CEMENTOBETÓNOVÉ VOZOVKY NA POHYBOVÝCH PLOCHÁCH LETÍSK – NAMÁHANIE, PORUCHY A ICH OPRAVY

CONCRETE AIRPORT PAVEMENTS – STRESS, DETERIORATION AND THEIR REPAIRS

ĽUDMILA BARTOŠOVÁ, MIROSLAV FOGEL

Vozovky na pohybových plochách letiska sú vystavené stále sa zvyšujúcemu zaťaženiu, ako dopravnému, tak aj teplotnému namáhaniu. Napätia vznikajúce od týchto namáhaní a metódy ich výpočtu sú podkladom pre hodnotenie vozoviek, platí to pre už existujúce vozovky, ako aj pre navrhované. Najvýznamnejšie poruchy vznikajúce na cementobetónových vozovkách z viacerých dôvodov a ich postupná oprava pre zaistenie bezpečnosti leteckej premávky sú prezentované na záver článku.

Concrete airport pavements are subjected to increasing transport and heating loading and stresses which they induce are the main causes of repeated deterioration of pavements. Load stresses and curling stresses (related to a difference in temperature) can be calculated using models for new and existing structures. The repair of pavement surface distresses, the maintenance and rehabilitation treatments are very important for safety of air transport.

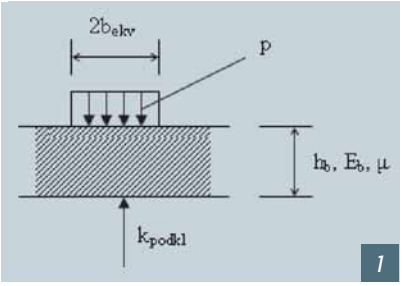
Na letiskách sa vo všeobecnosti pozerá na architektúru zastavovacieho priestoru, aká je vybavovacia budova, riadiaca veža, len málo cestujúcich si uvedomuje, aká je dôležitá kvalita pohybových plôch, tzn. kvalita povrchu a únosnosť letiskových vozoviek na vzletových a pristávacích dráhach, na pojazdových dráhach a vybavovacích plochách. Navrhované letiskové vozovky musia zabezpečiť premávku pre všetky lietadlá, ktoré majú letisko využívať.

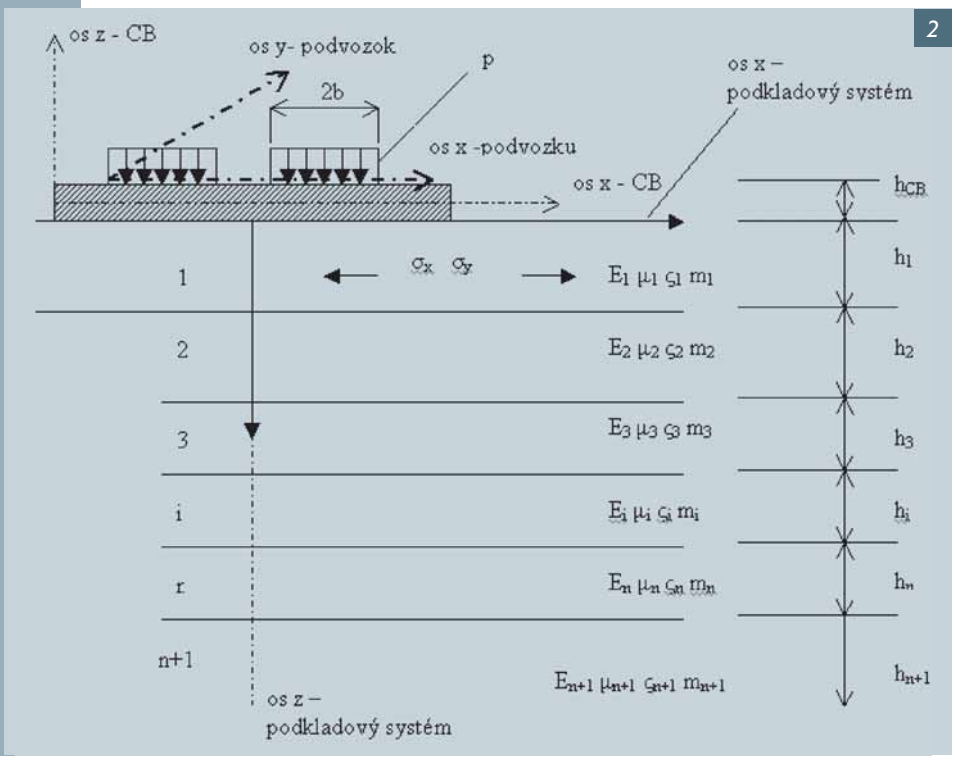
Cementobetónové vozovky sú práve tie, ktoré zabezpečia premávku aj pre veľké dopravné lietadlá. Na cementobetónových vozovkách, ktoré sú v prevádzke dvadsať až tridsať rokov, sa objavujú poruchy, ktoré vznikajú v dôsledku opakovaného dopravného zaťaženia, pôsobením času a teplotných rozdielov. Medzi významné vplyvy, ktoré sa podieľajú na vzniku porúch, sa dostávajú do popredia výkyvy teplôt a zmeny klimatických podmienok, ktoré výrazne ovplyvňujú stav napätia vo vozovke a pohyby dosiek.

