

**ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE**

**FAKULTA DOPRAVNÍ**

**ÚSTAV LETECKÉ DOPRAVY**



Adam Kadlec

**Vplyv vetra na leteckú prevádzku IFR na Letisku  
Václava Havla**

Bakalárska práca

**2022**



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta dopravní

děkan

Konviktská 20, 110 00 Praha 1



**K621.....Ústav letecké dopravy**

## **ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE** (PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení studenta (včetně titulů):

**Adam Kadlec**

Studijní program (obor/specializace) studenta:

**bakalářský – PIL – Profesionální pilot**

Název tématu (česky): **Vliv větru na letecký provoz IFR na letišti Václava Havla**

Název tématu (anglicky): Effect of Wind on the Traffic IFR of Václav Havel Airport

### **Zásady pro vypracování**

Při zpracování bakalářské práce se řiďte následujícími pokyny:

- Určení ročního chodu hodnot větru a jeho důsledky na opakovaná přistání na Letišti Václava Havla za období 2017 až 2021.
- Popište nebezpečné meteorologické jevy během přistání.
- Provedte analýzu větru na letišti LKPR s přímým vlivem na letecký provoz.
- Určete roční počet přistání letů IFR na konkrétní RWY.
- Zjistěte počet opakovaných přistání z důvodu nepříznivého počasí se zaměřením na vítr.
- Výsledky diskutujte a stanovte limity větru pro bezpečné přistání.



Rozsah grafických prací: dle pokynů vedoucího práce

Rozsah průvodní zprávy: minimálně 35 stran textu (včetně obrázků, grafů a tabulek, které jsou součástí průvodní zprávy)

Seznam odborné literatury: Nařízení Komise (EU) č. 1321/2014 (Part-M)  
DVOŘÁK, Petr, 2017. Letecká meteorologie. Cheb: Svět křídel. ISBN 9788075730145.  
ČESKÁ REPUBLIKA. Letecký předpis L3: Meteorologie. Ministerstvo Dopravy České republiky, Úřad pro civilní letectví.

Vedoucí bakalářské práce: **Mgr. Iveta Kameníková**

Datum zadání bakalářské práce: **8. října 2021**  
(datum prvního zadání této práce, které musí být nejpozději 10 měsíců před datem prvního předpokládaného odevzdání této práce vyplývajícího ze standardní doby studia)

Datum odevzdání bakalářské práce: **8. srpna 2022**

- a) datum prvního předpokládaného odevzdání práce vyplývající ze standardní doby studia a z doporučeného časového plánu studia  
b) v případě odkladu odevzdání práce následující datum odevzdání práce vyplývající z doporučeného časového plánu studia

doc. Ing. Jakub Kraus, Ph.D.  
vedoucí Ústavu letecké dopravy



prof. Ing. Ondřej Příbyl, Ph.D.  
děkan fakulty

Potvrzuji převzetí zadání bakalářské práce.

Adam Kadlec  
jméno a podpis studenta

V Praze dne.....5. května 2022



## PodĎakovanie

Na tomto mieste by som rád poĎakoval vedúcej mojej bakalárskej práce Mgr. Ivetě Kameníkové, za odborné vedenie práce, za jej ústretovosť a pomoc pri získavaní dát a informácii. Rád by som tiež poĎakoval Řízení letového provozu ČR za ich spoluprácu a poskytnuté dáta, bez ktorých by nebola táto práca možná. Zároveň patrí obrovské poĎakovanie mojim rodičom, za podporu počas celého štúdia a umožnenie študovať obor, o ktorom som dlhé roky sníval.





## Čestné prehlásenie

Predkladám týmto k posúdeniu a obhajobe bakalársku prácu spracovanú na záver štúdia na ČVUT v Prahe Fakulte dopravnej.

Prehlasujem, že som predloženú prácu vypracoval samostatne a že som uviedol všetky použité informačné zdroje v súlade s Metodickým pokynom o dodržiavaní etických princípov pri príprave vysokoškolských záverečných prácí.

Nemám závažný dôvod proti užívaniu tohto školského diela v zmysle § 60 Zákona č.121/2000 Sb., o práve autorskom, o právach súvisiacich s právom autorským a o zmene niektorých zákonov (autorský zákon).

V Prahe dňa 08.08.2022

Adam Kadlec



*Názov práce:* **Vplyv vetra na leteckú prevádzku IFR na letisku Václava Havla**

*Autor:* Adam Kadlec

*Vedúci práce:* Mgr. Iveta Kameníková

*Obor:* Profesionálny pilot

*Druh práce:* Bakalárska práca

*Abstrakt:* Predmetom bakalárskej práce je stanovenie ročného chodu hodnôt vetra a analýza vplyvu vetra na leteckú prevádzku, podľa pravidiel IFR, na Letisku Václava Havla v Prahe. V práci budú identifikované najčastejšie javy počasia s dôrazom na vietor, s ktorým je možné sa na Letisku stretnúť, jednotlivé konfliktné situácie, pri ktorých lietadlá IFR opakovali pristátie a tiež hlásenie vetra v rôznych meteorologických správach. Na základe získaných dát o lietadlách, ktoré museli opakovať pristátie kvôli počasiu v období 2017-2021, príslušných správ METAR a SPECI, budú analyzované parametre vetra, pri ktorých boli lietadlá nútené opakovať pristátie a na základe zistených výsledkov stanovené limity hodnôt vetra pre bezpečné pristátie na Letisku.

*Kľúčové slová:* opakované pristátie, vietor, IFR, pristátie, Letisko Václava Havla



***Title:* Effect of Wind on the Traffic IFR of Václav Havel Airport**

*Author:* Adam Kadlec

*Thesis supervisor:* Mgr. Iveta Kameníková

*Academic major:* Professional pilot

*Type of thesis:* Bachelor's thesis

*Abstract:* The subject of the bachelor's thesis is the determination of the annual course of wind values and the analysis of the influence of wind on air traffic, according to the IFR rules, at Václav Havel Airport in Prague. The work will identify the most frequent weather phenomena, with an emphasis on the wind that can be encountered at the airport, individual conflict situations in which the IFR aircraft carried out the go-around and wind reports in various meteorological reports. Based on the obtained data about the aircraft that had to carry out go-around due to weather in the period 2017-2021, the relevant METAR and SPECI reports, the wind parameters will be analysed in which the aircraft were forced to carry out go-around, and based on the results, the limits of the wind values for a safe landing at the airport will be determined .

*Keywords:* go-around, wind, IFR, landing, Vaclav Havel Airport



# Obsah

<b>OBSAH</b> .....	<b>8</b>
<b>ZOZNAM POUŽITÝCH SKRATIEK</b> .....	<b>10</b>
<b>ÚVOD</b> .....	<b>12</b>
<b>TEORETICKÉ ZÁKLADY PRÁCE</b> .....	<b>13</b>
<b>1 METEOROLOGICKÉ JAVY</b> .....	<b>13</b>
1.1 VIETOR .....	13
1.1.1 Vznik .....	13
1.1.2 Meranie .....	14
1.1.3 Vplyv na výkonnosť lietadla pri klesaní a pristátí .....	15
1.1.4 Zložky .....	17
1.1.5 Nárazy vetra .....	21
1.1.6 Strih vetra .....	21
1.2 TURBULENCIA .....	22
1.3 NÍZKA DOHLADNOSŤ .....	23
1.4 BÚRKOVÁ ČINNOSŤ .....	24
<b>2 PRODUKTY LETECKEJ METEOROLOGICKEJ SLUŽBY</b> .....	<b>25</b>
2.1 METAR/SPECI .....	25
2.2 TAF .....	27
2.3 VÝSTRAHY .....	27
<b>3 LETISKO VÁCLAVA HAVLA V PRAHE</b> .....	<b>29</b>
<b>4 ŘLP ČR</b> .....	<b>33</b>
<b>5 LET PODĹA PRAVIDIEL IFR</b> .....	<b>35</b>
<b>PRAKTICKÁ ČASŤ</b> .....	<b>36</b>
<b>6 ROZBOR VETRA NA LETISKU VÁCLAVA HAVLA</b> .....	<b>36</b>
6.1 ROČNÝ CHOD RÝCHLOSTI VETRA .....	37
6.2 ROČNÝ CHOD SMERU VETRA .....	39



6.3	MAXIMÁLNE HODNOTY NÁRAZU VETRA.....	41
<b>7</b>	<b>OPAKOVANÉ PRISTÁTIA NA LETISKU VÁCLAVA HAVLA .....</b>	<b>43</b>
7.1	PRÍČINY OPAKOVANÝCH PRISTÁTÍ .....	43
7.2	PRÍČINY OPAKOVANÝCH PRISTÁTÍ VPLYVOM VETRA .....	46
<b>8</b>	<b>ANALÝZA OPAKOVANÝCH PRISTÁTÍ VPLYVOM VETRA.....</b>	<b>47</b>
8.1	ZÍSKAVANIE DAT .....	47
8.2	METODIKA ANALÝZY .....	48
8.3	SPRACOVANIE DÁT .....	48
8.4	POROVNANIE JEDNOTLIVÝCH ROKOV .....	50
8.5	VPLYV OPATRENÍ V SÚVISLOSTI S OCHORENÍM COVID-19 .....	56
8.6	METODY HODNOTENIA DÁT .....	58
8.6.1	<i>Krabicový diagram (boxplot).....</i>	<i>58</i>
<b>9</b>	<b>VÝSLEDKY.....</b>	<b>60</b>
9.1	NÁRAZY VETRA .....	60
9.2	SILNÁ ZADNÁ ZLOŽKA VETRA .....	63
9.3	STRIH VETRA.....	64
<b>10</b>	<b>DISKUSIA VÝSLEDKOV .....</b>	<b>65</b>
	<b>ZÁVER .....</b>	<b>66</b>
	<b>ZOZNAM OBRÁZKOV .....</b>	<b>68</b>
	<b>ZOZNAM TABULIEK .....</b>	<b>69</b>
	<b>ZOZNAM POUŽITEJ LITERATÚRY .....</b>	<b>70</b>



## Zoznam použitých skratiek

AD	Aerodrome	Letisko
ALRS	Alerting Service	Pohotovostná služba
ARR	Arrival	Prílet
ATC	Air Traffic Control	Riadenie letovej prevádzky
CW	Crosswind	Bočný vietor
ČHMÚ		Český Hydrometeorologický Ústav
ČR		Česká republika
DEP	Departure	Odlet
E	East	Východ
FCST	Forecasted	Predpovedané
FIS	Flight Information Service	Letová informačná služba
G	Gusting	Náraz vetra
GA	Go-around	Opakované pristátie
GS	Ground Speed	Rýchlosť voči zeme
HW	Headwind	Čelný vietor
IAS	Indicated Airspeed	Indikovaná rýchlosť
ICAO	International Civil Aviation Organization	Medzinárodná organizácia pre civilné letectvo
ICE	Icing	Námraza
IFR	Instrument Flight Rules	Pravidlá pre let podľa prístrojov
ILS	Instrument Landing System	
LDR	Landing Distance Required	Potrebná dĺžka pristátia
LKPR	Airport	Letisko Praha/Ruzyne
MET	Meteorological	Meteorologický
METAR	Meteorological Aviation Report	Pravidelná letecká meteorologická správa
MID	Middle	Stred



MTW	Mountain Waves	Horská vlna
NC	No Change	Bez zmien
OBS	Observed	Pozorovaný
RWY	Runway	Vzletová a pristávacia dráha
S	South	Sever
SEV	Severe	Silná
SPECI	Aerodrome Special Meteorological Report	Zvláštna letisková meteorologická správa
TAF	Terminal Aerodrome Forecast	Predpoveď počasia na letisku
TC	Tropical Cyclone	Tropická cyklóna
TDZ	Touchdown Zone	Dotyková zóna
THR	Threshold	Prah dráhy
TS	Thunderstorm	Búrka
TURB	Turbulence	Turbulencia
TW	Tailwind	Zadný vietor
TWR	Tower	Letiskové riadenie letovej prevádzky
UTC	Universal Time Coordinated	Svetový koordinovaný čas
VA	Volcanic Ash	Sopečný popol
VFR	Visual Flight Rules	Pravidlá pre let podľa vidu
VRB	Variable	Premenlivý
WRNG	Warning	Varovanie
WS	Wind Shear	Strih vetra





## Úvod

Bakalárska práca sa venuje problematike opakovaných pristátí lietadiel podľa pravidiel IFR na Letisku Václava Havla v Prahe z dôvodu vetra. Ten bol počas skúmania príčin opakovaných pristátí na tomto letisku vyhodnotený ako najčastejší a rovnako bola pozorovaná i jeho rastúca tendencia. Opakované pristátie nie je prejavom neúspechu alebo zlých zručností v riadení lietadla, práve naopak. Na druhej strane je podľa autora možné tento jav čiastočne znížiť, a tým pomôcť k celkovej bezpečnosti a znížiť hlukovú a emisnú záťaž v prostredí.

V súčasnosti na riadených letiskách je pilotom sprostredkovaná informácia o aktuálnom vetre komunikáciou so strediskom riadením letovej prevádzky, informáciou z rozhlasu ATIS, alebo inými dátovými spojmí lietadlo-zem. Správne a presné hodnoty vetra sú nevyhnutné pre posádku k uskutočneniu bezpečného pristátia a k jeho porovnaniu so svojimi stanovenými limitmi pre bočnú alebo zadnú zložku vetra. V histórii sa udialo veľmi veľa leteckých nehôd spojených s vetrom pri pristátí. Hádám najznámejší je incident z marca 2008 s lietadlom Airbus A320 na letisku v Hamburgu, pri ktorej došlo k dotyku konca krídla s plochou dráhy.

Táto práca popisuje najčastejšie meteorologické javy, ktoré sa vyskytujú na letisku a vplyvom ktorých opakovali lietadlá pristátie. Prináša i informácie o rôznych produktoch leteckej meteorologickej služby, ktoré informujú pilotov o parametroch vetra.

V práci sú na základe zistených údajoch o lietadlách, ktoré opakovali pristátie za obdobie 2017-2021 a príslušných správ METAR/SPECI, ktoré boli v čase zahájenia postupu nezdareného priblíženia v platnosti, formulované limity hodnôt vetra pre bezpečné pristátie na tomto Letisku. Príčiny vetra boli rozdelené do kategórií: nárazy vetra, strih vetra a silná zadná zložka vetra pri pristátí. S každým javom je pri vyhodnocovaní pracované samostatne.

Autor v zozname použitej literatúry uvádza všetky zdroje, ktoré boli použité pri vypracovávaní tejto práce.



# Teoretické základy práce

## 1 Meteorologické javy

V tejto kapitole budú popísané najčastejšie meteorologické javy, s ktorými je možné sa na Letisku Václava Havla v Prahe (ďalej len Letisko) stretnúť a o ktorých bolo zaznamenané, že zapríčinili opakované pristátie lietadla na Letisku. Problematika vetra, ktorá je predmetom práce, je popísaná podrobnejšie. Ostatné meteorologické javy sú doplnené pre úplnosť.

### 1.1 Vietor

Vietor je jeden z najvyznanejších faktorov, ktorý ovplyvňuje lietadlo počas letu. Jeho účinky sú vždy zdôrazňované pri analýzach pristátia. K udržaniu požadovanej trajektórie letu je nevyhnutné, aby pilot neustále kompenzoval smer aj rýchlosť vetra. Počas vzletu a pristátia, riadiaci letovej prevádzky volia aktívnu vzletovú a pristávaciu dráhu podľa smeru, ktorý bude poskytovať najväčšiu čelnú zložku vetra. Pre prevádzku je tiež stanovený limit čelného, zadného a bočného vetra pri pristávaní.

#### 1.1.1 Vznik

Vzduchové hmoty sa obecné vždy pohybujú z oblastí vysokého tlaku do oblastí nízkeho tlaku. Okolo 90% hmoty atmosféry<sup>1</sup> sa pohybuje buď vertikálne, alebo horizontálne. Horizontálny pohyb vzduchovej hmoty nazývame vietor. [1] Za vznik vetra je zodpovedná sila horizontálneho barického (tlakového) gradientu. Tá je definovaná dvojrozmerným vektorom  $(-\partial p / \partial n_x, -\partial p / \partial n_y)$ , kde  $p$  je atmosférický tlak a  $n$  normála k izobare<sup>2</sup>). Horizontálny tlakový gradient smeruje v horizontálnej rovine kolmo na izobary do strany s nižším atmosférickým

---

<sup>1</sup> Plynový obal obklopujúci Zem, ktorý sa otáča spolu s ňou a prebiehajú v ňom neustále fyzikálne procesy.

<sup>2</sup> Spojnica miest s rovnakým atmosférickým tlakom.



tlakom (preto znamienko mínus). Jeho veľkosť závisí na veľkosti rozdielu tlakov vzduchu medzi jednotlivými miestami na Zemi. [2]

V meteorológii popri horizontálnom tlakovom gradiente uvažujeme i vertikálny tlakový gradient. Ten je definovaný vektorom  $(-\partial p / \partial z)$  a vyjadruje zmenu atmosférického tlaku vo vertikálnom smere, pričom jeho veľkosť závisí od teploty danej vzduchovej hmoty. [2]

Prvý Newtonov pohybový zákon (zákon sily) nám hovorí, že zrýchlenie telesa je priamo úmerné pôsobiacej sile, resp. že časová zmena hybnosti telesa je rovná sile pôsobiacej na teleso. Prítomnosťou sily sa tak vzduchová hmota dostáva do pohybu. Rýchlosť prúdenia je úmerná veľkosti horizontálneho tlakového gradientu.

Proti tomuto zrýchleniu pôsobí sila trenia, ktorá sa najviac prejavuje v atmosférickej hraničnej vrstve (nazývaná i planetárna hraničná vrstva), kde je najväčšia interakcia medzi pohybujúcim sa vzduchom a zemským povrchom. Sila trenia je závislá na veľkosti rýchlosti pohybu vzduchu. Okrem trenia vzduchu o zemský povrch môže vznikať sila trenia i interakciou medzi jednotlivými vzduchovými vrstvami medzi sebou. Tá je spravidla menšia, než sila vznikajúca trením o zemský povrch. [1]

### 1.1.2 Meranie

Vietor je ako vektor určený smerom a rýchlosťou. Smer vetra určuje odkiaľ vietor vane. Stanovuje sa v zemepisných stupňoch ( $^{\circ}$ ), prípadne skratkou svetovej strany (južný vietor sa značí ako 180°, S (z angl. *south*) alebo J, a pod.). Rýchlosť vetra vyjadruje veľkosť horizontálnej zložky vektoru vetra a udáva sa v jednotkách meter za sekundu ( $m \cdot s^{-1}$ ) alebo v uzloch (kt).

Pri meraní vetra sa určuje priemerná rýchlosť a smer vetra počas určitého časového úseku (najčastejšie 10 minút alebo 2 minúty). Ďalej môže byť stanovená maximálna rýchlosť vetra, premenlivosť vetra a podobne.

V minulosti, pri absencii dostupných prístrojov na meranie vetra, ktoré neboli bežne dostupné, sa rýchlosť a smer odhadoval na základe silových účinkov na predmety v prírode. Dnes sa na meranie rýchlostí a smeru vetra používa najčastejšie anemometer. Ide o prístroj, ktorý pracuje na niekoľkých princípoch. Na meteorologických staniciach v Česku sa v súčasnosti používajú anemometre založené na mechanickom a ultrazvukovom princípe.



U mechanického princípu sa pôsobením vetra uvádza do pohybu otočné miskové alebo vrtuľové čidlo anemometru, z ktorého sa úmerne, podľa počtu otáčok za jednotku času, vypočítaná rýchlosť vetra. Pre snímanie smeru vetra sa najčastejšie používa smerovka, ktorá sa natáča v závislosti od smeru vetra. U ultrazvukového princípu sa medzi vysielateľom a prijímačom anemometra šíria ultrazvukové vlny, pričom doba šírenia je závislá na rýchlosti a smere vetra.

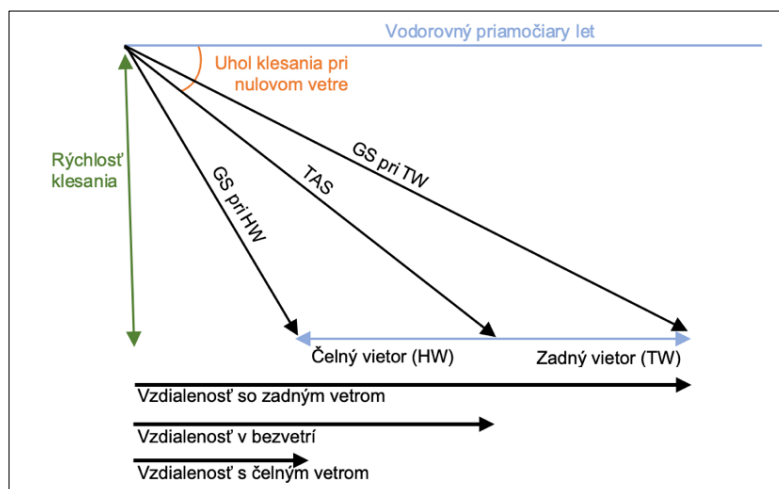
Vietor je meraný nepretržite na meteorologickej stanici letiska a získané dáta sa upravujú pre ďalšie použitie koncovými užívateľmi. Prízemný vietor je meraný anemometrom umiestnenom na stožiare vo výške 10 metrov nad zemou (obrázok 1). Parametre vetra sú tak merané vo výške 10 metrov nad zemou.



Obrázok 1: Ultrazvukový anemometer umiestnený pri meteorologickej stanici na Letisku Václava Havla v Prahe.

### 1.1.3 Vplyv na výkonnosť lietadla pri klesaní a pristátí

Obrázok 2 ukazuje, aký dôsledok má čelný (HW) a zadný (TW) vietor na uhol klesania voči zemi. Pri čelnom vetre sa uhol klesania zväčšuje a vzdialenosť znižuje, zatiaľ čo pri zadnom vetre sa uhol klesania znižuje a vzdialenosť zväčšuje. Toto je zachované pri stálej rýchlosti klesania, kedy lietadlo s čelnou alebo zadnou zložkou klesne o rovnakú výšku za rovnaký čas, ako pri nulovom vetre. Výhoda, ktorá plynie z pristávania s čelným vetrom je, že voči zemi môže lietadlo klesať pod strmším uhlom. [3]



Obrázok 2: Vplyv čelného a zadného vetra na uhol a rýchlosť klesania. [3]

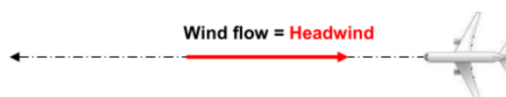
Lietadlo, pre udržanie potrebnej veľkosti vztlakovej sily, letí v konečnej fáze priblíženia na stanovenej indikovanej rýchlosti, tzv. IAS (angl. *Indicated Airspeed*), zobrazená na rýchlomere, ktorá je dostatočne nízka na uskutočnenie bezpečného pristátia, a zároveň je zachovaná nutná rýchlosť prúdenia molekúl vzduchu okolo profilu krídla. Čelný vietor, alebo čelná zložka vetra, znižuje rýchlosť lietadla voči zemi, tzv. GS (angl. *Ground Speed*), pre akúkoľvek IAS. Preto je pri čelnom vetre dopredná rýchlosť voči zemi menšia a tým sa znižuje i potrebná dĺžka dráhy pre zastavenie lietadla na dráhe, tzv. LDR (angl. *Landing Distance Required*). Po pristátí má navyše čelná zložka pozitívny účinok na účinnosť aerodynamických bŕzd, ktoré pomáhajú k zníženiu rýchlosti letúna. Zadný vietor, alebo zadná zložka vetra, má presne opačný účinok. Zvyšuje GS vzhľadom k danej IAS, čím sa zvyšuje dopredná rýchlosť voči zemi a zvyšuje sa LDR. Na základe tohto nežiadúceho účinku sú stanovené maximálne rýchlosti vetra. [3] [4]

Pri výpočte aktuálnej potrebnej dĺžky pristávacej dráhy sa odporúča, aby bolo počítané len s 50 % čelnej zložky a 150 % zadnej zložky. [3] Pre počítanie s bočnou zložkou vetra nie je zavedený žiaden bezpečnostný prídavok. Pri bočnom vetre je významným problémom udržať lietadlo v ose dráhy, preto sú stanovené maximálne limity pre bočný vietor, ktoré nemôžu byť prekročené.



