

VPLYV RELIÉFU NA VETERNÉ POMERY BRATISLAVY

Topography Influence on Wind Condition of Bratislava

Polčák, N., Šťastný, P.

Slovenský hydrometeorologický ústav, Bratislava

Abstrakt

Príspevok sa zaoberá vplyvom reliéfu na veterné pomery Bratislavy. Bratislava leží v orograficky členitom území. Jej veterné pomery sú ovplyvňované pohoriami a nížinami v mezoklimatickej, miestnoklimatickej a mikroklimatickej dimenzii v kontexte prevládajúceho prúdenia v rámci všeobecnej cirkulácie atmosféry v strednej Európe. V mezoklimatickej dimenzii sú pre veterné pomery z hľadiska reliéfu určujúce Alpy a Karpaty, ktoré vytvárajú dýzový efekt prúdenia vzduchu v Bratislave pri prevládajúcom západnom a severozápadnom prúdení v strednej Európe. V miestnoklimatickej dimenzii je tento efekt podporený dýzovým prúdením medzi Heinburskými vrchmi a Malými Karpatmi, konkrétne medzi Heinburskými vrchmi a Devínskymi Karpatmi v doline Dunaja a medzi Devínskymi Karpatmi a Pezinskými Karpatmi v Lamačskej bráne. Súhrn týchto faktorov spôsobuje zvýšenú priemernú ročnú rýchlosť vetra, ktorá patrí medzi najvyššie zo všetkých slovenských miest a pohybuje sa podľa meraní od 3,0 do 4,1 m.s⁻¹. Vplyvom reliéfu medzi Malými Karpatmi a Heinburskými vrchmi prevláda severozápadné, severné, východné a juhovýchodné prúdenie. Vo východnej časti mesta na úpätí Malých Karpát a v Podunajskej nížine ovplyvňuje reliéf prevládajúce smery prúdenia tak, že prevládajú severozápadné zložky prúdenia vplyvom všeobecnej cirkulácie v strednej Európe a pokračujúcim dýzovým efektom, ktorého účinky smerom na juhovýchod a východ Podunajskej nížiny slabnú. Výrazne je zosilnená v tejto časti mesta severovýchodná zložka prúdenia pozdĺž Malých Karpát. V severozápadnej časti mesta sa v miestnoklimatických cirkulačných systémoch prejavuje za radiačného typu počasia cirkulácia vzduchu medzi Malými Karpatmi a Záhorskou nížinou, v južnej, juhovýchodnej a východnej časti mesta medzi Malými Karpatmi a Podunajskou nížinou, čo dokumentujeme i konkrétnymi výsledkami v práci.

Kľúčové slová: reliéf, veterné pomery, Bratislava

Abstract

The contribution deals with the topography influence on wind condition of Bratislava. The capital city – Bratislava is situated in orographically complex terrain. Wind conditions are influenced with mountains and lowlands as well and in the mesoclimate and topoclimate and microclimate dimensions. The frame of wind condition is the prevailing air flow in Central Europe as the influence of general circulation in this region. In the mesoscale condition Alps and Carpathians create the jet effect on prevailing west and northwest flow. In the toposcale this jet stream is intensified by the local jet effect of the Heinburg vrchy and Devínske Karpaty mountains and Heinburg vrchy and Pezinské Karpaty mountains respectively. Multiplied jet effect causes the increase of mean annual wind speed in Bratislava region. Its value is the highest from all the Slovak cities and reaches 3,0 to 4,1 m.s⁻¹. The terrain effect between Heinburg vrchy and Malé Karpaty mountains causes northwest - north and east - southeast flow. The jet effect and Biele Karpaty mountains ridge influence are decreasing in the southeast direction. Biele Karpaty mountains ridge causes more percentage of northeast direction in position close to mountain massif. The local circulation between Malé Karpaty

mountain and Záhorská nížina lowland in the northwest part of the city and between Malé Karpaty mountain and Podunajská nížina lowland is more expressed in weather type with clear sky and generally low wind speed. Meteorological stations in Bratislava region allow supporting those phenomena by measured meteorological variables.

Key words: topography, wind conditions, Bratislava

Úvod

Veterné pomery miest a ich podrobná analýza patria k mimoriadne dôležitým klimatickým charakteristikám územia. Rýchlosť a smer vetra v mestách ovplyvňujú predovšetkým rozptyl, prenos a znečistenie prízemnej vrstvy atmosféry, lokalizáciu priemyselných, ubytovacích a rekreačných zón a v kombinácii s ďalšími meteorologickými prvkami vytvárajú špecifická mezoklímy, miestnej klímy a topoklímy mesta, vznikajú špecifické miestne klimatické efekty (Vysoudil 2009).

Veterné pomery miest v orograficky členitejšom území, medzi ktoré patrí i Bratislava, sa vyznačujú veľkou premenlivosťou v priestore a čase. Špecifikom v tomto smere je poloha Bratislavy medzi tromi podsústavami Alpsko-himalájskej sústavy: Alpami, Karpatmi a Panónskou panvou. Veterné pomery Bratislavy okrem všeobecnej cirkulácie atmosféry v danom priestore budú ovplyvňované podľa geomorfologického členenia (Mazúr, Lukniš 2002) z pohorí geomorfologickým celkom Malých Karpát (oblasť Fatransko-tatranská, subprovincia Vnútorne Západné Karpaty, provincia Západné Karpaty). Z nížin bude veterné pomery Bratislavy ovplyvňovať geomorfologická oblasť Záhorská nížina s geomorfologickým celkom Borskej nížiny (subprovincia Viedenská kotlina, provincia Západopanónska panva) a geomorfologická oblasť Podunajská nížina s geomorfologickým celkom Podunajskej roviny (subprovincia Malá Dunajská kotlina, provincia Západopanónska panva)

Materiál a metódy

Pri spracovaní vplyvu reliéfu na veterné pomery Bratislavy sme vychádzali z doteraz publikovaných prác, spomenutých ďalej a meraní klimatologickej a meteorologickej staničnej siete Slovenského hydrometeorologického ústavu, ktorej rozmiestnenie v Bratislave a blízkom okolí nám umožňuje analyzovať špecifická veterných pomerov spôsobené polohou a reliéfom.

Problematika veterných pomerov Bratislavy bola spracovaná v monografii M. Končeka a kol. „Klíma a bioklíma Bratislavy“ (1979). V nej veterné pomery spracoval J. Otruba. Použil stanice z Bratislavy a blízkeho okolia za obdobie rokov 1926 až 1970. Veterné pomery Bratislavy sú spracované formou tabuliek a veterných ružíc aj v monografii J. Otrubu (1964) „Veterné pomery na Slovensku“, podobne i v zborníkoch prác HMÚ (Šoltís 1982, 1990, 1991). Veterné pomery Bratislavy ako súčasť vybraného spracovaného územia bývalého Západoslovenského kraja spracoval v monografii Š. Petroviča a kol. (1968) „Klimatické a fenologické pomery Západoslovenského kraja“ J. Šoltís. Veterné pomery juhozápadného Slovenska za vybraných situácií so slabým prúdením vo výške 1500 m spracoval Lapin (1977). Vietor, ako veľmi dôležitý faktor pri hodnotení znečistenia ovzdušia Košíc analyzoval Szabó (1997), vplyv vetra na rozptyl lúženca zo skládky pri Sereďi a jeho dopady na životné prostredie analyzovali Michaeli a Boltižiar (2009).

Z novších prác môžeme spomenúť monografiu N. Polčáka a P. Šťastného (2010) „Vplyv reliéfu na veterné pomery Slovenskej republiky“, v ktorej autori analyzujú vplyv reliéfu na veterné pomery aj v oblasti Bratislavy.

Zo siete staníc Slovenského hydrometeorologického ústavu sme pre analýzu vplyvu reliéfu na veterné pomery použili 3 stanice z Bratislavy a 1 stanicu z blízkeho okolia: Bratislava-

Mlynská dolina (182 m n.m.), Bratislava-Koliba (286 m n.m.), Bratislava-letisko (133 m n.m.), Slovenský Grob (141 m n.m.). Stanicu v Stupave v Záhorskej nížine sme z dôvodu výrazného ovplyvnenia veterných pomerov okolitou zástavbou nepoužili.

