vârf pronunțat pe particulele fine ($0.1 - 0.2 \mu\text{m}$) și două vârfuri pentru particulele grosiere (la $1.5 \mu\text{m}$ și respectiv la $7 \mu\text{m}$). Contribuția particulelor fine comparativ cu cele grosiere la AOD este semnificativă până la $0.8 \mu\text{m}$, după care contribuția particulelor grosiere devine semnificativă. Pe întreg intervalul spectral la AAOD contribuția particulelor fine este mai importantă decât cea a particulelor grosiere. Valorile RRI sunt mai mari pe componenta grosieră în timp ce valorile IRI sunt mai mari pe componenta fină. La fel, valorile LR sunt mai mari pentru componenta de particule fine.

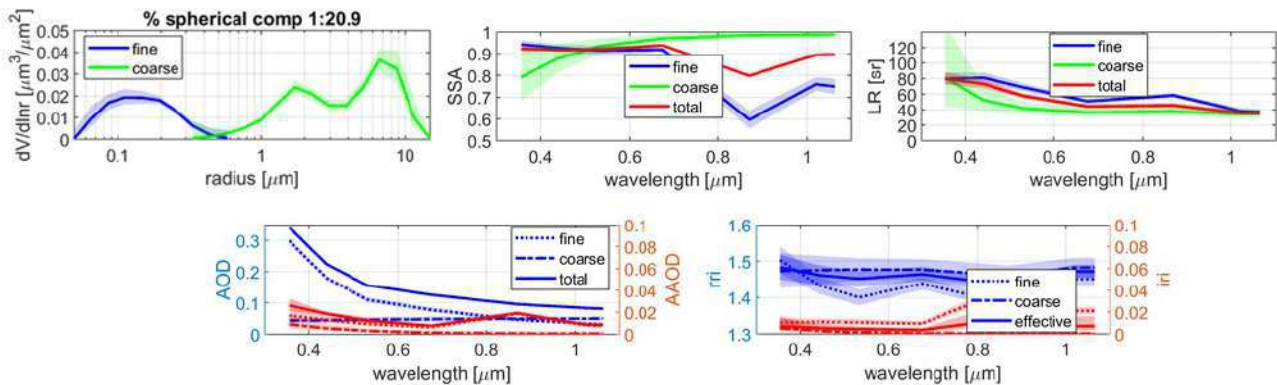


Fig.13 Proprietățile aerosolului pe coloana atmosferică, cu diferențierea pe componentele fină și grosieră pentru data de 19 iulie 2023.

În concluzie, mediul preconectiv pentru cazul din 20.07.2023 a fost caracterizat de prezența unui amestec de particule fine de aerosoli transportate dinspre Europa Centrală și de particule grosiere provenite din nord-vestul Africii. Rezultatele obținute în acest studiu utilizând softul GRASP sunt acceptabile, însă este nevoie de o extindere a investigațiilor pe o varietate mai largă de situații preconective, astfel încât să avem o imagine mai bine conturată asupra contribuției diverselor tipuri de aerosoli la dezvoltarea norilor convectivi.

3.4.2. Variabilitatea spațio-temporală a evenimentelor convective în România pe baza datelor METAR

Parte din datele prelevate ce au vizat evenimentele convective în cursul sezonului convectiv 2022, au completat un șir mai lung de observații, care au fost utilizate într-un studiu mai amplu, extins pe 11 ani (2012 - 2022). Studiul s-a concentrat pe analiza evenimentelor convective înregistrate în vecinătatea a 17 stații de aerodrom din România urmărindu-se evidențierea aspectelor climatologice legate de evenimentele convective, pe baza datelor de observații sub-orare (Fig.15).

