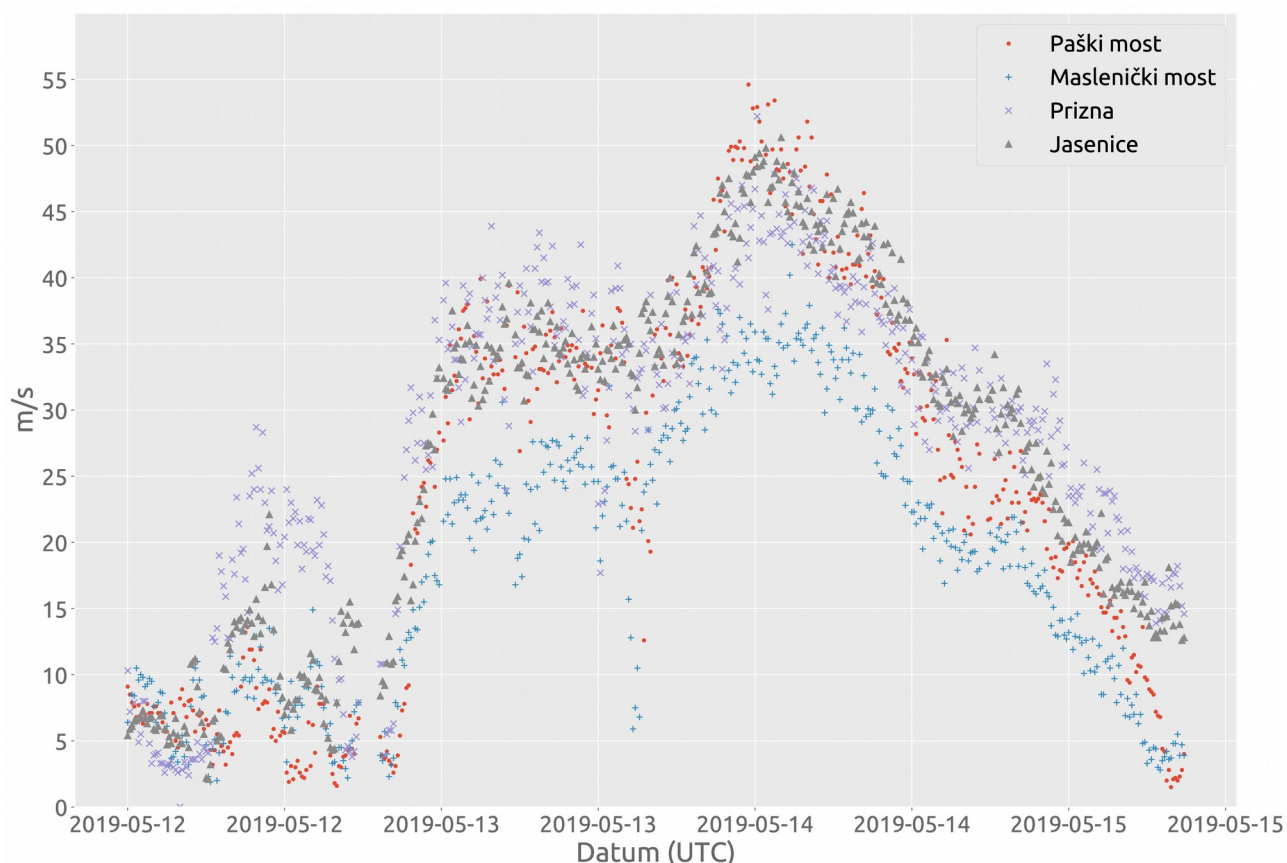


Preliminarna analiza orkanske bure na Jadranu, 13. i 14. svibnja 2019.

Uvod i mjerenja

Tijekom 13. i 14. svibnja 2019. godine, u sklopu utjecaja na vrijeme snažne ciklone sa središtem iznad južne Italije i jake anticiklone nad sjeverozapadnom Europom [1], na sjevernom i dijelu srednjeg Jadrana je puhala ekstremno jaka bura. Najjači udar vjetra tijekom ovog nevremena zabilježen je na Paškom mostu i iznosio je 54,6 metara u sekundi (196,6 km/h), a izmjeren je u noći s 13. na 14. svibnja [2].

Ljubaznošću Državnog hidrometeorološkog zavoda, dobili smo na uvid podatke mjerenja s nekih od automatskih mjernih postaja sa zadarskog područja [2] za potrebe reanalize ovog događaja, te im se ovim putem zahvaljujemo na susretljivošću. Izmjereni podaci udara vjetra s postaja Paški most, Maslenički most (stari), Prizna i Jasenice, prikazani su na slici 1. Napominjemo, da su primljeni podaci dobiveni automatskim mjerenjem, nisu provjereni i kao takvi su neslužbenog karaktera.



Slika 1: Izmjerena brzina vjetra na automatskim postajama Paški most, Maslenički most, Prizna i Jasenice, period od 12.5.2019. do 15.5.2019. Izvor: [2]

