

VPLYV NEHOMOGENNOSTI POVRCHU VPD 13/31 NA BRZDNÉ ÚČINKY LIETADLA NA LETISKU V BRATISLAVE

IMPACT OF VPD 13/31 SURFACE INHOMOGENITY ON THE BRAKING EFFECTS OF THE AIRCRAFT AT BRATISLAVA AIRPORT

Dominik Krnáč

Air Transport Department, University of Zilina, Slovakia
D.Krnac1@gmail.com

Pavol Pecho

Air Transport Department, University of Zilina, Slovakia
pavol.pecho@fpedas.uniza.sk

Abstract – The paper deals with the problem of braking effects. It is essential to thoroughly analyze the current state and cause of the problem. In this case it is a partially reconstructed RWY 13/31, which during the measurement of braking effects shows significantly lower braking coefficients in the reconstructed part and in general part of the new concrete appears to be inhomogeneous. Optical observations also show clear differences, for example during various meteorological phenomena. Currently, the critical part of the track is monitored and published by NOTAM as "slippery when wet". The current situation is not optimal at all, as during the winter period the critical part of the RWY may show significantly lower braking performance and thus be dangerous to flight operations. Furthermore, RWY analysis in terms of structure is included. In the experimental part, there are measured the braking effects on the track and are compared with the effects measured before CB plates replacement. At the end there is proposed a measure to improve the properties and its technical evaluation.

Key words: breaking effects, takeoff, landing, runway, coefficient, concrete, safety

I. ÚVOD

Jedným z faktorov, ktorý má vplyv na bezpečnosť leteckej dopravy sú brzdné účinky vzletových a pristávacích dráh jednotlivých letísk, nakoľko majú významný vplyv na celkovú prevádzkyschopnosť týchto dráh a následne aj na prevádzkyschopnosť samotného letiska. Preto každá prevádzka letiska berie uvedenú problematiku veľmi vážne a meraniu brzdných účinkov nielen na pristávacích a vzletových plochách, ale na všetkých prevádzkových a odbavovacích plochách prikladá primeranú mieru dôležitosti, pričom jeho význam narastá predovšetkým v zimnom období a počas daždivých dní, kedy sa brzdné vlastnosti jednotlivých dráh podstatne zhoršujú.

V súčasnom období neexistuje jednotná metodika meraní brzdných účinkov a z uvedeného dôvodu sa Európska agentúra pre bezpečnosť letectva (EASA) v spolupráci s

Medzinárodnou organizáciou pre civilné letectvo (ICAO) snaží presne zadefinovať požiadavky a podmienky merania brzdných účinkov a zároveň taktiež zadefinovať požiadavky na jednotlivé merače brzdných účinkov tak, aby boli jednotlivé výsledky týchto meraní čo najpresnejšie, a zároveň aby boli vzájomne porovnateľné.

II. SÚČASNÝ STAV RIEŠENEJ PROBLEMATIKY

Jednotlivé vzletové a pristávacie dráhy musia byť v prípade pristávania alebo vzlietnutia lietadla v prevádzkyschopnom stave a musia spĺňať všetky príslušné podmienky a požiadavky hlavne v prípade ak je vzletová dráha pokrytá vodou, prípadne v zime snehom a ľadom. Zároveň na prevádzkyschopnosť vzletových a pristávacích dráh a brzdných účinkov týchto vzletových a pristávacích dráh má významný dopad aj štruktúra použitého materiálu, z ktorého bola postavená príslušná vzletová a pristávací dráha.

Každá prevádzka zabezpečujúca chod letiska musí mať včasne a presne zistené informácie o brzdných účinkoch všetkých vzletových a pristávacích dráhach, ktoré sú súčasťou daného letiska. Aby bolo možné zabezpečiť čo najpresnejšie výsledky týchto brzdných účinkov, vykonávajú sa na týchto vzletových a pristávacích dráhach pravidelné merania, pričom vďaka týmto meraniam je možné presne stanoviť koeficient trenia. Tieto merania sa musia vykonávať vždy, ak sa vzletová a pristávací dráha pokryje vodou, snehom alebo ľadom. Uvedené merania sa musia opakovať pri každej podstatnej zmene podmienok, ktoré by mohli mať vplyv na brzdné účinky danej vzletovej a pristávacej dráhy.

Jednotlivé vzletové a pristávacie dráhy z hľadiska možných stavov, ktoré na danej dráhe nastali je možné rozdeliť na:

- suchú dráhu – ide o dráhu, ktorá nie je mokrá ani nijak znečistená a sú na nej zachované brzdné účinky,
- vlhkú dráhu – jedná sa o dráhu, ktorej povrch nie je suchý, avšak vlhkosť sa na povrchu dráhy neleskne,
- znečistenú, prípadne inak kontaminovanú dráhu – jedná sa o dráhu, ktorej viac než 25 % povrchu je pokrytého

buď povrchovou vodou, kašovitým snehom, sybkým snehom, utlačeným snehom, prípadne ľadom. [11]

Uvádza sa, že RWY by sa mala merať hlavne vtedy, ak je úplne alebo čiastočne pokrytá vodou, snehom, prípadne ľadom. Následne by sa meranie malo zopakovať ak dôjde k zmene podmienok v rámci letiska. Meranie brzdných účinkov na iných plochách ako je RWY by sa malo vykonať vtedy, ak je predpoklad, že brzdné účinky na týchto plochách by mohli byť neuspokojivé.

Na samotné meranie je možné použiť rôzne certifikované zariadenia, avšak na hodnotenie výsledkov merania a vyhlasovanie podmienok trenia by sa mala využívať jednotná metodika v súlade s Airport Services Manual.

Jednotlivé podmienky trenia by mali byť vyjadrené ako informácie o brzdných účinkoch zmeraného koeficientom trenia X alebo by mali byť uvedené ako odhad brzdného účinku. Pri pokrytí RWY ľadom alebo snehom a vyhlásení, že brzdný účinok je dobrý piloti v žiadnom prípade nemôžu očakávať, že brzdné podmienky sú na takej istej úrovni ako pri čistej a suchej RWY. Iba to znamená, že lietadlá nebudú mať ťažkosti pri brzdení alebo smerovom vedení hlavne pri pristávaní. [15]

Stanovené výrazy o predpokladaných brzdných účinkoch sú uvedené v nasledujúcej tabuľke.