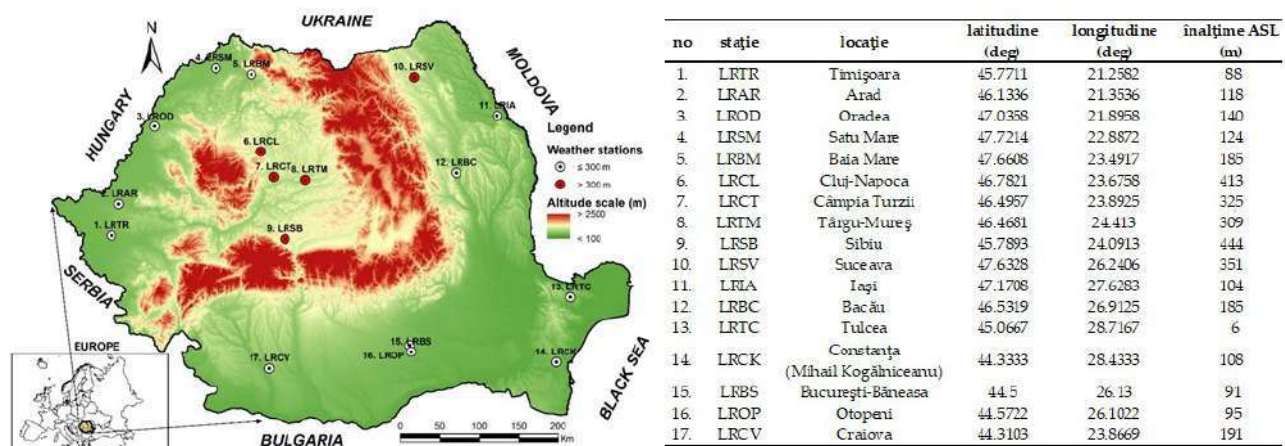


Fig.15 Topografia românească și distribuția spațială a aeroporturilor considerate în acest studiu (stânga), cu principalele coordonate ale fiecărei stații (indicativ, locație, coordonate geografice)

A fost analizată distribuția spațială și temporală ale acestora pe baza identificării norilor Cumulus Congestus (TCU) și Cumulonimbus (CB) și a producerii orajelor (TS), averselor puternice (+SH) și a căderilor de grindină (GR). Datele cu privire la acești parametri meteorologici au fost extrase din rapoartele meteorologice regulate de aerodrom (METAR) și din rapoartele meteorologice speciale de aerodrom (SPECI). Tendințele pe termen scurt au fost detectate utilizând estimatorul de pantă Sen și testul de semnificație statistică Mann-Kendall.

Analiza distribuției spațiale a evenimentelor convective a indicat că cea mai mare frecvență a episoadelor convective s-a produs în centrul și vestul României (Fig.16).

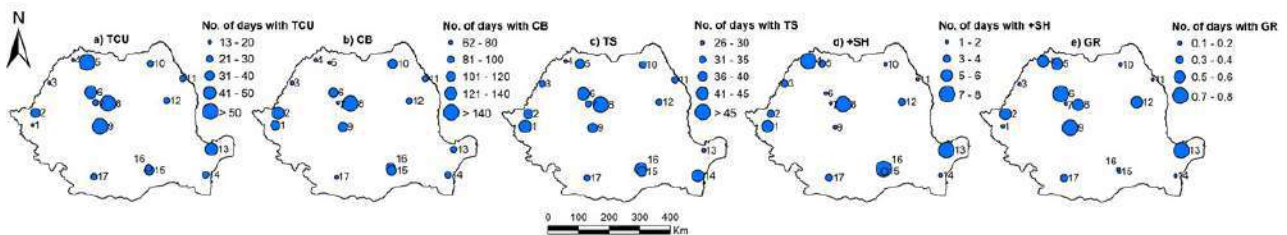


Fig.16 Numărul de zile pe an cu TCU (a), CB (b), TS (c), +SH (d) și GR (e).

Analiza tendințelor a indicat, în general, o creștere a frecvenței evenimentelor convective în România (Fig.17).

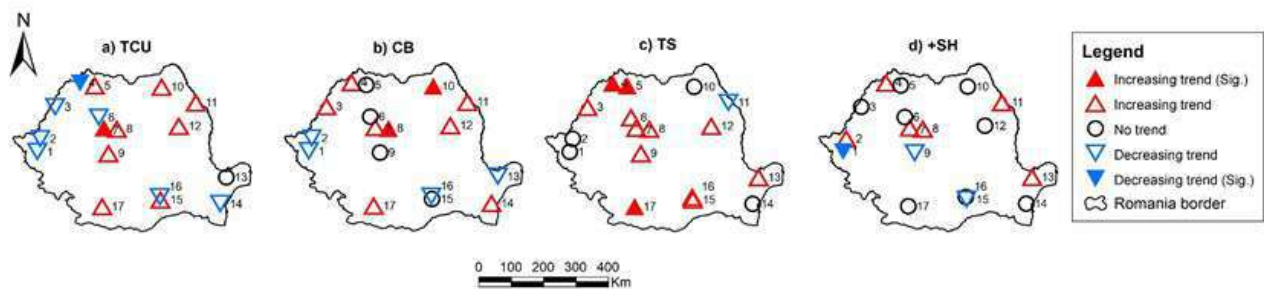


Fig.17 Tendințele TCU (a), CB (b), TS (c) și +SH (d) pentru fiecare stație meteo de aeroport în perioada 2012-2022.

