

VPLYV SMERU A RÝCHLOSTI PRÍZEMNÉHO VETRA NA VÝŠKU ZÁKLADNE OBLAČNOSTI NA LETISKU M. R. ŠTEFÁNICA

Martin Hromádka¹

Úvod

Ľudstvo od nepamäti upieralo pohľady na oblohu. Raz ho zaujímalo či slnko pri svojom putovaní po nebi zájde za oblaky a ochladí sa, inokedy, či bude pršať alebo nie. Postupom času ľudia pozorovali oblačnosť čoraz sofistikovanejšie. Došlo k zatriedeniu oblakov podľa výšky základne či podľa ich morfolologickej štruktúry. V dvadsiatom storočí sa človek s oblakmi dostal do kontaktu priameho, nielen vizuálneho. Odhodlal sa lietať. Lietať nielen ďalej, dlhšie, rýchlejšie a vyššie, ale i bezpečnejšie. A práve pre rozvoj letectva a jeho bezpečnosti je poznanie oblakov a ich vlastností nesmierne dôležité, pretože ich výskyt nedokážeme ovplyvniť a je potrebné sa im prispôbiť. Najmä na letiskách, kde prebiehajú najdôležitejšie a kritické fázy letu – vzlet a pristátie [7] – je dôležité poznať oblačné pomery. Prevádzku na nich ovplyvňuje predovšetkým oblačnosť nízka, s výškou základne do 1,5 km. Práve táto najnižšia oblačná vrstva je najviac ovplyvňovaná prízemným vetrom, jeho smerom a rýchlosťou [8]. Preto sa tento článok zameriava na závislosť výšky základne oblačnosti a smeru a rýchlosti prízemného vetra na najväčšom slovenskom letisku. Analýza dát získaných na základe meteorologických pozorovaní je súčasťou projektu „Centrum excelencie pre leteckú dopravu“ ITMS 26220120065, ktorý je v súčasnosti realizovaný na Katedre leteckej dopravy, keďže jedným zo špecifických cieľov tohto projektu je meranie environmentálneho pôsobenia leteckej dopravy. [5]

Geografická poloha predmetnej oblasti

Za lokalitu, v rámci ktorej bola skúmaná závislosť výšky základne oblačnosti a smeru a rýchlosti prízemného vetra, bolo zvolené najrušnejšie slovenské medzinárodné letisko, letisko M. R. Štefánika v Bratislave (LZIB). Orograficky pomerne zložitá poloha letiska (Malé Karpaty, Dunaj, Podunajská a Záhorská nížina) sa prejavuje jej špecifickými klimatickými vlastnosťami. Vplyv Malých Karpát, najmä juhozápadného okraja tohto relatívne nízkeho pohoria, sa prejavuje za istých poveternostných situácií pomerne zreteľne. Pri prúdení zo severozápadného kvadrantu sa letisko nachádza na záveternej strane pohoria, pričom do jeho oblasti prúdi väčšinou chladnejší vzduch instabilného zvrstvenia. Vetry

¹ Ing. Martin Hromádka, Katedra leteckej dopravy, F PEDAS, Žilinská univerzita v Žiline, Univerzitná 1, 010 26 Žilina, SR, martin.hromadka@fpedas.uniza.sk

opačného smeru, t.j. z juhovýchodného kvadrantu, v zimnom polroku stáčajú Malé Karpaty, pretože vzduchová hmota pevninského pôvodu je v tomto ročnom období stabilne zvrstvená a má tendenciu neprekračovať horský chrbát, ale ho obtekať. Juhovýchodný vietor sa pritom z pôvodného smeru stáča na východný až severovýchodný. V letnom období býva juhovýchodné prúdenie často nestabilne zvrstvené, čo sa prejavuje na rozhraní medzi jarou a letom častým výskytom búrok. [1]

