

PRISPEVEK K PROGNOZI NEVIHT V SLOVENIJI

A CONTRIBUTION TO THE THUNDERSTORM FORECAST IN SLOVENIA

551.509.326

MIRAN BORKO

Hidrometeorološki zavod SRS, Ljubljana

SUMMARY:

The results of detailed macro and meso synoptic analysis presented in this paper should be used at thunderstorm and hail forecast. The summer period of the year 1971 was studied.

40 thunderstorm days were treated all together: from these 18 days were related with cold fronts, 12 were connected with cold air pool at upper levels and 10 had predominant thermal origin. The circulation at 500 mb surface was studied at these days as well.

Synoptic situation which give the conditions for creation of thunderstorm and hail were thoroughly studied. In 1971 only few cold air intrusions were observed at all heights simultaneously. Therefore, mainly those synoptic situations were studied which favoured creation of thunderstorm and which are seen on upper level weather maps as cold air pockets when the baric field is weak and in connection with stationary cold fronts.

Causes of failed thunderstorm forecasts were studied as well separately treating forecasted thunderstorms which did not occur and nonforecasted ones which were observed. In particular, days when anywhere in Slovenia hail was observed, were analysed.

In spite of close connection of thunderstorm disposition with fairly objective aerological methods for thunderstorm forecast the synoptic method still stands as an important supplement for thunderstorm forecast. To be useful, synoptic charts must be analysed in detail. Small waves in the baric and thermic field should not be neglected. Just these phenomena are in favour of creation of thunderstorms when polar front is stationary or ill-defined.

UVOD

Obramba pred točo, ki se v zadnjih letih organizira v Sloveniji zahteva čim bolj zanesljive specialne prognoze za dispozicijo neviht in toče. Kljub deloma objektivni prognozi neviht na osnovi labilnostnih faktorjev in vertikalnih hitrosti v ozračju, je bilo potrebno preizkusiti, v koliko lahko k tem prognozam pripomorejo tudi podrobne analize makro in mezosinoptičnih dogajanj v ozračju. Potreba po taki vrsti obdelave je tudi zato, ker dobimo pri uporabi labilnostnih faktorjev najboljše rezultate, če jemljemo za vrednosti, ki te faktorje definirajo, prognozirane podatke, kar pomeni, da moramo upoštevati spremembe faktorjev, ki ustvarjajo vreme v razseženem prostoru okoli območja, za katerega dajemo specialne prognoze. /7/.

Pri obdelavi je bilo treba torej upoštevati vidike za konkretno prognozo in sicer v smislu uresničenih in neuresničenih prognoz. Da bi bila obdelava čim bolj zaključena, smo po sinoptičnih vidikih obdelali celotno poletno razdobje (od 15. junija do 15. septembra), torej tudi dneve, ko ni bilo neviht niti jih ni bilo pričakovati.

Obdelava je bila narejena za leto 1971, ko se je pričela sodobno organizirana obramba pred točo na vzhodnem Štajerskem. Skupna karakteristika celotnega razdobja, v katerem so se pojavljale nevihte, je, da skoraj nismo imeli izrazitih prodorov hladnega zraka ob istem času v vseh višinah. Poletje 1971 je bilo značilno po tem, da so prevladovale tropske zračne gmote nad južno in večjim delom srednje Evrope. Ta navidezna pomankljivost (majhno število izrazitih prodorov hladnega zraka) je pravzaprav koristna, ker nam omogoča podrobno raziskavo pogojev za nevihte tudi mimo neposrednega vpliva polarne fronte.

SPLOŠNA KLASIFIKACIJA NEVIHT

Glavne pogoje za nastanek neviht lahko razdelimo na tri skupine /1, 3, 6/:
odločujoči advektivni procesi,
odločujoča vertikalna nestabilnost enorodnih zračnih gmot in
odločujoča turbulenca zaradi orografije predvsem v hladnih zračnih gmotah.