Spracovali sme termínové merania o 7., 14., a 21. hodine z anemografov vo výške 10 metrov nad aktívnym povrchom za obdobie rokov 2000 až 2009. Pribeh smeru a rýchlosti vetra s minútovým (hodinovým) krokom bol znázornený z meraní automatických meteorologických staníc. Charakterizovali sme vplyv reliéfu na priemernú ročnú rýchlosť vetra a početnosť výskytu z jednotlivých smerov vetra, silné vetry, bezvetrie a miestnu cirkuláciu.

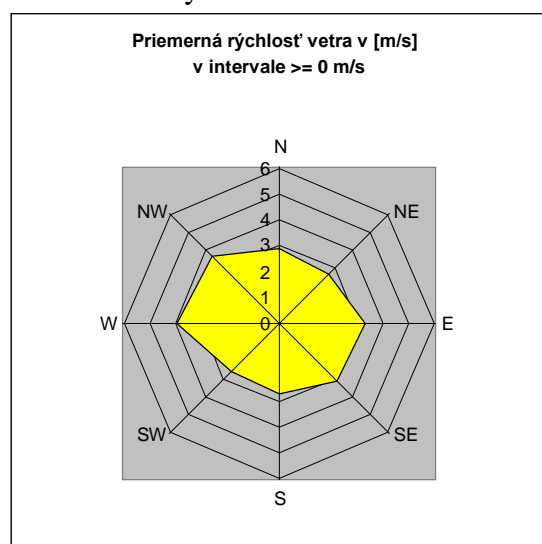
Výsledky a diskusia

Všeobecná cirkulácia atmosféry v strednej Európe a prevládajúce západné a severozápadné prúdenie v oblasti Bratislavy je zosilňované vplyvom reliéfu. Medzi Karpatmi a Alpami vzniká dýzový efekt, ktorý zvyšuje priemernú ročnú rýchlosť vetra v oblasti Bratislavy. Dýzový efekt je podporený aj samotnou konfiguráciou reliéfu medzi Malými Karpatmi, konkrétne Devínskymi Karpatmi a Heinburskými vrchmi v Rakúsku ako i smerovaním doliny Dunaja v tomto priestore. Priemerná ročná rýchlosť vetra za obdobie rokov 2000 až 2009 sa na staniciach v Bratislave pohybuje od $3,0 \text{ m.s}^{-1}$ v Mlynskej doline, $3,7 \text{ m.s}^{-1}$ v Bratislave na letisku, po $4,1 \text{ m.s}^{-1}$ v Bratislave na Kolibe. Z historických údajov, pre porovnanie, uvádzame hodnoty uvedené v monografii „Klíma a bioklíma Bratislavy“ (Konček a kol. 1979): Bratislava-Koliba (za obdobie rokov 1951-1970) $4,2 \text{ m.s}^{-1}$, Matúškova ulica (1926-1950) $3,2 \text{ m.s}^{-1}$, Trnavská cesta (1941-1960) $3,1 \text{ m.s}^{-1}$, Ivánka-letisko (1951-1970) $3,6 \text{ m.s}^{-1}$, Vajnory (1934-1951) $3,4 \text{ m.s}^{-1}$, Devínska Nová Ves (1927-1943, 1946-1953) $3,8 \text{ m.s}^{-1}$.

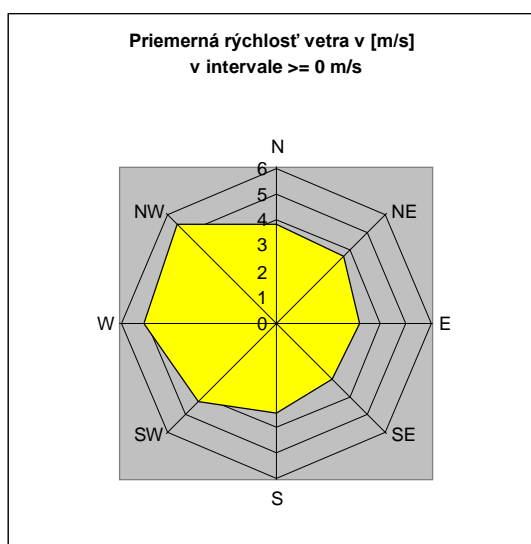
Priemernú ročnú rýchlosť vetra z jednotlivých smerov nám dokumentujú veterné ružice na obr. 1.

Obr. 1. Priemerná ročná rýchlosť vetra z jednotlivých smerov v m.s^{-1} zo staníc Bratislava-Mlynská dolina, Bratislava-Koliba, Bratislava-letisko a Slovenský Grob za obdobie rokov 2000-2009.

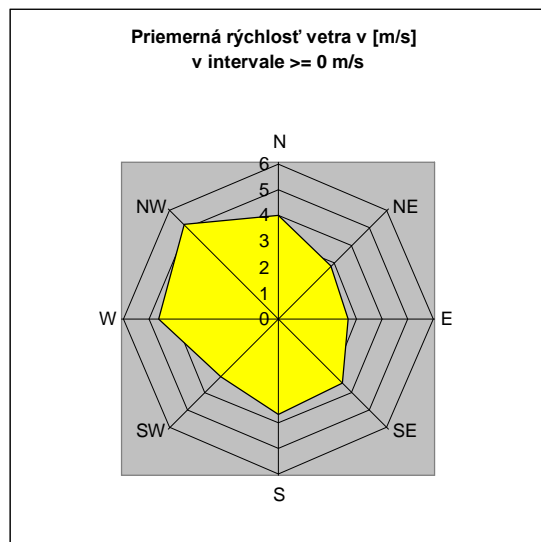
Bratislava-Mlynská dolina



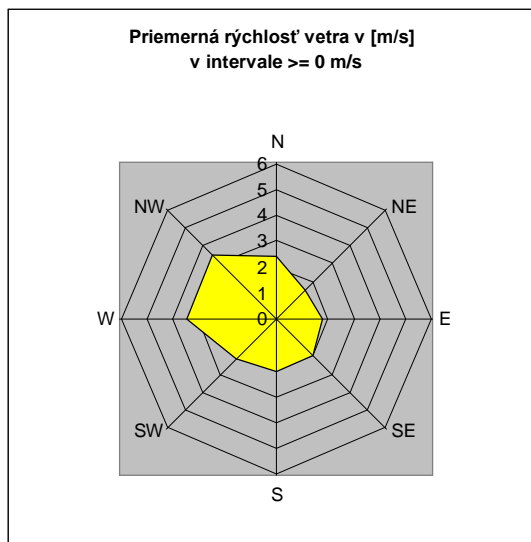
Bratislava-Koliba



Bratislava-letisko



Slovenský Grob



Najvyššie priemerné ročné rýchlosti vetra dôsledkom všeobecnej cirkulácie atmosféry a reliéfu sú zo severozápadu, v západnej časti mesta vplyvom reliéfu zo západu (Mlynská dolina). V náveterných polohách mesta (západná až severozápadná časť mesta) je severozápadné prúdenie zoslabované, naopak v zátvernej polohe (juhovýchodná až východná časť mesta) je severozápadné prúdenie zosilňované (Bratislava letisko, Slovenský Grob). Najvyššie rýchlosti vetra v Bratislave dosahujú severozápadné, západné, severné a juhovýchodné vetry. V západnej časti mesta vplyvom západovo-východného smerovania Lamačskej brány najvyššiu rýchlosť dosahuje vietor zo západu, severozápadu, východu a juhovýchodu. Vo východnej časti mesta, v Podunajskej nížine, najvyššie rýchlosti dosahuje severozápadné, západné, severné a južné prúdenie.

