

**Prognozirajmo vrijeme pomoću GLOBE podataka**

**Forecasting weather using GLOBE data**

Učenici: Grga Štimac, Zrinka Fabijanić, Gabrijela Fehervari

Mentori: Zrinko Bahorić, Ivana Čordašev

Šumarska i drvodjeljska škola Karlovac, Karlovac

## Sažetak

Znamo da se podaci koje svakodnevno šaljemo u GLOBE bazu koriste za znanstvena istraživanja. Također, koristimo ih za naše istraživačke projekte, iako ih rade učenici koji još nisu završili formalno strukovno obrazovanje, projekti nam daju odgovore na mnoga zanimljiva pitanja. Učenici smo smjera meteorološki tehničari te nas je zanimalo možemo li mi pomoću GLOBE podataka reći nešto o budućem stanju atmosfere tj. možemo li mi prognozirati vrijeme za određene sinoptičke situacije u nekom kraćem vremenskom intervalu za određenu lokaciju. Konkretno, najviše nas zanimaju vremenske situacije prilikom kojih dolazi do oborina te većih promjena u temperaturi zraka. To je bio glavni razlog zašto smo izabrali promatrati atmosferske fronte. U ovom radu analizirat ćemo temperaturu zraka, relativnu vlažnost zraka, tlak zraka i količinu oborine prilikom dolaska i prolaska tople i hladne fronte u Karlovcu. Promjernom navedenih meteoroloških elemenata pokušat ćemo ustanoviti određene veze s dolaskom hladne i tople fronte te na taj način pokušati predvidjeti dolazak istih na određeno područje.

## Abstract

We know that the data that we regularly send to the GLOBE database are used in scientific research. We also use them for our own research projects, although they are being worked on by students that haven't finished formal education, these projects give us answers to a lot of interesting questions. We are students meteorological technicians and the one thing that was interesting to us was that can we with the help of GLOBE data say something about the future state of the atmosphere that is can we predict the weather for a certain synoptic situation in a short period of time for a specific location. Specifically, we are most interested in situations when the weather situations are changing, so that leads to worsening weather. That was the main reason why we chose to watch atmospheric fronts. In this project we will observe air temperature, relative humidity of air, air pressure and precipitation amount upon the arrival and passing of the cold front in Karlovac. By change of these meteorological elements we will try to establish certain connections with the arrival of the cold and warm front and so on that way we will try to predict the arrival of the same fronts on a certain area.

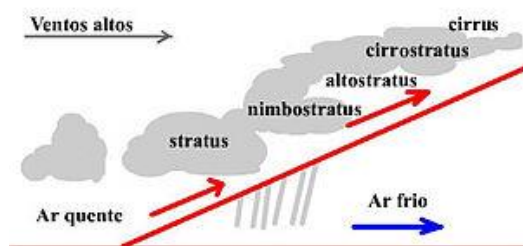
## Uvod

Svakodnevno kao učenici smjera meteorološki tehničar, te kao GLOBE grupa, mjerimo meteorološke podatke. Naučili smo da se dobra prognoza ne može napraviti bez kvalitetnih meteoroloških podataka. Naučili smo i to da se danas prognoze dobivaju pomoću numeričkih modela koje pokreću super računala, takve prognoze nazivaju se objektivne prognoze. Nas je zanimalo, možemo li pomoću svojih podataka na neki način prognozirati nekoliko sati unaprijed dolazak promjene vremena, početak oborine i veće promjene temperature zraka u Karlovcu. Naša škola ima automatsku meteorološku postaju DAVIS. Uz DAVIS postaju imamo i unutarnji zaslon na kojem možemo u realnom vremenu pratiti promjenu meteoroloških elemenata, pa nas je zanimalo možemo li na neki način znanjem o promjeni pojedinih elemenata unazad par sati, prognozirati što će se događati u budućem vremenu. Takve naše prognoze bile bi subjektivne. Konkretno, u ovom radu bavit ćemo se toplom i hladnom atmosferskom frontom. Odabrali smo toplu i hladnu frontu jer znamo da one donose promjenu vremena tj. da nam one donose oborinu i osjetne promjene u temperaturi zraka što je u vremenskim prognozama obično i najvažnija informacija.

Promatrat ćemo podatke temperature zraka, tlaka zraka, relativne vlažnosti zraka te podatke o količini oborine. Postaja se nalazi na ravnom dijelu krova naše škole. Koristiti ćemo GLOBE protokole za atmosferu za navedene meteorološke elemente. Prema potrebi, koristit ćemo i podatke s klasične školske GLOBE meteorološke postaje. Želimo vidjeti možemo li toliku količinu podataka iskoristiti za neku vrstu kratkoročne prognoze. Proučili smo dodatno što su te kako utječu na vrijeme topla i hladna fronta.

### Topla fronta

Atmosferska fronta između dviju različitih zračnih masa u kojoj se topliji zrak premješta tako da potiskuje hladni zrak, podižući se iznad njega u obliku blago položenoga klina. Pri dizanju na graničnoj plohi vlažni se zrak toplije zračne mase adijabatski hladi, a vodena para ukapljuje se u slojevite oblake širine od 600 do 1000 km. U pred frontalnom području pada oborina, koja je blizu fronte jača (intenzivnija) i stalnija. Pri prolazu fronte temperatura raste, smjer i brzina vjetra mijenjaju se i često pada rosulja. Tople fronte su većinom stabilnog tipa sa slojevitom naoblakom ali ako je topla zračna masa nestabilna, javljaju se oblaci uspravnog razvitka, pa su oborine u pred frontalnom djelu povremeno pojačane pljuskovima i popraćene grmljavinom.



Slika 1. Topla fronta – nastajanje  
Figure 1. Warm front – emergence [2]



Slika 2. Topla fronta- simbol  
Figure 2. Warm front – symbol [3]

## Hladna fronta

Atmosferska fronta koja se premješta tako da hladniji zrak prodire prema toplijem i sustiže ga, potiskuje ga u obliku klina i zauzima njegovo mjesto. Topliji zrak gura uvis, pa je dizanje toplog zraka burnije nego kod tople fronte. Praćena je promjenom u smjeru i brzini vjetra, padom temperature, pojave pljuskova, grmljavine, povećanje vlažnosti, padom tlaka zraka. Prilikom neposrednog dolaska fronte nad promatrano područje tlak zraka naglo poraste. Prevladava grudasta naoblaka: Stratocumulus, Cumulonimbus, Cumulus, Altocumulus. Na sinoptičkoj karti ucrtava se na mjestu gdje se sijeku frontalna ploha i površina Zemlje.



Slika 3. Hladna fronta – nastajanje  
Figure 3. Cold front – emergence [4]



Slika 4. Simbol hladne fronte  
Figure 4. Cold front – symbol [5]



Slika 5. Meteorološka automatska postaja DAVIS, Šumarska i drvodjeljska škola Karlovac (ŠAMP Karlovac); koordinate postaje: 45.49° N, 15.56° E, nadmorska visina 119 m

Figure 5. Meteorological automatic station DAVIS, Šumarska i drvodjeljska škola Karlovac (ŠAMP Karlovac); station coordinates: 45.49° N, 15.56° E, elevation: 119 m

### Istraživačka pitanja i hipoteze:

Istraživačka pitanja:

1. Kako topla fronta utječe na vrijeme?
2. Kako hladna fronta utječe na vrijeme?
3. Možemo li Globe podacima o temperaturi, tlaku i relativnoj vlažnosti zraka te oborini predvidjeti dolazak fronte?
4. Koliko vremenski unaprijed, pomoću GLOBE podataka, možemo predvidjeti dolazak fronte?

Hipoteze:

1. Topla fronta donosi oborinu i porast temperature zraka.
2. Hladna fronta donosi oborinu i pad temperature zraka.
3. GLOBE podacima o temperaturi/tlaku/relativnoj vlažnosti zraka možemo predvidjeti dolazak tople/hladne fronte:
  - 3.1. Temperatura zraka raste približavanjem tople fronte
  - 3.2. Temperatura zraka opada prilikom približavanja hladne fronte
  - 3.3. Relativna vlažnost zraka se povećava dolaskom tople i hladne fronte
  - 3.4. Tlak zraka opada približavanjem tople i hladne fronte
4. Dolazak fronte pomoću GLOBE podataka s DAVIS postaje možemo predvidjeti unaprijed 3 sata.

*\*Napomena: pod padom temperature/tlaka/relativne vlažnosti zraka smatramo negativni trend kretanja temperature/tlaka, r. vlažnosti u vremenu, trend uspoređujemo s prosječnim dnevnim hodom promatranih veličina*

## Metode istraživanja

Koristili smo podatke s automatske meteorološke postaje DAVIS (ŠAMP Karlovac) za temperaturu, tlak i relativnu vlažnost zraka, te oborinu. Postaja mjeri podatke svakih 15 minuta, to su terminski podaci temperature, tlaka i relativne vlažnosti zraka, te količine oborine u 15-minutnom intervalu. Postaja se nalazi na krovu naše škole, slika 5., analizirali smo podatke za cijelu 2021. godinu za navedene elemente.

Na samom početku istraživanja, detektirali smo dane s oborinom, zatim na [www.wetterzentrale.de](http://www.wetterzentrale.de) odabrali one dane kad je iznad Karlovca ili u blizini Karlovca prolazila topla/hladna fronta. Zatim smo te dane analizirali prema metodama koje ćemo objasniti dalje u tekstu.

Za temperaturu, tlak i relativnu vlažnost zraka uzimali smo podatke izmjerene u puni sat, dok smo za oborinu zbrajali vrijednosti između dva puna sata (primjer: količina oborine u 14 h za neki datum je zbroj količina oborine u 13.15 h, 13.30h, 13.45h i 14.00h). Kod grafičkog prikaza oborine crtali smo je u 15-minutnim intervalima, da bi bili precizniji kada je zaista počela padati. Da bi mogli promatrati promjene navedenih meteoroloških parametara, nacrtali smo dnevni hod promatrane veličine za dan koji nas zanima, te dnevni mjesečni hod za promatranu veličinu. Dnevni mjesečni hod smo crtali tako da smo u svakom mjesecu izračunali srednju temperaturu/tlak/relativnu vlažnost zraka za svaki sat. Izraz (1) prikazuje kako smo računali satne srednje vrijednosti temperatura u mjesecu. Analogno su se računale i vrijednosti tlaka zraka i relativne vlažnosti zraka.

$$t_{s01} = \frac{t_{011} + t_{012} + \dots + t_{01n}}{n} \quad (1)$$

$t_{s01}$ - srednja temperatura zraka u 01h u mjesecu

$t_{01n}$ - trenutna temperatura zraka u 01h u n-tom danu u mjesecu

Zatim smo uspoređivali dnevni hod promatrane veličine za pojedine datume s prosječnim mjesečnim dnevnih hodom iste. Usporedba tj. analiza je subjektivne prirode, te su se sva veća i značajnija odstupanja zapisana.

Nakon subjektivne usporedbe dnevnih hodova naših podataka slijedila je analiza sa sinoptičkim kartama. Sinoptičke karte preuzeli smo s [www.wetterzentrale.de](http://www.wetterzentrale.de).

Ovdje želimo napomenuti da je naša analiza subjektivna, te da smo vremensku točku dolaska fronte označili s početkom padanja oborine, svjesni smo da to nije sasvim točno, jer oborina može padati i u pred frontalnoj zoni, ili iza frontalne zone, ali nas zanima kada počinje padati kiša u Karlovcu pa to smatramo opravdanim. Nadalje, ne možemo pratiti kad je fronta zaista bila iznad Karlovca jer nam je vremenska rezolucija sinoptičkih karata 24h.

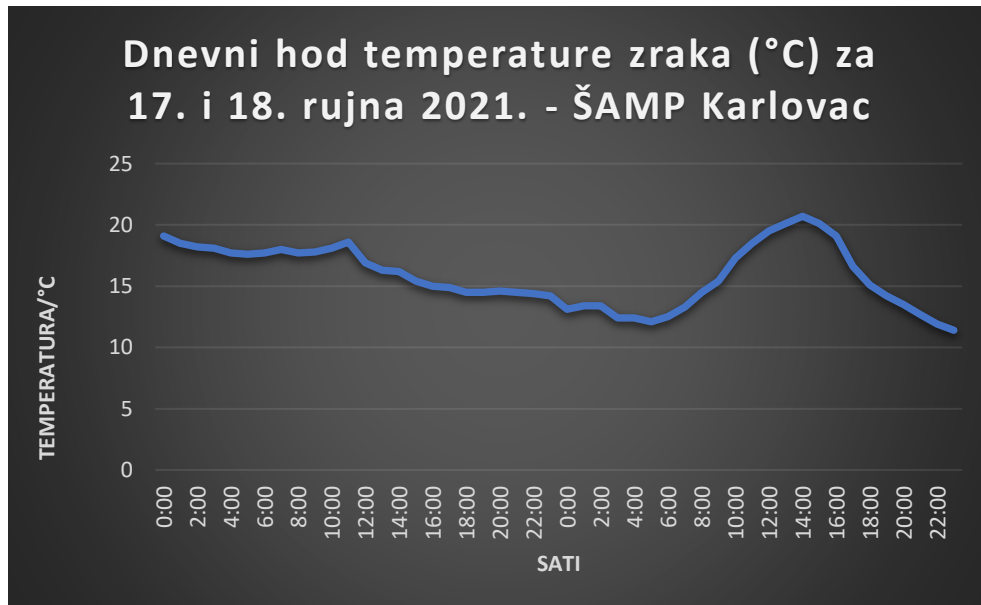
Ono što smo naučili, pokušali smo u nekoj mjeri primijeniti na našim podacima kao prognostičari. Subjektivne prognoze izrađuju meteorolozi prognostičari na osnovu raznih dostupnih motrenih podataka, izračuna više prognostičkih modela, ali i vlastitog iskustva. Subjektivna prognoza se temelji na subjektivnim procjenama meteorologa kakav će biti razvoj vremena, a objektivna ili računalna prognoza je izravan rezultat nekog atmosferskog prognostičkog modela (npr. ECMWF ili ALADIN).

## Prikaz i analiza podataka

Obradili smo tj. analizirali 20 slučajeva s frontalnim poremećajem iznad Karlovca, zbog opsega samih slučajeva, ali i sličnosti nekih, u radu ćemo prikazati samo 6 koje smo smatrali najzanimljivijima tj. najreprezentativnijima.  
Svi grafovi su crtani u softverskom programu Microsoft Excel.

