

Olujno nevrijeme od 19. srpnja 2023.: analiza prizemnih i daljinskih mjerenja i sinoptičke situacije nad sjevernom Hrvatskom

Lasić, Mislav

Undergraduate thesis / Završni rad

2024

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Split, Faculty of Science / Sveučilište u Splitu, Prirodoslovno-matematički fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:166:331990>

Rights / Prava: [In copyright](#)/[Zaštićeno autorskim pravom.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2024-10-12**

Repository / Repozitorij:

[Repository of Faculty of Science](#)



Sveučilište u Splitu
Prirodoslovno – matematički fakultet

**OLUJNO NEVRIJEME OD 19. SRPNJA 2023.:
ANALIZA PRIZEMNIH I DALJINSKIH
MJERENJA I SINOPTIČKE SITUACIJE NAD
SJEVERNOM HRVATSKOM**

Završni rad

Mislav Lasić

Split, rujan 2024.

Temeljna dokumentacijska kartica

Sveučilište u Splitu
Prirodoslovno – matematički fakultet
Odjel za fiziku
Ruđera Boškovića 33, 21000 Split, Hrvatska

Završni rad

OLUJNO NEVRIJEME OD 19. SRPNJA 2023.: ANALIZA PRIZEMNIH I DALJINSKIH MJERENJA I SINOPTIČKE SITUACIJE NAD SJEVERNOM HRVATSKOM

Mislav Lasić

Sveučilišni preddiplomski studij Fizika

Sažetak:

Svjedoci smo sve jačih i razornijih olujnih nevremena zadnjih godina. Klima se počela sve ubrzanije mijenjati, a posljedice su vidljive kako drugdje tako i na teritoriju Republike Hrvatske. U ovom radu obrađeno je olujno nevrijeme, točnije mezoskalni konvektivni sustav koji je 19. srpnja 2023. godine pogodio sjevernu Hrvatsku. Analizirano je pet atmosferskih varijabli: maksimalna i srednja brzina vjetrova, temperatura zraka, tlak zraka i relativna vlažnost zraka. Analizirane atmosferske varijable mjerene su na pet meteoroloških postaja u sjevernoj Hrvatskoj. Proučena je i sinoptička situacija te radarske i satelitske snimke. Rezultati rada ukazuju na jačinu, veličinu, brzinu propagacije i posljedice koje je za sobom ostavilo nevrijeme. Mezoskalni konvektivni sustav se propagirajući sa zapada prema istoku obnavljao velikim količinama vlage na koje je nailazio. Sustav je bio karakteriziran jakim uzlaznim i silaznim strujanjima zraka. Jako uzlazno strujanje za posljedicu je imalo jako silazno strujanje zraka koje se na površini manifestiralo u vidu vjetrova i iznimnih količina oborina u kratkom vremenu. Iznimno velika količina padalina, uključujući i tuču, zabilježena je u kratkom vremenu. Odgovorne institucije izdale su upozorenja na potencijalno opasne vremenske prilike, no s obzirom na naglost nastupa nevremena te njegovu jačinu počinjena je velika šteta, a izgubljeni su i ljudski životi.

- Ključne riječi:** razorno nevrijeme, sjeverna Hrvatska, mezoskalni konvektivni sustav, temperatura zraka, tlak zraka, relativna vlažnost zraka, brzine vjetrova, posljedice
- Rad sadrži:** 18 stranica, 11 slika, 11 literaturnih navoda. Izvornik je na hrvatskom jeziku
- Mentor:** doc. dr. sc. Jadranka Šepić
- Ocjenjivači:** doc. dr. sc. Jadranka Šepić
doc. dr. sc. Marin Vojković
dr. sc. Ivo Jukić
- Rad prihvaćen:** 24. rujna 2024.

Rad je pohranjen u knjižnici Prirodoslovno – matematičkog fakulteta, Sveučilišta u Splitu

Basic documentation card

University of Split
Faculty of Science
Department of Physics
Ruđera Boškovića 33, 21000 Split, Croatia

Bachelor thesis

THUNDERSTORM OF 19th JULY 2023: ANALYSIS OF SURFACE AND REMOTE MEASUREMENTS AND OF SYNOPTIC SITUATION OVER NORTHERN CROATIA

Mislav Lasić

University undergraduate study programme Physics / Mathematics and Physics / Physics and Informatics / Engineering Physics, Thermodynamics and Mechanics
University graduate study programme Physics, orientation Biophysics / Environmental Physics / Computational Physics
University graduate study programme Physics / Mathematics and Physics / Physics and Informatics, orientation Education
University graduate study programme Engineering Physics, orientation Thermodynamic devices / Mechanical systems

Abstract:

We have witnessed increasingly strong and destructive storms in recent years. The climate began to change more and more rapidly, and the consequences are visible on the territory of the Republic of Croatia, same as everywhere else. This is a paper about a mesoscale convective system that hit northern Croatia on July 19, 2023. Five atmospheric variables were analyzed: maximum and mean wind speed, air temperature, air pressure and relative air humidity. The analyzed atmospheric variables were measured at five meteorological stations in northern Croatia. The synoptic situation and radar and satellite images were also studied. The results of the work indicate the strength, size, speed of propagation and consequences left behind by the storm. The mesoscale convective system, propagating from west to east, was renewed by the large amounts of moisture it encountered. The system was characterized by strong updrafts and downdrafts. The strong updraft resulted in a strong downdraft, which manifested itself on the surface in the form of winds, exceptional amounts of precipitation in a short time. A large amount of precipitation, including hail, was recorded in a short time. Responsible institutions issued warnings of potentially dangerous weather conditions, but considering the sudden onset of the storm and its strength, great damage was done, and human lives were lost.

Keywords: devastating storm, northern Croatia, mesoscale convective system, air temperature, air pressure, relative air humidity, wind speeds, consequences

Thesis consists of: 18 pages, 11 figures, 11 references. Original language: Croatian

Supervisor: Prof. / Asoc. Prof. / Assist. Prof. Dr. Jadranka Šepić

Reviewers: Prof. / Asoc. Prof. / Assist. Prof. Dr. Jadranka Šepić
Prof. / Asoc. Prof. / Assist. Prof. Dr. Marin Vojković
Prof. / Asoc. Prof. / Assist. Prof. Dr. Ivo Jukić

Thesis accepted: September 24, 2024.

