

## 9 Dohľadnosť a hmly.

### Cieľ štúdia témy:

Študent využije teoretické poznatky z teórie tvorby oblačnosti a z termodynamiky na vznik a rozpad hmly a dymna a oboznámi sa s ďalšími procesmi redukujúce dohľadnosť.

### Na základe tejto témy študent:

- pochopí pojem dohľadnosť ako základný meteorologický prvok;
- bude poznať meteorologické javy ako hmly, dymno, zákal;
- bude schopný identifikovať jednotlivé druhy hmly podľa druhu procesov, ktoré sa podieľali na jej tvorbe;
- bude schopný popísať vplyv ľudskej činnosti na početnosť javov zhoršujúcich dohľadnosť.

### Hlavné body – pojmy k zapamätaniu:

- dohľadnosť;
- hmly;
- dymno, zákal.

### Kľúčové slová:

- dohľadnosť, hmly, rosný bod, stav nasýtenia.

### Základná študijná literatúra:

- Petr Dvořák, Letecká meteorologie
- Sobota: Učební texty pro teoretickou přípravu dopravních pilotů ATPL(A), Akademické nakladatelství CERM, s.r.o., Brno 2002
- Kulčák a kol.: Učebnice pilota vrtulníku PPL(H) část II, akademické nakladatelství CERM s.r.o Brno, 2009
- ATPL Ground Training Series Meteorology, Book 9, EASA - First Edition Revised for NPA 29, CAE Oxford Aviation Academy (Oxford) Limited 2018
- Kol. autorů: Meteorologický slovník výkladový terminologický, Academia Praha, 1993

## 9.1 Dohľadnosť a jej meranie

Napriek značnému pokroku v prístrojovom vybavení lietadiel a rôznych pozemných i satelitných systémov slúžiacich či už na navigáciu alebo na pristátie, je posádka lietadla ešte stále do rôznej miery závislá na vizuálnej identifikácii terénnych prekážok alebo prahu dráhy. V súčasnosti automatizácia v riadení lietadiel pokročila a niektoré lietadlá sú schopné pristáť bez zásahu ľudskej obsluhy, no ani tieto systémy nie sú celkom bez problémov. Sofistikované automatické spôsoby pilotáže uľahčujú pristátie pri zložitých meteorologických podmienkach, no súčasne predstavujú zvýšené náklady ako na palubné vybavenie, tak i pozemné komponenty, ktoré je potrebné udržiavať, pravidelne kalibrovať a fyzicky chrániť pred ich prípadným poškodením. Vizuálny kontakt je preto pre väčšinu posádok lietadiel nevyhnutný najmä v konečnej fáze letu.



Obrázok 1 Význam dohľadnosti pri vizuálnej identifikácii prahu dráhy

V podmienkach všeobecného letectva, kde prevažujú lety podľa VFR je dohľadnosť spolu s oblačnosťou základným limitujúcim faktorom. Preto sa dohľadnosť sleduje a meria pomerne podrobne a nepretržite.

### 9.1.1 Dohľadnosť

Dohľadnosť (VIS – visibility) je podľa WMO definovaná ako najväčšia vzdialenosť na ktorú možno pozorovať čierny predmet na svetlom pozadí vhodných rozmerov umiestený pri zemi. To platí cez deň. V noci je dohľadnosť definovaná ako najväčšia vzdialenosť, na ktorú je možno spoľahlivo rozoznať na neosvetlenom pozadí zdroj svetla o svietivosti 1000 cd.