NAMÁHANIE CEMENTOBETÓNOVÝCH LETISKOVÝCH VOZOVIEK

Pohybové plochy letísk sa rozdeľujú z hľadiska zaťaženia na päť základných častí. Na najzaťaženejších plochách sa realizujú vozovky z cementového betónu.

Pri cementobetónových vozovkách sa stretávame s viacerými namáhaniami, ktoré postupne znižujú pevnosť betónu. Významné sú najmä napätia od dopravného zaťaženia (kritické lietadlá – stojace alebo pohybujúce sa) a napätia od teplotného namáhania (vnútorná teplota – v období tuhnutia a tvrdnutia betónu a vonkajšia teplota – teplotný spád v období prevádzky zodpovedajúce klimatickým podmienkam).



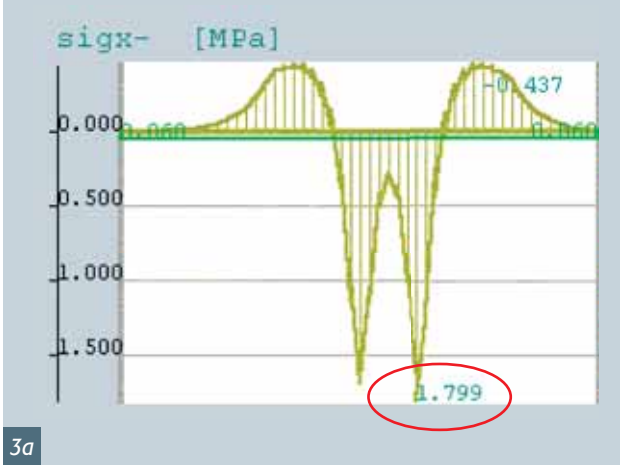


Obr. 1 Výpočtový model tuhej vozovky pre metódu Westergaarda
Fig. 1 The design model of rigid pavement for Westergaard method