Pri vsaki obravnavi vzrokov za nastanek neviht naletimo na vprašanje "čistih" toplotnih ali vročinskih neviht /8,9/. Vsekakor so zelo pogosti pogoji, da se sprožijo vertikalni zračni tokovi zaradi prekomernega segrevanja tal. Nastali majhni in neurejeni konvektivni tokovi se morajo združiti v večje, ker se tako nastala nestabilnost prenese v višje zračne plasti; ovira pri tem procesu so kompenzacijski descendentni tokovi in horizontalna gibanja v ozračju. Ugodni orografski profili (pobočja) seveda znatno pripomorejo k urejanju tokov, ki nastajajo zaradi segrevanja tal. Kinetična energija konvektivnega toka omogoča, da se dvigne nad višino presečišča vlažne adiabatne in krivulje temperaturnega stanja okolice. Tako se nastala nestabilnost širi v vertikalni smeri, posebno če tropska zračna gmeta nima močnejših inverznih plasti. Območje, kjer nastajajo vertikalna gibanja, se veča tudi v horizontalni smeri zaradi kompenzacijskih horizontalnih tokov, ki nastajajo zaradi težnje k vzpostavljanju ravnotežja; te tokove lahko obstoječa horizontalna gibanja v ozračju podpirajo ali pa preprečujejo. Tako se končno labilizacija prenese na prvotno stabilno ozračje, kar je pogoj za nastanek toplotnih neviht. Tak postopen, diskon-

tinuiran proces labilizacije, opazujemo pri posameznih stopnjah razvoja kumulusnih oblakov: prvi oblak, ki se je razvil, še nima energetske osnove za razvoj notranje cirkulacije nevihtnega oblaka, pač pa prispeva ta oblak k nadaljni labilizaciji ozračja. Naslednji konvektivni tok bo ta proces še povečal. Za nastanek nevihtnega oblaka je seveda še potreben pogoj, da bo zrak v čim večjem delu vertikalnega preseka zadosti vlažen in bo doseženo čimprej stanje vlažne labilnosti. Pri veliki vlažni labilnosti je zadosten pogoj za sproženje toplotne nevihte še vzpon prek manjše orografske ovire. Končno je pogoj, da nevihto uvrstimo med toplotne tudi ta, da pojav ne povzroča med dnevom večjih sprememb meteoroloških elementov, predvsem srednje dnevne temperature, absolutne vlage zraka in lokalnega vetrovnega režima /5/.

Mehanizem nastanka toplotnih neviht je tudi osnova za napoved po lokalnih znakih. Združevanje manjših kumulusnih oblakov ali nastajanje močnejših oblakov potem, ko se razkrojijo prvotni kumulusi, je precej zanesljiv znak za nastanek toplotnih neviht, predvsem, če je ta proces hiter in v zgodnjem dnevnem času.

Razloga neviht na frontah je enostavnejša: hladna fronta je že po svojem ustroju nevihtotvorna (prodor mrzlega zraka pod segret ali relativno toplem zrakom). Te vrste neviht imajo najmočnejše vetrove, ki so posebno izraziti pri velikem prednevihtnem padu in ponevihtnem zvečanju zračnega pritiska (značilno nevihtno koleno na barogramu), nadalje pri veliki temperaturni razliki obeh zračnih gmot ter v primeru obilnih in sunkovitih padavin. Nevihte se pojavijo tudi ob topli fronti, če je tople zrak potencialno nestabilen (gradient temperature mokrega termometra je za vsako plast mirujočega ozračja večji od vlažnoadiabatnega). K labilizaciji pripomore tudi izhlapevanje ali topljenje padavin kar ohlaja zgoraj okolni zrak in povzroča povečanje temperaturnega gradienta nad vlažnoadiabatnega /1/.

Pri predfrontalnih nevihtah imajo sekundarni procesi v hladni fronti večjo hitrost kot celotni sistem in fronto prehitijo. Tu močno vpliva orografija, ki hladen zrak v nižinah zadrži, medtem ko se v višjih zračnih plasteh širi naprej in ustvarja široko območje predfrontalne labilizacije. Nižje zračne plasti ostanejo tople, zato so te nevihte po lokalnih znakih podobne toplotnim. Podobno se pojavljajo nevihte na starih okluzijskih frontah po tipu tople fronte; le-te imajo na zgornji hladni fronti pogosto ohranjen sistem nestrnjenih kumulonimbusnih oblakov. Ko pride taka fronta nad predele, kjer so pogoji za nastanek toplotnih neviht, utegnemo dobiti padavinsko zelo izrazite nevihte /2/.

Močno nagnjenje k nevihtam imamo tudi pri kapljah hladnega zraka v višinah. Te nevihte nastajajo tudi tedaj, ko je sicer izrazita advektivna oblačnost; že kratkotrajno segrevanje nižjih zračnih plasti je včasih zadostno, da sporži pojave nestabilnosti.