Thesis is deposited in the library of the Faculty of Science, University of Split

Sadržaj

1	Uvod	5
2	Materijali i metode	7
3	Rezultati.....	8
3.1	Sinoptička situacija.....	8
3.2	In-situ mjerenja.....	9
3.3	Satelitska mjerenja	13
3.4	Radarski podaci	15
4	Diskusija i zaključak	17
5	Literatura	18

1. Uvod

Razorno nevrijeme zahvatilo je sjeverne kopnene krajeve Republike Hrvatske 19. srpnja 2023. godine. U poslijepodnevnim satima, oko 15:00h sati po lokalnom vremenu, grmljavinsko nevrijeme većih prostornih dimenzija (tzv. mezoskalni konvektivni sustav) preko Slovenije ušlo je u Hrvatsku, a već oko 15:30h stiglo je do zagrebačkog područja. Dok su iz Zagreba stizale vijesti o šteti, sustav se premiještao dalje na istok napredujući brzinom od oko 80 km/h neprestano obnavljajući se novim količinama vlažnog i toplog zraka. Velike štete zbog nevremena zabilježene su na Banovini, Posavini i na samom istoku države (Slika 1). Sustav se naposljetku premjestio nad teritorij Bosne i Hercegovine te Republike Srbije, gdje je i oslabio (1).

U Zagrebu je nastao prometni kolaps jer su prometnice ostale pod vodom ili zakrčene brojnim porušenim stablima i dijelovima fasada i krovova, a uslijed jakog vjetra zabilježen je i pad građevinske dizalice dok je radnik bio u njoj. Osim jakog vjetra zabilježena je i ekstremna količina oborine, $34,6 \text{ mm/m}^2$, što se po procjenama događa jednom u 16 godina. Nadležne interventne službe zabilježile su preko 2000 prijava štete, a tijekom tog i idućeg dana obavljeno je preko 700 intervencija na terenu. Jaka uzlazna strujanja zraka prilikom samoobnavljanja sustava (uvlačenjem vlažnog i toplog zraka) dovela su i do jakih silaznih strujanja koja su se manifestirala kao olujni vjetrovi (tzv. downburst), koji su zabilježeni duž putanje. U Županji je nalet vjetra slomio anemometar, a u selu Retkovci, u blizini Vukovara, krov crkve. Uz zabilježenu veliku materijalnu štetu nevrijeme je iza sebe ostavilo mnogo ozlijeđenih, a nažalost izgubljena su i 4 ljudska života u trenutcima pada stabala, dva u Zagrebu i dva u Slavoniji (2).

Za nastanak snažne i duboke konvekcije, koja za posljedicu ima razvoj olujnih oblaka, tzv. kumulonimbusa, potrebno je nekoliko uvjeta. Visok sadržaj vodene pare u nižim slojevima atmosfere, zagrijan teren nad koji oluja nailazi, vertikalni profil temperature zraka koji pogoduje razvoju nestabilnosti te mehanizam koji uzrokuje početno podizanje čestica zraka i dozvoljava iskorištavanje raspoložive konvektivne energije. Zrak koji se uzdiže unutar oblaka oslobađa latentnu toplinu prilikom kondenzacije vodene pare. Uz navedene uvjete, da bi nastala organizirana konvekcija, s više ćelija na okupu i dužeg trajanja, tzv. multićelije ili mezoskalni konvektivni sustavi, (kakvo je bilo i olujno nevrijeme od 19. srpnja 2023. godine), neophodan je i uvjet vertikalnog smicanja vjetra. U slučaju organizirane konvekcije smicanje vjetra, odnosno promjena smjera i brzine vjetra u dubljem sloju zraka (od morske razine do 6 km visine) mora većinom biti veće od 15 m/s, a kod superćelija i od 20 m/s (3).

Pri snažnim uzlaznim strujama i uz profil temperature kod kojeg je većina oblaka na dovoljno niskim temperaturama (od -30°C do -10°C) vrlo je vjerojatno da će nastati tuča pri čemu je maksimalna moguća veličina zrna tuče proporcionalna maksimalnim vertikalnim brzinama. Naime, snažna uzlazna struja, odnosno uzgon, mogu dovoljno dugo zadržati ledena zrna u području zaleđivanja nakon čega ona postaju prilično velika i teška prije nego počnu padati. S područja Karlovačke (4) i Požeško-slavonske županije stiglo je najviše dojava o štetama uzorkovanih tučom kako se sustav premiještao do tog područja određeno vrijeme i kako su se održavali povoljni uvjeti za razvoj velikih zrna leda (5).

Uzlazna strujanja zraka također su odgovorna za razvoj silaznih strujanja. Dotok zraka potrebnih karakteristika djelomično je blokiran s prednje strane sustava koji napreduje nad terenom tako da se većina priljeva događa sa stražnje strane (tzv. stražnji ulazni mlaz).

Hlađenje zraka unutar jezgre sustava omogućava da se stražnji ulazni mlaz spušta prema prednjem dijelu sustava uzrokujući pritom jake silazne vjetrove pri tlu (5).



Slika 1. Fotografije štete uzrokovane olujnim nevremenom (izvor: Jutarnji list)

2. Materijali i metode

“Državni hidrometeorološki zavod” (DHMZ) (6) obavlja stručne poslove praćenja meteoroloških procesa, prikupljanja, obrađivanja i objavljivanja meteoroloških podataka. Navedeno tijelo upravlja mrežom meteoroloških postaja i centara te ih razvija kao i nacionalnu bazu podataka iz područja meteorologije omogućavajući pristup velikoj arhivi atmosferskih, oceanskih i geofizičkih podataka prikupljenih tijekom određenih vremenskih razdoblja na niz lokacija diljem Republike Hrvatske.

Od podataka atmosferskih varijabli s kojima DHMZ raspolaže za potrebe ovog rada korišteni su desetominutni podatci maksimalne i srednje brzine vjetra, temperature zraka, tlaka zraka i relativne vlažnosti zraka. Korišteni su podatci s pet meteoroloških postaja koje su se nalazile na trasi olujnog nevremena od 19. srpnja 2023. Redom to su: Zagreb – Maksimir, Puntijarka, Sisak, Slavonski Brod i Županja (Slika 2).



Slika 2. Orografska karta Republike Hrvatske s odabranim meteorološkim postajama

Uz pomoć programskog jezika MATLAB iscrtani su grafikoni za pet promatranih atmosferskih varijabli za period od 48 sati, odnosno za 18. i 19. srpnja 2023. Grafovi su prodiskutirani u radu te su izvučeni odgovarajući zaključci.

Za potrebe rada preuzete su sinoptičke karte za dva promatrana dana sa stranice Wetterzentrale (7), obrađene satelitske snimke s prikazom sloja konvektivne aktivnosti sa stranice Europske organizacije za korištenje meteoroloških satelita (EUMETSAT) (8). Radarske snimke preuzete su iz članka u kojem je na web stranici “Meteo info” (9) analizirano olujno nevrijeme od 19. Srpnja 2023.

Sinoptička analiza te satelitske i radarske snimke iskorištene su za analizu vremenskih uvijeta tijekom promatranih 48 sati, naročito tijekom propagacije olujnog nevremena nad sjevernom Hrvatskom.