Din punct de vedere temporal, luna iunie se evidențiază cu cele mai mari valori ale variabilelor climatice analizate (Fig.18). Din punct de vedere al distribuției orară, intervalul cu cea mai mare frecvență a episoadelor convective este după-amiază (Fig.19).

Rezultatele au relevat că anumite regiuni ale României sunt predispuse la o frecvență considerabil mai mare a evenimentelor convective decât altele, datorită factorilor locali precum topografia și circulația atmosferică zonală diferită. Prin urmare, studiile viitoare ar trebui să investigheze aceste principii de circulație atmosferică pentru a îmbunătăți înțelegerea modelelor temporale observate ale evenimentelor convective în diferite regiuni.

În timp ce analiza tendințelor în TCU, CB și TS relevă o tendință spre o frecvență mai mare a evenimentelor convective în România, rezultatele legate de +SH și GR indică o variabilitate ridicată în România. Aceste rezultate trebuie interpretate cu prudență, deoarece seria de timp se întinde pe o perioadă de doar 11 ani. În plus, deși intervalul de 11 ani poate să nu surprindă tendințele pe termen lung, poate oferi totuși informații valoroase asupra variațiilor și tiparelor pe termen scurt ale evenimentelor convective. Analizând tendințele din această perioadă, putem identifica potențiale tipare sau anomalii care ar putea justifica investigații suplimentare. În plus, includerea mai multor surse de date climatice poate ajuta la coroborarea și consolidarea constatărilor analizei noastre.

Deși recunoaștem limitările setului de date de 11 ani, considerăm că constatările prezentate în această analiză oferă contribuții valoroase la înțelegerea științifică a evenimentelor convective din România și pun bazele explorării ulterioare folosind seturi de date pe termen lung și abordări interdisciplinare. Aceste

rezultate ar putea fi deosebit de utile pentru planificarea zborurilor, misiunilor forțelor aeriene și altele. Odată cu creșterea temperaturilor și intensificarea schimbărilor climatice, ne putem aștepta ca evenimentele convective să fie mai frecvente și de intensitate mai mare. În plus, sezonul convectiv se poate extinde, influențând perioadele de extrasezon.