Meranie meteorologických prvkov a využívané meracie zariadenia

Zber dát pre potreby výskumu sa uskutočnil na meteorologickej stanici letiska M. R. Štefánika. Na stanici (obr. 1) pracuje od roku 1995 plne automatizovaný letiskový systém Vaisala MIDAS 600 (plne zálohovaný) s meraním dráhovej dohľadnosti, základne oblačnosti, smeru a rýchlosti vetra vo významných bodoch priamo pri obidvoch vzletovo pristávacích dráhach. Meranie ostatných významných parametrov (tlak, teplota, vlhkosť vzduchu, atmosférické zrážky a ďalšie) sa vykonáva neďaleko priesečníka obidvoch dráh. Tento automatický letiskový systém využíva pre výpočty strihu vetra aj automatické merania z Koliby a Malého Javorníka a ako celok spĺňa kritériá na najvyššiu prevádzkovú kategóriu medzinárodného letiska. [2]



Obr. 1 Meteorologická záhradka a budova pozorovateľne na LZIB (© M. Strihovský)

Na meranie výšky základne oblačnosti a vertikálnej dohľadnosti sa na letisku M. R. Štefánika v minulosti používal ceilometer CT12K od fínskeho výrobcu Vaisala. V súčasnosti sa používa novší typ ceilometra od rovnakého výrobcu, CT25K (obr. 2) [9].

Tento typ ceilometra má jeden objektív založený na lidarovom princípe využívajúci impulznú laserovú diódu, ktorá pracuje na vlnovej dĺžke 905 nm. Rozsah merania je až do 25 000 ft (7,5 km) s rozlíšením 50 ft, pričom dokáže podať správu až o troch oblačných vrstvách súčasne a pracuje spoľahlivo vo všetkých meteorologických podmienkach (hmla, sneh, dážď, zákal) v teplotnom rozsahu od $-50\text{ }^{\circ}\text{C}$ do $60\text{ }^{\circ}\text{C}$ a pri nárazoch vetra až do 60 m.s^{-1} . Je veľmi presný najmä pri meraní malých výšok základne, čo je dôležité pre bezpečnosť

leteckej prevádzky. Vyžaduje veľmi malú údržbu, je schválený americkým Federal Aviation Authority (Federálnym leteckým úradom). [3]

CT12K



CT25K



Obr. 2 Ceilometre používané na LZIB (© C. Kunzo)

Na meranie rýchlosti a smeru prízemného vetra slúžia súpravy Vaisala WA15 a WA25. Na meranie rýchlosti sú používané senzory WAA 251, WAA 252 a WAA 15A. senzory WAV 251 a WAV 252 slúžia na meranie smeru prízemného vetra.

Veterná súprava WA25 (obr. 3) je mrazuvzdorná, určená do arktických podmienok, meracie poháriky, meracia lopatka, ložiská i teleso snímača sú vyhrievané, čo zabraňuje nahromadeniu snehu a tvorbe námrazy. Súprava má nízky prah citlivosti, preto zaznamenáva aj malé zmeny hodnôt meraných veličín. Prevádzková teplota je v intervale od $-55\text{ }^{\circ}\text{C}$ do $55\text{ }^{\circ}\text{C}$. Snímač rýchlosti vetra WAA 252 má merací rozsah $0,4 - 75\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ s presnosťou $0,17\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$. Snímač smeru prízemného vetra WAV 252 má merací rozsah od 0° do 360° s presnosťou $2,8^{\circ}$. [3]



Obr. 3 Veterná súprava Vaisala WA25 používaná na LZIB (www.vaisala.com)

Zber použitých dát

Vyššie popísanými prístrojmi sa na letisku M. R. Štefánika monitoruje aktuálna poveternostná situácia. Výstupy z meracích zariadení sú o. i. uvádzané v pravidelných leteckých meteorologických správach METAR. Tieto správy sú vydávané v polhodinových intervaloch. Pri štatistickej analýze boli spracované práve správy METAR z letiska M. R.