Tabuľka 1: Stanovené výrazy pre predpokladaný brzdný účinok [15]

Zmeraný koeficient	Predpokladaný brzdný účinok	Kód
0,40 a viac	dobrý	5
0,39 – 0,36	stredný až dobrý	4
0,35 – 0,30	stredný	3
0,29 – 0,26	stredný až zlý	2
0,25 a menej	zlý	1

Medzi najčastejšie používané brzdné merače možno zaradiť nasledujúce brzdné merače, ktoré sú uvedené v rámci tejto kapitoly.

Mu-meter – jedná sa o merač, ktorý je pripojený k inému vozidlu a je usporiadaný na meranie silového trenia (bočného), ktoré bolo vyvolané medzi pneumatikami merača a povrchom VPD, pričom pneumatiky merača sú vyrobené podľa presnej špecifikácie.



Obrázok 1: Mu-meter [2]

Skiddometer – jedná sa o merač, ktorý je pripojený k inému vozidlu a je vybavený pneumatikami podľa vyžadovanej

špecifikácie. Princíp merania je postavený na meraní krútiaceho momentu, ktorý je meraný špeciálnym snímačom, pričom všetky namerané údaje sú zaznamenané v prístroji a obsluha má k dispozícii nepretržité hodnoty trenia pre celý úsek merania. Existuje niekoľko typov skiddometrov.



Obrázok 2: Skiddometer BV11 [2]

Runway Friction Tester – je to v podstate automobil, ktorý má na zadnej náprave pripevnené piate koleso. Pneumatika daného piateho kolesa je presne špecifikovaná, pričom pracuje na princípe snímania sily odporu a zvislého zaťaženia meracieho kolesa.



Obrázok 3: Runway Friction Tester [8]

III. AKTUÁLNE POŽIADAVKY PREVÁDZKYSCHOPNOSTI VPD

Aktuálny stav VPD musí byť sústavne sledovaný a v prípade výskytu akéhokoľvek problému, ktorý by mohol ovplyvniť, prípadne ohroziť jednotlivé lietadlá alebo aj samotnú prevádzku na letisku je potrebné prijať také opatrenia, ktoré danému stavu zabránia. Pri VPD sa jedná zväčša o nasledujúce situácie:

- poruchy povrchu, prípadne nerovnosti VPD,
- kontaminácia VPD vodou, snehom alebo ľadom, snehové záveje v blízkosti VPD,
- realizácia stavebných, prípadne udržiavacích prác na VPD,
- chemické kvapaliny na VPD z odmrazovania lietadiel, prípadne z protinámrazového ošetrovania lietadiel,
- všetky typy dočasného nebezpečia vrátane odstavených alebo zaparkovaných lietadiel,
- porucha osvetlenia VPD,
- porucha hlavného, prípadne sekundárneho zdroja elektrickej energie na letisku.

Povrch VPD musí byť udržiavaný čistý, aby zaručoval dobrý brzdný účinok. Na druhej strane z hľadiska ochrany životného prostredia a z ekonomických dôvodov je potrebné minimalizovať množstvo prostriedkov používaných na odstraňovanie ľadu z povrchu VPD. [22]

IV. PREVÁDZKYSCHOPNOSŤ VPD

Stav prevádzkyschopnosti VPD musí byť presne a jasne popísaný, pričom sa používajú anglické termíny spolu s národným ekvivalentom. Najčastejšie sa využívajú termíny, ktoré sú uvedené v nasledujúcej tabuľke.

Tabuľka 2: Termíny poukazujúce na stav povrchu VPD [11]

Medzinárodný termín	Národný ekvivalent
DAMP	Vlhký povrch
WET	Mokrý povrch
STANDING WATER	Stojaca voda
DRY SNOW	Suchý sneh
WET SNOW	Mokrý sneh
COMPACTED SNOW	Ujazdený sneh
WET COMPACTED SNOW	Mokrý ujazdený sneh
SLUSH	Snehová kaša
ICE	Ľad
WET ICE	Mokrý ľad
FROST	Námraza
DRY SNOW ON ICE	Suchý sneh na ľade
WET SNOW ON ICE	Mokrý sneh na ľade
CHEMICALLY TREATED	Chemicky ošetrovaný povrch
SANDED	Povrch pokrytý pieskom

Súčasťou hlásenia by mala byť aj miera znečistenia povrchu VPD (napr. mokrý sneh – vrstva 1 cm a podobne).

V rámci letiskovej prevádzkovej príručky sú zväčša uvedené závady, ktoré nemajú bezprostredný vplyv a neohrozujú bezpečnosť letovej prevádzky. Z hľadiska VPD sa za uvedené závady považujú:

- drobné závady na značení VPD, ak poškodené nátery nepresahujú 25 % plochy,
- drobné výmoli na VPD, ktoré nedokážu spôsobiť akékoľvek obmedzenia alebo poškodenia prístavacieho zariadenia lietadla a zároveň nemôžu ohroziť lietadlo vo fáze vzletu alebo pristátia,
- ak je výška trávnatého porastu vedľa VPD do výšky 30 cm nad okolitým povrchom,
- čiastočná nedokonalosť alebo strata kontrastu ukazovateľov smeru vetra umiestnených v blízkosti VPD.

Ak VPD majú uvedené drobné závady, musia sa prijať opatrenia, ktoré odstránia uvedené závady a zároveň sa musia prijať lehoty do kedy musia byť jednotlivé opatrenia realizované. [17]

V uvedenej letiskovej prevádzkovej príručke sú zároveň uvedené závady, ktoré majú bezprostredný vplyv a ohrozujú bezpečnosť letovej prevádzky. Z hľadiska VPD sa za uvedené závady považujú:

- prekážky na VPD a ponechané predmety na VPD,

- jamy, kopy zeminy, prípadne kopy iného materiálu alebo rozbité sklo na VPD,
- závady na jednotlivých náteroch vodorovného značenia, ktoré by mohli znížiť čitateľnosť alebo funkčnosť uvedeného značenia na VPD,
- vzniknuté prekážky na VPD z dôvodu straty mobility uvedených prekážok,
- násypy snehu na VPD,
- rozmočený povrch na VPD,
- ak sa po VPD pohybuje cudzia osoba,
- ak sa po VPD pohybuje zviera,
- nefunkčné, prípadne inak poškodené ukazovatele smeru vetra v blízkosti VPD,
- ak je výška trávnatého porastu v okolí VPD vyššia ako 30 cm nad okolitým povrchom.