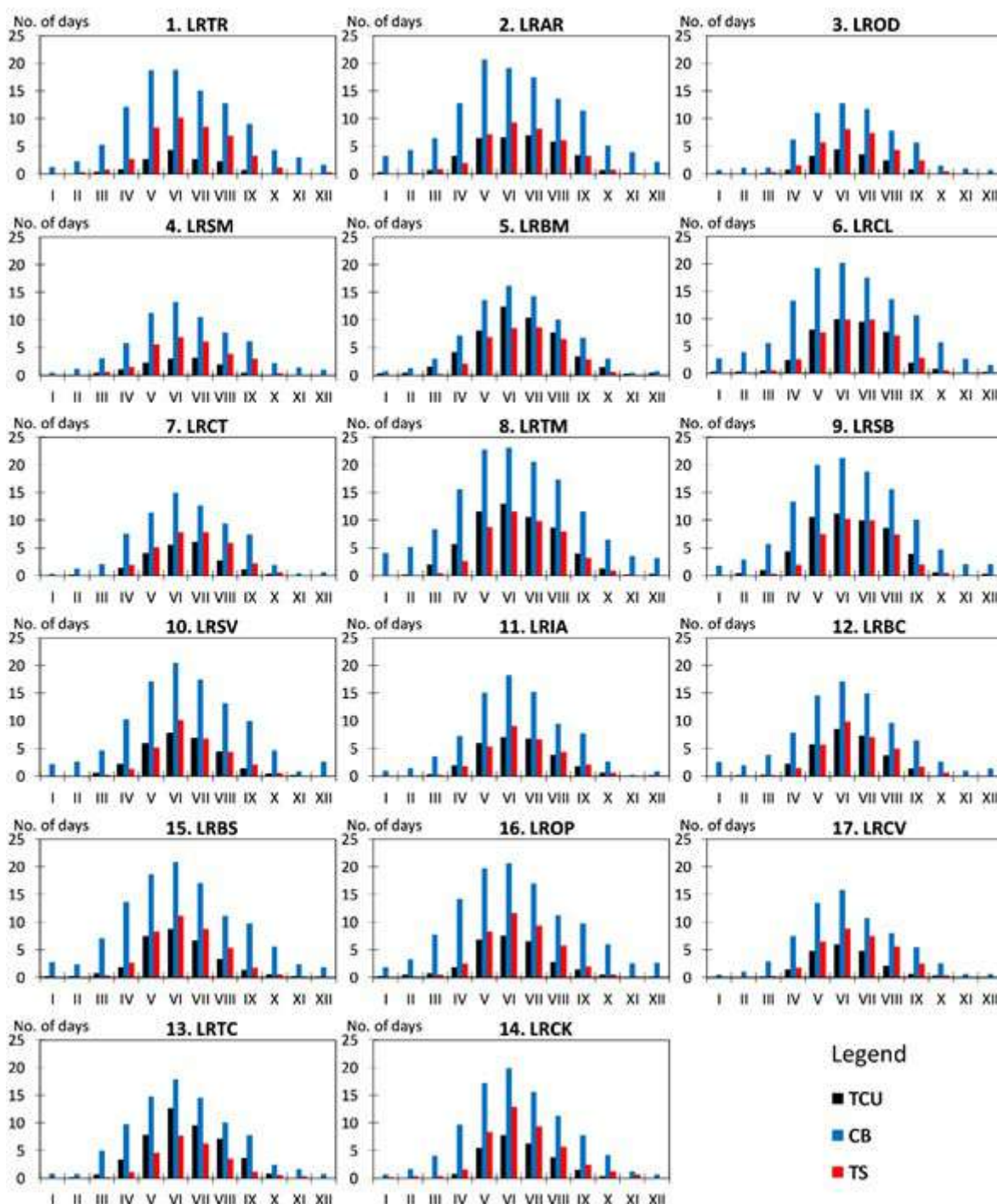


Fig.18 Distribuția lunară a TCU (negru), CB (albastru) și TS (roșu) pentru fiecare stație de aeroport în perioada 2012-2022