### 1.1.4 Zložky

Pokiaľ je vykladané o čelnom vetre, je tým myslené prúdenie vzduchu presne do nosa lietadla (obrázok 3). Smer letu je opačný k smeru vetra. Čelný vietor znižuje GS. Snahou je, aby všetky vzlety a pristátia boli uskutočňované proti smeru vetra. [5]



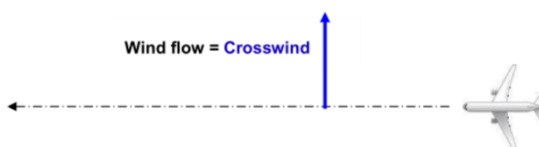
Obrázok 3: Čelný vietor. [5]

Naopak, zadný vietor, prúdi priamo do chvosta lietadla (obrázok 4). V tomto prípade je smer letu zhodný so smerom vetra. Zadný vietor zvyšuje GS, čo je dôvod, prečo je snahou minimalizovať akýkoľvek takýto vietor pri pristávaní. Letún v tomto prípade dosadne na pristávaciu dráhu (RWY) s vyššou rýchlosťou, čím sa predlžuje jeho dĺžka dojazdu. Bočný vietor je v oboch prípadoch nulový. [5]



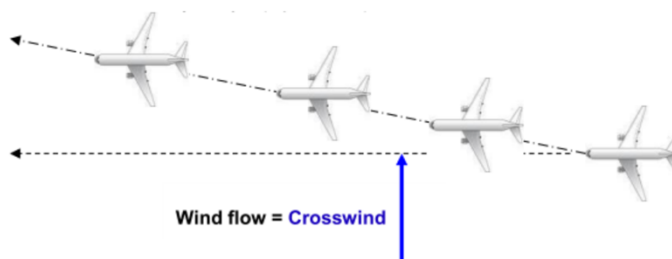
Obrázok 4: Zadný vietor. [5]

Tretou možnosťou je čisto bočný vietor, ktorý je kolmý na smer letu (obrázok 5). Čelný a zadný vietor je nulový. Rozlišujeme bočný vietor sprava a zľava. Práve tento druh vetra zvyšuje náročnosť pri pristáť. Nemá žiaden vplyv na GS. [5]



Obrázok 5: Bočný vietor. [5]

Počas skutočného letu nie je smer vetra takmer nikdy paralelný s traťou letu. Napriek tomu, že vietor pri návrhu letiska predstavuje jeden z najpodstatnejších elementov vplyvajúcich na orientáciu RWY, v reálnej prevádzke málokedy fúka presne v ose dráhy. Vo väčšine prípadov s ňou zvierajú nenulový uhol. Pokiaľ na lietadlo pôsobí bočná zložka vetra, prejaví sa na snahe zmeniť trajektóriu letu (obrázok 6) a pilot je tak nútený kompenzovať tento efekt, aby mohol uskutočniť bezpečné pristátie. Vplyv bočného vetra na lietadlo závisí na hmotnosti lietadla. Je tým výraznejší, čím je lietadlo ľahšie. [5]



Obrázok 6: Vplyv bočného vetra na trajektóriu letu. [5]

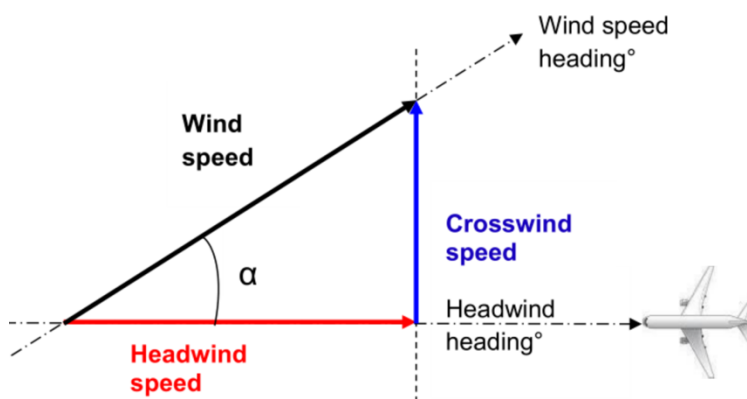
Informácia o vetre môže byť získaná zo správ METAR, hlásenia ATIS, od riadiaceho letovej prevádzky, a je i zobrazená na komplexných navigačných prístrojoch (obrázok 7).



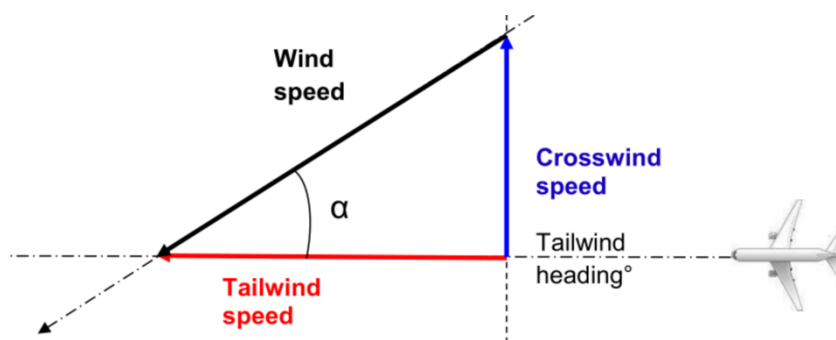
Obrázok 7: Zobrazenie rozloženia zložiek vetra v lietadle vybavenom navigačným prístrojom Garmin 1000.

V praxi zvierá, vo väčšine prípadov, vektor vetra s vektorom rýchlosti lietadla určitý uhol, tj. bočná zložka nie je nulová. Vektor vetra je následne možno rozložiť na bočnú (crosswind) a čelnú (headwind), prípadne zadnú (tailwind) zložku. Je potrebné, aby si bol pilot pri pristáti vedomý rozloženia vektoru vetra. Výpočet je možný pomocou goniometrických funkcií v pravouhlom trojuholníku. V tomto trojuholníku prepona predstavuje smer vetra, odvesna paralelná so smerom letu čelnú (resp. zadnú) zložku vetra a odvesna kolmá na smer letu bočnú zložku vetra (obrázok 8 a 9).





Obrázok 8: Rozloženie vektoru vetra pri pôsobení čelného vetra. [5]



Obrázok 9: Rozloženie vektoru vetra pri pôsobení zadného vetra. [5]

Uhol  $\alpha$  je uhol vetra k smeru letu. V súlade s obrázkom 8 a 9, možno zložky vetra spočítať matematickým vzorcom:

- bočná zložka = rýchlosť vetra \*  $\sin(\alpha)$ , (1)

- čelná/zadná zložka = rýchlosť vetra \*  $\cos(\alpha)$ . (2)

Pre rýchly približný výpočet bočnej zložky vetra, môže pre pilota slúžiť pomôcka tzv. „clock code rule“. V ňom každých  $15^\circ$  uhla vetra (uhol medzi vektorom vetra a osou dráhy k najbližšiemu  $10^\circ$ ) je reprezentovaný  $\frac{1}{4}$  hodiny. Bočná zložka vetra tak môže byť odhadnutá použitím hodnôt z tabuľky 1. [6]

Tabuľka 1: Výpočet bočnej zložky vetra. [6]

Uhol vetra ( $^\circ$ )	$15^\circ$	$30^\circ$	$45^\circ$	$60^\circ$
% z rýchlosti vetra	25	50	75	100



Obdobne, pre rýchle odhadnutie čelnej/zadnej zložky vetra môžu slúžiť hodnoty podľa tabuľky 2.

Tabuľka 2: Výpočet čelnej/zadnej zložky vetra. [6]

90° - uhol vetra (°)	10°	20°	30°	40°	50°	60°
% z rýchlosti vetra	0.2	0.3	0.5	0.6	0.8	0.9

Obecne existujú dve techniky pilotáže, ktoré piloti používajú k bezpečnému a spoľahlivému pristátiu pri silnom bočnom vetre. Prvým typom je tzv. sklzová technika (obrázok 10). Najdôležitejší pri nej je, že trať letu a pozdĺžna osa lietadla je paralelná s osou dráhy, čo zabraňuje lietadlu dosadnúť s vybočením, a tým predchádza možnému poškodeniu podvozku. Základom je klesať po zostupovej rovine s krídelkami proti vetru a opačné vychýlenie smerového kormidla ku kompenzácii sklzu. Druhým typom je tzv. technika „krab“ (obrázok 11). Tá je založená na vybočení lietadla proti vetru (letenie kurzom proti vetru) s krídlami zrovnanými takým spôsobom, aby trajektória letu bola paralelná s osou dráhy. Tento „krabý“ uhol je udržiavaný až tesne k dosadnutiu na dráhu, kedy pozdĺžna osa lietadla musí byť zrovnaná s osou dráhy. V bežnej prevádzke, napríklad pri lete dlhého priblíženia, sa často používajú obe metódy za sebou. [7]



Obrázok 10: Sklzová technika. [7]



Obrázok 11: Technika „krab“. [7]



### 1.1.5 Nárazy vetra

Náraz vetra, tiež nazývaný i poryv vetra, je náhle krátkodobé zvýšenie rýchlosti vetra oproti jeho priemeru, spravidla v trvaní 1 až 20 sekúnd. [2]

Definovaný čas trvania nárazu vetra sa môže v rôznych krajinách líšiť (nie je normatívny). V správach vydávaných v Českej Republike (ČR) je uvedený náraz vetra pokiaľ maximálna rýchlosť vetra za posledných 10 minút prekročí desaťminútovú rýchlosť vetra o  $5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$  a/alebo v určenom časovom intervale pred synoptickým termínom<sup>3</sup> dosiahne najmenej  $11 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ . V prípade, že by rýchlosť vetra v náraze dosiahla  $20 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$  alebo viac, je vydaná správa o existencii búrky. [2]

V letectve sa pod nárazom vetra rozumie odchýlka maximálnej rýchlosti vetra od priemernej rýchlosti za posledných 10 minút pred pozorovaním. Tento rozdiel je stanovený na 10 kt alebo viac v správach METAR a SPECI. [2]

### 1.1.6 Strih vetra

Strih vetra je definovaný ako „lokálna priestorová zmena vektora rýchlosti vetra vztiahnutá na jednotkovú vzdialenosť.“ [2] Inými slovami, ide o zmenu smeru, rýchlosti alebo oboch parametrov vetra v priestore. Z pohľadu letectva je to zmena vektoru vetra pozdĺž trajektórie letu, ktorého dôsledkom je náhla zmena smeru alebo rýchlosti lietadla od pôvodne zamýšľanej trate. [8] Ide o jeden z najnebezpečnejších javov počasia, ktorý pôsobí na lietadlo vo fáze priblíženia, pretože je lietadlo nízko na zemi. Preto je letecká meteorologická služba povinná vydať výstrahu pri prekročení určitých normovaných hodnôt strihu vetra (v ČR musí byť doplnená informácia o strihu vetra v pravidelnej správe METAR a mimoriadnej správe SPECI). Výstrahy na strih vetra sa v ČR nevydávajú. [9] Veliteľ lietadla, ktorý pozoroval po vzlete alebo pri priblížení strih vetra, musí uvedomiť príslušné stanovište riadenia letovej prevádzky.

Rozlišujeme horizontálny a vertikálny strih vetra. U vertikálneho dochádza k zmene horizontálneho vektoru vetra s výškou. Môžu mu napomáhať vysoké prekážky (stavby, vegetácia...) v okolí pristávacej dráhy. Je spojená s búrkovou činnosťou, pri existencii javu

---

<sup>3</sup> Normovaná doba pozorovania na synoptických stanicích stanovená podľa svetového koordinovaného času (UTC).



microburst<sup>4</sup>, a môže sa objaviť i na hornej hranici atmosférickej hraničnej vrstve. Počas horizontálneho strihu vetra dochádza k zmene horizontálneho vektoru vetra v rovine. Tento druh strihu vetra je spojený s prechodom atmosférickej fronty, búrkami, javom microburst a rovnako ju môžu spôsobiť vysoké budovy v blízkosti dráhy. [8]

## 1.2 Turbulencia

Turbulentné prúdenie (TURB) definujeme ako neusporiadaný pohyb vzduchových elementov v atmosfére, ktorých prúdnice tvoria čiastočne alebo úplne uzatvorené víry. [8] Lietadlo, ktoré prelieta takouto oblasťou, reaguje na premiešavanie vzduchu v závislosti na rýchlosti letu a na svojej hmotnosti.

Kvantifikácia turbulencie sa zakladá na oscilácii preťaženia na lietadlo. Intenzita je tak meraná akcelerometrami (g-metre), ktoré merajú veľkosť zrýchlenia, ktoré turbulencia dodá lietadlu. Zrýchlenie môže byť na výstupe udané buď v jednotkách  $m \cdot s^{-1}$  alebo g. Hodnota g, je vlastne vyjadrením tiažového zrýchlenia a veľkosť zrýchlenia pri turbulencii sa vyjadruje v desatinách g. [10] Slabou TURB sa označuje prípad, ak násobok preťaženia kolíše okolo hodnoty 0,2 g. Mierna TURB, ktorá predstavuje silnejšie nárazy a môže vyvolať i nevoľnosť u niektorých osôb, je stanovená v rozsahu zrýchlení 0,2 – 0,5 g. Pokiaľ nie je možné dodržať letovú hladinu, chôdza v kabíne je nemožná a turbulencia spôsobuje silné výkyvy lietadla, prírastok zrýchlenia je o 0,5 – 1,0 g, označujeme to za silnú TURB. V neposlednom rade existuje tiež extrémne silná TURB, pri náraste preťaženia o viac než 1,0 g. [1] [8]

Fluktuácie vektoru rýchlosti vetra pri TURB sa v prízemnej vrstve prejavujú ako nárazovité vietor. Podľa príčin vzniku rozdeľujeme TURB na mechanickú, termickú a dynamickú. Pri mechanickej vietor nad členitým terénom vytvára TURB, ktorá je úmerná rýchlosti vetru a nepravidelnosti terénu. Inými slovami, vzniká dôsledkom trenia prúdiaceho vzduchu o zemský povrch. [1] Dynamická TURB sa v porovnaní s mechanickej tvorí vo voľnej atmosfére a vzniká pôsobením vnútorného trenia medzi jednotlivými vrstvami vzduchu s rozdielnym smerom a rýchlosťou prúdenia. [8] Termická TURB sa tvorí pri termickej konvekcii (spôsobená stúpavými a klesavými prúdmi vzduchu vznikajúcimi nerovnomerným ohrevom vzduchu a nestabilným zvrstvením atmosféry).

---

<sup>4</sup> Downburst (extrémne silný zostupný prúd v rámci konvektívnej búrky) malého rozmeru (do 4 km).



Turbulencia v úplave je druhom mechanickej TURB. Je tvorená každým lietadlom, ktoré produkuje vztlak. Je spôsobená prúdením pozdĺž krídla lietadla pri vyrovnávaní tlaku vzduchu na hornej a spodnej časti krídla. Tento prúd tvorí vzdušné víry, ktoré sa na konci krídla oddeľujú a šíria sa ďalej za lietadlom a k zemskému povrchu. Ich trajektória je deformovaná vetrom. Intenzita týchto vírov závisí okrem iného i od hmotnosti lietadla. [11] Na základe predpisu ICAO Doc 4444 (do češtiny preložený ako predpis L4444), sú lietadlá rozdelené do troch kategórií podľa maximálnej certifikovanej vzletovej hmotnosti:

- Heavy (H) – všetky typy lietadiel s 136 000 kg alebo viac,
- Medium (M) – lietadlá s menej ako 136 000 kg, ale viac ako 7 000 kg,
- Light (L) – lietadlá s 7 000 kg alebo menej.

Medzi jednotlivými kategóriami lietadiel sú definované minimálne rozostupy, ktoré musia byť dodržané. Táto kategória sa uvádza v poli 9 letového plánu. [12]

### 1.3 Nízka dohľadnosť

Z pohľadu letectva pod pojmom dohľadnosť rozumieme najväčšiu vzdialenosť, na ktorú je možné jasne vidieť a rozoznať, na svetlom pozadí, čierny predmet vhodných rozmerov umiestnený na zemi. V noci ide o najväčšiu vzdialenosť, na ktorú je možné jasne rozoznať, na neosvetlenom pozadí, svetla o svietivosti približne 1 000 cd. [2]

Dohľadnosť závisí na obsahu drobných častíc vo vzduchu. Najväčší vplyv má na ňu obsah vlhkosti, ľadových a iných tuhých častíc, na ktorých je rozptyľované svetlo. Meteorologické javy, ktoré najčastejšie zhoršujú dohľadnosť, sú zrážky a hmla. Okrem hydrometeorov môže byť znížená i prítomnosťou pevných častíc ako napríklad piesok, prach, prípadne vulkanický popol. Dohľadnosť pre lety IFR je podstatná pri pristávaní, vzlete a pohybe lietadla po letiskových plochách. [1]

Pri nízkych dohľadnostiach sa rovnako hlási i veľkosť dráhovej dohľadnosti, RVR (Runway Visual Range), ktorá je meraná prístrojmi nazývanými transmisometry, pozdĺž vzletovej a pristávacej dráhy. [1]



## 1.4 Búrková činnosť

Búrky predstavujú najnebezpečnejší meteorologický jav pre lietanie a je nevyhnutné sa vyhýbať letu v nich. Búrka je prírodný jav, ktorý vzniká pri vertikálnej instabilite atmosféry a dostatočnej vlhkosti vzduchu. Vertikálna instabilita podmieňuje konvekciu (vertikálny prenos hybnosti, tepla, vodnej pary a pod.), pri ktorej sa vytvárajú mohutné búrkové oblaky druhu kumulonimbus (Cb). Búrková konvekcia môže byť spôsobená termikou, vplyvom orografie alebo vytlačovaním pozdĺž frontálneho rozhrania. [1]

Je snahou sa vyhýbať letaním do Cb najmä pre nebezpečné javy, ktoré sú v ňom sústredené. Z nich sú najviac nebezpečné silná turbulencia, silná námraza, krúpy a elektrické výboje. V blízkosti búrky je možné očakávať i strih vetru (windshear), ktorý bol popísaný začiatkom tejto kapitoly.



## 2 Produkty leteckej meteorologickej služby

Letecká meteorologická služba vydáva meteorologické správy, ktoré pre pilotov slúžia ako hlavný informačný zdroj v oblasti meteorológie. Správy zahŕňajú dokumenty v textovej forme. Rozoznávame kódované i nekódované meteorologické správy. [1] V tejto kapitole sa nenachádzajú inštrukcie k dekódovaniu správy. Je primárne zameraná na poskytnutie prehľadu správ, ktoré sú k dispozícii pilotom, a predstavenie, akým spôsobom sa kódujú informácie o vetre.

Okrem toho, informácie o počasí je možné získať i oznámením vo fonetickej podobe. Príkladmi meteorologických rozhlasových vysielaní sú nepretržité vysielania VOLMET a ATIS. Vysielanie VOLMET môže obsahovať pravidelné správy METAR s predpoveďami TREND, letiskové predpovede TAF a výstrahy SIGMET. [8] V Českej republike (ČR) je poskytovaná služba VOLMET pre medzinárodné vysielanie (zahŕňa Letisko Praha/Ruzyně a letiská hlavných miest okolitých štátov) a pre vnútroštátne vysielanie (zahŕňa letiská Brno, Karlovy Vary, Ostrava, Pardubice, Praha a Kunovice). [9] Vo vysielaní ATIS sú zahrnuté meteorologické podmienky na letisku a jednotlivých dráhach, vrátane význačného počasia. Počas letu je možné obdržať správy METAR alebo TAF i prostredníctvom dátovej komunikácie cez ACARS (*Airborne Communication Addressing Reporting System*). [8]

### 2.1 METAR/SPECI

Medzi meteorologické správy zaradujeme správy METAR a SPECI, ktoré informujú o aktuálnom počasí na letisku. Letecká meteorologická správa METAR zahŕňa informácie o počasí pozorovanom na letisku a je distribuovaná v kódovanej forme. Pravidelné pozorovanie je na Letisku Praha vykonávané 24 hodín denne a interval vydávania správy METAR je 30 minút. Identickou formou je kódovaná i mimoriadna letecká meteorologická správa SPECI. Tá je vydávaná pri dosiahnutí alebo prekročení stanovených hodnôt meraných veličín, alebo pri výskyte či zmene intenzity význačných javov počasia. [1]

Jednou z informácií obsiahnutých v METAR/SPECI je i hodnota prízemného vetru (meraný vo výške  $10 \pm 1$  meter nad zemou). Časový interval pre priemerovanie pozorovania prízemného vetra je 10 minút (v prípade náhlych zmien vetru v týchto desiatich minútach je braný do úvahy priemer po tejto náhlej zmene). Smer prízemného vetra je hlásený v krokoch po 10 zemepisných stupňoch ( $^{\circ}$ ) a rýchlosť prízemného vetra po 1 uzle (kt). Pri hodnote prízemného vetra sú vždy uvedené jednotky používané pre meranie rýchlosti vetra. [13]





Pokiaľ je zaznamenaný premenlivý vietor (t.j. zmena smeru vetra o 60° a viac), kóduje sa do správy ako VRB (angl. *Variable*), pokiaľ je priemerná rýchlosť vetra menej ako 3 kt. Premennivý vietor pri vyšších rýchlostiach sa uvádza len pri kolísaní smeru vetra o 180° a viac, alebo pokiaľ je obtiažne stanoviť prevládajúci smer vetra. V oboch prípadoch sa za skratkou VRB udáva rýchlosť vetra, napr. VRB02KT, VRB08KT a pod. V prípade, že počas desaťminútového obdobia, ktoré je pred časom pozorovania, smer vetra kolíše v rozpätí 60° až 180° a priemerná rýchlosť vetra je 3 kt alebo viac, zaraďuje sa do správy informácia o dvoch pozorovaných extrémoch smerov, medzi ktorými vietor kolíše s písmenom V, ktorý ich oddeľuje. V správe je uvedená hneď za hodnotou priemerného vetra: 25008KT 210V320. [8]

Pokiaľ počas desaťminútového obdobia pred časom pozorovania presiahne maximálny náraz vetra priemernú rýchlosť vetra o 10 kt alebo viac, v správe sa toto maximum uvádza s označením G. Nasleduje hneď za priemernou rýchlosťou. Napríklad: 24020G37KT. [8]

Kritériami pre vydanie správy SPECI je zmena smeru o 60° alebo viac, pri rýchlosti aspoň 10 kt. Ďalším dôvodom môže byť zmena rýchlosti o aspoň 10 kt, prípadne zmena hodnôt nárazov vetra o 10 kt, oproti poslednej vydanej správe. [1]

Ďalej sú uvedené príklady hlásenia prízemného vetra v správach METAR a SPECI:

08013KT = priemerný smer vetra 80°, priemerná rýchlosť 13 kt,

24020G37KT = priemerný smer vetra 240°, priemerná rýchlosť 20 kt s nárazmi 37 kt,

25008KT 210V320 = priemerný smer vetra 250°, priemerná rýchlosť 8 kt a smer kolíše medzi 210° a 320°,

VRB02KT = premenlivý vietor s rýchlosťou 2 kt (nepresahuje rýchlosť 2 kt),

VRB08KT = premenlivý vietor s rýchlosťou 8 kt (ak je rýchlosť väčšia ako 2 kt, premenlivosť vetra je o 180° alebo viac),

220P99KT = rýchlosť vetra je viac než 99 kt,

00000KT = bezvetrie.

