

ZVLÁŠTNOSTI LIETANIA V HORSKOM TERÉNE.

Ing. Peter Kandráč, PhD

Katedra letovej prípravy, Letecká fakulta Technickej Univerzity v Košiciach, Slovensko
peter.kandrac@tuke.sk

doc. Ing. Dušan Neštrák, CSc.

Katedra aerodynamiky a simulácií, Letecká fakulta Technickej Univerzity v Košiciach, Slovensko
dusan.nestrak@tuke.sk

Abstract – článok opisuje riziká letov v horskom teréne a na prípadovej štúdii analyzuje lokálnu turbulenciu vzniknutú pri striedaní anabatického a katabatického prúdenia v horskom teréne.

Key words – meteorologické riziká, horský terén, turbulencia, lokálna cirkulácia

I. ÚVOD

Tento článok vznikol s cieľom hlbšie analyzovať už známe riziká lietania v horskom teréne. Bola použitá metóda prípadovej štúdie skutočnej leteckej nehody. Podrobnosti nehody sú zámerne vynechané, pretože dôležité sa v danom kontexte javí posúdenie možných a eliminácia irelevantných faktorov, ktoré súvisia s lietaním v horách.

II. RIZIKÁ LIETANIA V HORSKOM TERÉNE

Lietanie v horách má veľa zvláštností. Pamätá na to aj predpis stanovujúci rozsah teoretického školenia obchodných pilotov, kde je v rámci predmetu Letecká meteorológia stanovená téma „Nebezpečenstvá horských oblastí“ v rozsahu 3 hodín prednášok a cvičení.⁵ V danom predpise a v odbornej literatúre⁶ sa ako nebezpečenstvá horských oblastí uvádzajú orografická a termická turbulencia, vrcholky kopcov zakryté mrakmi, námraza, rýchle zmeny počasia, časté a prudké búrky, zvrhnutý sneh, obmedzené až žiadne plochy na núdzové pristátie, snehové, prachové alebo kamenné lavíny, členitým terénom sťažený výhľad a orientácia, obmedzené rádiové spojenie a príjem navigačných signálov, výrazná lokálna cirkulácia (horský a údolný vietor), údolné inverzie a v neposlednom rade zložitý prežitie a vyhľadávanie preživších v prípade havárie. Sklon terénu tiež vyžaduje dostatočné letové výkony, hlavne percentuálnu stúpavosť lietadla, alebo veľkú predvídavosť pilota, pretože v úzkych údoliach nemusí byť vždy dost priestoru na stúpavú zatáčku. Tieto javy sa nevyskytujú s rovnakou frekvenciou a tiež nie s rovnakou miestnou hustotou. V zásade však platí, že čím bližšie k terénu je let vykonávaný, tým sa adverzný efekt daného javu znásobuje. Niektoré javy, ako výnimka z pravidla, sa však prejavujú až vo väčšej

vzdialenosti od hôr, napr. orografická turbulencia typu rotorového alebo vlnového prúdenia.

Ako z vymenovaného vidno, v horskom teréne toho číha naozaj dosť a podľa skúseností bývalých kolegov, pilotov vrtulníkov lietajúcich v ATE Poprad, trvá asi dva roky intenzívneho lietania, kým je z vycvičeného pilota dobre vycvičený horský pilot vrtulníka. Toto je reflektované aj v návrhu európskeho predpisu o licencovaní posádok, kde sa čoskoro má k normálnej licencií vydávať aj doložka pre lietanie v horách. Klasické letúny v tesnej blízkosti horského terénu často nelietajú, skôr sa snažia horám vyhnúť obletením prípadne nadletením v dostatočnej výške. Napriek tomu si hornatý terén Slovenska vyžiadal už viacero obetí z radov všeobecného letectva, keď hlavnou príčinou nehody bolo podcenenie alebo dokonca neznalosť rizík spojených s horami

III. PRÍPADOVÁ ŠTÚDIA

Zložitost' podmienok rozhodovania a vykonávania letov v horách, chceme demonštrovať na reálnej nehode a postupe hľadania pravdepodobných príčin z hľadiska rizikových meteorologických faktorov.

