



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ
LETECKÝ ÚSTAV

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING
INSTITUTE OF AEROSPACE ENGINEERING

MLHY A DRÁHOVÁ DOHLEDNOST NA LETIŠTI BRNO-TUŘANY

FOGS AND RUNWAY VISUAL RANGE AT THE AIRPORT BRNO-TUŘANY

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

NIKOLA TARASOVIČOVÁ

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

RNDr. KAREL KRŠKA, CSc.

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Letecký ústav

Akademický rok: 2013/2014

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

student(ka): Nikola Tarasovičová

který/která studuje v **bakalářském studijním programu**

obor: **Profesionální pilot (3708R030)**

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma bakalářské práce:

Mlhy a dráhová dohlednost na letišti Brno-Tuřany

v anglickém jazyce:

Fogs and runway visual range at the airport Brno-Tuřany

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Nízká dráhová dohlednost jako limitující faktor provozu na letištích. Dohlednost ve dne a v noci. Prostředky na určování dohlednosti. Mlhy jako hlavní příčina nízké dohlednosti. Četnost výskytu a trvání mlh na letišti Brno-Tuřany.

Cíle bakalářské práce:

Popište způsoby určování dohlednosti na letišti Brno-Tuřany se zvláštním zřetelem na měření dráhové dohlednosti. Na základě meteorologického materiálu poskytnutého ČHMÚ vypracujte statistický přehled o četnostech a trvání mlh různé intenzity na letišti ve vybraných měsících chladného pololetí.

Seznam odborné literatury:

1. Beneš, L. a kol.: Učebnice pilota. Cheb 1995.
2. Dvořák, P.: Letecká meteorologie. 2. vyd. Cheb 2010.
3. Meteorologie (050 00). Učební texty. Brno 2006.
4. Nedelka, M.: Přehľad leteckej meteorológie. Bratislava 1984.
Technická dokumentace transmissometru.

Vedoucí bakalářské práce: RNDr. Karel Krška, CSc.

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2013/2014.

V Brně, dne 22.11.2013

L.S.

doc. Ing. Jaroslav Juračka, Ph.D.
Ředitel ústavu

prof. RNDr. Miroslav Doupovec, CSc., dr. h. c.
Děkan fakulty

ABSTRAKT

Tato bakalářská práce se zabývá dohledností a dráhovou dohledností, jejich hlášením v různých meteorologických zprávách, způsoby jejich určování a jevy, které je zhoršují. Soustřeďuje se na mlhy jako hlavní příčinu malé dohlednosti a zabývá se jejich vznikem, rozdělením a jejich vlivem na letecký provoz. Zvláštní pozornost je věnována způsobům určování dohlednosti a dráhové dohlednosti na letišti Brno-Tuřany a výskytu mlh na tomto letišti. Obsahuje výsledky statistického zpracování mlh při směru a rychlosti větru a jejich synoptických podmínkách, a to během chladného pololetí 2008/09 až 2012/13.

ABSTRACT

This thesis deals with visibility and runway visual range, their messages in different meteorological reports, the methods of determining and phenomena, which worsen them. It focuses on fogs as the main cause of low visibility and discusses their origin, division and their impact on air traffic. Particular attention is paid to ways of determining visibility and runway visual range at the airport Brno-Tuřany and fogs at this airport. This thesis contains the results of statistical processing of fog in wind speed and direction and synoptic conditions, during the cold term of 2008/09 to 2012/13.

KLÍČOVÁ SLOVA

dohlednost, dráhová dohlednost, transmisometr, mlha, letiště Brno-Tuřany

KEYWORDS

visibility, runway visual range, transmissometr, fog, airport Brno-Tuřany

ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracovala samostatně pod odborným vedením vedoucího bakalářské práce a s použitím literatury uvedené v seznamu práce.

V Brně dne 27. 5. 2014

.....
Nikola Tarasovičová

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

TARASOVIČOVÁ, N. *Mlhy a dráhová dohlednost na letišti Brno-Tuřany*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2014. 48 s. Vedoucí bakalářské práce RNDr. Karel Krška, CSc..

PODĚKOVÁNÍ

Děkuji všem, kteří mi pomáhali při zpracování této bakalářské práce, především

- vedoucímu své bakalářské práce panu RNDr. Karlu Krškovi, CSc., za jeho velmi vstřícný přístup, trpělivost, odborné rady a za jeho cenný čas, který mi nad rámec svých povinností věnoval,
- panu RNDr. Bohumilu Techlovskému, vedoucímu Odboru letecké meteorologie Českého hydrometeorologického ústavu v Praze, za poskytnutí meteorologických dat,
- panu Mgr. Františku Kuklovi, pracovníku letecké meteorologické služebny na letišti Brno-Tuřany, za jeho ochotný přístup, čas a za poskytnutí velkého množství informací a materiálů užitečných pro zpracování této bakalářské práce,
- panu Ing. Mgr. Pavlu Imřišovi, PhD., za odbornou konzultaci.

Chtěla bych moc poděkovat své rodině, která mi byla a stále je velkou oporou.

OBSAH

1. ÚVOD	9
2. DOHLEDNOST	10
2.1 DEFINICE A DRUHY DOHLEDNOSTI	10
2.2 URČOVÁNÍ DOHLEDNOSTI A DRÁHOVÉ DOHLEDNOSTI	11
2.3 HLÁŠENÍ DOHLEDNOSTI VE ZPRÁVĚ SYNOP	13
2.4 HLÁŠENÍ DOHLEDNOSTI A DRÁHOVÉ DOHLEDNOSTI VE ZPRÁVÁCH METAR/SPECI A TAF	15
2.5 JEVY ZHORŠUJÍCÍ DOHLEDNOST	17
2.5.1 Litometeory	17
2.5.2 Hydrometeory	19
3. MLHA JAKO HLAVNÍ PŘÍČINA MALÉ DOHLEDNOSTI	20
3.1 DEFINICE	20
3.2 HLÁŠENÍ MLH VE ZPRÁVÁCH SYNOP, METAR/SPECI A TAF	20
3.3 VZNIK MLHY	21
3.4 ROZDĚLENÍ MLH	22
3.5 DRUHY MLH	22
3.5.1 Mlhy frontální	22
3.5.2 Mlhy uvnitř vzduchových hmot	23
4. VLIV DOHLEDNOSTI NA LETECKÝ PROVOZ	25
4.1 DRUHY PROVOZU	25
4.1.1 Let podle pravidel VFR	25
4.1.2 Let podle pravidel IFR	25
4.2 LETIŠTNÍ PROVOZNÍ MINIMA	26
4.3 VYUŽITELNOST LETIŠŤ – KATEGORIE DRAH PRO PŘESNÉ PŘÍSTROJOVÉ PŘIBLÍŽENÍ	26
4.3.1 CAT I	26
4.3.2 CAT II	27
4.3.3 CAT III	27
5. MLHY A DRÁHOVÁ DOHLEDNOST NA LETIŠTI BRNO-TUŘANY	28
5.1 URČOVÁNÍ DOHLEDNOSTI A DRÁHOVÉ DOHLEDNOSTI NA LETIŠTI BRNO-TUŘANY	28
5.1.1 Vizuální určování dohlednosti a dráhové dohlednosti na letišti Brno-Tuřany	28
5.1.2 Přístrojové určování dohlednosti a dráhové dohlednosti na letišti Brno-Tuřany	28
5.2 MLHY NA LETIŠTI BRNO-TUŘANY	29
5.2.1 Četnost výskytu a intenzita mlh na letišti Brno-Tuřany	30
5.2.2 Směr a rychlost větru při výskytu mlh na letišti Brno-Tuřany	30
5.2.3 Synoptické příčiny výskytu mlh na letišti Brno-Tuřany	32
6. ZÁVĚR	35
SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK	36
SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	39

- Příloha 1 – Plánek dohlednosti pro letiště Brno-Tuřany
- Příloha 2 – Umístění transmisometrů na letišti Brno-Tuřany
- Příloha 3 – Grafické zpracování výstupních dat z transmisometrů LT31 na letišti Brno-Tuřany ze dne 6. února 2014
- Příloha 4 – Mapa přízemní synoptické situace Německé předpovědní služby z 11. 10. 2008 00 UTC – anticyklona nad střední Evropou
- Příloha 5 – Mapa přízemní synoptické situace Německé předpovědní služby z 27. 11. 2011 00 UTC – západní anticyklonální situace
- Příloha 6 – Mapa přízemní synoptické situace Německé předpovědní služby z 17. 11. 2009 00 UTC – jihozápadní cyklonální situace

1. ÚVOD

V současné době zažívá letecký průmysl velký rozmach. Především je to patrné ze zvyšující se hustoty leteckého provozu a také z narůstajícího množství přepravených pasažérů a nákladu. I přes tento všeobecný trend, je třeba mít stále na paměti, že na prvním místě je vždy bezpečnost letu. Jedním z kroků, jak zajistit bezpečné provedení letu, je důsledná předletová příprava, zejména znalost meteorologických podmínek na trati letu. Pilot mimo jiné potřebuje znát hodnotu dohlednosti, popřípadě dráhové dohlednosti, na letišti odletu, na trati a na cílovém letišti a výskyt jevů, které je snižují.

Tato bakalářská práce se zabývá dohledností, dráhovou dohledností a mlhou, čili jevem, který snižuje dohlednost. Je rozdělena do dvou částí – obecné a specifické pro letiště Brno-Tuřany. V obecné části se čtenář podrobněji seznámí s problematikou dohlednosti a dráhové dohlednosti, způsoby jejich určování a hlášení ve zprávách SYNOP, METAR/SPECI a TAF a s jevy, které je snižují. Z těchto jevů je pak vybrána mlha, jakožto hlavní příčina malé dohlednosti. Je zde popsáno její rozdělení a druhy mlhy, různé způsoby vzniku a taktéž hlášení ve zprávách SYNOP, METAR/SPECI a TAF. Určitá část je také věnována vlivu malé dohlednosti na letecký provoz. Druhá část této bakalářské práce, která je specifická pro letiště Brno-Tuřany, je věnována způsobům určování dohlednosti a dráhové dohlednosti na tomto letišti. Podstatnou součástí je vypracování statistického přehledu výskytu mlh na letišti Brno-Tuřany při určité rychlosti a směru větru a různých synoptických situacích, z dat poskytnutých Českým hydrometeorologickým ústavem, a to za pět chladných pololetí 2008/09 až 2012/13.

2. DOHLEDNOST

Dohlednost je v letectví jedním z nejdůležitějších meteorologických prvků. I přes vysokou úroveň letecké zabezpečovací techniky a hlavně přistávacích systémů je vizuální srovnávací navigace všeobecně nenahraditelná, a to především v kritických fázích letu, jako je klesání letadla na přistání, výdrž a dosednutí [18]. Dobrá dohlednost patří k faktorům, které jsou žádoucí pro bezpečné provedení letu. Malá dohlednost může vést k dezorientaci pilota a posléze i k letecké nehodě. Naopak dostatečná dohlednost pomáhá pilotovi se správně orientovat nejen za letu podle pravidel VFR, nýbrž i podle pravidel IFR, když pilot pohledem z kabiny může zkontrolovat během konečného přiblížení svou polohu. Dohlednost je tedy limitujícím faktorem pro letecký provoz [8].

2.1 Definice a druhy dohlednosti

Obecně je dohlednost definována jako vzdálenost, v níž je kontrast daného objektu a jeho pozadí roven prahu kontrastové citlivosti oka pozorovatele [13]. Kontrast objektu je mírou jeho výraznosti na daném pozadí. Za jednotkový kontrast se považuje kontrast mezi černým objektem, kterého jas je roven nule, a bílým pozadím s jasným rovinným jedním. Naopak nulový kontrast má předmět naprosto stejné barvy jako jeho pozadí. Lidské oko začíná vnímat dostatečně velké předměty o kontrastu od 0,02 až 0,07. Mezinárodně přijatou standardní hodnotou prahu kontrastní citlivosti lidského oka je 0,05 [18].

Letecký předpis L3 Meteorologie však dohlednost (VIS) definuje takto: „Pro letecké účely je za dohlednost považována větší z:

- a) největší vzdálenosti, na kterou je možno spolehlivě vidět a rozeznat na světlém pozadí černý předmět vhodných rozměrů umístěný u země; a
- b) největší vzdálenosti, na kterou je možno spolehlivě rozeznat na neosvětleném pozadí světla o svítivosti přibližně 1000 cd [16].“

S cílem zavést určitý standard při pozorování a měření dohlednosti na meteorologických stanicích byl za základní druh dohlednosti v roce 1977 v Hamburku přijat Světovou meteorologickou organizací (WMO) meteorologický optický dosah (MOR). Meteorologický optický dosah je délka dráhy v atmosféře potřebná na zeslabení paprsku světla, jdoucího od světelného zdroje o teplotě 2700K, až na 0,05 jeho původní hodnoty, přičemž paprsek světla se zkoumá prostřednictvím funkcí viditelnosti lidského oka, které byly stanoveny Mezinárodní komisí pro osvětlení (CIE) [19].