Med nevihte, kjer so za nastanek odločujoči advektivni procesi, uvrščamo tudi nevihte na meji približno vzporednih, a temperaturno različnih tokov /4/. Tako imajo, na primer, nad sredno Evropo in Panonsko nižino večkrat obsežna nevihtna območja, ko je nad severno Evropo izraziti anticiklon: od severovzhoda ali vzhoda doteka hladen, od vzhoda ali jugovzhoda pa toplejši zrak, ki se dviga in postaja nestabilen. Podobnega izvora so lahko tudi plohe ali nevihte, predvsem v severnem in centralnem delu Alp: v višinah imamo tople zračne tokove od jugozahoda, v nižjih zračnih plasteh pa hladnejši oceanski zrak od zahoda ali severozahoda (kar je sicer v nasprotju s principi labilnosti ozračja).

NEVIHTE V OBRAVNAVANEM RAZDOBJU

Metodika dela: Za vsak nevihtni dan, ko smo v Sloveniji registrirali vsaj 5 neviht (na ca. 350 postajah), je bila narejena podrobna sinoptična analiza vzrokov glede na nižinske in višinske karte. Za celotno poletno razdobje je bila narejena statistika sinoptičnih parametrov, ki vplivajo na dispozicijo za nevihte: smer in hitrost vetra na 500, 700, 850 mb izobarni ploskvi, temperatura na višinah omenjenih ploskev in njihova višina. Na izobarni ploskvi 500 mb sta bila nadalje določena poprečen baričen in temperaturni gradient na razdalji 500 km. Vsi parametri, določeni iz višinskih kart, so bili približno interpolirani za območje vzhodne Štajerske, kjer je bila obramba pred točo. Enaka obdelava je bila narejena tudi za dneve, ko so bile napovedane nevihte, pa jih ni bilo. Manj natančna sinoptična analiza je bila narejena tudi za druge dneve, ko neviht ni bilo.

Pregled vzrokov nevihtnega nastanka:

Skupaj je bilo obravnavanih 40 nevihtnih dni. Od tega jih je bilo:

- 18 v zvezi s hladno fronto
- 12 v zvezi s kapljo hladnega zraka v višinah
- 10 s prevladujočo termično komponento nastanka

Od neviht v zvezi s hladno fronto smo imeli v 10 primerih izrazit vpliv hladnega zraka v višinah (6 od severozahoda, 2 od zahoda, 2 od severa), v 3 primerih so bile, nevihte predfrontalne, v 1 primeru pofrontalne. V 4 primerih je bila hladna fronta stacionirana ob Alpah ali pa je bila brez izrazitega vpliva hladnega zraka v višinah, nevihte so nastale predvsem zaradi intenzivnega segrevanja tal.

Pri nevihtah, kjer je prevladovala termična komponenta nastanka, je bil v 8 primerih prisoten hladnejši zrak v višinah. Če k tem nevihtam prištejemo še pravkar omenjene nevihte ob stacionarni hladni fronti ob Alpah, lahko rečemo, da približno eno tretjino neviht po svojem nastanku povzročijo v veliki meri termični vplivi.

Splošna cirkulacija na 500 mb izobarni ploskvi ob nevihtnih dneh je bila:

- a) glavni prodor hladnega zraka je bilo od severozahoda v 17 primerih (hladna fronta je dosegla Slovenijo s severne smeri);
- b) glavni prodor hladnega zraka je bil od severozahoda, izločila se je kaplja hladnega zraka (2 primeri);
- c) prodori hladnega zraka s formiranejm sekundarne doline hladnega zraka, 8 primerov, od tega:
 - glavna dolina nad vzhodno Evropo, sekundarna prek Karpatov do Alp, 2 primeri;
 - glavna dolina nad vzhodnim Atlantikom, sekundarna dolina dosega od severozahoda ali severa Alpe, 6 primerov;
- d) samostojna kaplja hladnega zraka 12 primerov, od tega:
 - kaplja hladnega zraka se zadržuje severno ali zahodno od naših krajev, glavni prodor je usmerjen nad vzhodno Evropo, 5 primerov;
 - kaplja hladnega zraka vzhodno ali jugovzhodno od Slovenije, glavni prodor hladnega zraka je usmerjen od severozahoda proti srednji Evropi, 3 primeri;

dolina hladnega zraka nad vzhodno Evropo jedro hladnega zraka je nastalo nad vzhodnimi Alpami, 1 primer;
kaplja hladnega zraka je nastala ob zahodnih Alpah iz doline hladnega zraka nad vzhodno Evropo, 1 primer.