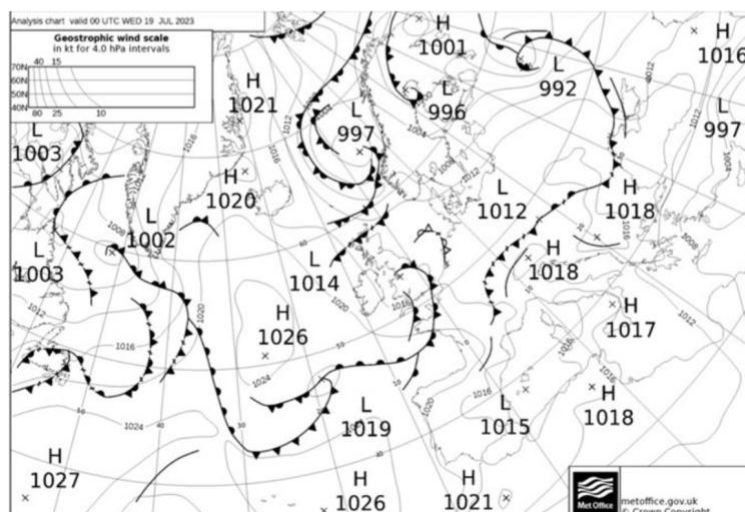
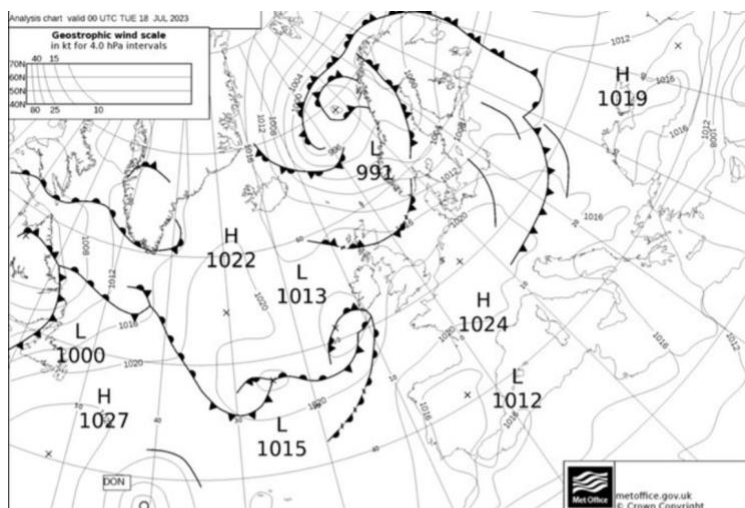
3. Rezultati

3.1 Sinoptička situacija

Sinoptička situacija važan je faktor u sagledavanju cjelokupne vremenske situacije na širem području Republike Hrvatske te okolne regije u vrijeme oluje od 19. srpnja 2023.

Hrvatska se tijekom 18. i 19. srpnja nalazila pod utjecajem polja srednjeg tlaka zraka (Slika 3) dok su se frontalni sustavi zadržavali sjevernije i zapadnije. Tijekom oba navedena dana na snazi su bila upozorenja na toplinski val, s očekivanim temperaturama između 32 °C i 37 °C, pri čemu se dio sjeverne Hrvatske našao na granici dviju zračnih masa različitih karakteristika, tople nad južnom i hladne nad središnjom Europom (3).

Do nagle promjene vremena došlo je kada je nad promatrano područje stigla izražena količina vlažnog zraka u sklopu zapadnog zonalnog strujanja atmosfere. Paralelno ovome, visinska hladna fronta napredovala je prema jugu. Kombinacija tih dviju promjena doprinijela je razvoju izraženih nestabilnosti atmosfere (3).



Slika 3. Sinoptička situacija nad Europom 18. i 19. Srpnja 2023. u 00:00 UTC

3.2 In-situ mjerenja

U prijepodnevnim satima 19. Srpnja 2023. u alpskom području Italije i Austrije došlo je do razvoja olujnih oblaka koji su se uslijed vrlo povoljnih uvjeta brzo grupirali te u zapadnoj struji napredovali prema Sloveniji, Hrvatskoj, a kasnije i Srbiji (3). S dnevnim zagrijavanjem (Slika 4) i zbog prisutne sve veće količine vodene pare u prizemnim slojevima atmosfere (Slika 5) kao i zbog postupnog pritjecanja svježijeg zraka po visini atmosfera je na putu kojim se kretao olujni sustav imala visoke vrijednosti konvektivne raspoložive potencijalne energije, (CAPE) (10). Procijenjena vrijednost iste na području Zagreba iznosila je oko 2275 J/kg što upućuje na veliku nestabilnost atmosfere tog dana (3).

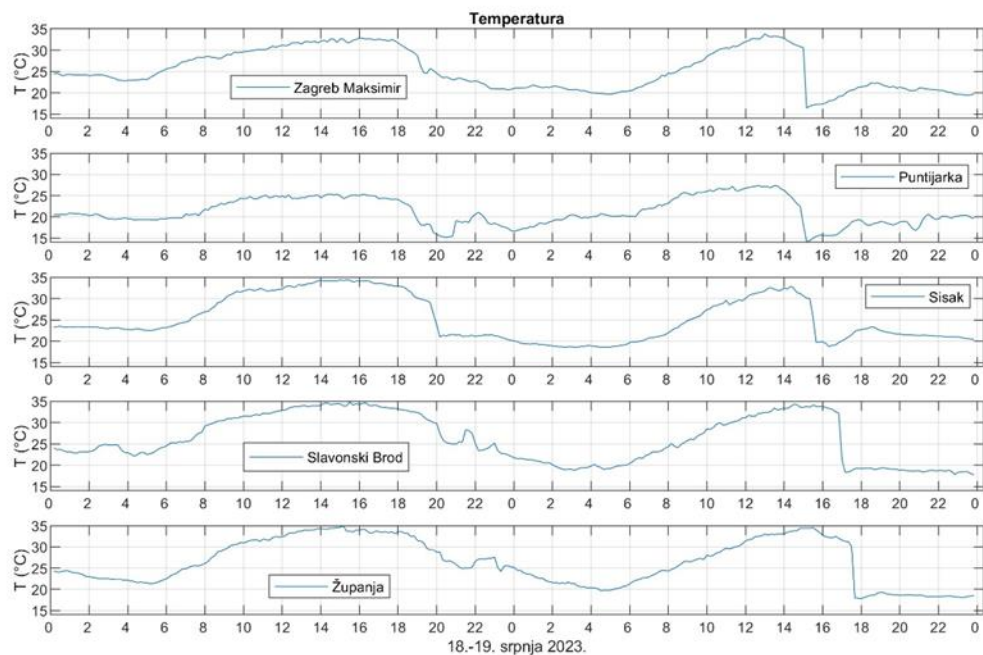
Olujni sustav zahvatio je zapadne krajeve sjeverne Hrvatske 19. srpnja 2023. nešto iza 15:00h po lokalnom vremenu, a već oko 15:30h i zagrebačko urbano područje. Sustav se nastavio kretati zapadno velikom brzinom, šireći se Posavinom, Banovinom i zapadnom Slavonijom. Oko 17:30h nevrijeme je poharalo područje Slavenskog Broda, a nešto iza 18:00h i područje Županje. Poslije 18:30h olujni sustav prešao je nad područje Srbije, a oslabio je nakon prolaska preko Beograda, na granici s Bugarskom i Rumunjskom.