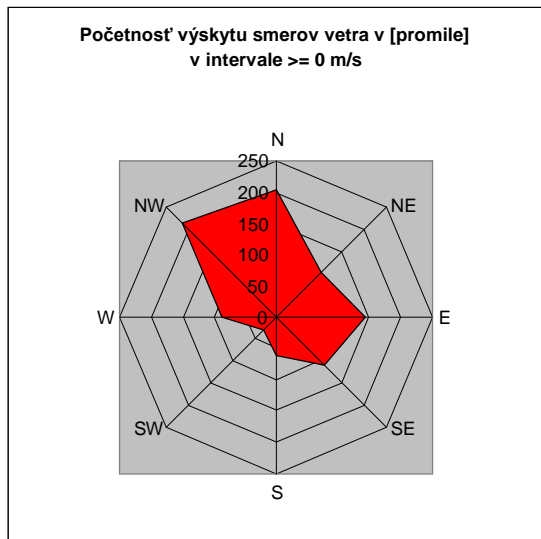
Výskyt bezvetria v oblasti Bratislavy dosahuje nízke hodnoty v porovnaní s inými oblasťami Slovenska, čo len dokumentuje zvýšenú veternosť v Bratislave a okolí, dôsledkom čoho sa tu vyskytuje menší počet teplotných inverzií ako napr. v Podunajskej nížine alebo v kotlinách Slovenska. V Bratislave-Mlynskej doline je priemerný počet dní s bezvetrím za obdobie rokov 2000 až 2009 51,6 promile zo všetkých pozorovaní, v Bratislave na letisku 49,4 promile, v Bratislave na Kolibe 26,2 promile a v Slovenskom Grobe 64,6 promile. Vyššie hodnoty bezvetria v severovýchodnej časti mesta spôsobuje zátvertná poloha k prevládajúcemu prúdeniu za hlavným hrebeňom Malých Karpát.

Z hľadiska početnosti výskytu z jednotlivých smerov vetra na juhovýchodnej strane hrebeňa Malých Karpát prevláda výskyt severozápadného vetra, ktorý v oblasti Malých Karpát je vplyvom reliéfu stáčaný viac k západu alebo severu (viď Slovenský Grob). Vedľajšie maximum v juhovýchodnej časti mesta (Petržalka a prilahlá časť Podunajskej nížiny) pripadá na severovýchodný až východný vietor, ktorý vyniká dôsledkom náveterného stáčania juhovýchodného vetra, ktorý je druhým najčastejším smerom vetra v otvorených oblastiach Podunajskej nížiny. V západnej časti mesta (západne od spojnice Bratislavský hrad, Červený kríž, Slavín, Kramáre, Kamzík) sa najčastejšie vyskytuje severozápadné prúdenie, ktoré môže byť miestami vychýlené na sever alebo západ. Vedľajšie maximum tu pripadá na juhovýchodný vietor, alebo na jeho odchýlky k východu alebo k juhu. V Záhorskej nížine, severozápadne od spojnice Lamač-Devínska Nová Ves, hlavné maximum pripadá na severovýchodný vietor, vedľajšie maximum na severozápadný vietor (Konček 1979).

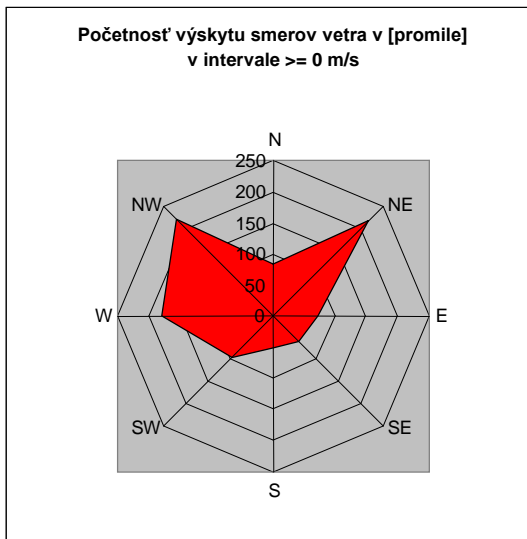
Početnosť výskytu smerov vetra v promile pomocou veterných ružíc je na obr. 2.

Obr. 2. Početnosť výskytu smerov vetra pre všetky rýchlosti vetra zo staníc Bratislava-Mlynská dolina, Bratislava-Koliba, Bratislava-letisko a Slovenský Grob za obdobie rokov 2000-2009.