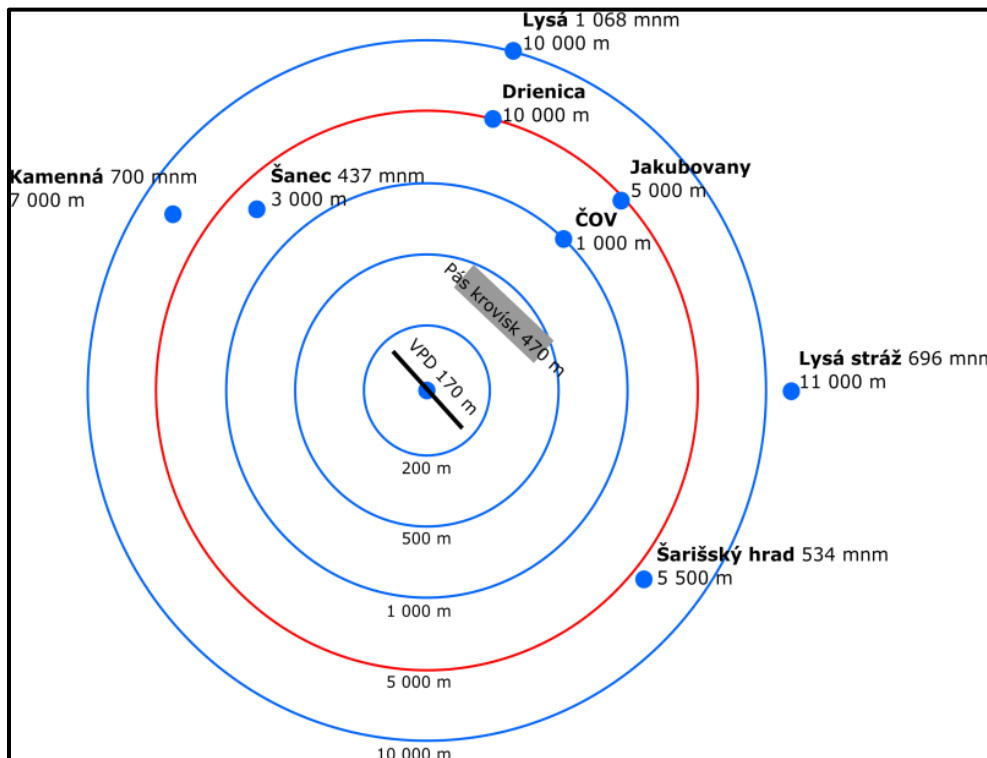
V meteorológii sa v anglickom jazyku okrem výrazu „visibility“ používa i pojem MOR – Meteorological Optical Range. Na určenie dohľadnosti sa používajú dohľadomery alebo sa určuje podľa plánu dohľadnosti letiska. V prípade, že sa dohľadnosť meria v smere vzletovej a pristávacej dráhy, jedná sa o „Runway Visibility Range“ známy pod skratkou RVR. Dohľadnosť je meteorologický prvok, ktorý je možné prístrojovo merať a kvantifikovať pomocou jednotiek vzdialenosti. V USA sa na vyjadrenie dohľadnosti využívajú štatutárne míle, v ostatných krajinách sa dohľadnosť udáva prevažne v metroch.



Obrázok 2 Transmissiometer, prístroj na meranie dráhovej dohľadnosti

Dohľadnosť môže byť zhoršovaná časticami rozptýlenými vo vzduchu, ktoré pohlcujú alebo rozptyľujú svetlo. Môže sa jednať o častice prachu, produkty horenia alebo pevné či kvapalné zrážky. Čím viac častíc sa v ovzduší alebo v objeme vzduchu sa nachádza, tým viac je svetlo pohlcované alebo rozptyľované, pričom k oku pozorovateľa sa dostáva iba časť svetla, prípadne je jeho energia tak redukovaná že ľudské oko nie je schopné rozoznávať svetlo odrazené od predmetov v okolí a tieto predmety sa stávajú zle viditeľnými alebo ich ľudské oko nie je schopné rozoznať.

V prípade, že letisko nie je vybavené prístrojmi na meranie MOR spracúva sa pre letisko plán dohľadnosti pre deň i noc.



Obrázok 3 Denný plán dohľadnosti pre letisko Ražňany

V letectve sa používajú termíny ako dohľadnosť *letová*, je definovaná rovnako ako meteorologická, pozorovateľom v tomto prípade je pilot letiaceho lietadla. Letová dohľadnosť môže značne kolísať v prípade, ak lietadlo prelietava oblačnosť.