Ak sa vyskytnú takéto závady je nevyhnutné uzavrieť letovú prevádzku na príslušnej VPD, prípadne v niektorých prípadoch aj letovú prevádzku na celom letisku. [17]

V. KONTROLY PREVÁDZKYSCHOPNOSTI VPD

Samotná prevádzkyschopnosť VPD by sa mala kontrolovať pravidelne a tak často ako si to podmienky v danom termíne vyžadujú. Podľa doporučení ICAO v ním vydanom Airport Services Manual by mali byť pri VPD nasledovné minimálne počty kontrol:

- kontrola po svitani – malo by sa jednať o dôkladnú kontrolu povrchov všetkých VPD v celej šírke VPD,
- ranná kontrola – mala by byť vykonaná v čase, keď môže kontrolné vozidlo bezpečne vojsť na VPD a kontrola by sa mala hlavne zamerať na postranné návěstidla,
- poobedňajšia kontrola – mala by mať podobný rozsah a podobný priebeh ako ranná kontrola,
- kontrola počas súmraku – mal by sa kontrolovať opätovne celý povrch VPD a zároveň by sa mali kontrolovať svetlá na VPD. [11]

Ak sa zistia určité nedostatky v rámci kontroly, musia byť prijaté opatrenia, aby boli dané nedostatky odstránené v čo najkratšom čase.

V prípade ak sa kontrolou zistí, že nedostatky na VPD vytvárajú nebezpečenstvo pre leteckú prevádzku, musia byť tieto nedostatky čo najskôr odstránené, pričom ak sa jedná o zásadné nedostatky do doby ich odstránenia musí byť letová prevádzka zastavená a až po odstránení týchto nedostatkov môže byť letová prevádzka znovu povolená. [17]

Ak sa jednotlivé nedostatky odstránia, musí sa po odstránení týchto nedostatkov vykonať mimoriadna kontrola, pričom z tejto mimoriadnej kontroly musí byť taktiež spísaná kontrolná správa, pričom súčasťou tejto kontrolnej správy by mal byť aj kontrolný list.

Až po vykonaní mimoriadnej kontroly, ktorej výsledkom musí byť kontrolný list, v ktorom musí byť uvedené, že VPD je bez závad, môže byť obnovená letová prevádzka na danej dráhe, pričom o takomto uzatvorení letovej dráhy sa musí vyhotoviť záznam, ktorý sa následne zašle na príslušný dopravný úrad. [17]

VI. UDRŽIAVANIE PREVÁDZKYSCHOPNOSTI VPD

Okrem samotných kontrol by sa mali na jednotlivých letiskách vykonávať aj činnosti, ktoré zabezpečia udržanie prevádzkyschopnosti VPD.

Medzi takéto činnosti je možné zaradiť:

- odstraňovanie nečistôt z VPD – jedná sa hlavne o odstraňovanie nánosov gúmy, odstraňovanie palivových a olejových škvŕn a odstraňovanie snehu alebo ľadu v rámci zimnej údržby,
- stavebná údržba VPD – ak sa počas kontrol vyskytnú určité závady na konštrukcii vozovky je potrebné tieto závady dočasne odstrániť ešte predtým ako dôjde ku kompletnej oprave. Jedná sa hlavne o rôzne menšie výtlky,
- oprava a obnova náterov na VPD tak, aby sa zachovala ich čitateľnosť a viditeľnosť,
- oprava a obnova ukazovateľov smeru vetra pri VPD v závislosti od ich aktuálneho stavu,
- udržiavanie čistoty na VPD.

V prípade ak sa na VPD nachádza snehová pokrývka, s ohľadom na výšku tejto snehovej pokrývky a vonkajšiu teplotu sa vykonávajú nasledujúce činnosti:

- ak je snehová pokrývka do výšky 5 mm nie je nutná žiadna činnosť spojená s odpratávaním uvedenej snehovej pokrývky,
- ak je výška snehovej pokrývky nad 5 mm vyžaduje sa buď odstránenie snehovej pokrývky alebo valcovanie VPD, pričom stroj, ktorý vykonáva tieto činnosti by sa mal pohybovať v smere osi VPD a čistenie od snehu jedným z uvedených spôsobov by malo byť vykonávané až dotedy, kým výška snehovej pokrývky na VPD nebude nižšia ako je 5 mm.

Po odstránení snehovej pokrývky sa nevyžaduje meranie brzdných účinkov, avšak vedúci letovej prevádzky môže nariadiť takéto meranie. [17]

Aby bolo možné udržiavať VPD v prevádzkyschopnom stave tak, aby nedošlo k ohrozeniu bezpečnosti, prípadne pravidelnosti leteckej prevádzky, a zároveň aby nedošlo k zhoršeniu hospodárnosti leteckej prevádzky musí byť na každom letisku vypracovaný:

- plán programu údržby VPD,
- plán preventívnej údržby VPD.

Povrch vozoviek musí byť udržiavaný čistý, nesmú na ňom byť uvoľnené kamene alebo iné predmety, ktoré by mohli spôsobiť poškodenie konštrukcií jednotlivých lietadiel, ktoré pristávajú alebo odlietajú a zároveň nesmú poškodiť alebo zhoršiť prevádzku jednotlivých systémov na letisku. Na povrchu VPD sa nesmú vytvárať škodlivé nerovnosti. Meranie jednotlivých charakteristík trenia v rámci povrchov VPD sa musí vykonávať periodicky a na to určenom zariadení. Oprava vozovky VPD musí byť vždy vykonaná ak hodnoty jednotlivých charakteristík trenia povrchu buď celej dráhy alebo niektorej menšej časti dráhy sú nižšie ako minimálne povolené hodnoty, ktoré stanovuje letecký úrad. Ak vozovku VPD využívajú aj lietadlá s prúdovými motormi musia byť povrchy postranných pásov udržiavané bez akýchkoľvek uvoľnených kameňov alebo

iných predmetov, ktoré by mohli byť nasaté do prúdových motorov týchto lietadiel. Povrch VPD musí byť udržiavaný v takom stave, aby boli zabezpečené potrebné charakteristiky trenia a povrch VPD mal malý valivý odpor.