Štefánika za obdobie 10 rokov, a síce od r. 1997 do r. 2006. Toto obdobie spĺňa (a prekračuje) minimálne požiadavky ICAO na spracovanie meteorologických údajov. Ako bolo spomenuté vyššie, na sledovanom letisku sú tieto správy vydávané v polhodinových intervaloch. Za 10 rokov tak dostávame 175 296 správ. Pri samotnej analýze však boli použité len správy vydané v hodinových intervaloch, z dôvodu možnosti porovnania aj tými s letiskami, na ktorých sa správy METAR v polhodinových intervaloch nevydávajú. Pri 24 správach za deň, 365 dňoch v roku a dvoch prístupných rokoch z desiatich sledovaných, tak dostávame 87 648 správ. Z letiska M. R. Štefánika bolo k dispozícii 87 584 správ METAR, ktoré boli v tejto analýze spracované; chýbajúcich 64 správ predstavuje 0,073% z celkového počtu, preto je možné absenciu týchto niekoľko málo údajov zanedbať.

Kritériá štatistického spracovania

Pri štatistickom spracovaní je potrebné určiť, ktoré hodnoty výšky základne oblačnosti budeme skúmať [10]. Tieto hodnoty musia byť podložené skutočnosťami významnými pre leteckú prevádzku z meteorologického hľadiska a vychádzajúcimi z platných noriem a predpisov. Uvažovaný bol predpis L3 a príručka AIP. Na základe kritérií na vydávanie letiskových predpovedí TAF [6], predpovede TREND [6], prevádzky za malej hodnoty dohľadnosti (LVP) [4] a minimálnej sektorovej výšky letiska [4], sú skúmané hodnoty výšky základne oblačnosti rozdelené do nasledovných intervalov:

- | | |
|-------------------------|----------------------------|
| • $\leq 100 \text{ ft}$ | • $\leq 1\,000 \text{ ft}$ |
| • $\leq 200 \text{ ft}$ | • $\leq 1\,500 \text{ ft}$ |
| • $\leq 300 \text{ ft}$ | • $\leq 3\,600 \text{ ft}$ |
| • $\leq 500 \text{ ft}$ | • $\leq 5\,000 \text{ ft}$ |

Z hľadiska štatistického spracovania bola do sledovaných intervalov zatriedená len najspodnejšia, t.j. prvá hlásená oblačná vrstva. Ostatné oblačné vrstvy neboli brané do úvahy.

Rýchlosti prízemného vetra pri štatistickom spracovaní boli rozdelené na jednotlivé intervaly po 5 kt (pri rýchlostiach do 20 kt), tzn. na intervaly 1-5 kt, 6-10 kt, 11-15 kt a 16-20 kt. Pri rýchlostiach nad 20 kt sú vytvorené z dôvodu menej častého výskytu len dva intervaly, a to 21-30 kt a 31 a viac kt. Zvlášť sú skúmané prípady s bezvetrím a premenlivým smerom vetra VRB. Maximálna rýchlosť prízemného vetra (nárazy) nebola pri spracovaní uvažovaná. Pri štatistickom spracovaní bola ružica smeru prízemného vetra rozdelená po 10°.

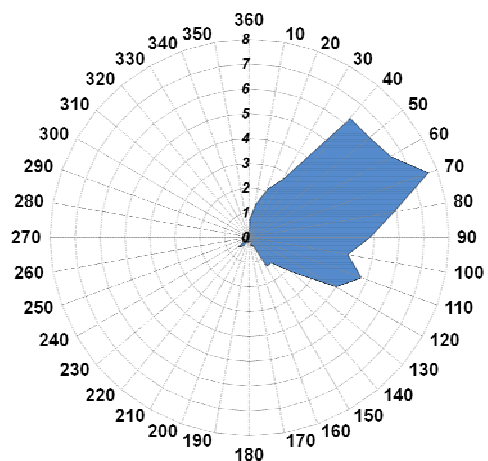
Závislosť výšky základne oblačnosti od smeru prízemného vetra