Dohľadnosť *šikmá* má význam pre lietadlo vo fáze konečného priblíženia. Je to vzdialenosť, na ktorú je z vyvýšeného bodu možno ešte rozpoznať zemskú povrch, sledovaný pod uhlom zhruba 3 stupňov. V praxi sa zisťuje hlásením posádok lietadiel pri pristávaní.

### 9.1.2 Javy zhoršujúce dohľadnosť

Výbornou dohľadnosťou je myslená meteorologická dohľadnosť 50 km a viac. Dohľadnosť môže byť zhoršovaná kvapkami vzduchu, kryštálkami ľadu a prachovými časticami. Na nich sa svetlo rozptyľuje, láme sa, a teda svetlo z väčších vzdialeností prichádza do ľudského oka oslabené, čo vnímame ako zlú dohľadnosť. To do akej miery a akými časticami je dohľadnosť redukovaná určuje pomenovanie meteorologického javu zhoršujúceho dohľadnosť. Hydrometeory a litometeory sú dve základné skupiny javov, ktoré redukujú priehľadnosť atmosféry. S ich názvu vyplýva, že sa bude jednať buď o produkty kondenzácie alebo depozície, prípadne zrážky alebo o častice pevné, rozptýlené v ovzduší vplyvom prúdenia.

Hydrometeory ktoré redukujú dohľadnosť sú:

- Hmla;
- Dymno;
- vypadávajúce zrážky.

Pri výskyte týchto javov platí, že relatívna vlhkosť vzduchu je aspoň 70 %.

Medzi litometeory majúce vplyv na priehľadnosť atmosféry radíme:

- Zákal;
- Dym;
- Zvírený prach alebo piesok.

Analogicky pri výskyte týchto druhov javov je vzduch suchý a jeho relatívna vlhkosť je pod 70 %.

**Hmla** je jav, pri ktorom dochádza k zhoršeniu dohľadnosti pod 1 km vplyvom malých kvapôčok vody, kryštálkami ľadu alebo ich zmesou. V prípade že je dohľadnosť je redukovaná podobným spôsobom avšak hodnoty dohľadnosti sa nachádzajú v intervale od 1 do 10 km hovoríme o **dymne**.



Obrázok 4 Ranné dymno v údoliach horného Šariša

Vypadávajúce zrážky z oblačnosti môžu redukovať dohľadnosť na významné limitné hodnoty v závislosti od ich intenzity a zloženia. Platí však zásada, že pevné zrážky redukujú dohľadnosť významnejšou mierou ako kvapalné.

Tabuľka 1 Vzťah dohľadnosti a zrážok

Intenzita / druh zrážok	dážď	sneženie
LIGHT	4 – 6 km	1 – 2 km
MOD	2 – 4 km	1 – 0,5 km
HVY	1 km	0,5 – 0,2 km

Ak je dohľadnosť redukovaná pod 10 km v suchom vzduchu hovoríme o zákale. Je spôsobený vplyvom pevných častíc – litometeorov, pričom relatívna vlhkosť vzduchu nepresahuje 70%. Zákal sa vyskytuje najmä v priemyselných oblastiach alebo v suchých púštnych oblastiach a spôsobuje typické opalescentné sfarbenie oblohy.

### 9.1.3 Ročný a denný chod dohľadnosti

Vo všeobecnosti možno tvrdiť, že najlepšie dohľadnosti sú v čistom a suchom vzduchu, kde je absencia častíc, ktoré by dohľadnosť znižovali. Najlepšie dohľadnosti teda možno očakávať v zime nad vrstvou inverzie a v polárnych oblastiach, keďže v chladnom vzduchu je vodných pár menej ako v teplom vzduchu.