Simulacija WRF modelom

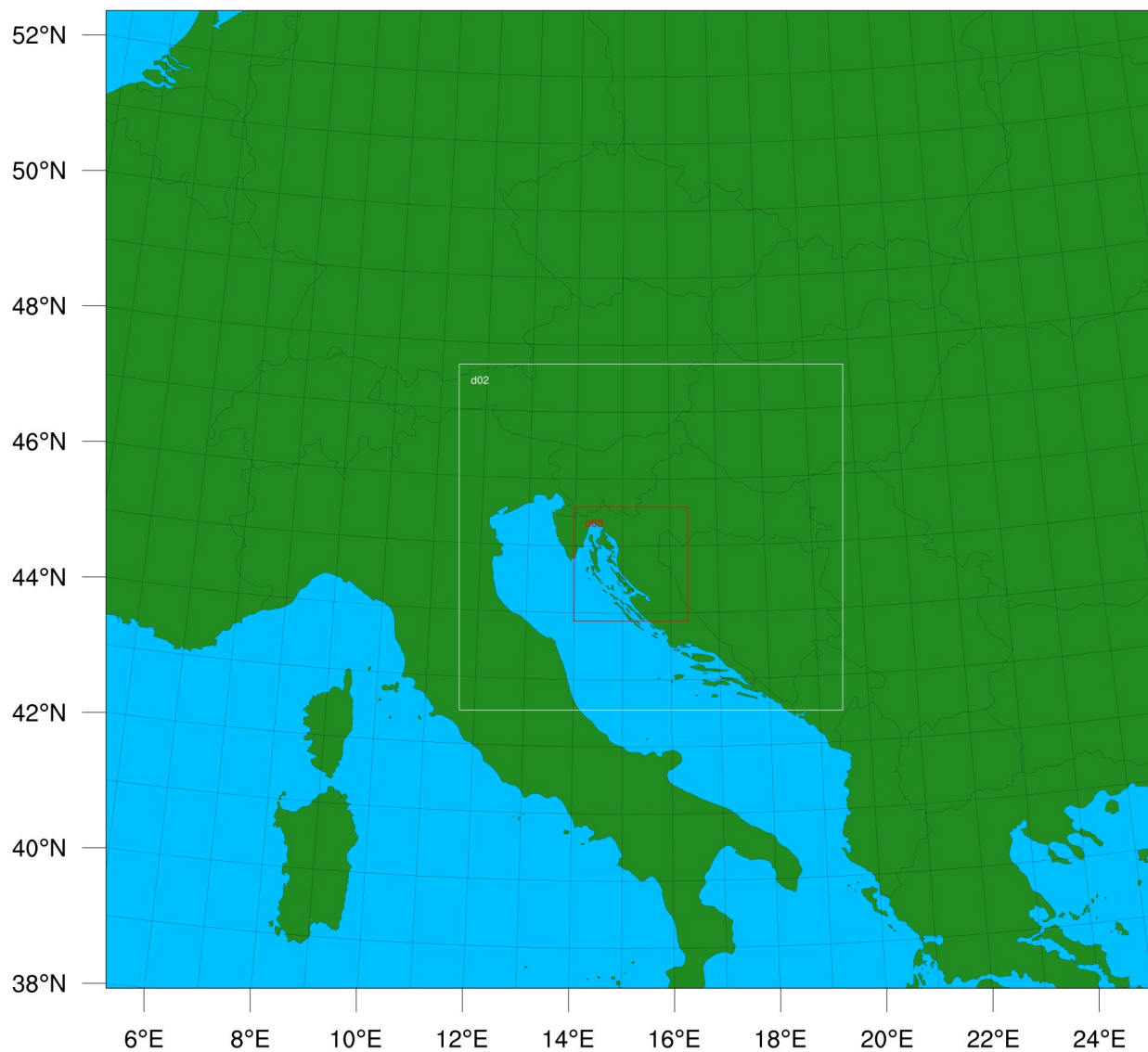
Period između 13. svibnja u 18 UTC i 14. svibnja u 06 UTC, kao period generalno najjačeg vjetra tijekom ovog nevremena, simulirali smo WRF modelom. Setup modela sastojao se od tri sinhrono jednosmjerno ugniježdene domene u rezolucijama 12500 (domena d01), 2500 (domena d02) i 500 (domena d03) metara. Za inicijalne i bočne uvjete, korištena je analiza i prognostički podaci DWD ICON-EU modela (6.5km) [3], s inicijalizacijom od 13. svibnja 18 UTC. Fizikalni setup se sastojao od sljedećih parametrizacijskih shema [4]:

Fizikalna parametrizacija	Shema
Microphysics	WRF Single-Moment 5-class scheme
Shortwave radiation	RRTMG-K scheme
Longwave radiation	RRTMG-K scheme
Surface layer	Revised MM5 surface layer scheme
Land surface	Noah-MP (multi-physics) Land Surface Model
PBL	Yonsei University scheme (*)
Cumulus	Multi-scale Kain-Fritsch scheme (<i>samo d01</i>)

* U YSU PBL shemi korištena je *sub-grid topographic* korekcija (*topo_wind = 2*)

Verzija korištenog modela bila je WRF-ARW 4.1 [5]. Za potrebe simulacije na rezoluciji od 500 metara, u cilju osiguravanja dovoljne razlučivosti topografije terena, u domeni d03 umjesto originalnog WPS datasea topografije je korišten dataset ASTER Digital Elevation Model rezolucije 1 lučne sekunde [6]. Područje pokrivanja domena modela prikazano je na slici 2. WRF model je konfiguriran s vremenskim korakom izlaznih podataka od 15 minuta. Broj vertikalnih nivoa modela je iznosio 45, razmještenih po zadanom *real* algoritmu.