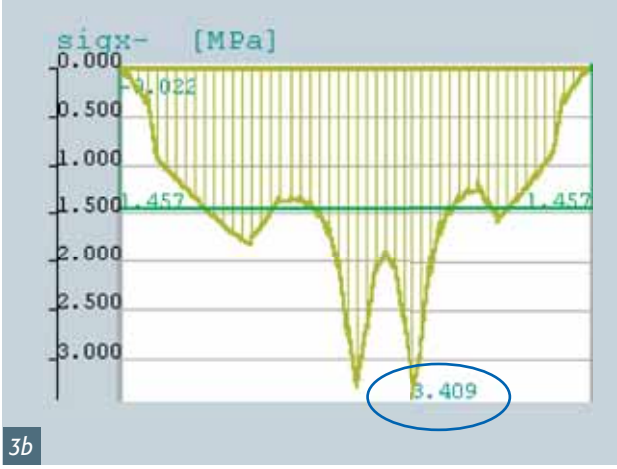
Obr. 2 Výpočtový model tuhej vozovky pre program NEXIS
Fig. 2 The design model of rigid pavement for finite element for method NEXIS

Obr. 3 Priebeh napätí v ťahu pri ohybe σ_x pri polohe zaťaženia v strede dosky pre uvedenú kombináciu zaťaženia, izolínie v reze, a) kombinácia A, b) kombinácia B
Fig. 3 The distribution of tensile-bending stresses due to a central load, profile with isolines, a) combination A, b) combination B

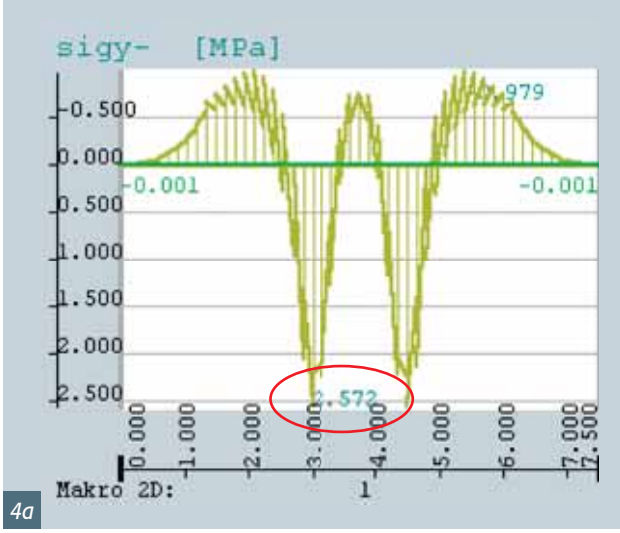
Obr. 4 Priebeh napätí v ťahu pri ohybe σ_y pri polohe zaťaženia na pozdĺžnej hrane dosky pre uvedenú kombináciu zaťaženia, izolínie v reze, a) kombinácia A, b) kombinácia B
Fig. 4 The distribution of tensile-bending stresses for edge loading, profile with isolines, a) combination A, b) combination B