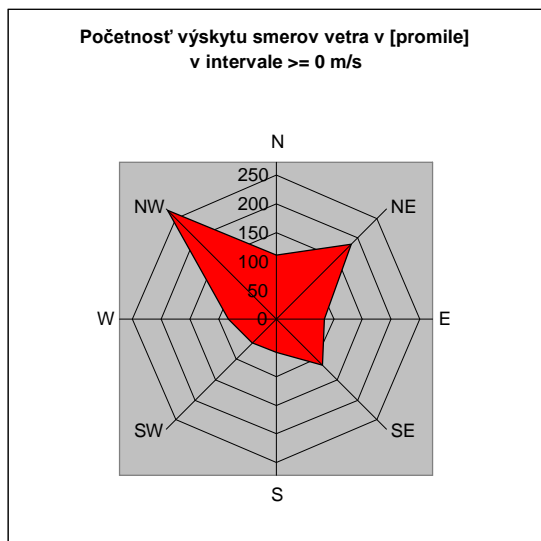
Bratislava-Mlynská dolina



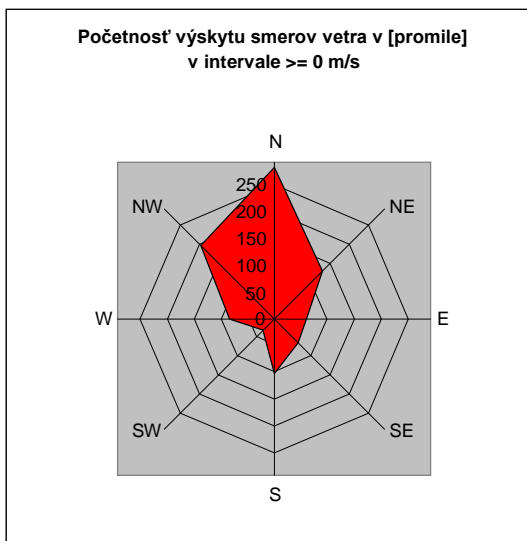
Bratislava-Koliba



Bratislava-letisko



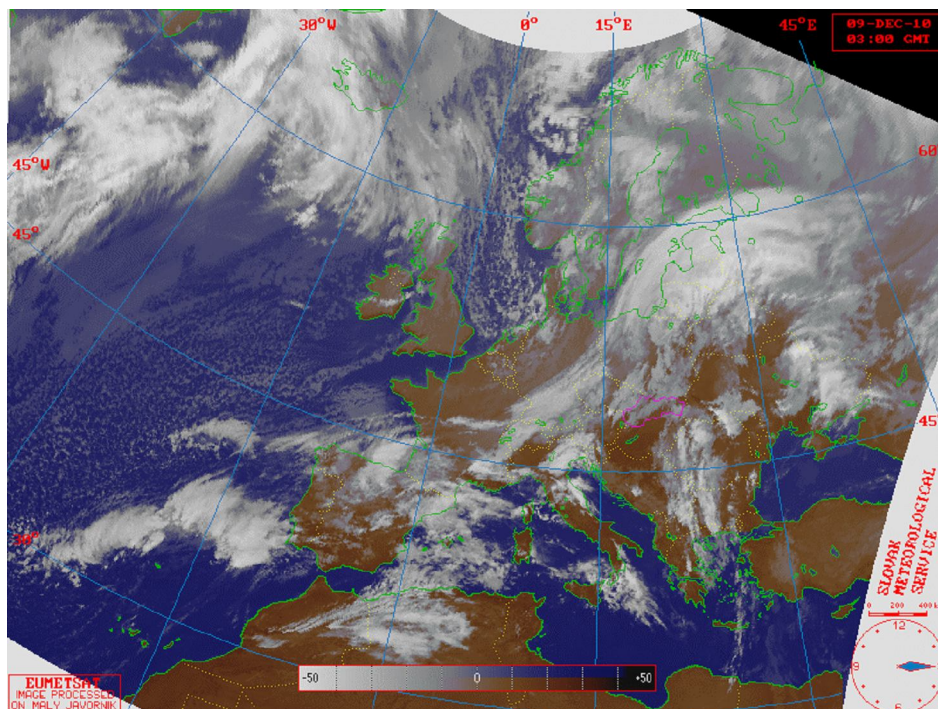
Slovenský Grob



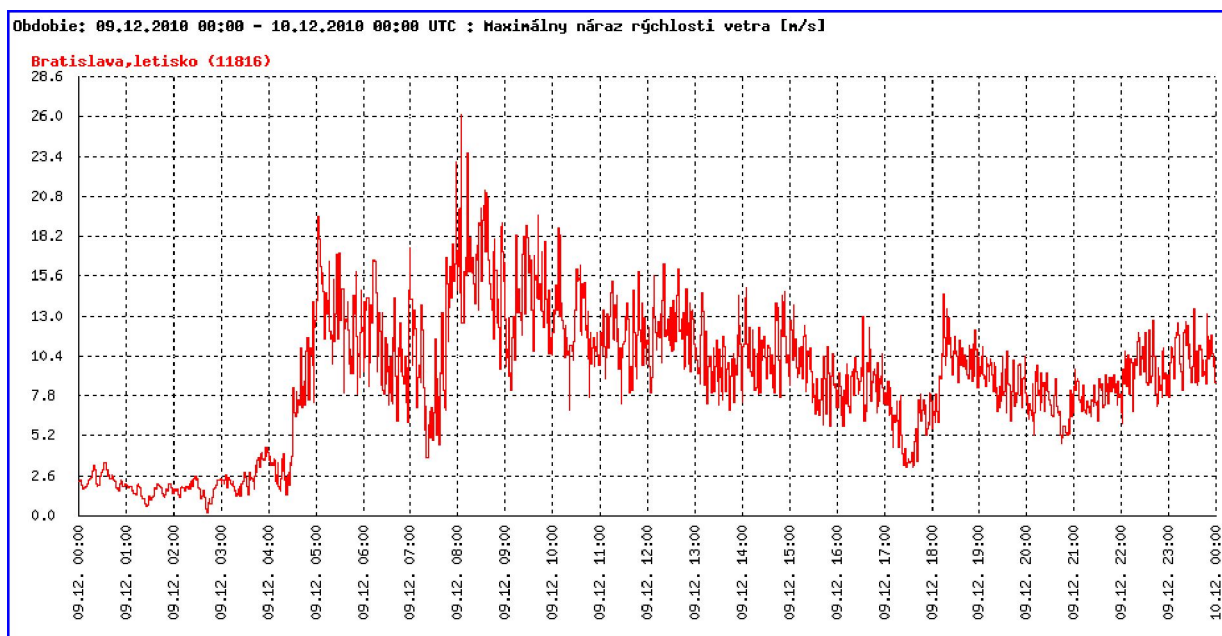
Pri prechodoch výrazných frontálnych systémov v smere prevládajúceho prúdenia v strednej Európe (od severozápadu) sú v oblasti Bratislavy pred príchodom frontálneho systému rozdielne veterné pomery. Pred príchodom studeného frontu prevláda vo východnej časti mesta na styku s Podunajskou nížinou juhovýchodné prúdenie, ktoré sa dôsledkom smerovania hlavného hrebeňa Malých Karpát na juhovýchodných svahoch pohoria stáča na južný až juhozápadný vietor. V západnej a severozápadnej časti mesta pozdĺž severozápadných svahov Malých Karpát prevláda pred príchodom frontu južné a juhozápadné prúdenie. Po prechode frontálneho systému prevláda prúdenie v smere tlakového gradientu (v tomto konkrétnom prípade od severozápadu). Na náveternej polohe (severozápadne od Malých Karpát) je prúdenie zoslabované, na záveternej polohe v juhovýchodnej a východnej

části mesta na styku s Podunajskou nížinou, je prúdenie zosilňované. Konkrétny príklad prechodu studeného frontu uvádzame zo dňa 9.12.2010 (obr.3, 4, 5).

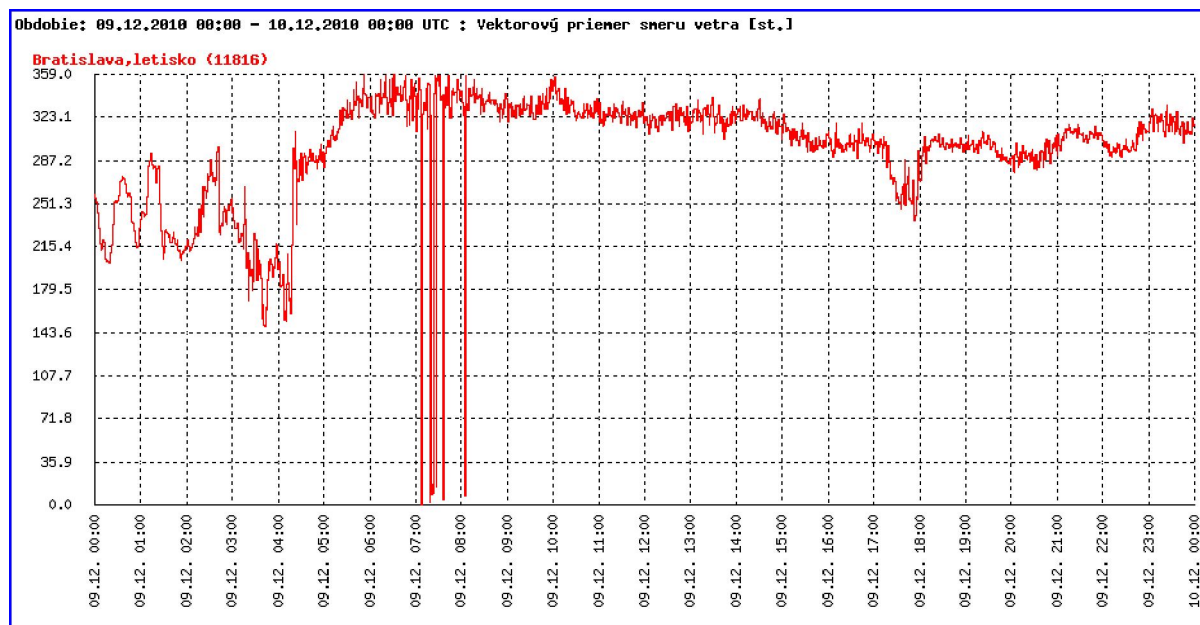
Obr. 3. Družicový záber prechodu studeného frontu dňa 9.12.2010 cez strednú Európu.



Obr. 4. Maximálne nárazy rýchlosti vetra na stanici Bratislava-letisko dňa 9.12.2010.



Obr.5. Vektorový priemer smeru vetra na stanici Bratislava-letisko 9.12.2010.



Maximálne nárazy vetra dosiahli v tomto prípade 26 m.s^{-1} , avšak maximálne nárazy môžu dosiahnuť i vyššie hodnoty.

V období rokov 2000 až 2010 maximálne nárazy rýchlosti vetra boli namerané na stanici v Bratislave-Mlynskej doline dňa 1.3.2008, 44 m.s^{-1} (smer vetra 310°), v Bratislave na letisku 13.3.2008, 38 m.s^{-1} (smer vetra 290°). Dôsledkom orografického zosilnenia na záveternej strane Malých Karpát sú maximálne nárazy vetra za toto obdobie vyššie v porovnaní s napr. stanicami v Podunajskej nížine, s výnimkou orograficky zosilneného prúdenia v Nitre-Veľkých Janíkovciach (tab.1.).