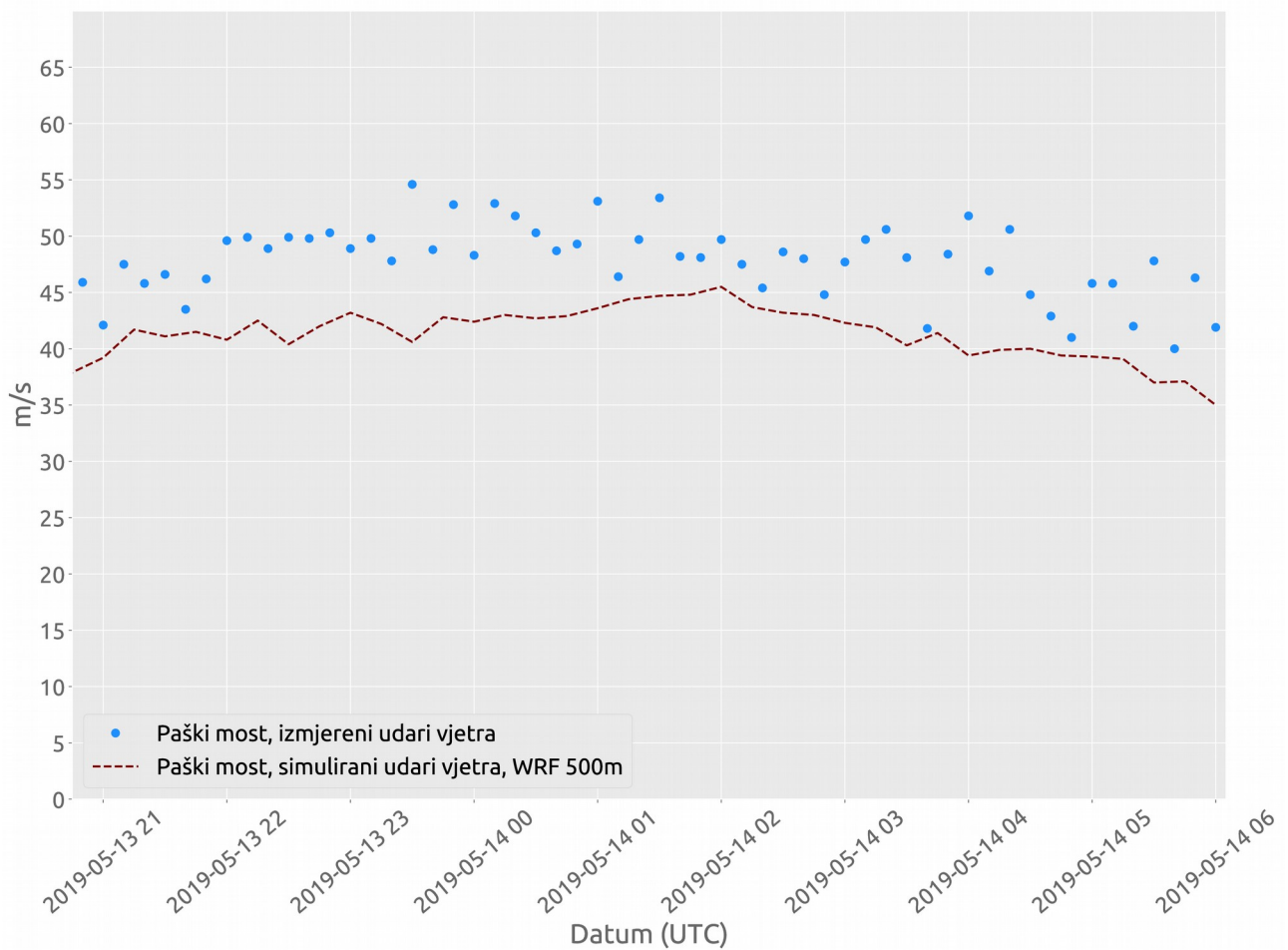
WPS Domain Configuration



Slika 2: Područja pokrivanja domena WRF modela

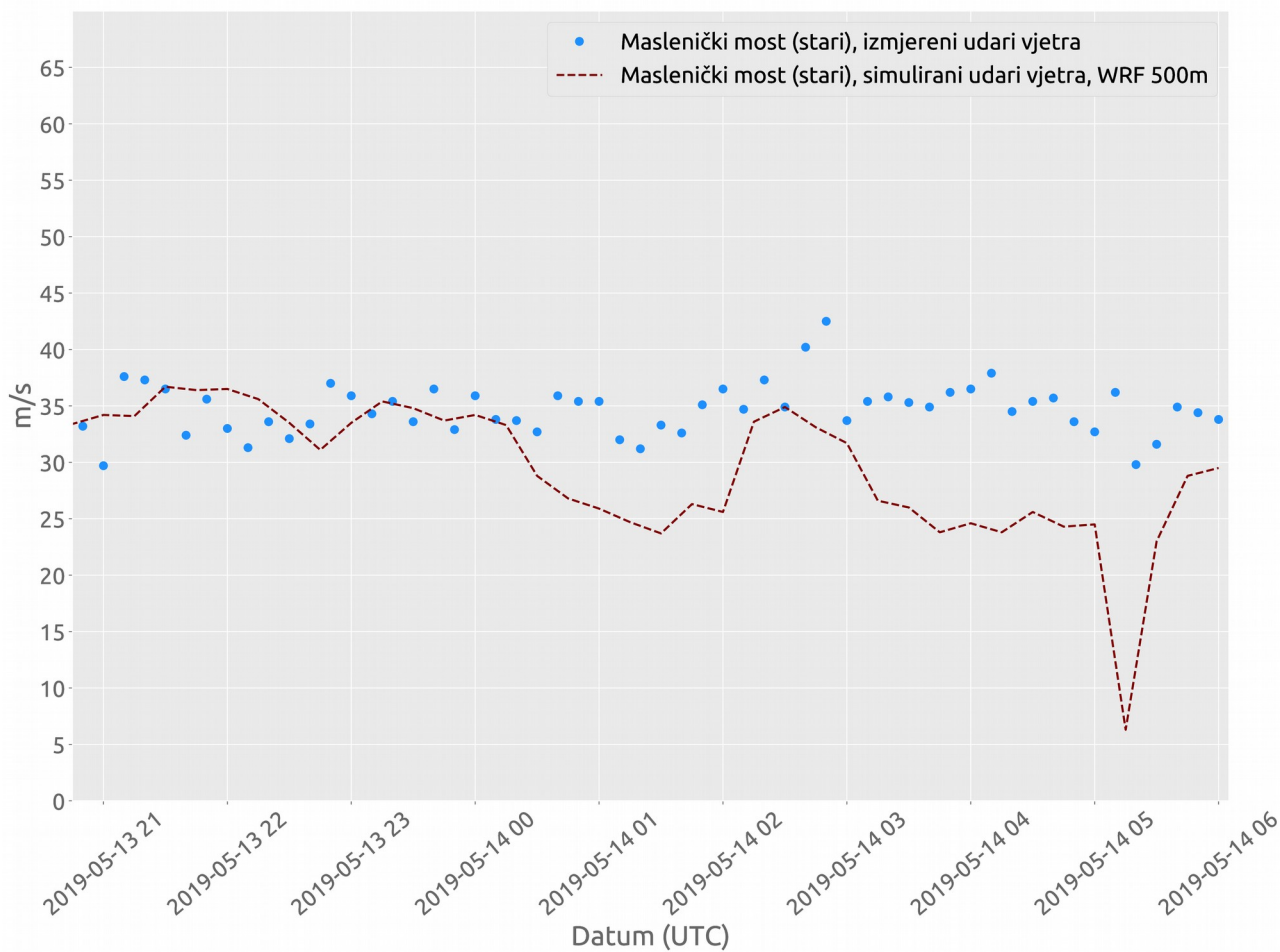
Verifikacija modela

Rezultate modela verificirali smo dobivenim mjerenjima s automatskih postaja. Usporedba izmjerenih brzina udara vjetra i simuliranih brzina pomoću WRF modela, za domenu d03, prikazana je na slikama 3-6.