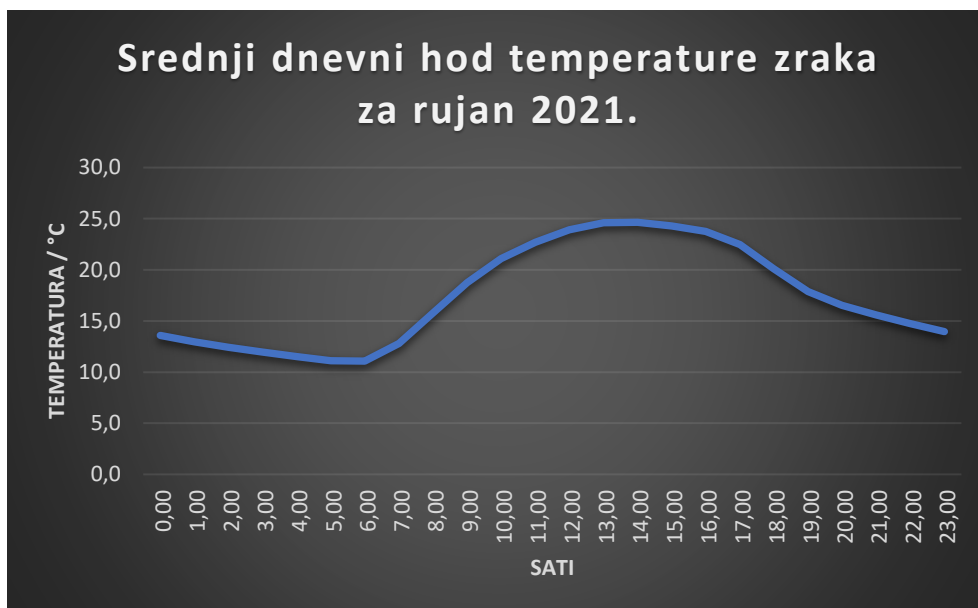
### Slučaj 1

17. i 18. rujna, 2021., hladna fronta



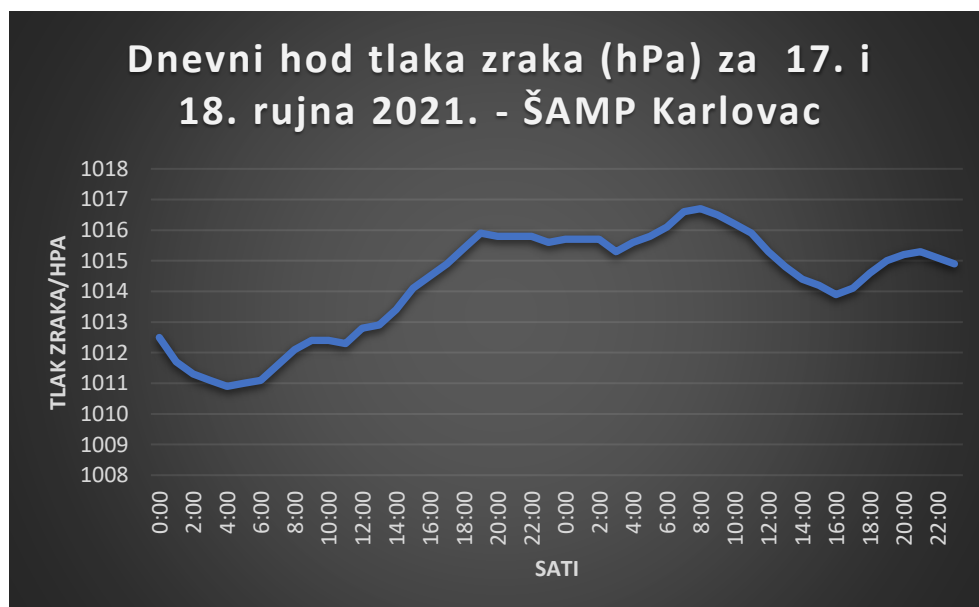
Slika 6. Dnevni hod temperature zraka (°C) za 17. i 18. rujna 2021., automatska postaja DAVIS, Šumarska i drvodjeljska škola Karlovac (ŠAMP Karlovac)

Figure 6. Daily air temperature (°C) for September 17, 18 2021, automatic station DAVIS, Šumarska i drvodjeljska škola Karlovac (ŠAMP Karlovac)



Slika 7. Srednji dnevni hod temperature zraka (°C) za rujan 2021., automatska postaja DAVIS, Šumarska i drvodjeljska škola Karlovac  
 Figure 7. Daily air temperature (°C) for September 2021, automatic station DAVIS, Šumarska i drvodjeljska škola Karlovac

Iz slike 6. vidi se da temperatura 17. rujna u jutarnjim satima nakon izlaska sunca ne raste kao što bi očekivali prema dnevnom hodu temperature zraka za rujan, slika 7. Također, dnevni maksimum je u 11:00h što je ranije od očekivanog, nakon toga temperatura konstantno opada za taj dan. To nas upućuje na dolazak hladne fronte.



Slika 8. Dnevni hod tlaka zraka (hPa) za 17. i 18. rujna 2021., automatska postaja DAVIS, Šumarska i drvodjeljska škola Karlovac  
 Figure 8. Daily air pressure (hPa) for September 17, 18 2021, automatic station DAVIS, Šumarska i drvodjeljska škola Karlovac

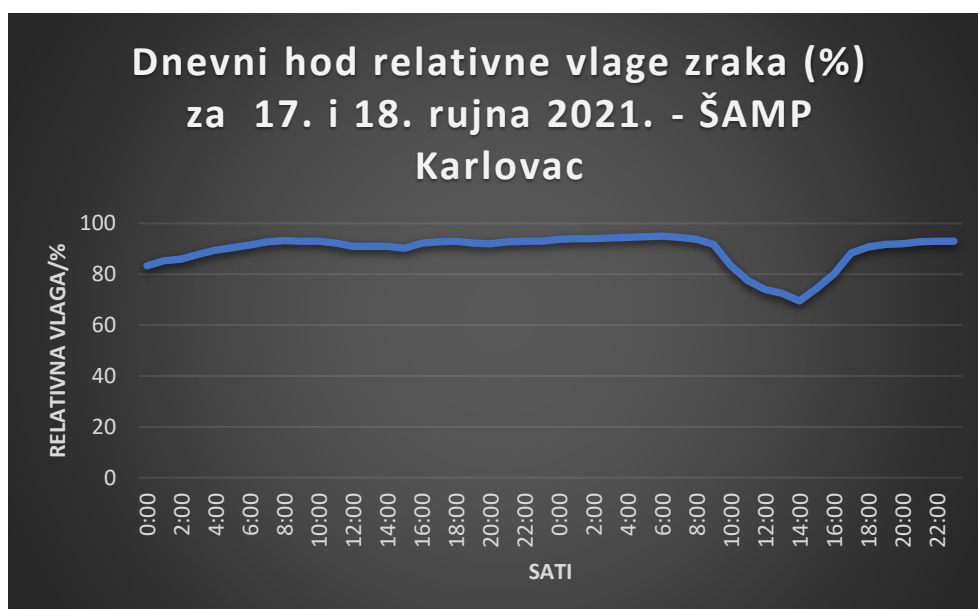




Slika 9. Srednji dnevni hod tlaka zraka (hPa) za rujan 2021., automatska postaja DAVIS, Šumarska i drvodjeljska škola Karlovac

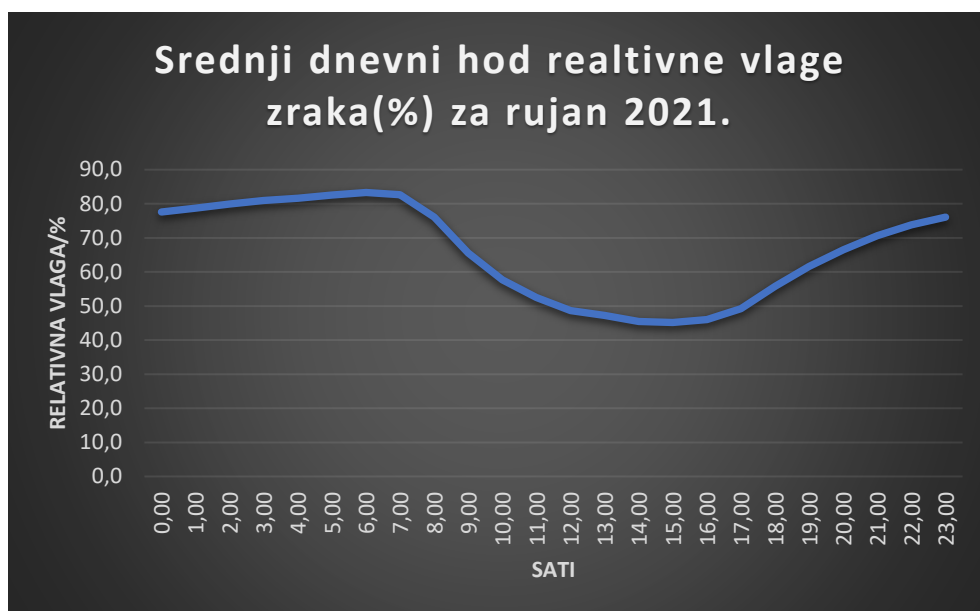
Figure 9. Daily air pressure (hPa) for September 2021, automatic station DAVIS, Šumarska i drvodjeljska škola Karlovac

Iz slike 8. vidi se kako tlak zraka u od ponoći 17. rujna pa do jutra pada, što je suprotno od uobičajene situacije koja se vidi na slici 9. Oko 7 sati ujutro možemo vidjeti porast tlaka koji nam signalizira dolazak hladne fronte na Karlovac. S obzirom na uobičajeni dnevni hod tlaka, možemo zaključiti da bi se ovdje prilikom porasta tlaka zraka oko 4.00h radilo o dolasku hladne fronte.



Slika 10. Dnevni hod relativne vlažnosti zraka (%) za 17. i 18. rujna 2021., automatska postaja DAVIS, Šumarska i drvodjeljska škola Karlovac

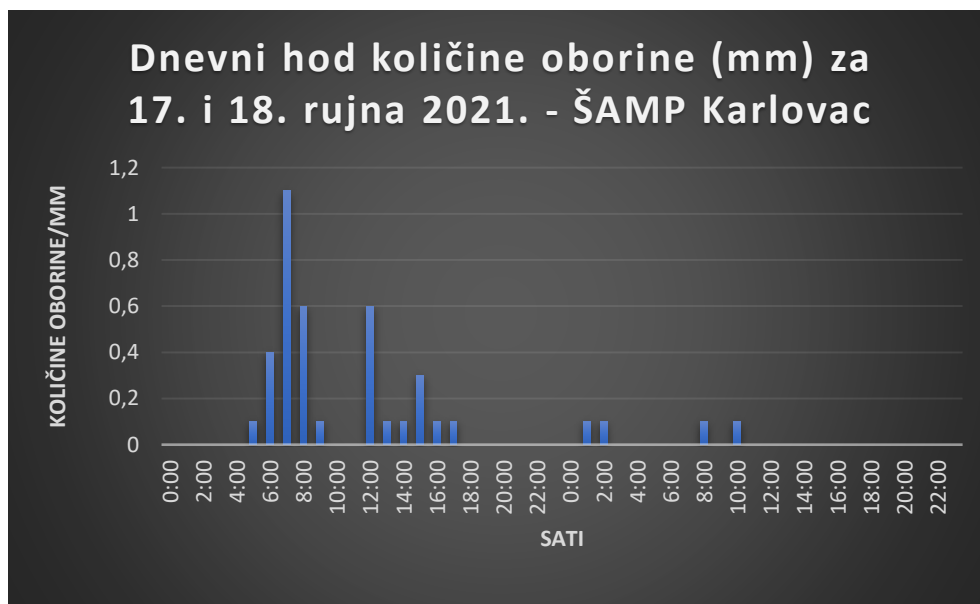
Figure 10. Daily air humidity (%) for September 17, 18 2021, automatic station DAVIS, Šumarska i drvodjeljska škola Karlovac



Slika 11. Srednji dnevni hod relativne vlage zraka (%) za rujan 2021., automatska postaja DAVIS, Šumarska i drvodjeljska škola Karlovac

Figure 11. Daily air humidity (%) for September 2021, automatic station DAVIS, Šumarska i drvodjeljska škola Karlovac

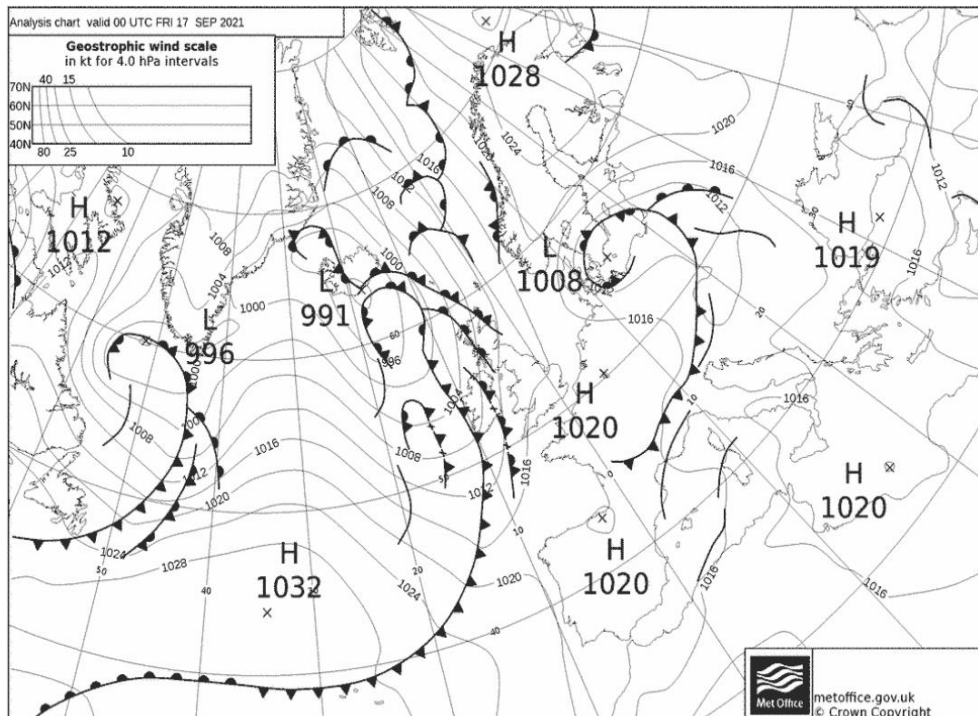
Slika 10. nam prikazuje kako je relativna vlažnost zraka 17. rujna cijeli dan visoka, iznad 90%, također vidi se da nakon izlaska sunca ona nastavlja rasti, a ne padati kako bi očekivali prema srednjem dnevnom hodu, slika 11.