Pod pojmem šikmá dohlednost (SVR) se rozumí dohlednost ve směru šikmém vůči horizontální rovině. V případě, že se jedná o šikmou vzdálenost v prostoru dráhy, hovoříme o šikmé dráhové dohlednosti (RSVR). Šikmá dráhová dohlednost je vzdálenost, na kterou pilot letadla, nacházejícího se na ose přiblížení v určité výšce nad prahem dráhy, může vidět nejvzdálenější světla vysoké intenzity patřící do systému dráhových anebo přibližovacích světel [18].

Vodorovná dohlednost je největší vzdálenost, na níž pozorovatel vidí a identifikuje objekt ležící v blízkosti horizontální roviny proložené jeho stanovištěm.

Vertikální dohlednost je vyjádřením dohlednosti při výskytu mlhy nebo pokud nelze rozeznat oblohu. Vertikální dohlednost se rozlišuje podle směru pozorování. Viditelnost směrem vzhůru je maximální vzdálenost, na kterou je možno vidět a identifikovat tmavý objekt přiměřené velikosti ve vertikálním směru od zemského povrchu přes mlhu nebo mlze podobný jev. Viditelnost směrem dolů je definována jako maximální výška nad povrchem země, z které je možno vidět a identifikovat objekty na zemi zahalené mlhou nebo jí podobným jevem [18].

Posledním, ovšem neméně důležitým zavedeným pojmem je dráhová dohlednost (RVR).

„Dráhová dohlednost je definována jako maximální vzdálenost ve směru vzletu nebo přistání, na kterou je vidět dráha nebo určená světla a značky vyznačující dráhu, a to z polohy nad stanoveným bodem v ose dráhy a ve výšce, která odpovídá průměrné úrovni pohledu pilota při dotyku dráhy. Za průměrnou úroveň pohledu pilota při dotyku s dráhou se považuje výška 5 m nad zemí [13].“

2.2 Určování dohlednosti a dráhové dohlednosti

Určování dohlednosti ve dne se provádí vizuálně za pomoci tzv. plánku dohlednosti, na kterém jsou zaznačeny výrazné orientační body v širším okolí meteorologické stanice, jejichž vzdálenost je předem známa a které se nacházejí v různých směrech od stanoviště meteorologické stanice. Vzdálenost jednotlivých orientačních bodů na plánku dohlednosti se volí tak, aby alespoň jeden z orientačních bodů byl od místa pozorování vzdálen 1 km a druhý alespoň 10 km, přičemž celkový počet orientačních bodů vzdálených do 10 km by měl být menší než deset. Takto určená hodnota dohlednosti vyjadřuje nejmenší vzdálenost, na kterou je ještě možné orientační body dobře identifikovat [18].

Metodika vizuálního určování dohlednosti v noci je stejná jako metodika určování dohlednosti ve dne s tím rozdílem, že dohlednost v noci se určuje pomocí světelných bodů o známé vzdálenosti, popř. dráhových světel. Za vhodný světelný bod je považován pouze zdroj bílého světla. Jestliže není k dispozici dostatečný počet vhodných světelných bodů, je možné určit dohlednost v noci na základě závislosti dohlednosti na povětrnostních jevech, které ji ovlivňují. K tomu je třeba před soumrakem nejprve určit dohlednost podle plánku dohlednosti denních orientačních bodů a posléze pečlivě sledovat výskyt a intenzitu povětrnostních jevů ovlivňujících dohlednost. Pokud nenastane žádná změna, lze udávat hodnotu dohlednosti v noci stejnou, jaká byla určená před soumrakem. V případě jakékoliv změny je možno dohlednost určit podle tab. 1 [20].

Tab. 1 Dohlednosti v noci (v km) podle [20]

Jev	Intenzita jevu		
	slabá	mírná	silná
mlha	0,5 – 1	0,2 – 0,5	0,05
kouřmo nebo zákal	4 - 10	2 – 4	1 – 2
prachová bouře	-	1 – 2	1
mrholení	4 - 10	2 – 4	2
trvalý déšť	4 – 10 i více	-	-
přivalový déšť	0,5 – 1	0,2 – 0,5	0,05 – 0,2
sněžení	4 - 10	2 - 4	2
sněhová bouře	0,5 - 1	0,2 – 0,5	0,2
sněhová vánice	2 - 4	1 - 2	1
zvířený sníh	0,5 - 1	0,2 – 0,5	0,2

Dráhovou dohlednost je možno určovat třemi způsoby, a to buď přístrojově, vizuálně anebo za pomoci televizní techniky [18].

Pro přístrojové určování dráhové dohlednosti se používá transmisometr, česky měřič průzračnosti, který je umístěn podél osy dráhy v místech vzdálených maximálně 120 m nalevo či napravo od osy dráhy. Transmisometr měřící dráhovou dohlednost v zóně dotyku (TDZ) musí být umístěn podél osy dráhy ve vzdálenosti přibližně 300 m od prahu dráhy, transmisometr ve středu dráhy (MID) asi 1000 až 1500 m od prahu dráhy a transmisometr na konci dráhy (END) přibližně 300 m od konce této dráhy [15].

Transmisometr se skládá z vysílače (zdroje světelného paprsku), přijímače (s fotodiodou) a zpracovatelské jednotky. Vysílač a přijímač jsou od sebe vzdáleny na určitou hodnotu, např. 75 m. V tom případě se jedná o transmisometr s jednou základnou, tzv. single-base. V případě transmisometru se dvěma základnami, tzv. double-base, je jedna základna dlouhá např. 75 m a druhá 10 m. Kratší základna slouží pro měření malých hodnot dráhové dohlednosti [13]. Rozsah měření dráhové dohlednosti závisí na délce základny a typu použitého transmisometru.

Transmisometr v principu měří zeslabení světelného paprsku při průchodu ovzduším [13], tj. koeficient propustnosti ovzduší mezi dvěma body. Světelný zdroj vysílače emituje krátké světelné impulsy v širokém pásmu vlnových délek zahrnující vlnové délky denního světla a dráhového osvětlení a tyto impulsy jsou soustředěny do jednoho světelného paprsku nasměrovaného na fotodiodu umístěnou na přijímači transmisometru. Pomocí této fotodiody se vyhodnotí intenzita dopadajícího světla. Koeficient propustnosti ovzduší je vypočten jako poměr intenzity světelného paprsku přijatého a vyslaného. Z koeficientu propustnosti lze určit meteorologický optický dosah, který je posléze přepočítán na hodnotu dohlednosti, respektive dráhové dohlednosti [27].

Ve dne je dráhová dohlednost určena výpočtem podle [21] na základě Koschmiederova vztahu ve tvaru:

$$E_c = P \frac{D}{Z}, \quad (1)$$

kde E_c ... práh kontrastní citlivosti oka, podle ICAO a WMO obvykle 0,05
 P ... propustnost ovzduší
 Z ... základna měření [m]
 D ... dráhová dohlednost [m]

V noci a také v případech, kdy se ve dne vyskytuje mlha, se pro určení dráhové dohlednosti využívá podle [21] Allardova vztahu ve tvaru:

$$E_t = \frac{I}{D^2} P \frac{D}{Z}, \quad (2)$$

kde E_t ... práh osvětlení [lx], tato hodnota je funkcí jasu pozadí B [cd m^2] a nabývá hodnot od $10^{-6,1}$ (v noci, kdy jsou nepřímo osvětleny jenom palubní přístroje v pilotní kabině) do 10^{-3} lx (za jasného dne s maximální dobou slunečního svitu) [24]
 I ... intenzita dráhových světél [cd]
 P ... propustnost ovzduší [%]
 D ... dráhová dohlednost [m]
 Z ... základna měření [m]

V případě výpadku transmissometru je možno určit dráhovou dohlednost vizuálně pomocí dráhových světél. Vizuální určování dráhové dohlednosti je třeba provést na úrovni snímače transmissometru na jeho stanovišti (TDZ, MID, END).

Dráhovou dohlednost lze určit i pomocí televizní techniky. Tehdy se do prostoru dotykové zóny umístí televizní kamera a pozorovatel určí dráhovou dohlednost pomocí televizního přijímače [18].

Z uvedených způsobů se v České republice využívá výhradně určování dráhové dohlednosti pomocí přístrojových systémů [15].

2.3 Hlášení dohlednosti ve zprávě SYNOP

Zpráva SYNOP je základní meteorologická zpráva obsahující údaje potřebné pro kreslení přízemních synoptických map a pro operativní nebo statistické zpracování. Sestavuje se podle kódu SYNOP v synoptických termínech pozorování¹ [22]. Zpráva SYNOP je

¹ Synoptický termín je jednotná doba pozorování na synoptických stanicích stanovená podle světového času (UTC), ve kterých se celosvětově pozoruje počasí jednotným způsobem. Z těchto pozorování se posléze sestavují synoptické mapy [22].

uspořádána v pevně daných pěticiferných skupinách čísel. Klíč SYNOP je základní meteorologický kód.

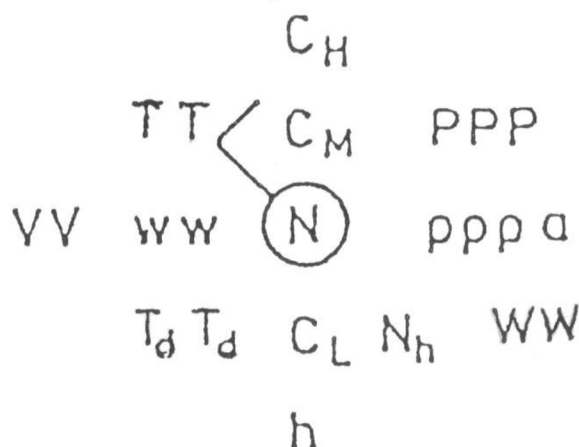
Dohlednost je ve zprávě SYNOP zakódována v pořadí třetí skupině čísel pomocí posledních dvou cifer obecně označenými písmeny VV. Jedná se o vodorovnou dohlednost vyjádřenou v kilometrech. Pokud je dohlednost menší než 5 km, je určena s přesností na 100 m. Ve výjimečných případech, pokud je dohlednost menší než 1 km, využívají se ke kódování i kódy 90 a 91. Při dohlednosti nad 5 km je používán krok 1 km a při dohlednosti nad 30 km krok 5 km. Systém kódování je naznačen v tab. 2. Jestliže se dohlednost v různých směrech liší, je ve zprávě SYNOP uváděna nejnižší hodnota dohlednosti [18].

Tab. 2 Systém kódování dohlednosti v kódu SYNOP podle [12]

VV	kód
pod 50 m	90
50 m	91
pod 0,1 km	00
0,1 km	01
0,2 km	02 atd.
5 km	50
-	51 až 55 se nepoužívají
6 km	56
7 km	57 atd.
30 km	80
35 km	81
40 km	82
70 km	88
nad 70 km	89
údaj není k dispozici	//

Pilot by měl znát zakres zprávy SYNOP na přízemní synoptické mapě, tzv. staniční model (obr. 1). Jedná se o model mezinárodně stanoveného uspořádání meteorologických prvků a jevů kolem staničního kroužku na přízemní synoptické mapě. Ve staničním modelu je vodorovná dohlednost uváděna nalevo od staničního kroužku na pozici označené písmeny VV. Dohlednost ve staničním modelu je kódována stejným způsobem jako ve zprávě SYNOP.

Obr. 1 Staniční model pro přízemní synoptické mapy



2.4 Hlášení dohlednosti a dráhové dohlednosti ve zprávách METAR/SPECI a TAF

Zpráva METAR (Meteorological Aviation Report) je základní meteorologická zpráva pro letecké účely vysílaná v pravidelných, zpravidla hodinových nebo půlhodinových časových intervalech. Sestavuje se na základě pozorování pozemní meteorologické stanici na letišti [22]. V České republice jsou zprávy METAR vydávány na letištích Brno-Tuřany, Ostrava Mošnov a Praha Ruzyně každou půlhodinu, na letištích Kbely, Kunovice, Pardubice a Vodochody každou hodinu a na letišti Karlovy Vary v provozní době každou půlhodinu a mimo provozní dobu každou hodinu [2]. Zpráva METAR má pevně stanovený formát kódování podle standardů ICAO a je tudíž využitelná i mezinárodně [8].

Zpráva SPECI je mimořádná meteorologická zpráva, která se vydává v případě, že některý z pozorovaných prvků počasí překročí stanovenou hodnotu, a to v době mezi pravidelnými termíny pozorování. Pokud dojde ke zhoršení povětrnostních podmínek pod stanovenou hodnotu, zpráva SPECI se vydává okamžitě. Pokud nastane zlepšení povětrnostních podmínek nad stanovenou hodnotu, zpráva SPECI se vydává až po 10 minutách trvání, přičemž uvedený čas vydání ve zprávě SPECI je čas po uplynutí těchto 10 minut [8].