K správe METAR alebo SPECI je častokrát pripojená i predpoveď TREND. Ide o predpoveď na najbližšie dve hodiny. Indikuje význačné zmeny jedného alebo viacerých z nasledujúcich prvkov: prízemný vietor, dohľadnosť, počasie a oblačnosť. Z pohľadu prízemného vetra v predpovediach TREND musia byť indikované zmeny:



- zmena priemerného smeru vetra o 60° alebo viac pri priemernej rýchlosti vetra 10 kt alebo viac,
- zmena priemernej rýchlosti vetra o 10 kt alebo viac,
- iné prevádzkovo-významné zmeny, ktoré berú do úvahy zmeny vetra, ktoré by vyžadovali zmenu používanej dráhy a ktoré by boli limitujúce pre bežné typy lietadiel používajúcich letisko. [13]

## 2.2 TAF

Letisková predpoveď TAF (*Terminal Aerodrome Forecast*) je predpoveď stanovených prvkov počasia na určenom letisku v období dlhšom ako dve hodiny. Kód šifrovania tejto správy je podobný kódu METAR/SPECI. Je vydávaná každých 6 hodín (spravidla tak štyrikrát denne) s platnosťou 24 až 30 hodín (na Letisku Praha/Ruzyně platnosť 30 hodín). Pokiaľ je však platnosť menšia než 12 hodín, je aktualizovaná každé 3 hodiny. [1]

Jedným z parametrov tejto správy je i predpokladaný prevládajúci prízemný vietor. Pokiaľ nie je možné určiť jeho smer, do rýchlosti 3 kt (pri búrkach i vyššia rýchlosť) sa uvedie hodnota VRB (premenlivý). Pri očakávanej rýchlosti pod 1 kt sa uvedie bezvetrie. V prípade, že sa očakáva prekročenie maximálnej rýchlosti vetra oproti priemernej rýchlosti o 10 kt alebo viac, udáva sa nárazový vietor s hodnotou nárazu, napr. 27018**G36**KT. [1]

## 2.3 Výstrahy

Veľmi dôležitým produktom leteckej meteorologickej služby pre letectvo sú i výstrahy. Sú vydávané pre letovú informačnú oblasť a pre letisko, pokiaľ sa očakávajú, alebo už boli pozorované určité nebezpečné meteorologické javy, na ktoré musí byť vydaná výstraha. [1]

Výstraha SIGMET (*Significant meteorological information*) informuje o vybraných nebezpečných meteorologických javoch silnej intenzity, ktoré by mohli významným spôsobom ovplyvniť bezpečnosť leteckej prevádzky. Medzi tieto javy patria napríklad búrky (TS), silná turbulencia (SEV TURB), silná námraza (SEV ICE), silné vlnové prúdenie za orografickými prekážkami (SEV MTW), tropická cyklóna (TC), sopečný popol (VA) a pod. Doba platnosti je maximálne 4 hodiny (pri výstraha na VA až do 6 hodín). Popisovaný jav je doplnený zemepisnými súradnicami, v ktorých sa očakáva jeho výskyt, resp. sa vyskytuje. [14]



Výstraha pre letisko (AD WRNG) stručne informuje o meteorologických podmienkach, ktoré by mohli nepriaznivo ovplyvniť prevádzku lietadiel na zemi, ale i manipuláciu s nimi. Táto výstraha môže informovať o búrke, snežení, namrzajúcich zrážkach, v prípade priemernej rýchlosti prízemného vetra 30 kt alebo viac, alebo pri nárazoch prízemného vetra 40 kt alebo viac.



### 3 Letisko Václava Havla v Praze

Letisko Václava Havla (ICAO smerovacia značka: LKPR) je verejné medzinárodné letisko situované na severozápadnom okraji Prahy, v katastrálnom území Ruzyně. [9] Prevádzkovateľom najväčšieho a najvýznamnejšieho medzinárodného letiska v Českej republike je spoločnosť Letiště Praha, a.s. [15]

Letisko aktuálne disponuje dvomi vzletovými a pristávacími dráhami (RWY). Štandardne je pre prevádzku využívaná hlavná RWY 06/24 (s dĺžkou 3715 metrov), tzv. západná prevádzka. ĀLP (viď 4. kapitola) má k dispozícii i vedľajšiu RWY 12/30 (s dĺžkou 3250 metrov), tzv. východná prevádzka. RWY 24 má presný magnetický smer  $241^\circ$  a RWY 06 má magnetický smer  $61^\circ$ . Vedľajšia RWY 12 má magnetický smer  $123^\circ$  a RWY 30 má magnetický smer  $303^\circ$ . Magnetická deklinácia na letisku je  $4^\circ$  E (východná). Bola zmeraná v roku 2020 a jej ročná zmena je 10 minút. Geografický smer jednotlivých RWY obdržíme pričítaním hodnoty magnetickej deklinácie (v prípade východnej) k hodnotám magnetického smeru. RWY v používaní sa určuje v nasledujúcom poradí: RWY 24, RWY 06, RWY 30, RWY 12. [9] [16]

Na RWY 12/30 sú zakázané pristátia lietadiel v dobe od 21:00 do 05:00 UTC (v období platnosti Stredoeurópskeho letného času medzi 20:00 a 04:00 UTC) v oboch smeroch. Toto ustanovenie neplatí v prípadoch, pokiaľ pre RWY 06/24 platí aspoň jeden z prípadov:

- RWY 06/24 je mimo prevádzky,
- nie je v prevádzke rádio-navigačné zariadenie ILS pre príslušnú RWY,
- sú nepriaznivo ovplyvnené podmienky na povrchu dráhy (kontaminantom) a brzdiaci účinok je horší ako dobrý,
- bol hlásený/predpovedaný strih vetra, alebo sú očakávané búrky,
- bočná zložka vetra, vrátane nárazov, prekračuje 15 kt,
- zadná zložka vetra, vrátane nárazov, prekračuje 5 kt. [9]

Okrem týchto prípadov môže byť uplatnená i výnimka na žiadosť veliteľa lietadla o zmenu dráhy. [9]

Prehľad pristátí na jednotlivých RWY za obdobie 2017-2021 je vidieť na obrázku 13.

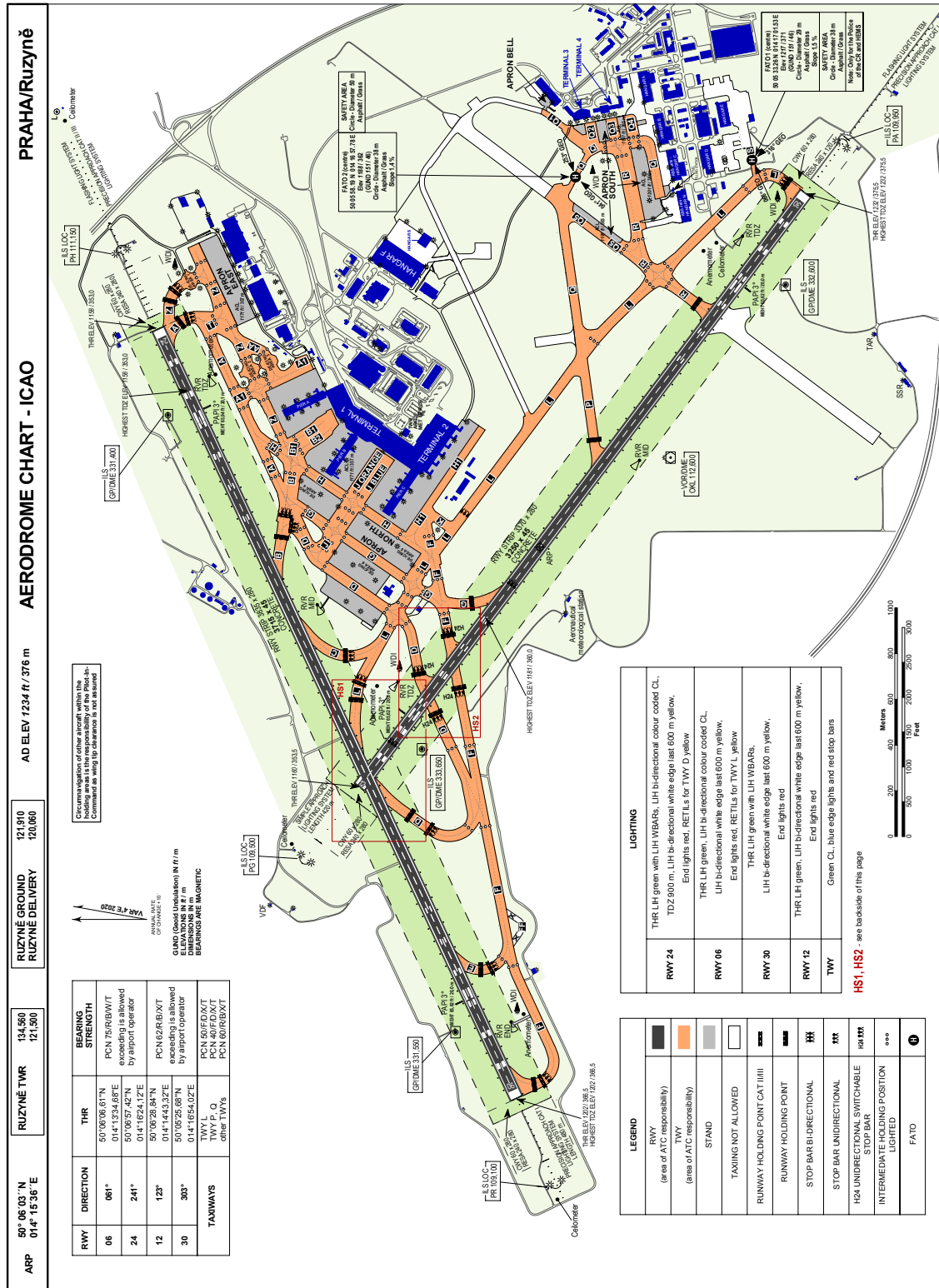
Na Letisku je strategicky rozmiestnených päť ultrazvukových anemometrov typu WMT702, ktoré merajú rýchlosť a smer vetra a aktuálne hodnoty prúdia do leteckého meteorologického systému AWOS (tzv. running MET report) a zobrazujú sa na meteorologickej stanici Letiska Praha a príslušných stanovištiach riadenia letovej prevádzky.



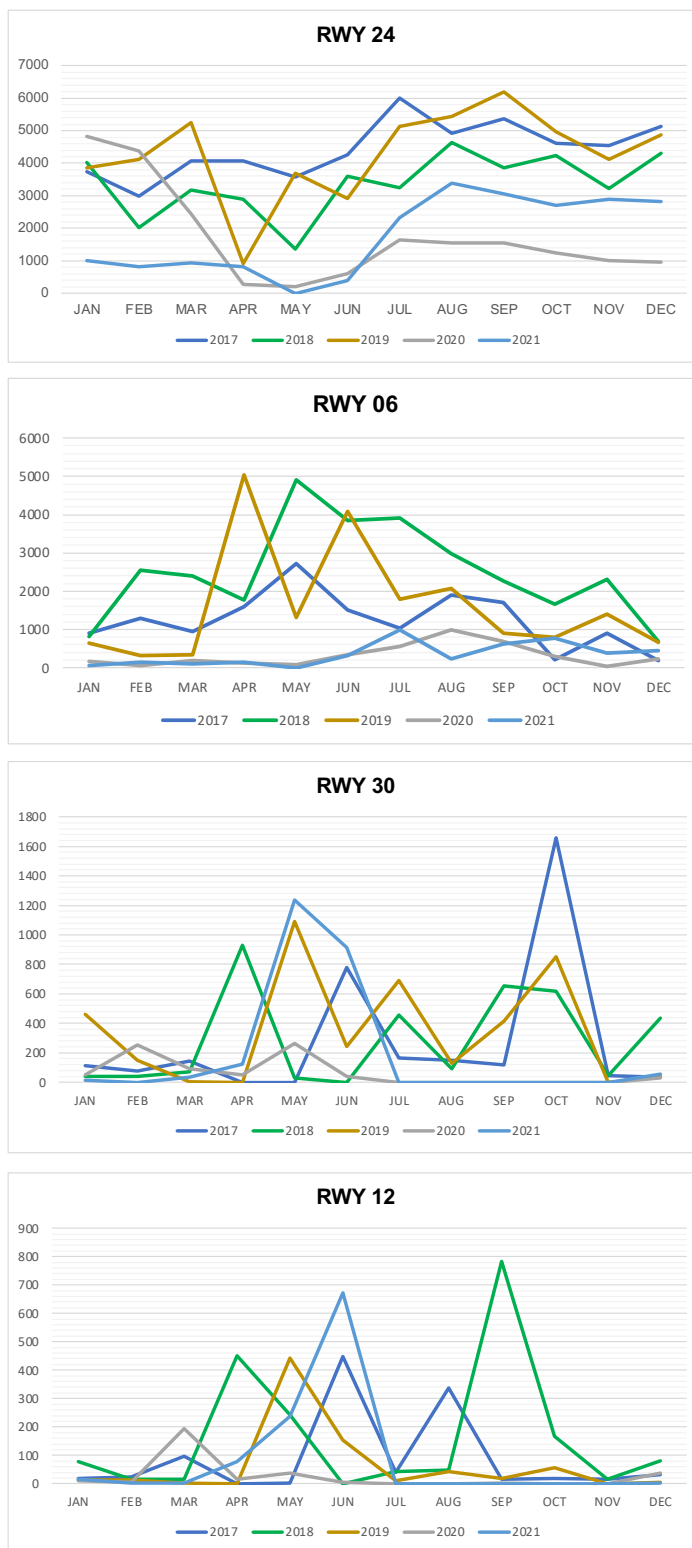
Anemometre sú na letisku rozmiestnené nasledovne:

- RWY 24: 295 m od prahu dráhy (THR) RWY 24, 145 m vľavo od stredovej osi RWY (dotyková zóna - TDZ),
- RWY 06/24: 1800 m od THR RWY 24 (stred - MID),
- RWY 06: 300 m od THR RWY 06 (TDZ),
- RWY 30: 300 m od THR RWY 30 (TDZ),
- RWY 12: 300 m od THR RWY 12 (TDZ),
- v blízkosti MET stanice. [9]

Hodnoty vetra v správe METAR sú vždy odvodené zo snímača anemometru, ktorý sa nachádza v blízkosti RWY v užívaní. Priemerovanie vychádza z leteckého predpisu L3 a je popísaný v 2.1. kapitole.



Obrázok 12: ICAO mapa letiska LKPR. [9]



Obrázok 13: Prehľad prístátí na jednotlivých RWY za obdobie 2017-2021.



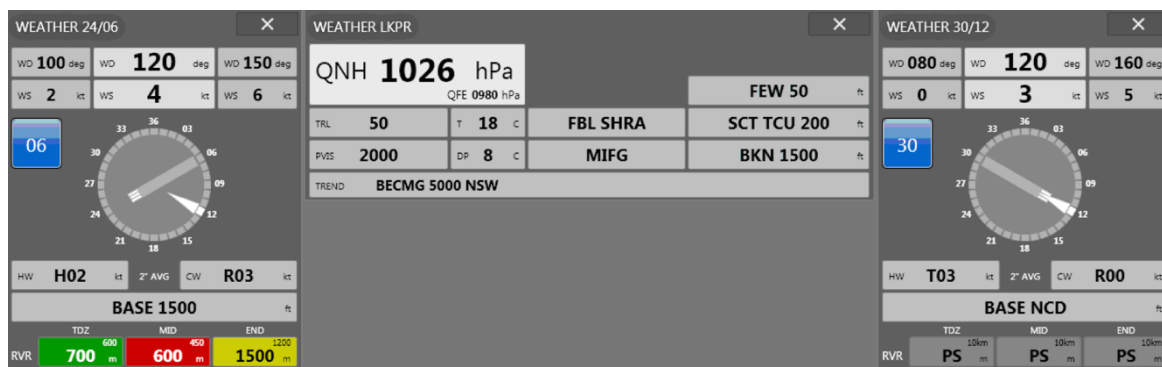
## 4 ŘLP ČR

Řízení letového provozu České republiky (ŘLP ČR, s.p.) je štátní podnik, ktorého poslaním je zabezpečovať letové prevádzkové služby v rámci vzdušného priestoru nad územím Českej republiky. [17] Tieto služby sú poskytované k zabráneniu kolízii medzi lietadlami, medzi lietadlami a prekážkami na prevádzkových plochách a pre udržovanie rýchleho a usporiadaného toku leteckej prevádzky. Letové prevádzkové služby sú poskytované užívateľom vo vzdušnom priestore Českej republiky a na letiskách Praha, Brno, Ostrava a Karlovy Vary. [18]

V rámci týchto služieb sú zakomponované nasledujúce služby: služba riadenia letovej prevádzky (ATC), letová informačná služba (FIS), pohotovostná služba (ALRS) a ohlasovňa letových prevádzkových služieb. [17]

Český hydrometeorologický ústav (ČHMÚ) je certifikovaným a povereným poskytovateľom leteckej meteorologickej služby pre Letisko Praha. Letisko je vybavené automatizovaným meteorologickým pozorovacím systémom AWOS. [9] Medzi produkty, ktoré poskytuje ČHMÚ, patria letisková výstraha, pravidelné správy METAR, mimoriadne správy SPECI, dáta z AWOS (running MET report – nepretržite získavané dáta zo senzorov v dráhovom systéme) a ďalej predpovede TREND, TAF a pod. [19]

V rámci systému AMS-3 (*Airport Monitoring System*), má riadiaci letovej prevádzky informácie o stave jednotlivých letiskových systémov a ich ovládanie (napr. prevádzkové schopnosti navigačných systémov), informácie o obsadení jednotlivých stojániek a rovnako i o aktuálnych hodnotách vetra, ktoré má riadiaci na TWR trvale zobrazené v tzv. meteopravítku. Ide o tabuľkové zobrazenie letiskových meteorologických meraní (na obrázku 14 príklad zobrazenia na TWR), ktoré prichádzajú automaticky, takmer v reálnom čase (oneskorenie do 2-3 sekúnd), v dátovom toku zo systému AWOS. Okrem informácii o dohľadnosti (VIS),



Obrázok 14: Meteopravítka - tabuľkové zobrazenie letiskových meteorologických meraní.



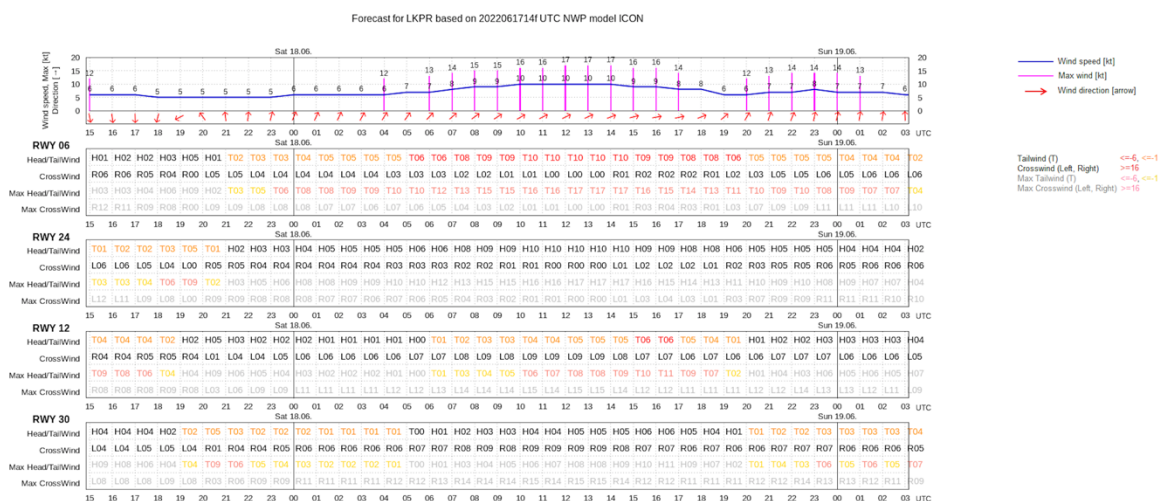


dráhovej dohľadnosti (RVR), spodnej základne oblačnosti (Base) a ďalších, sú zobrazené i jednotlivé parametre vetra. Z nich má riadiaci k dispozícii smer a rýchlosť vetra (2-minutové priemery, s aktualizáciou po desiatich sekundách, 10-minutové minimum a 10-minutové maximum), veternú ružicu so smerom RWY a 2-minutovým priemerným smerom vetra, rozklad vetra na zložky (k zvolenému smeru RWY). Ľavá a pravá strana sú pripínateľné. Prostredné pole obrazovky obsahuje údaje spoločné pre celé letisko.

Aktuálne zobrazené hodnoty vetra riadiaci, podľa potreby, pri vydaní povolenia k pristátiu alebo na vyžiadanie, vysiela pilotom v konečnej fáze priblíženia (dostávajú tak presnejšie informácie v porovnaní s ATIS, v ktorej sa vysiela posledný METAR/SPECI).

Vlastná komunikácia podľa pracovníka z ŘLP medzi letiskovou službou riadenia (TWR) a pozorovateľom na meteorologickej stanici nie je príliš častá. Ide v nej skôr o okamžité riešenie prípadných neštandardných stavov, než o pravidelnú komunikáciu.

Aktívna dráha v používaní sa určuje podľa spomenutého poradia (RWY 24, RWY 06, RWY 30, RWY 12), pri ktorej sa využíva predpoveď prízemného vetra na niekoľko najbližších hodín. Tá vychádza z predpovedí TAF, alebo z meteorologického predpovedného modelu (vidieť na obrázku 15, spolu s rozkladom na jednotlivé RWY), z ktorých je viditeľná tendencia, na základe ktorej sa ŘLP následne rozhodne. Pri vysokej záťaži na TWR Praha si zvyčajne vedenie zmeny vyhradí niekoľkokomínútové „okienko“ s nižšou prevádzkou, počas ktorej uskutoční postupy spojené s preusporiadaním prevádzky a zmenou RWY v užívaní (vrátane nastavení do správy ATIS).



Obrázok 15: Meteorologický predpovedný model.



## 5 Let podľa pravidiel IFR

Civilný let sa môže uskutočniť v zásade v dvoch formách. Let podľa pravidiel VFR (ďalej VFR let) a podľa pravidiel IFR (ďalej IFR let). Pri VFR lete (*Visual Flight Rules*) vedie pilot lietadlo pomocou tzv. zrovnávacej navigácie. To znamená, že pilot má zvolenú trať zakreslenú v mape a porovnáva ju so skutočnou prelietavanou traťou na zemi. Okamžitá poloha lietadla je tak uskutočňovaná pohľadom von z kabíny lietadla a na základe porovnania tohoto vnemu a pohľadom do mapy realizuje korekciu smeru. Pri tomto druhu letu je tak potrebný vizuálny kontakt so zemou, z čoho plynú i minimálne potrebné rozostupy od oblačnosti, ktoré sú stanovené predpisom. Práca sa ďalej venuje výhradne udalostiam IFR letov. [20]

IFR let je, naopak, vedený pilotom pomocou informácií získaných z palubných prístrojov. To umožňuje vykonávať lety v noci, v hmle a v oblačnosti. Okamžitá poloha lietadla je zistená z odchýlok palubných prístrojov a na základe nich pilot uskutočňuje opravy v smere. Pilot v tomto prípade, na rozdiel od predchádzajúceho, nezabezpečuje rozostupy od ostatnej letovej prevádzky. Tie má na zodpovednosti riadiaci letovej prevádzky. [20]

Priblíženie podľa prístrojov je záverečná fáza letu IFR, v ktorej lietadlo uskutočňuje pristátie. Samotná fáza priblíženia sa delí na tri úseky: úsek počiatočného priblíženia, úsek stredného priblíženia a úsek konečného priblíženia. V úseku konečného priblíženia lietadlo vedené po definovanej trati klesá na pristátie a v prípade, že získa požadovanú vizuálnu referenciu, pristáva. Pokiaľ ale vizuálnu referenciu nezíska, musí uskutočniť postup nezdareného priblíženia. Pilot pri potrebe vykonania postupu nezdareného priblíženia okamžite zvyšuje výkon motorov a prevádza lietadlo z režimu klesania do režimu stúpania. Pilot môže rozhodnúť o vykonaní opakovaného pristátia z rôznych príčin, i keď má vizuálny kontakt s RWY alebo akoukoľvek jej súčasťou. [20]



## Praktická část

### 6 Rozbor vetra na Letisku Václava Havla

Vietor je spojený s priestorovým rozložením atmosférického tlaku. Má vždy tendenciu vyrovnávať rozdielne hodnoty tlaku a rozlišujeme u neho parametre ako smer a rýchlosť. Veľkosť týchto veličín je podmienené množstvom premenných, ktoré boli spomenuté v predchádzajúcich kapitolách. Pre Letisko Václava Havla bolo prvou úlohou zistiť ročný chod smeru a rýchlosti vetra za obdobie posledných piatich rokov (2017-2021). Pri skúmaní bolo vychádzané z pravidelných správ METAR, ktoré sú vydávané každú polhodinu. To znamená, že jednotlivé hodnoty vetra majú rovnakú váhu a to 30 minút. Vďaka tomu bolo jednoduchšie prepočítať chod smeru a rýchlosti vetra v závislosti na dňoch v roku, resp. mesiaci. Historické dáta boli bezplatne sprostredkované ŘLP.

