

UJMA 23. AVGUSTA 1986 NA NOTRANJSKEM

KAKO JE NASTAL TORNADO

Miran Trontelj*
Boris Zupančič**

V poznih popoldanskih urah 23. 8. 1986 je Slovenijo dosegla hladna fronta. S poslabšanjem vremena je nastal na severnih obronkih Javornika vrtničast vihar, ki je z ekstremno močjo vetra pustošil po razmeroma ozkem (100 do 300 metrov) in 34 km dolgem pasu od naselja Novi Svet do Ljubljanskega barja. Na tem območju nismo imeli nobenih meritev vetra. Hitrosti gibanja vrtnice smo zato na osnovi ogleda posledic, izjav očitidcev in znanih primerov iz literature ocenili na 12 m/s. Dobljena ocena za hitrost vetra v vrtnicu od 60 m/s do 100 m/s predstavlja ekstremno vrednost za naše kraje, vendar je glede na posledice povsem sprejemljiva. Sam vrtnicec je nastal pod nevihtnim oblakom in se z njim gibal v smeri vetrov v nižji plasti atmosfere ter skoraj pravokotno na smer pomika hladne fronte. Tako radarske meritve kot izmerjene višine padavin potrjujejo domnevo, da so se najbolj burni procesi odvijali v nižjih plasteh ozračja.

Meteorološko je viharni veter definiran z jakostjo 8. stopnje in več po Beaufortovi skali. Ta jakost ustreza hitrosti vetra nad 17,2 m/s, glavna značilnost tako definirane meje pa je ta, da se nad njo že pojavljajo škodljive posledice, najprej kot lomljenje vej na drevju in manjše poškodbe na objektih. V Sloveniji je ta pojav dokaj pogost.

Glede na vzroke nastanka viharnega vetra ločimo dva glavna primera. Pri prvem je odločilen relief, zato je ta veter značilen za določene kraje Slovenije, pri drugem primeru pa je ta pojav vezan predvsem na toplo polovico leta, odvisen od intenzivnosti vremenskih procesov ter navzoč v celi Sloveniji. V prvo skupino štejemo burjo na Primorskem in padajoči veter pod Karavankami. Pri obeh gre za prelivanje zraka prek gorske pregrade in nato spuščanje po pobočju ter sta posledici specifičnih sinoptičnih situacij. Zaradi velike pogostosti pojavljanja je burja dobro raziskan veter, tako da ga je možno napovedovati tudi po jakosti. Čeprav hitrost vetra pri burji pogosto dosega 50 m/s, njegova rušilna moč ne pušča opaznejših sledov, saj sta se tako vegetacija kot tudi človek prilagodila temu pojavu. Viharni veter pod Karavankami pa je slabo raziskan prav zato, ker se redke-



Slika 1. Posledice vrtničastega vetra v gozdu.

je pojavlja in zato primanjkuje instrumentalnih meritev. Zadnji primer viharnega vetra, ki je v teh krajih povzročil veliko materialno škodo, je bil v februarju 1984 (3, 4).

Primeri so neraziskani viharni vrtničasti vetrovi, ki se pojavljajo predvsem poleti ob prehodih front in pod nevihtnimi oblaki. Takí pojavi so redki, opazni na ozkih (od 10 do 100 metrov) in kratkih pasovih (od nekaj 100 m do 5 km). Zaradi te značilnosti jih na naseljenih območjih pogosto sploh ne zaznamo, majhna pa je tudi verjetnost, da jih zabeležimo z registrirnim instrumentom. V zadnjih letih so po hujših posledicah poznani v Jugoslaviji naslednji primeri vrtničastega viharnega vetra:

Postojna, julij 1965. V smeri proti Razdrtemu je vrtnicec popolnoma opustošil borov gozdiček.

Na Medvednici, 22. 7. 1973. Vrtinec je postušil po naseljenem območju in povzročil veliko škodo na gozdu.