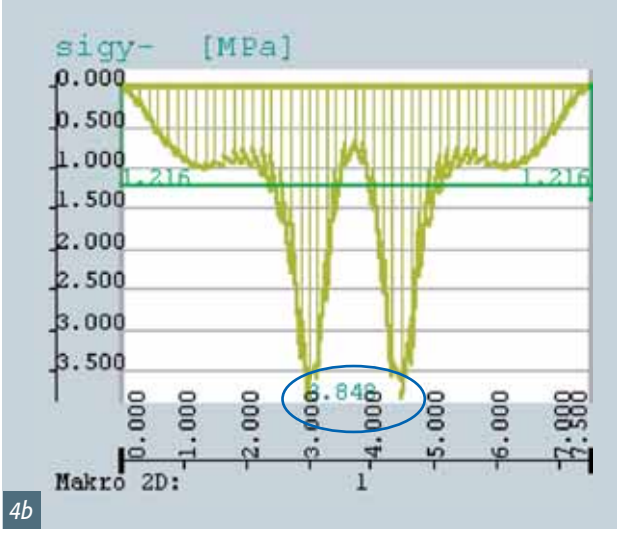
3a



3b



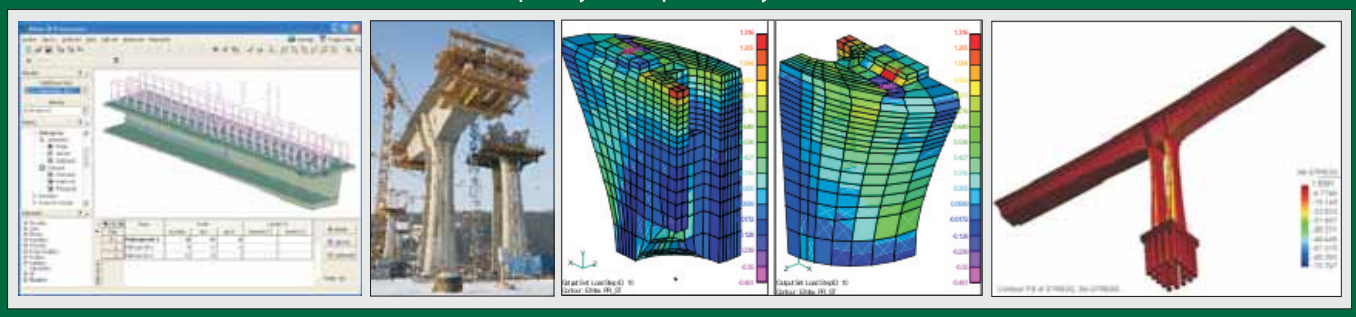
4a



4b

Ověřte Vaši konstrukci programem ATENA!

Přidejte se ke špičkovým inženýrům, kteří používají počítačovou simulaci pro kontrolu a navrhování bezpečných a spolehlivých staveb.



Nabízíme:
- jedinečný software pro nelineární analýzu a hodnocení bezpečnosti - programy ATENA Engineering, ATENA Science, SARA
- uživatelskou podporu a údržbu
- poradenství v oblasti nelineárních výpočtů a spolehlivosti konstrukcí

Použití pro:
- mosty, tunely, budovy, dopravní stavby, elektrárny
- ověření únosnosti, šířek trhlin v betonu, průhybů, spolehlivosti, optimalizace vyztužení
- dotvarování a dynamické efekty

ČERVENKA CONSULTING

Na Hřebenkách 55 • 150 00 Praha 5
tel./fax: **+420 220 610 018** • e-mail: **cervenka@cervenka.cz** • web: **www.cervenka.cz**

Napätia v betónových doskách od dopravného zaťaženia a od teploty

Veľkosť a priebeh napätí sa stanovuje metódami a postupmi, ktoré sa vyvíjali s vývojom poznatkov o materiáloch, technológiach, dopravnom zaťažení, klimatických a hydrogeologických podmienkach, ako aj pohľadom na spolupôsobenie vrstiev a modelovanie podložia.

Výpočet napätí v doskách z cementového betónu sa môže robiť viacerými postupmi a metódami, napr. vzorce Westergaarda, vplyvové plochy ohybových momentov podľa Picketta a Raya, výpočtový program Laymed a v súčasnej dobe najmä metóda konečných prvkov (MKP). Jednotlivé metódy definujú dopravné zaťaženie (hmotnosť a charakteristiky podvozku) a vozovku s podložím z hľadiska mechanického pôsobenia výpočtovým modelom.

Model vozovky je definovaný geometrickými parametrami a výpočtovými hodnotami deformačných parametrov materiálov jednotlivých vrstiev a mierou spolupôsobenia na stykoch vrstiev. Model zodpovedá jednotlivým metódam a postupom výpočtu a môže byť jednoduchý, ale aj zložitý (obr. 1 a 2).