Všetkých, viac ako 87 000 dát, bolo stiahnutých do softvéru Microsoft Excel, v ktorom sa pomocou integrovaných funkcií separovali jednotlivé údaje vetra. V prvom kroku bol zo správy METAR pomocou automatického dopĺňania „Flash-fill“ extrahovaný údaj o smere a rýchlosti vetra do tvaru:

- a) 24016KT (pokial' nebol hlásený náraz vetra),  
alebo
- b) 28018G33KT (pokial' bol hlásený náraz vetra).

V ďalšom kroku boli použité kombinácie funkcií: *LEFT*, *MID*, *IF*, *ISNUMBER* a *FIND*. Tie vrátili určitý počet znakov v reťazci. Týmto postupom boli získané oddelené informácie o smere, rýchlosti a nárazoch vetra (viď obrázok 16). Pokial' bola správa vydaná vo verzii COR<sup>5</sup>, informácie museli byť ručne opravené. Niekoľko správ bolo zaznamenaných i vo forme NIL<sup>6</sup>, v takomto prípade neboli v poliach s informáciami žiadne údaje. Dáta sú v jednotkách, ktoré sú popísané v kapitole 2.1.

---

<sup>5</sup> „Správne alebo opravený alebo oprava (použité pre opravené meteorologické správy, označenie druhu správy)“. [10]

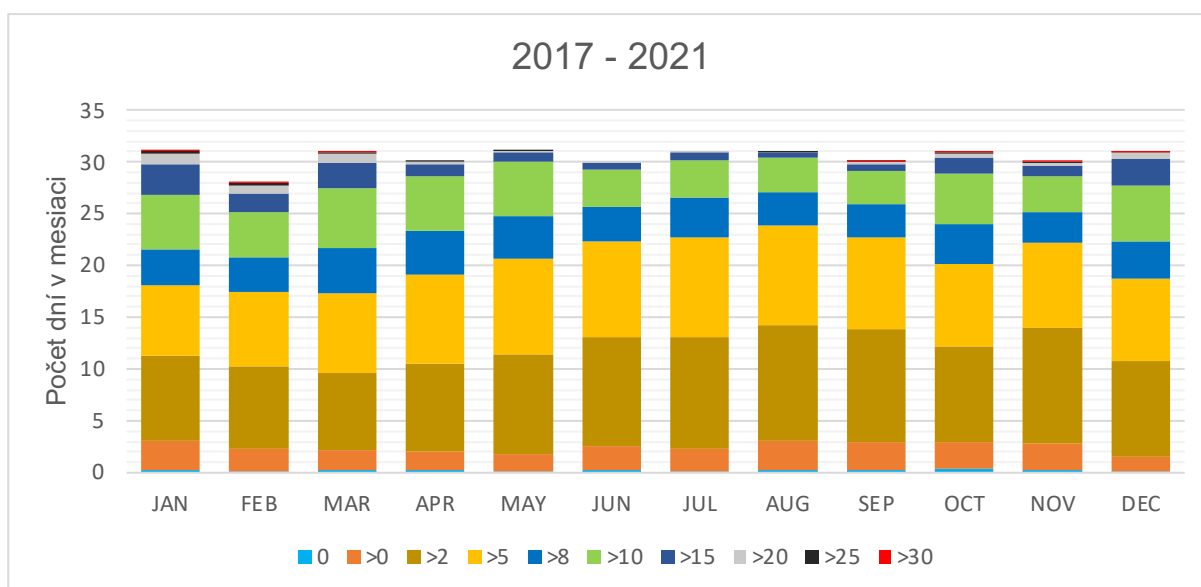
<sup>6</sup> „Žiadny alebo Nemám nič, čo by som vám poslal“. [10]



	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O																		
	JANUAR					FEBRUAR					MAREC																						
	METAR/SPECI					METAR/SPECI					METAR/SPECI																						
	WV	spd	dir	gust	WV	spd	dir	gust	WV	spd	dir	gust	WV	spd	dir	gust																	
3	20200010000	METAR	KPR	01000Z	2500KT	9999	BKN0	2508KT	08	250	0	20200010000	METAR	KPR	01000Z	23023KT	CAVOK	1	230	33	20200301000	METAR	KPR	01000Z	22013KT	CAVOK	07	2101	13	220	0		
4	20200101000	METAR	KPR	01000Z	2300KT	9999	BKN0	2300KT	07	230	0	20200101000	METAR	KPR	01000Z	23022KT	CAVOK	10/0	24021KT	21	240	0	20200301000	METAR	KPR	01000Z	23016KT	CAVOK	07	2101	16	230	0
5	20200101000	METAR	KPR	01000Z	2300KT	9999	BKN0	2300KT	07	230	0	20200101000	METAR	KPR	01000Z	23022KT	CAVOK	10/0	23022KT	22	230	0	20200301000	METAR	KPR	01000Z	23015KT	9999	FEW	2301	15	230	0
6	20200101000	METAR	KPR	01000Z	2200KT	9999	FEW	2200KT	07	220	0	20200101000	METAR	KPR	01000Z	23021KT	CAVOK	10/0	23021KT	21	230	31	20200301000	METAR	KPR	01000Z	23011KT	9999	FEW	2301	11	230	0
7	20200101000	METAR	KPR	01000Z	2200KT	9999	FEW	2200KT	08	220	0	20200101000	METAR	KPR	01000Z	24017GZKT	9999	BKN	24017GZKT	17	240	27	20200301000	METAR	KPR	01000Z	22011KT	9999	FEW	2201	11	220	0
8	20200101000	METAR	KPR	01000Z	2200KT	9999	FEW	2200KT	07	230	0	20200101000	METAR	KPR	01000Z	25015KT	9999	BKN0	25015KT	15	250	0	20200301000	METAR	KPR	01000Z	22013KT	9999	FEW	2201	13	210	0
9	20200101000	METAR	KPR	01000Z	2200KT	9999	BKN0	2200KT	08	220	0	20200101000	METAR	KPR	01000Z	23011KT	9999	FEW	23011KT	11	230	21	20200301000	METAR	KPR	01000Z	22014KT	CAVOK	05	2101	14	220	0
10	20200101000	METAR	KPR	01000Z	2200KT	9999	BKN0	2200KT	05	230	0	20200101000	METAR	KPR	01000Z	24010KT	9999	FEW	24010KT	10	240	0	20200301000	METAR	KPR	01000Z	21012KT	CAVOK	05	2101	12	210	0
11	20200101000	METAR	KPR	01000Z	2300KT	9999	FEW	2300KT	07	230	0	20200101000	METAR	KPR	01000Z	25009KT	9999	FEW	25009KT	09	250	0	20200301000	METAR	KPR	01000Z	20001KT	CAVOK	04	2000	09	200	0
12	20200101000	METAR	KPR	01000Z	2200KT	9999	FEW	2200KT	07	220	0	20200101000	METAR	KPR	01000Z	24011KT	9999	FEW	24011KT	11	240	0	20200301000	METAR	KPR	01000Z	20001KT	CAVOK	04	2000	09	200	0
13	20200101000	METAR	KPR	01000Z	2200KT	9999	FEW	2200KT	08	220	0	20200101000	METAR	KPR	01000Z	24013KT	CAVOK	10/0	24013KT	13	240	0	20200301000	METAR	KPR	01000Z	19011KT	CAVOK	04	1901	11	190	0
14	20200101000	METAR	KPR	01000Z	2300KT	9999	FEW	2300KT	08	230	0	20200101000	METAR	KPR	01000Z	23011KT	CAVOK	10/0	23011KT	11	230	0	20200301000	METAR	KPR	01000Z	19010KT	CAVOK	03	1900	10	190	0
15	20200101000	METAR	KPR	01000Z	2200KT	9999	FEW	2200KT	06	220	0	20200101000	METAR	KPR	01000Z	23011KT	CAVOK	10/0	23011KT	11	230	0	20200301000	METAR	KPR	01000Z	19007KT	CAVOK	04	1900	07	190	0
16	20200101000	METAR	KPR	01000Z	2200KT	9999	FEW	2200KT	06	220	0	20200101000	METAR	KPR	01000Z	23011KT	9999	FEW	23011KT	11	230	0	20200301000	METAR	KPR	01000Z	19007KT	CAVOK	04	1900	07	190	0
17	20200101000	METAR	KPR	01000Z	2300KT	9999	FEW	2300KT	08	230	0	20200101000	METAR	KPR	01000Z	25009KT	9999	FEW	25009KT	09	250	0	20200301000	METAR	KPR	01000Z	18007KT	CAVOK	04	1800	07	180	0
18	20200101000	METAR	KPR	01000Z	2400KT	9999	BKN0	2400KT	06	240	0	20200101000	METAR	KPR	01000Z	23023GZKT	9999	FEW	23023GZKT	23	230	32	20200301000	METAR	KPR	01000Z	19008KT	130V210	C	1900	08	190	0
19	20200101000	METAR	KPR	01000Z	2200KT	9999	FEW	2200KT	07	220	0	20200101000	METAR	KPR	01000Z	24014GZKT	9999	FEW	24014GZKT	14	240	24	20200301000	METAR	KPR	01000Z	18006KT	CAVOK	05	1800	06	180	0
20	20200101000	METAR	KPR	01000Z	2300KT	9999	FEW	2300KT	06	220	0	20200101000	METAR	KPR	01000Z	23014GZKT	9999	FEW	23014GZKT	14	230	24	20200301000	METAR	KPR	01000Z	19007KT	CAVOK	06	1900	07	190	0
21	20200101000	METAR	KPR	01000Z	2200KT	9999	FEW	2200KT	06	220	0	20200101000	METAR	KPR	01000Z	23016GZKT	9999	BKN	23016GZKT	16	230	16	20200301000	METAR	KPR	01000Z	19007KT	9999	FEW	1900	07	190	0
22	20200101000	METAR	KPR	01000Z	2200KT	9999	FEW	2200KT	07	220	0	20200101000	METAR	KPR	01000Z	22016KT	9999	FEW	22016KT	16	220	0	20200301000	METAR	KPR	01000Z	21012KT	9999	FEW	2101	12	210	0
23	20200101000	METAR	KPR	01000Z	2300KT	9999	FEW	2300KT	08	230	0	20200101000	METAR	KPR	01000Z	23013KT	9999	FEW	23013KT	13	230	0	20200301000	METAR	KPR	01000Z	21014KT	9999	FEW	2101	14	210	0
24	20200101000	METAR	KPR	01000Z	2200KT	9999	FEW	2200KT	06	220	0	20200101000	METAR	KPR	01000Z	23013KT	9999	FEW	23013KT	13	230	0	20200301000	METAR	KPR	01000Z	22018KT	9999	FEW	2201	18	220	0
25	20200101000	METAR	KPR	01000Z	2400KT	9999	FEW	2400KT	08	240	0	20200101000	METAR	KPR	01000Z	23013KT	9999	FEW	23013KT	13	230	0	20200301000	METAR	KPR	01000Z	21018KT	9999	FEW	2101	18	210	0
26	20200101000	METAR	KPR	01000Z	2300KT	9999	FEW	2300KT	06	230	0	20200101000	METAR	KPR	01000Z	24016KT	9999	BKN0	24016KT	16	240	0	20200301000	METAR	KPR	01000Z	21018KT	9999	FEW	2101	18	210	0
27	20200101000	METAR	KPR	01000Z	2200KT	9999	FEW	2200KT	06	220	0	20200101000	METAR	KPR	01000Z	23014KT	9999	BKN0	23014KT	14	230	0	20200301000	METAR	KPR	01000Z	22018KT	9999	FEW	2201	18	220	0
28	20200101000	METAR	KPR	01000Z	2400KT	9999	FEW	2400KT	07	240	0	20200101000	METAR	KPR	01000Z	22013KT	9999	FEW	22013KT	13	220	0	20200301000	METAR	KPR	01000Z	22018KT	9999	FEW	2201	18	220	0
29	20200101000	METAR	KPR	01000Z	2300KT	9999	FEW	2300KT	06	230	0	20200101000	METAR	KPR	01000Z	23013KT	9999	FEW	23013KT	13	230	0	20200301000	METAR	KPR	01000Z	21016KT	CAVOK	11	2101	16	210	0
30	20200101000	METAR	KPR	01000Z	2600KT	9999	FEW	2600KT	06	260	0	20200101000	METAR	KPR	01000Z	22017KT	9999	FEW	22017KT	17	220	0	20200301000	METAR	KPR	01000Z	23017KT	9999	FEW	2301	17	230	0
31	20200101000	METAR	KPR	01000Z	2500KT	9999	FEW	2500KT	06	250	0	20200101000	METAR	KPR	01000Z	22016KT	9999	FEW	22016KT	16	220	0	20200301000	METAR	KPR	01000Z	21016KT	9999	FEW	2101	16	210	0
32	20200101000	METAR	KPR	01000Z	2300KT	9999	FEW	2300KT	05	230	0	20200101000	METAR	KPR	01000Z	22017KT	9999	FEW	22017KT	17	220	0	20200301000	METAR	KPR	01000Z	20013KT	9999	FEW	2001	13	200	0
33	20200101000	METAR	KPR	01000Z	2400KT	9999	FEW	2400KT	04	240	0	20200101000	METAR	KPR	01000Z	22016KT	9999	BKN0	22016KT	16	220	0	20200301000	METAR	KPR	01000Z	21012KT	9999	FEW	2101	12	210	0
34	20200101000	METAR	KPR	01000Z	2200KT	9999	FEW	2200KT	05	220	0	20200101000	METAR	KPR	01000Z	23016KT	9999	FEW	23016KT	16	230	0	20200301000	METAR	KPR	01000Z	2006KT	150V230	C	2000	06	200	0
35	20200101000	METAR	KPR	01000Z	2100KT	9999	FEW	2100KT	06	210	0	20200101000	METAR	KPR	01000Z	23016KT	9999	FEW	23016KT	16	230	0	20200301000	METAR	KPR	01000Z	25014KT	200V209	C	2501	14	250	0
36	20200101000	METAR	KPR	01000Z	2100KT	9999	FEW	2100KT	05	210	0	20200101000	METAR	KPR	01000Z	22018KT	9999	RA	22018KT	18	220	0	20200301000	METAR	KPR	01000Z	20007KT	9999	FEW	2000	07	200	0
37	20200101000	METAR	KPR	01000Z	2100KT	9999	FEW	2100KT	05	210	0	20200101000	METAR	KPR	01000Z	24012KT	9999	RA	24012KT	12	240	0	20200301000	METAR	KPR	01000Z</							



Keďže je vo funkcii iba spodná podmienka (väčšie než), od výsledných hodnôt spočítaných algoritmom pri kategóriách rýchlostí menších ako 30 kt, musela byť odčítaná suma všetkých hodnôt v kategóriách vyšších. Výsledné počty spočítané algoritmom v jednotlivých kategóriách boli medzi sebou sčítané v rámci príslušného mesiaca a boli vydelené celkovým počtom vydaných správ METAR v danom mesiaci. Posledným krokom bolo vynásobenie jednotlivých hodnôt počtom dní v príslušnom mesiaci. Výsledkom je skladaný stĺpcový graf, ktorý znázorňuje priemerný počet dní v mesiaci, počas ktorých vietor dosahuje určitú rýchlosť (graf na obrázku 17). Typ grafu bol vybraný podľa internetového portálu Meteoblue.com, ktorý ich používa k zobrazeniu simulovaných historických údajov o počasi.



Obrázok 17: Ročný chod rýchlostí vetra v jednotlivých mesiacoch za obdobie 2017-2021.

Z príslušného grafu môžeme pozorovať silnejší vietor na začiatku a na konci roka. V týchto mesiacoch rýchlosť veľmi často presiahla 30 kt. Najvyššie rýchlosti v roku sú dosahované od januára do marca a potom v septembri a októbri. Začiatkom roka dosiahol vietor rýchlosť vyššiu ako 20 kt takmer jeden celý deň. V októbri 2021 bol zaznamenaný aj rekord za sledované obdobie, kedy rýchlosť dosiahla až 41 kt, nárazmi presahujúcimi 55 kt. Išlo o jeden celý deň od skorých ranných hodín až do rána ďalšieho dňa, kedy bola hlásená rýchlosť presahujúca 30 kt so silnými nárazmi. Nebol pritom hlásený žiaden významný jav počasia (v správe METAR výraz CAVOK).

Od apríla do augusta nebol zaznamenaný ani jeden prípad vetra s rýchlosťou presahujúcou 30 kt. Išlo o najpokojnejšie mesiace. Z grafu je možné pozorovať i stúpajúcu tendenciu vetra s rýchlosťami 8 kt a menej od mesiaca apríl, s maximom v auguste, a následné prudké



klesanie. Treba však poznamenať, že bolo vychádzané výhradne z pravidelných správ METAR.

## 6.2 Ročný chod smeru vetra

V strednej Európe je smer prúdenia vzduchu najviac ovplyvňovaný všeobecnou cirkuláciou atmosféry a reliéfom (Letisko Praha/Ruzyně predovšetkým pohorím Krušné hory). Prevláda juhozápadná až severozápadná zložka prúdenia vzduchu. Podľa dostupných klimatologických charakteristík Letiska Praha/Ruzyně na internetovej stránke ČHMÚ je až v 18,9 % prípadoch prevládajúci smer vetra zo smeru 230° - 250° a v 12,7 % prípadoch zo smeru 200° - 220°. Dáta sú spracované za obdobie 2016 - 2020 a výsledná tabuľka analýzy je na obrázku 18. [21]

WIND DIRECTION	WIND SPEED						Total
	1-5	6-10	11-15	16-20	21-25	>25	
020-040	3.7	0.3					4.0
050-070	3.8	0.4	0.0				4.2
080-100	5.3	1.0					6.3
110-130	4.9	0.4	0.0				5.3
140-160	5.9	0.4	0.0				6.3
170-190	5.4	0.4	0.0				5.8
200-220	9.5	3.1	0.1	0.0			12.7
230-250	10.2	7.6	1.0	0.0			18.9
260-280	5.7	2.2	0.1	0.0			8.1
290-310	4.9	1.5	0.1	0.0			6.5
320-340	6.2	1.0	0.0				7.3
350-010	5.9	0.8	0.0				6.7
VARIABLE	7.3						7.3
CALM							0.7
TOTAL	78.7	19.2	1.4	0.1			

Obrázok 18: Tabuľka percentuálneho podielu vetra v špecifikovaných sektoroch na LKPR za obdobie 2016 – 2020. [21]

V správach METAR sú smery vetra hlásené v desiatkach zemepisných stupňov (podrobnejšie opísané v 2.1 kapitole). V tejto analýze tak boli smery rozdelené do 12 sektorov, s rozsahom 30 stupňov. K smeru vetra v rámci tejto charakteristiky bola pripojená i jeho rýchlosť. Tá bola rozdelená do 7 kategórii. Spracovanie je založené na predlohe ČHMÚ (obrázok 18) a simulovaných historických údajov o klíme a počasí na internetovej stránke Meteoblue.com.

Pri spracovávaní smeru vetra bola v tomto prípade použitá štatistická funkcia *COUNTIFS*. Tá na rozdiel od funkcie *COUNTIF* podporuje viacero rozsahov a kritérií. Pre túto analýzu to znamená, že bolo možné zahrnúť jak smer vetra, tak i jeho rýchlosť a ďalej stanoviť podmienky, ktoré spočítajú hodnoty vetra len v rámci definovaného rozsahu. Spomenutá funkcia mala v prvom kroku vybrať z prvého stĺpca smer vetra, ktorý spĺňa obe podmienky (napríklad pre sektor 20° - 40° musel byť smer väčší, resp. rovný 20 a zároveň menší, resp. rovný 40). Určením vrchnej a spodnej hranice sa bunky prefiltrujú najprv cez prvú

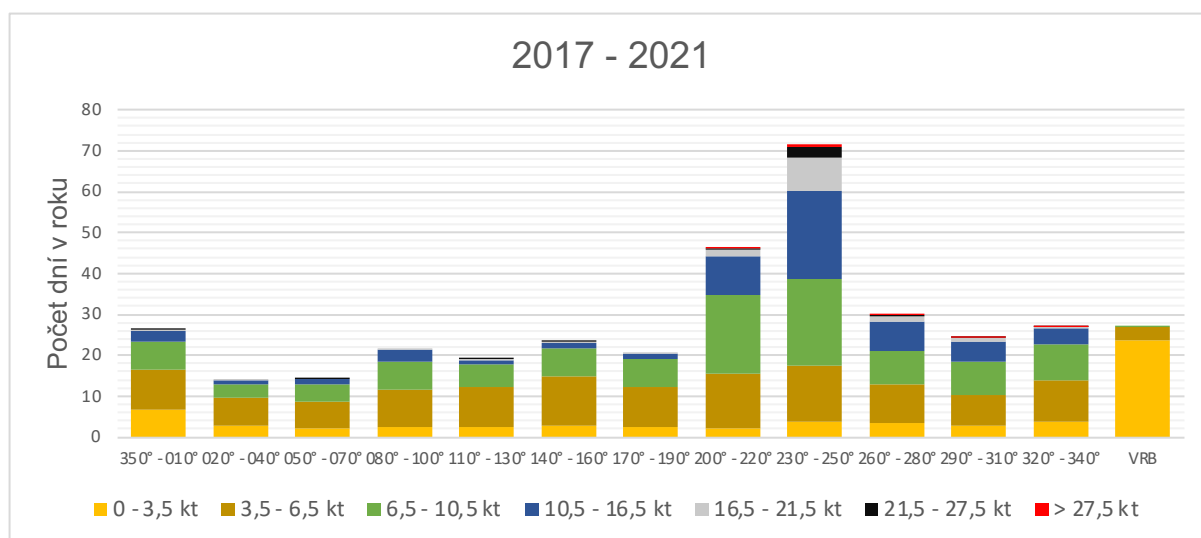




podmienku a potom cez druhú. Ak prešiel cez obe podmienky, mal následne z druhého stĺpca vybrať rovnakým spôsobom rýchlosť vetra v stanovených medziach (napríklad musela ležať v sektore 3,5 – 6,5 kt). Týmto postupom funkcia vrátila iba hodnoty, ktoré sa nachádzajú v definovanom rozsahu (splňajú všetky podmienky).

Následne bola zostavená tabuľka pre všetky roky a tie boli medzi sebou sčítané funkciou *SUM*. Finálnym krokom bolo vytvorenie podielu jednotlivých hodnôt a sumy všetkých správ METAR a ich následné vynásobenie počtom dní v roku. Bolo by vhodné upozorniť, že rok 2020 mal 366 dní, čo môže vnášať istú chybu do výpočtu. Avšak 47 správ z celkových viac ako 87 000 bolo považovaných za zanedbateľné.