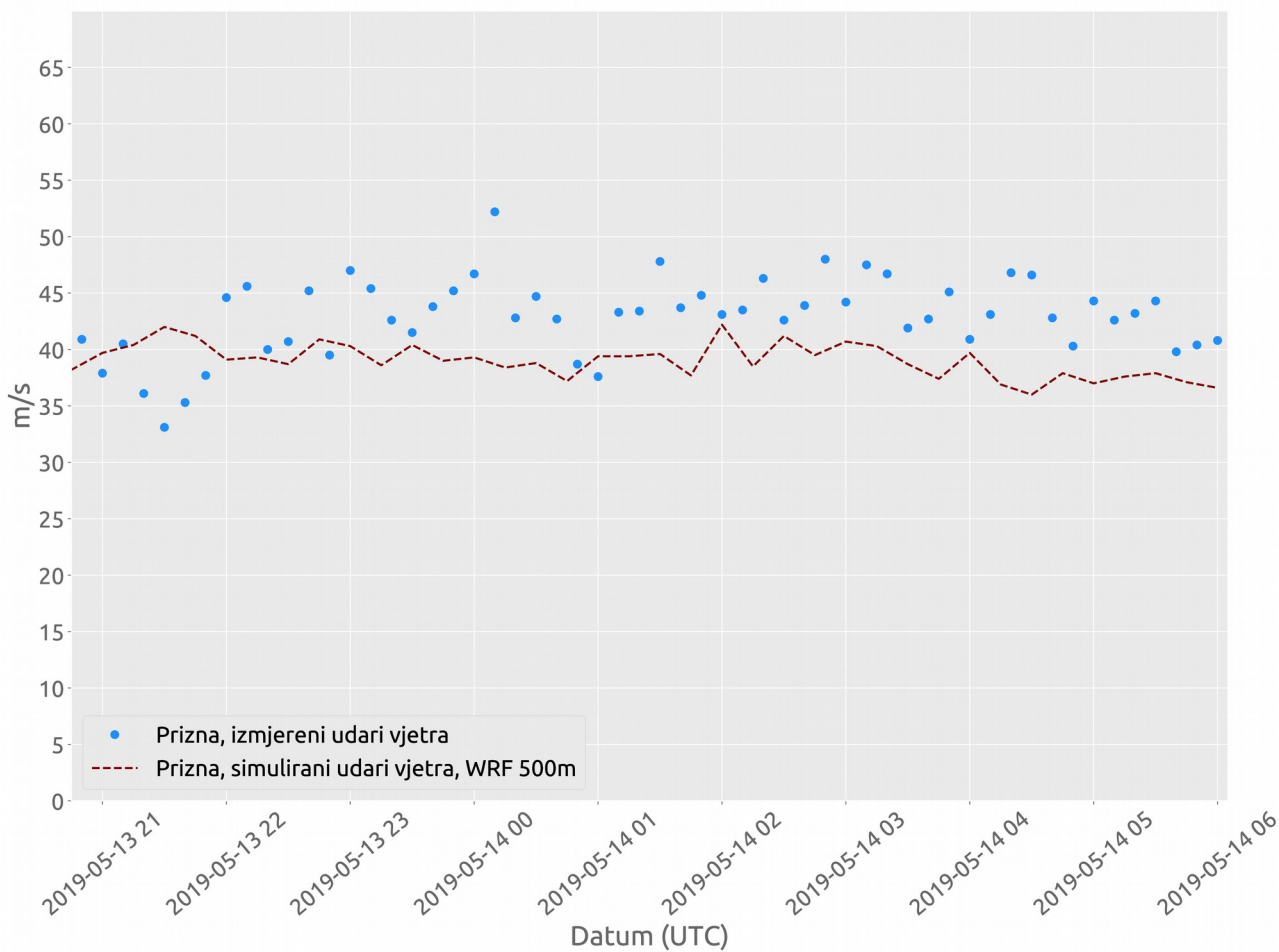
Slika 3: Usporedba izmjerenih i simuliranih brzina udara vjetra WRF modelom (domena d03), Paški most

Za lokaciju Paški most, WRF model je dobro simulirao generalno kretanje brzine udara (porast brzina tijekom prve, i pad tijekom druge polovice simulacijskog perioda), a općenito je simulirana brzina bila nešto niža od izmjerene.



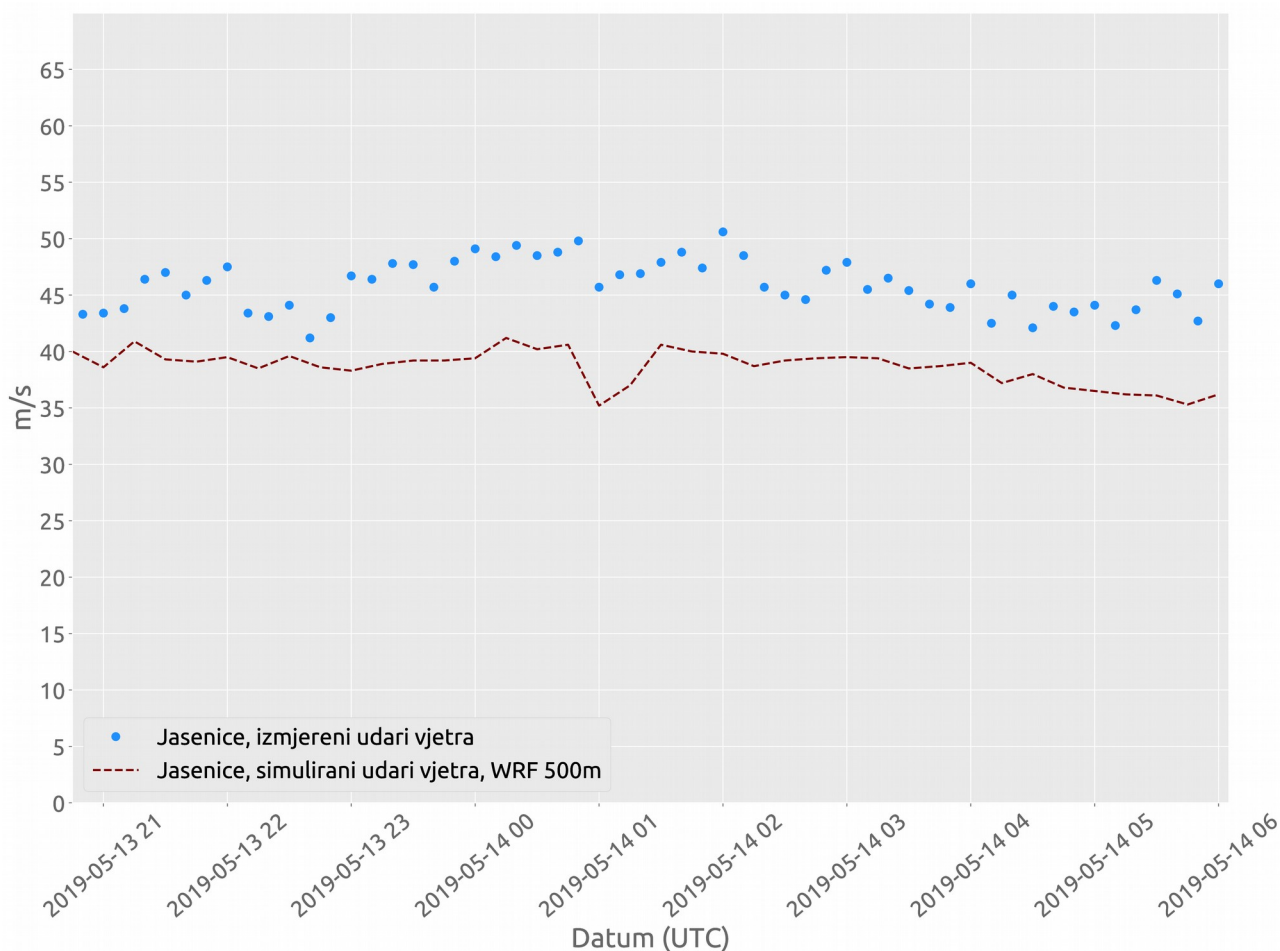
Slika 4: Usporedba izmjerenih i simuliranih brzina udara vjetra WRF modelom (domena d03), Maslenički most (stari)