Iz pet priloženih grafikona, kod svake od atmosferskih varijabli koje su se proučavale jasno se vidi propagacija olujnog nevremena preko sjeverne Hrvatske, od granice sa Slovenijom do granice sa Srbijom. Sustavu je trebalo otprilike 4 sata, od 14:30h do 18:30h, na datum 19. srpnja 2023. da prijeđe teritorij Republike Hrvatske. Uzimajući u obzir da je udaljenost navedenih granica otprilike 340 kilometara, jednostavnim računom za brzinu

$$v = \frac{s}{t} \quad (2.1)$$

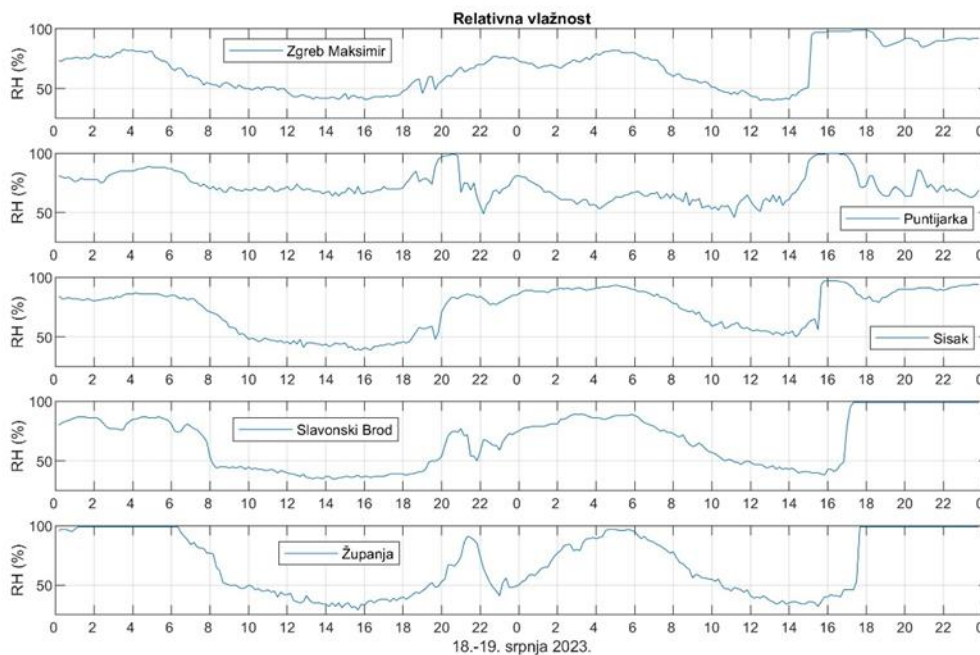
gdje je s – put, a t – vrijeme, može se izračunati da je olujni sustav napredovao brzinom od oko 80 km/h.

Temperature zraka izmjerene na razinama postaja dan i jutro prije olujnog nevremena bile su više od 30°C, a na snazi je bilo i upozorenje na mogući toplinski val (3). Tijekom nevremena temperature su na svim promatranim postajama opale za više od 10°C, u Slavenskom Brodu čak i za 15°C, na vrijednosti između 15°C i 20°C (Slika 4).



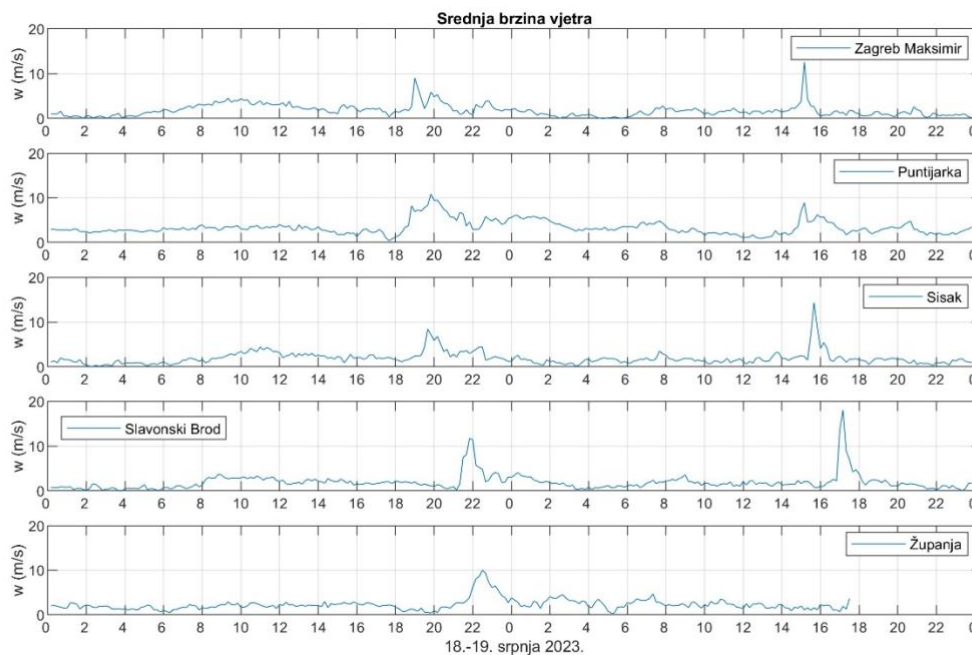
Slika 4. Vremenski nizovi temperature zraka (10-minutne vrijednosti) tijekom 18. i 19. srpnja 2023.

Relativna vlažnost zraka na svim je postajama pri nadolasku nevremena naglo porasla na vrijednosti između 95% i 100% (Slika 5). Visoke vrijednosti relativne vlažnosti zadržale su se tijekom većeg dijela večeri, kao posljedica kontinuiranih nestabilnosti atmosfere. Niz dodatnih frontalnih poremećaja slabijeg intenziteta prošao je sjevernom Hrvatskom u večernjim i noćnim satima 19. srpnja 2023. (9).