Ku grafickému spracovaniu bol použitý stĺpcový graf, kde dĺžka stĺpcov proporcionálne odpovedá počtom dní v roku, v ktorých sa vietor s danými parametrami vyskytol (t.j. kedy fúkal z určitého smeru a s danou rýchlosťou), v priemere za obdobie 2017 - 2021. Graf na obrázku 19 je tak výsledkom analýzy ročného chodu vetra. V porovnaní s grafom na obrázku 18, ktorý naopak zobrazuje frekvenciu (vyjadrená v percentuálnom podiele) existujúceho smeru a rýchlosti (v jednotkách m/s) vetra v špecifikovaných sektoroch za obdobie 2016 - 2020.



Obrázok 19: Počet dní v roku, kedy vietor fúkal v danom smere a danou rýchlosťou na LKPR za obdobie 2017-2021.

Graf jasne naznačuje prevládajúci smer vetra na tomto Letisku. V priemere vietor fúkal zo smeru 230° - 250° viac ako sedemdesiatjeden dní za rok. Ak pripisujeme jednému roku 365 dní, predstavuje to 19,5 % roka. Druhý najpočetnejší sektor je sektor 200° - 220°. V ňom vietor v priemere fúka niečo málo cez štyridsaťšesť dní za rok, čo predstavuje 12,7 % roka. Okrem smeru vetra zo sektoru 260° - 280°, ktorý sa vyskytne približne 30 dní za rok, všetky ostatné sektory smeru nepresahujú viac ako 30 dní za rok. Zaujímavým zistením je i to, že vietor má



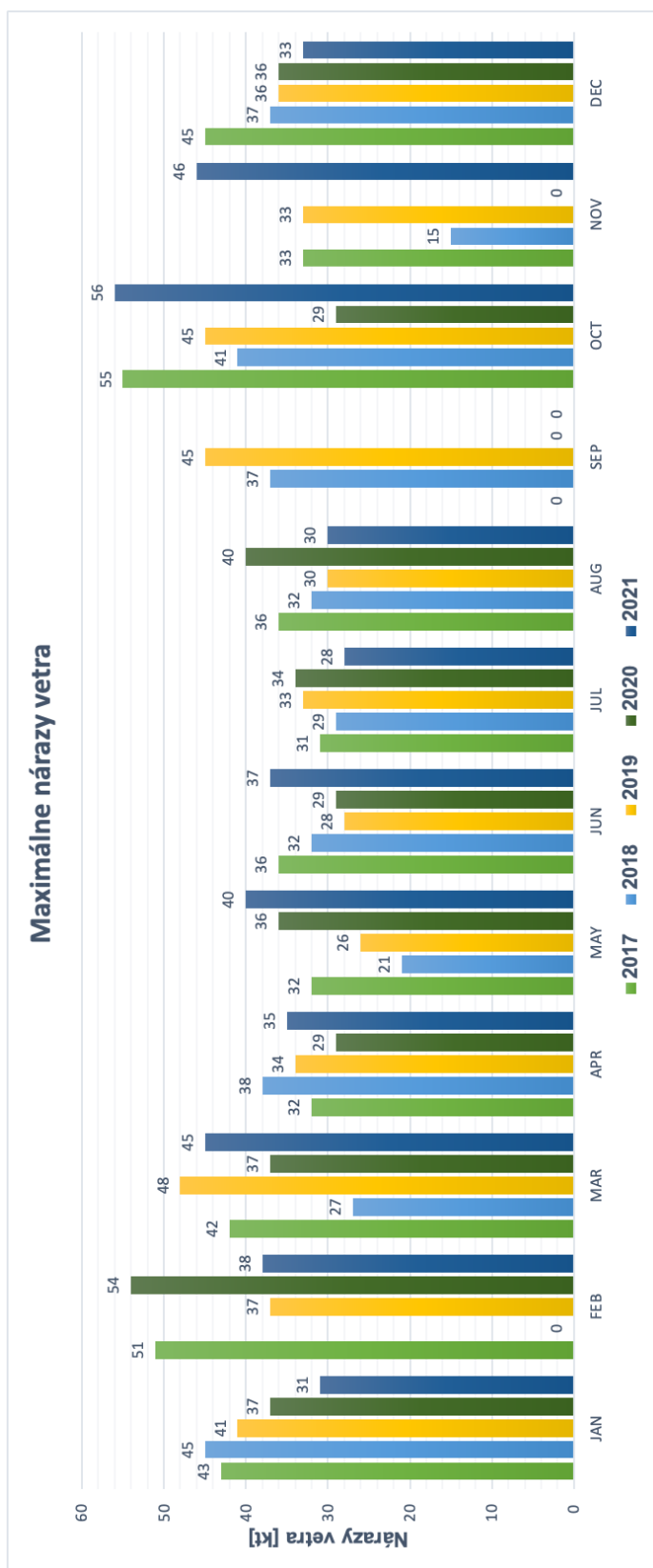
tendenciu dosahovať vyššie rýchlosti zo smerov 200° až 10° (to znamená juhozápadný až severný vietor). Minimálne presiahol rýchlosť 16 uzlov zo smerov 20° až 190° a ani raz nebol zaznamenaný vietor s rýchlosťou vyššou ako 27 uzlov z týchto smerov.

### 6.3 Maximálne hodnoty nárazu vetra

Posledným bodom v analýze vetra bolo stanovenie maximálnych hodnôt nárazu vetra. K tomuto určeniu bola využitá integrovaná funkcia *MAX*, ktorá vyberala zo súboru dát maximálne hodnoty nárazu vetra v jednotlivých mesiacoch za sledované obdobie. Tieto hodnoty sú zobrazené na grafe na obrázku 20.

Ako vyplýva z grafu, rovnako ako bolo vyslovené v predchádzajúcich kapitolách, vietor má ročný chod s minimálnymi priemernými rýchlosťami v letných mesiacoch a maximálnymi v zimnej časti roka. Rovnako i v maximálnych nárazoch vetra je prirodzený pokles v lete. V mesiacoch od mája do augusta nebol zaznamenaný náraz vetra vyšší ako 40 kt v žiadnom roku. Na druhej strane, najvyššie namerané hodnoty v celom skúmanom období boli vo februári a októbri. Jedine v týchto mesiacoch nárazy prekročili 50 kt. Len v jednom zo štyroch prípadov bola hlásená v pravidelnej správe búrka. V ostatných prípadoch nebol hlásený žiadny význačný jav počasia, vynímajúc silný nárazový vietor. Mesiace, v ktorých nebol ani raz v správe METAR hlásený náraz vetra, je označený nulou. Takých mesiacov bolo za sledované obdobie päť, z nich tri v mesiaci september.





Obrázok 20: Ročný chod maximálnych hodnôt nárazov vetra.



## 7 Opakované pristátia na Letisku Václava Havla

Druhou úlohou bolo určiť ročný počet pristátí letov IFR s konkrétnou pristávacou dráhou a zistiť počet opakovaných pristátí (GA) z dôvodu nepriaznivého počasia, so zameraním na vietor. ŘLP ČR má vo svojom predmete podnikania okrem iného i poskytovanie letových prevádzkových služieb na letisku Praha/Ruzyně (viď 4. kapitola). Každé lietadlo, ktoré opakuje pristátie na tomto letisku, ŘLP zaznamená i s konkrétnou príčinou. Vďaka spolupráci s nimi som obdržal dáta o všetkých lietadlách podľa pravidiel IFR, ktoré boli nútené opakovať pristátie v rokoch 2017-2021. Dáta boli importované a ďalej spracovávané v tabuľkovom softvéri Microsoft Excel.

Účelom tejto kapitoly je podať všeobecný prehľad o všetkých príčinách opakovaných pristátí, s konkrétnymi percentuálnymi zastúpeniami v jednotlivých rokoch. Konkrétnejším informáciám o príčinách vetra je venovaná 8. kapitola tejto práce. Roky 2020 a 2021 boli v tejto kapitole vynechané, pretože pohyb lietadiel bol bezprecedentne ovplyvnený rozšírením ochorenia COVID-19, najmä následné zavedenie reštrikcií pre cestovanie a pokles dopytu po letaní. [22] Z toho vyplýva, že porovnanie by nebolo dôveryhodné, pretože dochádzalo k minimálnym stretom lietadiel v priebehu krátkeho časového úseku.

### 7.1 Príčiny opakovaných pristátí

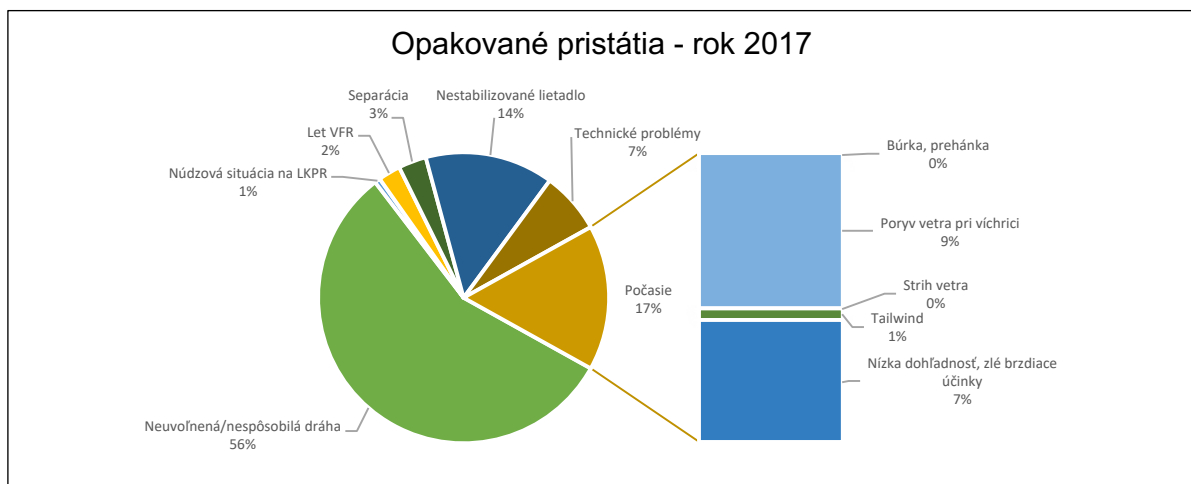
Za skúmané trojročné obdobie, konkrétne rokov 2017-2019, sa v súčte jednalo o viac ako 600 opakovaných pristátí. V rámci tohto porovnania sú pre názornosť doplnené i opakované pristátia letov podľa pravidiel VFR, ktorým sa práca ďalej nezaobrá. Jednotlivé príčiny boli pri spracovaní, v každom roku, rozdelené do 7 kategórií:

- *neuvoľnená/nespôsobilá dráha* – neuvoľnená RWY predchádzajúcim pristávajúcim lietadlom (ARR-ARR) alebo predchádzajúcim odlietajúcim lietadlom (ARR-DEP), ďalej vniknutie na aktívnu RWY bez povolenia od TWR a iné nežiadúce predmety, zvieratá alebo vozidlá na aktívnej RWY,
- *núdzová situácia* – núdzová situácia na letisku,
- *let VFR* – opakované pristátie letu podľa pravidiel VFR,
- *separácia* – zachovanie potrebných rozstupov medzi lietadlami,
- *nestabilizované lietadlo*,
- *technické problémy* – problémy na palube lietadla (napríklad problémy s podvozkom, prístrojmi) a rovnako i problém so spojením,

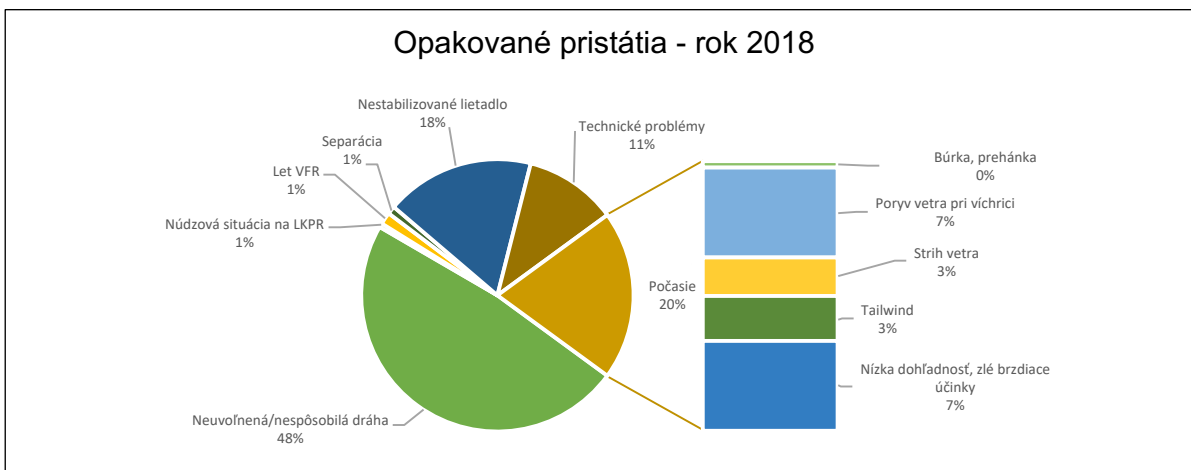


- *počasie* – všetky javy počasia, ktoré boli zaznamenané a zapríčinili opakované pristátie.

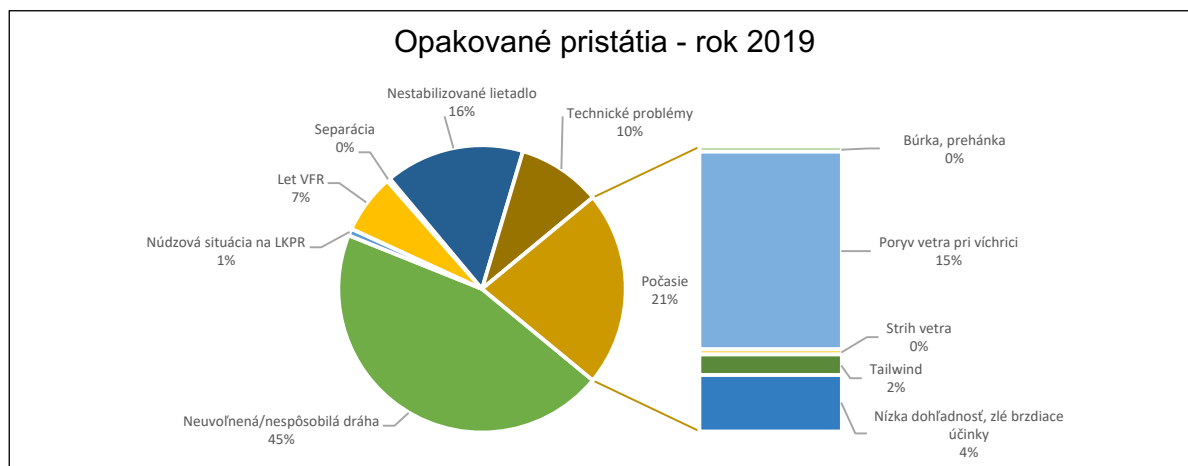
Všetky kategórie boli graficky spracované a nachádzajú sa pre jednotlivé roky v grafoch na obrázku 21, 22 a 23. V prípade, že sa istá príčina v danom roku neobjavila, alebo sa objavila u menej ako 0,5 % prípadov, je uvedená v grafe ako 0 %.



Obrázok 21: Príčiny opakovaných pristátí v roku 2017.



Obrázok 22: Príčiny opakovaných pristátí v roku 2018.



Obrázok 23: Príčiny opakovaných pristátí v roku 2019.

V roku 2017 predstavovali meteorologické javy 17 % z celkových 164 GA. Z nich dominuje poryv vetra, ktorý sa prejavil až u 9 % príčin, čo v rámci počasia predstavuje 54 %. V tomto roku, Letisko zaznamenalo okolo 71 000 IFR príletov. Opakované pristátie tak bolo uskutočnené u 0,23 % prípadov.

V grafe pre rok 2018 je vidieť, že GA spôsobené nestabilizovaným lietadlom v konečnej fáze priblíženia, technickými problémami a rovnako i počasím, bolo výraznejšie zastúpené v porovnaní s predchádzajúcim rokom. Z počasia rovnako dominuje poryv vetra a nízka dohľadnosť. Môžeme pozorovať i miernu zmenu príčin v kategórii počasie. V tomto roku sa vietor prejavil u 65% príčin a to v rôznych formách, či už ako strih vetra, poryv, alebo ako silná zadná zložka. Za rok 2018 letisko eviduje približne 75 000 IFR príletov a GA bolo uskutočnené u 0,29 % z nich.

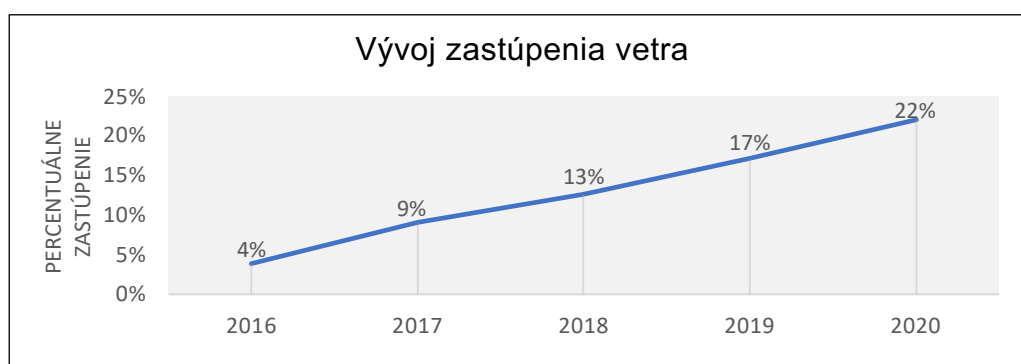
V roku 2019 vplyv počasia naďalej rástol. Poryv vetra predstavoval príčinu u 15% IFR letov uskutočňujúcich GA, v rámci počasia to bolo až 70%. V roku 2019 letisko eviduje okolo 75 000 IFR príletov a u 0,34 % bolo vykonané GA.

Porovnaním jednotlivých rokov je vidieť, že zastúpenie vetra v príčinách GA medziročne stúpal a rovnako stúpal i podiel vykonaných GA pri veľmi miernom náraste počtu pristátí. Výrazný pokles zaznamenala príčina neuvoľnená/nespôsobilá RWY. Ostatné príčiny fluktovali okolo ich stredných hodnôt.



## 7.2 Příčiny opakovaných pristátí vplyvom vetra

Z predchádzajúcej kapitoly je evidentné, že vietor ovplyvňuje pristátia na Letisku Václava Havla a spôsobil niekoľko GA v posledných rokoch. Jeho trend je stúpajúci, čo je ľahko čitateľné i z nasledujúceho grafu päťročného vývoja vetra (obrázok 24). Graf reprezentuje percentuálny podiel vetra (zahŕňa poryv, strih vetra a silnú zadnú zložku vetra pri pristátí) v príčinách opakovaných pristátí v danom roku. Z neho vyplýva, že zatiaľ čo v roku 2016 sa vietor prejavil len u 4 % GA, v roku 2020 bolo takmer každé štvrté opakované pristátie zapríčinené vetrom.



Obrázok 24: Percentuálny podiel vetra vzhľadom ku všetkým príčinám GA v jednotlivých rokoch.

Ďalej bude v práci hlavné zameranie na vplyv vetra v rôznych formách, na pristávajúce lietadlá podľa pravidiel IFR, ako najpočetnejší jav v rámci počasia.



## 8 Analýza opakovaných pristátí vplyvom vetra

Predmetom záujmu tejto bakalárskej práce sú udalosti opakovaných pristátí letov podľa pravidiel IFR, ktoré boli zapríčinené vetrom a udiali sa na Letisku počas rokov 2017-2021. Dôvodom výberu daného obdobia je potrebné množstvo dát k identifikácii parametrov vetra, pri ktorých lietadlá neboli schopné uskutočniť bezpečné pristátie.

### 8.1 Získavanie dat

ŘLP ČR z dôvodu prípadných úprav postupov či infraštruktúry, monitorujú podrobne nezdarené priblíženia IFR letov na Letisku. Na základe žiadosti mi boli poskytnuté dáta nezdarených priblížení lietadiel za roky 2017-2021, kde kľúčovú funkciu predstavoval niektorý z javov počasia. Tieto dáta obsahovali: dátum výskytu udalosti, volací znak lietadla, typ lietadla, čas zahájenia postupu nezdareného priblíženia (v hodinách, minútach a sekundách), príčina, dráha, na ktorú bolo uskutočňované priblíženie a ďalej čas pristátia (v hodinách, minútach a sekundách) spolu s dráhou pristátia. Do výberu boli zaradené príčiny, v ktorých bol primárnym elementom vietor. Konkrétne sa jednalo o udalosti: poryv vetra (G – *gust*), strih vetra (WS – *wind shear*) a silná zadná zložka vetra (TW – *tailwind*).

E-mailovou korešpondenciou s pracovníkom ŘLP mi bolo vysvetlené, na základe čoho rozhodujú o príčine opakovaného pristátia:

*„O vykonaní nezdareného priblíženia z dôvodu počasia rozhoduje pilot. Pokiaľ bol hlásený wind shear predchádzajúcim lietadlom, tak riadiaci odovzdá túto informáciu nasledujúcim letom a piloti sa rozhodnú, či pokračovať v priblížení na RWY. Čo sa týka wind shear a tailwind, tak to takmer vždy oznámi pilot ako príčinu. Pri wind gust to niekedy oznámi pilot, ale dá sa to spoznať podľa trajektórie letu z radarového záznamu, meteo podmienok a prevádzkovej situácie.“*

Podľa času zahájenia nezdareného priblíženia bolo snahou dohľadať aktuálne meteorologické podmienky, ktoré v tom čase prevládali na Letisku. Tie sa autor rozhodol zistiť z príslušných správ METAR/SPECI, ktoré boli v platnosti v danom čase. Správy METAR/SPECI spolu s letiskovými výstrahami AD WRNG boli rovnako sprostredkované ŘLP ČR. Z prijatých dát bola uskutočnená analýza vetra, ako hlavného faktoru ovplyvňujúceho pristátie, v rámci počasia na tomto letisku.



## 8.2 Metodika analýzy

Ďalšia práca s dátami bola uskutočňovaná v softvéri Microsoft Excel, kde boli do stĺpcov importované požadované údaje o type lietadla, príčine opakovaného pristátia a RWY, na ktorú lietadlo uskutočňovalo priblíženie. K nim bolo nutné zo správ METAR/SPECI vybrať potrebné parametre vetra:

- rýchlosť vetra (WSPD),
- nárazy vetra (WGST),
- smer vetra (WDIR),
- premenlivý smer vetra (WVRB) – pokiaľ bol hlásený.

Jednotlivé zložky vetra boli zo správ získané obdobnými funkciami, aké sú popísané i v 6. kapitole tejto práce. Z týchto údajov bolo ďalej vypočítané rozloženie čelnej/zadnej zložky (HW/TW) a bočnej zložky vetra (CW) pri zemi. K zisteniu zložiek vetra bol použitý výpočet predstavený v 1.1.4. kapitole.

Ďalej boli dáta vyhodnocované v programovacom prostredí Matlab, verzii R2021a. S nástrojom Matlab sa autor naučil pracovať počas štúdia na FD ČVUT v predmete 11MSP (Modelovanie systémov a procesov).

## 8.3 Spracovanie dát

V tabuľke na obrázku 25 z MS Excel, sú spracované vybrané informácie o lete s hodnotami vetra získanými zo správ METAR/SPECI a rovnako i vypočítané zložky HW, TW a CW pre jednotlivé lietadlá, ktoré uskutočňovali GA.

V roku 2018 bolo zaznamenaných sedem prípadov GA, pri ktorých bol hlásený premenlivý vietor (v správe METAR značené ako VRB). Znamená to, že nebol hlásený prevládajúci smer vetra, ale iba jeho rýchlosť (viď 2.1 kapitola). Tieto prípady sú v nasledujúcej tabuľke vynechané. Jednalo sa o trikrát hlásený prípad silnej zadnej zložky vetra, rovnako trikrát hlásený strih vetra a jeden náraz vetra.