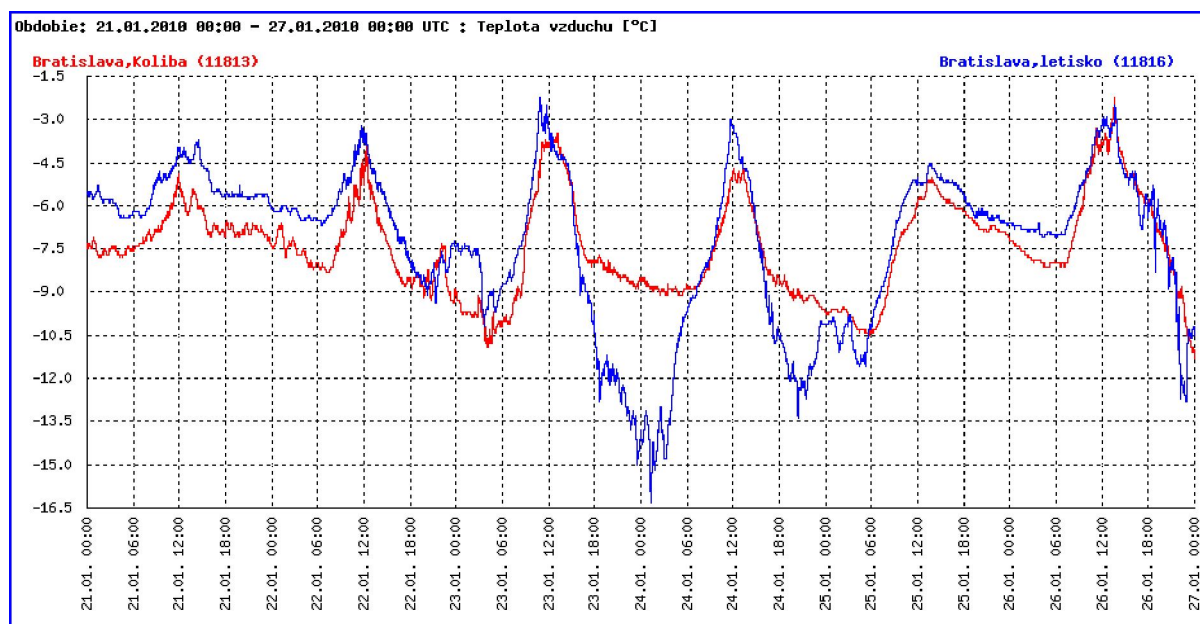
Tab.1. Maximálne nárazy vetra v Bratislave a Podunajskej nížine za obdobie od 1.1.2000 do 31.10.2010.

stanica	max. nárazy vetra v m.s^{-1}	smer vetra v $^\circ$	dátum výskytu
Bratislava-Mlynská dolina	44,0	310	1.3.2008
Bratislava-letisko	38,3	290	13.3.2008
Jaslovské Bohunice	36,2	270	2.3.2008
Piešťany	34,8	310	28.10.2002
Nitra-Veľké Janíkovce	46,5	260	21.2.2007
Mochovce	32,1	220	29.8.2003
Hurbanovo	33,7	300	18.5.2001
Dudince	29,9	330	15.3.2000

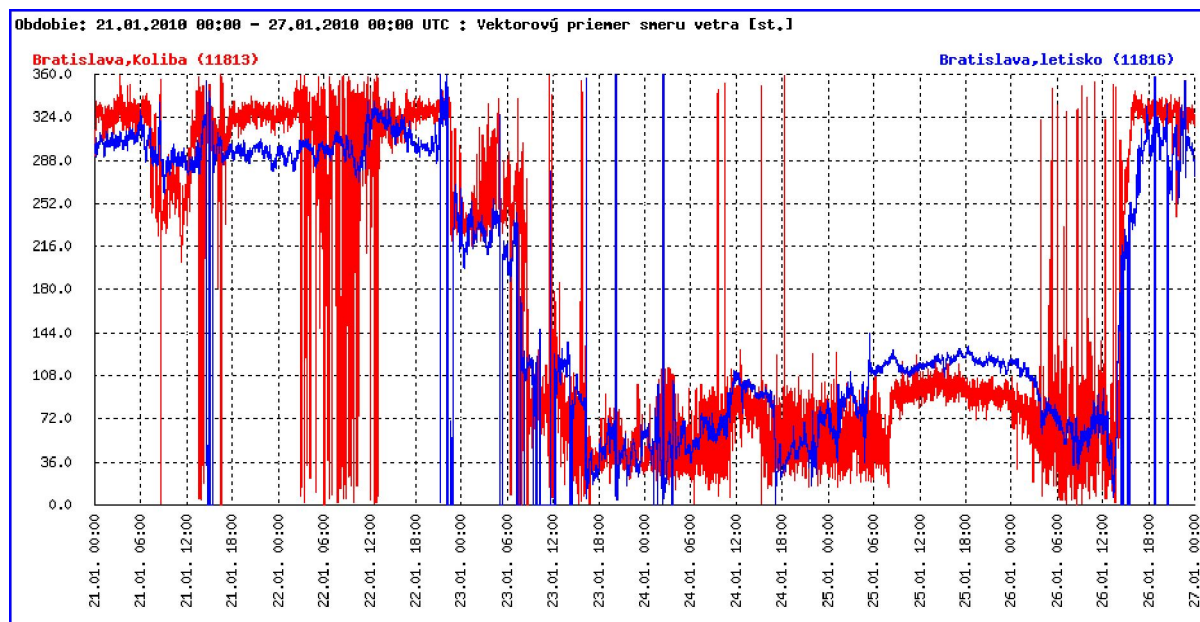
Počas teplotných inverzií medzi nižšie položenými časťami Bratislavy a svahmi Malých Karpát pozorujeme rozdielne veterné pomery. V inverznej vrstve sa vyskytujú premenlivé vetry alebo bezvetrie, prípadne chladný ťažký vzduch v inverzii kopíruje úpätie pohoria a „steká“ pozdĺž pohoria. Nad inverznou vrstvou smer vetra zodpovedá smeru spádu tlakového gradientu v danom priestore. Počas dňa a v období bez teplotnej inverzie sa smery prúdenia vyrovnávajú v smere tlakového gradientu.

Ako príklad uvádzame termín 21.01.2010–27.01.2010 zo staníc Bratislava-Koliba a Bratislava-letisko (obr.6,7).

Obr. 6. Denný chod teploty vzduchu na staniách Bratislava-Koliba a Bratislava-letisko v dňoch 21.01.2010 – 27.01.2010.



Obr.7. Denný chod vektorového priemeru smeru vetra na staniách Bratislava Koliba a Bratislava letisko v dňoch 21.01.2010 – 27.01.2010.

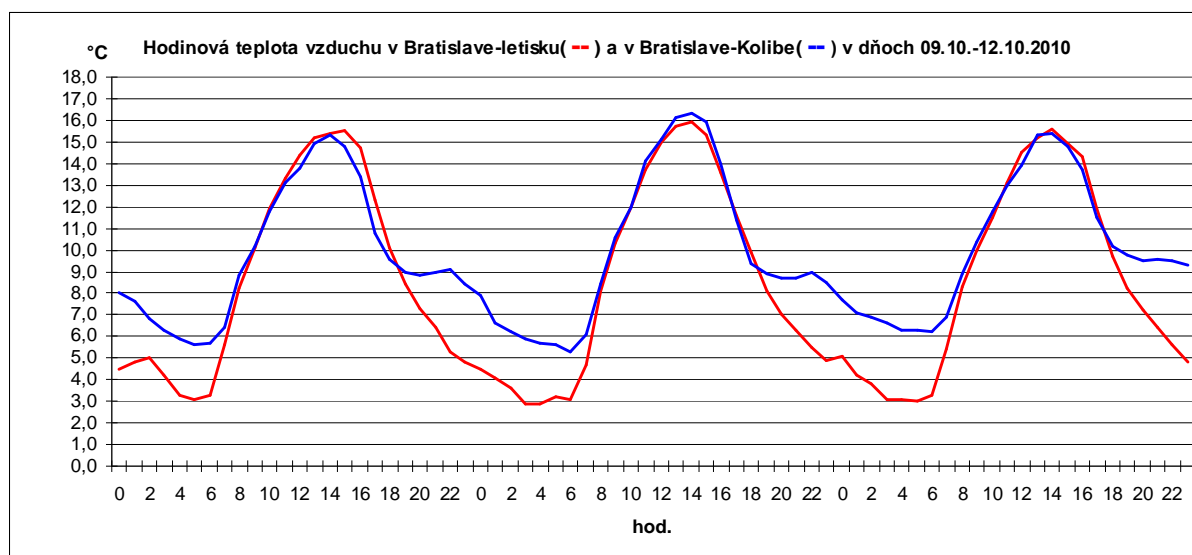


Z hľadiska miestnych cirkulačných systémov majú najväčší význam miestne cirkulačné pomery ovplyvnené rozdielnymi teplotnými charakteristikami vo vertikálne členitejšom území, vznikajúce pri radiačnom type počasia. Ide o katabatické a anabatické typy prúdení. Vyskytujú sa na styku Podunajskej a Záhorskej nížiny s Malými Karpatmi. Cez deň prúdi vzduch z nížin dolinami a svahmi smerom na pohorie – v závislosti od orientácie pohoria bude aj smer prúdenia, napr. na styku Podunajskej nížiny s Malými Karpatmi je to