V auguste roku 2012 došlo v oblasti Vysokých Tatier ku kuriózne leteckej nehode, ktorá mala potenciál prerásť do katastrofy so stratou životov viacčlennej posádky. Podrobnosti a údaje o posádke a lietadle nie sú pre tento článok dôležité, zaujímavé je čo sa stalo a akým spôsobom boli hľadané možné príčiny, ktoré odštartovali sled nepriaznivých udalostí.

POPIS UDALOSTI

Nehoda sa stala na vrtulníku Mi-8, ktorý vykonával letecké práce, vynášanie materiálu v závese z nakladacej plochy nad Popradským plesom k Chate pod Rysmi. Po ukončení dennej činnosti (5 letov) posádka odletela k spätočnému letu bez nákladu, len s prázdny závesným lanom, smerom dole Mengušovskou dolinou mieriac na Letisko Poprad, kde mala vrtulník na noc zaparkovať. Po niekoľkých minútach letu sa posádka nachádzala zhruba 1 km severne od Popradského plesa, nepatrne na východ od osi Mengušovskej doliny a výškovo zhruba na úrovni hrebeňov. Tam posádka zaznamenala silnú ranu, zakolísanie a potom nasledovalo silné nepravidelné trasenie vrtulníka, ktoré postupne zoslablo. Posádka obhliadkou zistila, že podvesené nosné oceľové lano ukončené polypropylénovými popruhmi bolo zachytené chvostovým vyrovnávacím rotorom, následne pretrhnuté a jeho ostatky boli zrejme postupne odvrhnuté odstredivou silou. Vrtulník však bol

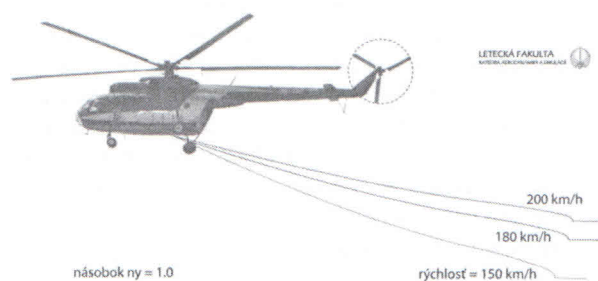
⁵ JAR-FCL 1 časť 050 09 08

⁶ Napr. Učebnice pilota, Svět křídél 2006, str.197 – 264

napriek vibráciám stále schopný letu a vzhľadom k tomu, že mohol klesať s malým výkonom nosného rotora, tak bol aj riaditeľný. Pilot takto doletel až na letisko Poprad, kde však pri pristávaní klasickým spôsobom zavisením, už poškodený vyrovnávací rotor nestačil kompenzovať reakciu zvýšeného výkonu nosného rotora, došlo k roztočeniu, pádu a prevráteniu vrtuľníka. Posádka vyviazla bez vážnejších zranení. Pri obhliadke vraku bolo konštatované, že robustnosť a odolnosť ruskej leteckej techniky nie je len reklamným sloganom, ale že v danom prípade zachránila tri ľudské životy.

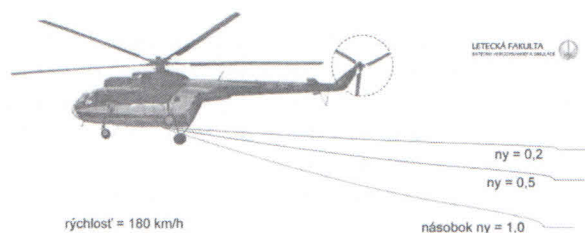
HLADANIE PRÍČIN

Od prvotných zistení o udalosti bolo jasné, že z množstva možných meteorologických príčin môžeme vylúčiť prakticky všetky okrem turbulencie. Aerodynamické výpočty dynamiky závesného lana v prúde vzduchu ukázali, že prostým prekročením dovolenej rýchlosti letu so zaveseným lanom až po maximálnu vNE „čistého“ vrtuľníka nie je prakticky možné dostať lano tak vysoko, že by ho mohol zasiahnuť vyrovnávací motor – obr.č.1



Obrázok č. 1- poloha lana pri rôznych rýchlostiach letu

Oveľa väčší vplyv na polohu lana sa však preukázal pri násobku letu – obr.č.2.