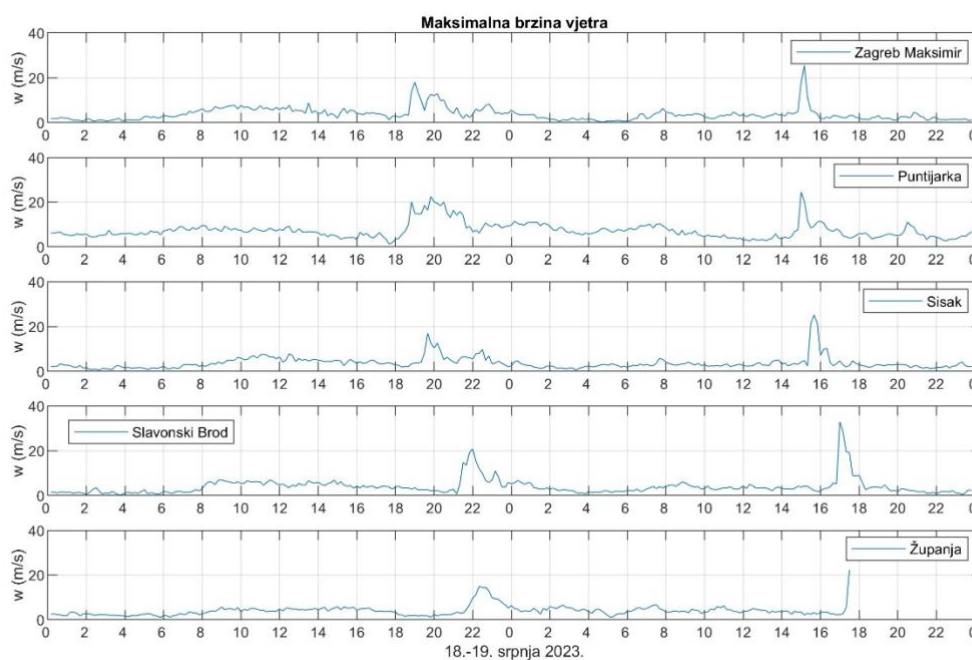


Slika 5. Vremenski nizovi relativne vlažnosti zraka (10-minutne vrijednosti) tijekom 18. i 19. srpnja 2023.

Grafikoni srednje i maksimalne brzine vjetra zorno pokazuju u koje vrijeme je olujno nevrijeme zahvatilo promatrane postaje (Slike 6 i 7). Srednja i maksimalna brzina vjetra tijekom nevremena bile su jače na postajama niže nadmorske visine, u udolinama, zbog efekta snažnom silaznog strujanja (3), na primjer u Zagrebu 22.6 m/s, na Puntijarci na Medvednici 13.4 m/s, a u Slavonskom Brodu čak 32.9 m/s. Zanimljivo je da je snažan vjetar tijekom nevremena u Županji iščupao anemometar uslijed čega nedostaju daljnja mjerenja jačine vjetra na tom području (Slike 6 i 7).



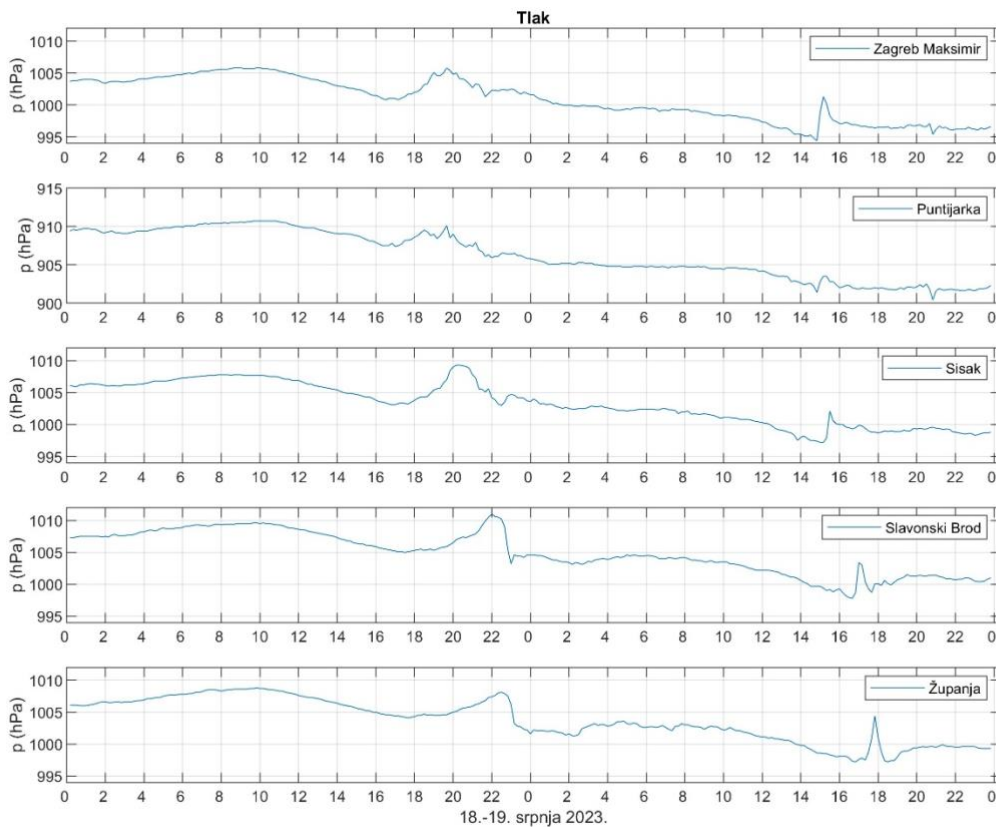
Slika 6. Vremenski nizovi srednjih 10-minutnih brzina vjetra tijekom 18. i 19. srpnja 2023.



Slika 7. Vremenski nizovi maksimalnih 10-minutnih brzina vjetra tijekom 18. i 19. srpnja 2023.

I iz nizova tlaka zraka, može se pratiti propagacija mezoskalnog konvektivnog sustava. Tijekom 18. srpnja i prijepodnevnih sati 19. srpnja tlak zraka je postepeno opadao od ~1005 hPa do ~995 hPa na postajama u udolinama, odnosno od ~910 hPa do ~902 hPa na Puntijarci (nadmorska visina 957 m). Ovakav postupan pad tlaka zraka ukazuje na relativno polaganu promjenu vremena te dolazak nestabilnijeg zraka. U nizovima tlaka zraka, olujno nevrijeme od 19. srpnja 2023. manifestiralo se kao dodatni blagi pad zraka te nagli kratkotrajni skok tlaka