Z vozovky VPD musia byť rýchlo a úplne odstránené nánosy snehu a ľadu as tiež stojaca voda, piesok, blato, olej, otery pneumatík, prípadne iné nečistoty tak, aby nedošlo k ich hromadeniu na vozovke VPD. Sneh, prípadne ľad sa musí odstraňovať z vozoviek VPD ako prvý a až následne môže byť odstraňovaný z ostatných plôch letiska. [15]

Na odstraňovanie snehu a ľadu z pohybových plôch je možné využívať mechanické, chemické alebo termické prostriedky. [22]

VII. ANALÝZA VPD Z HĽADISKA ŠTRUKTÚRY POUŽITÉHO MATERIÁLU

Vozovku VPD možno charakterizovať ako pomerne jednoduchú stavebnú konštrukciu, pričom samotná definícia vozovky je, že „vozovka je viacvrstvová konštrukcia postavená z cestných stavebných materiálov na povrchu cestného telesa alebo inej stavebnej konštrukcie tak, aby jej dimenzie a vlastnosti umožnili rýchlu, bezpečnú, pohodlnú a hospodárnu jazdu lietadiel a obslužných motorových vozidiel.“ [14]

Pri posudzovaní jednotlivých možných variantov sa zvyčajne vychádza z posudzovania základných variantov krytov dráh, pričom najčastejšie sa využívajú nasledujúce kryty dráh:

- bitúmenové vozovky (netuhé),
- cementobetónové vozovky (tuhé),
- kombinované vozovky. [15]

Letisková vozovka, ak ju posudzujeme ako celok, musí spĺňať tri základné požiadavky:

- musí mať únosnosť, ktorá vyhovuje prevádzke lietadiel, ktorým má slúžiť,
- zabezpečiť dobré jazdné vlastnosti lietadla pri pohybe po VPD,
- zabezpečiť dobré brzdné účinky. [22]

Uvedené požiadavky je možné splniť na základe samotnej konštrukcie vozovky, textúry povrchu vozovky a geometrických vlastností samotného povrchu vozovky. [12]

VIII. OBJEKT SKÚMANIA

Diplomová práca je zameraná na výskum čiastočne zrekonštruovanej vzletovej a pristávacej VPD 13/31 na medzinárodnom letisku v Bratislave, ktoré má ICAO kódové označenie letiska – LZIB.

V analytickej časti sa daná diplomová práca zaoberá problematikou brzdných účinkov, aby bolo možné naplniť stanovený cieľ diplomovej práce, ktorým je skúmanie problematiky brzdných účinkov na čiastočne zrekonštruovanej vzletovej a pristávacej dráhe VPD13/31 Letiska Bratislava LZIB a zanalyzovanie jej aktuálneho stavu a zároveň zanalyzovanie príčin problému, prečo daná vzletová a pristávacia dráha pri meraní brzdných účinkov vykazuje v uvedenej zrekonštruovanej časti podstatne nižšie brzdné koeficienty a celkovo sa daná časť zrekonštruovanej vzletovej a pristávacej dráhy javí ako nehomogénna.

Na uvedenej VPD 13/31 je aj optickým pozorovaním medzi zrekonštruovanou a nezrekonštruovanou časťou dráhy možno vidieť jasné rozdiely, pričom dané rozdiely sú výraznejšie počas rôznych meteorologických javov.

Časť zrekonštruovanej dráhy je pravidelne monitorová a správou NOTAM je publikovaná ako „klzká za mokra“. Uvedený stav vôbec nie je optimálny, nakoľko hlavne počas zimného obdobia môže byť kritická časť zrekonštruovanej VPD 13/31 nebezpečná pre letovú prevádzku, nakoľko môže vykazovať podstatne nižšie hodnoty brzdných účinkov.

IX. EXPERIMENTÁLNE MERANIA BRZDNÝCH ÚČINKOV NA DRÁHE 13/31 LETISKA LZIB

Dňa 14. apríla 2018 bolo vykonané meranie brzdných vlastností cementovo-betónového krytu na VPD 13/31, pričom uvedené meranie bolo realizované obojsmerne vpravo od osi dráhy vo vzdialenostiach:

- 3 m od osi dráhy,
- 6 m od osi dráhy,
- 10 m od osi dráhy.

Meranie brzdných vlastností cementovo-betónového krytu na VPD 13/31 bolo vykonané v súlade s leteckým predpisom L14/I - Letiská, I. zväzok – Navrhovanie a prevádzka letísk (Annex 14), doložka A – Informácie dopĺňajúce predpis L14, I. zväzok, článok 7 Určenie charakteristík trenia mokrých spevnených vzletových a pristávacích dráh.

Meranie bolo prevedené českým národným referenčným zariadením TRT v súlade s normou ČSN 73 6177:2015.

Meracie zariadenie je v danom predpise zapísané pod názvom TATRA Friction Tester Vehicle.

Uvedené meranie bolo vykonané za mokra, pričom samotná metodika merania zodpovedala tak predpisom ICAO ako aj FAA.



Obrázok 4: Vozidlo vybavené systémom TRT (TATRA Friction Tester Vehicle) [19]

Pre zariadenie TATRA Friction Tester Vehicle na základe schválených protišmykových vlastností daného zariadenia boli stanovené klasifikačné stupne v súlade s Table 3-1 Runway surface condition levels.

Jednotlivé hodnoty klasifikačných stupňov sú uvedené v nasledujúcej tabuľke.