Zpráva TAF (Terminal Aerodrome Forecast) je letištní předpověď počasí, která obsahuje stručný popis očekávaného počasí. Její platnost je nejméně 6 hodin a nejvíce 30 hodin. Zpráva TAF s platností menší než 12 hodin musí být vydávána v pravidelných intervalech po 3 hodinách. Jestliže je její platnost větší než 12 hodin, je vydávána v intervalu po 6 hodinách [8].

Dohlednost se vyjadřuje v metrech a kilometrech. Ve zprávě METAR se uvádí v podobě skupiny čísel VVVV nebo VVVV₁VVVV₂DD anebo je vyjádřena ve zkratce CAVOK. Skupina VVVV značí hodnotu převládající dohlednosti za posledních 10 minut bez jakékoliv významné změny. Podle předpisu L3 Meteorologie je převládající dohlednost definována jako „nejvyšší hodnota dohlednosti pozorovaná v souladu s definicí Dohlednost,

keré je dosaženo nejméně na polovině kruhového horizontu nebo nejméně na polovině letištní plochy. Tyto oblasti mohou tvořit spojitý sektor nebo mohou být složeny z několika nespojitých sektorů [16].“ Skupina VVVV₁VVVV₂DD udává hodnotu převládající dohlednosti za posledních 10 minut bez významné změny, hodnotu minimální dohlednosti a směr minimální dohlednosti vzhledem k letišti udávaný v zeměpisných stupních. Tato skupina se používá v případě, že jsou splněna tato kritéria:

- a) dohlednost menší než 1500 m a v určitém směru odlišná od převládající dohlednosti
- b) dohlednost menší než 5 km a v určitém směru nižší o 50 % než převládající dohlednost.

V případě pozorování automatické stanice s jedním senzorem, který měří pouze v jednom směru, se za skupinu VVVV₂ připojí zkratka NDV [8]. Označení CAVOK nahrazuje jak skupinu dohlednosti, tak i skupinu oblačnosti, a to za pouze předpokladu, že je dohlednost 10 km a větší, není hlášena minimální dohlednost, nevyskytuje se žádná oblačnost provozního významu,² a nevyskytuje se žádné tzv. význačné počasí [15]. Jestliže je dohlednost 800 m a menší, dohlednost se udává v kroku 50 m. V případě dohlednosti od 800 m až do 5 km je krok 100 m. Pokud je dohlednost 5 až 10 km, rozlišuje se po 1 km. Dohlednost menší než 50 m se vyjadřuje číslem 0000. Dohlednost 10 km a větší se značí číslem 9999, a to s výjimkou případu, kdy se užívá zkratka CAVOK [8].

Zpráva SPECI se vydává za splnění těchto podmínek: „Změna dohlednosti na nebo přes jednu nebo více z hodnot (v případě zlepšování), nebo přes jednu nebo více z hodnot (v případě zhoršování): 800 m, 1500 m, 3000 m anebo 5000 m v případě velkého provozu podle podmínek VMC [8].“

Dohlednost ve zprávě TAF je podobně jako ve zprávě METAR/SPECI uváděna pomocí skupiny čísel VVVV, která vyjadřuje převládající dohlednost.

Dráhová dohlednost je do zprávy METAR zařazena, jestliže převládající dohlednost a/nebo minimální dohlednost a/nebo dráhová dohlednost v pozici TDZ na jedné nebo více drahách v provozu je menší než 1500 m. Ve zprávě METAR je vyjádřena skupinou RNNI/PVVVC. Písmeno R je označení dráhové dohlednosti, NN vyjadřuje číslo dráhy, a pokud se na letišti nachází paralelní dráhy, následuje písmeno L (levá), C (střední) nebo R (pravá) [8]. „Písmeno P označuje, že dráhová dohlednost je vyšší než horní limit měření, ale současně se na některém jiném měřiči vyskytuje ještě hodnota nižší, anebo je nižší než meteorologická dohlednost [8].“ Pokud je dráhová dohlednost menší než spodní limit měření, použije se písmeno M místo písmena P. Následuje samotná hodnota dohlednosti v metrech a její tendence. Pro rostoucí tendenci se používá písmeno U, pokud je dráhová dohlednost beze změny, pak se značí N, a pro klesající tendenci D. Hodnoty dráhové dohlednosti nad 800 m se

² Přestože letecký předpis Meteorologie L3: Doplněk 3 – Technické specifikace týkající se meteorologických pozorování a zpráv dále nespécifikuje termín oblačnost provozního významu, v jiných literárních zdrojích se lze dočíst, že se jedná o oblačnost všeho druhu, která se nevyskytuje pod 5000 ft nad zemí, a oblačnost druhu TCU nebo Cb, která se nevyskytuje pod a ani nad 5000 ft [8].

udávají v kroku 100 m. Pokud je dohlednost 400 až 800 m, udává se v kroku 50 m, a v případě dráhové dohlednosti 400 m a méně v kroku 25 m. Pro zvětšení bezpečnosti se hodnoty dráhové dohlednosti zaokrouhlují směrem dolů [8].

Pokud se dráhová dohlednost zlepšuje na nebo přes hodnoty nebo zhoršuje přes hodnoty 150 m, 350 m, 600 m a 800 m, je to důvodem pro vydání zprávy SPECI [8].

Dráhová dohlednost není ve zprávě TAF uváděna.

Na vojenských letištích v zemích NATO (tedy i v České republice) se za zprávu METAR připojuje tzv. barevný kód. Také se používá převod přistávací předpovědi na barevný kód. Tento kód slouží pro rychlou informaci vojenského pilota o meteorologických podmínkách na daném letišti. Příslušná barva vyjadřuje určitou hodnotu dohlednosti a výšku spodní základny oblačnosti (tab. 3), kde

BLU ... modrá barva,

WHT ... bílá barva,

GRN ... zelená barva,

YLO ... žlutá barva,

AMB ... jantarová barva,

RED ... červená barva,

BLACK ... černá barva, která znamená, že příslušné letiště nelze použít z jiných důvodů než je počasí [5].

Tab. 3 Barevné kódování [5]

Dohlednost/spodní základna oblačnosti	> 8 km	5 – 8 km	3,7 – 5 km	1,6 – 3,6 km	0,8 – 1,6 km	< 0,8 km
> 2500 ft	BLU	WHT	GRN	YLO	AMB	RED
1500 – 2500 ft	WHT	WHT	GRN	YLO	AMB	RED
700 – 1500 ft	GRN	GRN	GRN	YLO	AMB	RED
300 – 700 ft	YLO	YLO	YLO	YLO	AMB	RED
200 – 300 ft	AMB	AMB	AMB	AMB	AMB	RED
< 200 ft	RED	RED	RED	RED	RED	

2.5 Jevy zhoršující dohlednost

Dohlednost snižují dvě skupiny meteorologických jevů, a to litometeory a hydrometeory.

2.5.1 Litometeory

Litometeory jsou vytvořeny soustavou částic pevného skupenství, nikoliv však vodních [22]. Mezi litometeory patří zákal, kouř, nízko či vysoko zvířený prach nebo písek, prachová nebo písečná vichřice, prachový nebo písečný vír, písečná stěna a vulkanický popel.

Zákal je způsoben přítomností mikroskopických pevných částic v ovzduší. Tyto částice mohou být různého původu, a podle toho lze rozlišit například prachový zákal, písečný zákal [18]. Při zákalu je dohlednost od 1 do 10 km a relativní vlhkost vzduchu je nižší než 70%. V případě, že se relativní vlhkost vzduchu³ zvýší nad 70%, pevné částice mohou posloužit jako kondenzační jádra⁴ a zákal může přejít do kouřma [24] a při relativní vlhkosti nad 90% se může začít tvořit mlha [22]. Ve zprávě METAR je zákal označen písmeny HZ [13].

Kouř je tvořen částicemi různých fyzikálních a chemických vlastností, které jsou rozptýleny v ovzduší a které jsou výsledkem spalování látek různých skupenství [22]. Kouř je značen písmeny FU.

Nízko či vysoko zviřený prach nebo písek je způsoben pouštními větry, které vznikají v suchých a polosuchých oblastech. Tyto pouštní větry mají své specifické názvy. Jako příklad lze uvést tzv. scirocco, což je suchý a prašný pouštní vítr, v zimě chladný a v létě horký, vyskytující se převážně na Předním Východě, a který podstatně snižuje dohlednost. Ve zprávě METAR se pro výraz nízko zviřený používá zkratka DR, pro zviřený BL, prach je označen písmeny DU a písek SA.

Prachové (a i písečné) vichřice mohou způsobit mimořádně výrazné snížení dohlednosti. V průběhu vichřice totiž dochází na zemském povrchu nejenom k víření prachu, ale i drobného písku a dalších nečistot. Oblak prachu a písku pak může dosahovat do výšky až 2 km [18]. Prachová vichřice je v METARu značena jako DS, písková vichřice jako SS.

Sopečný popel je tvořen drsnými a tvrdými částicemi sopečných minerálů a hornin, a může sahat až do výšky 15 km [21]. Aktivní sopky produkující sopečný popel se zakreslují do map význačného počasí, kde se kromě symbolu aktivní sopky také uvádí její jméno a souřadnice [13]. Ve zprávě METAR je vulkanický popel označen písmeny VA.

Všechny uvedené jevy mohou ohrozit bezpečnost letu, například litometeory tvořené částicemi písku a prachu mohou mít špatný vliv na letecké motory. Přítomnost těchto částic v proudícím vzduchu po vstupu do proudového motoru může mít za následek erozi všech zasažených dílů. Erozivní úbytek materiálu zejména aerodynamicky přesných dílů (především lopatek kompresoru a turbíny) může způsobit snížení účinnosti a pokles výkonu motoru. Při výskytu částic písku s nižší teplotou tavení anebo sopečného popela v ovzduší hrozí rychlé natavení v místech spalovací komory s nejvyšší teplotou a také na lopatky turbíny proudového motoru, což může způsobit rychlé vysazení motoru během letu. Abrazivní částice prachu a písku ve vzduchu jsou nebezpečné pro těsnění rotujících částí, která postupně ztrácí svoji funkčnost. Pokud tyto abrazivní částice proniknou do mazacího oleje a následně do ložisek, dojde k mechanickému poškození. V případě pístových motorů pevné částice prachu a písku

³ Pojem relativní vlhkost vzduchu představuje poměr absolutní vlhkosti vzduchu, což je hmotnost vodní páry, která je obsažena v jednotce objemu vzduchu, a maximální absolutní vlhkosti vzduchu. Relativní vlhkost vzduchu se udává v procentech.

⁴ Kondenzační jádra jsou takové částice, které mají vhodné fyzikální a chemické vlastnosti k tomu, aby se staly centry kondenzace vodních par v ovzduší [22].

mohou ucpat vzduchový filtr v systému sání motoru, což může mít opět za následek vysazení motoru za letu. Erozivní vliv pevných částic na listy vrtule je na rozdíl od proudových motorů minimální, neboť vrtule nepracuje ve stlačeném vzduchu (s větší hustotou těchto pevných částic) a zároveň průměrná vstříčná rychlost je výrazně nižší [30].

2.5.2 Hydrometeory

Hydrometeory jsou vytvořené soustavou vodních částic ve skupenství kapalném nebo tuhém, padajících nebo se vznášejících v atmosféře nebo zdvižených větrem ze zemského povrchu nebo usazených na předmětech na zemském povrchu nebo ve volné atmosféře [22]. Mezi hydrometeory patří srážky (usazené – rosa, jíní, jinovatka, námraza, ledovka, a padající – déšť, sníh, kroupy apod.), nízko a vysoko zvířený sníh, kouřmo a mlha.

Déšť je obecně definován následujícím způsobem: „Vodní srážky vypadávající z oblaků ve tvaru kapek o průměru větším než 0,5 mm nebo i menším, pokud jsou velmi rozptýlené [22].“ Déšť je ve zprávě METAR značen písmeny RA.

Sníh (SN) je hydrometeor pevného skupenství vypadávající z oblaků ve formě ledových krystalků, většinou hvězdicovitého uspořádání. Při teplotě pod 0 °C tvoří na zemském povrchu sněhovou pokrývku nebo poprašek, při teplotě nad 0 °C má charakter mokrého sněhu nebo sněhu s deštěm [22]. Při vytrvalém slabém sněžení je dohlednost obvykle v rozmezí 1 až 2 km. Za silného sněžení pak dohlednost klesá až na desítky metrů [18].

Nízko zvířený sníh se vyskytuje při sněhové pokrývce na zemském povrchu a při silném turbulentním větru, přičemž dohlednost ve výšce očí pozorovatele není nijak výrazně snížena [22].