Obrázok č. 2.- poloha lana pri rôznych násobkoch letu

V úvahu tak pripadal len nejaký intenzívny poryv, ktorý mohol kombinovať efekt zvýšenia rýchlosti a zníženia násobku a spôsobiť krátkodobé švihnutie lana smerom hore.

TERMICKÁ TURBULENCIA

Výpočty týmto smerom viedli k záveru, že samotný poryv týkajúci sa len lana, teda spôsobený napr. „termickým komínom“ by musel dosiahnuť vertikálnu rýchlosť cca 16m/s, čo je dosť vysoká hodnota. Navyše, by týmto „komínom“ musel najprv preletieť vrtuľník, čo by posádka nepochybne zaznamenala ako silný kladný násobok. Analogicky, len v opačnom smere by pôsobil aj osamelý klesavý prúd tzv. „vzdušná diera“. Posádka však vo výpovediach nič také

neuvádzala. Meteorologické správy nepotvrdzovali vhodné podmienky pre vznik intenzívnej termickej turbulencie. Zvrstvenie vzduchu bolo v daný deň podmienené labilné, teda prehriaty prízemný vzduch by potreboval dosiahnuť hladinu voľnej konvekcie (LCFT), ktorá bola v tlakovej hladine 758, 6 hPa (cca 2200 MSL) aby potom už samovoľne konvektívne stúpala a vytvárala kopovitú oblačnosť. Do tejto výšky bolo zvrstvenie stabilné, teda bez konvektívnych prúdov. Navyše v čase incidentu už Slnko klesalo k obzoru a intenzita konvekcie ustávala. Príčina bola teda zložitejšia, jednoduchý stúpavý prúd situáciu nevysvetľoval.

HORIZONTÁLNY VÍR

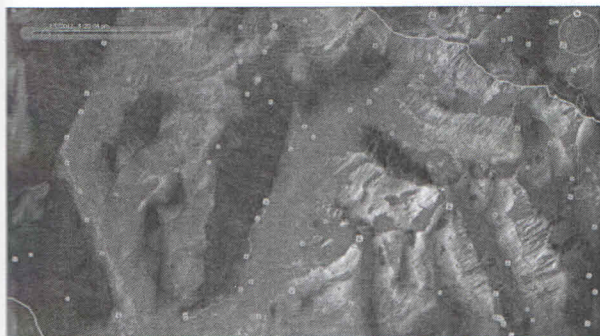
Ako ďalšia možnosť sa javil vír s horizontálnou osou rotácie, ktorý by mal približné rozmery letovej zostavy vrtuľník – lano, t.j. 40 metrov priemer. V takom prípade by mohla nastať situácia, že pri vodorovnom prelete víru približne jeho osou, by bol vertikálnou zložkou vírového prúdenia vrtuľník na jednej strane tlačný smerom dole a naopak lano na druhej strane víru zdvíhané smerom hore. Potom by stačila aj polovičná veľkosť vertikálnej zložky a zblížovanie lana s vyrovnávacím rotorom by bolo rovnako rýchle. Alebo pri prelete mimo osi víru nemusel byť vrtuľník zasiahnutý vertikálnou zložkou vôbec alebo len veľmi málo, zatiaľ čo koniec lana mohol byť doslova hodený smerom hore. Táto „vírová“ možnosť sa javila ako oveľa pravdepodobnejšia, bolo len potrebné vydedukovať, ako sa v danej oblasti mohol takýto vír vytvoriť.

OROGRAFICKÁ TURBULENCIA

Prvé podozrenie padlo na orografickú turbulenciu, konkrétne na rotorové prúdenie. Vzhľadom ku konfigurácii terénu Mengušovskej doliny by pre vznik takejto turbulencie bol potrebný juhozápadný až severozápadný vietor s rýchlosťou aspoň 10 m/s. Všetky meteorologické stanice v danom regióne však zaznamenali max rýchlosť vetra aj v nárazoch len do 5 m/s, priemerná rýchlosť vetra sa pohybovala okolo 3 m/s. Teda ani tento jav sa pravdepodobne na incidente nepodieľal.