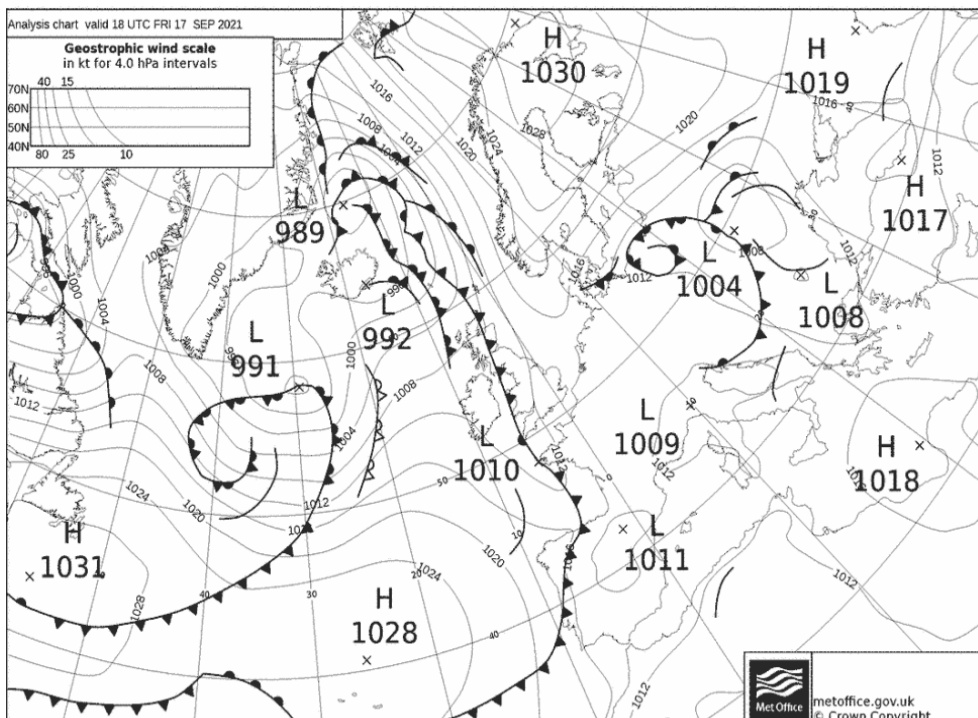
Slika 12. Dnevni hod količine oborine (mm) za 17. i 18. rujna 2021., automatska postaja DAVIS, Šumarska i drvodjeljska škola Karlovac

Figure 12. Daily rainfall (mm) for September 17, 18 2021, automatic station DAVIS, Šumarska i drvodjeljska škola Karlovac

17. rujna 2021. oborina u Karlovcu je počela padati oko 5:00h. Početak oborine uzet ćemo kao vremensku točku dolaska hladne fronte, iako znamo da oborina može padati i u pred frontalnoj zoni, kao i iza zone fronte što smo već i napomenuli u metodama istraživanja.



Slika 13. Sinoptička slika na području Europe u 00:00 UTC 17.rujna 2021.  
Figure 13. Synop map of Europe in 00:00 UTC September 17, 2021 [7]

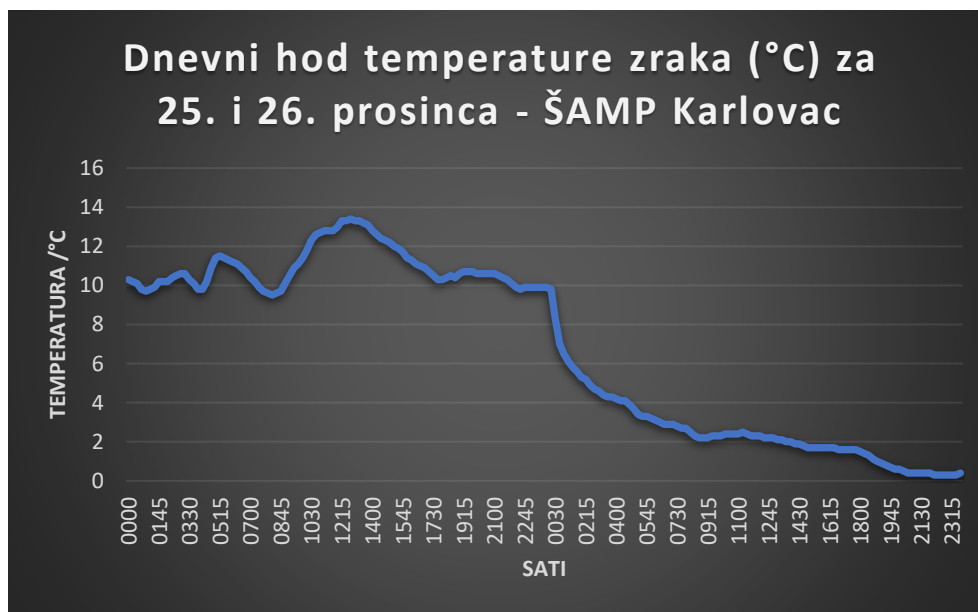


Slika 14. Sinoptička slika na području Europe u 18:00 UTC 17.rujna 2021  
Figure 14. Synop map of Europe in 18:00 UTC September 17, 2021 [8]

Sa slike 13. i 14. vidi se da je hladna fronta prošla kroz Karlovac 17. rujna između 00h i 18h. Ako prema oborini uzmemo da je fronta bila nad Karlovcem u 5:00h možemo zaključiti da su trendovi temperature, tlaka i relativne vlažnosti upućivali na dolazak fronte. Od ponoći se temperatura sporo snižavala, tlak je padao, te u 4 sata imamo naglo povećanje tlaka, što nam signalizira dolazak hladne fronte nad Karlovac. U 4 sata možemo sa velikom sigurnošću zaključiti da će doći do promjene, to je jedan sat unaprijed. Od ponoći se prema podacima nagoviješta poremećaj što je 5 sati unaprijed.

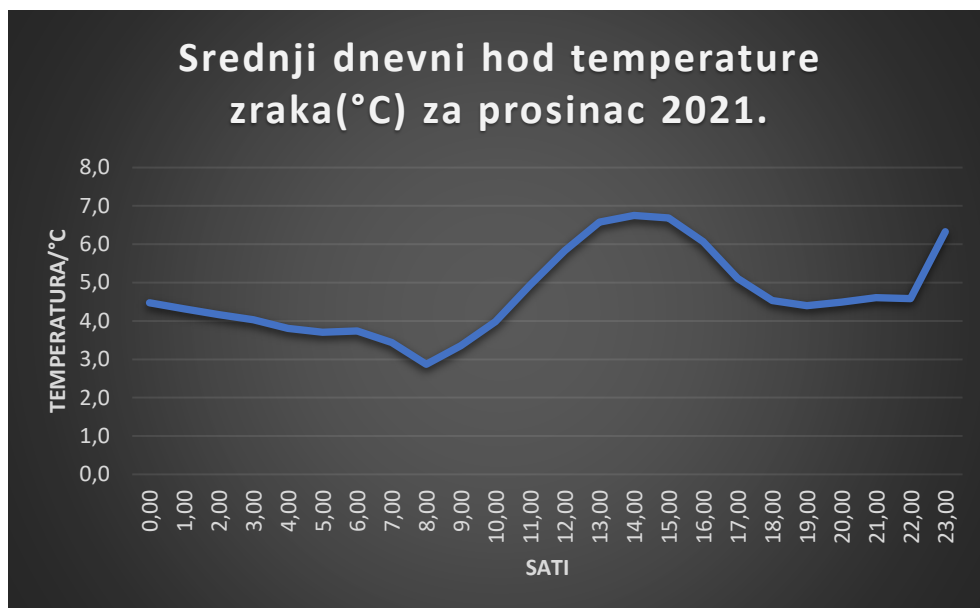
## Slučaj 2

### 25. i 26. prosinca, 2021., topla fronta



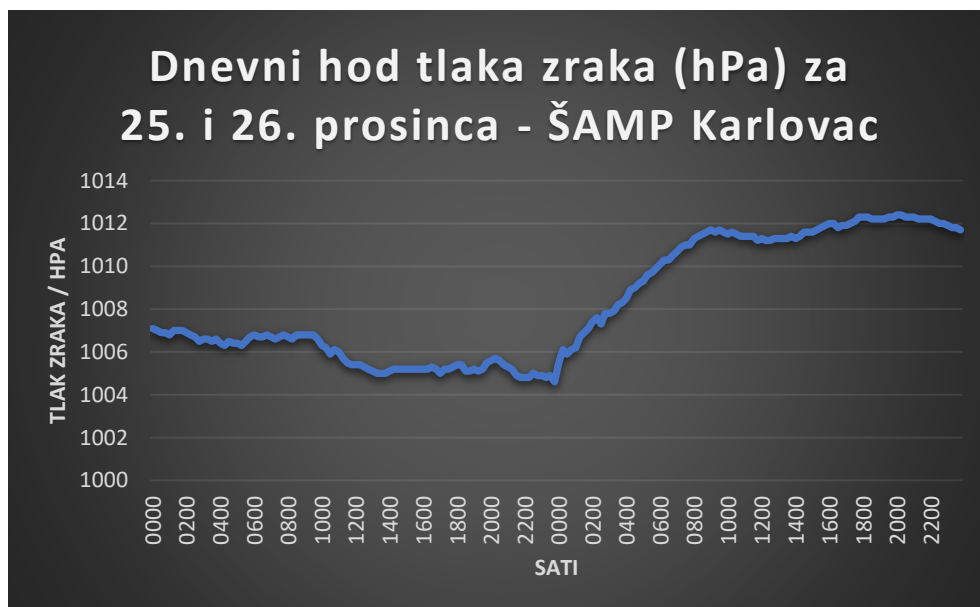
Slika 15. Dnevni hod temperature zraka (°C) za 25. i 26. prosinca 2021., automatska postaja DAVIS, Šumarska i drvodjeljska škola Karlovac

Figure 15. Daily air temperature (°C) for December 25, 26 2021, automatic station DAVIS, Šumarska i drvodjeljska škola Karlovac



Slika 16. Srednji dnevni hod temperature zraka (°C) za prosinac 2021., automatska postaja DAVIS, Šumarska i drvodjeljska škola Karlovac  
 Figure 16. Daily air temperature (°C) for December 2021, automatic station DAVIS, Šumarska i drvodjeljska škola Karlovac

Iz slike 15. vidimo da se temperatura zraka u jutarnjim satima 25. prosinca kreće obrnuto od očekivanog te počinje padati oko 6h i zadržava očekivani dnevni hod do 13h. Nakon toga temperatura zraka počinje padati, ali do značajne promjene dolazi oko 19h kada je temperatura gotovo stalna do ponoći.

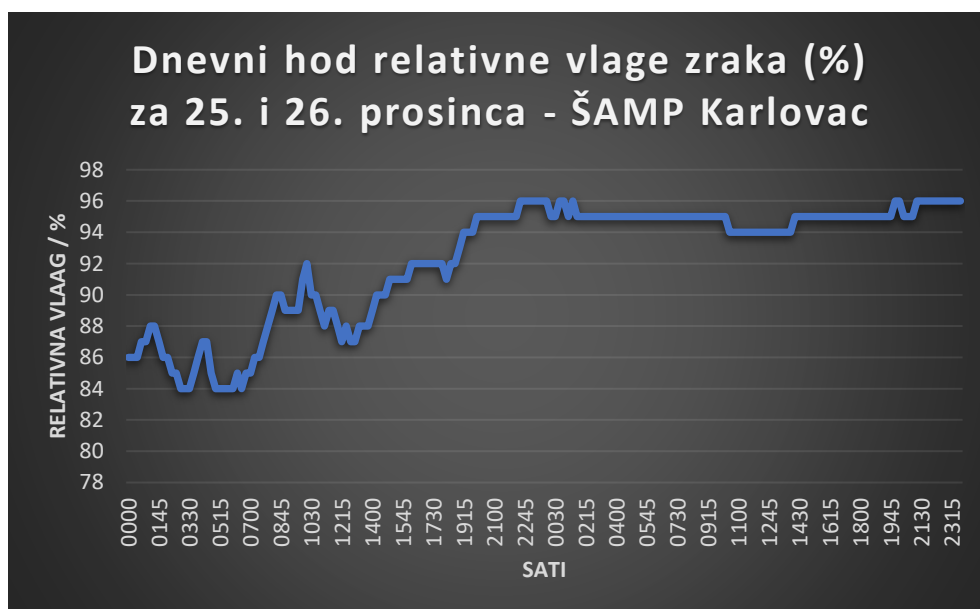


Slika 17. Dnevni hod tlaka zraka (hPa) za 25. i 26. prosinca 2021., automatska postaja DAVIS, Šumarska i drvodjeljska škola Karlovac  
 Figure 17. Daily air pressure (hPa) for December 25, 26 2021, automatic station DAVIS, Šumarska i drvodjeljska škola Karlovac



Slika 18. Srednji dnevni hod tlaka zraka (hPa) za prosinac 2021., automatska postaja DAVIS, Šumarska i drvodjeljska škola Karlovac  
 Figure 18. Daily air pressure (hPa) for December 2021, automatic station DAVIS, Šumarska i drvodjeljska škola Karlovac

Iz slike 17. i 18. primjećujemo da tlak zraka 25. prosinca nema očekivani dnevni hod. U jutarnjim satima kada očekujemo rast vidimo da je stalan do 10h kada počinje padati te zadržava svoju vrijednost do ponoći kada kreće u nagli rast.

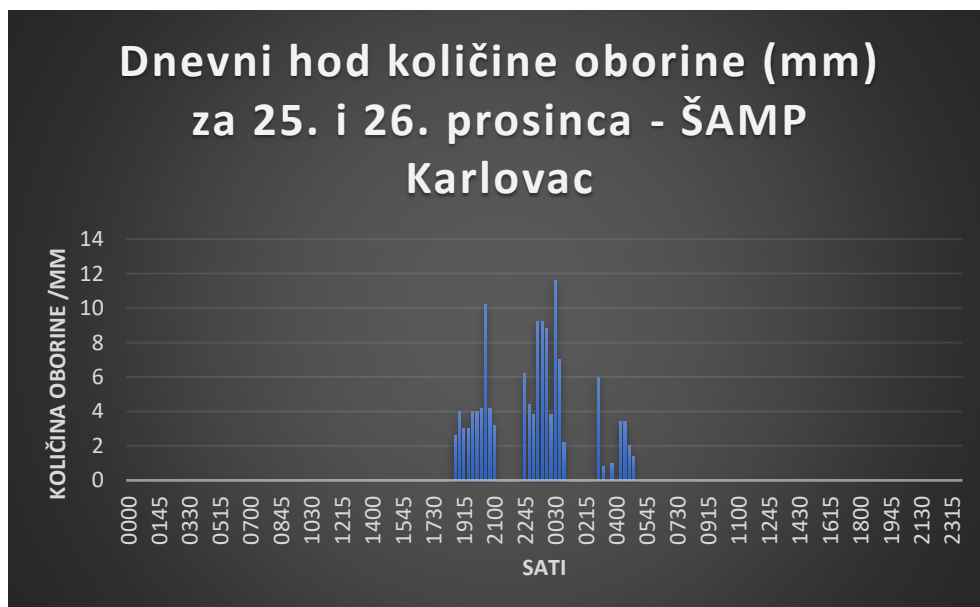


Slika 19. Dnevni hod relativne vlage zraka (%) za 25. i 26. prosinca 2021., automatska postaja DAVIS, Šumarska i drvodjeljska škola Karlovac  
 Figure 19. Daily air humidity (%) for December 25, 26 2021, automatic station DAVIS, Šumarska i drvodjeljska škola Karlovac



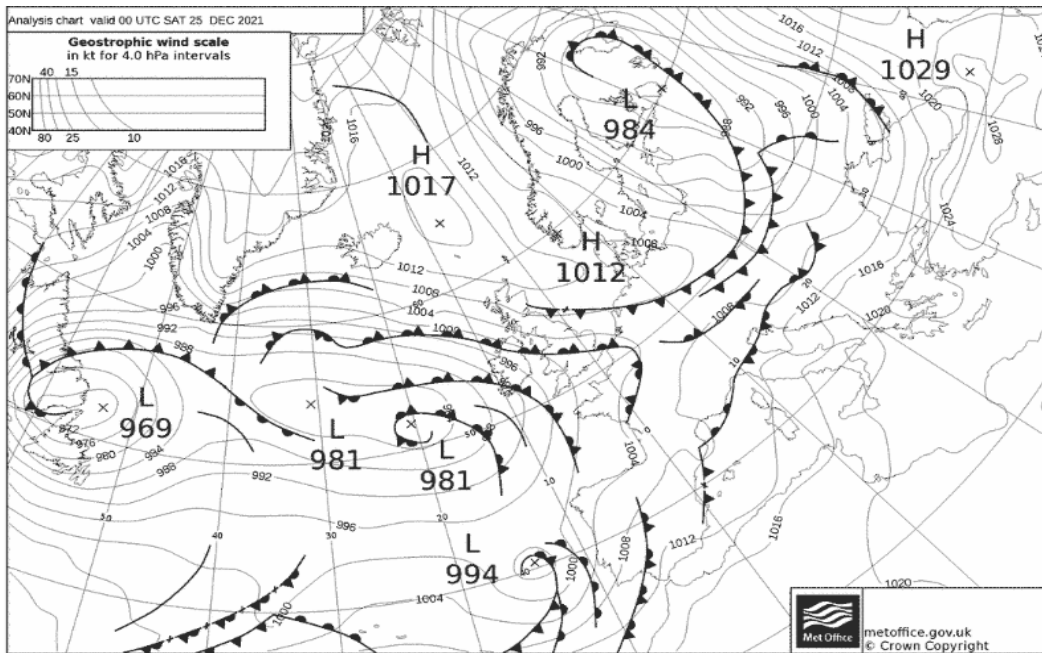
Slika 20. Srednji dnevni hod relativne vlage zraka (%) za prosinac 2021., automatska postaja DAVIS, Šumarska i drvodjeljska škola Karlovac  
 Figure 20. Daily air humidity (%) for December 2021, automatic station DAVIS, Šumarska i drvodjeljska škola Karlovac

Na slikama 19. i 20. vidimo da relativna vlaga prelazi vrijednost od 90% oko 14h 25. prosinca i zadržava tu vrijednost kroz cijeli idući dan što je obrnuto od očekivanog dnevnog hoda u prosincu.