Vysoko zvířený sníh se stejně jako nízko zvířený sníh vyskytuje při sněhové pokrývce a silném turbulentním větru, avšak dohlednost ve výšce očí pozorovatele je velmi malá a může být snížena až do výšky 1 km nad zemí [22].

Kouřmo (BR) je meteorologický jev tvořený mikroskopickými kapičkami vody v ovzduší, který snižuje dohlednost nad 1 km. Podle intenzity rozdělujeme kouřmo do tří skupin (tab. 4) [18].

Tab. 4 Rozdělení kouřma podle intenzity [18]

Intenzita	Dohlednost
silné kouřmo	1000 – 2000 m
mírné kouřmo	do 4 km
slabé kouřmo	do 10 km

O mlze bude pojednáno v samostatné kapitole 2.

3. MLHA JAKO HLAVNÍ PŘÍČINA MALÉ DOHLEDNOSTI

3.1 Definice

Podle [22] je mlha definována jako „atmosférický aerosol, sestávající z velmi malých vodních kapiček, popř. drobných ledových krystalků rozptýlených ve vzduchu, který zmenšuje vodorovnou dohlednost při zemi alespoň v jednom směru pod 1 km.“ Tyto vodní kapičky anebo ledové krystalky výrazně nesedimentují, takže nemají charakter běžných atmosférických srážek. Mlha má obvykle bílé zabarvení, pouze v průmyslových oblastech vlivem znečištění ovzduší může nabýt až žluté, hnědé nebo i šedé barvy. Pro směs kouře a mlhy se používá označení smog. Mlha svojí strukturou připomíná oblak druhu stratus (St), ovšem na rozdíl od stratu má základnu přímo na zemském povrchu anebo na povrchu vodních ploch [18].

3.2 Hlášení mlh ve zprávách SYNOP, METAR/SPECI a TAF

Na přízemní synoptické mapě je mlha jakožto stav počasí (kód ww) zakreslena ve staničním modelu (obr. 1) mezi údajem o dohlednosti a staničním kroužkem.

Tab. 5 Systém kódování dohlednosti ve zprávě SYNOP

kód	značka	druh mlhy
40	(≡)	Vzdálená mlha nebo zmrzlá mlha převyšující úroveň oka pozorovatele; v poslední hodině mlha na stanici nebyla.
41	≡≡	Mlha nebo zmrzlá mlha v chuchvalcích.
42	≡≡	Mlha nebo zmrzlá mlha, oblohu lze rozeznat; zeslábla během poslední hodiny.
43	≡≡	Mlha nebo zmrzlá mlha, oblohu nelze rozeznat; zeslábla během poslední hodiny.
44	≡≡	Mlha nebo zmrzlá mlha, oblohu lze rozeznat; bez podstatné změny během poslední hodiny.
45	≡≡	Mlha nebo zmrzlá mlha, oblohu nelze rozeznat; bez podstatné změny během poslední hodiny.
46	≡≡	Mlha nebo zmrzlá mlha, oblohu lze rozeznat; vznikla nebo zesílila během poslední hodiny.
47	≡≡	Mlha nebo zmrzlá mlha, oblohu nelze rozeznat; vznikla nebo zesílila během poslední hodiny.
48	≡∨	Mrznoucí mlha, oblohu lze rozeznat; mlha, při které se tvoří námrazové jevy.
49	≡∨	Mrznoucí mlha, oblohu nelze rozeznat; mlha, při které se tvoří námrazové jevy.

Ve zprávě METAR/SPECI a TAF je mlha stejně jako ostatní stavy počasí značena písmeny. Oproti zprávě SYNOP je však omezena na čtyři uvedené příklady (tab. 6)

Tab. 6 Značení mlhy ve zprávách METAR/SPECI a TAF

MIFG	přízemní mlha
BCFG	mlha v chuchvalcích nebo pásech
FG	mlha
FZFG	mrznoucí mlha

3.3 Vznik mlhy

Základním předpokladem pro vznik mlhy je nasycení nebo dokonce přesycení ovzduší vodní parou, a také přítomnost kondenzačních jader. V závislosti na aktivitě kondenzačních jader může mlha vznikat už při nasycení ovzduší vodní parou menší než 100 %. Všeobecně, existují tři různé procesy, které vedou k vzniku mlhy – ochlazování vzduchu na teplotu rosného bodu, vypařování vody do relativně chladnějšího prostředí a promíchávání vzduchových mas [18].

Teplota rosného bodu je teplota, při níž vodní pára kondenzuje ve viditelné kapičky. Teplota rosného bodu je proměnlivá, závisí na množství vodní páry v ovzduší [4]. Ochlazování vzduchu na teplotu rosného bodu může být adiabatické nebo neadiabatické. Přízemní vrstva vzduchu se ochlazuje neadiabatickým procesem od chladnějšího zemského povrchu. Takovéto ochlazení může vzniknout dvěma způsoby – prouděním teplého vzduchu nad chladným povrchem země či vody anebo vyzařováním tepla zemského povrchu do okolního prostoru [18].

Vypařování vody do relativně chladnějšího prostředí probíhá v závislosti na velikosti sytostního doplnku, což je rozdíl mezi tlakem nasycené vodní páry nad vodní plochou a tlakem vodní páry obsažené ve vzduchu. Sytostní doplněk je tím větší, čím je větší rozdíl mezi teplotou vzduchu a teplotou vody, která se vypařuje. Při vypařování vody z vodní plochy je ke vzniku mlhy zapotřebí většího rozdílu mezi teplotou vzduchu a teplotou vypařující se vody [18].

Při promíchávání dvou vzduchových mas může mlha vzniknout pouze za předpokladu, že tyto vzduchové masy byly již před promícháváním téměř nasyceny vodní parou a že jejich teplota byla rozdílná. V přízemní vrstvě ovzduší k procesu promíchávání vzduchových mas prakticky nedochází [18].

3.4 Rozdělení mlh

Podle intenzity lze mlhy rozdělit do čtyř kategorií (tab. 7).

Tab. 7 Rozdělení mlh podle intenzity [18]

Stupeň intenzity mlhy	Dohlednost
velmi silná mlha	< 50 m
silná mlha	50 – 200 m
mírná mlha	200 – 500 m
slabá mlha	500 – 1000 m

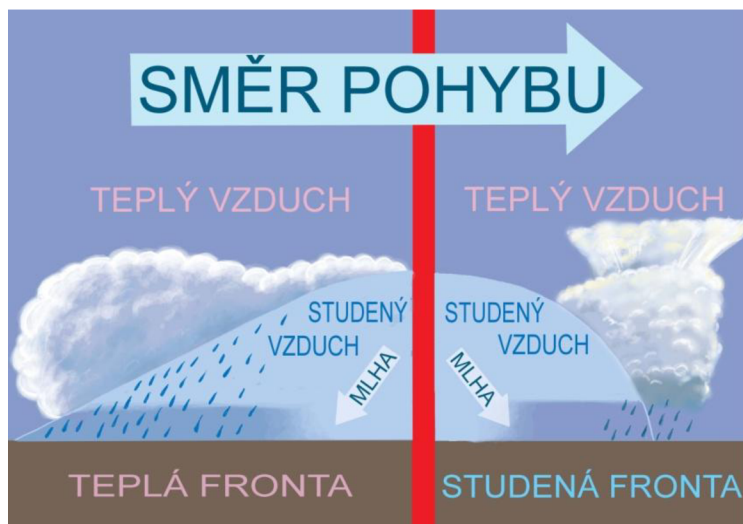
Dále lze dělit mlhy podle Willettovy klasifikace mlh z roku 1928. H. C. Willet mlhy rozdělil podle podmínek a způsobu jejich vzniku na mlhy frontální a nefrontální, tedy mlhy uvnitř vzduchových hmot. Frontální mlhy dále roztrídil na předfrontální, přímo na frontách a zafrontální. Mlhy uvnitř vzduchových hmot jsou mlhy radiační, advekční a advekčně-radiační (kombinované) [22].

3.5 Druhy mlh

3.5.1 Mlhy frontální

Frontální mlhy (obr. 2) se vyskytují při přechodu atmosférických front (tj. úzkého přechodového pásma diskontinuity oddělujícího dvě vzduchové hmoty různých vlastností) [6]. Jejich vznik je spojen s advekční změnou teploty ovzduší, dostatečným nasycením ovzduší frontálními srážkami a také s předfrontálním poklesem tlaku vzduchu [22]. Vzhledem k tomu, že studená fronta obvykle postupuje rychleji než teplá fronta, mlhy doprovázející studenou frontu se na jediném místě zdržují krátkou chvíli. Naopak mlhy na teplé frontě přetrvávají po delší dobu a také pokrývají větší oblast. Jako příklad mlhy na teplé frontě lze uvést převládající mlhy podél západního pobřeží Evropy, zejména Francie a Velké Británie v chladné části roku [4].

Obr. 2 Frontální mlhy [4]



3.5.2 Mlhy uvnitř vzduchových hmot

Mlhy uvnitř vzduchových hmot lze dále dělit na radiační mlhy (neboli mlhy z vyzařování), mlhy advekční a mlhy advekčně-radiační.

„Mlha z vyzařování (obr. 3) vzniká za poměrného bezvětří a jasných nocí ochlazením povrchu země a vyzařováním tepla z povrchu země do světového prostoru. Stykem s ochlazeným povrchem země se teplota vzduchu snižuje tak dlouho, až dosáhne teploty rosného bodu. Pak se tvoří mlha, která zůstává na místě [4].“ Radiační mlha tedy může být příčinou několikanásobného uzavření letišť. Tento druh mlhy nejčastěji vzniká v noci nad pevninou v anticyklonách a hřebenech vysokého tlaku. Co se týče její vertikální mohutnosti, obvykle nabývá tloušťky 100 až 200 m. Radiační mlhy s velkou vertikální mohutností se vyskytují především v zimním období [18].

Obr. 3 Radiační mlhy [4]



Advekční mlhy (obr. 4) vznikají při horizontálním pohybu teplejšího vzduchu o malé rychlosti nad studeným povrchem, jehož teplota je nižší než teplota rosného bodu proudícího vzduchu. Proces vzniku advekčních mlhy tedy závisí na rozdílu teploty rosného bodu proudícího vzduchu a teploty zemského povrchu. Advekční mlhy se vytváří téměř nad jakýmkoliv vlhkým povrchem, avšak jsou typické v pobřežních oblastech a nad mořem. Mají velký plošný rozsah a jejich vertikální mohutnost zejména v zimním období může dosáhnout 1 až 2 km [18].

Obr. 4 Advekční mlhy [4]



Mlhy advekčně-radiační vznikají kombinací advekčního ochlazování vzduchu ve dne a radiačního ochlazování v noci. Vyskytují se převážně na pevnině [18].

4. VLIV DOHLEDNOSTI NA LETECKÝ PROVOZ

Navzdory stále vyspělejší a přesnější letecké zabezpečovací technice a navigačních systémů, dohlednost zůstává limitujícím faktorem při leteckém provozu, zejména při vzletu, přiblížení, přistání a pohybu letadel po letišti. Mlha, jakožto jev výrazně snižující dohlednost, může významným způsobem ohrozit bezpečnost letu, jako tomu bylo například 27. března 1977 na letišti Los Rodeos na ostrově Tenerife, kdy se na vzletové a přistávací dráze srazila dvě letadla společnosti PanAm a KLM. Mimo jiné byla jednou z příčin tohoto leteckého neštěstí, při kterém zahynulo 583 osob, rychle se zhoršující dohlednost vlivem silné mlhy. Letecká nehoda polského letounu Tu-154M Lux, která se stala 10. dubna 2010 u Smolenska v Rusku, je jen dalším příkladem vlivu dohlednosti na letecký provoz. Dohlednost pod 500 m a silná mlha v kombinaci s nedodržením daných postupů měla za následek letecké neštěstí, při kterém došlo k úmrtí 96 osob a totální destrukci letounu [9].

4.1 Druhy provozu

4.1.1 Let podle pravidel VFR

VFR let je let, který je prováděn v souladu s pravidly pro let za viditelnosti. Let VFR nesmí být zahájen, pokud jsou meteorologické podmínky horší než meteorologické podmínky pro let za viditelnosti (VMC). VMC podmínky jsou dané vodorovnou dohledností, vzdáleností od oblačnosti a výškou základny nejnižší význačné vrstvy oblačnosti, které jsou stejné nebo lepší než předepsaná minima (tab. 8) [14].