Na lokaciji stari Maslenički most, simulacija brzine udara vjetra bila je nešto manje kvalitetna nego za Paški most, osobito pri kraju simuliranog perioda kad je model simulirao kratkotrajno ali značajno smanjenje brzine vjetra, koja je donekle vidljivo na izmjerenim podacima ali prilično manje izraženo.



Slika 5: Usporedba izmjerenih i simuliranih brzina udara vjetra WRF modelom (domena d03), Prizna

Za lokaciju Prizna, WRF model je simulirao brzinu udara vjetra izuzetno dobro uz neznatno nižu prosječnu simuliranu brzinu udara od izmjerene.



Slika 6: Usporedba izmjerenih i simuliranih brzina udara vjetra WRF modelom (domena d03), Jasenice

Prihvatljivo dobra simulacija ali uz nešto veće negativno odstupanje brzine udara, vidljiva je i na verifikaciji na postaji Jasenice.

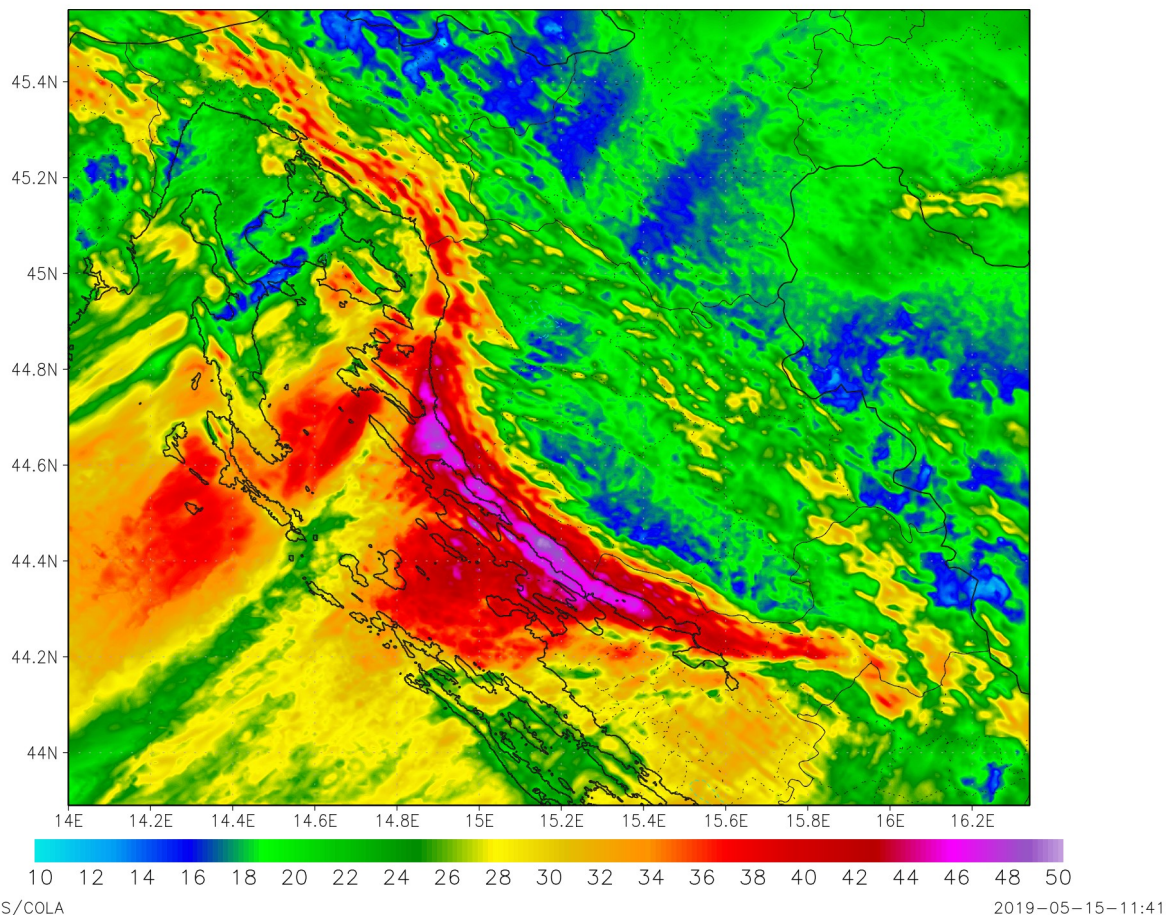
Iz slika 3-6, može se zaključiti da je WRF model relativno dobro simulirao udare vjetra, uz prosječno nešto nižu brzinu od izmjerene. Detaljnija verifikacija i dodatne simulacije bit će provedene u naknadnim radovima na ovu temu.

Maksimalne simulirane brzine vjetra

Na slici 7, prikazane su maksimalne brzine udara vjetra tijekom cijelog simuliranog razdoblja u cijeloj regiji koju pokriva domena d03. S obzirom na prethodno donesen zaključak da su brzine simuliranih udara općenito nešto niže od izmjerenih brzina, s određenim stupnjem pouzdanosti se može pretpostaviti da su općenite stvarne brzine udara u regiji nešto više od prikazanih na slici 7. Sa slike 7, maksimalna simulirana brzina iznosi 50 metara u sekundi, na poziciji koja se nalazi oko 3

kilometra zapadno od Lukovog Šugarja ($\varphi = 44,43^\circ\text{N}$, $\lambda = 15,15^\circ\text{E}$) te se može špekulirati s određenom vjerojatnošću da je realna brzina najvećih udara na toj lokaciji, kao i na moguće nekim drugima, i do 60 metara u sekundi.