Typ letadla	Příčina	RWY	WSPD (kt)	WGST (kt)	WDIR (°)	WVRB (°)	HW (kt)	TW (kt)	CW (kt)
B738	G	24	28	39	250	-	27,6	0,0	4,9
E35L	G	24	6	0	280	-	4,6	0,0	3,9
A319	G	24	10	0	330	300V010	0,0	0,0	10,0
DH8D	G	6	15	0	130	-	5,1	0,0	14,1
A319	G	6	9	0	150	-	0,0	0,0	9,0
B739	TW	6	9	0	150	-	0,0	0,0	9,0
A319	G	30	20	30	230	-	6,8	0,0	18,8
A388	G	24	17	0	290	-	10,9	0,0	13,0
DH8D	G	6	3	0	130	100V190	1,0	0,0	2,8
B738	G	24	10	0	260	-	9,4	0,0	3,4
E190	G	24	14	0	270	-	12,1	0,0	7,0
B737	G	24	15	0	250	-	14,8	0,0	2,6
SU95	G	6	12	0	350	330V040	4,1	0,0	11,3
AT45	G	30	24	34	300	-	24,0	0,0	0,0
B738	G	30	29	39	300	-	29,0	0,0	0,0
AT75	G	24	25	39	240	-	25,0	0,0	0,0
B738	G	24	16	0	260	-	15,0	0,0	5,5
A320	TW	6	4	0	320	260V070	0,7	0,7	3,9
A320	G	6	12	0	010	-	7,7	0,0	9,2
AT75	G	6	13	0	080	050V110	12,2	0,0	4,4
E35L	G	24	11	0	300	-	5,5	0,0	9,5
A320	TW	6	10	0	230	-	9,8	9,8	1,7
B38M	TW	6	10	0	230	-	0,0	9,8	1,7
A321	G	6	11	0	50	-	10,8	0,0	1,9
A319	WS	6	13	23	330	280V010	0,0	0,0	13,0
A388	TW	6	5	0	20	320V090	3,8	0,0	3,2
AT75	G	6	10	0	340	320V020	1,7	0,0	9,8
B738	G	24	11	27	230	190V330	10,8	0,0	1,9
B737	WS	24	15	32	40	-	0,0	14,1	5,1
A320	G	6	9	0	350	-	3,1	0,0	8,5
B764	WS	6	5	0	50	-	4,9	0,0	0,9
E195	G	24	10	0	200	-	7,7	0,0	6,4
AT75	G	24	14	0	280	-	10,7	0,0	9,0
A320	G	24	21	0	230	-	20,7	0,0	3,6
DH8D	G	30	28	38	320	-	26,3	0,0	9,6
A320	G	24	11	0	280	-	8,4	0,0	7,1
AT75	G	24	27	38	310	-	9,2	0,0	25,4
A20N	G	24	26	40	300	-	13,0	0,0	22,5
A321	G	30	21	31	310	-	20,7	0,0	3,6
A320	G	24	24	0	240	-	24,0	0,0	0,0
AT75	G	24	13	25	190	-	8,4	0,0	10,0
B738	G	24	13	0	280	-	10,0	0,0	8,4
CRJ9	G	24	24	34	250	-	23,6	0,0	4,2
B738	G	24	23	38	260	-	21,6	0,0	7,9
A321	G	24	25	35	260	-	23,5	0,0	8,6
AT75	G	24	33	48	250	-	32,5	0,0	5,7
C56X	G	24	32	48	260	-	30,1	0,0	10,9
B738	G	24	21	31	250	-	20,7	0,0	3,6
A320	G	24	16	26	290	-	10,3	0,0	12,3
B738	TW	6	10	0	360	-	5,0	0,0	8,7
AT75	G	6	5	0	90	050V140	4,3	0,0	2,5
DH8D	G	6	13	0	350	-	4,4	0,0	12,2
B738	G	6	7	0	100	-	5,4	0,0	4,5
A319	G	6	8	0	140	090V170	1,4	0,0	7,9
AT75	G	24	11	0	310	270V350	3,8	0,0	10,3
A320	G	6	10	0	110	090V150	6,4	0,0	7,7
B738	G	24	9	0	330	-	0,0	0,0	9,0
A321	G	6	8	0	350	-	2,7	0,0	7,5
B738	TW	24	5	0	320	240V010	0,9	0,0	4,9
B738	G	24	17	28	160	-	3,0	0,0	16,7
A320	WS	24	15	0	130	100V160	0,0	5,1	14,1
A320	G	30	5	0	30	300V110	0,0	0,0	5,0
B733	G	24	6	0	350	280V030	0,0	2,1	5,6
AT75	G	30	15	0	330	300V360	13,0	0,0	7,5
A320	TW	24	4	0	340	260V070	0,0	0,7	3,9
A319	TW	24	9	0	20	340V050	0,0	6,9	5,8
A320	G	24	7	0	340	290V030	0,0	1,2	6,9
B738	G	24	7	0	270	240V330	6,1	0,0	3,5
A320	G	24	8	0	130	090V180	0,0	2,7	7,5
B738	G	24	8	0	190	-	5,1	0,0	6,1
A320	G	6	12	0	190	-	0,0	7,7	9,2
A321	G	24	13	0	300	260V340	6,5	0,0	11,3
B738	G	24	10	0	300	-	5,0	0,0	8,7
AT72	G	24	7	0	220	-	6,6	0,0	2,4
E195	G	24	29	39	260	-	27,3	0,0	9,9
B738	G	24	27	37	250	-	26,6	0,0	4,7
A319	G	24	32	43	260	-	30,1	0,0	10,9
B738	G	12	16	0	210	-	0,0	0,0	16,0
A388	G	30	14	0	220	-	2,4	0,0	13,8
DH8D	G	24	5	0	300	250V340	2,5	0,0	4,3
A321	G	24	5	0	170	130V210	1,7	0,0	4,7
F900	G	24	25	37	250	-	24,6	0,0	4,3
A388	G	24	20	30	260	-	18,8	0,0	6,8
B737	G	24	12	0	160	-	2,1	0,0	11,8
AT75	G	24	18	28	270	-	15,6	0,0	9,0
B752	G	24	16	0	250	-	15,8	0,0	2,8
B738	WS	24	32	43	250	-	31,5	0,0	5,6
A320	G	24	32	43	250	-	31,5	0,0	5,6
B738	G	24	23	33	240	-	23,0	0,0	0,0
A332	TW	24	8	0	50	-	0,0	7,9	1,4
DH8D	G	24	3	0	230	170V260	3,0	0,0	0,5
B744	G	24	8	0	340	-	0,0	1,4	7,9
A21N	G	30	9	0	270	-	7,8	0,0	4,5
CL30	G	30	20	31	220	-	3,5	0,0	19,7
B738	G	6	5	0	300	240V360	0,0	2,5	4,3
B737	TW	6	9	0	320	-	0,0	1,6	8,9
E295	G	6	9	0	50	-	8,9	0,0	1,6
BE4W	G	6	6	0	110	-	3,9	0,0	4,6
B738	WS	24	4	56	240	-	4,0	0,0	0,0
C510	G	6	6	0	100	-	4,6	0,0	3,9
BE4W	G	30	15	0	290	-	14,8	0,0	2,6

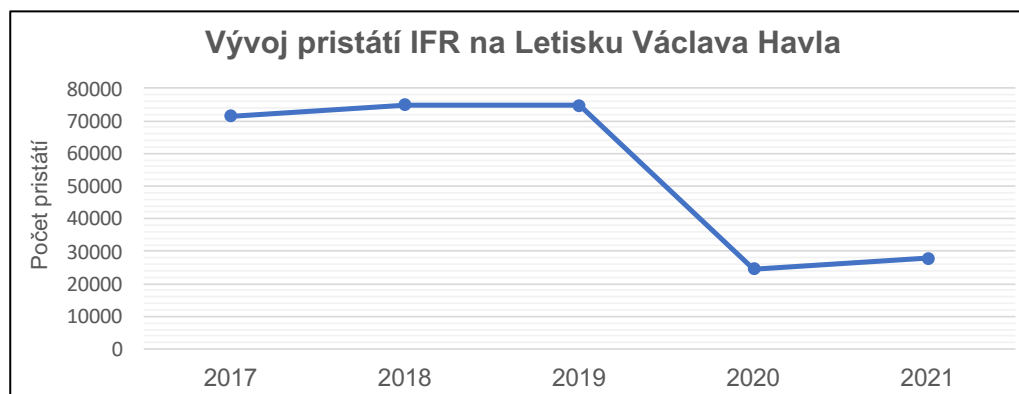
Obrázek 25: Jednotlivé parametry při GA za období 2017-2021.





## 8.4 Porovnanie jednotlivých rokov

Skúmané roky sa líšili počtom uskutočnených IFR pristátí i počtom opakovaných pristátí na Letisku. Ako vyplýva zo 7.2 kapitoly, percentuálny podiel vetra vzhľadom ku všetkým príčinám GA medziročne stúpala. Pre názornosť v grafe na obrázku 26, je zobrazený počet pristátí lietadiel podľa pravidiel IFR za sledované obdobie pre všetky RWY na letisku. Je vidieť výrazný pokles pohybu v rokoch 2020 a 2021, čo bolo spôsobené najmä opatreniami súvisiacimi s ochorením COVID-19.

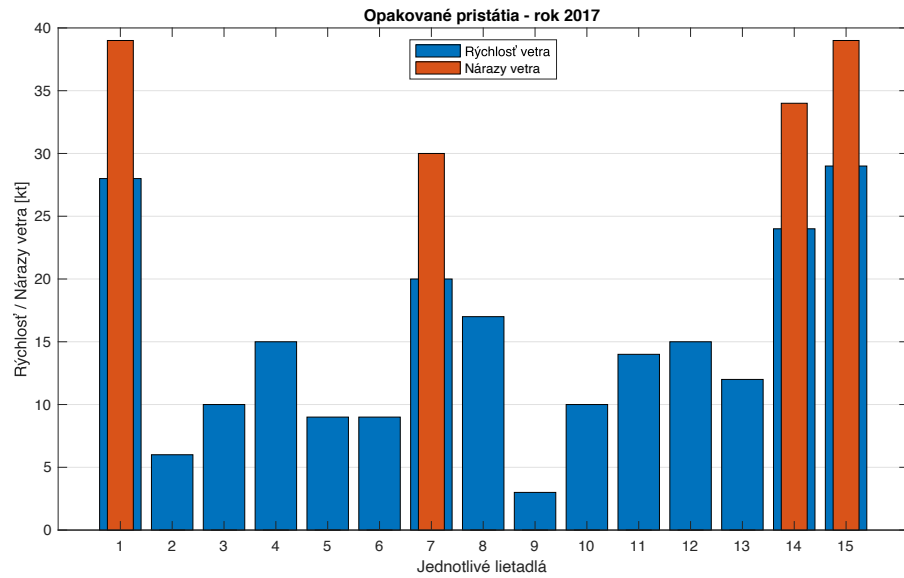


Obrázok 26: Vývoj počtu pristátí IFR za sledované obdobie.

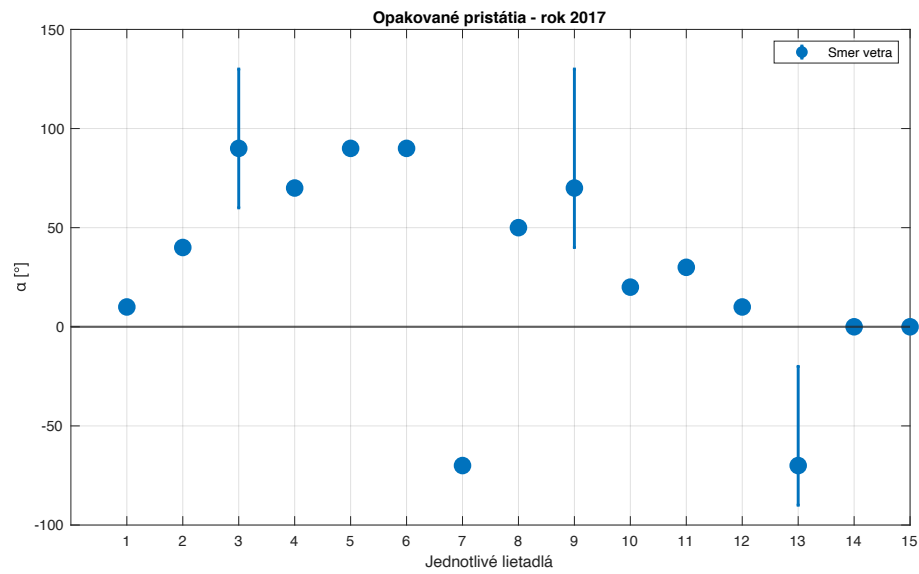
V tejto časti práce sa nachádzajú grafy rýchlostí, nárazov a smerov vetra, pre každý prípad GA, za stanovené obdobie. Vychádzajú z dát prezentovaných na obrázku 25. V grafoch na obrázkoch 27, 29, 31, 33 a 35 je zobrazená rýchlosť a náraz vetra (pokiaľ bol hlásený). Obrázky 28, 30, 32, 34 a 36 zobrazujú grafy s uhlom ( $\alpha$ ) prevládajúceho smeru vetra vzhľadom k ose RWY a jeho premenlivosť (ak bola hlásená). Tieto grafy spolu súvisia a preto platí, že jeden prípad je v rámci daného roka označený rovnakým číslom (napr. číslo lietadla 1 na obrázku 27 a obrázku 28 predstavuje tú istú udalosť).

Za sledované obdobie evidujeme 9 prípadov, kedy bolo lietadlo nútené opakovať pristátie z dôvodu hláseného strihu vetra (WS). Tieto prípady sú v tomto rozbere vynechané, práve z dôvodu veľkej zmeny smeru vetra spojenej s týmto javom a rozbor je vypracovaný samostatne v 9.3 kapitole.

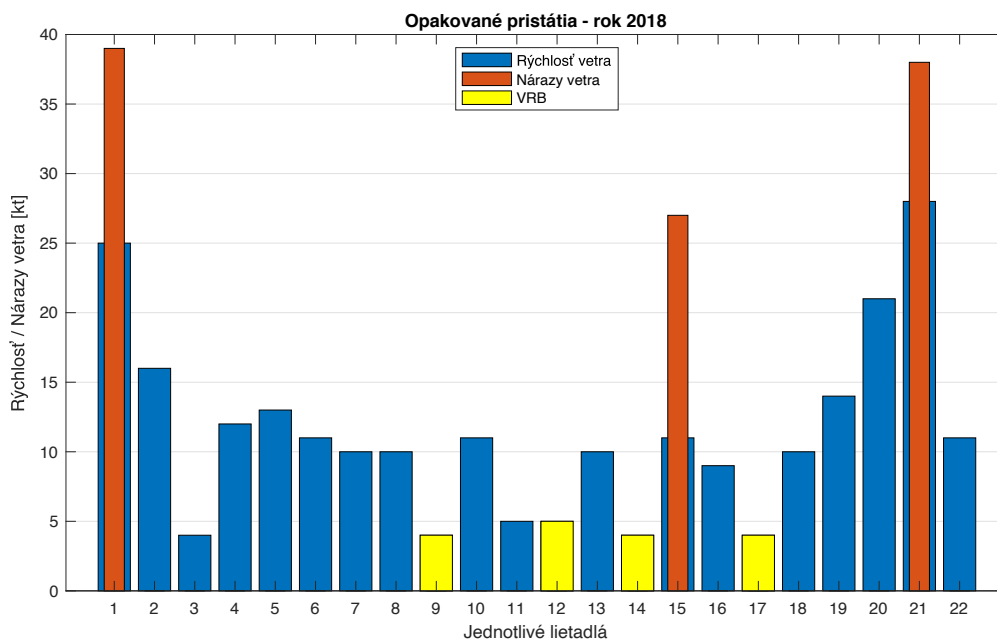
Ako bolo spomenuté, za rok 2018 bolo zaznamenaných sedem prípadov, kedy bol hlásený premenlivý vietor (z nich sú tri prípady WS vynechané v tejto kapitole). V grafe sú tieto prípady uvedené pre úplnosť a sú vyznačené žltým podfarbením (VRB). V tomto prípade sa jedná o tri GA vplyvom silnej zadnej zložky (TW) a jedno vplyvom nárazu vetra (G).



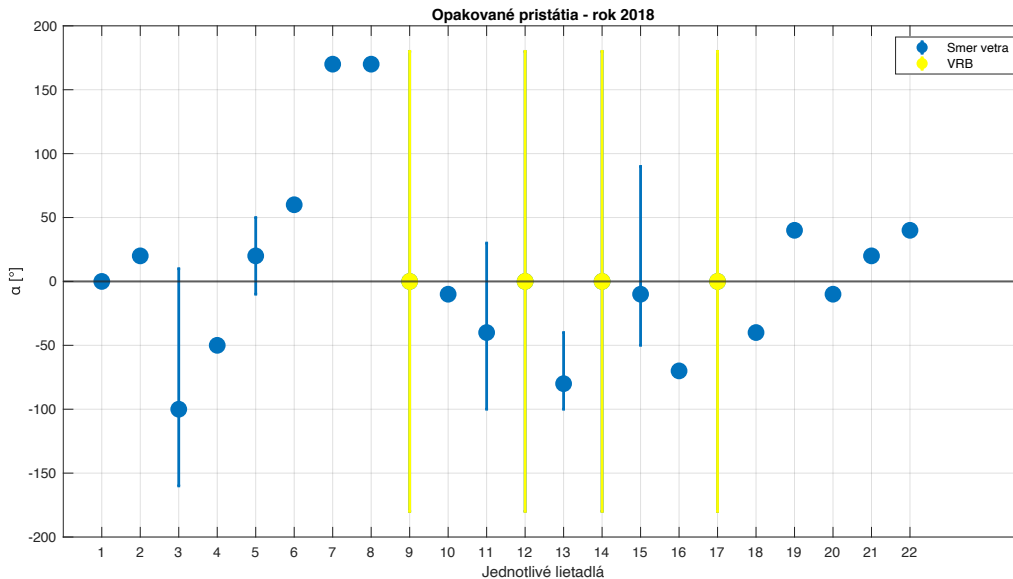
Obrázok 27: Rýchlosť a nárazy vetra pri jednotlivých GA za rok 2017.



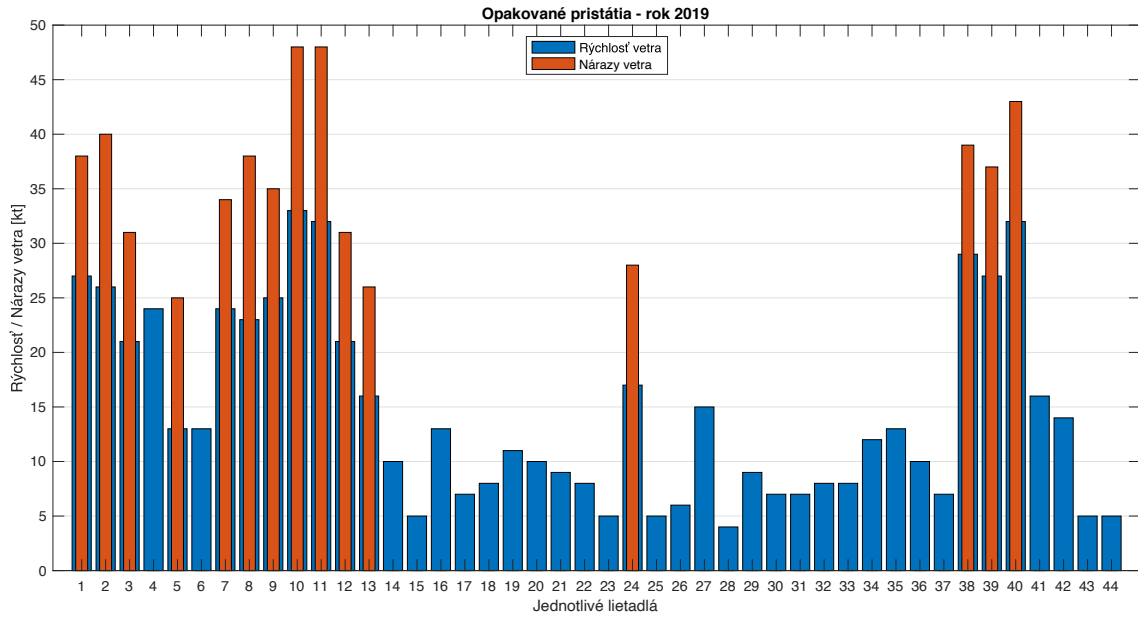
Obrázok 28: Smer a premenlivosť vetra pri jednotlivých GA za rok 2017.



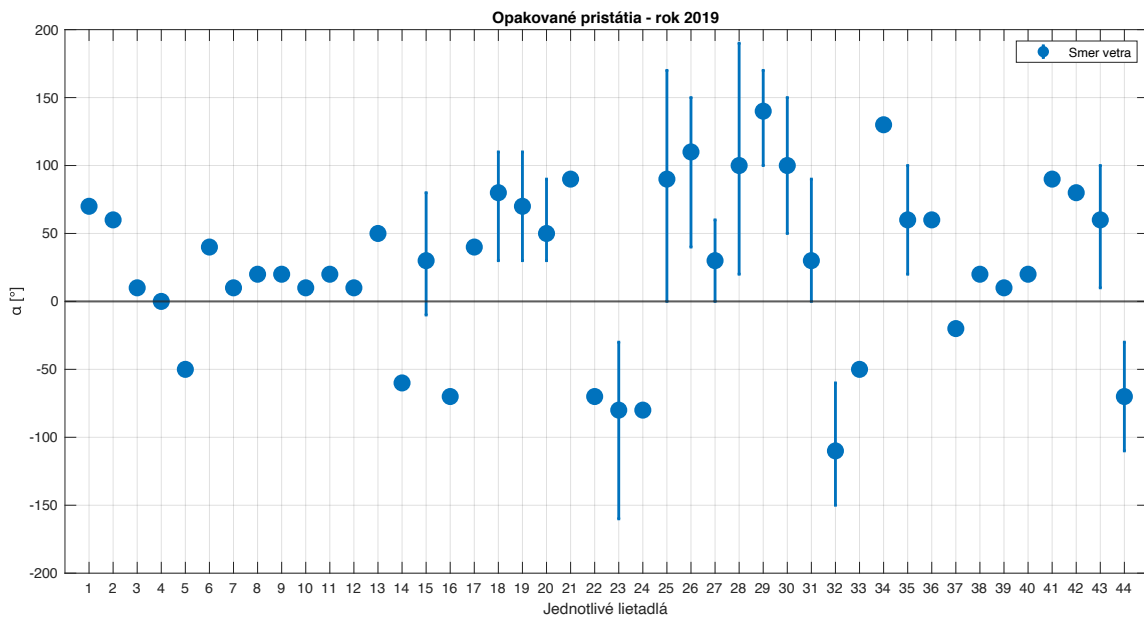
Obrázok 29: Rýchlosť a nárazy vetra pri jednotlivých GA za rok 2018.



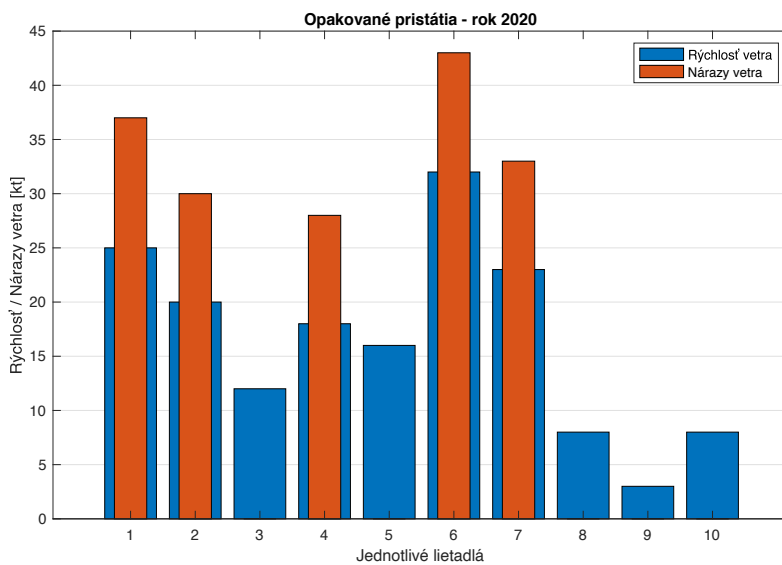
Obrázok 30: Smer a premenlivosť vetra pri jednotlivých GA za rok 2018.