Tab. 8 Meteorologické podmínky pro let za viditelnosti podle [14]

Třída vzdušného prostoru	C, D, E	G
Letová dohlednost	8 km v a nad FL 100 5 km pod FL 100	5 km*
Vzdálenost od oblaků	1 500 m horizontálně 300 m (1 000 ft) vertikálně	Vně oblaků a za viditelnosti země
* a) lety při letové dohlednosti nižší než 5 km, ale ne nižší než 1 500 m mohou být prováděny: 1) při rychlostech, které při převládající dohlednosti poskytnou přiměřenou možnost spatřit jiný provoz nebo překážky v čase, který dovolí vyhnout se srážce, nebo 2) za okolností, při kterých pravděpodobnost setkání s jiným provozem by byla normálně malá, např. v prostorech s malou hustotou provozu nebo při leteckých pracích v nízkých hladinách. b) lety vrtulníků při letové dohlednosti nižší než 1 500 m, ale ne nižší než 800 m, mohou být prováděny, jestliže manévrují rychlostí, která poskytne přiměřenou možnost spatřit jiný provoz nebo překážky v čase, který dovolí vyhnout se srážce.		

4.1.2 Let podle pravidel IFR

IFR let je prováděn v souladu s pravidly pro let podle přístrojů. Meteorologické podmínky pro let podle přístrojů (IMC) jsou stejně jako VMC podmínky určené vodorovnou

dohledností, vzdáleností od oblačnosti a výškou základny nejnižší význačné vrstvy oblačnosti, které jsou ovšem horší než předepsaná minima VMC podmínek. Při letu podle IFR není třeba vizuálního kontaktu pilota se zemí s výjimkou vzletu a přistání [14].

Pravidla pro let za viditelnosti a pro let podle přístrojů jsou podrobněji popsána v leteckém předpise L2 Pravidla létání.

4.2 Letištní provozní minima

Pro každé letiště odletu, letiště určení a náhradní letiště, které provozovatel plánuje použít, musí stanovit letištní provozní minima (AOM). Tato minima nesmí být menší než minima stanovené státem, na jehož území se letiště nachází. Při stanovování letištních provozních minim musí provozovatel brát v úvahu následující parametry:

- typ, výkon a charakteristiky ovládání letounu;
- složení letové posádky, způsobilost a zkušenosti jejích členů;
- rozměry a vlastnosti drah, jejichž použití lze zvolit;
- přiměřenost a výkonnost pozemních prostředků, které se dají použít při letu za viditelnosti a při letu podle přístrojů;
- palubní vybavení, které je použitelné podle potřeby pro navigaci nebo k řízení dráhy letu při vzletu, přiblížení a přistání, dojezdu a také pro případ nezdařeného přiblížení;
- překážky v prostorech pro přiblížení, nezdařeného přiblížení, počáteční stoupání pro provedení nepředvídaných postupů a nezbytné bezpečné výšky nad překážkami;
- bezpečná nadmořská výška nebo výška nad překážkami pro přiblížení podle přístrojů;
- prostředky k určení a hlášení meteorologických podmínek;
- technika letu, která se má použít během konečného přiblížení [26].

Letištní provozní minima jsou určena pomocí výšky rozhodnutí (DH) a dohlednosti (VIS)/dráhovou dohledností (RVR). Výška rozhodnutí je definována jako výška při přesném přiblížení nebo při přiblížení s vertikálním vedením, ve které musí být zahájen postup nezdařeného přiblížení, jestliže pilot nemá vizuální kontakt se zemí pro pokračování v přiblížení [17].

4.3 Využitelnost letišť – kategorie drah pro přesné přístrojové přiblížení

Podle ICAO lze pro přesné přístrojové přiblížení rozlišit 3 kategorie (CAT): CAT I, CAT II a CAT III.

4.3.1 CAT I

Pro přiblížení podle CAT I je možno použít systémy řízení přesného přiblížení na přistání ILS, MLS a PAR. Pro tuto kategorii je třeba splnit následující podmínky:

- výška rozhodnutí – až do 200 ft (60 m)

- dohlednost – ne menší než 800 m
- dráhová dohlednost – min. 550 m.

Jestliže je na letišti měřena dráhová dohlednost, má tento údaj přednost před vodorovnou dohledností [23]. V České republice tuto kategorii splňují letiště Brno-Tuřany, Karlovy Vary, Kbely, Praha-Ruzyně (dráha 12/30 a dráha 06) a Vodochody s pomocí systému ILS [1].

4.3.2 CAT II

Pro přiblížení podle CAT II může být použito přibližovací zařízení ILS nebo MLS. Základní požadavky pro přiblížení podle CAT II jsou:

- výška rozhodnutí - až do 100 ft (30 m)
- dráhová dohlednost – min. 300 m [23].

Podmínky pro CAT II splňují letiště Ostrava-Mošnov a Praha-Ruzyně (dráha 24) s přibližovacím zařízením ILS [1].

4.3.3 CAT III

Tato kategorie je dále rozdělena na CAT III A, CAT III B a CAT III C (tab. 9).

Tab. 9 Základní požadavky pro přiblížení podle CAT III podle [23]

Kategorie ICAO	Výška rozhodnutí (DH)	Dráhová dohlednost (RVR)
CAT III A	méně než 30 m nebo 0	ne menší než 200 m
CAT III B	méně než 15 m nebo 0	ne menší než 75 m
CAT III C	0	0

Dráha 24 na letišti Praha-Ruzyně splňuje požadavky pro ICAO kategorii CAT III A a CAT III B. V současné době se v České republice nenachází žádné letiště, které by vyhovovalo požadavkům pro CAT III C [1].

„Činnost v CAT II nebo v CAT III je podmíněna dalšími požadavky:

- letadlo disponuje potřebnými letovými charakteristikami a vybavením;
- posádka letadla je vycvičena k činnosti v těchto podmínkách;
- letiště je odpovídajícím způsobem vybaveno;
- lze prokázat, že požadovaná úroveň bezpečnosti bude udržena [29].“

V případě že se sníží kvalita funkce systému ILS (MLS) nebo není měřena dráhová dohlednost, letiště přechází na nižší kategorii provozních minim [18, 29].

5. MLHY A DRÁHOVÁ DOHLEDNOST NA LETIŠTI BRNO-TUŘANY

Letiště Brno-Tuřany (LKTB) je veřejné mezinárodní letiště, které leží přibližně 7,5 km jihovýchodně od hlavního nádraží města Brna. Geograficky se letiště Brno-Tuřany nachází na otevřené rovině v blízkosti Dražanské vrchoviny v severním výběžku Dyjsko-svrateckého úvalu. Díky své výhodné poloze patří mezi letiště, jejichž provoz je po většinu roku jen velmi málo ovlivněn povětrnostními podmínkami [20].

5.1 Určování dohlednosti a dráhové dohlednosti na letišti Brno-Tuřany

Na letišti Brno-Tuřany se dohlednost a dráhová dohlednost určuje dvěma způsoby – vizuálně nebo pomocí přístrojů.

5.1.1 Vizualní určování dohlednosti a dráhové dohlednosti na letišti Brno-Tuřany

Vizuálně se dohlednost určuje kvalifikovaným odhadem pozorovatele každou půl hodinu pozorováním objektů či světelných bodů o známé vzdálenosti. Ve dne se dohlednost určuje podle platného plánu dohlednosti (příloha 1). Pro určování dohlednosti v noci se plán dohlednosti nepoužívá, dohlednost se určí pomocí pozorování světelných bodů v okolí letiště, například továrních komínů, kostelních věží nebo světel města Brna. Vizualní určování dráhové dohlednosti se provádí pouze ve výjimečných případech, a to na vyžádání řídicího letového provozu.

5.1.2 Přístrojové určování dohlednosti a dráhové dohlednosti na letišti Brno-Tuřany

Pro přístrojové určování dohlednosti a dráhové dohlednosti na LKTB je používán transmisometr od finské firmy Vaisala. V roce 1995 byly na letišti Brno-Tuřany instalovány dva transmisometry typu MITRAS (obr. 5) na pozici TDZ a MID dráhy 28. Z důvodu ukončení servisní podpory byly tyto transmisometry vyměněny v roce 2013 za typ LT31 od téže firmy [7]. Umístění transmisometrů (červeně vyznačeno v příloze 2) na letišti Brno-Tuřany je v souladu s [15]. Oba dva typy jsou transmisometry s jednou základnou, tzv. single-base. Základna transmisometru MITRAS byla 50 m s provozním rozsahem měření MOR od 40 do 2000 m. Základna transmisometru LT31 je 32 m s provozním rozsahem měření MOR od 10 do 10000 m [27, 28]. Pomocí změřeného koeficientu propustnosti ovzduší je určen MOR, který je pak přepočítán podle Koschmiederova vztahu (1) na VIS a RVR. Princip činnosti transmisometru je podrobněji popsán v kap. 2.2. Transmisometr MITRAS vyhodnocoval MOR každých 16 vteřin, transmisometr LT31 vyhodnocuje MOR každých 15 vteřin. Výstupní data (příloha 3) lze zobrazit na dvou displejích v systému AviMet AWOS na pracovišti meteorologické stanice. Pracovník této stanice může editovat hodnotu dohlednosti VIS na základě jeho vizualního určení dohlednosti. Dráhovou dohlednost RVR nelze editovat, v případě poruchy transmisometru je pouze možné celý systém odstavit mimo provoz a vydat NOTAM obsahující informaci o změně provozuschopnosti transmisometrů.

Obr. 5 Transmisometr MITRAS (nalevo) a transmisometr LT31 (napravo)



5.2 Mlhy na letišti Brno-Tuřany

Podkladová data pro zpracování statistického přehledu o četnostech a trvání mlh různé intenzity na letišti Brno-Tuřany ve vybraných měsících chladného pololetí poskytl Český hydrometeorologický ústav (ČHMÚ). Jedná se o zprávy METAR a SPECI, a to za pět chladných pololetí z let 2008/09 až 2012/13. Kvůli výměně transmisometru MITRAS za transmisometr LT31 v říjnu 2013 do statistického přehledu nebylo zařazeno chladné pololetí říjen 2013 až březen 2014 [7]. Chladné pololetí na severní polokouli trvá od 1. října do 31. března [22]. Chladné pololetí je oproti teplému pololetí pro zpracování tohoto statistického přehledu významnější vzhledem k většímu výskytu mlh. Je tomu tak proto, že v chladném pololetí při nižší teplotě vzduchu je vzduch blíže stavu nasycení a že se častěji vyskytují anticyklony, které jsou příznivé pro vytváření radiační mlhy. Naproti tomu v létě je velký deficit teploty rosného bodu, čili je malá poměrná vlhkost, a jaro je největrnější částí roku, a turbulentní prostředí znemožňuje vytváření mlhy.

Z poskytnutých dat byly vybrány veškeré zprávy METAR a SPECI, v nichž byla dohlednost menší než 1000 m. Z celkového počtu 1345 zpráv, ve kterých zakódovaná dohlednost byla menší než 1000 m, jen ve 3,2 % bylo příčinou zmenšení dohlednosti silné sněžení, mrholení či déšť, nikoliv mlha. Zbýlých 96,8 % tedy byly zprávy s dohledností pod 1000 m v důsledku mlhy.

5.2.1 Četnost výskytu a intenzita mlh na letišti Brno-Tuřany

V pěti chladných pololetích se mlha vyskytla celkem ve 143 dnech, což je 15,7 % z celkového počtu 911 dní z tohoto období. Tab. 10 znázorňuje průměrný počet dní s mlhou a nejvyšší počet dní s mlhou v jednotlivých měsících ve zkoumaných pěti chladných pololetích. Měsíční průměrný počet dní s výskytem mlhy je 5,7 dní a nejvyšší počet dní v měsíci 13, a to v listopadu 2011 a v prosinci 2012.

Tab. 10 Průměrný a nejvyšší počet dní s mlhou v jednotlivých měsících v chladných pololetích 2008/09 až 2012/13

Měsíc	Průměrný počet dní	Nejvyšší počet dní
říjen	4,2	10
listopad	7,4	13
prosinec	7,4	13
leden	5,4	10
únor	3,6	8
březen	0,6	2

Nejvíce dní s mlhou připadá na listopad a prosinec, zatímco v březnu je výskyt mlhy téměř nepravděpodobný.

Ze souboru dat byly vyhledávány zprávy METAR/SPECI, v nichž byla zakódovaná dohlednost pod 50 m (velmi silné mlhy) a 50 m, 100 m a 150 m (silné mlhy). Za pět chladných pololetí se však nevyskytl ani jeden den s mlhou, kdy dohlednost klesla pod 50 m. Silná mlha se vyskytla v 33 dnech, tedy přibližně 3,6 % ze všech dní s mlhou. Z celkového počtu zpráv METAR/SPECI je procento výskytu silné mlhy 6,9 %. Tab. 11 zobrazuje procentuální zastoupení výskytu silné mlhy v jednotlivých měsících.