Pri Umagu, 19. 7. 1978. Ob hudih neurjih na širšem območju od Goriških Brd do obale Istre se je nad avtokampom izoblikoval vrtnicec, ki je podiral do 30 m visoke bore.

V Petrinji, 31. 7. 1982. Na ta dan so bila neurja širom po Sloveniji in v sosednji Hrvaški. Nad Petrinjo je nastal vrtnicec, ki je nekaj minut na 10 m širokem in 5 km dolgem pasu odnašal strehe, podiral hiše, drevesa in prestavljal avtomobile.

Glede na zabeležene posledice je najhujši vrtničasti vihar pri nas pustošil v minullem stoletju, ko je pri Novski prestavljal celo železniške vozove.

Vrtničasti viharni vetrovi so najbolj pogosti in poznani na morju, kjer jih lahko

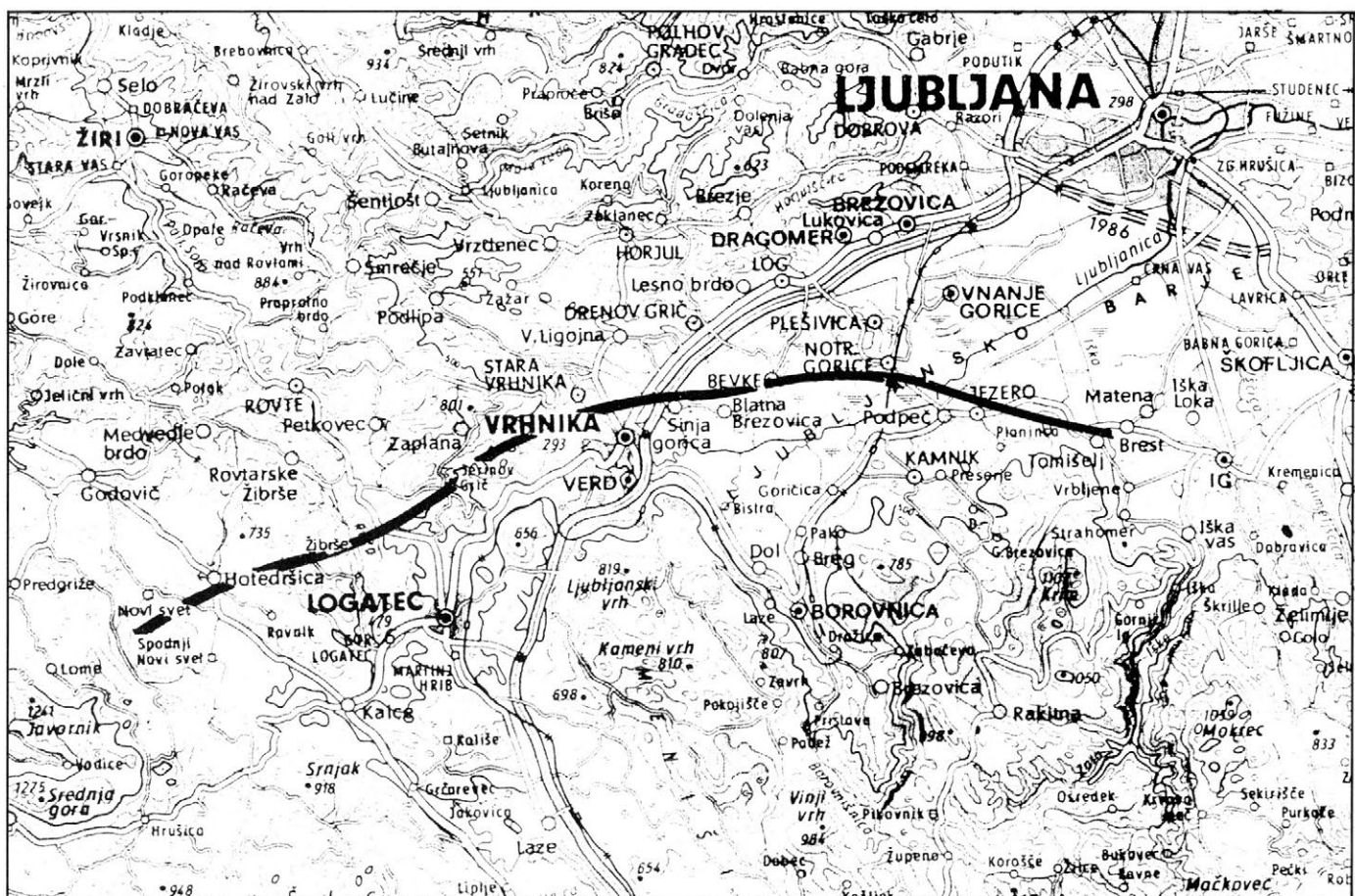
opazimo kot slonovemu rilcu podobno tvorbo, ki sega od spodnjega dela oblaka do morske površine, iz katere srka vodo in druge predmete. Zaradi teh značilnosti jih domačini imenujejo trombe ali pijavice.