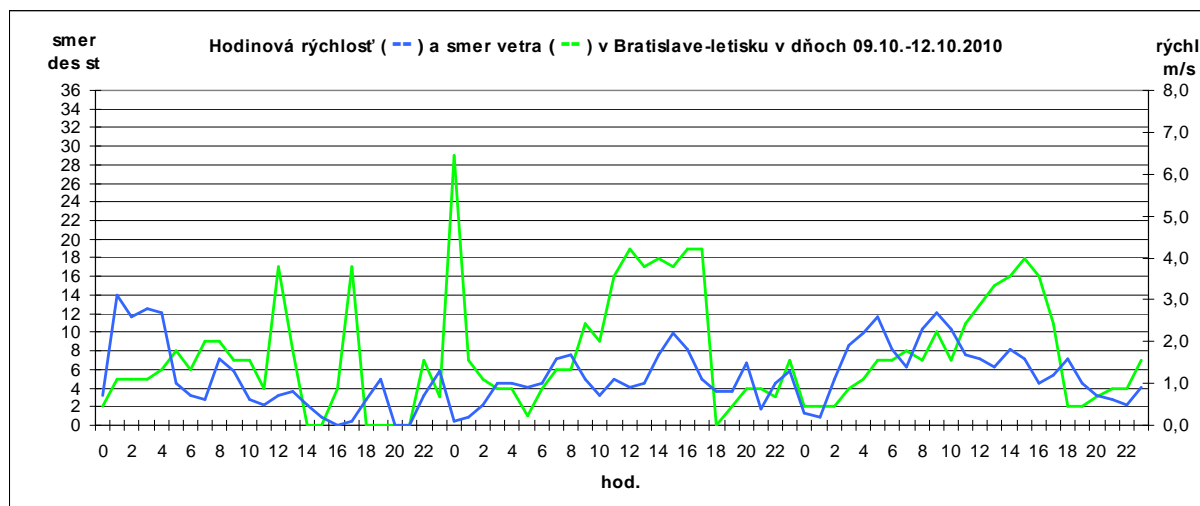
juhovýchodný vietor, na styku Záhorskej nížiny s Malými Karpatmi západný a severozápadný vietor. V noci steká chladnejší vzduch dolinami a svahmi do nížin, jeho smerovanie je opačné, ako v priebehu dňa.

Príklad zmien smerov a rýchlostí prúdenia na staniciach Bratislava-letisko a Bratislava-Koliba pri radiačnom type počasia v dňoch 9.10.-12.10. 2010 uvádzame na obr. 8,9,10.

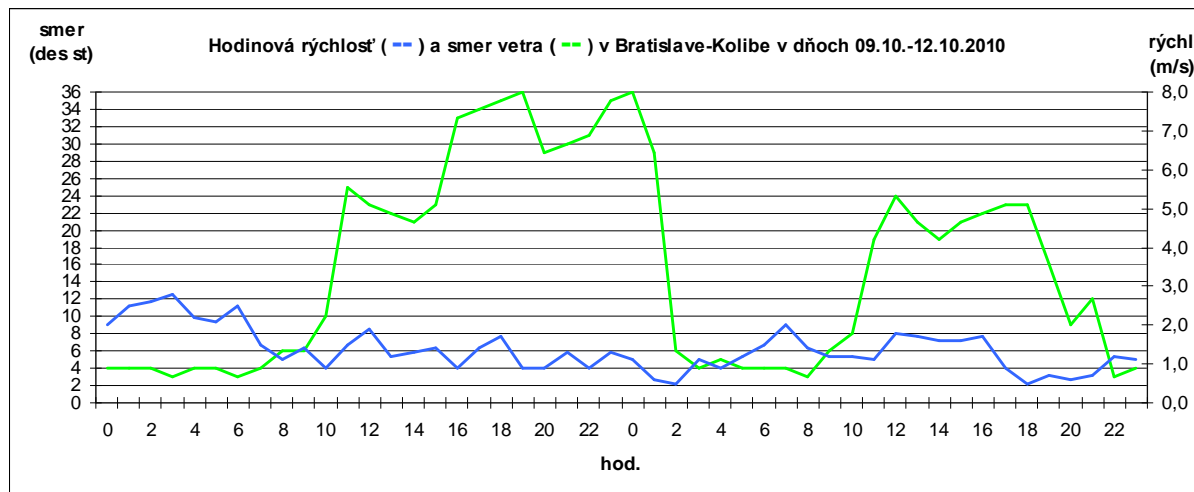
Obr. 8. Denný chod teploty vzduchu na staniciach Bratislava-letisko a Bratislava-Koliba v dňoch 9.10.-12.10. 2010.



Obr. 9. Denný chod hodinovej rýchlosti a smerov vetra na stanici Bratislava-letisko v dňoch 9.10.-12.10. 2010.



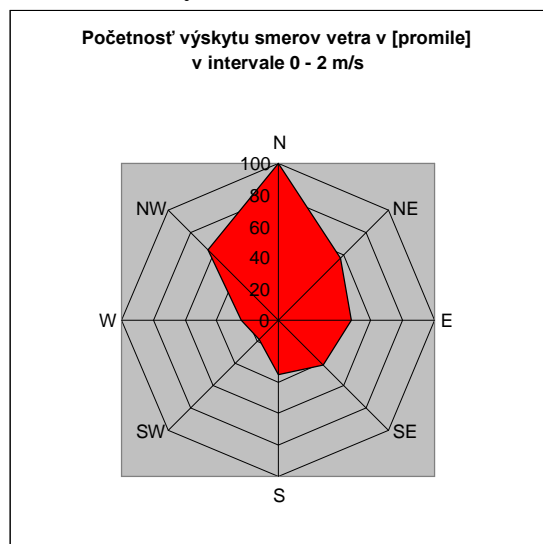
Obr.10. Denní chod hodinovej rýchlosti a smerov vetra na stanici Bratislava-Koliba v dňoch 9.10.-12.10. 2010.



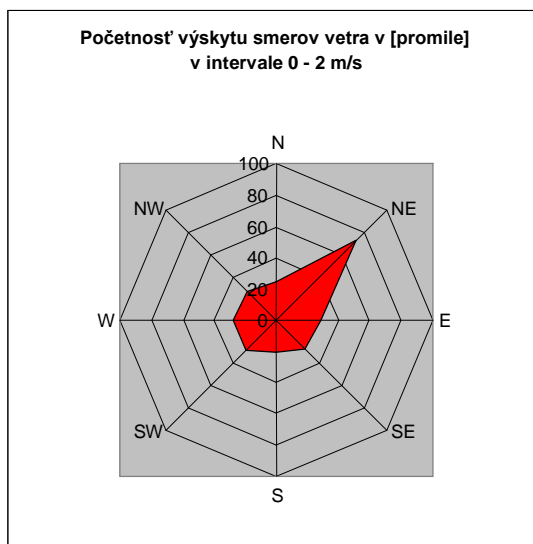
Katabatické a anabatické typy prúdení v tomto priestore sa vyznačujú menšími rýchlosťami vetra (obr.9,10). Početnosť výskytu smerov vetra pri slabých vetroch (do $2 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$) preto naznačuje prevládajúce smery prúdení v rámci miestnej cirkulácie (obr.11) a je odlišná v porovnaní s početnosťou výskytu smerov vetra pri všetkých rýchlostiach, resp. pri väčších rýchlostiach (porovnaj s obr. 2).

Obr.11. Početnosť výskytu smerov vetra pri slabých vetroch (do $2 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$).