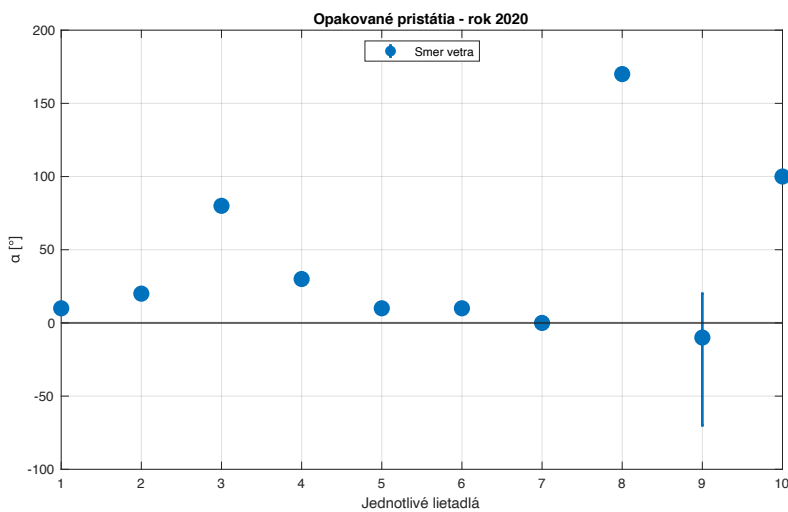
Obrázok 32: Rýchlosť a nárazy vetra pri jednotlivých GA za rok 2019.



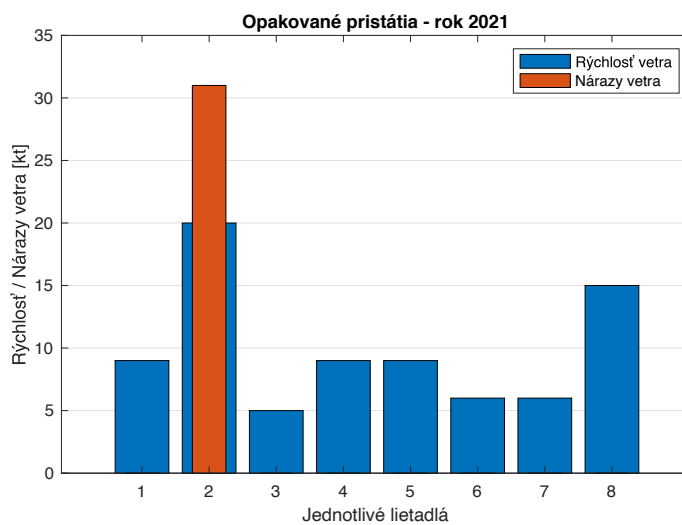
Obrázok 31: Smer a premenlivosť vetra pri jednotlivých GA za rok 2019.



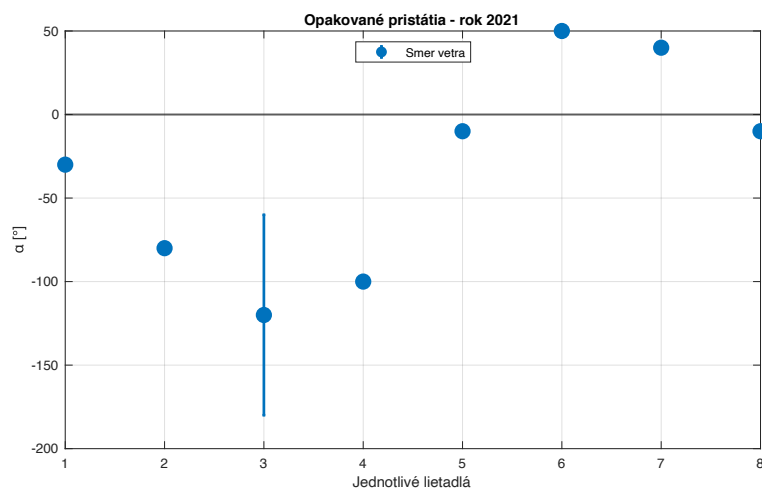
Obrázok 33: Rýchlosť a nárazy vetra pri jednotlivých GA za rok 2020.



Obrázok 34: Smer a premenlivosť vetra pri jednotlivých GA za rok 2020.



Obrázok 35: Rýchlosť a nárazy vetra pri jednotlivých GA za rok 2021.



Obrázok 36: Smer a premenlivosť vetra pri jednotlivých GA za rok 2021.

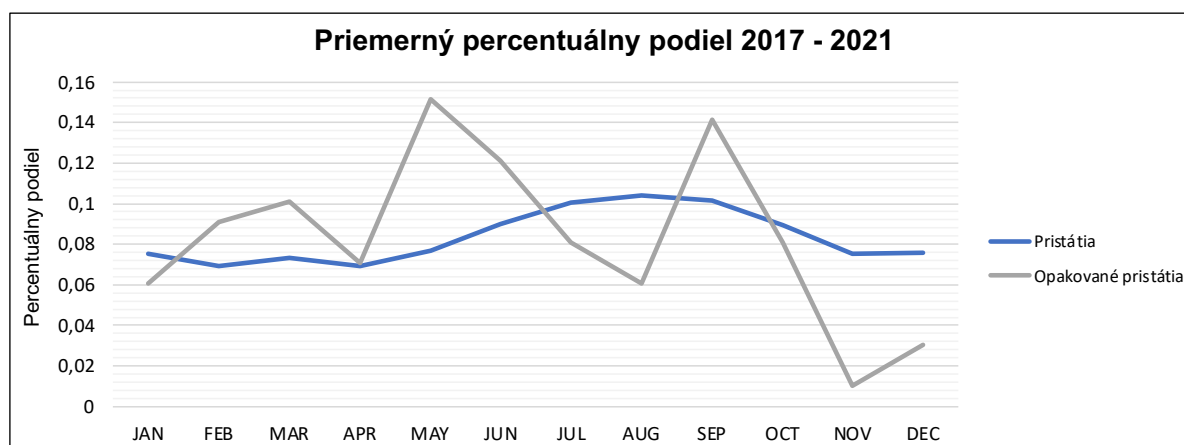


## 8.5 Vplyv opatrení v súvislosti s ochorením COVID-19

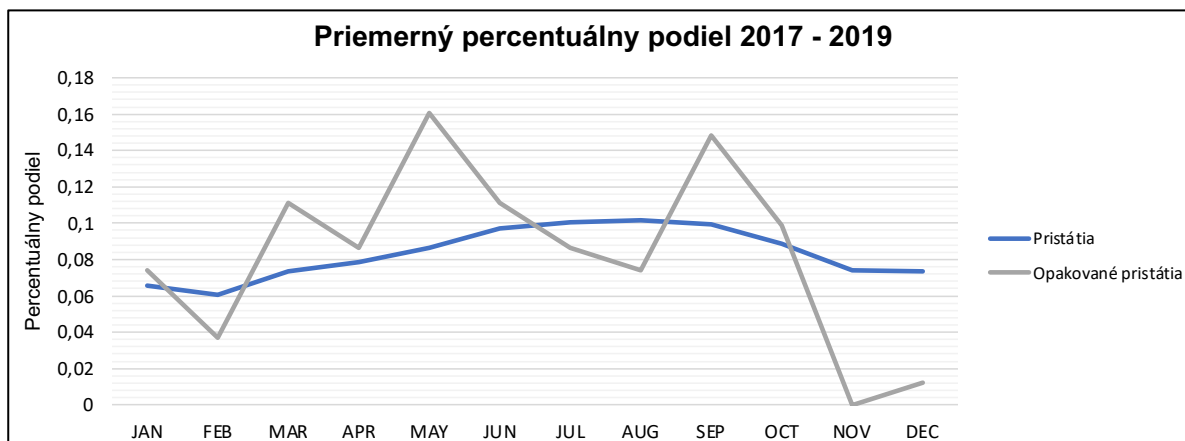
Päťročné obdobie, na ktoré je zameraná táto práca, bolo výrazne ovplyvnené opatreniami a znížením dopytom po leteckej doprave súvisiacim s celosvetovým rozšírením ochorenia COVID-19. Zatiaľ čo v prvých dvoch mesiacoch roka 2020 sa počet pristátí lietadiel podľa pravidiel IFR zvýšil v porovnaní s predchádzajúcimi rokmi, v mesiaci marec bol počet pristátí o 48 % menší, ako v predchádzajúcom roku. Naďalej klesal a v mesiacoch apríl a máj letisko zaznamenalo menej ako 500 pristátí, čo predstavuje len 7 % z počtu pristátí v týchto mesiacoch v predchádzajúcom roku. V letných mesiacoch sa pohyby lietadiel mierne zvýšili, ale nepresiahli v žiadnom mesiaci 30 % pohybu z predchádzajúceho roku 2019. V roku 2021 sa pohyby lietadiel začali mierne zvyšovať, čo je vidieť i v grafe na obrázku 26. Napriek tomu bol celkový počet pristátí na letisku Praha/Ruzyně v roku 2021 len približne 37% v porovnaní s rokmi 2017-2019.

Dôvodom menšieho pohybu lietadiel je i zníženie zaznamenaným opakovaných pristátí (vidieť na obrázkoch 33-36). To predstavovalo veľkú limitáciu pre túto prácu.

Autor sa rozhodol vplyv reštrikcií demonštrovať na priemernom percentuálnom podiele pristátí IFR lietadiel a rovnako i GA vplyvom vetra za jednotlivé mesiace za celé sledované obdobie (graf na obrázku 37) a jeho porovnanie s obdobím pred zavedením obmedzujúcich pravidiel (graf na obrázku 38).



Obrázok 37: Priemerný percentuálny podiel IFR prístátí a GA vplyvom vetra v jednotlivých mesiacoch za obdobie 2017-2021.



Obrázok 38: Priemerný percentuálny podiel IFR prístátí a GA v jednotlivých mesiacoch za obdobie 2017-2019.

Z oboch grafov vyplýva, že opakované prístátia vplyvom vetra nie sú závislé od počtu pohybov lietadiel, ale jeho podobný priebeh v oboch grafoch naznačuje časti roka, kedy sa najviac prejavujú. Jasne vyplýva, že najviac lietadiel opakuje prístátie kvôli vetru v mesiacoch máj, september a mierne zvýšenie je i v mesiaci marec. Z pohľadu počtu prístátí sa v stabilnejšom priebehu prejavil menší pohyb lietadiel začiatkom rokov 2020 a 2021, s prudším nárastom od mája s vrcholom v auguste.





## 8.6 Metody hodnotenia dát

Dáta z jednotlivých udalostí spolu s aktuálnymi poveternostnými hodnotami boli k dispozícii v softvéri MS Excel. Pre ďalšie hodnotenie dát boli opakované pristátia rozdelené do troch kategórií podľa ich príčin – náraz, strih a silná zadná zložka vetra.

Pre analýzu príčiny nárazu vetra boli dáta rozdelené do kategórií (sektorov) s rozsahom 30° na základe uhla smeru vetra voči osy RWY. Následne boli zisťované v rámci týchto sektorov základné štatistické charakteristiky zložiek HW, TW, CW a rýchlosti s nárazmi vetra. Keďže počet dát nedovoľoval skúmať jednotlivé RWY samostatne, je pracované so všetkými RWY súčasne. Pre charakteristiku stredná hodnota bola v softvéri Excel použitá funkcia *AVERAGEIF*, ktorá vypočítala priemernú hodnotu (aritmetický priemer) argumentov. Smerodajná odchýlka ( $s$ ) ukazuje, do akej miery sú jednotlivé zaznamenané hodnoty okolo strednej hodnoty (aké je ich sústredenie okolo priemeru). Čím je smerodajná odchýlka menšia, tým bližšie sú zaznamenané hodnoty okolo strednej hodnoty. Znamená to, že lietadlá opakovali pristátie približne s rovnakými rýchlosťami vetra. Na jej zistenie bola použitá funkcia *STDEV.S*. Do argumentov oboch funkcií boli zadané rozsahy, ktoré reprezentovali hodnoty smerov vetra z rovnakého sektoru. K ďalšiemu vyhodnoteniu rozdielov medzi jednotlivými sektormi boli zobrazené premenné v krabicových grafoch (boxplot).

Pre analýzu silnej zadnej zložky vetra a rovnako pre strih vetra neboli dáta vyhodnocované samostatne pre jednotlivé sektory z dôvodu malej vzorky dát. Pri strihu vetra bolo sledované, ako sa parametre vetra menia s časom v správach METAR/SPECI a či bola zakomponovaná informácia o strihu vetra.

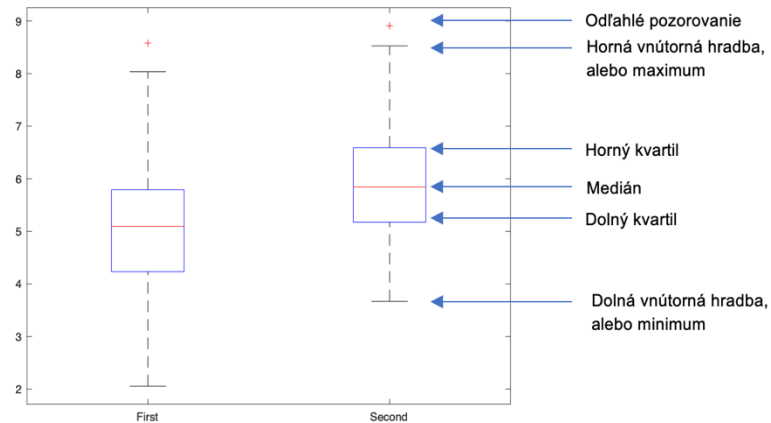
### 8.6.1 Krabicový diagram (boxplot)

K výpočtu krabicového grafu bol použitý program Matlab. Pre vstup slúžili dáta transformované do textového súboru.

Krubicový graf je grafické zobrazenie rozloženia dát na základe piatich, prípadne šiestich charakteristík (obrázok 39). Druhý kvartil (medián) je zvýraznený vodorovnou čiarou uprostred. Prvý kvartil (dolný – 25 %) a tretí (horný – 75 %) kvartil tvoria okraj obdĺžnika – krabice. Dolný kvartil tvorí spodný okraj a horný kvartil horný okraj krabice. Z krabice môžu viesť zvislé úsečky – fúzy. Tieto zvislé čiary označujú variabilitu s rozsahom mimo horný a dolný kvartil. Dolná vnútorná hradba – dolný fúz, je tvorená 1,5-násobkom kvartilového rozpätia (výška krabice).



Obdobne je to i s hornou vnútornou hradbou – horný fúz. Fúzy zobrazujú všetky hodnoty, ktoré nie sú medzi kvartilmi a sú od nich vzdialené najviac o 1,5-násobok. Znamená to, že pokiaľ sú maximálne a minimálne hodnoty nižšie než daný 1,5-násobok, fúzy sú tvorené maximom, resp. minimom. Akýkoľvek bod mimo tieto úsečky je odľahlé pozorovanie a znázorňuje sa s jeho hodnotou a znamienkom plus.



Obrázok 39: Popis krabicového diagramu.



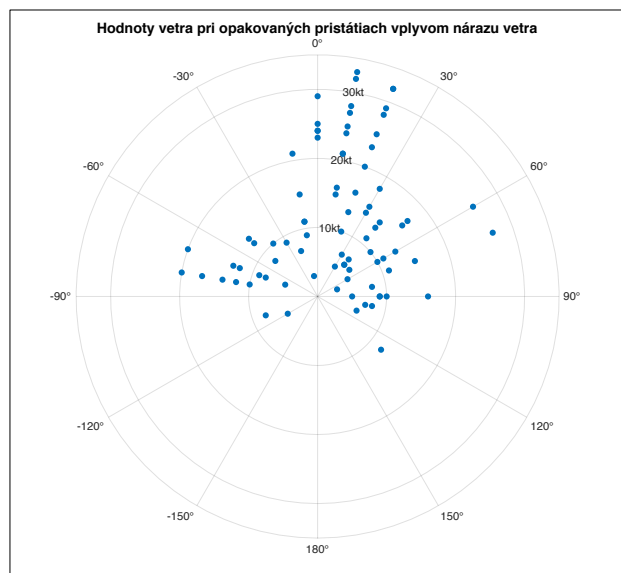
## 9 Výsledky

Príčiny GA vplyvom vetra, ktoré boli skúmané v tejto práci, boli spracované v aplikácii MATLAB, ktorej oficiálne licencie mi boli poskytnuté Univerzitou. V tejto kapitole sa nachádza prezentácia výsledkov všetkých spomenutých dát pre tri príčiny, v ktorých kľúčovú úlohu predstavuje vietor.

### 9.1 Nárazy vetra

Táto príčina zahŕňa 80 lietadiel kategórie *medium* (viď 1.2 kapitola), čo predstavuje 94%. Lietadlá kategórie *heavy* boli zaznamenané štyri a kategórie *light* len jedno.

V grafe na obrázku 40 sú zobrazené všetky zaznamenané hodnoty vetra pri jednotlivých GA. Pre znázornenie bol použitý polárny graf, v ktorom polárnu súradnicu dĺžka ( $\rho$ ) predstavuje rýchlosť vetra v uzloch, a uhol ( $\alpha$ ) odpovedá uhlu medzi osou RWY a prevládajúcim smerom vetra v stupňoch. Uhol nula stupňov tak predstavuje smer RWY (čisto čelná zložka vetra). Dáta boli spracované spoločne pre všetky štyri dráhy.



Obrázok 40: Parametre vetra vzhľadom k smeru RWY pri zaznamenaných GA vplyvom vetra.

V tabuľke 3 sa nachádzajú charakteristiky priemernej hodnoty a smerodajnej odchýlky ( $s$ ) pre rýchlosť a nárazy vetra. V každom sektore je zobrazené, koľko lietadiel opakovalo pristátie s vetrom z daného smeru (v tabuľke počet udalostí) a podiel prípadov, pri ktorých bol hlásený premenlivý vietor. Z hľadiska tejto príčiny je zaznamenaná jedna udalosť GA, pri ktorej bol



hlášený premenlivý vietor (VRB) s rýchlosťou 4 kt bez nárazov. Percentuálny podiel predstavuje podiel GA v danom sektore a celkový počet udalostí.

Tabuľka 3: Charakteristiky rýchlosti a nárazov vetra udalostí v jednotlivých sektoroch.

Sektor	Počet udalostí	Percentuálny podiel	Hlášený premenlivý vietor	Rýchlosť vetra		Nárazy vetra	
				priemer	s	priemer	s
0° - 29°	25	0,30	4%	23,8	6,2	28,6	17,0
30° - 59°	15	0,18	27%	11,0	4,6	3,6	9,5
60° - 89°	10	0,12	50%	12,9	8,0	7,8	16,5
90° - 119°	8	0,10	50%	8,8	3,4	0	0
120° - 149°	1	0,01	-	12,0	-	0	-
150° - 179°	0	-	-	-	-	-	-
180° - 209°	0	-	-	-	-	-	-
210° - 239°	0	-	-	-	-	-	-
240° - 269°	7	0,08	43%	12,3	5,2	8,4	14,4
270° - 299°	6	0,07	33%	11,2	5,2	5,0	12,2
300° - 329°	4	0,05	0%	10,8	2,2	6,3	12,5
330° - 359°	8	0,10	25%	10,8	5,4	3,4	9,5
<b>VRB</b>	1	0,01	-	4,0	-	0	-

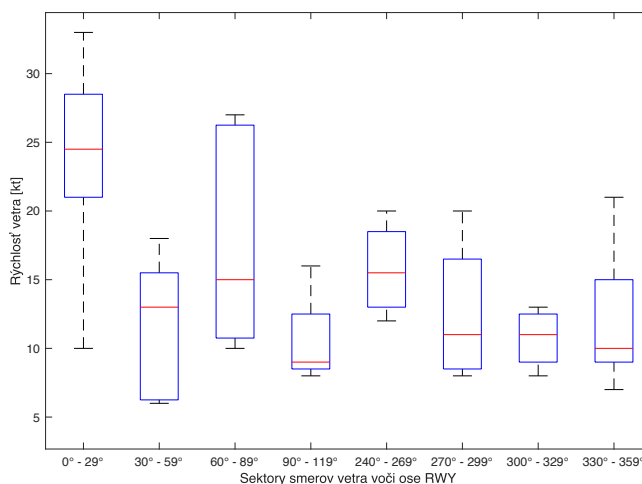
V tabuľke 4 sú k týmto hodnotám dopočítané charakteristiky *priemerná hodnota a smerodajná odchýlka* (s) pre HW/TW a CW. V ľavej časti tabuľky pre rýchlosť vetra a v pravej časti pre nárazy vetra.

Tabuľka 4: Charakteristiky čelnej/zadnej a bočnej zložky vetra udalostí v jednotlivých sektoroch.

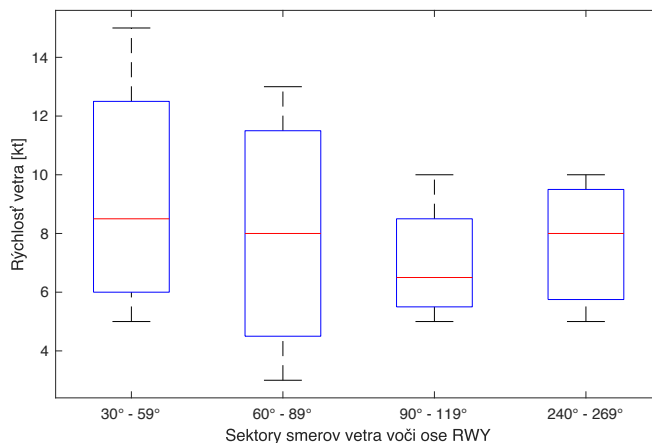
Sektor	Rýchlosť vetra				Nárazy vetra			
	HW/TW priemer	HW/TW s	CW priemer	CW s	HW/TW priemer	HW/TW s	CW priemer	CW s
0° - 29°	23,1	6,1	4,8	3,4	27,8	16,5	1,4	1,3
30° - 59°	8,4	3,7	6,9	3,1	2,7	7,3	4,5	2,5
60° - 89°	5,3	3,7	11,7	7,3	3,3	7,1	10,6	6,6
90° - 119°	0,6	0,8	8,7	3,4	0	0	8,6	3,5
120° - 149°	7,7	-	9,2	-	0	-	7,0	-
150° - 179°	-	-	-	-	-	-	-	-
180° - 209°	-	-	-	-	-	-	-	-
210° - 239°	-	-	-	-	-	-	-	-
240° - 269°	0,7	1,3	12,0	5,3	0	0	11,7	5,4
270° - 299°	3,8	1,8	10,5	4,9	1,7	4,2	9,9	1,4
300° - 329°	7,2	1,4	7,9	1,9	4,0	8,0	5,9	1,7
330° - 359°	10,4	5,4	2,4	1,2	3,3	9,4	0,6	0,7



Okrem štatistických charakteristík boli vytvorené i krabicové grafy, ktoré porovnávajú rozdelenie hodnôt vetra v rámci daného sektoru. Graf na obrázku 41 zobrazuje hodnoty vetra v sektore, kde boli zaznamenané aspoň tri GA a pri ktorých nebol hlásený premenlivý vietor. Graf na obrázku 42 zobrazuje rozdelenie hodnôt vetra v sektoroch, v ktorých boli zaznamenané aspoň tri GA s hláseným premenlivým vetrom.



Obrázok 41: Krabicový diagram rozdelenia hodnôt vetra s nehláseným premenlivým vetrom.



Obrázok 42: Krabicový diagram rozdelenia hodnôt vetra s hláseným premenlivým vetrom.