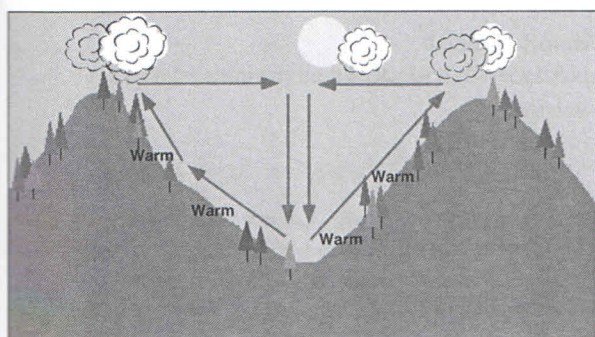
LOKÁLNA CÍRKULÁCIA, ÚDOLNÝ A HORSKÝ VIETOR

Pri skúmaní časového záznamu smeru a rýchlosti vetra z jednotlivých staníc sme si všimli významnú zmenu smeru vetra na najbližšej meteorologickej terénnej stanici Tatranské Zruby, kde sa medzi 17. a 18. hodinou miestneho času zmenil smer vetra z juhovýchodného (105°) na severozápadný (320°), teda viac než o 180°. Po porovnaní s dennou dobou sme usúdili, že ide o bežný denný chod lokálnej cirkulácie, zmenu teplého údolného (anabatického) vetra stúpajúceho z údolia smerom nahor na studený horský (katabatický) vietor vejúci z chladnúcich svahov do údolia. S využitím modelu zatienenia terénu z Google Earth sme získali predstavu, ako bola Slnkom ožarovaná Mangušovská dolina v čase incidentu. Situáciu zobrazuje obr. č. 3

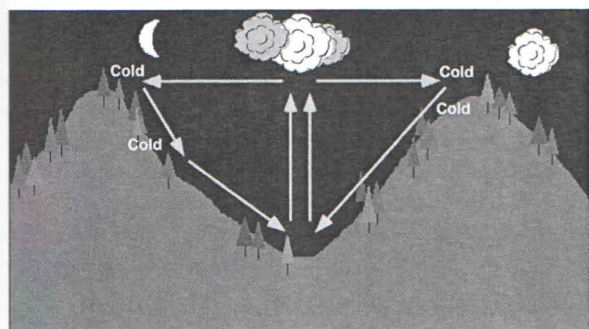


Obrázok č. 3 – osvetlenie terénu v čase incidentu

Klasické a jednoduché poučky o údolnom a horskom vetre popisujú ustálený stav, keď je údolie rovnomerne ohrievané, resp. ochladené na oboch stranách. Takúto klasickú situáciu znázorňuje obr. č. 4 a 5.



Obrázok č.4- údolný, teplý anabatický vietor

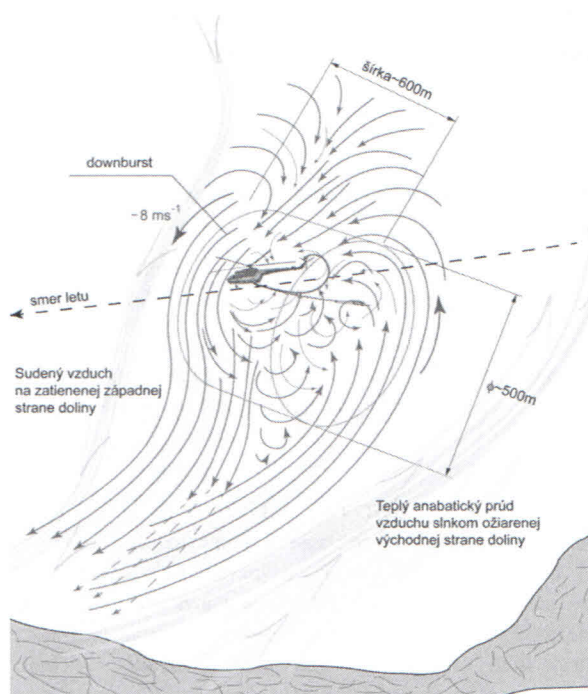


Obrázok č.5 - horský, studený, katabatický vietor

Uvedomili sme si, že vhodne orientované údolie v smere sever - juh má pri striedaní dňa a noci úplne inú dynamiku prúdenia než napr. údolie orientované východ – západ.