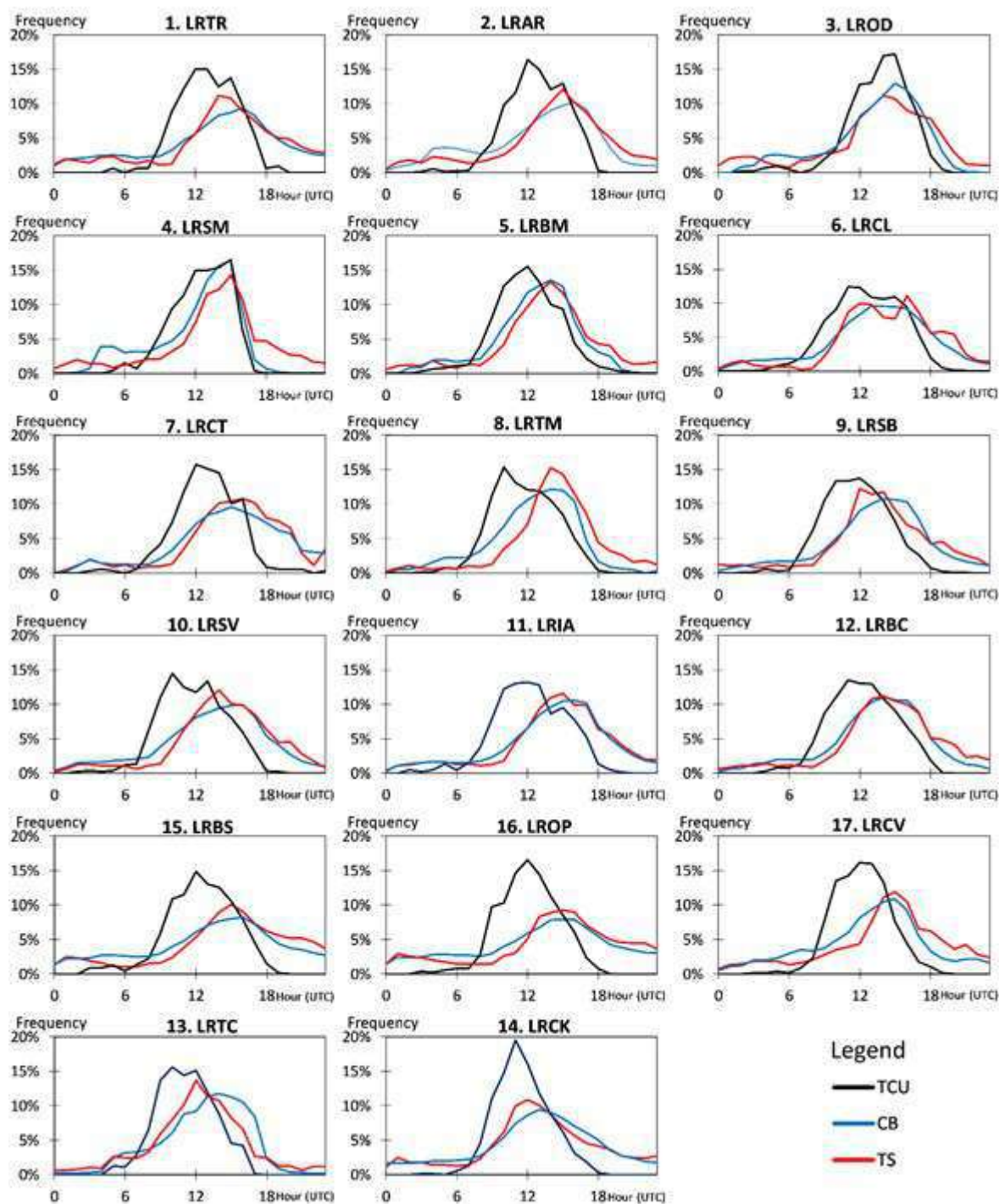


Fig.19 Distribuția orară a TCU (contur negru), CB (contur albastru) și TS (contur roșu) pentru fiecare stație de aeroport în perioada 2012-2022

Rezultatele obținute în acest studiu au fost publicate în revista Sustainability MDPI (Q2, IF 3.3.), referința fiind disponibilă on-line.

Piticar A, Andrei S, Tudor A. Spatiotemporal Variability of Convective Events in Romania Based on METAR Data. *Sustainability*. **2024**; 16(8):3243. <https://doi.org/10.3390/su16083243>.

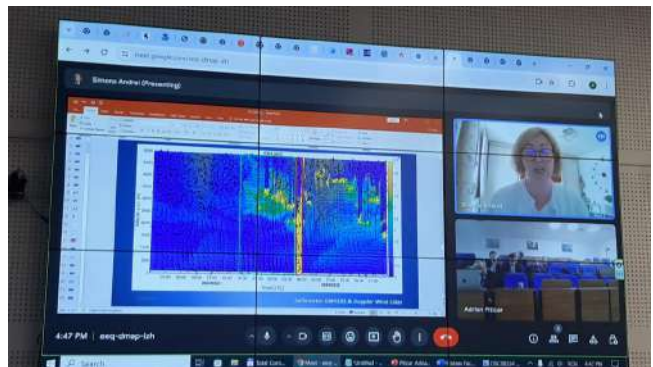
Activitatea 3.5. Diseminare

Pentru diseminarea activităților și rezultatelor proiectului în această etapă membri echipei de proiect au participat la o serie de conferințe și workshopuri internaționale după cum urmează:

În perioada 13 - 16 mai 2024 a avut loc la Rennes, Franța [ACTRIS Science Conference](#). În cadrul conferinței a fost prezentată lucrarea *Wind and turbulence statistics over Măgurele using ground-based measurements*, autori [Răzvan Pîrloagă](#), Mariana Adam, Bogdan Antonescu și Simona Andrei (Anexa 1).

A 26- a ediție a conferinței [AFASES - Scientific Research and Education in the Air Force](#) s-a desfășurat la Brașov în perioada 23- 25 mai 2024, fiind organizată de Academia Forțelor Aeriene “Henri Coandă”. În cadrul evenimentului a fost organizat workshopul de final al proiectului ACCuReSy. Au fost prezentate cele mai importante rezultate obținute de-a lungul desfășurării proiectului. Prezentările au fost expuse în amfiteatrul Facultății de Management Aeronautic ce au avut o asistență numeroasă din partea participanților de la secțiunea de Științe Aeronautice și Atmosferice, după cum urmează:

- *ACCuReSy Project - New Approaches in studying convective environments in Romania and lessons learned*, autori [Simona Andrei](#), Mariana Adam, Răzvan Pîrloagă, Vasile Prisacariu, Adrian Piticar;
- *Monitoring the Atmospheric Features at MARS During Convective Seasons 2022 and 2023*, autori: [Simona Andrei](#), Mariana Adam, Răzvan Pîrloagă;
- *Spatio-temporal Distribution of Convective Events in Romania*, autori: Adrian Piticar, Simona Andrei, Alexandru Tudor.



De menționat implicarea membrilor echipei de proiect în organizarea conferinței și a workshop-ului de proiect, după cum urmează: dl. Adrian Piticar – directorul conferinței AFASES 2024, dna Simona Andrei și dl. Ionică Cîrciu – membri în comitetul științific al conferinței și dl. Vasile Prisacariu – membru în comitetul de organizare al conferinței și moderator secțiune/workshop de proiect.