Pri dennom chode dohľadnosť je v protipóle s chodom relatívnej vlhkosti. Maximálne dohľadnosti zvyčajne pozorujeme v popoludňajších hodinách, kedy je relatívna vlhkosť najnižšia, dohľadnosti sú najhoršie pred východom slnka a tesne po ňom, keď sú relatívne vlhkosti najvyššie. V prípade výskytu rosy, ktorá sa po východe slnka začne vyparovať možno ráno pozorovať prechodné zníženie dohľadností najmä v prízemnej vrstve až kým sa rosa nevyparí a vplyvom ďalšieho zvyšovania teploty a premiešaním vzduchu vplyvom vetra sa relatívna vlhkosť zníži. Tieto ranné prechodné zhoršovanie dohľadnosti nazývame prehánky hmly alebo pásy Stratu alebo hmly (BCFG).

## 9.2 Hmla

Ako už bolo spomenuté, meteorologický jav hmla sa radí medzi hydrometeory. Hmla vzniká ochladením vzduchu v prízemnej vrstve na teplotu rosného bodu, teda pri takmer 100 % vlhkosti. Pri dostatočnom množstve kondenzačných jadier môže hmla vznikáť aj pri nižších relatívnych vlhkostiach. Podľa spôsobu ochladzovania vzduchu rozoznávame niekoľko typov hmliel:

- Radiačná;
- Advekčná;
- Advekčno-radiačná;
- Frontálna;
- Svahová, orografická;
- Hmla z vyparovania;
- Hmla súvisiaca s ľudskou činnosťou.

Napriek tomu, že princíp vzniku hmly je pre všetky jej druhy rovnaký, jednotlivé typy hmliel majú rôznu dobu výskytu, dĺžku trvania a do značnej miery sa odvíjajú od miestnych charakteristík. Hmla je spojená s inverzným charakterom počasia, preto sa v našich podmienkach vyskytuje najmä v jeseni a zime.

### 9.2.1 Typy hmliel a ich vznik

Klasifikácia hmliel sa odvíja od spôsobu akým sa dosiahol stav nasýtenia vodnými parami nad daným územím:

- *Radiačná hmla.* Vzduch je ochladzovaný od zemského povrchu pri jasnom počasí v noci pri slabom vetre. Býva vertikálne tenká, niekedy len niekoľko metrov a zvyčajne sa rozpadáva krátko po východe slnka. Horizontálne nezaberá veľké územie;
- *Advekčná hmla:* Teplý vlhký vzduch je nasúvaný nad podchladené podložie, napr. zasnežené územie. Horizontálne zaberie veľké územia a nemá denný chod, môže vzniknúť v akúkoľvek dennú dobu, je preto pre letectvo mimoriadne nebezpečná, pretože nie je možné pristáť ani na záložnom letisku. Pri vyšších

rýchlostiach vetra dochádza k turbulentnej výmene tepla v hrubšej vrstve, vtedy hmla narastá aj do vertikálnych rozmerov, ktoré niekedy dosahujú aj 1000 m. Z takejto hmly môžu vypadávať zrážky, mrholenie alebo krúčky pri záporných teplotách. Takáto hmla zaniká až pri zmene synoptického situácie, t. j. zmena prúdenia, prechod atmosférického frontu, výmena vzduchovej hmoty, zánik inverznej vrstvy;

- *Advekčno-radiačná hmla*. Vzniká spolupôsobením oboch faktorov;
- *Frontálna hmla*: Vzniká pri vypadávaní chladnejších zrážok na prehriaty povrch a ich následným výparom. Zvyšuje sa tak relatívna vlhkosť vzduchu;
- *Svahová, orografická hmla*. Vzniká pri nútenom výstupe vzduchu pozdĺž svahov. Vzduch sa výstupom adiabaticky ochladzuje. Princíp je totožný s tvorbou oblačnosti. Na záveternej strane pri klesaní sa vzduch otepľuje a vysúša sa, hmla sa rozpadáva. Hovoríme o tzv. Föhnovom jave;
- *Hmla z vyparovania*. Vzniká v blízkosti vodných tokov a jazier, kde sa vlhký vzduch nad vodnou hladinou zmiešava s chladnejším vzduchom ochladeným od chladnejších brehov. Vzduch sa tak stáva nasýteným vodnými parami a vzniká hmla, ktorá môže byť vetrom odsúvaná do okolia vodného toku, či jazera. Vzniká v noci, zvyčajne sa rozpadáva v priebehu dopoludnia;
- *Hmla súvisiaca s ľudskou činnosťou*. Vzniká najmä v priemyselných oblastiach. Vo vzduchu sa nachádza veľké množstvo pevných častíc, ktoré sú vhodnými kondenzačnými jadrami, preto tam hmla môže vznikáť už pri nižších relatívnych vlhkosťach. Pri zmiešaní s dymom vzniká tzv. smog (smoke+fog).