Max Gust speed, 2019:05:13:18z – 2019:05:14:06z

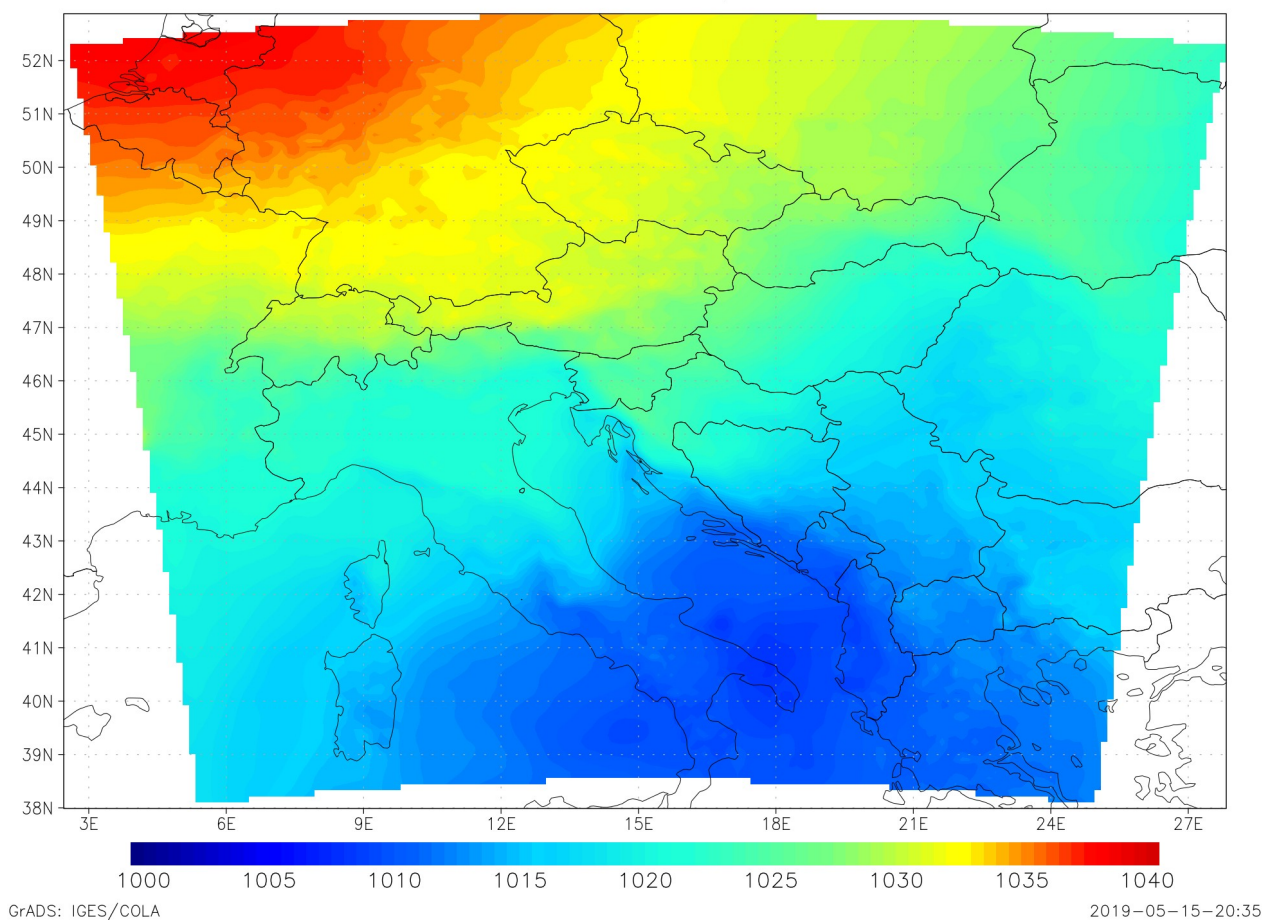


Slika 7: Najveće brzine udara vjetra u cijeloj regiji, domena d03, tijekom cijele simulacije

Sinoptička situacija

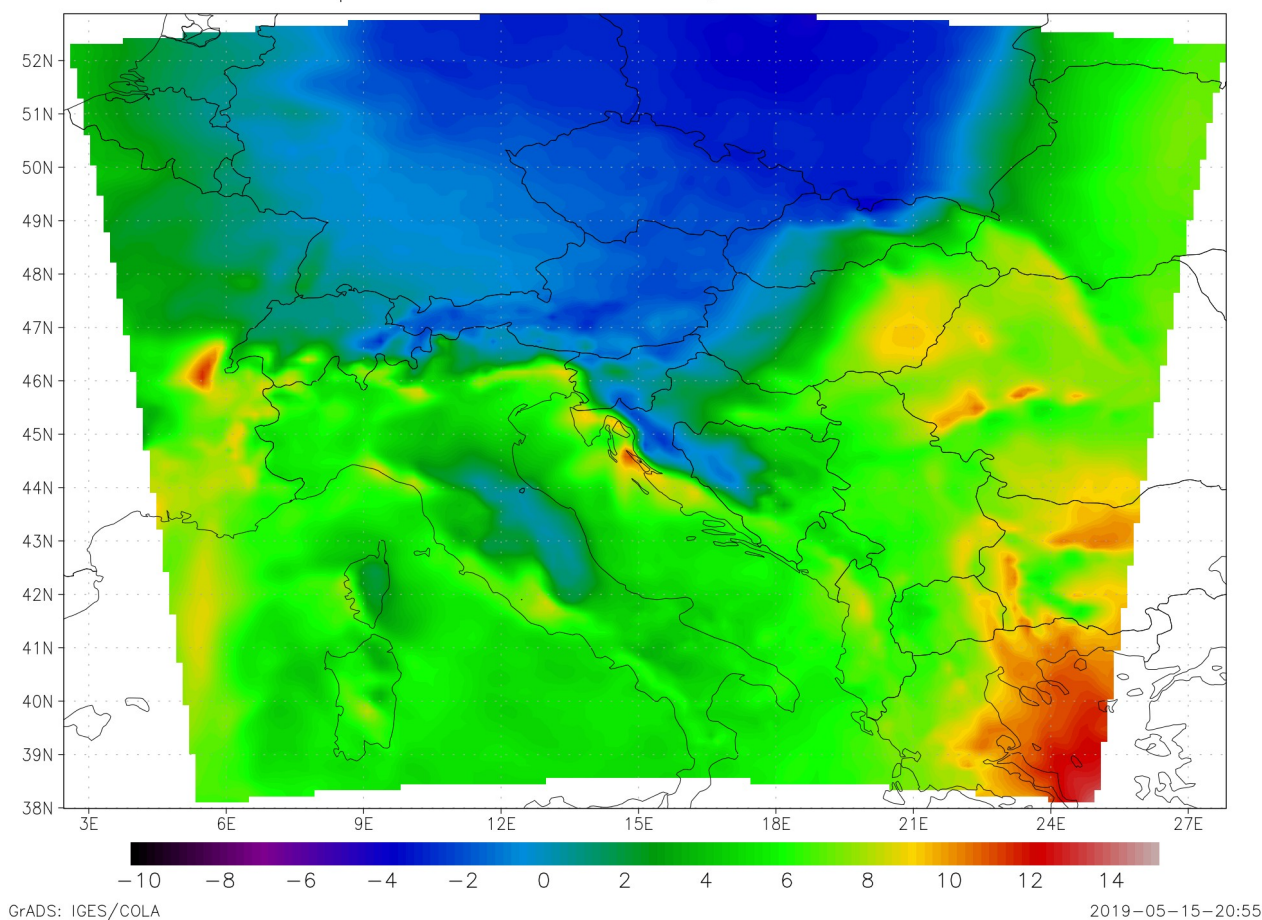
Kratak pregled osnovne sinoptičke situacija u regiji u vrijeme najjačeg vjetra (14. svibnja 00 UTC) prikazan je na slikama 8-11 a dobiven je iz WRF simulacije; domena d01. Na slici 8 je vidljiv izražen gradijent tlaka zraka kao posljedica anticiklonalnog polja sa središtem iznad sjeverozapadne Europe i ciklonalnog polja sa središtem kod južne Italije.