Conferința [International Laser Radar Conference \(ILRC31\)](#) s-a desfășurat în perioada 23 - 28 iunie 2024 la Landshut, Germany. În cadrul conferinței a fost prezentată lucrarea *Retrieval of the aerosol optical and microphysical properties using GRASP, over Măgurele, Romania*, autori Mariana Adam, Simona Andrei, Livio Belegante, Jeni Vasilescu, Cristian Radu, Milagros E. Herrera (Anexa 2).

Ca rezultat direct al activității 3.5 a fost redactat, trimis spre evaluare și publicat articolul: Piticar A, Andrei S, Tudor A. Spatiotemporal Variability of Convective Events in Romania Based on METAR Data. *Sustainability*. 2024; 16(8):3243. <https://doi.org/10.3390/su16083243> (IF 3.3, Q2).

3. Rezultatele etapei și concluzii

Activitățile desfășurate în această etapă au constat în colectarea, procesarea, armonizarea și analizarea datelor măsurate în cele două locații (București-Măgurele și Brașov), construirea colecției de date cu evenimente convective aferente sezonelor convective 2022, 2023, 2024, realizarea de studii privind dezvoltările convective în medii poluate și diseminarea rezultatelor proiectului. Pentru îndeplinirea acestor obiective s-au desfășurat o serie de activități, care au generat următoarele rezultate:

- Elaborarea procedurii privind colectarea, procesarea, armonizarea și analizarea datelor măsurate în cele două locații (București-Măgurele și Brașov);
- Construirea colecției de date cu evenimente convective, analizarea evenimentele produse în cursul sezonelor convective 2022-2023, precum și inițierea analizelor evenimentelor produse în sezonul convectiv 2024;
- Continuarea monitorizării sistematice și înregistrarea evenimentelor convective produse în cele două locații de interes în sezonul convectiv 2024;
- Inițierea studiilor privind dezvoltările convective în medii poluate;
- Comunicarea rezultatelor la evenimente științifice naționale și/sau internaționale; organizarea unui workshop și publicarea rezultatelor obținute într-o revistă științifică cu factor de impact.

Apreciem că obiectivele științifice ale etapei 3, aferente anului 2024 au fost realizate.

Director de proiect,
Dr. Simona Andrei

4. Bibliografie

- Beal, A., L. D. Martins, J. A. Martins, A. P. Rudke, D. S. de Almeida, L. M. Costa, C.R.T. Tarley: Evaluation of the chemical composition of hailstones from triple border Paraná, Santa Catarina (Brazil) and Argentina, *Atmospheric Pollution Research*, 12(3), 184-192, <https://doi.org/10.1016/j.apr.2021.01.009>, 2021;
- Kozjek M., Vengust D., Radošević T., Žitko G., Koren S., Toplak N., Jerman I., Butala M., Podlogar M., Kovač Viršek M., Dissecting giant hailstones: A glimpse into the troposphere with its diverse bacterial communities and fibrous microplastics, *Sci. Total Environ.*, 856(1), <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.158786>, 2023.
- Manninen, A.; Marke, T.; Tuononen, M.; O'Connor, E. Atmospheric Boundary Layer Classification With Doppler Lidar. *J. Geophys. Res. Atmos.* 123, 8172–8189, <https://doi.org/10.1029/2017JD028169>, 2018.
- Lothon, M.; Lohou, F.; Pino, D.; Couvreux, F.; Pardyjak, E.R.; Reuder, J.; Vilá-Guerau de Arellano, J.; Durand, P.; Hartogensis, O.; Legain, D.; et al. The BLLAST field experiment: Boundary-Layer Late Afternoon and Sunset Turbulence. *Atmos. Chem. Phys.*, 14, 10931–10960, <https://doi.org/10.5194/acp-14-10931-2014>, 2014.
- Pîrloagă R., M Adam, B Antonescu, S Andrei, S Ștefan, Ground-Based Measurements of Wind and Turbulence at Bucharest–Măgurele: First Results, *Remote Sensing* 15 (6), 1514, <https://doi.org/10.3390/rs15061514>, 2023.
- Piticar A, Andrei S, Tudor A. Spatiotemporal Variability of Convective Events in Romania Based on METAR Data. *Sustainability*. 2024; 16(8):3243. <https://doi.org/10.3390/su16083243> (publicat, IF 3.9, Q2).
- Tsonevsky, I., Groenemeijer, P., Battaglioli, F., and Púčik, T.: Recent developments in convection forecasting at ECMWF, 11th European Conference on Severe Storms, Bucharest, Romania, 8–12 May 2023, ECSS2023-84, <https://doi.org/10.5194/ecss2023-84>, 2023.
- Dubovik et al., GRASP: a versatile algorithm for characterizing the atmosphere, SPIE, doi: [10.1117/2.1201408.005558](https://doi.org/10.1117/2.1201408.005558), 2014.
- Lopatin, A., Dubovik, O., Chaikovsky, A., Goloub, P., Lapyonok, T., Tanré, D., and Litvinov, P.: Enhancement of aerosol characterization using synergy of lidar and sun-photometer coincident observations: the GARRLiC algorithm, *Atmos. Meas. Tech.*, 6, 2065–2088, <https://doi.org/10.5194/amt-6-2065-2013>, 2013.
- Bovchaliuk, V., Goloub, P., Podvin, T., Veselovskii, I., Tanre, D., Chaikovsky, A., Dubovik, O., Mortier, A., Lopatin, A., Korenskiy, M., and Victori, S.: Comparison of aerosol properties retrieved using GARRLiC, LIRIC, and Raman algorithms applied to multi-wavelength lidar and sun/sky-photometer data, *Atmos. Meas. Tech.*, 9, 3391–3405, <https://doi.org/10.5194/amt-9-3391-2016>, 2016.
- Adam, M., S. Andrei, L. Belegante, J. Vasilescu, C. Radu, M.E. Herrera. Retrieval of the aerosol optical and microphysical properties using GRASP, over Măgurele, Romania, *International Laser Radar Conference (ILRC31)*, 23 - 28 June 2024, Landshut-Germany
- <https://www.ecmwf.int/en/forecasts/charts>;
- <https://www.estofex.org/>;
- <https://dust.aemet.es/products/daily-dust-product>;
- <https://atmosphere.copernicus.eu/charts/cams/>;
- <https://view.eumetsat.int/productviewer?v=default>;
- <https://cds.climate.copernicus.eu/cdsapp#!/dataset/10.24381/cds.bd0915c6?tab=overview>;
- <https://cloudnet.fmi.fi/search/data>
- <https://www.grasp-open.com/>