Tab. 11 Výskyt silné mlhy (v %) ve zprávách METAR/SPECI v jednotlivých měsících v chladných pololetích 2008/09 až 2012/13

Měsíc	říjen	listopad	prosinec	leden	únor	březen
Výskyt silné mlhy	9,3	8,3	7,8	3,5	6,3	0

5.2.2 Směr a rychlost větru při výskytu mlh na letišti Brno-Tuřany

Pro účely zpracování statistiky směru větru při mlze byly všechny směry větru rozděleny do čtyř hlavních směrů (N, E, S, W) a čtyř vedlejších směrů větru (NE, SE, SW, NW) podle tab. 12 a zvlášť jsou uváděny případy bezvětří (CALM) a proměnlivého směru

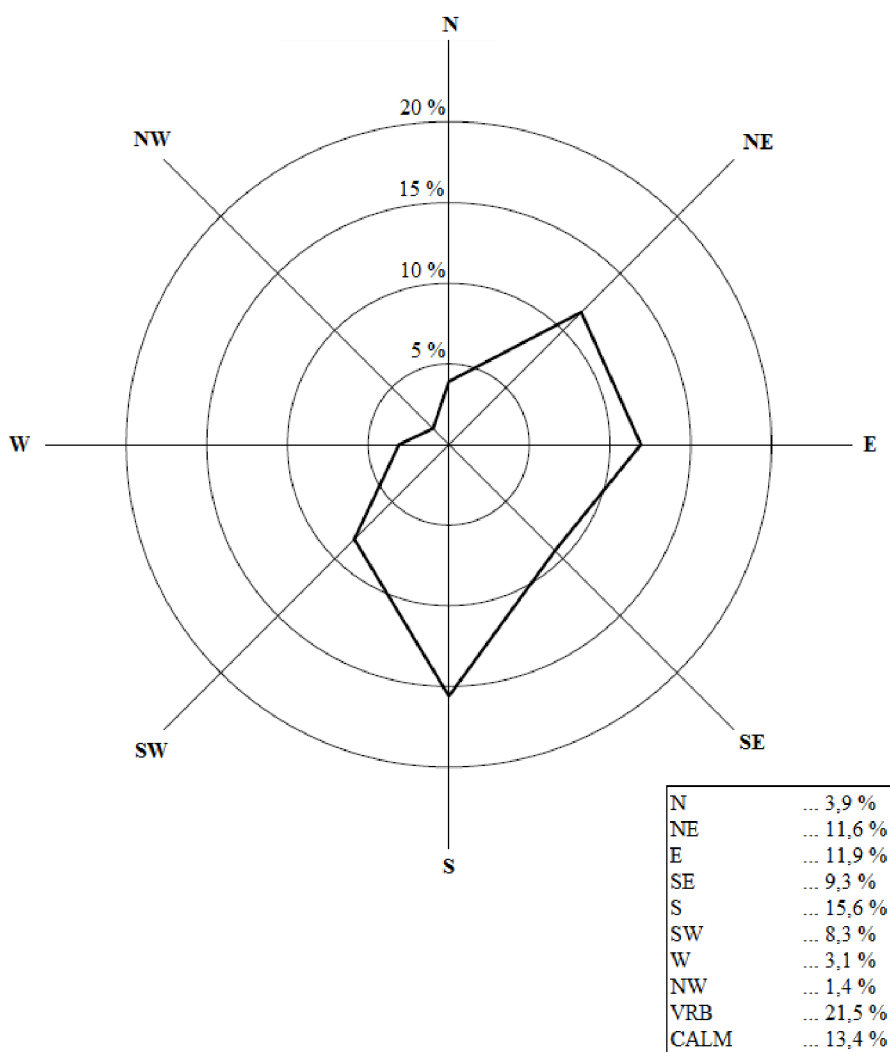
větru (VRB). Vzhledem k tomu, že 36 směrů větru, jak je uvádí zpráva METAR, nelze rovnoměrně přiřadit k osmi směrům větru, bylo zvoleno kompromisní řešení, které je uvedeno v tab. 12.

Tab. 12 Rozdělení směru větru

N	340°, 350°, 360°, 010°, 020°
NE	030°, 040°, 050°, 060°
E	070°, 080°, 090°, 100°, 110°,
SE	120°, 130°, 140°, 150°
S	160°, 170°, 180°, 190°, 200°
SW	210°, 220°, 230°, 240°
W	250°, 260°, 270°, 280°, 290°
NW	300°, 310°, 320°, 330°

Kvůli minimálnímu počtu dní s mlhou v únoru a především v březnu bylo relevantní zpracovat pouze statistiku směru větru za celá chladná pololetí 2008/09 až 2012/13. Jak naznačuje obr. 6, nejvíce se mlha vyskytuje při proměnlivém směru větru (21,5 %) a dále při jižním směru větru (15,6 %).

Obr. 6 Směr větru za pět chladných pololetí 2008/09 až 2012/13



Průměrná rychlost větru za mlhy v měsících chladných pololetí je uvedena v tab. 13. Za celé období činila 2,5 kt.

Tab. 13 Průměrná rychlost větru (v kt) v jednotlivých měsících v chladných pololetích 2008/09 až 2012/13

Měsíc	Průměrná rychlost větru
říjen	2,1
listopad	2,9
prosinec	2,6
leden	2,5
únor	1,5
březen	1,1

Z tab. 13 je zřejmé, že mlha na letišti Brno-Tuřany se vyskytuje jenom při vánku nebo slabém větru podle Beaufortovy stupnice větru⁵.

Tab. 14 Procentuální zastoupení (v %) rychlosti větru (v kt) při mlze v jednotlivých měsících a pět chladných půlroků 2008/09 až 2012/13

Měsíc	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	11	14
říjen	18,6	11	29,1	24,4	11	2,3	0,6	1,2	1,8	0	0	0
listopad	8,6	15,2	19,7	20,7	17,2	12,1	3,8	2,4	0	0	0	0,3
prosinec	10	10	25,4	22,4	18,3	7,6	3,9	1,5	0,5	0,2	0,2	0
leden	18,1	13,6	23,7	22	11,8	7,7	1,7	0,7	0,7	0	0	0
únor	19,5	21,9	28,9	15,6	7,8	3,1	0	1,6	1,6	0	0	0
březen	0	0	66,7	13,3	13,3	6,7	0	0	0	0	0	0
celkem	13,4	13,1	25	21,4	14,6	7,5	2,5	1,5	0,7	0,1	0,1	0,1

Je třeba brát v úvahu, že údaje uvedené v tab. 14 nejsou statisticky stejně významné, protože vycházejí z rozdílných četností výskytu mlhy. Nejvíce jsou zastoupeny rychlosti větru 2 a 3 kt a rychlosti větru 11 a 14 kt jsou nepravděpodobně.

5.2.3 Synoptické příčiny výskytu mlh na letišti Brno-Tuřany

Dále byly sledovány synoptické podmínky k utváření a setrvávání mlh, a to podle kalendáře povětrnostních situací, který sestavuje kolektiv pracovníků ČHMÚ a SHMÚ a který je zveřejňován na internetu [25]. Kalendář se opírá o typizaci povětrnostních situací, která je popsána v Katalogu povětrnostních situací [11].

Za pět chladných pololetí se mlha nejvíce vyskytovala při západní cyklonální situaci Wc, a to v 13,3 % ze všech dní s mlhou, dále pak v 11,9 % při brázdě nízkého tlaku nad střední Evropou B a v 11,1 % při brázdě postupující přes střední Evropu Bp. Tab. 15

⁵ Vánek, což je 1. stupeň Beaufortovy stupnice větru, odpovídá rychlosti 0,6 až 3 kt a slabý vítr 3,2 až 6,6 kt [22].

znázorňuje procentuální zastoupení nejčastěji se vyskytujících synoptických situací při mlze v jednotlivých měsících v chladných pololetích 2008/09 až 2012/13.

Tab. 15 Synoptické situace při mlze v jednotlivých měsících v chladných pololetích 2008/09 až 2012/13

Měsíc	Synoptická situace		
říjen	Bp (18,9%)	Wc (14,3%)	Wa, SWa, B, NWc (9,5%)
listopad	B, SEa (16,2%)	Wc, Wa (10,8%)	SWa (8,2%)
prosinec	SWc2 (16,3%)	B, Wc (13,5%)	Bp (10,8%)
leden	Wc (22,3%)	Vfz, SWc2, Bp (11,1%)	Wcs, SWa (7,4%)
únor	SWc1, SWc2, Bp, SEc (16,7%)	NWc (10,8%)	Vfz, Wc, Ec, B (5,6%)
březen	B (66,7%)	Ec (33,3%)	-

Je překvapující, že mlha na letišti se vyskytuje při tak vysokém počtu synoptických situací, a to především za situací cyklonálních. Může to být způsobeno tím, že typizace autorského kolektivu ČHMÚ je pro sledování mlhy příliš povšechná a hrubá, takže nevystihuje regionální a lokální podmínky pro tvorbu mlhy. K detailnějšímu rozboru příčin mlhy by mohlo napomoci aerologické měření, pokud by se provádělo v malé vzdálenosti od letiště. Přitom nejbližší aerologickou stanicí je vojenská stanice v Prostějově. Toto studium by však přesáhlo zadání bakalářské práce.

Druhým důvodem výskytu relativně četných mlh při některých situacích může být použití jen pěti chladných pololetí s poměrně malým výskytem anticyklonálních situací. Dalo se totiž předpokládat, že optimální podmínky pro utváření mlh nastávají především za situace A – anticyklona nad střední Evropou, která se nejčastěji vyskytuje právě na podzim a v zimě. Při ní existují nejvhodnější podmínky pro vytváření radiační mlhy, kterými jsou podle [31]:

- jasné počasí nebo malá oblačnost v noci
- slabý vítr
- malý začáteční deficit teploty rosného bodu
- velká poměrná vlhkost vzduchu ve večerních hodinách
- suchý povrch půdy
- inverzní rozdělení teploty vzduchu při malém deficitu rosného bodu ve vrstvě 50 m až 300 m nad povrchem země
- kotlinový reliéf, který způsobuje koncentraci studeného vzduchu v nižších polohách.

Všechny tyto okolnosti mohou být příznivé pro vytváření radiační mlhy na letišti Brno-Tuřany s výjimkou posledně uvedené (kotlinový reliéf), protože letiště se nachází v rovinném terénu Tuřanské terasy. Příkladem synoptické příčiny radiační mlhy je povětrnostní situace A - anticyklona nad střední Evropou z 11. října 2008 (příloha 4).

Jí je podobná západní anticyklonální situace Wa, za níž naše území leží na severním okraji oblasti vyššího tlaku vzduchu. Za této situace, která se nejčastěji vyskytuje na podzim, panují stejné podmínky pro vytváření radiačních mlhy jako za situace A. Příkladem je situace 27. listopadu 2011, kdy se na letišti vyskytovala celodenní mlha (příloha 5).

Podle typů synoptických situací lze usuzovat, že většina tuřanských mlh je advekčního původu. Tak jak jsou pro radiační mlhy nejpříznivější podmínky ve středních částech anticyklon a podél hřebenů vysokého tlaku vzduchu, tak pro advekční mlhy jsou optimální podmínky v teplých sektorech cyklon a přiléhajících okrajích anticyklon [31]. Nejčastěji advekční mlhy vznikají koncem podzimu. Můžeme je pozorovat i během celých 24 hodin, přičemž obvykle jsou silnější v noci v důsledku dodatečného radiačního ochlazení vzduchu v přízemní vrstvě. Mezi advekční mlhy počítáme mlhy, které vznikají na teplých frontách a na okluzních frontách charakteru teplé fronty. Jsou typické při slabém větru (pomalý postup fronty) a vypadávají jen slabých srážek, zvláště mrholení. Za takových okolností vznikla mlha při jihozápadní cyklonální situaci SWc2 17. listopadu 2009 na teplé frontě za mrholení při teplém jihozápadním proudění (příloha 6).

U advekčně-radiačních mlh je obtížné určit, zda jejich hlavní příčinou je advekce tepla nebo noční ochlazování vzduchu při úplném nebo částečném vyjasnění.

Na závěr je uvedena tab. 16 zobrazující procentuální rozložení synoptických situací ve dnech bez výskytu mlhy v jednotlivých měsících v chladných pololetích 2008/09 až 2012/13. Z celkového počtu 768 dní bez mlhy na letišti Brno-Tuřany bylo 9,3 % dní se situací severozápadní cyklonální NWc, 9 % za brázdny nízkého tlaku B a 8,1 % se západní cyklonální situací Wc.

Tab. 16 Synoptické situace ve dnech bez výskytu mlhy v jednotlivých měsících v chladných pololetích 2008/09 až 2012/13

Měsíc	Synoptická situace		
	říjen	B (11,9%)	SWc2 (11,2%)
listopad	B (15%)	Wc (8,9%)	SEa (8,8%)
prosinec	Wc (14,7%)	Bp (10,2%)	B (9,3%)
leden	NWc (18,1%)	Ea (16,5%)	Nc (10,2%)
únor	Ea (16,4%)	Ec (11,5%)	NWc (10,7%)
březen	NWc (14,5%)	NWa (9,9%)	B (7,3%)
celkem	NWc (9,3%)	B (9%)	Wc (8,1%)

6. ZÁVĚR

Dohlednost na letištích patří k jevům, které mohou zásadně ovlivnit letecký provoz. Určování dohlednosti a dráhové dohlednosti se provádí vizuálně nebo za pomoci měřičů průzračnosti atmosféry neboli transmisometrů. V našich klimatických poměrech je hlavní příčinou malé dohlednosti mlha.