Vrtničast vihar, ki je 23. 8. 1986 pustošil v logaški in vrhniški občini, je po pripovedovanju prebivalcev začel svojo rušilno pot med 18. in 19. uro pri naselju Novi Svet in se prek Hotedršice pomikal proti severovzhodu. Poškodbe so jasno kazale, da je bil veter vrtničast (slika 1 in 2). Ozka sled poškodb (od 100 do 300 metrov) se je na nekaterih mestih sicer razširila, vendar pa je bila sled poti vrtnice ostro vidna. Poškodbe na širšem območju (na obronku gozda ob cesti Logatec—Rovte do naselja Ceste in nato do vasi Prezid) kažejo, da je bil tu vzrok vetroloma močno kanaliziran veter (Bernoullijev efekt). Podobno se od glavne smeri poškodb kažejo sledovi močnega vetra še na območju vzhodno od Stare Vrhlike, v središču Vrhlike ob Ljubljanski cesti, na Barju in na jugozahodnem obrobju Ljubljane. Konec rušilne moči vrtnice je bil blizu Tomišlja (slika 3) okoli 19. ure. O poškodbah, tako na objektih kakor tudi na drevju in poljščinah, je bilo že veliko napisanega, zato pogledimo, kakšne so bile tisti dan splošne meteorološke razmere.

V soboto 23. avgusta se je od severozahoda približevala hladna fronta in dosegla naše severozahodne kraje ob 19. uri. Takrat so bile razlike v temperaturah pred in za fronto od 10 do 20 stopinj (Lienz 13°C, Zagreb 30°C, slika 4). Fronta se je pomikala prek Slovenije v smeri severozahod-jugovzhod zelo hitro (po oce-

* Hidrometeorološki zavod Slovenije, Vojkova 1 b, Ljubljana.

** Hidrometeorološki zavod Slovenije, Vojkova 1 b, Ljubljana.



Slika 3. Karta z vrisano osjo poti vrtinca.

ni je bila hitrost premeščanja okoli 40 km/h), saj je bila ob 23. uri že izven Slovenije in se je pri nas že prehodno razjasnilo. Ob tako hitrih pomikih in tako močnih temperaturnih in baričnih spremembah spremljajo prehode front običajno izraziti pojavi. Nevihtne celice so bile razporejene zelo na gosto, vendar po radarskih meritvah nobena ekstremno vertikalno razvita. Kljub temu je ena od teh nevihtnih celic povzročila v prizemni plasti ozračja močno vrtnčenje in viharen veter. Sprva se je pomikala v smeri vetrov, ki so prevladovali v nižjih plasteh ozračja (med 1000 in 3000 metri, slika 5), in se nato obrnila iz jugozahodne smeri proti zahodni. Podobni koti med smerjo gibanja fronte in smerjo gibanja območij najmočnejših vetrov (okoli 70 stopinj) so znani tudi iz literature (2) in niso presenetljivi. Preseneča le razmeroma majhna razvitost nevihtnih celic, tako glede višine kakor tudi glede jakosti odboja na radarskih posnetkih. Tudi višina padavin, ki je bila izmerjena na posameznih meteoroloških postajah ob prehodu fronte, kaže na to, da celice niso bile ekstremno razvite (preglednica 1). Najbolj burni procesi so se odvijali le v nižjih plasteh ozračja, kar kažejo tudi višinske karte na 850 mb ploskvi (slika 5). Razlike v temperaturah so bile na tej višini (okoli 1500 m) na fronti okoli 10 stopinj. Višinska dolina s hladnim zrakom, katere os je bila ob 12. uri na 850 mb ploskvi še zahodno od Alp, je segala v Sredozemlje in se je že po 12 urah