Oblačnosť s výškou základne ≤ 100 ft bola najčastejšie zaznamenaná pri smere prízemného vetra 40° až 70° (maximum 147 pozorovaní pri smere 70°), druhotné maximum pripadá na smery 80° až 120° (absolútna početnosť 113 pozorovaní pri smere 80°). Pri smeroch 160° až 350° sa oblačnosť s touto výškou základne vyskytla len minimálne, resp. vôbec (pri smeroch 260° a 320°). Nasledujúce tri intervaly výšky základne oblačnosti sú na tom obdobne, teda maximum ich výskytu nachádzame v rozmedzí smerov 40° až 70° , konkrétne pre výšku základne ≤ 200 ft pri smere 50° (absolútna početnosť 201), pre výšku základne ≤ 300 ft je to smer 70° s hodnotou 269 pozorovaní a pre interval výšky základne ≤ 500 ft bolo maximum výskytu pozorované 365 krát pri smere prízemného vetra 50° . Druhotné maximum výskytu oblačnosti s výškou základne ≤ 200 ft, ≤ 300 ft a ≤ 500 ft sa pozoruje pri smeroch 80° až 120° a minimálna početnosť výskytu týchto oblačných intervalov pripadá na smery 160° až 360° .

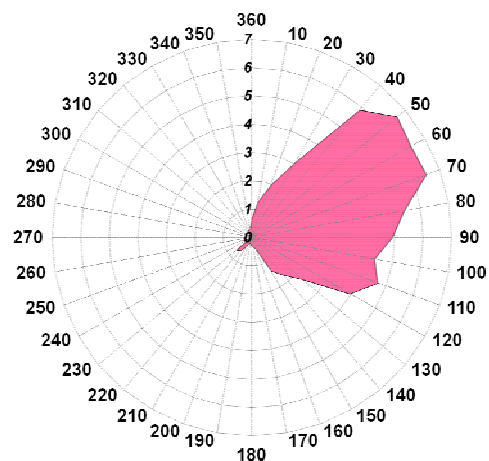
K zmene závislosti dochádza pri výške základne $\leq 1\,000$ ft, kedy maximum výskytu zostáva pri smere prízemného vetra 40° až 70° (maximálna hodnota 651 pozorovaní pre smer 50°), druhotné maximá sú však dve, jedno pripadá na smery 110° až 120° (absolútna početnosť 449 resp. 464) a druhé na smer prízemného vetra 300° (445 pozorovaní). Minimum početnosti pozorujeme pri smeroch 170° až 200° . Interval $\leq 1\,500$ ft je najpočetnejší pri smeroch 300° až 310° (957 resp. 804 pozorovaní), druhotné maximum početnosti pozorujeme pri smere vetra 40° až 50° s absolútnou početnosťou výskytu 773 resp. 782. Minimálny výskyt tohto oblačného intervalu (rovnako ako u predchádzajúceho) nachádzame pri smeroch prízemného vetra 170° až 200° .

Zvyšné dva intervaly výšky základne $\leq 3\,600$ ft a $\leq 5\,000$ ft majú takmer rovnaký charakter závislosti ich výskytu na smere prízemného vetra a síce maximum početnosti výskytu pripadá na smery 300° až 310° s absolútnou početnosťou 2 455 resp. 2 408 pre interval $\leq 3\,600$ ft a 3 204 resp. 3 054 pre interval výšky základne $\leq 5\,000$ ft. Druhotné maximum výskytu týchto oblačných intervalov nachádzame pri smeroch vetra 40° až 50° (absolútna početnosť 1 141 resp. 1 156 pre interval $\leq 3\,600$ ft a 1 398 resp. 1 393 pre interval $\leq 5\,000$ ft). Minimálne sa tieto oblačné intervaly vyskytujú pri smeroch vetra 180° až 200° .

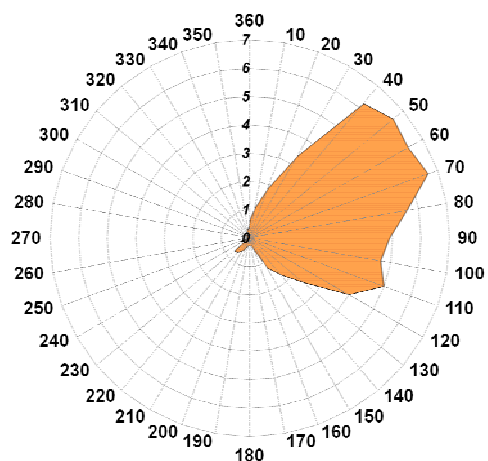
Relatívna početnosť smerov prízemného vetra pre analyzované intervaly bola určená z celového počtu pozorovaní oblačnosti s danou výškou základne. Graficky je opísaná relatívna početnosť znázornená na nasledujúcom obrázku.