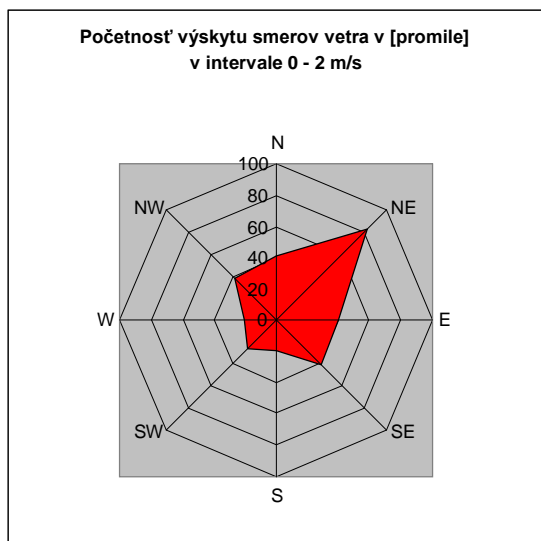
Bratislava-Mlynská dolina



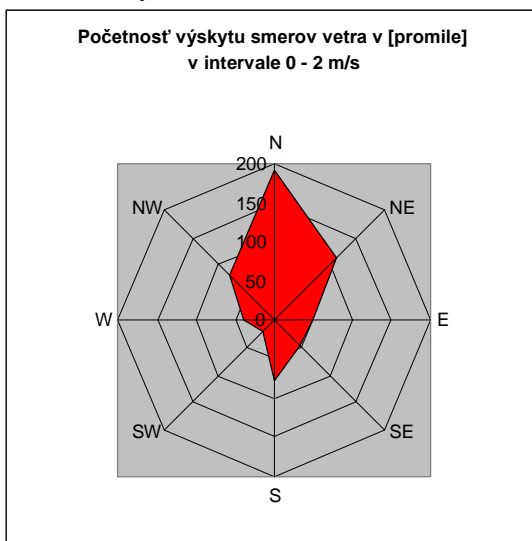
Bratislava-Koliba



Bratislava-letisko

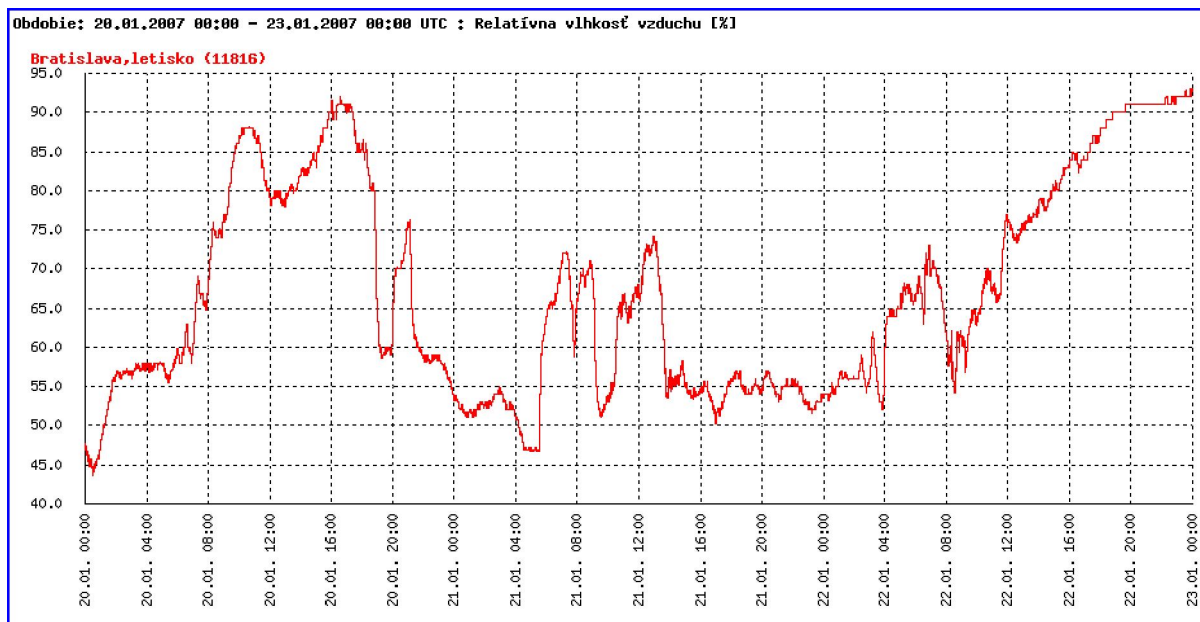


Slovenský Grob

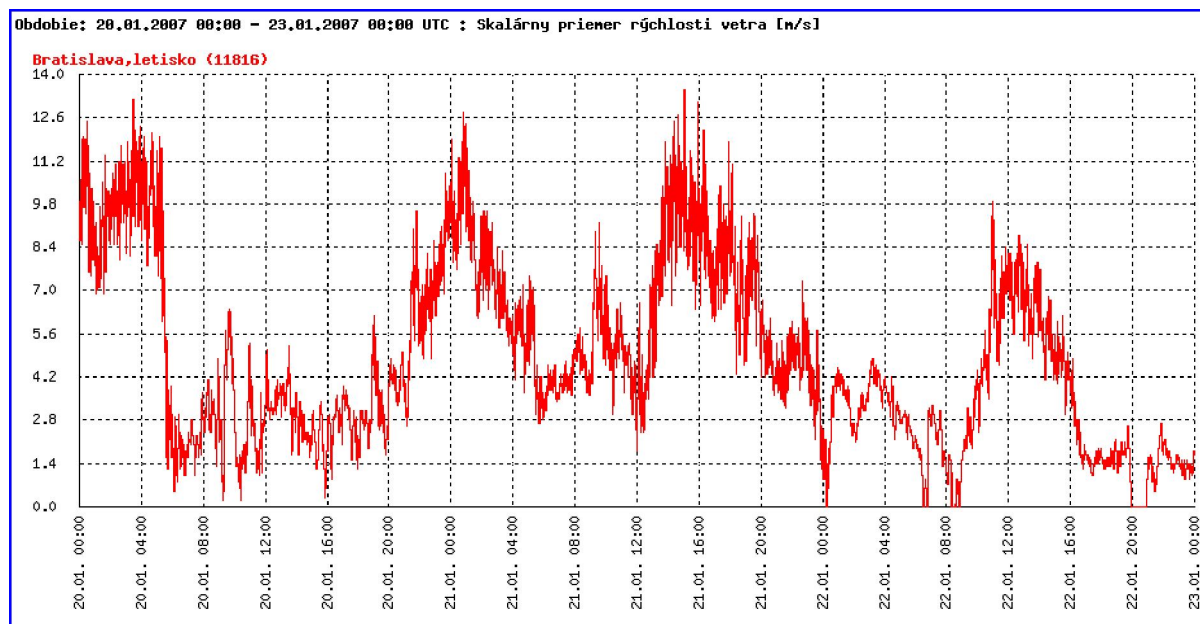


V juhozápadnej časti nížiny sa vplyvom orografie Álp pri istých typoch poveternostných situácií vyskytuje fén. Príklad výskyt fénu dokumentujeme na obr.12,13,14,15. Prejavuje sa poklesom relatívnej vlhkosti, zvýšením rýchlosti vetra, západným až juhozápadným smerom prúdenia a výrazným vzostupom teploty vzduchu.