premaknila nad vzhodno Evropo ter srednji Balkan (slika 6). Zanimljivo majhne so bile temperaturne spremembe južno od Alp. Hladen zrak se je moral na tej višini gibati ob severni strani Alp in je nato ob vzhodnem robu Alp dosegel naše kraje od severa. Drugi del hladnega zraka pa je prodiral ob zahodnih Alpah v zahodno Sredozemlje. Ker pa se je višje v ozračju (okoli 5000 m) hladen zrak gibal prek Alp skoraj nemoteno in naše kraje dosegel hitreje, se je labilnost ozračja pri nas povečala. To je imelo za posledico nastanek neviht v poznopoldanskem času tega dne.

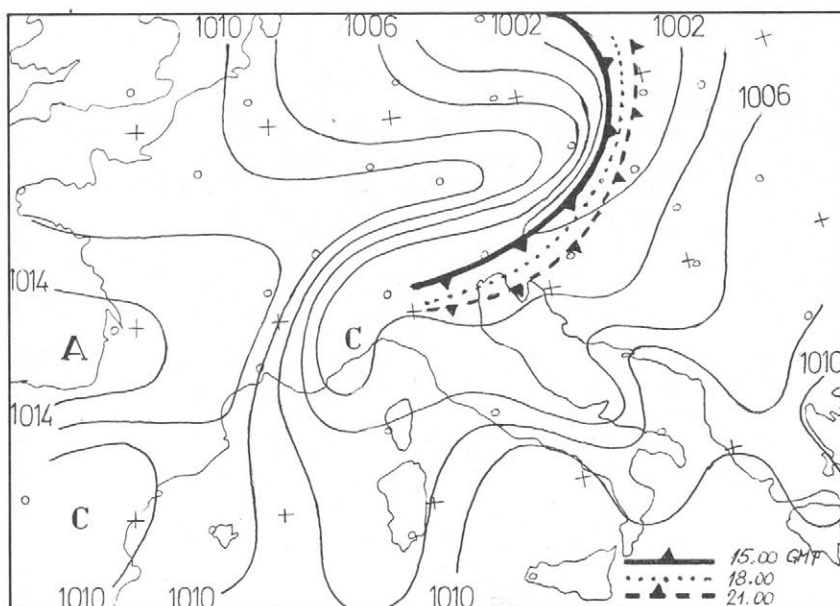
Že iz prej omenjenih podatkov o datumih pojavljanja viharov vrtincev vidimo, da so vsi pustošili v drugi polovici julija in v avgustu, torej v obdobju, ko je pri nas najbolj vroče. V takih razmerah se že pri ustaljenem, anticiklonalnem vremenu pogosto pojavljajo vročinske nevihte. Zračna masa postane zaradi preugretosti v nižjih plasteh ozračja že ob najmanjših ohladih v višjih plasteh (1 do 2 stopinji na višini okoli 5000 m) zelo labilna. To povzroča dviganje zraka nad segreto zemeljsko površino. Dviganje zraka pomeni tudi njegovo ohlajanje in če je zrak dovolj vlažen tudi kondenzacijo. Sproščanje toplote (latentna toplota) povzroči nadaljnje dviganje in sprva majhen kopast oblak se lahko razvije v nevihtni oblak — kumulonimbus, ki sega pogosto prek 10 km visoko, v ekstremnih pogojih celo prek 16 km. Vertikalne hitrosti zra-