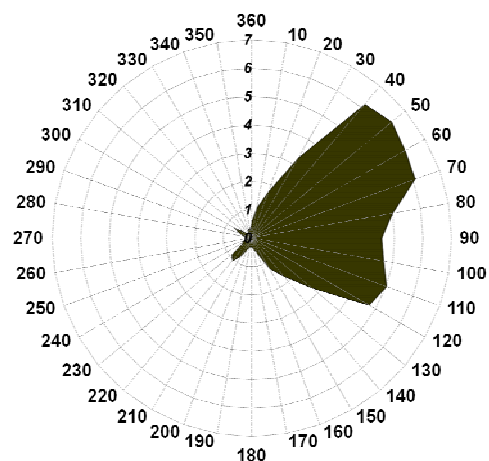
≤ 100 ft



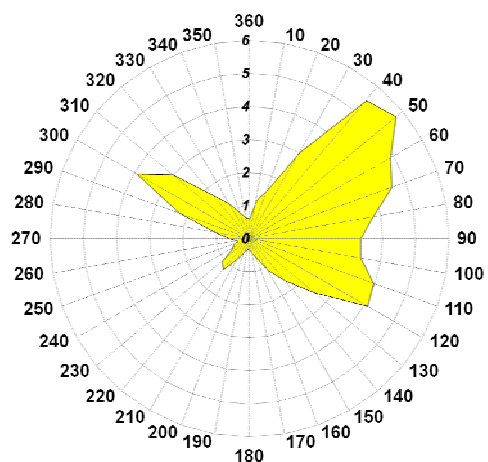
≤ 200 ft



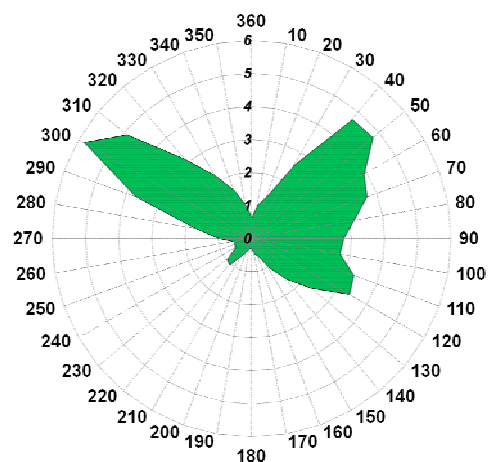
≤ 300 ft



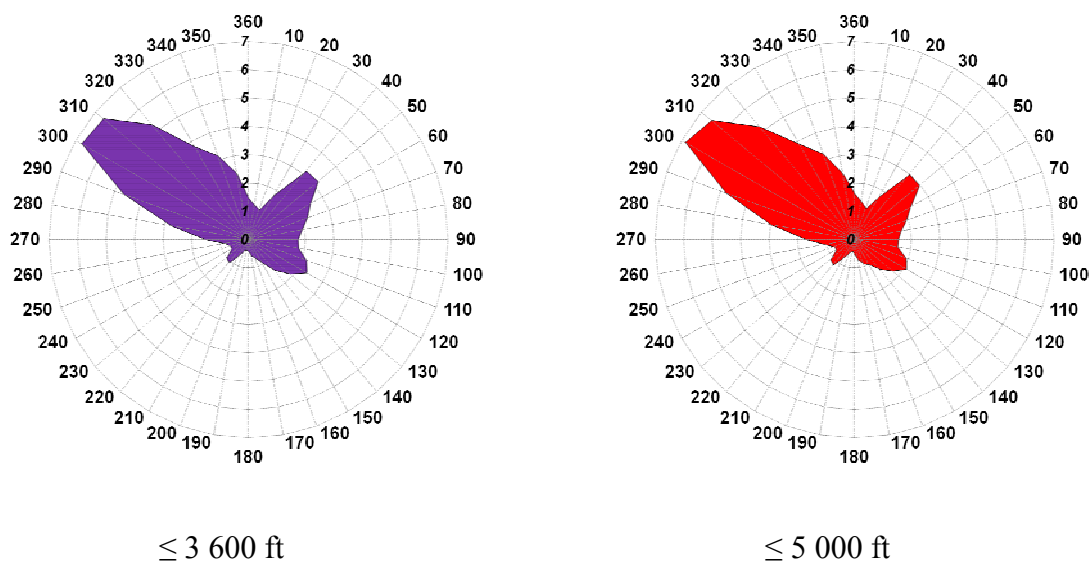
≤ 500 ft



$\leq 1\,000$ ft



$\leq 1\,500$ ft



Obr. 4 Relatívna početnosť výskytu smerov prízemného vetra na LZIB pre analyzované intervaly výšky základne oblačnosti v %

Závislosť výšky základne oblačnosti od smeru prízemného vetra je do významnej miery ovplyvnená bezvetrím a premenlivým smerom vetra, ktoré najmä pri intervaloch s nízkou výškou základne nadobúdajú značné hodnoty. Čím je výška základne menšia, tým je podiel bezvetria a premenlivého smeru vetra väčší (tab. 1).

Tabuľka 1 Relatívna početnosť výskytu bezvetria a premenlivého smeru vetra na LZIB pre analyzované intervaly výšky základne oblačnosti v %

	$\leq 100\text{ ft}$	$\leq 200\text{ ft}$	$\leq 300\text{ ft}$	$\leq 500\text{ ft}$	$\leq 1\,000\text{ ft}$	$\leq 1\,500\text{ ft}$	$\leq 3\,600\text{ ft}$	$\leq 5\,000\text{ ft}$
Bezvetrie	14,9	14,4	14,2	13,8	13,8	13,3	13,2	12,9
VRB	19,3	19,3	17,7	16,4	13,5	12,5	11,8	12,2

Ročný chod maxim výskytu oblačnosti s výškou základne $\leq 100\text{ ft}$, $\leq 200\text{ ft}$, $\leq 300\text{ ft}$ a $\leq 500\text{ ft}$ v závislosti od smeru prízemného vetra je nevýrazný, celoročne (až na niekoľko výnimiek) prevláda výskyt vetra v intervale 050-060-070; maximá pri iných smeroch vetra sa vyskytujú minimálne. Nasledujúci interval oblačnosti s výškou základne $\leq 1\,000\text{ ft}$ má v závislosti od smeru prízemného vetra výraznejší chod maxim výskytu, a síce v chladných mesiacoch september až marec sa maximum početnosti výskytu oblačnosti s touto výškou základne pozoruje pri smere vetra z intervalu 050-060-070, v teplých mesiacoch apríl až