V našom prípade bola ľavá, západná strana údolia už asi polhodinu v tieni, teda vzduch tam už katabaticky klesal, zatiaľ čo pravá, východná časť bola ešte pomerne intenzívne ohrievaná Slnkom, teda vzduch pozdĺž nej anabaticky stúpal. Výsledkom toho mohol byť jeden veľký vír vyplňajúci celé údolie, ktorý nemusel rotovať veľmi rýchlo ale mohol na svojich okrajoch a hlavne v blízkosti stretu stúpavých a klesavých prúdov generovať množstvo menších turbulentných vírov s

väčšou rýchlosťou rotácie. Na prízemných staniciach nemusela byť zaznamenaná žiadna významná veterná aktivita, okrem spomínanej zmeny smeru vetra, pretože všetko zaujímavé sa odohrávalo v nevelkej výške nad terénom. Samotná kritická situácia mohla s veľkou pravdepodobnosťou vyzerat' ako obr. č. 6 Tento obraz prúdenia je, zvlášť v oblasti dotyku stúpavého a klesavého značne chaotický, s výskytom vírov rôznych rozmerov a intenzity. Jeden z nich, s rozmermi porovnateľnými s rozmermi letovej zostavy, mohol byť danému letu osudný. Konvektívna dostupná potenciálna energia (CAPE) bola v daný deň 731,9 J/kg, Bulk Richardsonovo číslo (BRCH) vyjadrujúce intenzitu termickej turbulencie a strihu vetra, bolo 72,83. Tieto hodnoty naznačujú, že intenzita vývoja búrok a termickej turbulencie bola nízka. Je však potrebné povedať, že tieto indexy sú modelované pre voľnú atmosféru a v podmienkach intenzívneho trenia ako je to v horskom teréne majú menšiu reprezentatívnu a teda nevylučujú možnosť lokálnej aj veľmi silnej turbulencie.



Rotujúca vzduchová hmota v mieste, kde Mengosovská dolina mení smer a prichádza k dotyku stúpajúceho teplého konvektívneho prúdenia s ochladeným klesajúcim vzduchom pri rozdieli teplôt cca 10°C

Obrázok č. 6 – pravdepodobný obraz cirkulácie v čase incidentu

IV. ZÁVER

Pri analýze možných príčin daného incidentu sme vychádzali z faktov, ktoré boli dostupné a zo všeobecne známych poznatkov a teórií. Je potrebné povedať, že podrobnejšie skúmanie podobných lokálnych fenoménov je veľmi zložitá ako časovo, tak aj prístrojovo a finančne a nepodarilo sa nám zistiť údaje o podobnom výskume. Poznatky z lietania v horách sú empiricky zhromažďované a odovzdávané navzájom hlavne posádkami, ktoré v daných podmienkach lietajú.

Práca pri hľadaní pravdepodobnej príčiny nám ukázala, že zvláštnosti a nebezpečenstvá lietania v horách si zaslužia pozornosť a mali by byť predmetom ďalšieho výskumu na viacerých frontoch.

Článok je publikovaný ako jeden z výstupov projektu: „Brokerské centrum leteckej dopravy pre transfer technológií a znalostí do dopravy a dopravnej infraštruktúry ITMS 26220220156.“



Európska únia

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

LITERATÚRA

- [1] *Neštrák: Rozbor nehody vrtuľníku Mi-8T, LÚ SR, 2013*
- [2] *JAA ATPL Theoretical Knowledge Manual, Book 050 Meteorology, Oxford Aviation Training, 2002*
- [3] *Kolektiv: Učebnice pilota 2006, Svět křídel 2006*
- [4] *Kolektiv: Učební texty pro přípravu ATPL, CERM Brno, 2002* Reference 1
- [5] *www.shmu.sk, www.noaa.com, weather.uwyo.edu*