Tabuľka 3: Hodnoty klasifikačných stupňov [zdroj: autor]

Klas. stup.	Rýchlosť 65 km/h		Rýchlosť 95 km/h	
	F _p	požiadavka	F _p	požiadavka
1	0,76	nový povrch	0,67	nový povrch
2	0,75-0,57	plán údržby	0,66-0,52	plán údržby
3	0,56-0,48	realizácia údržby	0,51-0,42	realizácia údržby
4-5	0,48	okamžitá oprava	0,42	okamžitá oprava

Meranie brzdných účinkov na dráhe VPD 13/31 bolo realizované meracím zariadením TATRA Friction Tester Vehicle pri:

- rýchlosti 65 km/h,
- rýchlosti 95 km/h.

VPD 13/31, na ktorej boli realizované merania je aj s dĺžkovými parametrami znázornená na nasledujúcom obrázku.



Obrázok 5: Letisko Bratislava s vyznačenou dráhou VPD 13/31 [zdroj: autor]

Výsledky realizovaných meraní prostredníctvom meracieho zariadenia TATRA Friction Tester Vehicle sú zosumarizované v nasledujúcom texte.

Meranie č. 1 – 3 m od osi vozovky

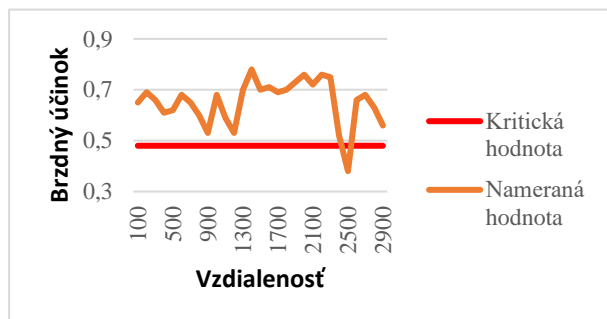
Jednotlivé základe informácie o meraní brzdných účinkov na dráhe VPD 13/31 sú uvedené v nasledujúcej tabuľke.

Tabuľka 4: Meranie brzdných účinkov na dráhe VPD 13/31 - meranie č. 1 [6]

Dátum merania	11.04. 2018	Teplota vzduchu	20,0°	Priemerná rýchlosť	65 km/h
Čas merania	Nezn.	Teplota vozovky	25,0°	F _{p, min.}	0,38μ
VPD dráha	13/31	Vodný film	nie	F _{p, max.}	0,84μ
Meracie zariadenie	TRT	ľad na vozovke	nie	F _{p, priem.}	0,66μ

Dosiahnuté výsledky o meraní brzdných účinkov na dráhe VPD 13/31 sú uvedené v nasledujúcom grafe.

Dátum merania	08.01.2019	Teplota vzduchu	nezn.	Priemerná rýchlosť	95 km/h
Čas merania	20:34	Teplota vozovky	nezn.	F_{p, min.}	0,17μ
VPD dráha	13/31	Vodný film	nie	F_{p, max.}	0,57μ
Meracie zariadenie	SFT 0908	Ľad na vozovke	áno	F_{p, priem.}	0,38μ



Graf 1: Výsledky brzdnych účinkov na VPD 13/31 - meranie č.1 [6]

Uvedené meranie brzdnych účinkov na dráhe VPD 13/31 pri rýchlosti 65 km/h vo vzdialenosti 3 m od osi vozovky poukázalo na to, že časť dráhy vykazuje kritické hodnoty a podľa klasifikačnej tabuľky brzdnych účinkov je daný úsek dráhy v rozmedzí 2.400 až 2.480 m klasifikovaný na okamžitú opravu.

Meranie č. 8

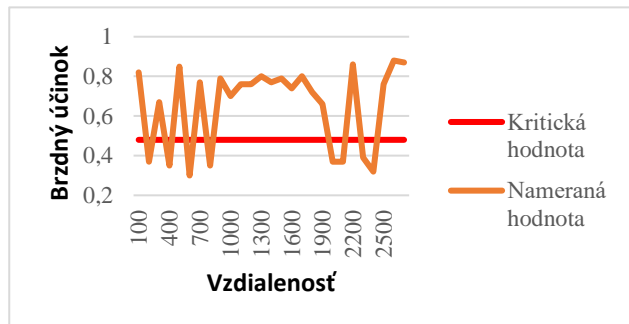
Jednotlivé základné informácie o meraní brzdnych účinkov na dráhe VPD 13/31 sú uvedené v nasledujúcej tabuľke.

Tabuľka 5: Meranie brzdnych účinkov na dráhe VPD 13/31 - meranie č. 8 [6]

Dosiahnuté výsledky o meraní brzdnych účinkov na dráhe VPD

Dátum merania	10.06.2019	Teplota vzduchu	27,1	Priemerná rýchlosť	65 km/h
Čas merania	12:11	Teplota vozovky	40,2	F_{p, min.}	0,17μ
VPD dráha	13/31	Vodný film	Áno	F_{p, max.}	0,95μ
Meracie zariadenie	SFT 0908	Ľad na vozovke	nie	F_{p, priem.}	0,72μ

13/31 sú uvedené v nasledujúcom grafe.



Graf 2: Výsledky brzdnych účinkov na VPD 13/31 - meranie č. 8 [6]

Uvedené meranie brzdnych účinkov na dráhe VPD 13/31 poukázalo na to, že časť dráhy vykazuje kritické hodnoty a podľa

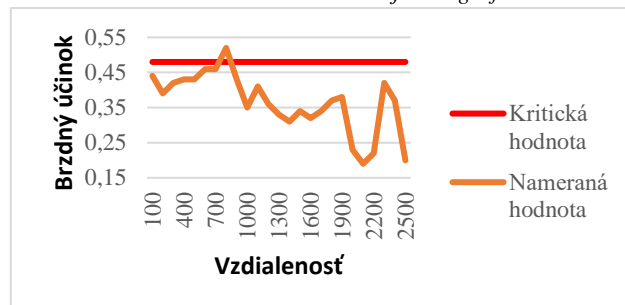
klasifikačnej tabuľky brzdnych účinkov sú dané úseky dráhy klasifikované na okamžitú opravu.

Meranie č. 9

Jednotlivé základné informácie o meraní brzdnych účinkov na dráhe VPD 13/31 sú uvedené v nasledujúcej tabuľke.