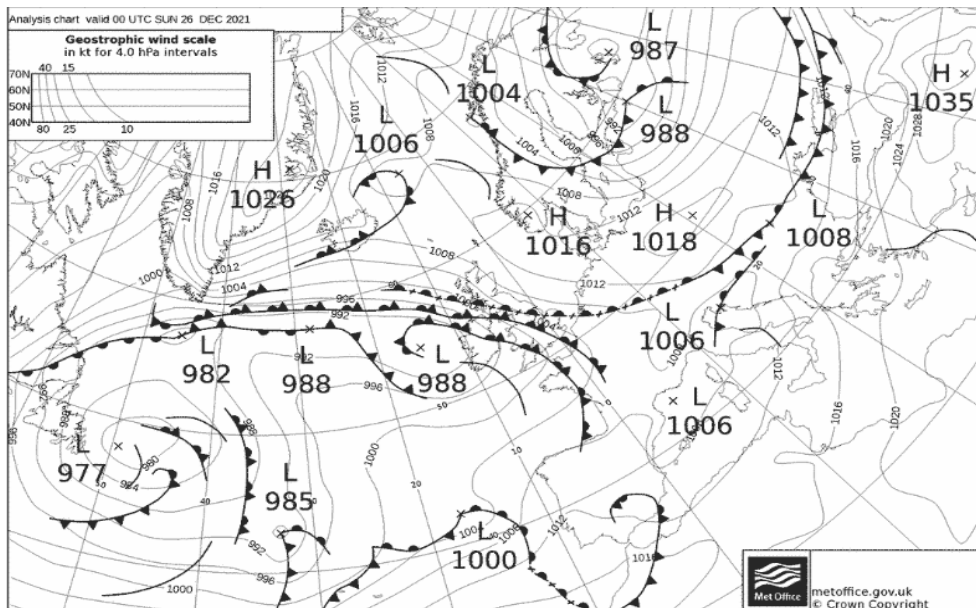


Slika 21. Dnevni hod količine oborine (mm) za 25. i 26. prosinca 2021., automatska postaja DAVIS, Šumarska i drvodjeljska škola Karlovac  
 Figure 21. Daily rainfall (mm) for December 25, 26 2021, automatic station DAVIS, Šumarska i drvodjeljska škola Karlovac

Na slici 21. možemo vidjeti da je oborina počela padati oko 19h 25. prosinca, što možemo uzeti kao dolazak fronte nad Karlovcem.



Slika 22. Sinoptička slika na području Europe u 00:00 UTC 25.prosinca 2021  
 Figure 22. Synop map of Europe in 00:00 UTC December 25, 2021 [9]



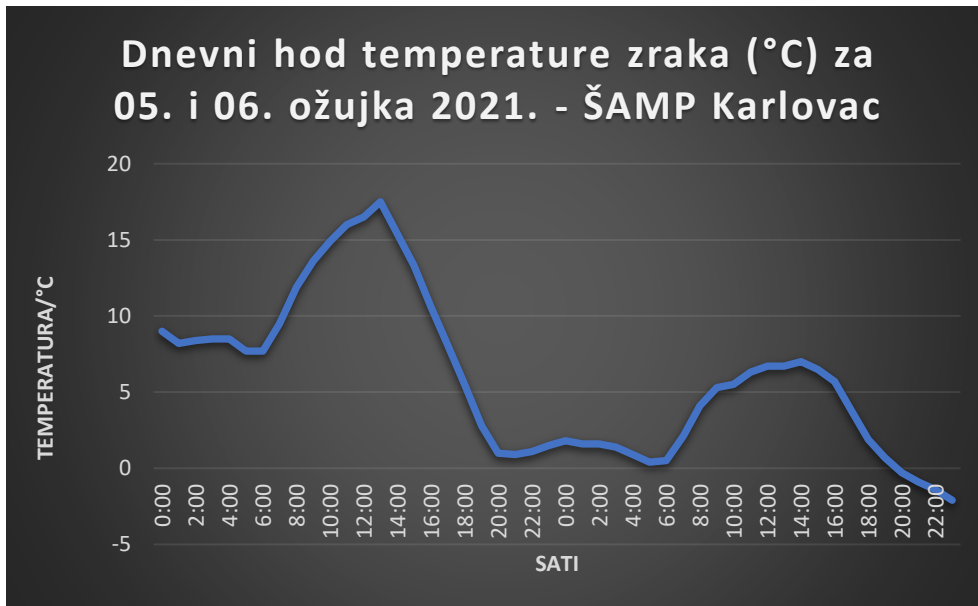
Slika 23. Sinoptička slika na području Europe u 00:00 UTC 26.prosinca 2021  
 Figure 23. Synop map of Europe in 00:00 UTC Decembar 26, 2021 [10]

Na slici 22. vidimo okludiranu frontu na području Karlovca 25. prosinca u 00h, a na slici 23. vidimo da je topla fronta 26.12 u 00UTC već prošla područje Karlovca. Iz navedenih grafova i slika možemo zaključiti kako je u jutarnjim satima 25.12. okludirana fronta vjerojatno narušavala dnevni hod tlaka. U popodnevним satima 25.12. od 15h očekivali bi da je tlak u porastu



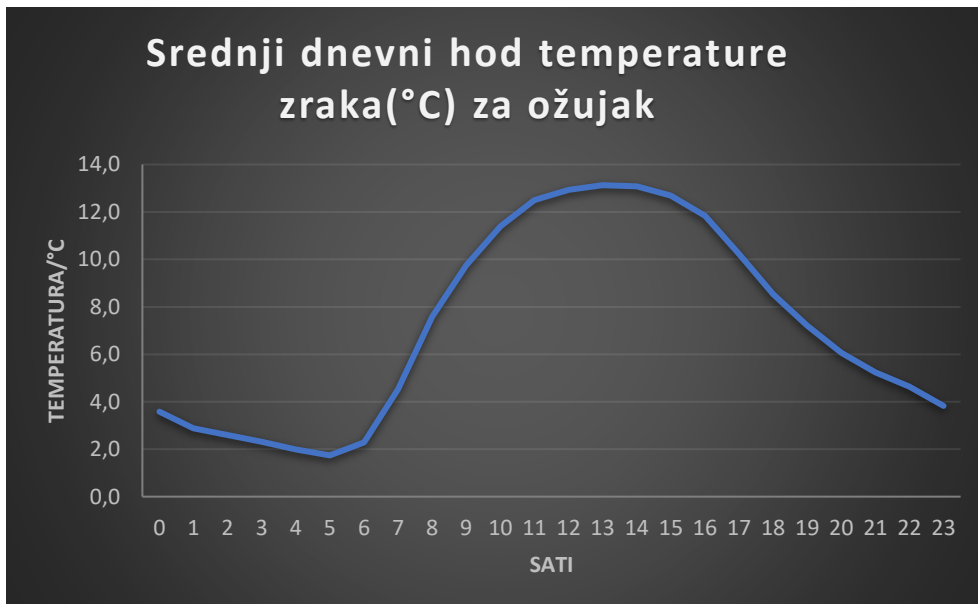
### Slučaj 3

#### 5. i 6. ožujka, 2021., hladna fronta



Slika 24. Dnevni hod temperature zraka (°C) za 05. i 06. ožujka 2021., automatska postaja DAVIS, Šumarska i drvodjeljska škola Karlovac

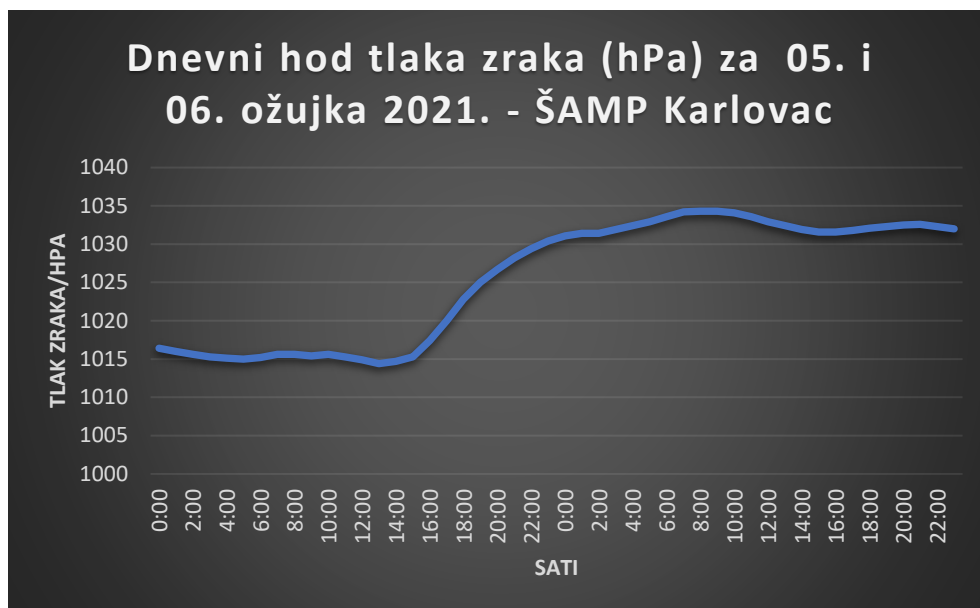
Figure 24. Daily air temperature (°C) for March 05, 06 2021, automatic station DAVIS, Šumarska i drvodjeljska škola Karlovac



Slika 25. Srednji dnevni hod temperature zraka (°C) za ožujak 2021., automatska postaja DAVIS, Šumarska i drvodjeljska škola Karlovac

Figure 25. Daily air temperature (°C) for March 2021, automatic station DAVIS, Šumarska i drvodjeljska škola Karlovac

Na slikama 24. i 25. vidimo očekivano kretanje temperature zraka 5. ožujka do 13h kada dolazi do maksimuma te nakon toga naglo pada za 16.5°C sve do 20h.

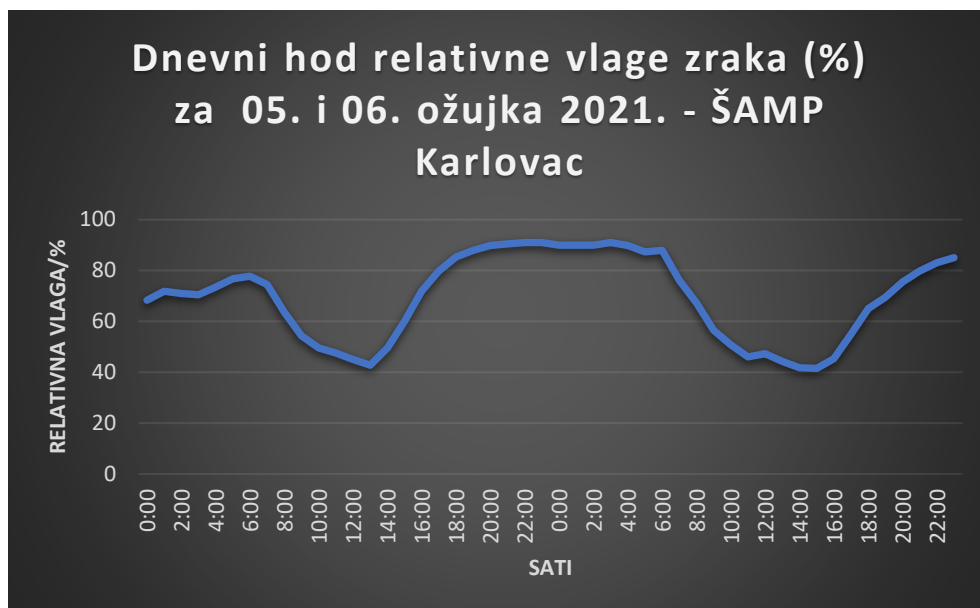


Slika 26. Dnevni hod tlaka zraka (hPa) za 05. i 06. ožujka 2021., automatska postaja DAVIS, Šumarska i drvodjeljska škola Karlovac  
 Figure 26. Daily air pressure (hPa) for March 05, 06 2021, automatic station DAVIS, Šumarska i drvodjeljska škola Karlovac

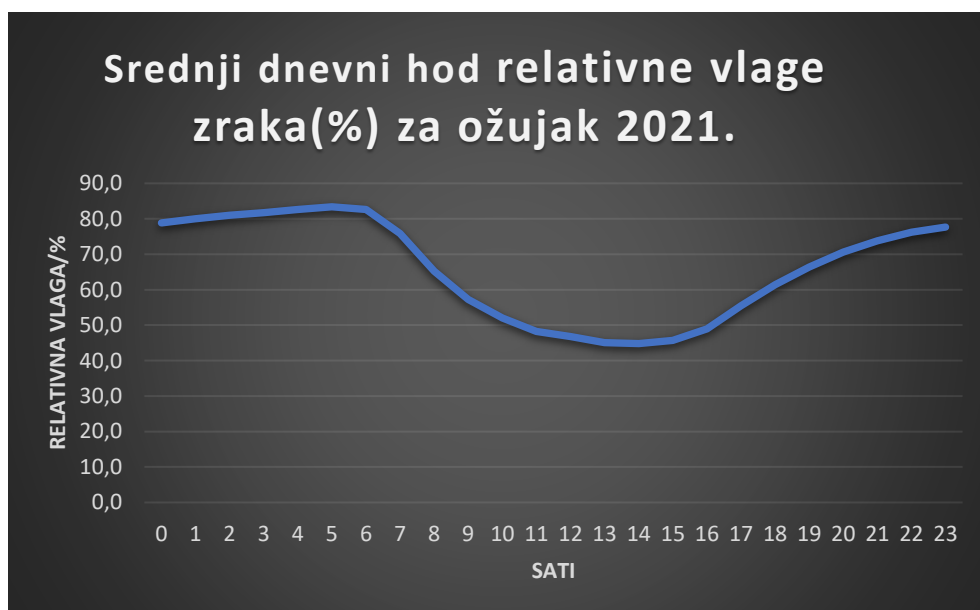


Slika 27. Srednji dnevni hod tlaka zraka (hPa) za ožujak 2021., automatska postaja DAVIS, Šumarska i drvodjeljska škola Karlovac  
 Figure 27. Daily air pressure (hPa) for March 2021, automatic station DAVIS, Šumarska i drvodjeljska škola Karlovac

Iz slike 26. vidimo da je tlak zraka 5. ožujka stalan do 14h nakon toga kreće rasti sve do 10h 6. ožujka kada postiže maksimum.