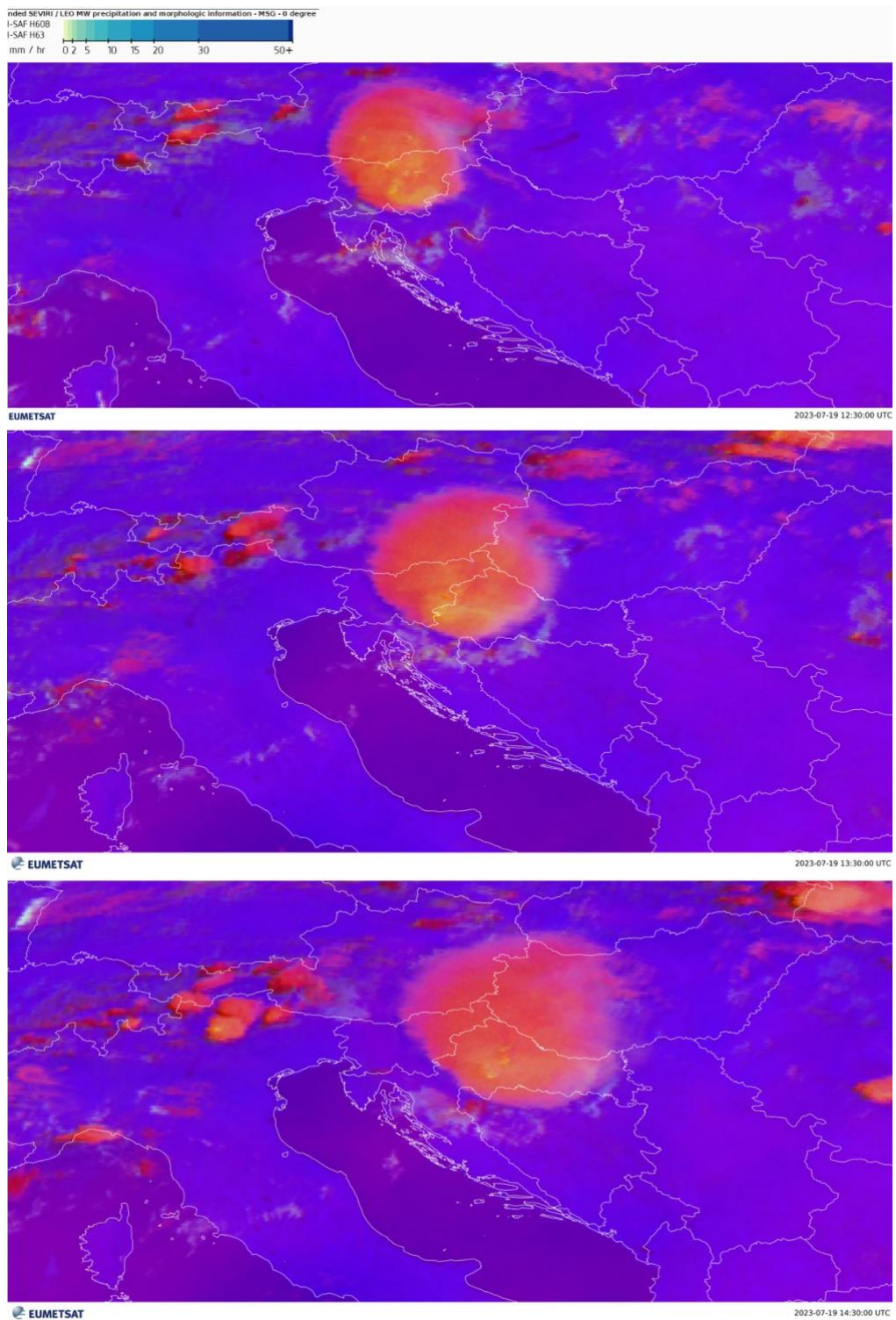
zraka, pri čemu je tlak zraka narastao ~7 hPa u sat vremena (na postaji u Županji). Ovakav nagli skok tlaka tipičan je za područja jakih silaznih struja u konvektivnim oblacima (5).



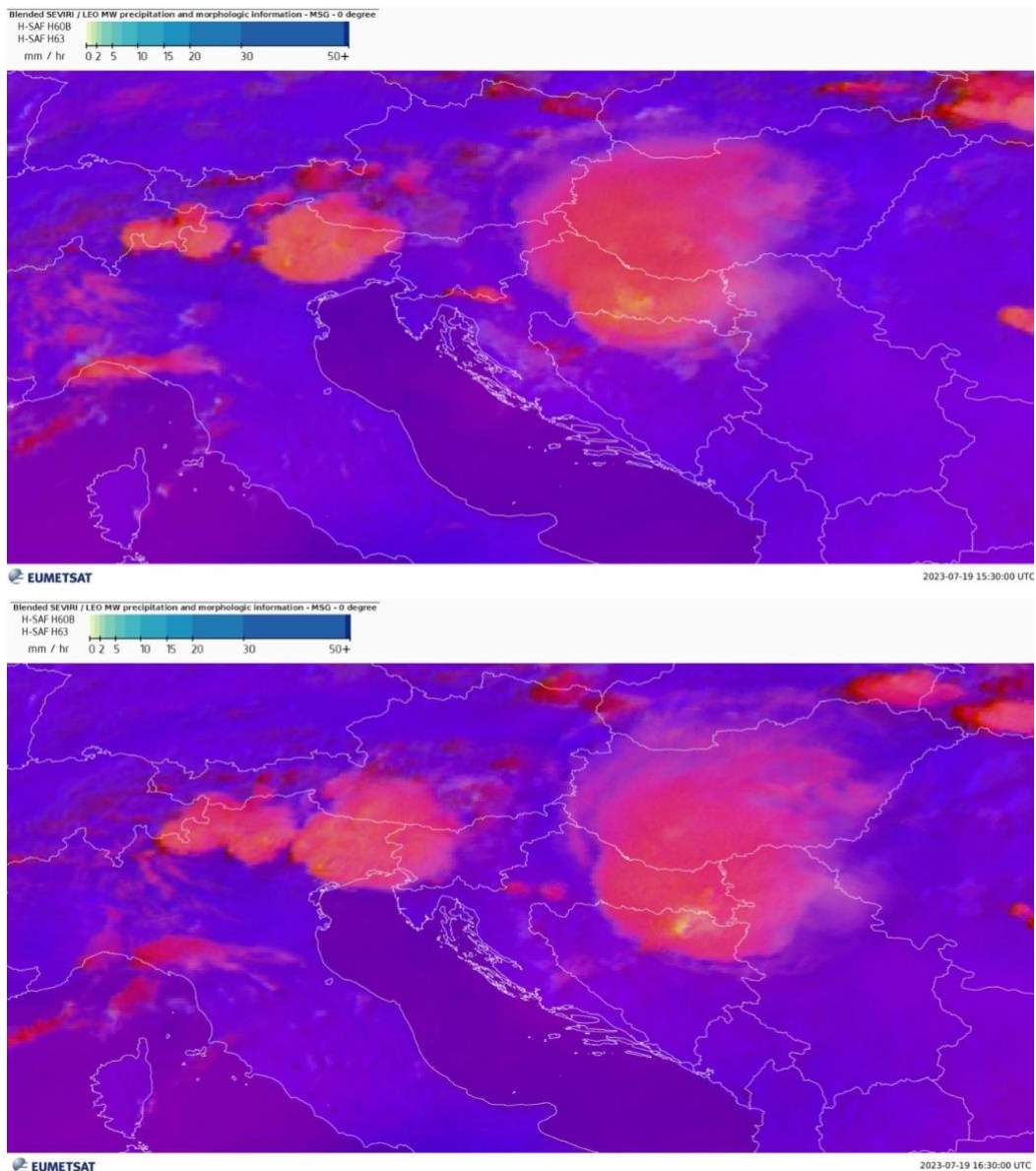
Slika 8. Vremenski nizovi tlaka zraka na nadmorskoj visini postaje (10-minutne vrijednosti) tijekom 18. i 19. srpnja 2023.