5. Anexe

Anexa 1

Wind and turbulence statistics over Măgurele using ground-based measurements



Răzvan Pîrloagă^{1,2}, Mariana Adam¹, Bogdan Antonescu^{2,3} and Simona Andrei¹

¹National Institute of Research and Development for Optoelectronics INOE 2000, Măgurele, Romania

²Faculty of Physics, University of Bucharest, Str. Atomilor 405, Măgurele, Romania

³Future Climate Research, Str. Blăjeș 13, Bucharest, Romania



Introduction

Data collected from December 2019 to November 2021 using the StreamLine XR Doppler Wind Lidar (DWL) system were analysed to assess the wind and turbulence over Măgurele, Romania. Vertical wind speed measurements were performed using 15-minute scanning scenarios proposed by Päschke et al., 2015.

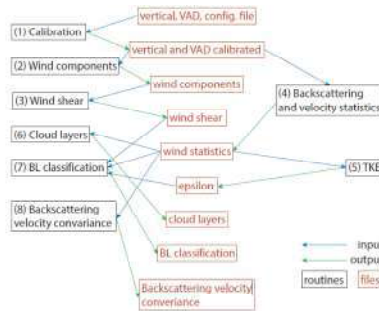


Figure 1. Schematic workflow of the Halo Toolbox

DWL data is used as input files for the "HALO Streamline Photonics Doppler lidar data postprocessing toolbox" (Halo toolbox) developed by Manninen et al., 2018. Wind properties, sources of turbulent mixing, and planetary boundary layer structure are extracted (Fig. 1). Data availability is shown in Fig. 2.

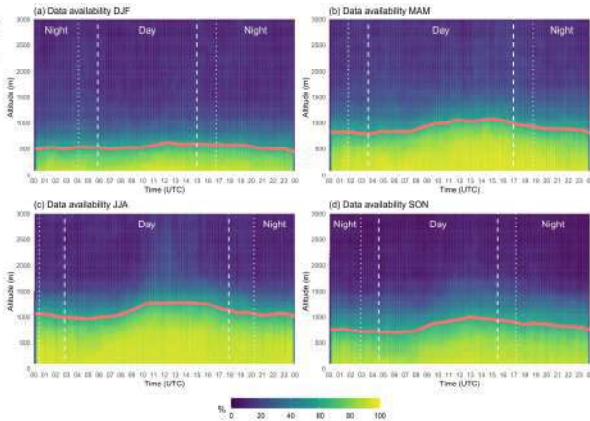


Figure 2. Data availability for RADO-Bucharest station between December 2019 and November 2021 period. Red lines show the altitudes where data availability drops below 60% along with the time of the sunrise start, sunrise end (dashed white lines), sunset start, and the sunset end (dotted white lines)