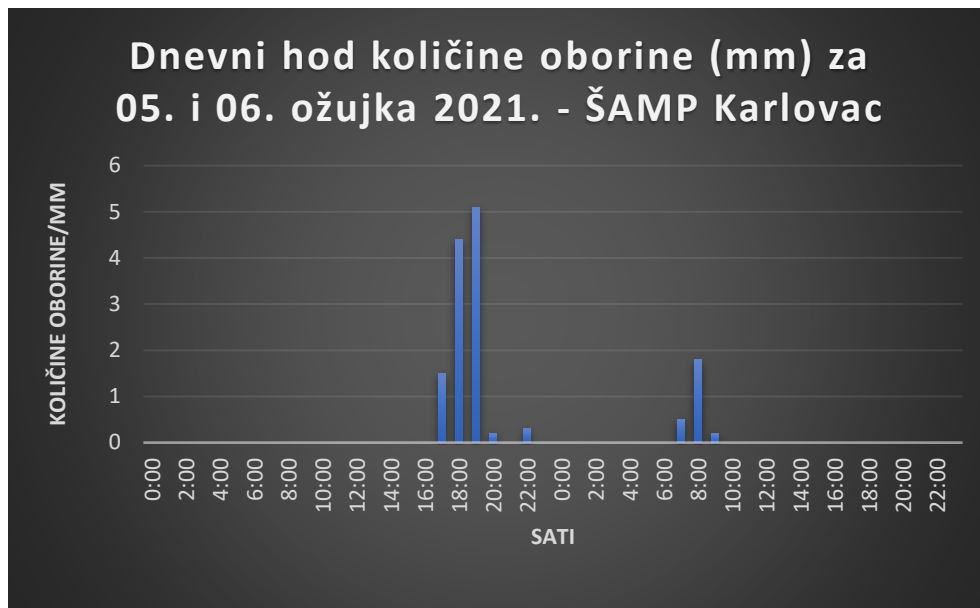


Slika 28. Dnevni hod relativne vlage zraka (%) za 05. i 06. ožujka 2021., automatska postaja DAVIS, Šumarska i drvodjeljska škola Karlovac  
Figure 28. Daily air humidity (%) for March 05, 06 2021, automatic station DAVIS, Šumarska i drvodjeljska škola Karlovac



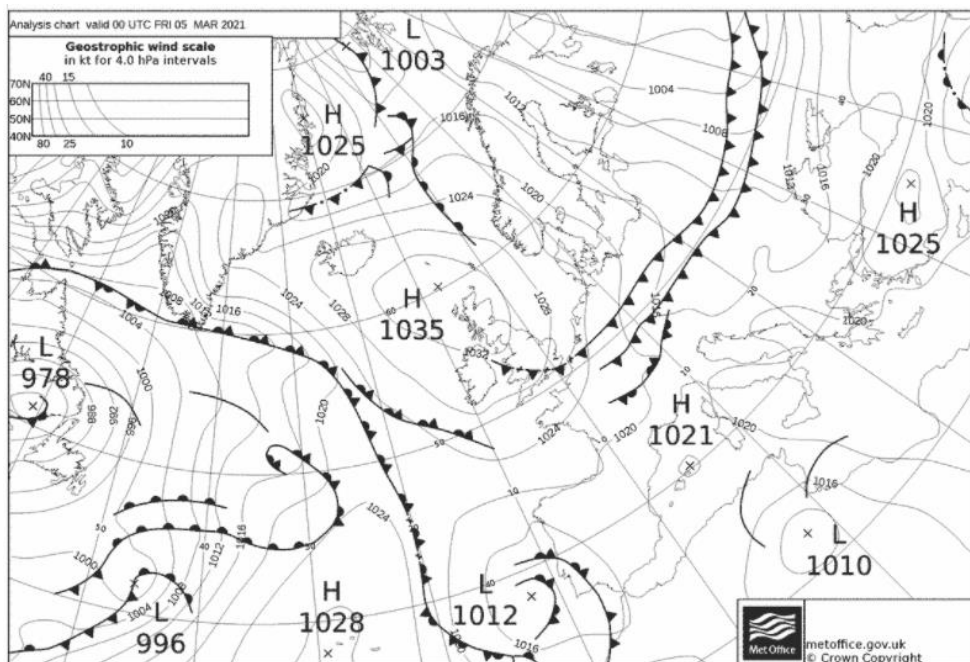
Slika 29. Srednji dnevni hod relativne zraka (%) za ožujak 2021., automatska postaja DAVIS, Šumarska i drvodjeljska škola Karlovac  
Figure 29. Daily air humidity (%) for March 2021, automatic station DAVIS, Šumarska i drvodjeljska škola Karlovac

Na slikama 28. i 29. vidimo da relativna vlaga zraka prelazi vrijednost od 80% u popodnevnim satima 5.3.

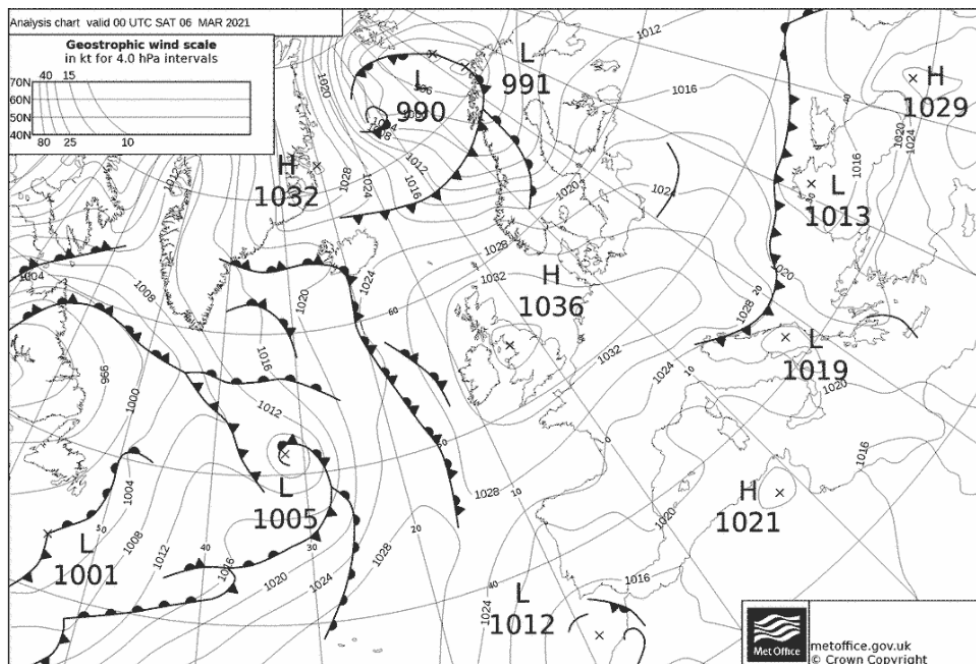


Slika 30. Dnevni hod količine oborine (mm) za 05. i 06. ožujka 2021., automatska postaja DAVIS, Šumarska i drvodjeljska škola Karlovac  
 Figure 30. Daily rainfall (mm) for March 05, 06 2021, automatic station DAVIS, Šumarska i drvodjeljska škola Karlovac

Slika 30. prikazuje da je oborina počela padati oko 17h 5. ožujka.



Slika 31. Sinoptička slika na području Europe u 00:00 UTC 05.ožujka 2021  
 Figure 31. Synop map of Europe in 00:00 UTC March 05, 2021 [11]



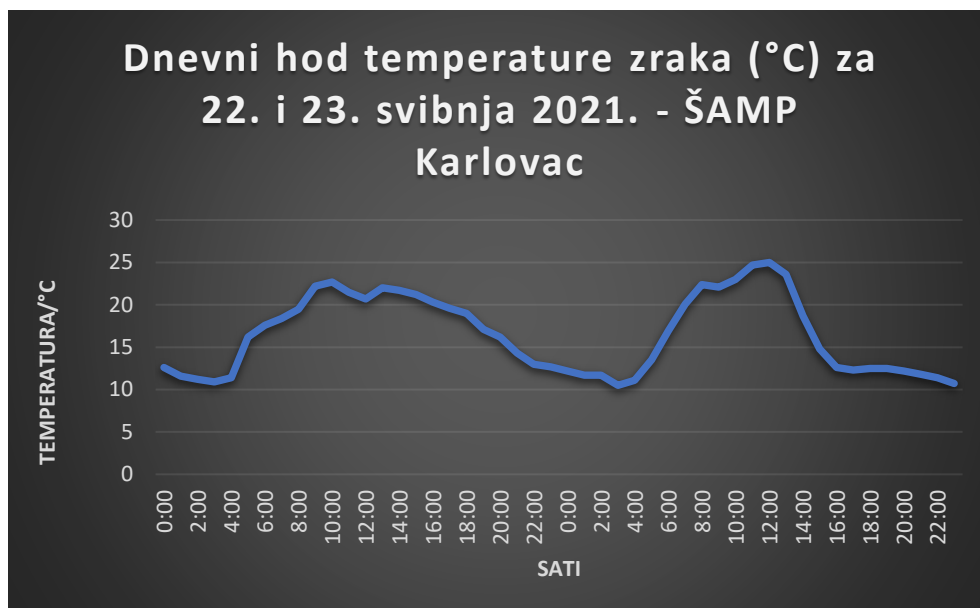
Slika 32. Sinoptička slika na području Europe u 00:00 UTC 06.ožujka 2021  
 Figure 32. Synop map of Europe in 00:00 UTC March 06, 2021 [12]

Sa slike 31. vidimo da se u 00UTC sjeverno od RH nalazi okludirana fronta, te još sjevernije hladna fronta. Slika 32. prikazuje prolazak hladne fronte preko Karlovca prije 00UTC 6. ožujka.

Prema našim podacima oborine, fronta je u Karlovac došla u 17h, Tlak zraka je bio u većem porastu od 14h, temperatura je bila u naglom padu od 14h, vlažnost je bila preko 85% u popodnevrim satima. Možemo zaključiti da su tlak i temperatura zraka nagoviještali dolazak fronte 3 sata ranije.

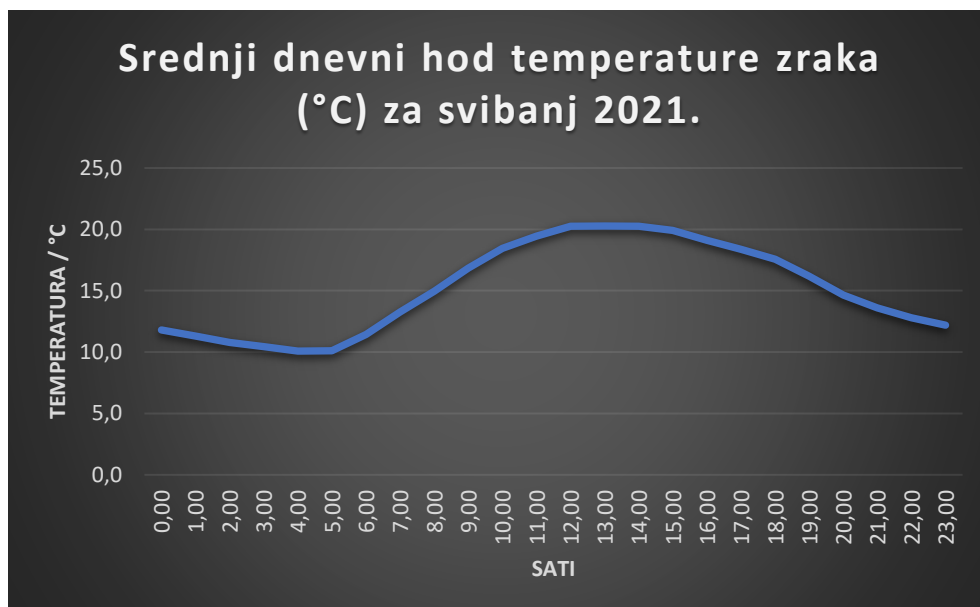
## Slučaj 4

22. i 23. svibnja, 2021., topla i hladna fronta



Slika 33. Dnevni hod temperature zraka (°C) za 22. i 23. svibnja 2021., automatska postaja DAVIS, Šumarska i drvodjeljska škola Karlovac

Figure 33. Daily air temperature (°C) for May 22, 23 2021, automatic station DAVIS, Šumarska i drvodjeljska škola Karlovac



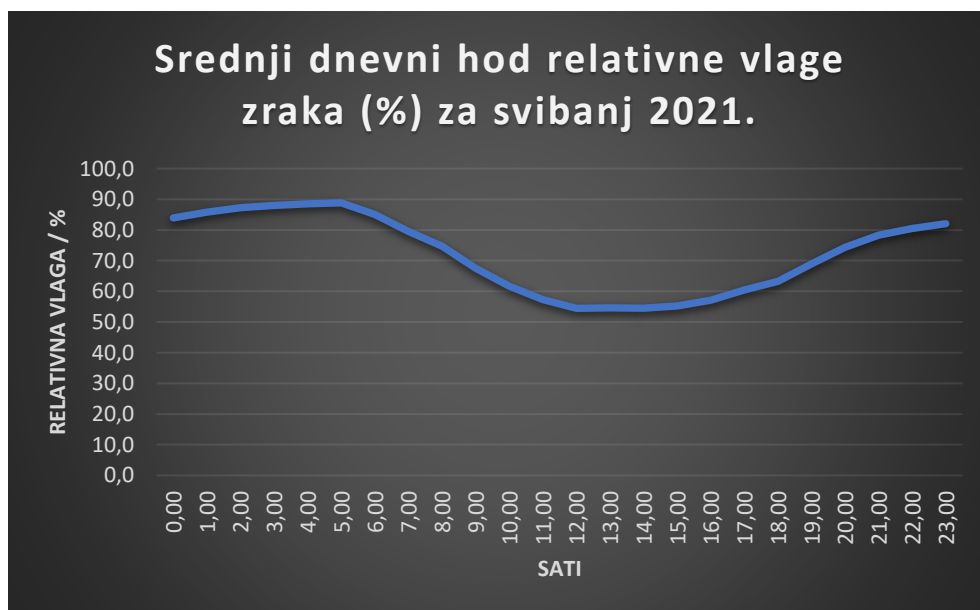
Slika 34. Srednji dnevni hod temperature zraka (°C) za svibanj 2021., automatska postaja DAVIS, Šumarska i drvodjeljska škola Karlovac

Figure 34. Daily air temperature (°C) for May 2021, automatic station DAVIS, Šumarska i drvodjeljska škola Karlovac

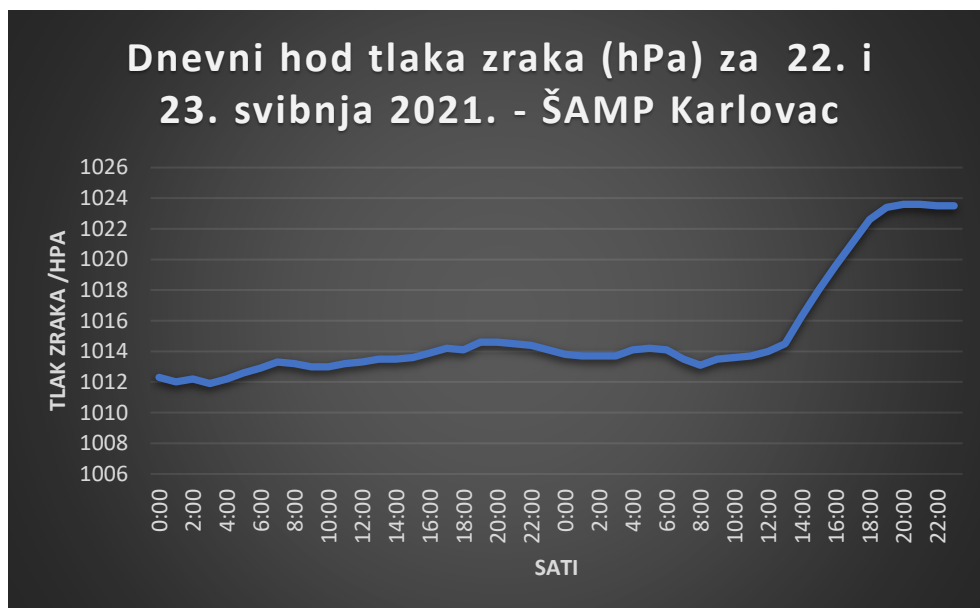
Iz slike 33. vidi se nagli pad temperature zraka od 13h do 16h 23. svibnja, to bi upućivalo na dolazak hladne fronte.