Mean Sea Level Pressure, 2019:05:14:00z



Slika 8: Tlak zraka reduciran na morsku razinu, domena d01, 14. svibnja 2019. 00 UTC

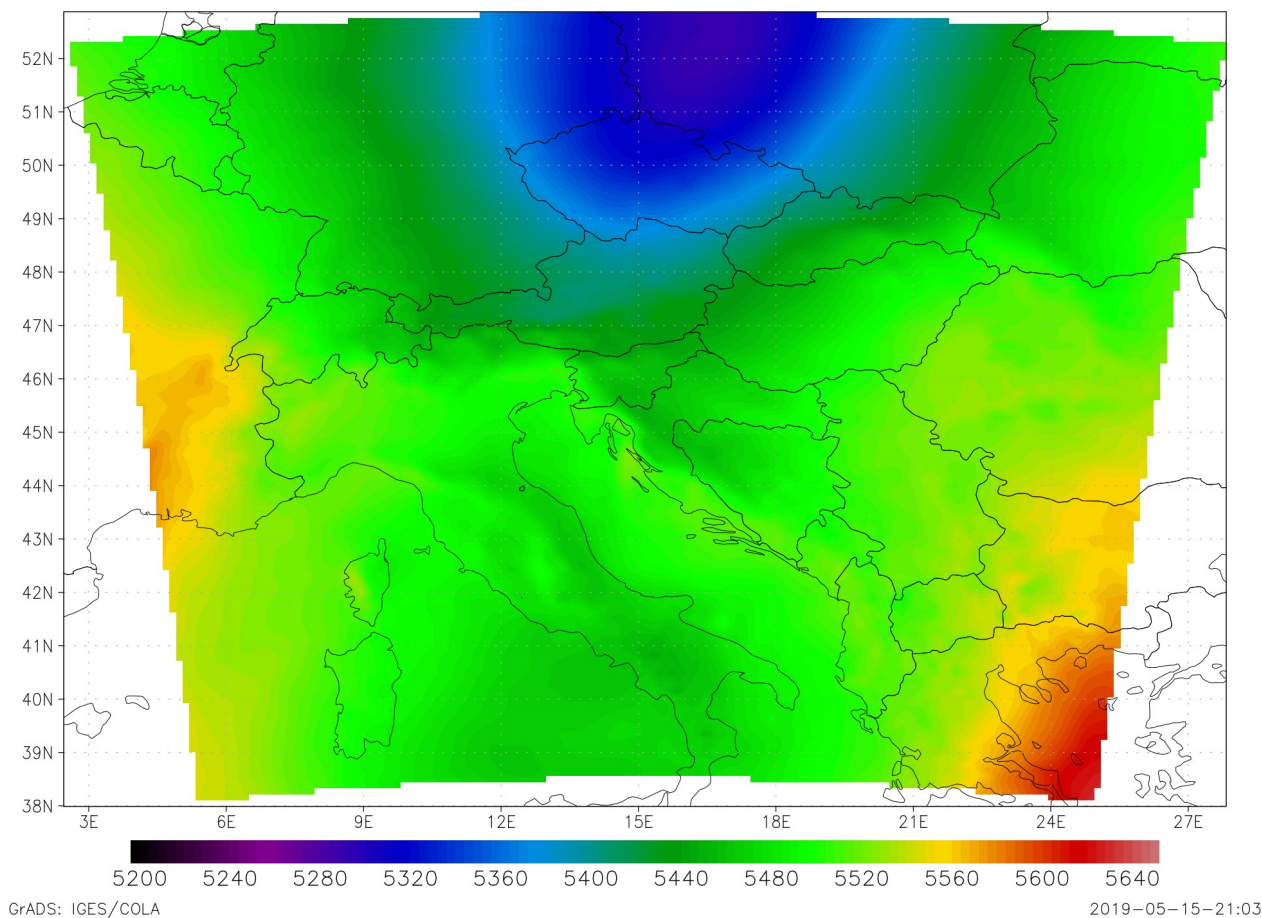
Temperature at 850hPa, 2019:05:14:00z



Slika 9: Temperatura zraka na 850hPa, domena d01, 14. svibnja 2019. 00 UTC

Slika 9 prikazuje temperaturu zraka na izobarnoj plohi 850hPa, pri čemu je vidljivo pritjecanje hladne zračne mase sa sjevera prema Jadranu. U velebitskom području je uočljivo adijabatsko/pseudoadijabatsko hlađenje zraka pri uspinjanju (privjetrena, sjeveroistočna padina) i adijabatsko zagrijavanje pri spuštanju (zavjetrinska, primorska padina) – fen.