V praxi sa málokedy stretávame s vyložene jednoznačným typom hmly. Tá vzniká interakciou spomenutých faktorov, preto aj predpoveď času vzniku a rozpadu hmly býva často veľkým problémom, do značnej miery závisí od správnosti analýzy situácie a rozboru mechanizmu vzniku hmly.

Vhodnými synoptickými situáciami býva inverzný charakter zvrstvenia atmosféry v jej prízemnej vrstve. Jedná sa o typické situácie chladnejšieho obdobia roka. V tomto období prevláda negatívna energetická bilancia, keďže noci sú dlhšie ako dni. Najčastejšie je na mape prízemného tlaku dobre vyjadrená tlaková výš, alebo oblasti s nevýrazným tlakovým poľom. Sú to vhodné synoptické podmienky na tvorbu radiačných hmli, keďže pri spomínanej situácii prevláda málo oblačné počasie so slabým vetrom. V zadnej časti tlakovej výše sa už kombinujú radiačné podmienky vzniku hmly s advekčnými.

Advekčné podmienky vzniku hmly sú priaznivé aj na prednej strane tlakovej níše, kde prevláda južné prúdenie, a to najmä v zimnom období, keď je povrch pokrytý snehom. Tlaková níz však býva bohatá na oblačnosť a postupujú v nej atmosférické fronty, podmienky na vznik hmli sa teda kombinujú a pri častých zmenách synoptického situácie zvyčajne nemajú dlhodobý charakter.

## 9.2.2 Rozpad hmli

Hmly sa rozpadávajú opačným princípom ako vznikajú. Pre rozpad hmly je nutné aby sa vzduch stal vodnými parami nenasýtený. Elementy tvoriace hmlu sa tak môžu zmeniť na plynné skupenstvo, ktoré je pre ľudské oko neviditeľné a optická priehľadnosť atmosféry sa takto zlepšuje. Zmena stavu nasýtenia vodnými parami sa môže odohrať nasledujúcimi spôsobmi:

- nárast teploty, a zníženie relatívnej vlhkosti vzduchu aspoň pod 95 % . Podľa niektorých zdrojov teplota vzduchu musí presiahnuť teplotu rosného bodu pri akej hmla vznikla. V princípe sa jedná o narušenie inverznej vrstvy prehriatím príslušnej vrstvy vzduchu od zeme. Táto teplota sa nazýva „Inversion Break Temperature“ a je to hodnota, pri ktorej sa inverzia „prelomí“ a to má za následok rozpad hmly. Dá sa určiť z SKEW-T diagramu podľa krivky zvrstvenia;
- zvýšenie sily vetra nad 5 m/s (10 kt), pričom u advekčnej hmly nad 8-10 m/s, kedy pozorujeme pokles relatívnej vlhkosti v dôsledku premiešavania sa so suchším vzduchom z vyšších vrstiev;
- zmena charakteru prúdenia, súvisiaci so zmenou synoptického situácie, výmenou vzduchovej hmoty.

Na rozpad hmli majú značný vplyv miestne mikroklimatické zvláštnosti ako konfigurácia terénu, prítomnosť dodatočných zdrojov vlhkosti alebo vplyv ľudskej činnosti. Vo väčšine prípadov sú tieto vplyvy nedostatočne popísané z dôvodu veľkej časovej i finančnej náročnosti podrobného zmapovania všetkých oblastí. Stáva sa preto, že podmienky na rozpad hmli sú dosahované v rôznych častiach nášho územia v rôznom čase, prípadne sa niekde hmla nerozpadne vôbec.