Vzroki nevihtnega nastanka v dnevih s točo:

Od 16 obdelanih dni s točo (kjerkoli v Sloveniji) je bil vzrok nevihtne aktivnosti: hladna fronta v 9 primerih (od tega v 5 primerih z vplivom hladnega zraka v višinah, v drugih primerih je bila manj izrazita hladna fronta, na nevihtno aktivnost je vplivala velika termična komponenta razvoja oblakov);

kaplja hladnega zraka v višinah v 5 primerih;

prevladujoča termična komponenta nastanka neviht s hladnim zrakom v višinah 2 primera.

Sinoptične situacije, ki so vzrok za nevihte in točo:

Pogosta in večdnevna dispozicija za nevihtne nastaja na južni ali vzhodni strani širokih U dolin hladnega zraka nad zahodno Evropo; polarna fronta je precej razblinjena. Enako velja, ko imamo precej razblinjeno polarno fronto nad Sredozemljem. V nižjih zračnih plasteh imamo v teh primerih polje šibkega baričnega gradienta. Vpliv termične komponente razvoja nevihtnih oblakov je velik. Primeri: 17.VII, 18.VII., 23.VII., 24.VII., 2.VIII., 4.VIII., 15.VIII.

Poseben primer v teh situacijah je nastajanje karakterističnih S-formacij v polju izoterm na višini 500 mb izobarne ploskve. (Jedri hladnega in toplega zraka na sorazmerno majhni površini). Pojav teh formacij daje skoraj gotovo intenzivne nevihte z veliko verjetnostjo toče. Take formacije imajo majhne dimenzije, na primer situacija dne 12.VIII: jedro toplega zraka je bilo nad jugozahodno Nemčijo, hladno jedro nad vzhodnimi Alpami. Drugi primer: 18.VII.

V polju z majhnim baričnim gradientom in v primeru, ko je dolina hladnega zraka nad vzhodno Evropo, se razvijajo iz te doline, predvsem prek Karpatov, proti zahodu pogosto jeziki hladnega zraka, brez večje indikacije na baričnem polju. Horizontalne temperaturne razlike med jezikom hladnega zraka in okolico so majhne, običajno le 2 do 5°C. Iz teh jezikov hladnega zraka se utegne razviti tudi kaplja hladnega zraka. Toča se običajno ne pojavlja. Primeri: 6.VII., 11.VII.

Močno nevihtno aktivnost opažamo pri onih prodorih hladnega zraka, ko ostane glavna dolina tega zraka na višini 500 mb izobarne ploskve zahodno ali severozahodno od Alp. Primeri: 27.VI., 13.VII., 22.VIII. Utegnemo imeti tudi izrazito hladno advekcijo hladnega zraka v nižjih zračnih plasteh; primer 13.VII.

Gornja ugotovitev se sklada tudi s temperaturnimi razmerami v višinah ob dnevih s točo. V večini obdelanih primerov se namreč temperatura ni mnogo znižala ob pričetku situacije, ki je dovela do toče. Seveda to ne pomeni, da ni neviht oziroma toče tudi pri popolnem prodoru hladnega zraka v vseh višinah. Primeri: 29.VI., 27.VIII. in 31.VIII. (tudi razvoj sekundarnega ciklona).

Dalje obdobje z nagnjenjem k nevihtam nastaja ob splošni slabitvi anticiklona nad

srednjo Evropo, Balkanom in Sredozemljem, vendar ob blokirani cirkulaciji atlantskih zračnih gmot. V tem primeru se običajno kaplje hladnega zraka, ki se zadržujejo poleti pogosto nad vzhodnim in južnim Balkanom, pomaknejo proti zahodu. Primeri: 3.VII., 4.VII., 24.VII., 29.VII., 30.VII., 31.VII., 1.VIII.

Kaplje hladnega zraka te vrste se v navedenih primerih niso pomikale iznad naših krajev dalje proti zahodu, morda so zajele še severni Jadran in severno Italijo.