august pri smere vetra 290-300-310. Závislosť oblačnosti s výškou základne $\leq 1\,500$ ft od smeru prízemného vetra je podobná ako pri predchádzajúcom intervale, a teda v chladných mesiacoch október až marec (s výnimkou mesiaca február, kedy maximum pripadá na interval 020-030-040) sa maximum početnosti výskytu oblačnosti s touto výškou základne pozoruje pri smere vetra z intervalu 050-060-070, v teplých mesiacoch apríl až september pri smere vetra 290-300-310. Oblačnosť s výškou základne $\leq 3\,600$ ft a $\leq 5\,000$ ft v závislosti od smeru prízemného vetra má ročný chod maxim nevýrazný, maximálnu hodnotu početnosti výskytu oblačnosti s touto základňou pozorujeme celoročne pri smeroch vetra 290-300-310, s výnimkou mesiaca marec, kedy maximum výskytu pripadá na interval 320-330-340.

Závislosť výšky základne oblačnosti od rýchlosti prízemného vetra

Závislosť výšky základne oblačnosti od rýchlosti prízemného vetra je priamoúmerná, tzn. čím je priemerná rýchlosť vetra väčšia, tým je základňa oblačnosti vyššie. Pri nízkej výške základne sa väčšie rýchlosti nevyskytujú, preto sa môže základňa udržať v relatívne nízkej výške. Čím je základňa oblačnosti vyššie, tým početnejšie sú vyššie rýchlosti a preto narastá aj priemerná rýchlosť vetra. Priemerná rýchlosť prízemného vetra bola určená na základe aritmetického priemeru rýchlostí, ktoré sa v sledovanom období vyskytli pri jednotlivých intervaloch výšky základne oblačnosti.