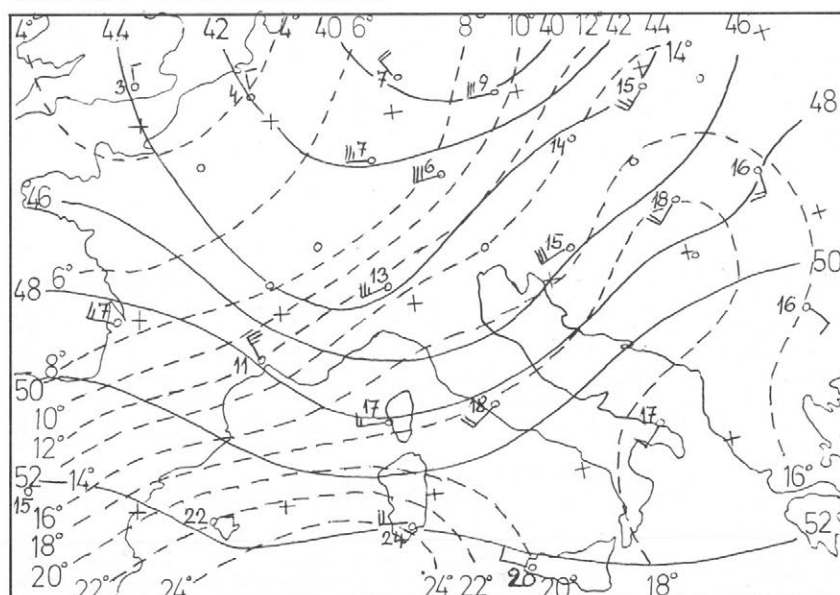
Slika 2. Posledice vrtinčastega vetra v gozdu.

ka v nevihtnem oblaku so tudi več kot 20 m/s. Glede na tako intenzivne energetske procese so razumljive tudi velike hitrosti vetra pri tleh. Iz literature in izkušenj je znano, da je prvi sunek ob prihodu nevihtne celice najmočnejši. Ta se pojavlja že pri manj razvitih nevihtnih oblakih. W. Müldner (2) je zelo natančno opisal in strokovno analiziral primer vr-