### 9.3 Litometeory a dohľadnosť

Proces zhoršovania dohľadnosti malými pevnými časticami je odlišný od vodných kvapôčok. Pri tomto jave nedochádza ku stavu nasýtenia vodnými parami ale ku vyzdvihnutiu malých pevných častíc do vzduchu vplyvom vetra. Môže sa jednať o tieto javy:

- Zvírený prach;
- Zvírený piesok;
- Dym.

Zvýšená prítomnosť týchto častíc vo vzduchu predstavuje zároveň nárast počtu kondenzačných jadier, na ktorých vzdušná vlhkosť môže kondenzovať. Pre prípadnú tvorbu hmiel má zvýšená koncentrácia kondenzačných jadier zosilňujúci účinok.

Za prach sa považujú pevné častice v priemere menšie ako 0,08 mm. Sú pomerne ľahké a preto ich prúdenie dokáže vyzdvihnúť do značných výšok. Ak rýchlosť prízemného vietor presiahne hodnotu 15 uzlov, sú tieto častice unášané voľno vo vzduchu a redukujú tak optickú priehľadnosť atmosféry. Zvírený prach nastupuje pomerne rýchlo s nárastom rýchlosti vetra. Objavuje sa najmä v denných hodinách z dôvodu denného chodu vetra. Po oslabení prízemného vetra ostávajú tieto častice pomerne dlho vo vzduchu z dôvodu ich malej hmotnosti a prach sa usadzuje späť na zemský povrch pomerne dlhú dobu. V prípade výskytu zrážok je prach strhávaný vodnými kvapkami k zemskému povrchu, čo je dobre pozorovateľné na zasnežených územiach v horách alebo na predmetoch na zemi ako autá, sklo a podobne.

Piesok pozostáva z častíc o priemero od 0,08 mm do 3 mm. Sú to väčšie a teda i ťažšie častice v porovnaní s prachom. Na ich vyzdvihnutie do vzduchu je preto potrebný i silnejší vietor. Zvírený piesok sa vyskzuje pri rýchlostiach vetra nad 20 uzlov a je to podobne ako zvíření prach denný jav z dôvodu dennej variability sily vetra. Po zoslabení vetra tieto pomerne ťažké častice z rýchlejším opadáním ako prach klesajú späť k zemskému povrchu a dohľadnosť sa zlepšuje. V prípade silnejšieho výškového vetra môže byť piesok unášaný na značné vzdialenosti, pričom postupne vypadáva spolu so zrážkami. Týmto spôsobom sa dostáva Saharský piesok do Európy alebo až do centrálnej Ameriky.

Dym je tvorený sadzami a rôznymi produktmi horenia. Najhoršie dohľadnosti bývajú pozorované pri stabilnom zvršení atmosféry pri malom vertikálnom premiešavaní vzduchu, kedy sa dym koncentruje do stabilnej vrstvy. Tento stav zvykne byť označovaný pojmom „zhoršené rozptylové podmienky“. Miera zhoršenia dohľadnosti závisí od faktorov ako:

- Intenzita dymenia;
- Miera rozptylu vetrom;
- Vzdialenosť od zdroja dymu.

Dym býva dôvodom zhoršovania dohľadnosti pri veľkých lesných požiaroch v Austrálii, Indonézii alebo všade, kde sa vyskytujú lesné požiare veľkého plošného rozsahu.

**Kontrolné otázky a úlohy overujúce pochopenie témy:**

- Definujte dohľadnosť.
- Definujte pojmy hmla, dymno, zákal.
- Aký je základná princíp tvorby hmiel?
- V ktorej časti roka sú hmly najpočetnejšie a prečo?
- Aký je rozdiel medzi radiačnou a advekčnou hmlou?
- Čo je základným predpokladom na rozpad hmiel?
- Uvedte mechanizmy rozpadu hmiel.
- Ktorý typ hmiel je pre letectvo najnebezpečnejší a prečo?
- Aké prístroje sa používajú na meranie MOR a RVR?
- Aký je rozdiel medzi dymnom a zákalom?
- Čo je to zvířený prach a piesok?