Pre oblačnosť s výškou základne ≤ 100 ft je hodnota priemernej rýchlosti 4,4 kt, pričom najpočetnejším rýchlostným intervalom je 1-5 kt. Rýchlosti z tohto intervalu boli najčastejšie pozorované i pri oblačnosti s výškou základne ≤ 200 ft, ≤ 300 ft a ≤ 500 ft, priemerná rýchlosť ale pri jednotlivých týchto intervaloch stúpala a to na 4,5 kt pre interval ≤ 200 ft, 4,8 kt pre interval ≤ 300 ft a 5,1 kt pre interval výšky základne ≤ 500 ft. Pre nasledujúci interval $\leq 1\,000$ ft má priemerná rýchlosť hodnotu 6,3 kt, najpočetnejšie sú už rýchlosti z intervalu 6-10 kt. Toto je najpočetnejší rýchlostný interval aj pre zvyšné tri intervaly výšky základne oblačnosti. Pre interval $\leq 1\,500$ ft nadobúda priemerná rýchlosť hodnotu 7 kt, nárast priemernej rýchlosti so zvyšujúcou sa základňou pokračuje a pre oblačnosť s výškou základne $\leq 3\,600$ ft má hodnotu 8,2 kt. Posledný interval $\leq 5\,000$ ft už výrazný nárast priemernej rýchlosti oproti predchádzajúcemu intervalu nevykazuje, jeho hodnota je len mierne vyššia a to 8,3 kt (tab. 2).

Tabuľka 2 – Absolútna početnosť rýchlostných intervalov prízemného vetra na LZIB pre analyzované intervaly výšky základne oblačnosti (farebne sú označené maximá pre jednotlivé intervaly výšky základne oblačnosti)

	≤ 100 ft	≤ 200 ft	≤ 300 ft	≤ 500 ft	≤ 1000 ft	≤ 1500 ft	≤ 3600 ft	≤ 5000 ft
0 kt	187	264	323	397	559	672	1009	1236
1-5 kt	979	1536	1985	2619	4230	5473	9757	12517
6-10 kt	736	1157	1634	2473	5262	7599	16004	20491
11-15 kt	29	65	106	194	942	1863	5927	7741
16-20 kt	-	3	7	22	288	702	3045	3944
21-25 kt	-	1	1	5	45	112	428	559
26-30 kt	-	-	-	1	13	30	130	177
31-35 kt	-	-	-	-	2	6	19	24
>35 kt	-	-	-	-	1	1	4	6
Súčet	1931	3026	4056	5711	11342	16458	36323	46695
Priemerná rýchlosť	4,4 kt	4,5 kt	4,8 kt	5,1 kt	6,3 kt	7,0 kt	8,2 kt	8,3 kt

Záver

Zaujímavé štatistické výsledky priniesla samotná analýza výšky základne v závislosti od smeru a rýchlosti prízemného vetra. Oblačnosť s výškou základne ≤ 100 ft, ≤ 200 ft a ≤ 300 ft a ≤ 500 ft sa vyskytuje takmer výlučne pri smeroch prízemného vetra 40° až 50° a pri druhotnom maxime 80° až 120° , kým pri smeroch 160° až 360° sa vyskytuje len minimálne. Oblačnosť s výškou základne $\leq 3\,600$ ft a $\leq 5\,000$ ft sa zasa vyskytuje prevažne pri smeroch 300° až 310° , minimum pripadá na 180° až 200° . Podiel bezvetria a premenlivého smeru vetra pri jednotlivých výškach základne je tým väčší, čím je základňa oblačnosti nižšie.

Charakteristická je aj závislosť výšky základne oblačnosti od rýchlosti prízemného vetra. Čím je priemerná rýchlosť vetra vyššia, tým vyššie je aj základňa oblačnosti. Menšia rýchlosť vetra umožňuje oblačnosti udržať sa v relatívne nízkej výške, kým silnejšie prúdenie toto nedovoľuje. Priemerná rýchlosť prízemného vetra pri oblačnosti vo výške $\leq 5\,000$ ft je takmer dva krát väčšia ako pri oblačnosti s výškou základne ≤ 100 ft.