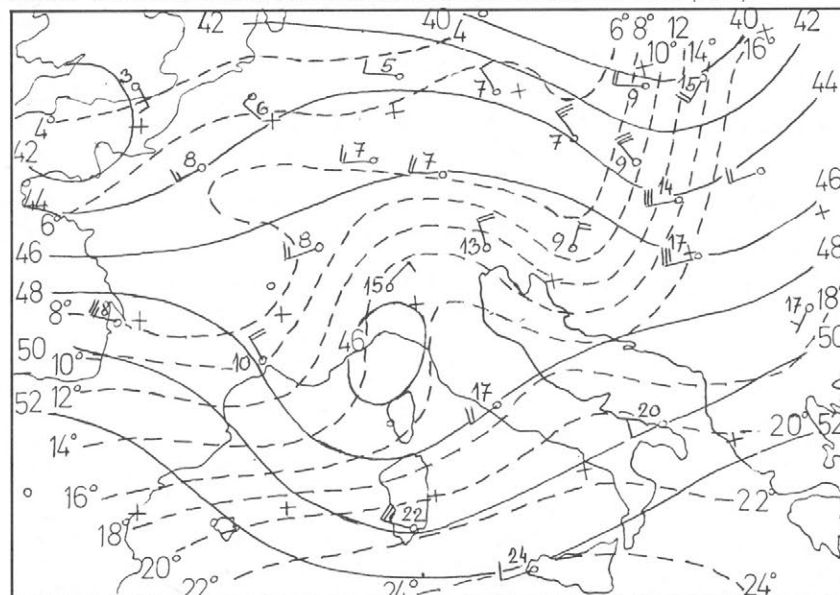
tinčastega viharja v Nemčiji pri Nürnbergu 22. 7. 1948. Zanimivo je, da se vsi primeri, ki smo jih omenili, bodisi da so znani iz literature ali so bili zabeleženi pri nas, med seboj razlikujejo in nobeden ni popolnoma podoben primeru vrtnica, ki se je pojavil 23. 8. 1986. Nekatera spoznanja iz primerov v literaturi lahko povzamemo tudi za naš primer, vendar je bil ta gotovo nekaj posebnega že zato, ker je ob razmeroma ozkem pasu območje pustošenja zelo dolgo. Letzmann (1) je za različne modele vrtničastih vetrov našel odvisnost med rotacijsko hitrostjo in translacijsko hitrostjo vrtnica. Iz primerov, ki jih je obdeloval sam, in iz primera, ki ga je opisal Müldner, je Letzmannova predpostavka, da je rotacijska hitrost do šestkrat večja od hitrosti gibanja vrtnica. To razmerje velja za tiste vrtnice, pri katerih ležijo podrta drevesa navzkriž. Tak primer je bil pri našem vrtnicu zelo pogost (slika 7), saj smo našli celo na ravnem predelu, kjer ne moremo govoriti o vplivu zemljišča, po dve drevesi, ki sta ležali v povsem nasprotnih smereh. Ker nimamo točnega podatka o hitrosti gibanja vrtnica, predpostavimo dve mejni hitrosti. Po pripovedovanju očitnecev je bil najkrajši čas, ki ga je porabil vrtnec za celotno pot, pol ure, najdaljši pa ena ura. Torej se je gibal s hitrostjo med 9 m/s in 16 m/s. Če sedaj izračunamo hitrost vetra v neki točki po Letzmannovi relaciji, dobimo hitrost med 54 m/s in 100 m/s. To so hitrosti, ki pri nas še niso bile izmerjene, vsaj blizu zgornje meje ne. Kljub temu lahko glede na posledice (podrti kozolci, hiše brez celega ostrešja in s podrtimi zidovi, polomljena drevesa tudi s premerom pol metra) ocenimo, da so bile hitrosti vetra v vrtnicu prek 60 m/s. Žal so to le ocene, saj nimamo na tem območju nobenega inštrumenta za registracijo hitrosti vetra. Doslej je bila pri nas v nižinah največja izmerjena hitrost vetra 50 m/s, ko je že v uvodu omenjeno neurje prešlo naše opazovalno mesto v Portorožu. Vendar je bila tudi tedaj hitrost nekoliko večja, ker se je zaradi preobremenjenosti pokvaril merilni inštrument. Izračunajmo zdaj še po drugi poti, kakšna mora biti hitrost vetra, da prelomi drevo z določenimi merami. Iz literature (2) smo izbrali primer, ko je avtor računal moč vetra, ki je potrebna, da se zlomi drevo, visoko 28 metrov, s 4 metre široko krošnjo, maso krošnje 120 kg, radijem debla na mestu preloma 0,125 metra, srednjih radijem debla 0,09 metra, specifično težo 7000 N/m^3 in upogibno napetostjo loma $4,7 \cdot 10^7 \text{ N/m}^2$. Za bor z navedenimi dimenzijami je Müldner dobil potrebno moč vetra 2480 N/m^2 in hitrost 58 m/s. Ta velikostni red rezultata je glede na poškodbe dobra ocena za naš vrtnec. Čeprav se nam je zdela na začetku hitrost prek 60 m/s velika, je glede na navedene izračune povsem sprejemljiva. Glede na posledice in ocenjene hitrosti vetra je vrtničasti vihar, ki je pustošil 23. avgusta 1986, ekstremen meteorološki pojav v Sloveniji. Po podrobnem pre-



Slika 4. Nižinska meteorološka karta dne 23. 8. 1986 ob 15.00 (GMT) z vrisanimi pomiki hladne fronte ob 18.00 in 21.00 (GMT).