Bakalářská práce se zabývala výskytem mlh na letišti Brno-Tuřany v pěti chladných pololetích 2008/09 až 2012/13. Při zpracování statistického přehledu vycházela ze zpráv METAR/SPECI, které pro účely této práce poskytl Český hydrometeorologický ústav.

Sledovala se četnost mlh různé intenzity a její časové rozložení během chladného pololetí a zvláštní pozornost byla věnována směru a rychlosti větru při mlze. Mlhy na letišti Brno-Tuřany se vyskytují v průměru zhruba 29 dní každého chladného pololetí. Jedná se především o advekční a advekčně-radiační mlhy mírné a slabé intenzity. Byla snaha vysvětlit jejich synoptické příčiny na základě kalendáře povětrnostních situací sestavovaného kolektivem autorů Českého a Slovenského hydrometeorologického ústavu.

Vzhledem k malé četnosti mlh o silné a velmi silné intenzitě mlhy na letišti Brno-Tuřany nejsou větší překážkou leteckého provozu. Bylo by zajímavé zjistit, kolik letů muselo být odkloněno na jiné letiště z důvodu snížení dohlednosti mlhou pod danou kategorii přesného přístrojového přiblížení tohoto letiště.

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK

AMB	Amber	jantarový
AOM	Aerodrome operating minima	letištní provozní minima
AWOS	Automated weather observing system	systém automatického pozorování počasí
B		brázda nízkého tlaku nad střední Evropou
BCFG	Fog patches	chuchvalce mlhy, mlhové pásy
BL	Blowing	zvířený
BLACK	Black	černý
BLU	Blue	modrý
Bp		brázda postupující přes střední Evropu
BR	Mist	kouřmo
°C	Degree Celsius	stupeň Celsia
CALM	Calm	bezvětří
CAT	Category	kategorie
	Clear air turbulence	turbulence v bezoblačném prostoru
CAVOK	Visibility, cloud and present weather better than prescribed values or conditions	dohlednost, oblačnost a současné počasí lepší než předepsané hodnoty nebo podmínky
Cb	Cumulonimbus	kumulonimbus, bouřková kupa, bouřkový oblak
cd	Candela	kandela
cd m ²	Candela per square meter	kandela na metr čtvereční
CIE	Commission Internationale de l'Eclairage	Mezinárodní komise pro osvětlování
ČHMÚ		Český hydrometeorologický ústav
DH	Decision height	výška rozhodnutí
DR	Low drifting	nízko zvířený
DS	Duststorm	prachová vichřice
DU	Dust	prach
E	East	východ
Ea		východní anticyklonální situace
Ec		východní cyklonální situace
END	Stop-end	konec dráhy
FG	Fog	mlha
FL	Flight level	letová hladina
ft	Foot	stopa
FU	Smoke	kouř
FZFG	Freezing fog	namrzající mlha
GRN	Green	zelený
HZ	Haze	zákal
ICAO	International Civil Aviation Organization	Mezinárodní organizace pro civilní letectví

IFR	Instrument flight rules	pravidla pro let podle přístrojů
ILS	Instrument landing system	system pro přesné přiblížení a přistání
IMC	Instrument meteorological conditions	meteorologické podmínky pro let podle přístrojů
K	Kelvin	Kelvin
km	Kilometer	kilometr
kt	Knot	uzel
LKTB		letišť Brno-Tuřany
lx	Lux	lux
m	Meter	metr
METAR	Meteorological aviation report/ Aerodrome routine meteorological report	pravidelná letecká (letištní) meteorologická zpráva
MID	Mid-point	střed dráhy
MIFG	Shallow fog	přízemní mlha
MLS	Microwave landing system	mikrovlnný přistávací systém
mm	Milimeter	milimetr
MOR	Meteorological optical range	meteorologický optický dosah
N	North	sever
NATO	North Atlantic Treaty Organization	Severoatlantická aliance
Nc		severní cyklonální situace
NDV	No directional variations available	nejsou známy žádné změny směru
NE	Northeast	severovýchod
NOTAM	Notice to airmen	oznámení rozšiřované telekomunikačními prostředky
NW	Northwest	severozápad
NWa		severozápadní anticyklonální situace
NWc		severozápadní cyklonální situace
PAR	Precision approach radar	přesný přibližovací radar
RA	Rain	děšť
RED	Red	červený
RSVR	Runway slant visual range	šikmá dráhová dohlednost
RVR	Runway visual range	dráhová dohlednost
RWY	Runway	dráha
S	South	jih
SA	Sand	písek
SE	Southeast	jihovýchod
SEa		jihovýchodní anticyklonální situace
SEc		jihovýchodní cyklonální situace
SHMÚ		Slovenský hydrometeorologický ústav
SN	Snow	sníh
SPECI	Aerodrome special meteorological report	zvláštní letištní meteorologická zpráva

SS	Sandstorm	písečná vichřice
St	Stratus	stratus, sloha
SVR	Slant visual range	šikmá dohlednost, dohlednost na přistání
SW	Southwest	jihozápad
SWa		jihozápadní anticyklonální situace
SWc1		jihozápadní cyklonální situace
SWc2		jihozápadní cyklonální situace
SYNOP		zpráva o přízemních meteorologických pozorování z pozemní stanice
TAF	Terminal aerodrome forecast	letištní předpověď
TCU	Towering cumulus	věžovitý kumulus, kumulus congestus
TDZ	Touchdown Zone	dotyková zóna
UTC	Universal Time Coordinated	světový koordinovaný čas
VA	Volcanic ash	sopečný popel
VFR	Visual Flight Rules	pravidla pro let za viditelnosti
Vfz		vchod frontální zóny
VIS	Visibility	dohlednost
VMC	Visual meteorological conditions	meteorologické podmínky pro let za viditelnosti
VRB	Variable	proměnlivý
W	West	západ
Wa		západní anticyklonální situace
Wc		západní cyklonální situace
Wcs		západní cyklonální situace s jižní dráhou
WHT	White	bílý
WMO	World Meteorological Organization	Světová meteorologická organizace
YLO	Yellow	žlutý

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] AIP: AD 2 Letiště (IFR) [online]. 2013 [cit. 2014-04-03]. Dostupné z: http://lis.rlp.cz/ais_data/www_main_control/frm_cz_aip.htm
- [2] AIP: GEN 3.5 Meteorologické služby [online]. 2012 [cit. 2014-03-05]. Dostupné z: http://lis.rlp.cz/ais_data/www_main_control/frm_cz_aip.htm
- [3] Archiv-Version des Animationstools. [online]. [cit. 2014-05-22]. Dostupné z: http://www.wetter3.de/Archiv/archiv_dwd.html
- [4] BABIKOV, M. Letecká meteorologie. 2. vyd. Praha: Naše vojsko, 1953, 204 s. sv. 10.
- [5] Barevné kódy používané u vojenských letišť. Odbor letecké meteorologie [online]. [cit. 2014-03-06]. Dostupné z: http://old.chmi.cz/meteo/olm/Let_met/_index.htm
- [6] BENEŠ, L. a kol. Učebnice pilota. 1. vyd. Cheb: Svět křidel, 1995, 292 s. + příl.
- [7] ČERNÝ, P. – TECHLOVSKÝ, B. Výměna transmisometrů na letištích Brno-Tuřany a Ostrava-Mošnov. Meteorologické Zprávy, roč. 67, č. 3 (v tisku).
- [8] DVOŘÁK, P. Letecká meteorologie: učebnice meteorologie pro piloty kvalifikace UL, GLD, PPL, CPL, ATPL a všechny ostatní, kteří potřebují odborné znalosti letecké meteorologie. Cheb: Svět křidel, 2010, 481 s. ISBN 978-80-86808-85-7.
- [9] Havárie Tu-154 u Smolenska. In: Wikipedia: the free encyclopedia [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2014-05-22]. Dostupné z: http://cs.wikipedia.org/wiki/Hav%C3%A1rie_Tu-154_u_Smolenska
- [10] Joint Aviation Authorities Airline Transport Pilot's Licence. Meteorology: theoretical knowledge manual 9. 2nd ed., 1st impr. Oxford: Jeppesen, 2002. ISBN 08-848-7286-6.
- [11] Katalog povětrnostních situací pro území ČSSR. 1. vyd. Praha: Hydrometeorologický ústav, 1968, 94 s.
- [12] Kódovací příručka. Sborník předpisů, sv. 12. Praha: Hydrometeorologický ústav, 1978, 192 s.
- [13] KRÁČMAR, J. Meteorologie (050 00): učební texty pro teoretickou přípravu dopravních pilotů dle předpisu JAR-FCL 1. 1. vyd. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2006, 304 s. ISBN 80-720-4447-8.

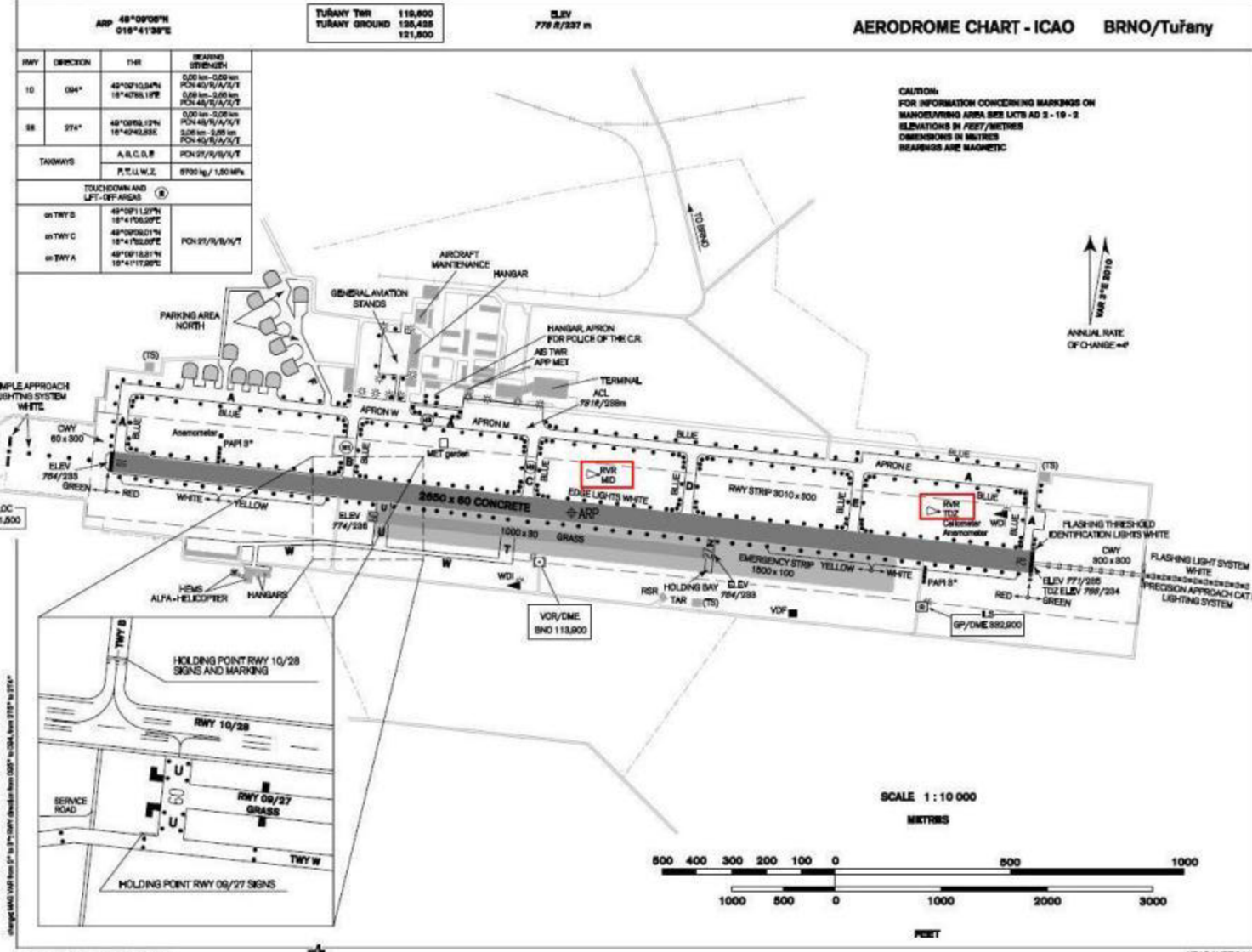
- [14] Letecký předpis L2 Pravidla létání. In: Ministerstvo dopravy České republiky, 2012. Dostupné z: http://lis.rlp.cz/predpisy/predpisy/dokumenty/L/L-2/data/print/L-2_cely.pdf
- [15] Letecký předpis L3 Meteorologie: Doplněk 3 - Technické specifikace týkající se meteorologických zpráv a pozorování. In: Ministerstvo dopravy České republiky, 2013. Dostupné z: <http://lis.rlp.cz/predpisy/predpisy/index.htm>
- [16] Letecký předpis L3 Meteorologie: Hlava 1 - Definice. In: Ministerstvo dopravy České republiky, 2013. Dostupné z: <http://lis.rlp.cz/predpisy/predpisy/index.htm>
- [17] Letecký předpis L6-I Provoz letadel: Hlava 1 - Definice. In: Ministerstvo dopravy České republiky, 2013. Dostupné z: <http://lis.rlp.cz/predpisy/predpisy/index.htm>
- [18] NEDELKA, M. Prehľad leteckej meteorológie. 1. vyd. Bratislava: ALFA, 1984, 222 s.
- [19] ONDRÁŠ, M. (1985): Diagnóza súčasného stavu určovania dohľadnosti cez deň na profesionálnych meteorologických staniciach v ČSSR. Meteorologické Zprávy, roč. 38, č. 3.
- [20] PŘÍKRYL, J. Vizuální a přístrojové určování dohlednosti na letišti Brno-Tuřany. Brno, 1999. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně. Vedoucí práce RNDr. Karel Krška, CSc.
- [21] SMETKA, A. Určování dohlednosti na letištích v České republice [online]. Brno, 2011 [cit. 2014-03-05]. Dostupné z: https://dspace.vutbr.cz/bitstream/handle/11012/4000/Smetka_bakalarka_RVR.pdf?sequence=1. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně. Vedoucí práce RNDr. Karel Krška CSc.
- [22] SOBÍŠEK, B. a kol. Meteorologický slovník výkladový a terminologický. 1. vyd. Praha: Ministerstvo životního prostředí ČR, 1993, 594 s.
- [23] SOLDÁN, V. Letové postupy a provoz letadel. 1. vyd. Jeneč: Letecká informační služba Řízení letového provozu České republiky, 2007, 214 s. ISBN 978-80-239-8595-5.
- [24] ŠETKA, O. Měření dráhové dohlednosti na letišti Praha-Ruzyně. In: Práce a štúdie 41: III. konferencia: Meteorologické zabezpečovanie letectva, Súčasné otázky československej leteckej meteorológie. Bratislava: Slovenský hydrometeorologický ústav, 1989, s. 84-89.
- [25] Typizace povětrnostních situací pro území České republiky. [online]. 2014 [cit. 2014-05-22]. Dostupné z: <http://synopinfo.wz.cz/typizace/>