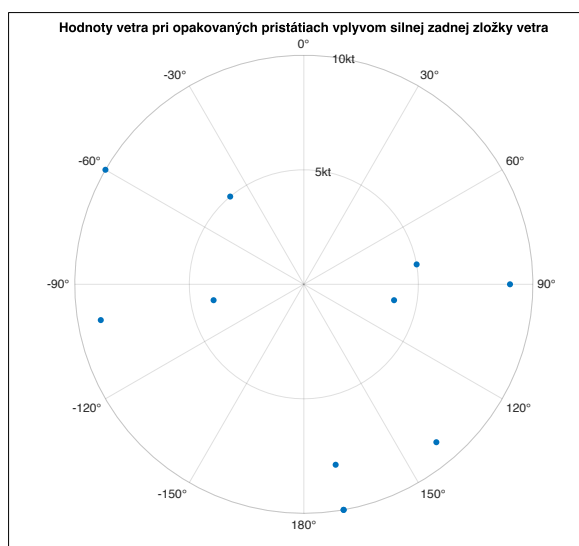


## 9.2 Silná zadná zložka vetra

V tomto prípade boli všetky udalosti zaznamenané len na RWY 06/24. Udalosti zahŕňajú deväť lietadiel hmotnostnej kategórie *medium* a dve lietadlá kategórie *heavy*.

Polárny graf bol použitý i v tomto prípade. Jeho polárne súradnice sú znova rýchlosť vetra v uzloch ( $\rho$ ) a uhol v stupňoch ( $\alpha$ ), ktorý zvierajú prevládajúci smer vetra s osou RWY. Graf na obrázku 43 znázorňuje 11 hodnôt vetra, pri ktorých došlo ku GA a vyhodnotená príčina bola silná zadná zložka vetra.

Ako je vidieť v grafe, tri udalosti boli bez zadnej zložky vetra. U dvoch bol však hlásený premenlivý vietor, ktorý mohol prispieť k zadnej zložke. Pri treťom prípade nebolo dohľadané, akým spôsobom mohla zadná zložka vetra zapríčiniť opakovanie pristátia.



Obrázok 43: Parametre vetra vzhľadom k smeru RWY pri zaznamenaných GA vplyvom silnej zadnej zložky vetra.

Priemerná rýchlosť vetra vychádzajúca z hlásených parametrov bola 7,6 kt so smerodajnou odchýlkou 2,5. Priemerná zadná zložka u týchto udalostí je 3,4 kt so smerodajnou odchýlkou 4,24 a priemerná bočná zložka je 4,84 kt so smerodajnou odchýlkou 2,91. U žiadnej udalosti nebol hlásený náraz vetra.

Okrem udalostí prezentovaných na obrázku 43 boli zaznamenané tri GA, pri ktorých bol hlásený premenlivý vietor (VRB). Dve lietadlá kategórie *heavy* mali hlásený vietor s rýchlosťou 4 kt a 5 kt a jedno lietadlo kategórie *medium* s rýchlosťou 4 kt.



Z dôvodu nízkeho počtu udalostí v rámci tejto príčiny, by bolo vytvorenie tabuľky a hlbšia charakteristika bezvýznamná. Treba však zdôrazniť, že premenlivý vietor bol hlásený u 46% týchto udalostí a priemerná zmena smeru vetra bola o  $134^\circ$  so smerodajnou odchýlkou 41.

### 9.3 Strih vetra

Strih vetra zapríčinil GA u deviatich lietadiel, z ktorých len jedno bolo kategórie *heavy* a ostatné patrili do kategórie *medium*. Hmotnostná kategória *medium* tak tvorila 88,9%.

Ani u jednej udalosti nebol hlásený strih vetra v správe METAR/SPECI. U štyroch udalosti bola vydaná výstraha pre letisko AD WRNG na pozorovanú búrku bez zmien (TS OBS NC, z angl. *Thunderstorm Observed With No Change*). Pri jednej udalosti bola vydaná AD WRNG na očakávanú búrku bez zmien (TS FCST NC, z angl. *Thunderstorm Forecasted With No Change*). V prípade dvoch udalostí boli vydané AD WRNG na silný prízemný vietor s maximami 40 kt a 55 kt a v správe METAR bol hlásený nárazový vietor s hodnotami 43 a 56 kt. V posledných dvoch udalostiach nebol dohľadaný žiaden význačný jav počasia, ktorý by mohol byť spojený so strihom vetra. U jednej z nich bol hlásený premenlivý vietor (VRB) s rýchlosťou 7 kt, ktorý charakterizuje, že zmena smeru vetra bola viac ako  $180^\circ$ .

Pri 55,6 % udalostí boli vydané mimoriadne správy SPECI na búrku s dažďom a pri jednej ďalšej bola búrka hlásená v pravidelnej správe METAR. Zároveň autor pri spracovaní tejto práce nedisponoval žiadnym archívom hlásení posádok.



## 10 Diskusia výsledkov

K štatistickej analýze boli použité všetky zaznamenané GA lietadiel IFR za sledované obdobie. Počas rešerše súčasného stavu nebola dohľadaná žiadna podobná analýza danej problematiky. Aj z dôvodu menšej vzorky dát, s ktorou bolo disponované, v spolupráci s Ústavom aplikovanej matematiky bolo dospeť k rozhodnutiu analyzovať jednotlivé príčiny samostatne a v nich sledovať vybrané parametre. V rámci štúdií bolo snahou zistiť, či existuje nejaký trend v parametroch vetra a či bolo možné určitým GA predísť. V tejto kapitole sa nachádza krátke vyhodnotenie výsledkov.

Z pohľadu nárazov vetra bol letiskový limit 5 kt na zadný vietor prekročený jedenkrát a limit na bočný vietor 15 kt šesťkrát. Pri rozdelení na sektory bolo jednoznačne najviac GA pri vetre zo smeru 0° až 59° doprava od osy RWY. Ďalej bolo pozorované, že priemerná rýchlosť vetra a ani nárazy vetra neklesajú so zväčšujúcim sa uhlom voči smeru RWY, ako bolo predpokladané. Na druhej strane je možné pozorovať, že v sektoroch s vysokou bočnou a takmer nulovou prednou zložkou bol hlásený premenlivý vietor u 30 % - 50 % prípadov. Z tohto dôvodu by bolo vhodné prihliadať i na premenlivosť vetra pri stanovovaní aktívnej RWY. V sektoroch s dostatočným počtom dát bolo možné zostaviť krabicové diagramy. V sektore 0° - 29° je veľký rozdiel medzi hornou a spodnou hradbou a horným a spodným kvartilom. Medián je približne na hodnote 25 kt. V ostatných sektoroch sa medián drží okolo hodnoty 12-15 kt. V diagramoch s hláseným premenlivým vetrom je rozloženie značne menšie a medián indikuje hodnotu 6-8 kt vo všetkých sledovaných sektoroch.

Pri príčine *tailwind* bola zadná zložka vetra stanovená letiskom v hodnote 5 kt prekročená u štyroch prípadov, t.j. u 36,4 %. U troch ďalších bola hlásená zmena smeru vetra o viac ako 180°. Bočná zložka nebola prekročená ani raz. U 57,1 % prípadov bol hlásený premenlivý vietor. U zvyšných prípadov došlo podľa mienky autora k chybnému zaznamenaní príčiny, pretože nebola dohľadaná žiadna spojitosť so zadnou zložkou vetra.

Príčinu strih vetra je v tomto prípade obtiažne vyhodnotiť, pretože neboli k dispozícii informácie, či pilot v konečnej fáze priblíženia mal indikáciu o WS z palubných prístrojov, alebo nie. V prípade hlásenia WS je pilot povinný uskutočniť bezpečnostný manéver k úniku z WS. U 55,6 % prípadov bola vydaná letisková výstraha na búrku a u 22,2 % na silný vietor. Zvyšné prípady neboli pri analýze z dostupných zdrojov žiadnym spôsobom spojené so strihom vetra.





## Záver

Táto práca mala v prvej časti predstaviť prehľad meteorologických javov, ktoré najviac ovplyvňujú priblíženie a pristátie na Letisku Praha/Ruzyně a rôzne druhy meteorologických správ, ktoré informujú pilotov o aktuálnom prízemnom vetre a význačných javoch. Ďalej bolo predstavené Letisko Václava Havla, prehľad pristátí na jednotlivých RWY za rok a zdroje informácií o vetre. Praktická časť sa venovala v prvej časti rozboru ročného chodu vetra, koľko dní v priemere v roku vietor fúka s danými hodnotami a ktorý smer dráhy je najoptimálnejší. V druhej časti bola uskutočnená analýza GA lietadiel IFR vplyvom vetra za obdobie 2017-2021.

Keďže pri analýze súčasného stavu nebol nájdený žiaden obdobný rozbor vplyvu vetra na pristávajúce lietadlá, teoretická časť pojednáva o definícii a vplyve jednotlivých javov počasia, pri ktorých autor pracoval s uvedenými odbornými meteorologickými publikáciami a rovnako i s meteorologickým slovníkom Českej meteorologickej spoločnosti.

Ročný chod jednotlivých hodnôt vetra jednoznačne dokázal prevládajúci smer vetra na tomto Letisku a rovnako i smer, v ktorých vietor počas roka dosahuje najvyššie hodnoty. Treba však vyzdvihnúť i silnejší vietor v iných sektoroch, ktorý je spojený najmä so západnými vetrami a prechodmi front obzvlášť na prelome leta a zimy. Ďalej boli zistené mesiace v roku, v ktorých je možné očakávať najsilnejší vietor. Ako ukázal i ročný chod GA vplyvom vetra, mesiace marec, máj a september patria k najpočetnejším. Hlavným dôvodom bude relatívne vyšší pohyb lietadiel v porovnaní so zimnými mesiacmi a väčšie rýchlosti vetra, v porovnaní s letnými mesiacmi. Veľkou limitáciou pre prácu bolo rozšírenie ochorenia Covid-19 a následný pokles pohybu lietadiel.

Z dostupných zdrojov bolo zistené niekoľko prípadov, kedy lietadlá pristávali s príliš veľkou zadnou alebo bočnou zložkou vetra. Rovnako bolo pozorované GA pri výrazne nízkych rýchlostiach vetra, ale premenlivom vetre. Je vhodné, aby boli zistené hodnoty pozorované v ďalších rokoch a prípadne upravené postupy pri rozhodovaní o zmene aktívnej RWY. Bolo by vhodné sa zameriavať okrem prevládajúceho smeru vetra i na jeho premenlivosť. V prípade predpovedi búrky alebo silného prízemného vetra by bolo potrebné vytvoriť viacero „medzier“ medzi pristávajúcimi lietadlami k prípadnej zmene aktívnej RWY.



Ako bolo v práci zdôraznené, tento jav má rastúci trend a preto by bolo vhodné využiť metodiku k hlbšej analýze. Táto práca tak môže slúžiť ako podklad k sledovaniu parametrov vetra i v ďalších rokoch. Na pristátie má okrem vetra vplyv množstvo ďalších faktorov, ako skúsenosti pilota uskutočňujúci pristátie, či sa hlásený meteorologický jav prejaví v čase pristátia, alebo nie, únava pilotov a množstvo ďalších vonkajších faktorov, s ktorými nebolo možné pracovať.



## Zoznam obrázkov

OBRÁZOK 1: ULTRAZVUKOVÝ ANEMOMETER UMIESTNENÝ PRI METEOROLOGICKEJ STANICI NA LETISKU VÁCLAVA HAVLA V PRAHE. ....	15
OBRÁZOK 2: VPLYV ČELNÉHO A ZADNÉHO VETRA NA UHOL A RÝCHLOSŤ KLESANIA. [3] .....	16
OBRÁZOK 3: ČELNÝ VIETOR. [5] .....	17
OBRÁZOK 4: ZADNÝ VIETOR. [5] .....	17
OBRÁZOK 5: BOČNÝ VIETOR. [5] .....	17
OBRÁZOK 6: VPLYV BOČNÉHO VETRA NA TRAJEKTÓRIU LETU. [5] .....	18
OBRÁZOK 7: ZOBRAZENIE ROZLOŽENIA ZLOŽIEK VETRA V LIETADLE VYBAVENOM NAVIGAČNÝM PRÍSTROJOM GARMIN 1000. .	18
OBRÁZOK 8: ROZLOŽENIE VEKTORU VETRA PRI PÔSOBNÍ ČELNÉHO VETRA. [5] .....	19
OBRÁZOK 9: ROZLOŽENIE VEKTORU VETRA PRI PÔSOBNÍ ZADNÉHO VETRA. [5] .....	19
OBRÁZOK 10: SKLZOVÁ TECHNIKA. [7] .....	20
OBRÁZOK 11: TECHNIKA „KRAB“. [7] .....	20
OBRÁZOK 12: ICAO MAPA LETISKA LKPR. [9] .....	31
OBRÁZOK 13: PREHĽAD PRISTÁTÍ NA JEDNOTLIVÝCH RWY ZA OBDOBIE 2017-2021. ....	32
OBRÁZOK 14: METEOPRAVÍTKO - TABUĽKOVÉ ZOBRAZENIE LETISKOVÝCH METEOROLOGICKÝCH MERANÍ. ....	33
OBRÁZOK 15: METEOROLOGICKÝ PREDPOVEDNÝ MODEL. ....	34
OBRÁZOK 16: UKÁŽKA ZÁZNAMU DÁT SPRÁV METAR V PROGRAME MICROSOFT EXCEL .....	37
OBRÁZOK 17: ROČNÝ CHOD RÝCHLOSTI VETRA V JEDNOTLIVÝCH MESAČOCH ZA OBDOBIE 2017-2021. ....	38
OBRÁZOK 18: TABUĽKA PERCENTUÁLNEHO PODIELU VETRA V ŠPECIFIKOVANÝCH SEKTOROCH NA LKPR ZA OBDOBIE 2016 – 2020. [21] .....	39
OBRÁZOK 19: POČET DNÍ V ROKU, KEDY VIETOR FÚKAL V DANOM SMERE A DANOU RÝCHLOSŤOU NA LKPR ZA OBDOBIE 2017-2021. ....	40
OBRÁZOK 20: ROČNÝ CHOD MAXIMÁLNYCH HODNÔT NÁRAZOV VETRA. ....	42
OBRÁZOK 21: PRÍČINY OPAKOVANÝCH PRISTÁTÍ V ROKU 2017. ....	44
OBRÁZOK 22: PRÍČINY OPAKOVANÝCH PRISTÁTÍ V ROKU 2018. ....	44
OBRÁZOK 23: PRÍČINY OPAKOVANÝCH PRISTÁTÍ V ROKU 2019. ....	45
OBRÁZOK 24: PERCENTUÁLNY PODIEL VETRA VZHLADOM KU VŠETKÝM PRÍČINÁM GA V JEDNOTLIVÝCH ROKOCH. ....	46
OBRÁZOK 25: JEDNOTLIVÉ PARAMETRE PRI GA ZA OBDOBIE 2017-2021. ....	49
OBRÁZOK 26: VÝVOJ POČTU PRISTÁTÍ IFR ZA SLEDOVANÉ OBDOBIE. ....	50
OBRÁZOK 27: RÝCHLOSŤ A NÁRAZY VETRA PRI JEDNOTLIVÝCH GA ZA ROK 2017. ....	51
OBRÁZOK 28: SMER A PREMENLIVOSŤ VETRA PRI JEDNOTLIVÝCH GA ZA ROK 2017. ....	51
OBRÁZOK 29: RÝCHLOSŤ A NÁRAZY VETRA PRI JEDNOTLIVÝCH GA ZA ROK 2018. ....	52
OBRÁZOK 30: SMER A PREMENLIVOSŤ VETRA PRI JEDNOTLIVÝCH GA ZA ROK 2018. ....	52
OBRÁZOK 31: SMER A PREMENLIVOSŤ VETRA PRI JEDNOTLIVÝCH GA ZA ROK 2019. ....	53
OBRÁZOK 32: RÝCHLOSŤ A NÁRAZY VETRA PRI JEDNOTLIVÝCH GA ZA ROK 2019. ....	53
OBRÁZOK 33: RÝCHLOSŤ A NÁRAZY VETRA PRI JEDNOTLIVÝCH GA ZA ROK 2020. ....	54
OBRÁZOK 34: SMER A PREMENLIVOSŤ VETRA PRI JEDNOTLIVÝCH GA ZA ROK 2020. ....	54
OBRÁZOK 35: RÝCHLOSŤ A NÁRAZY VETRA PRI JEDNOTLIVÝCH GA ZA ROK 2021. ....	55
OBRÁZOK 36: SMER A PREMENLIVOSŤ VETRA PRI JEDNOTLIVÝCH GA ZA ROK 2021. ....	55
OBRÁZOK 37: PRIEMERNÝ PERCENTUÁLNY PODIEL IFR PRISTÁTÍ A GA VPLYVOM VETRA V JEDNOTLIVÝCH MESAČOCH ZA OBDOBIE 2017-2021. ....	56
OBRÁZOK 38: PRIEMERNÝ PERCENTUÁLNY PODIEL IFR PRISTÁTÍ A GA V JEDNOTLIVÝCH MESAČOCH ZA OBDOBIE 2017-2021. ....	57
OBRÁZOK 39: POPIS KRABICOVÉHO DIAGRAMU. ....	59
OBRÁZOK 40: PARAMETRE VETRA VZHLADOM K SMERU RWY PRI ZAZNAMENANÝCH GA VPLYVOM VETRA. ....	60
OBRÁZOK 41: KRABICOVÝ DIAGRAM ROZDELENIA HODNÔT VETRA S NEHLÁSENÝM PREMENLIVÝM VETROM. ....	62
OBRÁZOK 42: KRABICOVÝ DIAGRAM ROZDELENIA HODNÔT VETRA S HLÁSENÝM PREMENLIVÝM VETROM. ....	62
OBRÁZOK 43: PARAMETRE VETRA VZHLADOM K SMERU RWY PRI ZAZNAMENANÝCH GA VPLYVOM SILNEJ ZADNEJ ZLOŽKY VETRA. ....	63



## Zoznam tabuliek

TABUĽKA 1: VÝPOČET BOČNEJ ZLOŽKY VETRA [6] .....	19
TABUĽKA 2: VÝPOČET ČELNEJ/ZADNEJ ZLOŽKY VETRA [6] .....	20
TABUĽKA 3: CHARAKTERISTIKY RÝCHLOSTI A NÁRAZOV VETRA UDALOSTÍ V JEDNOTLIVÝCH SEKTOROCH .....	61
TABUĽKA 4: CHARAKTERISTIKY ČELNEJ, ZADNEJ A BOČNEJ ZLOŽKY VETRA UDALOSTÍ V JEDNOTLIVÝCH SEKTOROCH .....	61



## Zoznam použitej literatúry

- [1] DVOŘÁK, Petr. *Letecká meteorologie 2017*. Cheb: Svět křídel, 2017. ISBN 978-80-7573-014-5.
- [2] ČESKÁ METEOROLOGICKÁ SPOLEČNOST. *Elektronický meteorologický slovník* [online]. [cit. 2022-03-03]. Dostupné z: <http://slovník.cmes.cz>.
- [3] *Mass and balance. Performance*. Oxford : Oxford Aviation Academy, 2018. ISBN 978-1-90620-269-9.
- [4] KOUPÝ, Zdeněk. *Eliminace nepříznivých meteorologických podmínek na vzlet a přistání letounů*. Praha, 2017. Diplomová práce. ČVUT.
- [5] Crosswind and headwind calculation. IVAO [online]. 2021 [cit. 2022-05-27]. Dostupné z: [https://mediawiki.ivoa.aero/index.php?title=Crosswind\\_and\\_Headwind\\_calculation](https://mediawiki.ivoa.aero/index.php?title=Crosswind_and_Headwind_calculation).
- [6] MATYÁŠ, Roman. Mental maths [prednáška]. Praha: ČVUT v Praze.
- [7] Airplane Flying Handbook: Chapter 9: Approaches and Landings. In: *Federal Aviation Administration* [online]. [cit. 2022-05-28].
- [8] KRÁČMAR, Jan. *Meteorologie (050 00)*. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2006. Učební texty pro teoretickou přípravu dopravních pilotů dle předpisu JAR-FCL 1. ISBN 80-720-4447-8.
- [9] AIP ČR. *AIM* [online]. Řízení letového provozu ČR [cit. 2022-04-14]. Dostupné z: [https://aim.rlp.cz/ais\\_data/www\\_main\\_control/frm\\_cz\\_aip.htm](https://aim.rlp.cz/ais_data/www_main_control/frm_cz_aip.htm).
- [10] MONTILLA, M. *Určování pohybu z akcelerometrických dat*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, 2016. Bakalářská práce.
- [11] Pilot's Handbook of Aeronautical Knowledge: Chapter 5: Aerodynamics of Flight. In: *Federal Aviation Administration* [online]. [cit. 2022-06-01]. Dostupné z: [https://www.faa.gov/sites/faa.gov/files/regulations\\_policies/handbooks\\_manuals/aviation/phak/07\\_phak\\_ch5.pdf](https://www.faa.gov/sites/faa.gov/files/regulations_policies/handbooks_manuals/aviation/phak/07_phak_ch5.pdf).
- [12] ČESKÁ REPUBLIKA: *Letecký předpis L4444: Postupy pro letové navigační služby, uspořádání letového provozu*. In: . Ministerstvo Dopravy České republiky, Úřad pro civilní letectví, 2021. Dostupné z: <https://aim.rlp.cz/predpisy/predpisy/index.htm>.
- [13] ČESKÁ REPUBLIKA: *Letecký předpis L3: Meteorologie*. In: . Ministerstvo Dopravy České republiky, Úřad pro civilní letectví, 2021. Dostupné z: <https://aim.rlp.cz/predpisy/predpisy/index.htm>.
- [14] Letecká výstražná informácia SIGMET. *Slovenský hydrometeorologický ústav* [online]. [cit. 2022-06-02]. Dostupné z: [https://www.shmu.sk/sk/?page=1&id=meteo\\_lms\\_sigmet](https://www.shmu.sk/sk/?page=1&id=meteo_lms_sigmet).
- [15] Údaje o společnosti. *Letiště Praha* [online]. [cit. 2022-06-03]. Dostupné z: <https://www.prg.aero/udaje-o-spolecnosti>.
- [16] Historie dráhového systému. *Letiště Praha* [online]. [cit. 2022-06-05]. Dostupné z: <https://www.prg.aero/historie-drahoveho-systemu>.
- [17] Naše služby. *Řízení letového provozu České republiky* [online]. [cit. 2022-07-05]. Dostupné z: <https://www.rlp.cz/categorysb?CatCode=C1>.



[18] Úplný výpis z obchodního rejstříku: Řízení letového provozu České republiky. *Obchodní rejstřík* [online]. Ministerstvo spravedlnosti České republiky, 1995 [cit. 2022-06-11]. Dostupné z: <https://or.justice.cz/ias/ui/rejstrik-firma.vysledky?subjektId=620172&typ=UPLNY>.

[19] TECHLOVSKÝ, Bohumil a Jan KRÁČMAR. Detekce nebezpečných jevů a výstražná MET služba pro LKPR. In: *Letiště Praha* [online]. [cit. 2022-06-05]. Dostupné z: <https://www.prg.aero/sites/default/files/obsah/harmonika/soubory/2-iii-metlkpr201711a-b-techlovskz-j-krocamar.pdf>.

[20] SOLDÁN, Vladimír. *Letové postupy a provoz letadel*. Jeneč: Letecká informační služba Řízení letového provozu České republiky, 2007. ISBN 978-80-239-8595-5.

[21] KLIMATICKÉ CHARAKTERISTIKY LETIŠŤ: *Letiště Praha Ruzyně* [online]. ČHMÚ [cit. 2022-05-20]. Dostupné z: <https://www.chmi.cz/predpovedi/predpovedi-pocasi/letecke/klimaticke-charakteristiky-letist/praha-ruzyne>

[22] Letiště Praha odbavilo za loňský rok téměř 3,7 milionu cestujících, na obnovení provozu v roce 2021 je připraveno. *Letiště Praha* [online]. 2021 [cit. 2022-07-03]. Dostupné z: <https://www.prg.aero/letiste-praha-odbavilo-za-lonsky-rok-temer-3-7-milionu-cestujicich>