Slika 5. Višinska meteorološka karta AT 850 mb 23. 8. 1986 ob 12.00 (GMT).



Slika 6. Višinska meteorološka karta AT 850 mb 24. 8. 1986 ob 00.00 (GMT).



Slika 7. 180-stopinjski kot med podrtima drevesoma.

gledu makro vremenskih razmer in rezultatov radarskih meritev smo ugotovili, da te razmere niso bile izjemne. Zaradi redkosti takih pojavov in pomanjkanja kakovostnih meteoroloških meritev so vzroki za njihov nastanek slabo raziskani, ne samo pri nas, temveč tudi drugod v svetu. Zato teh pojavov še ni mogoče napovedati.

1. Letzmann, J., 1933. Einige Ergebnisse experimenteller Wirbelforschungen. Meteor. Z. 50, 462.
2. Müldner, W., 1950. Die Windbruchschäden des 22. 7. 1948 im Reichswald bei Nürnberg. Berichte des Deutschen Wetterdienstes in der US-Zone, N. 19. Bad Kissingen.
3. Pristov, J., 1984. Orkanski vetrovi na Gorenjskem in deloma Tolminskem. Knjižnica Hidrometeorološkega zavoda SR Slovenije, Ljubljana.
4. Šifrer, M., Orožen Adamič, M., 1985. Učinki viharja 19.—11. februarja 1984 v Sloveniji. Geografski zbornik 24, str. 213—245, Ljubljana.

PREGLEDNICA 1. Podatki o temperaturah, vetru in padavinah za 23. 8. 1986 ob 12.00 in 18.00 (GMT).

Postaja	12.00 GMT			18.00 GMT			Padavine v mm/m ² za 24 ur
	Temperatura v °C	Smer vetra	Hitrost vetra v m/s	Temperatura	Smer vetra	Hitrost vetra	
Ljubljana	25,4	240	2	12,2	320	3	30
Letališče Brnik	25,3	280	3	11,9	290	2	14
Planica	22,4	270	2	9,2	090	2	32
Slovenj Gradec	25,3	180	2	11,6	350	4	14
Celje	26,8	250	2	13,4	260	4	35
Maribor (letališče)	26,7	230	6	13,6	020	5	29
Novo mesto	27,7	190		16,4	220	5	9
Kočevje	26,4	220	8	19,0	340	4	23
Lisca	21,8	180	4	8,7	160	8	10
Portorož	27,4	200	6	18,5	000	7	6
Nova Gorica	25,9	220	12	19,5	140	0	40
Kredarica	6,0	140	1	0,8		13	25

Miran Trontelj
Boris Zupančič

The Storm of 23. 8. 1986 in the Notranjsko Region — A Tornado

On August 23rd, 1986, in deteriorating weather conditions caused by the arrival of a cold front in Slovenia, a storm arose on the northern slopes of Mt. Javornik, which, with exceptionally violent winds, devastated a belt of land 34 km long, from Novi Svet to Ljubljansko barje, on a very narrow front, only 100 to 300 metres wide. After inspection of the damage, it was concluded that this storm had in fact been a whirlwind, a phenomenon not previously recorded in Slovenia. In view of the lack of wind speed measurements, wind velocity was estimated to have amounted to 60-100 m/s, on the basis of examples known from the literature. Exact measurements of the speed of advance of the whirlwind could not be made, but, based on the evidence of eyewitnesses at different places, it may be estimated to have been approximately 12 m/s. The whirlwind sprang up beneath a thundercloud (cumulonimbus), and moved with it in the direction of the air stream in the lower layers of the atmosphere, almost at right angles to the direction of movement of the cold front. Both radar observations and precipitation measurements in the surroundings showed that the most turbulent processes had occurred only in the lower layers of the atmosphere.

Kjer nič ni,
še ujma ne vzame.

Bojc, E., 1980. Pregovori in reki na Slovenskem. Državna založba Slovenije, Ljubljana.