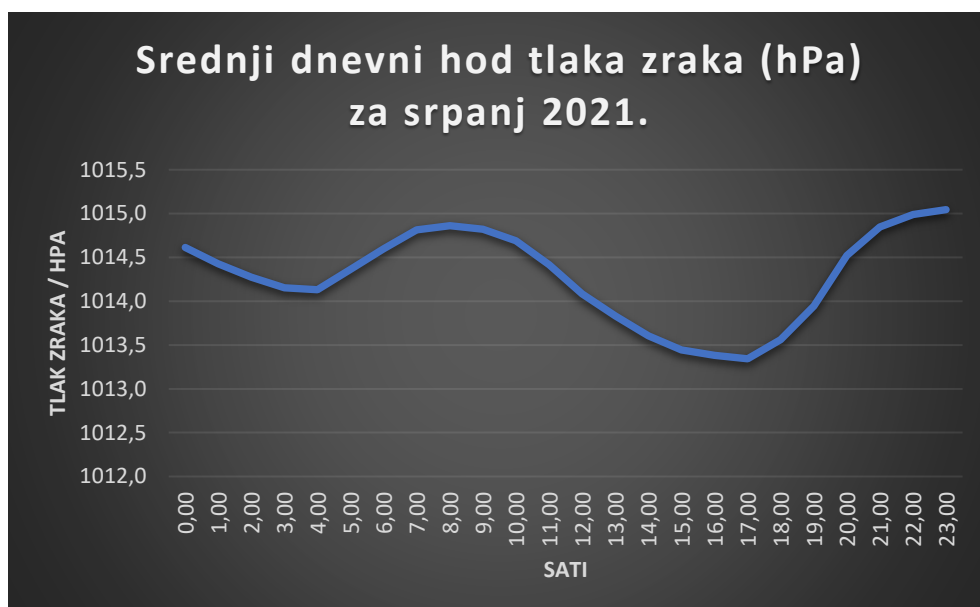
Slika 35. Dnevni hod relativne vlage zraka (%) za 22. i 23. svibnja 2021., automatska postaja DAVIS, Šumarska i drvodjeljska škola Karlovac  
Figure 35. Daily air humidity (%) for May 22, 23 2021, automatic station DAVIS, Šumarska i drvodjeljska škola Karlovac



Slika 36. Dnevni hod relativne zraka (%) za svibanj 2021., automatska postaja DAVIS, Šumarska i drvodjeljska škola Karlovac  
Figure 36. Daily air humidity (%) for May 2021, automatic station DAVIS, Šumarska i drvodjeljska škola Karlovac



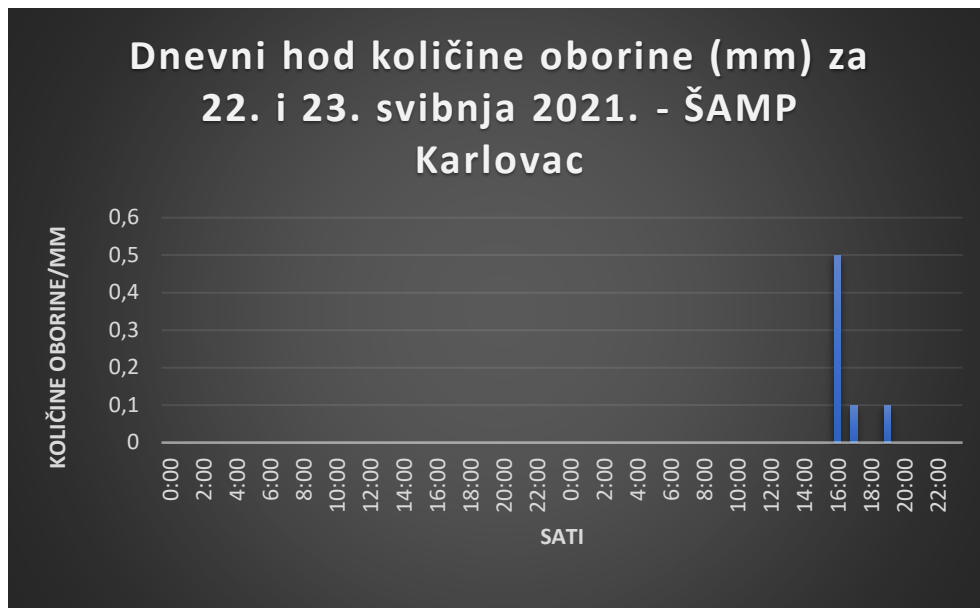
Slika 37. Dnevni hod tlaka zraka (hPa) za 22. i 23. svibnja 2021., automatska postaja DAVIS, Šumarska i drvodjeljska škola Karlovac  
 Figure 37. Daily air pressure (hPa) for May 22, 23 2021, automatic station DAVIS, Šumarska i drvodjeljska škola Karlovac



Slika 38. Dnevni hod tlaka zraka (hPa) za srpanj 2021., automatska postaja DAVIS, Šumarska i drvodjeljska škola Karlovac  
 Figure 38. Daily air pressure (hPa) for May 2021, automatic station DAVIS, Šumarska i drvodjeljska škola Karlovac

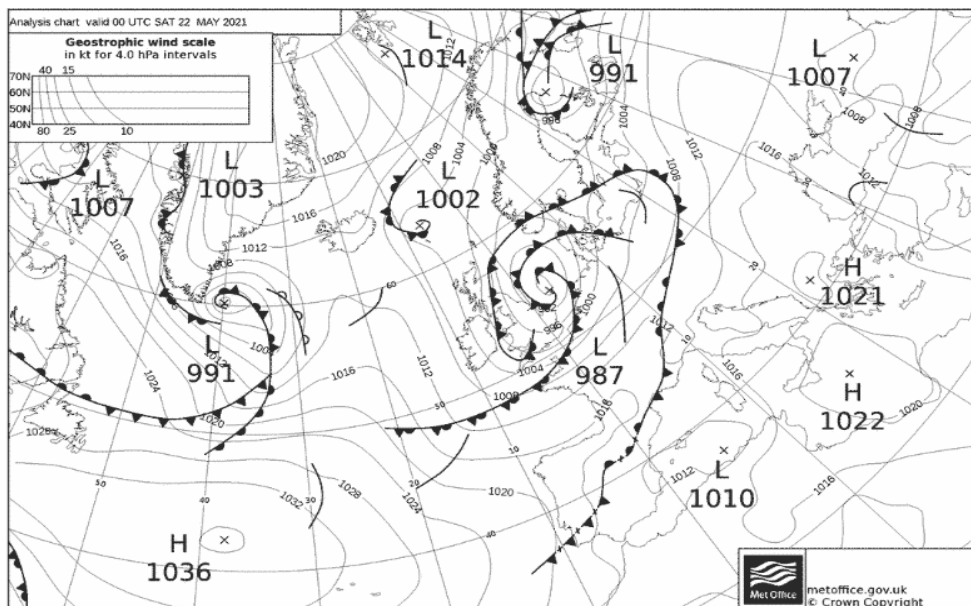
Slika 37. prikazuje kako je tlak manje više konstantan 22. svibnja, te do 12h 23. svibnja, nakon toga, od 13h, imamo nagli porast tlaka zraka što bi upućivalo na dolazak hladne fronte.



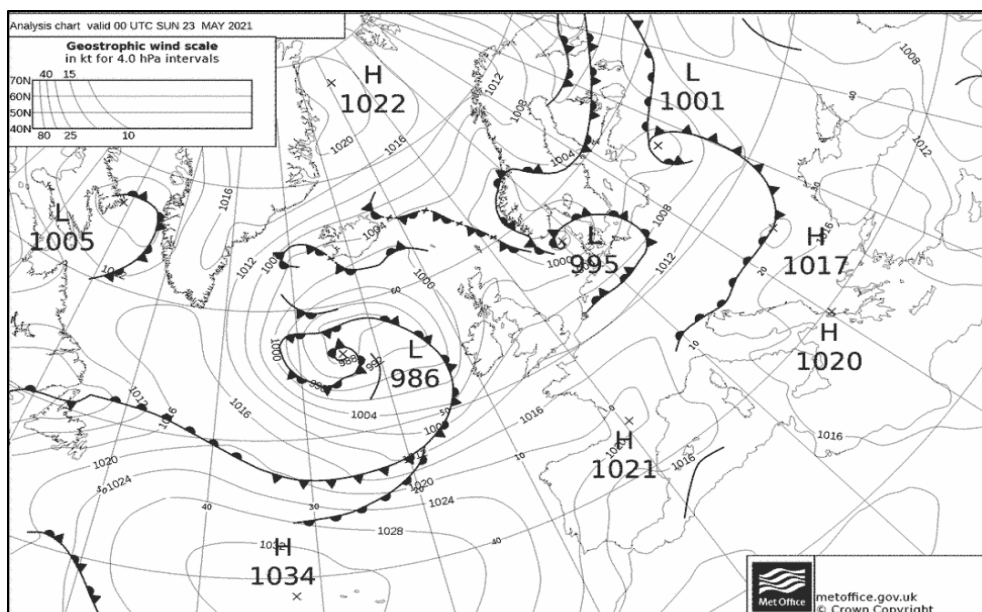


Slika 39. Dnevni hod količine oborine (mm) za 22. i 23. svibnja 2021., automatska postaja DAVIS, Šumarska i drvodjeljska škola Karlovac  
Figure 39. Daily rainfall (mm) for May 22, 23 2021, automatic station DAVIS, Šumarska i drvodjeljska škola Karlovac

Na slici 39. vidimo da je oborina počela padati u 16h 23. svibnja.



Slika 40. Sinoptička slika na području Europe u 00:00 UTC 22.svibnja 2021  
Figure 40. Synop map of Europe in 00:00 UTC May 22, 2021 [13]

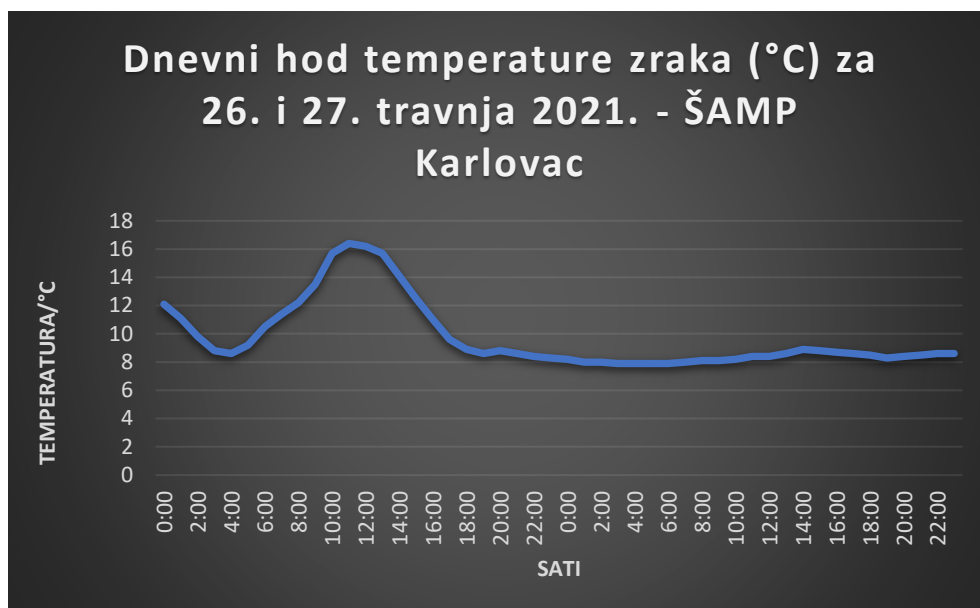


Slika 41. Sinoptička slika na području Europe u 00:00 UTC 23. svibnja 2021  
Figure 41. Synop map of Europe in 00:00 UTC May 23, 2021 [14]

Na slici 40. vidimo da je topla fronta 22. svibnja vrlo vjerojatno prošla iznad Karlovca, prema našim podacima oborine nije bilo, ali temperatura u popodnevnim satima je imala blaži pad od prosjeka. Na slici 41. vidimo da frontalnog poremećaja u neposrednoj blizini RH nema. Pa ne možemo sa sigurnošću tvrditi dali je hladna fronta zaista 23. svibnja bila iznad Karlovca oko 16h ili se radilo nastanku konvekcijskog kumulonimbusa nad područjem Karlovca, naši podaci ukazuju na prolazak hladne fronte, koju bi mogli prema podacima nagovijestiti 2 sata unaprijed.