Tabuľka 6 - Meranie brzdnych účinkov na dráhe VPD 13/31 - meranie č. 9 [6]

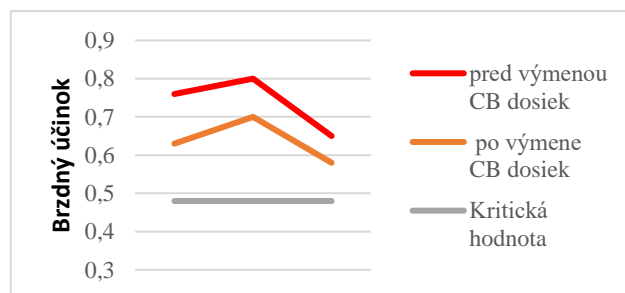
Dosiahnuté výsledky o meraní brzdnych účinkov na dráhe VPD 13/31 sú uvedené v nasledujúcom grafe.



Graf 3: Výsledky brzdnych účinkov 13/31 - meranie č. 9 [6]

Uvedené meranie brzdnych účinkov na dráhe VPD 13/31 pri rýchlosti 95 km/h bolo realizované keď 56,8 % VPD 13/31 bolo pokryté ľadom a z uvedených dôvodov boli namerané hodnoty brzdnych účinkov nižšie ako sú kritické hodnoty brzdnych účinkov. Vzhľadom k tomu, že plochu VPD 13/31 pokrýval ľad nemožno na základe uvedených výsledkov stanoviť, ktorá časť dráhy je kvalifikovaná na okamžitú opravu.

Porovnanie brzdnych účinkov dráhy VPD 13/31 bolo realizované na základe porovnania priemerných brzdnych účinkov ($F_{p, priem.}$) jednotlivých meraní, ktoré boli na letisku Bratislava realizované a výsledky týchto meraní brzdnych účinkov sú uvedené v tejto diplomovej práci.



Graf 4: Porovnanie priemerných brzdnych účinkov pred a po výmene cemento-betónovej dosky VPD 13/31 [zdroj: autor]

Priemerné hodnoty brzdnych účinkov nameraných na VPD 13/31 boli pred výmenou cemento-betónových dosiek vyššie ako je tomu po výmene uvedených cemento-betónových dosiek. Zároveň po výmene povrchu VPD 13/31 sa časť povrchu javí ako kritická, nakoľko má pomerne nízke brzdne účinky, čo je na letisku riešené tak, že je v správe NOTAM publikovaná ako „klzká za mokra“.

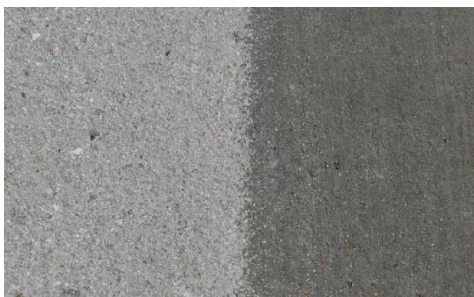
X. ZÁVEREČNÉ VYHODNOTENIE A ODPORÚČANIA PRE PRAX

Ako vyplynulo z výsledkov tejto diplomovej práce, časť zrekonštruovanej dráhy VPD 13/31 nespĺňa optimálne požiadavky týkajúce sa brzdnych účinkov danej dráhy a z uvedeného dôvodu je dráha VPD 13/31 pravidelne monitorová a správou NOTAM je publikovaná ako „klzká za mokra“. Uvedený stav dráhy VPD 13/31 vôbec nie je optimálny, nakoľko hlavne počas zimného obdobia môže byť kritická časť zrekonštruovanej VPD 13/31 nebezpečná pre letovú prevádzku a môže vykazovať podstatne nižšie hodnoty brzdnych účinkov.

Aby bolo možné zlepšiť vlastnosti VPD 13/31 letiska LZIB z hľadiska brzdnych účinkov je potrebné, aby správa letiska pristúpila k realizácii niektorého z nasledujúcich opatrení:

a) výmena cemento-betónových dosiek na kritických úsekoch dráhy VPD 13/31. Jedná sa o technicky najnáročnejšie riešenie, ktoré by bolo aj ekonomicky najnákladnejšie riešenie a pristúpiť by sa k nemu malo až v prípade, že sa nedosiahnu požadované výsledky niektorou z ostatných spôsobov riešenia kritической situácie na VPD 13/31 z hľadiska brzdnych účinkov.

b) otryskovanie povrchu cemento-betónových dosiek na kritických úsekoch dráhy VPD 13/31 oceľovými guľôčkami, tzv. brokovanie



Obrázok 6: Otryskovanie povrchu cemento-betónových dosiek [19]

Prostredníctvom uvedenej metódy dôjde k pomerne veľmi dobrej obnove mikrotextúry povrchu vozovky, avšak menej sa obnoví makrotextúra vozovky. Maximálne je možné uvedenou metódou dosiahnuť súčiniteľ trenia na úrovni 0,6 až 0,7 μ . Životnosť takto realizovaného povrchu vozovky je zväčša 3 až 5 rokov.

c) obrúsenie povrchu cemento-betónových dosiek na kritických úsekoch dráhy VPD 13/31 diamantovými kotúčmi, tzv. grinding

Jedná sa o pomerne účinnú technológiu, prostredníctvom ktorej je možné obnoviť tak mikrotextúru ako aj makrotextúru rekonštruovaného povrchu.

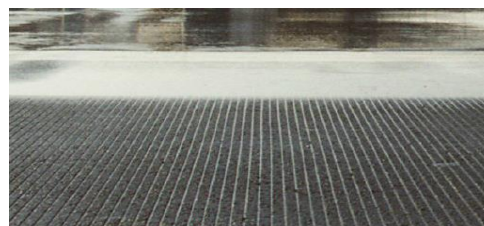
Maximálne je možné uvedenou metódou dosiahnuť súčiniteľ trenia na úrovni 0,65 až 0,80 μ , pričom pri realizácii uvedenej metódy na pražskom letisku dosahoval súčiniteľ trenia hodnotu 0,8 až 0,9 μ .

Životnosť takto realizovaného povrchu vozovky je zväčša 5 až 10 rokov.