Tabela 1: Veter na 500 mb ploskvi nad Slovenijo v nevihtnih dneh

Table 1: Wind on 500 mb level above Slovenia in thunderstorm days

Smer vetra	stopnja jakosti			skupaj
	0 (v < 30km/h)	1 (30-60km/h)	2 (v > 60km/h)	
N	1	3	2	6
NE	1	1	0	2
E	1	1	0	2
SE	0	0	0	0
S	0	1	0	1
SW	1	4	3	8
W	5	7	4	16
NW	2	1	1	4
nedoločljiv				1
skupaj	11	18	10	40

Prevladujoča cirkulacija na višini 500 mb ploskve ob dnevih s točo je bila v 2 primerih jakosti 0, v 7 primerih jakosti 1 in v 7 primerih jakosti 2. Glede smeri cirkulacije: 2 krat smer N (jakost 1), 1 krat smer E (jakost 1), 1 krat smer S (jakost 2), 5 krat SW (jakost 1 in 2), 7 krat smer W (jakost 2).

Glede odvisnosti med prevladujočo cirkulacijo na višini 500 mb ploskve in nastankom neviht oziroma toče, lahko povzamemo: največ neviht je ob vetru med SW in NW (točno WNW), vrh je pri W. Drugi maksimum pojavljanja neviht je pri cirkulaciji smeri N. Prevladujejo vetrovi majhne in srednje hitrosti. Toča se je v obravnavanih primerih pojavila le pri vetru med SW (točno SSW) in W ter pri smeri N na višini 500 mb izobarne ploskve; nikoli pa ne, na primer, pri severozahodni smeri. Toča prevladuje pri srednjih in večjih hitrostih vetra.

Pri vetrovih vzhodnih smeri na višini 500 mb izobarne ploskve skoraj ni neviht.

Obdelava situacij z neuresničeno prognozo neviht:

Od 8 primerov, ko je bila dana prognoza neviht, a jih ni bilo, je:

3 krat nastala advekcija toplega zraka, ki je ni bilo mogoče predvideti,

2 krat se je advekcija toplega zraka nadaljevala ali se še okrepila, medtem ko je bilo glede na situacijo ob izdelavi prognoze pričakovati prenehanje te advekcije,

2 krat je hladna fronta dosegla naše kraje za 1 dan kasneje, kakor so predvideli,

1 krat je ob prehodu hladne fronte nastalo strujanje zraka z učinkom fenizacije in velikim zvečanjem zračnega pritiska v nižinah.

Primeri:

2.VII.: pričakovali so nevihte zaradi kaplje hladnega zraka (nadaljevanje situacije prejšnjega dne). Kaplja hladnega zraka se je umaknila proti vzhodu, nastala je advekcija toplega zraka od NW nad Alpe,

7.VII.: pričakovali so nevihte zaradi kaplje hladnega zraka nad srednjo Italijo (nadaljevanje situacije prejšnjega dne). Nad severozahodno Evropo se je zelo hitro razvil močan anticiklon skupaj z advekcijo toplega zraka od NW nad naše kraje.

25.VII.: pričakovali so nevihte v polju šibkega baričnega gradienta in pri obstoju manjših jeder hladnega zraka v višinah (nadaljevanje situacije prejšnjega dne). Dolina nad vzhodnim Atlantikom se je močno poglobila, zato se je pričela advekcija toplega zraka nad Alpe.

28.VII.: pričakovali so nevihte zaradi pomika doline hladnega zraka iznad obale zahodne Evrope proti vzhodu. Dolina je hitro oslabela in se cepila v manjšo kapljo hladnega zraka nad Britanijo, ta pa se ni pomikala dalje proti vzhodu.

6.VIII.: pričakovali so nevihte zaradi nadaljevanja splošne labilnosti ozračja v zvezi z valovanjem polarne fronte nad zahodno Evropo in stacionarne ter oslabiljene hladne fronte v nižinah ob Alpah. Glavna dolina hladnega zraka nad vzhodnim Atlantikom se je močno poglobila v smeri proti jugu in v zahodno Sredozemlje, zato se je okrepila advekcija toplega zraka nad naše kraje (bile so le posamezne in malo intenzivne nevihte).

7.VIII.: pričakovali so, da se bo hladen zrak pomaknil proti vzhodu in povzročil nevihte, vendar se je advekcija toplega zraka, ki se je pričela že prejšnjega dne, še okrepila. Vdor hladnega zraka je bil šele naslednji dan.

11.VIII.: pričakovali so nevihte v zvezi s pomikom polarne fronte iznad zahodne Evrope proti Alpam. Ob vzhodnih Alpah se je močno okrepila jugovzhodna cirkulacija, zato je bil prodor hladnega zraka šele naslednji dan.