Výsledky analýzy uvedenej v tejto práci môžu byť vďaka spracovaniu závislosti dvoch významných meteorologických prvkov využité pre zvýšenie presnosti predpovedania výšky základne oblačnosti, ktorej časové zmeny sa udávajú v opravených predpovediach TAF, či v pristávacej predpovedi TREND vydávaných meteorologickou služobňou na letisku M. R. Štefánika, čo môže pozitívne ovplyvniť prevádzku na letisku a jej bezpečnosť za nízkych hodnôt výšky základne oblačnosti.

Článok je publikovaný ako jeden z výstupov projektu: „Centrum excelencie pre leteckú dopravu ITMS 26220120065.“



Agentúra
Ministerstva školstva, vedy, výskumu a športu SR
pre štrukturálne fondy EÚ



Európska únia
Európsky fond regionálneho rozvoja

Podporujeme výskumné aktivity na Slovensku/ Projekt je spolufinancovaný zo zdrojov EÚ

Literatúra:

- [1] KOKČEK M. a kol.: *Klíma a bioklíma Bratislavy*, Prvé vydanie, Veda, Bratislava, 1979, s. 11, 83 – 113, 138, 146, 151.
- [2] Slovenský hydrometeorologický ústav. *Sieť pozemných synoptických staníc* [online]. Dostupné na <<http://www.shmu.sk/sk/?page=1022>> (2. 5. 2012)
- [3] Vaisala, *Weather instruments* [online]. Dostupné na <<http://www.vaisala.com/weather/products/weatherinstruments.html>> (3. 5. 2012)
- [4] Letové prevádzkové služby SR, š. p.: *AIP Letecká informačná príručka SR, AMDT NR 107. Časť 3: Letiská (AD): 1.1.1.4.11 Prevádzkové postupy*
- [5] Novák Sedláčková, A.: *Centrum excelencie pre leteckú dopravu ITMS 26220120065*, In: *Nové trendy v civilnom letectve 2010*, Žilina, 12.-14.1.2011, ISBN 978-80-554-0299-4. - S. 149-152.
- [6] Letové prevádzkové služby SR, š. p.: *L3 – Letecká meteorologická služba, 3. vydanie, máj 2006. Časť II, Dodatok 5 – Predpovede – Technické špecifikácie. 1. Kritériá vzťahujúce sa na predpoveď TAF, 2. Predpovede TREND – kritériá.*
- [7] Blaško, P.: *Možnosti spracovania informácií z leteckej prevádzky u malých prevádzkovateľov*. In: *Práce a štúdie Fakulty prevádzky a ekonomiky dopravy a spojov Žilinskej univerzity v Žiline*, 2004. - ISBN 80-8070-324-8. - s. 11-14.
- [8] Krollová, S.: *Cumulus and stratus clouds microstructure*. In: *Perner's Contacts [elektronický zdroj]*. - ISSN 1801-674X. - 2011. - Vol. 6, No. 5 (2011), s. 143-148

- [9] Krollová, S.: *Low clouds at Bratislava airport*. In: Implementácia vedecko-technických poznatkov do leteckej dopravy : zborník z medzinárodnej vedeckej konferencie. - [Žilina: Žilinská univerzita, 2011]. - ISBN 978-80-970583-1-9. - S. 109-123.
- [10] Krollová, S.: *Dynamic - climatological analysis of significant low level clouds at Bratislava airport*. In: EMS Annual Meeting/ECAM 2007 : 7th Annual Meeting of the European Meteorological Society: 8th European Conference on Applications of Meteorology (ECAM): San Lorenzo de El Escorial, Spain, 1-5 October 2007. - ISSN 1812-7053. - [S.l.: s.n.], 2007. - Vol. 4 (2007), 2 p.

Lektoroval:

prof. Ing. Antonín Kazda, PhD., Žilinská univerzita v Žiline, Žilina

Zadané na uverejnenie: **17. mája 2012**