Obrázok 7: Obrúsenie povrchu cemento-betónových dosiek diamantovými kotúčmi, tzv. grinding [19]

d) jemné frézovanie – drážkovanie povrchu cemento-betónových dosiek na kritických úsekoch dráhy VPD 13/31 diamantovou pilou, tzv. grooving



Obrázok 8: Jemné frézovanie – drážkovanie povrchu cemento-betónových dosiek diamantovou pilou, tzv. grooving [19]

Pri uvedenej metóde dochádza k vytváraniu drážok na povrchu cemento-betónovej dosky buď v priečnom alebo pozdĺžnom smere, avšak uvedené drážky skôr zlepšujú drenážne vlastnosti povrchu vozovky, pričom protišmykové vlastnosti vozovky sa menia len minimálne.

XI. ZÁVEREČNÉ ZHODNOTENIE VÝSLEDKOV PRÁCE A ODPORÚČANIA PRE PRAX

Súčasný stav povrchu VPD 13/31 z hľadiska brzdnych účinkov uvedenej dráhy je nevhodný, pričom makrotextúra povrchu dráhy na úsekoch kde boli prevedené opravy a boli vymenené cemento-betónové dosky je veľmi rozdielna a v niektorých miestach je povrch veľmi vyhladený a makrotextúra je v týchto miestach takmer neviditeľná.

Je potrebné, aby na uvedených miestach VPD 13/31 boli realizované opatrenia, ktoré zlepšia brzdne vlastnosti danej dráhy, nakoľko súčasný stav je nevhodný a nespĺňa optimálne požiadavky týkajúce sa brzdnych účinkov danej dráhy. Z uvedeného dôvodu správa letiska dráhu VPD 13/31 pravidelne monitoruje a v správe NOTAM je uvedená ako „klzká za mokra“.

Tento stav dráhy VPD 13/31 vôbec nie je optimálny, nakoľko hlavne počas zimného obdobia môže byť kritická časť zrekonštruovanej VPD 13/31 nebezpečná pre letovú prevádzku a môže vykazovať podstatne nižšie hodnoty brzdnych účinkov.

XII. ZÁVER

Bezpečnosť leteckej dopravy sa v súčasnosti čoraz viac sprísňuje, nakoľko snahou národných, ale aj nadnárodných inštitúcií je, aby bezpečnostné riziká spojené s leteckou dopravou boli čo najnižšie. Jedným z dôležitých faktorov bezpečnosti každého letiska sú brzdne vlastnosti jednotlivých vzletových a pristávacích dráh, ktoré musia byť v stave, aby umožňovali

bezpečný štart a pristávanie jednotlivých lietadiel, ktoré dané letisko využívajú. Dráhy je potrebné pravidelne udržiavať a v prípade potreby rekonštruovať tak, aby za každých meteorologických podmienok spĺňali požadované kritériá.

Letisko v Bratislave patrí z celosvetového hľadiska medzi menšie letiská, pričom dané letisko má dve VPD dráhy, a preto je nevyhnutné, aby obe dráhy boli v čo najlepšom technickom stave a spĺňali čo najvyššie kritériá z hľadiska bezpečnosti, nakoľko iba tak môžu prilákať nové letecké spoločnosti, ktoré budú na danom letisku zriaďovať nové medzinárodné linky, čím dôjde k navýšeniu počtu odbavených pasažierov, a tým pádom sa bude letisko rozvíjať.

Hlavným cieľom tejto diplomovej práce bolo zaoberať sa problematikou brzdných účinkov na čiastočne zrekonštruovanej vzletovej a pristávacej dráhe VPD 13/31 Letiska Bratislava LZIB, analyzoval sa jej aktuálny stav a zároveň sa analyzovali príčiny problému, prečo daná vzletová a pristávacia dráha pri meraní brzdných účinkov vykazuje v uvedenej zrekonštruovanej časti podstatne nižšie brzdné koeficienty a celkovo sa daná časť zrekonštruovanej vzletovej a pristávacej dráhy javí ako nehomogénna.

V prvej, teoretickej časti, ktorá sa skladá z jednej kapitoly bol popísaný súčasný stav riešenej problematiky s dôrazom na technológiu meraní brzdných účinkov, aktuálne požiadavky prevádzkyschopnosti vzletových a pristávacích dráh a analýzy vzletových a pristávacích dráh z hľadiska štruktúry použitého materiálu.

V druhej, praktickej časti, ktorá sa skladá z troch kapitol bol zadaný cieľ a metodika práce a boli uvedené výsledky experimentálnych meraní brzdných účinkov na dráhe VPD 13/31 a porovnanie jednotlivých výsledkov meraní brzdných účinkov pred a po výmene cemento-betónových dosiek na uvedenej dráhe. V závere boli navrhnuté opatrenia na zlepšenie vlastností uvedenej vzletovej a pristávacej dráhy a taktiež zhodnotenie týchto návrhov opatrení.

Uvedený problém na VPD 13/31 je potrebné riešiť, aby v budúcnosti nedošlo k nejakej mimoriadnej udalosti na danom letisku, ktorá by bola zapríčinená nedostatočnými brzdnými vlastnosťami uvedenej vzletovo-pristávacej dráhy. Je potrebné si uvedomiť, že mimoriadna udalosť v leteckej doprave je pomerne často spojená s vysokými materiálovými škodami a taktiež ako následok takejto mimoriadnej udalosti môžu byť straty na ľudských životoch.

POĎAKOVANIE

Článok je publikovaný ako jeden z výstupov projektu **KEGA 011ŽU-4/2018** s názvom „Nové technológie vo vzdelávaní v študijnom programe Letecká doprava a Profesionálny pilot“.