3.3 Satelitska mjerenja

Satelitske snimke također vjerno prikazuju propagaciju olujnog nevremena nad sjevernom Hrvatskom tijekom poslijepodnevni sati 19. srpnja 2023 (Slika 9). Na ovim snimkama jasno su vidljive iznimne dimenzije olujnog sustava (radijus od ~230 km). Korišten je prikaz konvektivne aktivnosti posebnim slojem narančastih i žutih odraza koji ukazuju na stupanj olujne aktivnosti. Svjetlija (žuća) boja označava jaču konvektivnu aktivnost. Satelitske snimke ukazuju na to da je promatrani sustav bio sustav organizirane konvekcije, odnosno više konvektivnih ćelija na okupu s karakteristikom dužeg trajanja (3). Na pet priloženih satelitskih slika vidljivo je napredovanje i stalno jačanje olujnog sustava tijekom njegova premještanja na istok. Žuti odrazi, najvidljiviji na drugoj i petoj slici, iznad Zagreba i Županje, (Slika 9 i slika 10), ukazuju na izraženi vertikalni razvoj sustava s jakim uzlaznim strujanjima (3). Posljedica jakog uzlaznog je jako silazno strujanje koje se na području istočne Slavonije očitovalo u vidu olujnih do orkanskih udara vjetra od približno 35 m/s, pritom nanoseći veliku materijalnu štetu (2). Na satelitskim snimkama jasno se uočava razvoj manjih, pratećih konvektivnih ćelija koje također propagiraju sa zapada prema istoku.



Slika 9. Propagacija nevremena: satelitske snimke, redom, u: 12:30 UTC , 13:30 UTC i 14:30 UTC, sve 19. srpnja 2023.



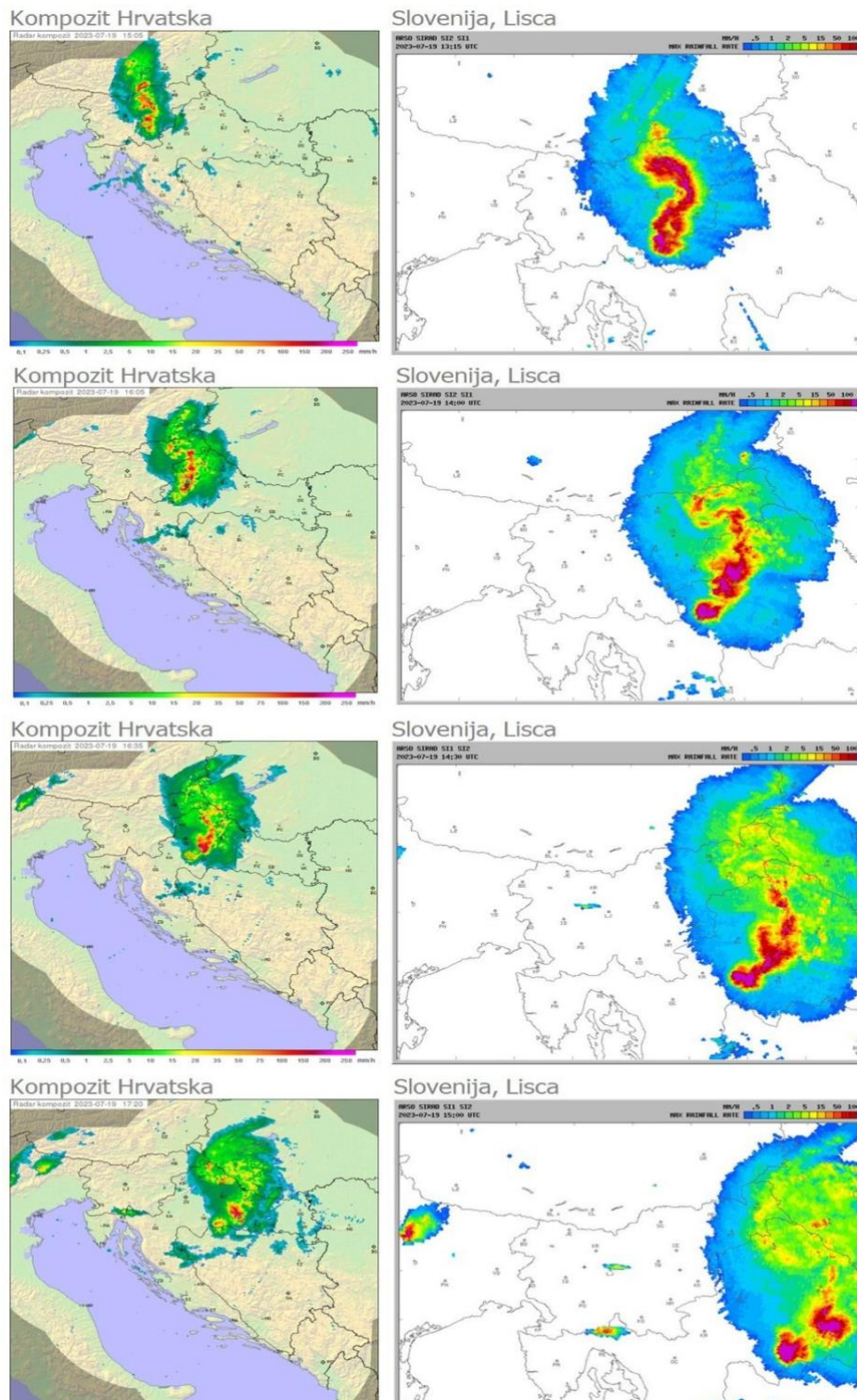
Slika 10. Propagacija nevremena: satelitske snimke, redom, u 15:30 UTC i 16:30 UTC, obje 19. srpnja 2023.

3.4 Radarski podaci

Konvektivne mezoskalne sustave, poput ovog u analizi, karakteriziraju oblaci izraženog vertikalnog razvoja s jakim uzlaznim strujama, a nekad i uzlaznim rotacijama (3). Takve oluje inače imaju specifičan izgled ciklonalne rotacije na radarskim slikama, gdje se sjeverni dio zakreće prema zapadu, a južni prema istoku što je u slučaju našeg promatranja vidljivo samo na slici u 13:15 UTC (Slika 11) nakon čega je takav tijek razvoja prekinut.

Upravo uzlazna rotirajuća struja daje povoljne uvjete za nastajanje linija jakih pljuskova, tuče i velikog broja munja (9). Kao što se i vidi na radarskim slikama linija crveno-ljubičastih odraza intenziteta oborina najizraženija je bila prilikom ulaska sustava nad teritorij zapadne Hrvatske i iznad Zagreba. Istočnije je sustav napredovao zahvaljujući neprestanom obnavljanju, ali uz manje izražene oborinske aktivnosti nego na zapadu.

Zanimljiva je situacija vidljiva u 14:00 UTC na prikazima slovenske Lisce (Slika 11). Iznad Zagreba formirala su se dva jasna područja oborina, prednji i stražnji bok oluje, odnosno gornji i donji ljubičasti odraz s prazninom između, tipičnom za formaciju tornada (9). No, na sreću, razvoj situacije nije potekao u smjeru nastanka još većih i dodatnih vremenskih nepovoljnosti.