17.VIII.: pričakovali so nevihte v zaledju hladne fronte in doline hladnega zraka, ki se je razvijala iznad Skandinavije proti Alpam (nadaljevanje situacije prejšnjega dne). V višinah je nastala izrazita severozahodna cirkulacija z dotokom hladnega zraka tudi v nižine, zato neviht ni bilo.

Obdelava situacij, ko niso bile napovedane nevihte, a so se pojavile

Od 40 neviht je bila v 7 primerih dana prognoza, da neviht ne bo. Od 7 primerov, ko nevihte niso bile predvidene, je:

3 krat dosegla hladna fronta naše kraje prej, kakor je bilo pričakovati, v enem primeru so bili termični pogoji za konvekcijo močnejši kakor je bilo predvidevati, v enem primeru je bilo pričakovati, da bo po prehodu hladne fronte nevihtna aktivnost ugasnila,

v 2 primerih so se pojavile nevihte ob prodorih hladnega zraka, ki je sicer bil predviden.

Primeri:

11.VII.: malenkostno hladnejši zrak se je v višinah razširil od vzhodno evropske doline hladnega zraka proti Sloveniji in povzročil termične nevihte v alpskem svetu.

16.VII.: hladna fronta, za katero so predvidevali, da se bo ob Alpah zaustavila, je hitro prešla naše kraje. Fronta naj bi se zaustavila zaradi izredno toplega zraka, ki je bil v višinah.

5.VIII.: pričakovali so frontolizo hladne fronte, ki je dosegla naše kraje že prejšnji dan. Zaradi nespremenjenih razmer splošne cirkulacije, so se sicer oslABLJENE nevihte pojavile tudi tega dne.

15.VIII.: atlantska dolina hladnega zraka, ki je na vzhodnem delu vzvalovila, je bila prvotno stacionarna. Zaradi sočasnega razvoja azorskega anticiklona v območje polarne fronte in spuščanja doline hladnega zraka iznad Skandinavije proti jugu je hladna fronta hitro dosegla naše kraje in povzročila nevihte s točo.

30.VIII.: hladna fronta v polju šibkega baričnega gradienta je dosegla naše kraje prej, kakor je bilo predvideno.

8., 12.IX.: situaciji sta značilni za jesenske prodore hladnega zraka.

SKLEP

Kot že omenjeno so bili v letu 1971 v poletnem času maloštevilni popolni prodori hladnega zraka (v vseh višinah), zato so bile nevihte predvsem v zvezi z manjšimi jedri nekoliko hladnejšega zraka v višinah pri baričnem polju s šibkimi gradienti in v zvezi s precej stacionarnimi hladnimi frontami. Pri prodorih hladnega zraka v vseh višinah je verjetnost neviht, razumljivo zelo velika, posebno če je bilo pred njimi več dni anticiklonalno vreme z visokimi temperaturami.

Kljub znatni povezanosti med dispozicijo za nevihte in sorazmerno objektivnimi aerološkimi karakteristikami ozračja, ostaja sinoptična metoda še vedno pomembno dopolnilo k prognozi neviht. Potrebno je predvsem podrobno in točno analizirati sinoptične karte v območju neposredno ob naših krajih in pri tem, na primer, ne zanemariti majhnih valovanj, ki se pojavljajo v baričnem ali termičnem polju; obdelava je pokazala, da so prav ti pojavi v pogojih stacionarne polarne fronte zelo ugodni za nastajanje neviht.

LITERATURA

- /1/ Heyer: Witterung und Klima, 1965
- /2/ George: Flugmeteorologie, 1956
- /3/ Kaehler: Wolken und Gewitter, 1940
- /4/ Scherhag: Wetteranalyse und Wetterprognose, 1956
- /5/ Petkovšek: Nevihтна karta in nevihtna pogostnost v Sloveniji, Razprave DMS VII, Ljubljana 1966
- /6/ Crichfield: General Climatology 1960

/7/ Pristov: Uporaba labilnostnih faktorjev za prognozo neviht in toče v Sloveniji, Razprave DMS XII, Ljubljana 1970

/8/ Čadež: Nevihte v Ljubljani, Kronika slovenskih mest, Ljubljana 1937

/9/ Borko: Toplotne nevihte v slovenskem alpskem svetu, VI. int. Kong. Alp. Met., SHMZ, Beograd 1962