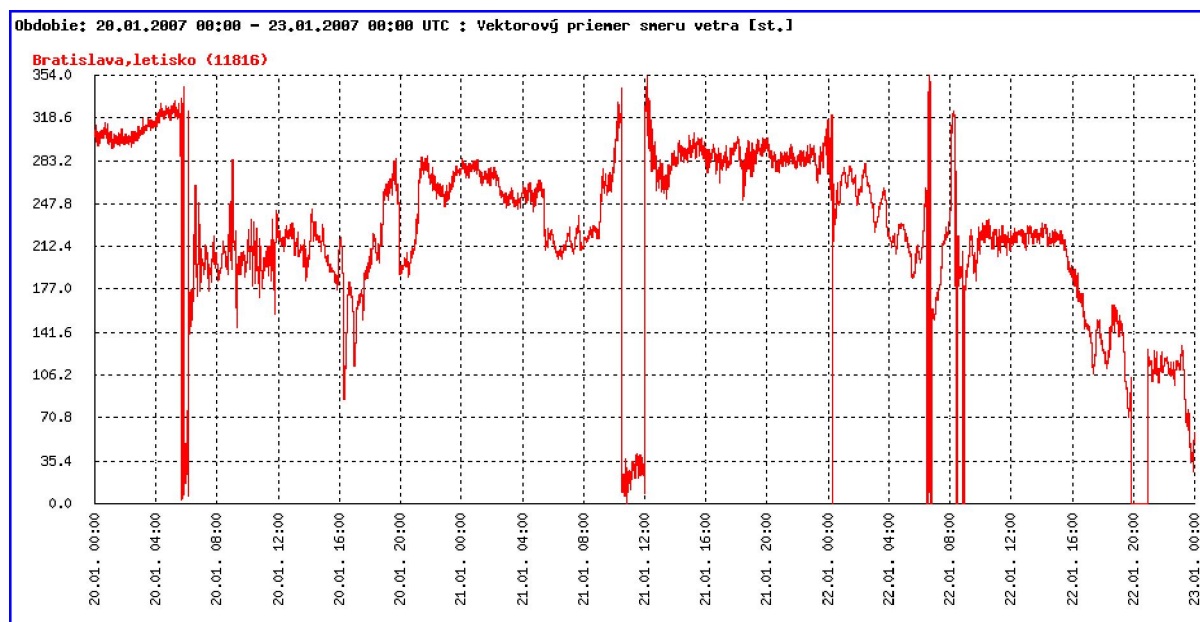
Obr 12. Denný chod relatívnej vlhkosti vzduchu na stanici Bratislava-letisko v dňoch 20.01.2010 – 23.01.2010.



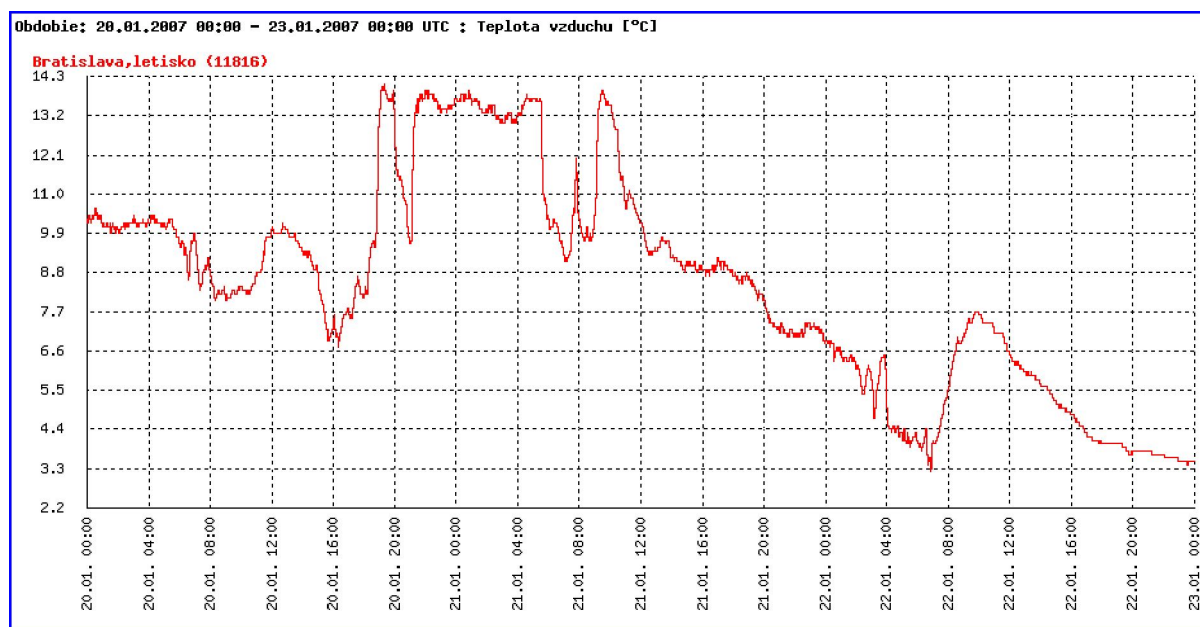
Obr 13. Denný chod priemernej rýchlosti vetra na stanici Bratislava-letisko v dňoch 20.01.2010 – 23.01.2010.



Obr 14. Denný chod vektorového priemeru smeru vetra zo stanice Bratislava-letisko v dňoch 20.01.2010 – 23.01.2010.



Obr 15. Denní chod teploty vzduchu na stanici Bratislava-letisko v dnech 20.01.2010 – 23.01.2010.



Záver

Veterné pomery Bratislavy sú ovplyvňované reliéfom, ktorý výrazným spôsobom modifikuje rýchlosť a smer prúdenia. Kumulovaný efekt zosilnenia vetra, daný jej geografickou polohou a okolitým reliéfom, zaraďuje Bratislavu medzi najveternejšie mestá v Slovenskej republike, čo pozitívne pôsobí na životné prostredie z hľadiska rozptylu škodlivých látok v ovzduší, na druhej strane negatívne ovplyvňuje prašnosť a distribúciu alergénov v ovzduší. Masív Malých Karpát, aj keď jeho nadmorská výška nie je vysoká, vzhľadom na to, že izolovane zasahuje do Záhorskej a Podunajskej nížiny, je výraznou prekážkou pre prúdenie vzduchu a vytvára špecifické veterné pomery. Pri stabilnom teplotnom zvrstvení sa slabé južné prúdenie stáča na juhovýchodné, podobne slabé prúdenie zo severu až severozápadu sa stáča rovnobežne s osou hrebeňa Malých Karpát. Naproti tomu labilné vzduchové hmoty, dostávajúce sa k nám od severozápadu ľahko prekonávajú masív a v oblasti Bratislavy často dochádza k záveternému zosilňovaniu rýchlosti vetra.

Použitá literatúra

- Konček, M. et al. (1979): Klíma a bioklíma Bratislavy, Veda, Bratislava 1979, 272 s.
- Lapin, M.(1977): Vietor v oblasti juhozápadného Slovenska za vybraných situácií so slabým prúdením vo výške 1500 m n.m. Zborník prác HMÚ, zv. č. 14, Bratislava, Príroda, s. 167-192.
- Mazúr, E., Lukniš, M. (2002): Geomorfologické jednotky. In. Atlas krajiny Slovenskej republiky, Miklós, L. & Hrnčiarová, T. (eds.), MŽP SR Bratislava, SAŽP Banská Bystrica, s. 88.

- Michaeli, E., Boltížiar, M. (2009). Geoeologická štruktúra krajiny a haldy hutníckeho odpadu lúženca pri Seredi. Geografické informácie 13. Trendy regionálneho rozvoja v európskej únii. ÚKF, Nitra, s. 129-144.
- Otruba, J. (1964): Veterné pomery na Slovensku. SAV, Bratislava, 284 s.
- Petrovič, Š. et al. (1968): Klimatické a fenologické pomery Západoslovenského kraja. HMÚ, Praha.
- Polčák, N., Šťastný, P. (2010): Vplyv reliéfu na veterné pomery Slovenskej republiky. FPV UMB Banská Bystrica, SHMÚ Bratislava, 132 s.
- Szabó, G. (1997): Vývoj a perspektíva znečistenia ovzdušia mesta Košice. Zborník prác SHMÚ, zv. č. 40. Bratislava, SHMÚ, s. 9-53.
- Šoltís, J. (1982): Prúdenie vzduchu na Slovensku. Zborník prác HMÚ, zv. č. 19, Bratislava, Alfa, 224 s.
- Šoltís, J. (1990): Klimatické pomery Slovenska. Vybrané charakteristiky. Mapová časť. Vietor. Mapa 6.1.-6.7. Zborník prác SHMÚ, zv. č. 33/II. Bratislava, Alfa.
- Šoltís, J. (1991): Klimatické pomery Slovenska. Vybrané charakteristiky. Vietor. Zborník prác SHMÚ, zv. č. 33/I. Bratislava, Alfa, s. 145-151.
- Vysoudil, M. (2009): Klasifikace místních klimatických efektů. Geografický časopis, 61, 3, s. 229-241.

Kontaktní adresa 1. autora:

RNDr. Norbert Polčák, PhD., SHMÚ Bratislava, Jeséniova 17, 833 15 Bratislava 37,
norbert.polcak@shmu.sk