Slika 11. Radarska slika stanja propagacije nevremena, redom, u 13:15 UTC , 14:00 UTC, 14:30 UTC i 15:00 UTC (lijevo podaci sa stranica DHMZ-a, desno podaci slovenske Lisce)

4. Diskusija i zaključak

Razdoblje početka 21. stoljeća s klimatološkog gledišta najintenzivnije je otkada postoje mjerenja po pitanju ekstremnosti, nepredvidivosti i učestalosti vremenskih neprilika uzrokovanih klimatskim promjenama. Neočekivanost i nepripremljenost na ekstremne vremenske uvjete sve su očitije. Osim neupitnih posljedica koje ostavljaju za sobom, one su ujedino vrlo bitne za daljnju analizu i stjecanje znanja o predviđanju i mogućoj prevenciji većih materijalnih šteta i ljudskih žrtava.

Razorno nevrijeme 19. srpnja 2023. pokazalo se naglim, ekstremnim i ne dovoljno prognoziranim. Do nagle promjene vremena došlo je kada se nad promatranim područjem akumulirala povećana količina vodene pare u prizemnim slojevima, pridošla u sklopu zapadnog strujanja atmosfere te prilikom pritjecanja nešto svježijeg zraka po visini. Atmosfera je na putanji olujnog sustava bila karakterizirana i visokim vrijednostima konvektivne raspoložive potencijalne energije što je bio jasan pokazatelj nestabilnosti atmosfere.

Analizirajući desetominutne podatke maksimalne i srednje brzine vjetera, temperature zraka, tlaka zraka i relativne vlažnosti zraka za pet odabranih postaja na putu olujnog sustava dobiven je uvid u jačinu, brzinu propagacije i vrijeme nailaženja nevremena. Pokazatelji za svaki od pet promatranih atmosferskih varijabli ukazivali su na nailazak snažne promjene vremena, primjerice naglim padom temperature, skokom tlaka zraka, porastom relativne vlažnosti zraka na vrijednosti od ~95% do ~100%. Uslijed jakog uzlaznog strujanja u olujnom sustavu razvijali su se povoljni uvjeti za nastanak jakih silaznih vjetrova pri tlu pa čak i tuče. Diljem sjeverne Hrvatske razorno nevrijeme za sobom je ostavljalo nered uz brojne materijalne štete, a uslijed nesretnih okolnosti izgubljena su i četiri ljudska života.

Nakon analize opravdano se postavlja pitanje i ostavlja prostora diskusiji koliko zadovoljivo su reagirale nadležne službe ako se sagledaju činjenično očiti pokazatelji jačine ovog brzonapredujućeg mezoskalno konvektivnog sustava. Na taj i raniji dan na snazi su bila upozorenja na opasnost od toplinskog vala, no vremenski uvjeti su se 19. srpnja naglo promijenili u razdoblju od kasnog prijepodneva do ranog poslijepodneva jer se upravo to područje Hrvatske nalazilo na granici dviju zračnih masa izrazito različitih karakteristika. Državni hidrometeorološki zavod izdao je prognoze za pljuskove i grmljavinu za središnju Hrvatsku 18. srpnja, a naznake o izgledima vremena za kopno dane su već 16. srpnja 2023. Objavljena su i upozorenja na opasne vremenske prilike, prvo narančasto, a na sam dan nevremena, mada tek iza 15h i crveno koje u svom opisu ističe mogućnost nevremena jačeg intenziteta i to na većem području regije koje se unaprijed ne može odrediti s lakoćom (3).

Međutim, Sustav za rano upozoravanje i upravljanje krizama (SRUUK) izdao je samo javni poziv upozorenja, ali ne i direktno slanje SMS poruka o opasnosti svim građanima jer se takva vrsta upozorenja šalje jedino pri izdanom crvenom upozorenju koje je na snagu stupilo netom prije nailaska samog nevremena (11).

Za narančasto upozorenje oni nisu bili dužni dodatno alarmirati građane što postavlja pitanje koliko je takav sustav upozorenja koristan. Svakako, DHMZ, SRUUK i Ravnateljstvo civilne zaštite obavili su sve što je bilo u opisu njihovih zakonskih dužnosti obavještanja iako su građani trebali naići na bržu reakciju nadležnih službi ne bi li se spriječile možebitne štetne posljedice.

5. Literatura

- 1.) N1, *Nevreme u Srbiji – oluja rušila kranove, čupala drveće, spaseno 15 osoba*, URL: <https://n1info.rs/vesti/nevreme-u-srbiji/> (14.9.2024.)
- 2.) N1, *Meteorolozi objavili analizu nevremena i otkrili: Što nas čeka u budućnosti?*, URL: <https://n1info.hr/vrijeme/meteorolozi-objavili-analizu-nevremena-i-otkrili-sto-nas-ceka-u-buducnosti/> (5.9.2024.)
- 3.) DHMZ, *Izraženo grmljavinsko nevrijeme 19. Srpnja 2023.*, mjesečni bilten, srpanj 2023., 48-54, (2023.)
- 4.) *Jutarnji list*, *Katastrofalna oluja protutnjala i Karlovcem, pogledajte apokaliptične prizore iz Zaprešića*, URL: <https://www.jutarnji.hr/vijesti/hrvatska/katastrofalna-oluja-protutnjala-i-karlovcem-pogledajte-apokalipticne-prizore-iz-zapresica-15357146> (5.9.2024.)
- 5.) Roland Stull, *Practical Meteorology An Algebra-based Survey of Atmospheric Science*, Vancouver 2016.
- 6.) DHMZ, *O nama*, URL: https://meteo.hr/o_nama.php (17.8.2024.)
- 7.) Wetterzentrale, URL: <https://www.wetterzentrale.de> (17.8.2024.)
- 8.) EUMETSAT, URL: <https://view.eumetsat.int/productviewer?v=default> (17.8.2024.)
- 9.) Meteo info, *Analiza superoluje koja je poharala sjeverozapadnu Hrvatsku*, URL: https://www.meteo-info.hr/article/216/Analiza_superoluje_koja_je_poharala_sjeverozapadnu_Hrvatsku (17.8.2024.)
- 10.) Wikipedia, *Convective available potential energy*, URL: https://en.wikipedia.org/wiki/Convective_available_potential_energy (19.8.2024.)
- 11.) Danas.hr, *Ravnatelj civilne zaštite : 'Zašto se SRUUK nije oglasio i upozorio građane?'*, *Trut: 'Za narančasti status ne ide upozorenje*, URL: <https://net.hr/danas/rtl-danas/zasto-se-sruuk-nije-oglasio-i-upozorio-gradane-trut-za-narancasti-status-ne-ide-upozorenje-32c61ee2-2659-11ee-a935-0ee8f36581c7> (14.9.2024.)