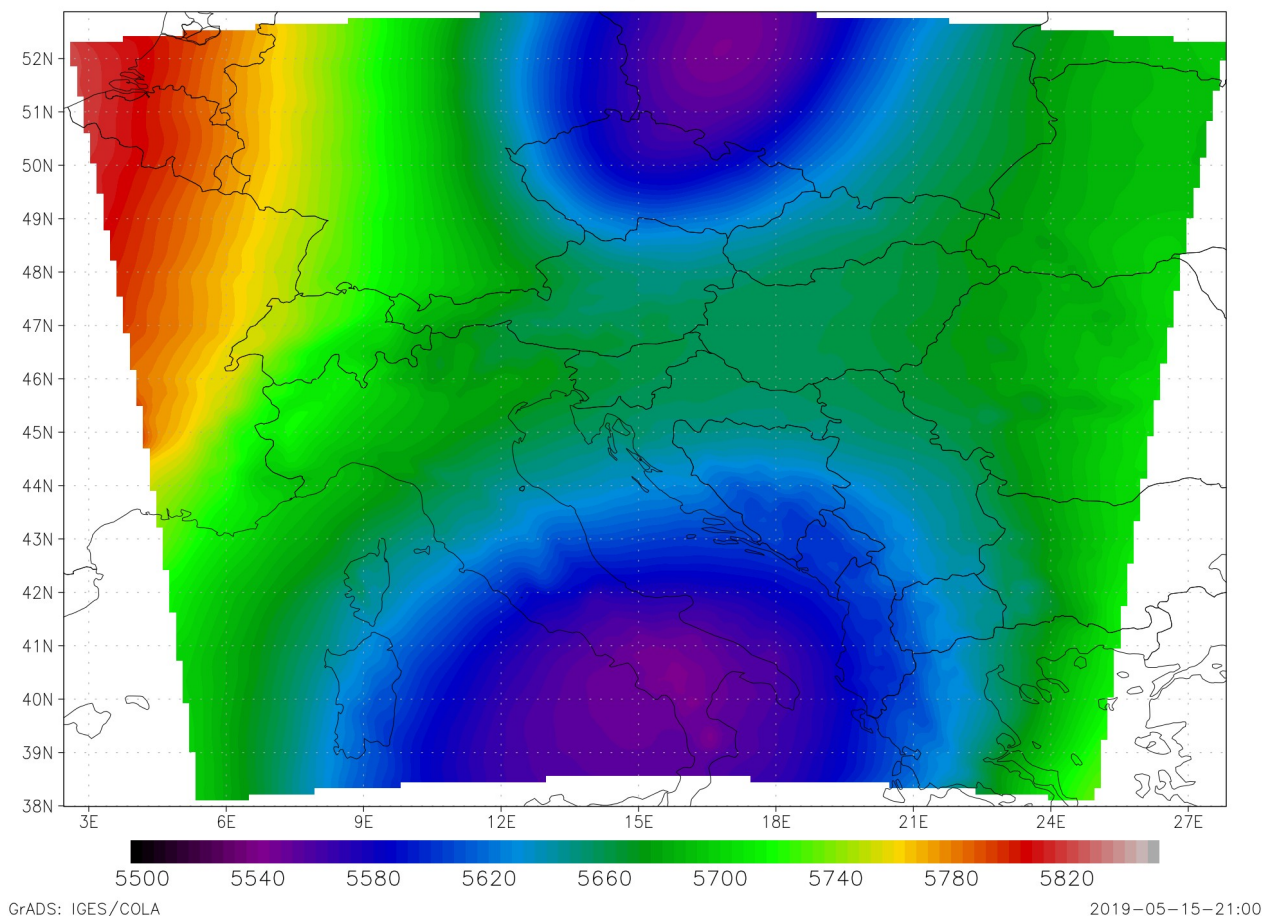
Thickness 1000/500 hPa, 2019:05:14:00z



Slika 10: Relativna topografija 1000/500 hPa, domena d01, 14. svibnja 2019. 00 UTC

Na slici 10, slično kao na slici 9, moguće je uočiti raspored toplih i hladnih zračnih masa nad regijom, na polju relativne topografije 1000/500 hektopaskala.

HGT at 500hPa, 2019:05:14:00z



Slika 11: Apsolutna topografija 1000/500 hPa, domena d01, 14. svibnja 2019. 00 UTC

Slika 11 prikazuje polje apsolutne topografije na plohi 500 hPa pri čemu su očljive dvije izolirane doline, jedna sa središtem nad južnom Italijom i druga nad južnom Poljskom. Greben polja povišenog geopotencijala nalazi se nad sjeverozapadnom obalom kontinenta.

Reference

1. Državni hidrometeorološki zavod, *Nevrijeme u Hrvatskoj od 12. do 14. svibnja 2019.*, priopćenje dostupno na http://meteo.hr/objave_najave_natjecaji.php?section=onn¶m=objave&el=priopcenja&daj=pr14052019
2. Podaci Državnog hidrometeorološkog zavoda, mjerenja s automatskih meteoroloških postaja.
3. The Deutscher Wetterdienst ICON-EU model, <https://www.dwd.de/SharedDocs/downloads/DE/modelldokumentationen/nwv/icon/>

[icon_dbbeschr_aktuell.pdf;jsessionid=A32B54FAE9439F569647FCBE1D260DA3.live11044?view=nasPublication&nn=495490](http://icon.dbbeschr.aktuell.pdf;jsessionid=A32B54FAE9439F569647FCBE1D260DA3.live11044?view=nasPublication&nn=495490)

4. WRF User's Guide, v4.1, dostupno na

http://www2.mmm.ucar.edu/wrf/users/docs/user_guide_v4/v4.1/users_guide_chap5.html#Phys

5. WRF-ARW model, Skamarock, W. C., J. B. Klemp, J. Dudhia, D. O. Gill, Z. Liu, J. Berner, W. Wang, J. G. Powers, M. G. Duda, D. M. Barker, and X.-Y. Huang, 2019: A Description of the Advanced Research WRF Version 4. *NCAR Tech. Note NCAR/TN-556+STR*, 145 pp.

[doi:10.5065/1dfh-6p97](https://doi.org/10.5065/1dfh-6p97)

6. Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer (ASTER) Digital Elevation Model, <https://catalog.data.gov/dataset/aster-digital-elevation-model-v003>

Izradu preliminarne analize nevremena iz sredine svibnja 2019., potpisuju Ivan Toman i Nino Rašić.

<https://www.meteoadriatic.net>