Results

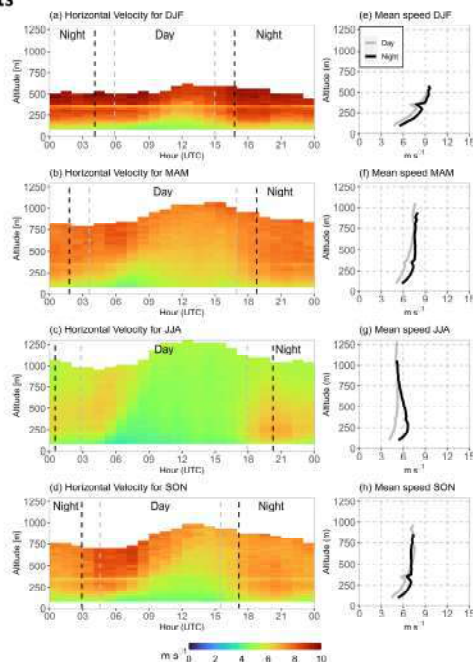


Figure 3. DWL hourly horizontal wind speeds for December 2019–November 2021 analysed period for all seasons (a–d) along with mean speed profiles for daytime and nighttime (e–h).

The DWL wind field analysis reveals a trend of rising horizontal wind speeds with altitude across seasons, except summer (Fig. 3). Winter experiences peak speeds of around 10 m/s, attributed to Western circulation from Central Europe towards Eastern Europe (Fig. 4). Summer, marked by stable tropical air masses and high pressure systems, displays comparatively lower speeds. Spring and autumn exhibit similar vertical wind speed distributions, with notable transitions between warm and cold seasons. In winter, Westward winds dominate due to the Azores High extending over Southeastern Europe, indicating mild winters with low precipitation. Spring displays Northeast winds from 23–07 UTC, shifting Southeast to West from 09–11 UTC and South to Northwest from 16–23 UTC.

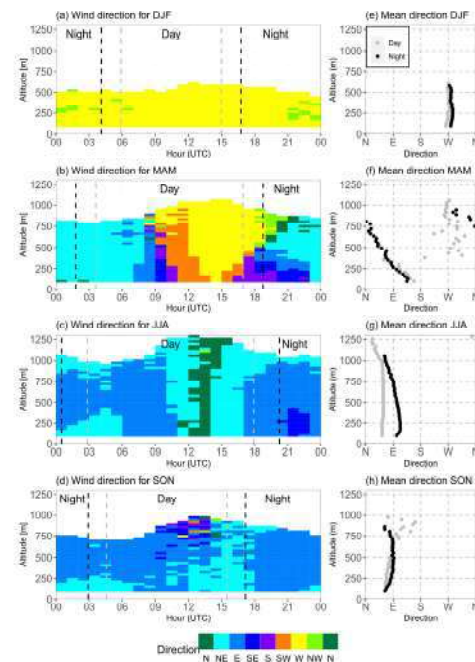


Figure 4. DWL hourly horizontal wind directions for December 2019–November 2021 analysed period for all seasons (a–d) along with mean direction profiles for daytime and nighttime (e–h).

Conclusions

For the first time in Romania, DWL data from RADO-Bucharest station have been used to retrieve wind and turbulence properties. Datasets were collected over a two-year period to account seasonal behaviour of wind. The results presented here were published by Pîrloagă et al., 2023 (along with the climatological analysis using ERA5) and are the baseline for future research.

References

- Manninen, A.; Marik, T.; Tuononen, M.; O'Connor, E. (2018) Res. Atmos. 123, 8172–8189.
- Päschke, E.; Leinweber, K.; Lehmann, V. (2015) Atmos. Meas. Tech. 8, 2253–2266.
- Pîrloagă, R.; Adam, M.; Antonescu, B.; Andrei, S.; Ștefan, S. (2023) Remote Sens. 15, 1514.

Acknowledgements

This work is supported by a PNCD III grant of the Romanian Ministry of Research and Innovation, CCCDI-UEFISCDI project number 674PFD/2022, by the Core Program within the National Research Development and Innovation Plan 2022–2027, carried out with the support of MCID, project no. PN 23-05 and through Program 1. Development of the national research development system, Subprogram 1.2 – Institutional performance – Projects to finance the excellent RDI, Contract no. 38PFI/30.12.2021, and the CCCDI-UEFISCDI (Project No. PN III P2 2.1 PED-2023 1550) within PNCDI III. The authors acknowledge the support of the ACTRIS-ERIC.

Anexa 2