- [26] Úřední věstník Evropské unie. In: Nařízení komise (ES) č. 859/2008. 2008. Dostupné z: http://www.mdcr.cz/NR/rdonlyres/6AF3F431-FAB0-4726-878E-971E8E469CAE/0/nar_859_2008_CS.pdf
- [27] VAISALA. Transmisometr MITRAS: Příručka uživatele. Helsinky, 2009, 191 s.
- [28] VAISALA. Transmissometer LT31: User's Guide. Helsinky, 2009, 278 s.
- [29] VOSECKÝ, S. Radionavigace (062 00 00 00): učební texty pro teoretickou přípravu dopravních pilotů dle předpisu JAR-FCL 1. 1. vyd. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2011, 244 s. ISBN 978-80-7204-764-2.
- [30] WERNER, A. Verschleißphänomene im Flugtriebwerksbau. In: MTU Aero Engines [online]. 2013 [cit. 2014-03-16]. Dostupné z: https://www.mtu.de/de/technologies/engineering_news/others/Werner_Verschleissphaenomene_im_Flugtriebwerksbau_de.pdf
- [31] ZVEREV, A.S. Synoptická meteorológia. Bratislava: Alfa, 1986, 712 s.

PŘÍLOHY

AERODROME CHART - ICAO BRNO/Tuřany

AIP
CZ223 / REPUBLIC

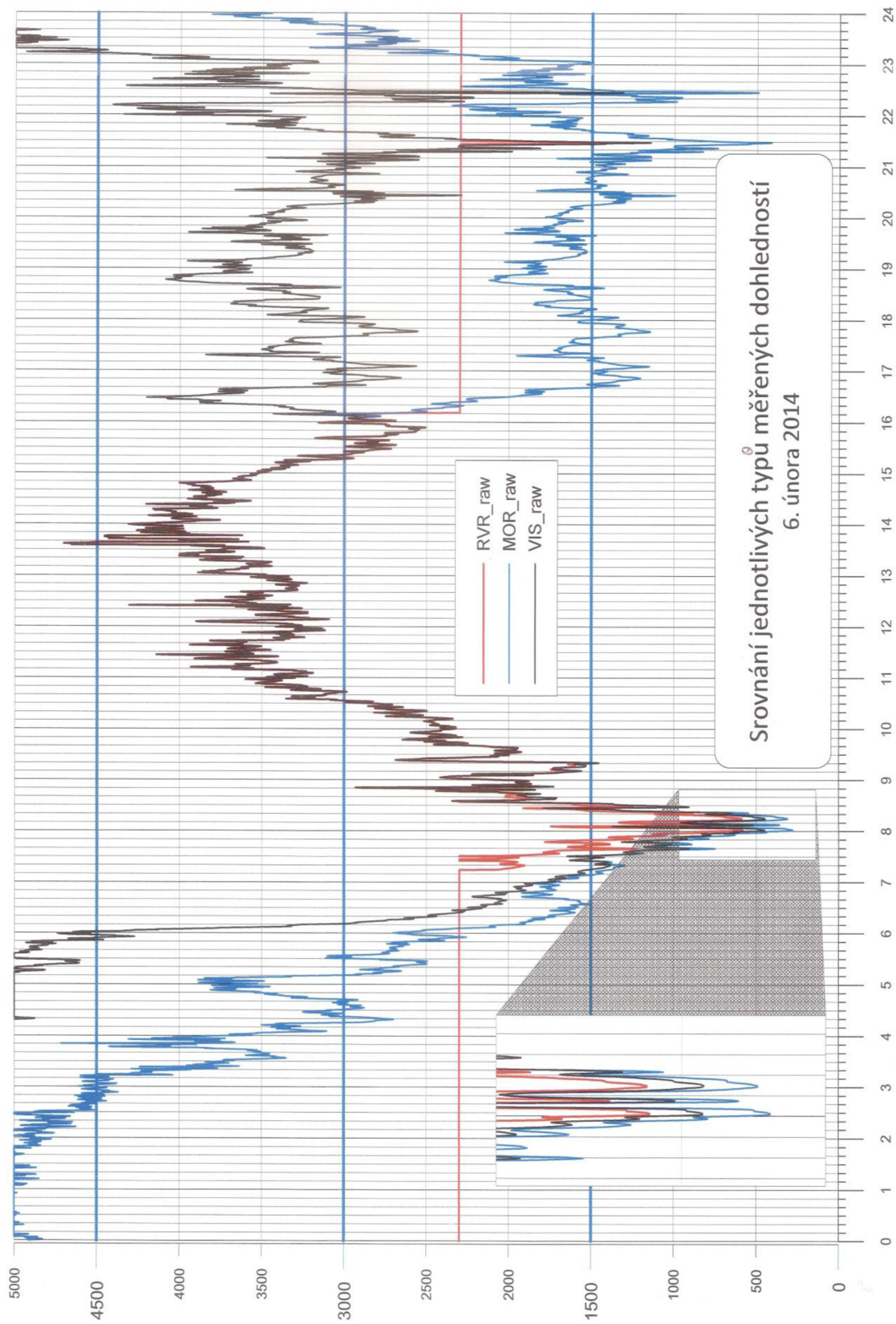


AIP CZ223 / REPUBLIC			
RWY		DIR	BEARING STRENGTH
10	094°	48°09'10.04"N 18°47'58.17"E	0.00 km - 0.00 km PCH 48/19/V/V/T 0.98 km - 0.98 km PCH 48/19/V/V/T
27	274°	48°09'58.12"N 18°47'52.85"E	0.00 km - 0.00 km PCH 48/19/V/V/T 2.08 km - 2.08 km PCH 48/19/V/V/T
TAXIWAYS		A, B, C, D, F	PCH 27/19/V/V/T
TOUCHDOWN LIFT-OFF AREAS		PCH 27/19/V/V/T	
on TWY B		48°09'11.07"N 18°47'56.39"E	
on TWY C		48°09'06.01"N 18°47'52.89"E	
on TWY A		48°09'18.81"N 18°47'57.89"E	
P.T.U.W.Z.		9700 kg / 1.00 MPa	

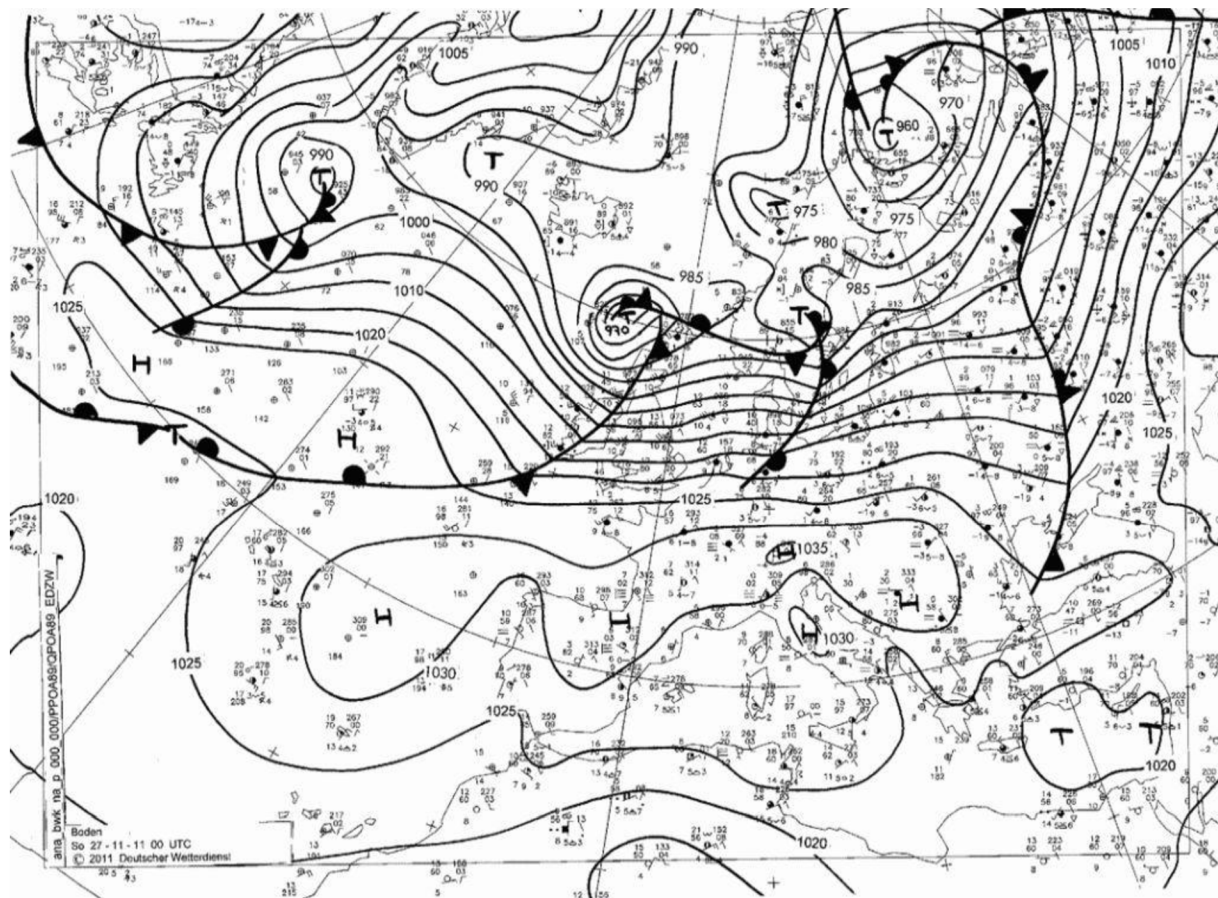
TUŘANY TWR 118,600
TUŘANY GROUND 128,428
121,900

ELEV
778 ft / 237 m

Příloha 3 Grafické zpracování výstupních dat z transmisometrů LT31 na letišti Brno-Tuřany ze dne 6. února 2014



Příloha 5 Mapa přízemní synoptické situace Německé předpovědní služby z 27. 11. 2011
00 UTC [3] – západní anticyklonální situace



Příloha 6 Mapa přízemní synoptické situace Německé předpovědní služby z 17. 11. 2009
00 UTC [3] – jihozápadní cyklonální situace