REFERENCIE

- [1] AASHTO, 1993. *Design of Pavement Structure*. [on-line]. [cit. 2019-12-18]. Dostupné na internete: <<https://habib00ugm.files.wordpress.com/2010/05/aashto1993.pdf>>
- [2] AEROEXPO, 2019. *Mu-Meter*. [on-line]. [cit. 2019-12-12]. Dostupné na internete: <<https://trends.aeroexpo.online/project-7212.html>>
- [3] AGRAWAL, S. K. 2014. *Braking performance of aircraft tires*. [on-line]. [cit. 2019-12-15]. Dostupné na internete: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0376042186900023?via%3Dihub>>
- [4] AIRBUS, 2018. *Using Aircraft as a Sensor on Contaminated Runways*. [on-line]. [cit. 2019-12-18]. Dostupné na internete: <https://safetyfirst.airbus.com/app/themes/mh_newsdesk/pdf.php?p=22661>
- [5] BTS.AERO. 2019. *Letisko Bratislava*. [on-line]. [cit. 2020-01-27]. Dostupné na internete: <<https://www.bts.aero/o-letisku/>>
- [6] BTS.AERO. 2020a. *Interné merania brzdných účinkov – neverejný dokument*.
- [7] BTS.AERO. 2020b. *Tlačové správy*. [on-line]. [cit. 2020-01-27]. Dostupné na internete: <<https://www.bts.aero/o-letisku/press/tlacove-spravy/>>
- [8] COPYBOOK, 2017. *GripTester Mk2*. [on-line]. [cit. 2019-12-08]. Dostupné na internete: <<https://www.copybook.com/companies/findlay-irvine/griptester-mk2-the-surface-friction-tester-gallery/griptester-mk2>>
- [9] GRANČIČ, A. 1981. *Navrhovanie a výstavba vozoviek s cementového betónu*. Bratislava: Alfa, 1981. 280 s.
- [10] ICAO. 2002. *Doc.9137-AN/898 Part 7 - Airport Service Manual – Airport Emergency Plan*. [online] [cit. 2020-01-17] Dostupné na internete: <<https://www.slideshare.net/azammalays/62-00-icaodoc9137airportservicesmanualpart7airportemergencyp-lanning-en110228gan>>
- [11] ICAO. 2011. *Safety Management Manual (SMM)*. [online] [cit. 2020-01-27] Dostupné na internete: <https://www.icao.int/safety/fsix/Library/DOC_9859_FULL_EN.pdf>
- [12] KAZDA, A. - CAVES, R.E. 2007. *Airport Design and Operation*. Bingley: Emerald Group Publishing Limited, 2007. 538 s. ISBN 978-0-08-045104-6
- [13] KOLESÁR, J. - KOŠČÁK, P. 2011. *Modern safety technologies in transportation*. [on-line]. [cit. 2019-12-12]. Dostupné na internete: <<https://mosatt.lf.tuke.sk/PDF/2005.pdf>>
- [14] KONFERENCIA, 1988. *Regulovanie a zlepšovanie teplotného režimu vozoviek*. Bratislava: CSVTS, 1981. 57 s.
- [15] MDPT SR, 2006. *L-14. LETISKÁ I. zväzok NAVRHOVANIE A PREVÁDZKA LETÍSK*. Letové prevádzkové služby Slovenskej republiky, štátny podnik
- [16] MDPT SR, 2010. *Technické podmienky, metodika stanovenia finančných kritérií na výber hornej stavby vozoviek v cestnom staviteľstve*
- [17] MDPT SR, 2016. *Letisková príručka-VZOR*. [on-line]. [cit. 2019-12-12]. Dostupné na internete: <http://letectvo.nsat.sk/wp-content/uploads/sites/2/2014/08/Letiskov%C3%A1-pr%C3%ADru%C4%8Dka-VZOR.pdf>

- [18] Moventor, 2017. *Self wetting systems*. [on-line]. [cit. 2019-12-09]. Dostupné na internete: <<http://moventor.com/friction-measurement/self-wetting-systems/>>
- [19] NEKULA, L. 2020. *Měření PVV – Leoš Nekula*. [on-line]. [cit. 2020-01-28]. Dostupné na internete: <<https://www.firmy.cz/detail/12983842-mereni-pvv-leos-nekula-vyskov-predme-sti.html>>
- [20] U.S. ARMY CORPS OF ENGINEERS, 1993. *Enginnering and Design – Rigid pavements for roads, streets, walks and open storage areas – mobilization construction*. [on-line]. [cit. 2019-12-15]. Dostupné na internete: <<http://asktop.net/wp/download/26/EM%201110-3-132%20Rigid%20Pavements%20for%20roads%20Streets%20Walks%20and%20Open%20Storage%20Areas%20Mobilization%20Construction.pdf>>
- [21] YODER, E.J. - WITCZAK, M. W. 1975. *Principles of Pavement design*. New Jersey: John Wiley & Sons, Inc., 1975. 711 s. ISBN 978-1-61344-824-3
- [22] KAZDA, A. 1995. *Letiská design a prevádzka*. Žilina: Edičné stredisko VŠDS 1995. 377 s. ISBN 80-7100-240-2
- [23] KAZDA, A., BADÁNIK, B., TOMOVÁ, A., LAPLACE, I. & LENOIR, N. 2013. Future airports development strategies. *Komunikacie* 5(2), pages 19-24
- [24] LAPLACE, I., KAZDA, A., TOMOVÁ, A., BADÁNIK, B., LENOIR, N., & MALAVOLTI, E. 2009. FAST: Future airport strategies. Paper presented at the 8th Innovative Research Workshop and Exhibition Proceedings, pages 19-28.
- [25] GALIERIKOVÁ, A., MATERNA, M. & SOSEDOVÁ, J. 2018. Analysis of risks in aviation. *Transport Means - Proceedings of the International Conference 2018-October*, pages 1427-1431.
- [26] NOVÁK SEDLÁČKOVÁ, A., NOVÁK, A. 2010. Economic regulation of airport charges in Europe after directive 2009/12/EC. *Logistyka : príloha Logistyka - nauka : artykuly recenzowane*. - ISSN 1231-5478. - Nr 4 (2010),

Bc. Dominik Krnáč – narodený v Banskej Bystrici, absolvoval štúdium v roku 2014 na Gymnáziu Andreja Sládkoviča v Banskej Bystrici, následne od roku 2014 začal študovať na Žilinskej univerzite v Žiline odbor Profesionálny pilot. Od 2018 začiatok inžinierskeho štúdia na Žilinskej univerzite v Žiline odbor Technológia údržby lietadiel. Od 15.7.2019 pracuje na pozícii dispečera letiskovej prevádzky na Letisku M. R. Štefánika v Bratislave.