## Slučaj 5

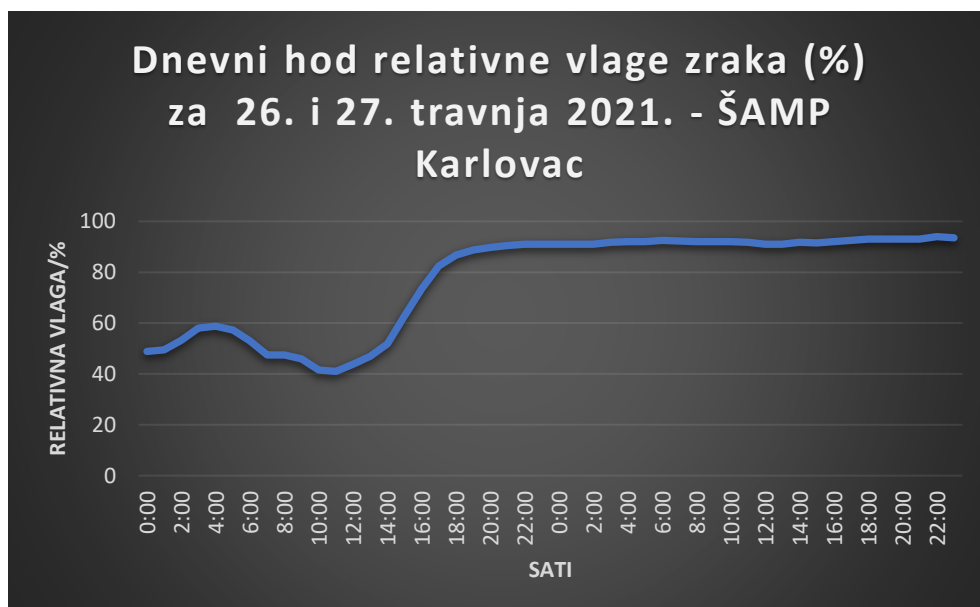
26. i 27. travnja 2021., topla fronta



Slika 42. Dnevni hod temperature zraka (°C) za 26. i 27. travnja 2021., automatska postaja DAVIS, Šumarska i drvodjeljska škola Karlovac

Figure 42. Daily air temperature (°C) for April 26, 27 2021, automatic station DAVIS, Šumarska i drvodjeljska škola Karlovac

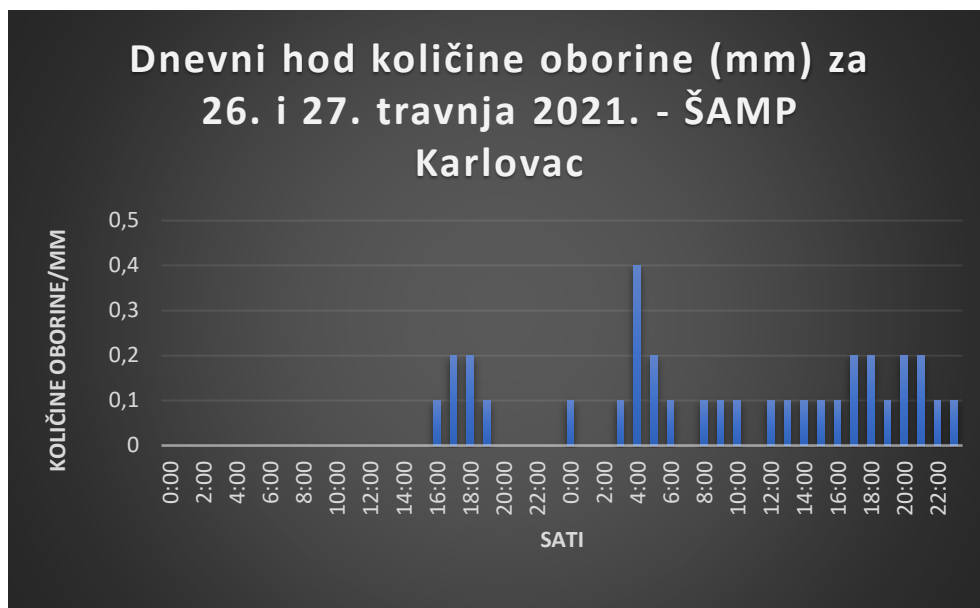
Na slici 42. u večernjim satima 26. travnja uočavamo da je temperatura zraka gotovo stalna, a očekivali bismo pad do jutarnjih sati idućeg dana, to nas može upućivati na dolazak tople fronte.



Slika 43. Dnevni hod relativne vlažnosti zraka za 26. i 27. travnja 2021., automatska postaja DAVIS, Šumarska i drvodjeljska škola Karlovac

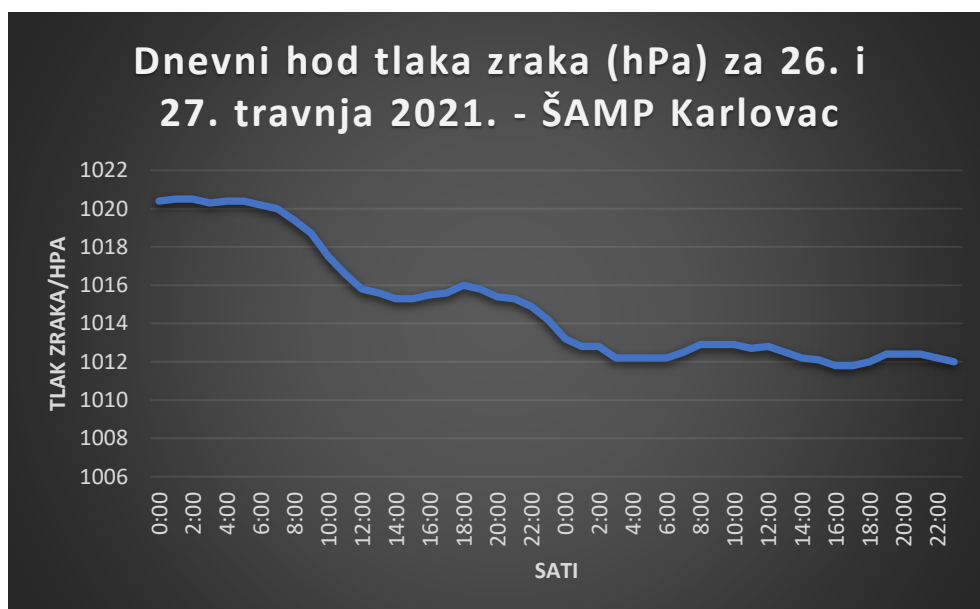
Figure 43. Daily air humidity (%) for April 26, 27 2021, automatic station DAVIS, Šumarska i drvodjeljska škola Karlovac

Slika 43. nam pokazuje porast relativne vlažnosti zraka, preko 90%, u kasnopopodnevним satima 26.travnja.



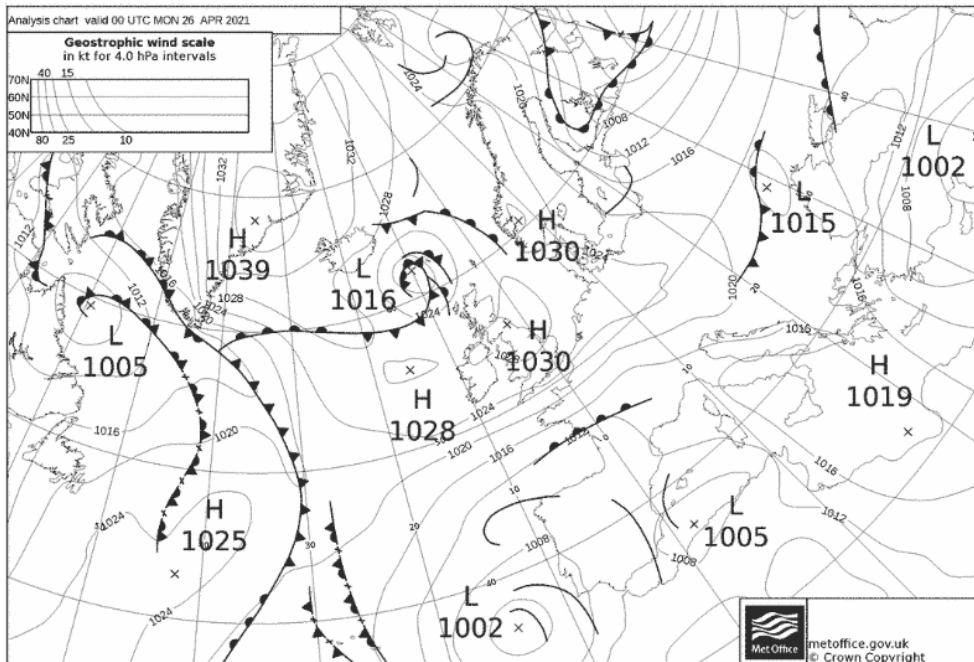
Slika 44. Dnevni hod količine oborine (mm) za 26. i 27. travnja., automatska postaja DAVIS, Šumarska i drvodjeljska škola Karlovac  
Figure 44. Daily rainfall (mm) for April 26, 27 2021, automatic station DAVIS, Šumarska i drvodjeljska škola Karlovac

Količinu oborine možemo uočiti na slici 44. u 16h. Prema našim pretpostavkama to bi označavalo dolazak fronte.

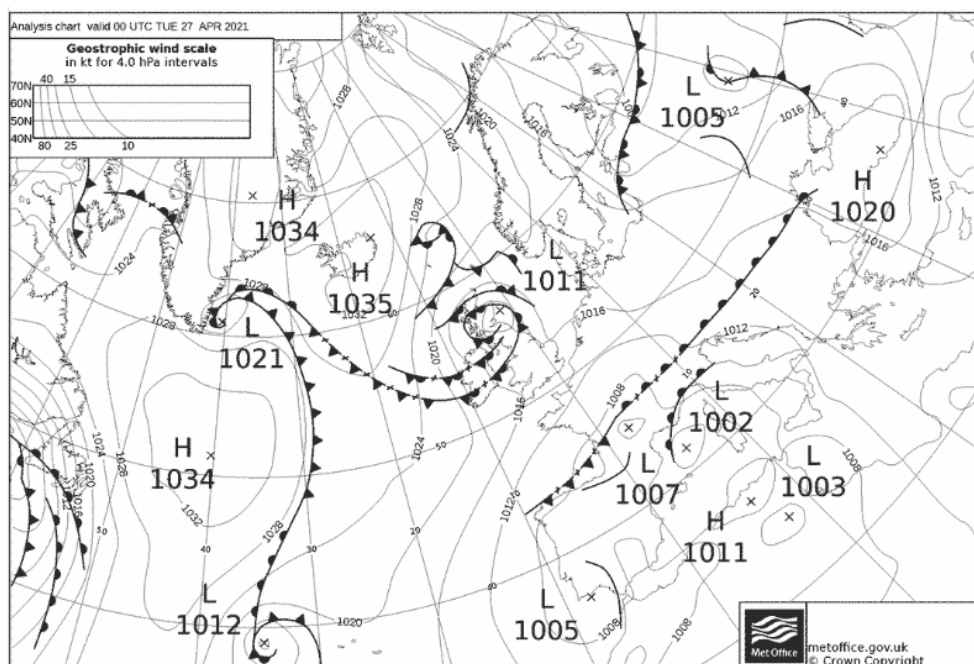


Slika 45. Dnevni hod tlaka zraka (hPa) za 26. i 27. travnja 2021., automatska postaja DAVIS, Šumarska i drvodjeljska škola Karlovac  
Figure 45. Daily air pressure (hPa) for April 26, 27 2021, automatic station DAVIS, Šumarska i drvodjeljska škola Karlovac

Na slici 45. vidimo relativno naglo opadanje tlaka zraka u dopodnevним satima 26. travnja, što nas može upućivati na dolazak frontalnog poremećaja.



Slika 46. Sinoptička slika na području Europe u 00:00 UTC 26. travnja 2021.  
Figure 46. Synop map of Europe in 00:00 UTC April 26, 2021 [15]

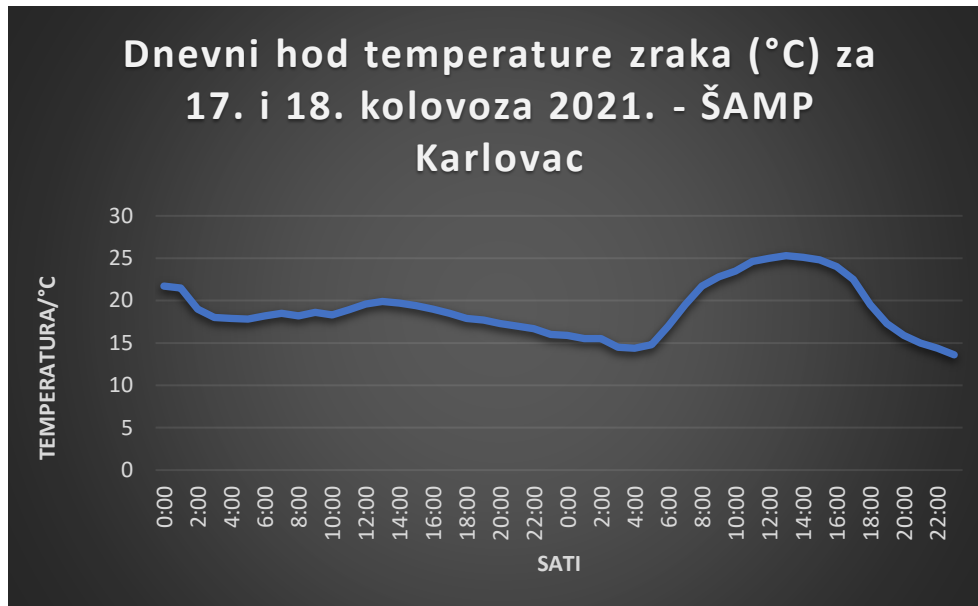


Slika 46. Sinoptička slika na području Europe u 00:00 UTC 27. travnja 2021.  
Figure 46. Synop map of Europe in 00:00 UTC April 27, 2021 [16]

Na slici 46. može se vidjeti da je topla fronta prošla kroz Karlovac 26. travnja.

## Slučaj 6

### 17. i 18. kolovoza 2021., hladna fronta



Slika 47. Dnevni hod temperature zraka (°C) za 17. i 18. kolovoza 2021., automatska postaja DAVIS, Šumarska i drvodjeljska škola Karlovac

Figure 47. Daily air temperature (°C) for August 17, 18 2021, automatic station DAVIS, Šumarska i drvodjeljska škola Karlovac

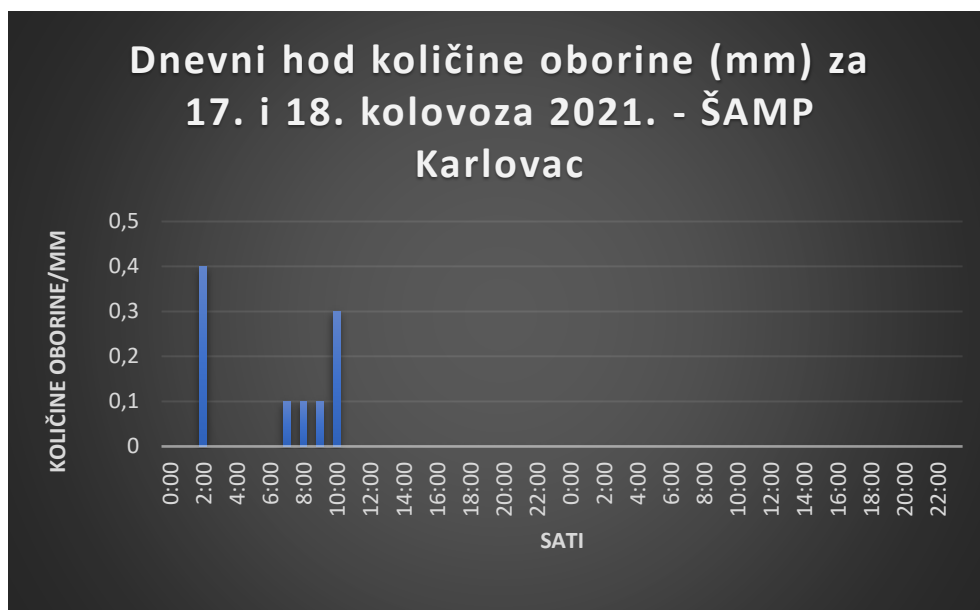
Na slici 47. vidimo da temperatura zraka 17. kolovoza nema izraženi rast u jutarnjim satima, kao što bi smo očekivali.



Slika 48. Dnevni hod relativne vlažnosti zraka (%) za 17. i 18. kolovoza 2021., automatska postaja DAVIS, Šumarska i drvodjeljska škola Karlovac

Figure 48. Daily air humidity (%) for August 17, 18 2021, automatic station DAVIS, Šumarska i drvodjeljska škola Karlovac

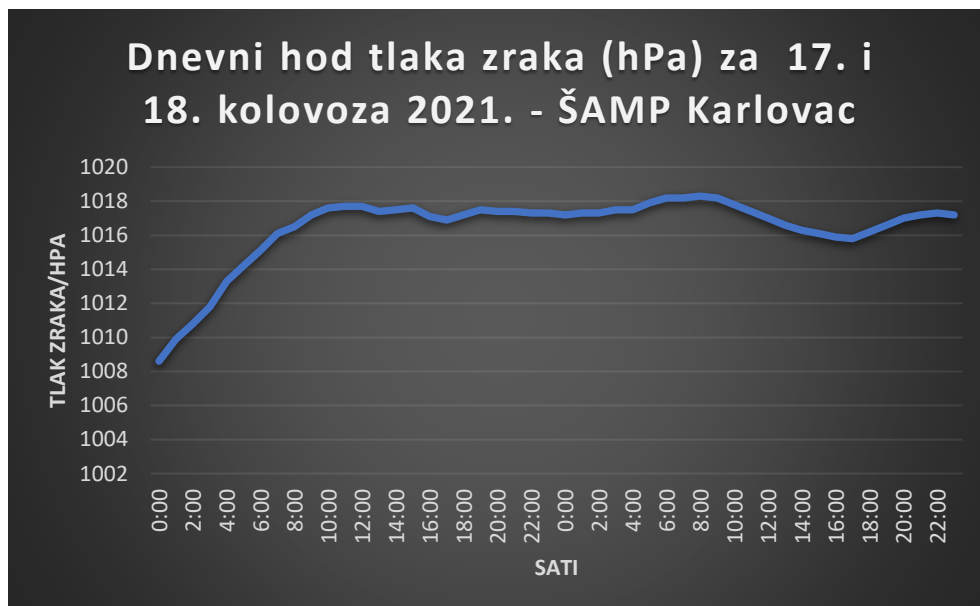
Slika 48. pokazuje da relativna vlažnost zraka zadržava visoke vrijednosti, iznad 80%, cijeli dan 17. kolovoza



Slika 49. Dnevni hod količine oborine (mm) za 17. i 18. kolovoza, automatska postaja DAVIS, Šumarska i drvodjeljska škola Karlovac

Figure 49. Daily rainfall (mm) for August 17, 18 2021, automatic station DAVIS, Šumarska i drvodjeljska škola Karlovac

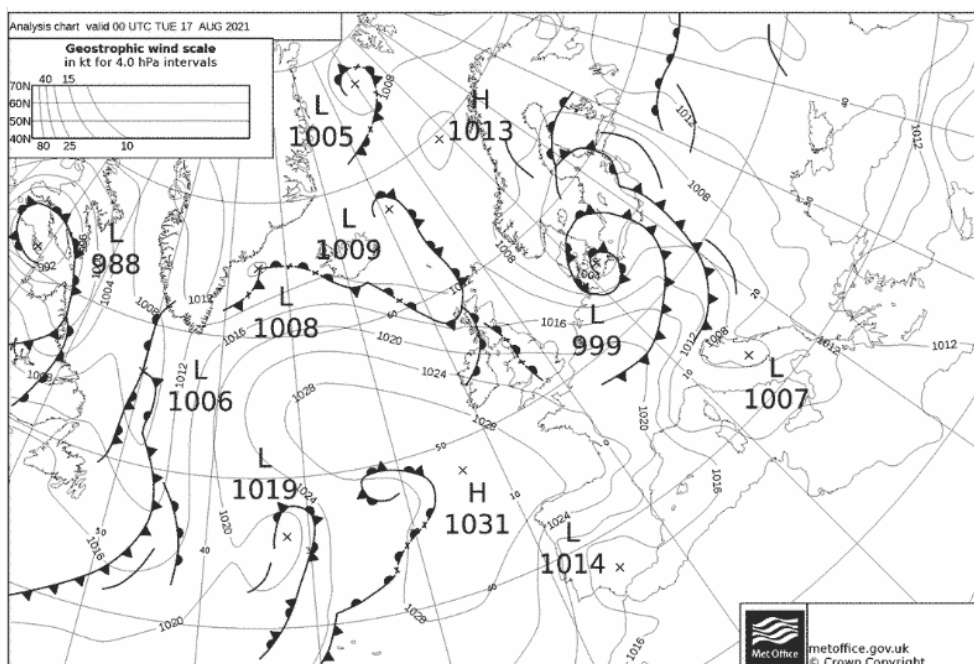
Količinu oborine možemo uočiti 17. kolovoza oko 2 sata (u predfrontalnom području) u noći i u 7 sati ujutro.



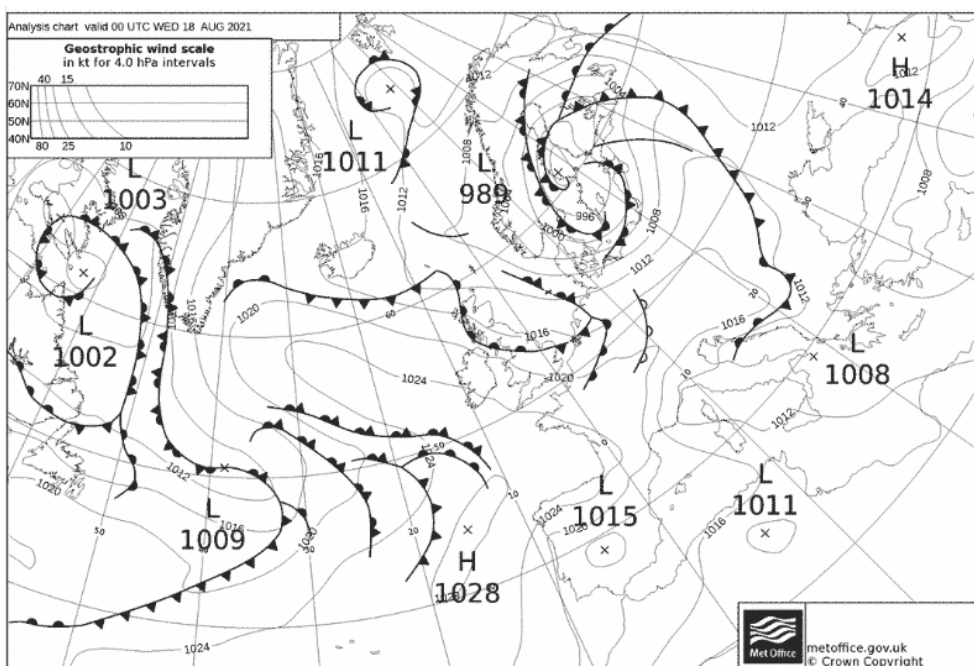
Slika 50. Dnevni hod tlaka zraka (hPa) za 17. i 18. kolovoza 2021., automatska postaja DAVIS, Šumarska i drvodjeljska škola Karlovac

Figure 50. Daily air pressure (hPa) for August 17, 18 2021, automatic station DAVIS, Šumarska i drvodjeljska škola Karlovac

Slika 50. prikazuje nagli rast tlaka zraka od ponoći do oko 10 sati 17. kolovoza te kroz cijeli idući dan ima relativno konstantno kretanje.



Slika 51. Sinoptička slika na području Europe u 00:00 UTC 17. kolovoza 2021.  
Figure 51. Synop map of Europe in 00:00 UTC August 17, 2021 [17]



Slika 52. Sinoptička slika na području Europe u 00:00 UTC 18. kolovoza 2021.  
Figure 52. Synop map of Europe in 00:00 UTC August 18, 2021 [18]

Na slici 51. može se vidjeti da bi hladna fronta trebala proći iznad Karlovca iza ponoći 17. kolovoza. Porast tlaka iza ponoći signalizira dolazak hladne fronte, također i nagli pad temperature iz ponoći istog dana. Na ovaj način predviđeli bi smo frontu neposredno prije njezinog prolaska, 1 sat unaprijed.



## Rasprava i zaključci

U ovom radu promatrali smo utjecaj tople i hladne fronte na vrijeme u Karlovcu, te mogućnost kratkoročnog prognoziranja istih na temelju podataka o temperaturi, tlaku i relativnoj vlažnosti zraka, te oborini u Karlovcu. Analizirali smo podatke za 2021. godinu subjektivnom procjenom.

Prikazali smo 6 slučajeva, od toga tri slučaja hladne fronte, dva slučaja tople fronte, te jedan slučaj tople i hladne fronte..

Hipoteze koje smo postavili:

1. Topla fronta donosi oborinu i porast temperature zraka.
2. Hladna fronta donosi oborinu i pad temperature zraka.
3. GLOBE podacima o temperaturi/tlaku/relativnoj vlažnosti zraka možemo predvidjeti dolazak tople/hladne fronte:
  - 3.1. Temperatura zraka raste približavanjem tople fronte
  - 3.2. Temperatura zraka opada prilikom približavanja hladne fronte
  - 3.3. Relativna vlažnost zraka se povećava dolaskom tople i hladne fronte
  - 3.4. Tlak zraka opada približavanjem tople i hladne fronte
4. Dolazak fronte pomoću GLOBE podataka s DAVIS postaje možemo predvidjeti unaprijed 3 sata.

Iako je analiza subjektivna iz prikazanih slučajeva možemo vidjeti da se hipoteze 1. – 3.4 mogu prihvatiti, uz napomenu da neposrednim dolaskom/prolaskom hladne fronte tlak naglo raste. Dok hipotezu 4. ne možemo prihvatiti u cijelosti te ćemo je odbaciti. Prilikom predviđanja dolaska fronte, na svim slučajevima koje smo razmatrali (njih 20), pokazalo se da se ponekad situacija može predvidjeti unaprijed i 4-5 sati, dok se ponekad jako teško detektira ili ju je gotovo nemoguće predvidjeti tj. tek neposredno prije samog dolaska. Možemo zaključiti da smo analizom i praćenjem meteoroloških elemenata uvidjeli koliko su pojave u atmosferi složene. Na taj način smo sami sebi dokazali ono što učimo, da je prognoziranje vremena vrlo kompleksno, te da u obzir treba uzeti puno više parametara no što smo mi uzimali. Na taj način smo došli i do direktne spoznaje koliko su važni kvalitetno izmjereni meteorološki podaci za konačni rezultat dobre vremenske prognoze, što nam je posebno drago jer je to upravo naša struka, te smatramo da joj ta spoznaja daje još veću težinu. Usprkos svemu, možemo zaključiti da se promatranjem temperature zraka, tlaka zraka i relativne vlažnosti zraka može u određenoj mjeri nagovijestiti dolazak frontalnih poremećaja 2-5 sati unaprijedi. U našem slučaju, gdje je 20 slučajeva relativno malen broj slučajeva, mi smo subjektivnom analizom uspjeli predvidjeti frontalni poremećaj:

5 slučajeva- 3 do 4 sata unaprijed

9 slučajeva- 1-2 sata unaprijed

6 slučajeva- manje od 1 sata ili unaprijed

Ovaj rad je potvrdio hipoteze kako fronte utječu na tlak, temperaturu, relativnu vlažnost zraka i oborinu, te da se preko tih elemenata mogu okvirno i relativno kratkoročno predvidjeti dolasci frontalnih sustava. Ono što je možda i važnije, ovaj rad je otkrio sve nedostatke ovakvog načina pokušaja predviđanja vremenskih situacija. Smatramo da bi uključivanjem više parametara kao što su vjetar, oblaci, analiza baričkih sustava i sl. naše prognoze bile bolje. Također, smatramo i da bi bitno poboljšali rezultate da smo promatrali promjene u više točaka u prostoru, a ne samo u jednom mjestu- Šumarska i drvodjeljska škola Karlovac. Nadamo se da će ovaj rad otvoriti vrata i ideje nekim drugim mladim amaterskim prognostičarima koji će pokušati opisati i predvidjeti složene i zamršene procese u atmosferi.

## Literaturni izvori

1. Gelo B., 1994., Opća i prometna meteorologija, Školska knjiga, Zagreb
2. [https://hr.wikipedia.org/wiki/Topla\\_fronta](https://hr.wikipedia.org/wiki/Topla_fronta)
3. [https://www.wikiwand.com/hr/Topla\\_fronta](https://www.wikiwand.com/hr/Topla_fronta)
4. <https://www.crometeo.hr/zracne-mase-i-fronte/>
5. [https://www.wikiwand.com/hr/Hladna\\_fronta](https://www.wikiwand.com/hr/Hladna_fronta)
6. <https://www.wetterzentrale.de>
7. <https://www.wetterzentrale.de/reanalysis.php?uur=0000&var=45&nmaps=24&map=1&model=bra&jaar=2021&maand=09&dag=17>
8. <https://www.wetterzentrale.de/reanalysis.php?uur=0000&var=45&nmaps=24&map=1&model=bra&jaar=2021&maand=09&dag=18>
9. <https://www.wetterzentrale.de/reanalysis.php?jaar=2021&maand=12&dag=25&uur=00&var=45&map=1&model=bra>
10. <https://www.wetterzentrale.de/reanalysis.php?jaar=2021&maand=12&dag=26&uur=00&var=45&map=1&model=bra>
11. <https://www.wetterzentrale.de/reanalysis.php?jaar=2021&maand=3&dag=5&uur=000&var=45&map=1&model=bra>
12. <https://www.wetterzentrale.de/reanalysis.php?jaar=2021&maand=3&dag=6&uur=000&var=45&map=1&model=bra>
13. <https://www.wetterzentrale.de/reanalysis.php?jaar=2021&maand=5&dag=22&uur=000&var=45&map=1&model=bra>
14. <https://www.wetterzentrale.de/reanalysis.php?jaar=2021&maand=5&dag=23&uur=000&var=45&map=1&model=bra>
15. <https://www.wetterzentrale.de/reanalysis.php?jaar=2021&maand=4&dag=25&uur=000&var=45&map=1&model=bra>
16. <https://www.wetterzentrale.de/reanalysis.php?uur=0000&var=45&nmaps=24&map=1&model=bra&jaar=2021&maand=04&dag=26>
17. <https://www.wetterzentrale.de/reanalysis.php?jaar=2021&maand=8&dag=17&uur=000&var=45&map=1&model=bra>
18. <https://www.wetterzentrale.de/reanalysis.php?uur=0000&var=45&nmaps=24&map=1&model=bra&jaar=2021&maand=08&dag=18>