Pre výpočet napätí v cementobetónových doskách od zaťaženia dopravou a od teploty používame model s pružnou doskou konečných rozmerov na pružnom viacvrstvovom polopriestore. V súčasnosti je najrozšírenejším spôsobom výpočtu metóda konečných prvkov, napr. výpočtový program Nexis. Pomocou tohto programu je možné okrem samotného výpočtu napätí a deformácií v cementobetónovej doske modelovať a počítať konštrukciu aj s podložím. K iteračnému výpočtu konštrukcie s podložím slúži špeciálny modul Soilin, ktorý zohľadňuje všetky potrebné závislosti. Podložie sa modeluje priamo, pričom jed-

Obr. 5 Porucha skupiny 10 – poruchy povrchu: typ výtlk
Fig. 5 Distress type 10 – surface distress – pothole

Obr. 6 Poruchy skupiny 40 – poruchy hrán a rohov dosiek: a), b) typ odlomený roh
Fig. 6 Distress type 40 – edge and corner distresses – corner crack, a), b)

Obr. 7 Porucha skupiny 30 – trhliny: typ otvorená trhlina a povrchové sieťové trhliny
Fig. 7 Distress type 30 – cracks - alligator cracks

Obr. 8 Porucha na priečnej škáre – vplyv teplotných zmien
Fig. 8 Distress of transverse joint – influence of temperature changes

notlivé vrstvy sú charakterizované nasledovnými vlastnosťami: modulom pružnosti E, Poissonovým číslom μ, objemovou hmotnosťou γ, súčiniteľom m a hrúbkou h.

Veľkosť napätí závisí aj od polohy dopravného zaťaženia, ktoré môže pôsobiť v štyroch základných polohách. Významné sú hodnoty napätí, ktoré sa dosahujú v strede a na pozdĺžnej hrane dosky. Priebeh napätí v strede dosky od kombinácie zaťaženia – A (dopravné zaťaženie a vlastná hmotnosť dosky) a od kombinácie zaťaženia – B (dopravné zaťaženie, vlastná hmotnosť dosky a teplotný spád) je na obr. 3. Priebeh napätí na pozdĺžnej hrane dosky od obidvoch kombinácií zaťaženia je na obr. 4.

Priebeh napätí zodpovedá zaťaženiu lietadlom A 300/B4. V uvedenom prípade je napätie od druhej kombinácie zaťaženia väčšie o 89,46 % v strede dosky a o 37,67 % na pozdĺžnej hrane, ako pri prvej kombinácií zaťaženia, tzn. že napätia od teplotného spádu sa výrazne podieľajú na vyčerpávaní pevnosti betónu. Vypočítané napätie od uvedeného namáhania sa ďalej využíva na posúdenie spoľahlivosti vozovky podľa podmienky súčtu napätí lebo podmienkami bezpečnosti, príp. podmienkou spoľahlivosti.

Poruchy na letiskových vozovkách

Poruchy, ktoré v priebehu času vznikajú na letiskových vozovkách, sú prirodzeným javom. Všeobecne je porucha definovaná ako nepriaznivá zmena normálneho stavu. Porucha vozovky je definovaná ako poškodenie jednotlivých konštrukčných vrstiev vozovky, prípadne podložia, ktoré ovplyvňuje prevádzkovú spôsobilosť a prevádzkovú výkonnosť vozovky a jej opraviteľnosť [2].

Začiatok vzniku porúch je aj začiatkom postupnej degradácie vozovky. Postupný nárast počtu porúch sa sleduje. Poruchy

9

10

Obr. 9 Poruchy pri kolmom napojení sa dvoch líniových konštrukcií a ich postupná oprava, stav roku 2006
Fig. 9 The distress at contact of two lanes, treatment and repairing at 2006

Obr. 10 Kvalitná oprava poruchy pre zaistenie bezpečnosti leteckej dopravy, stav roku 2007
Fig. 10 Quality repairing ensuring safety of air traffic- condition at 2007

Obr. 11 Porucha skupiny 30 – trhliny: povrchové sieťové trhliny, a) povrchové sieťové trhliny, b) transformácia do pozdĺžnych trhlín a ich oprava
Fig. 11 Distress type 30 – cracks – surface net cracks, a) surface net cracks, b) transformation to longitudinal cracks

11b

11a

Obr. 12 Porucha od únavy a malej únosnosti dosky
Fig. 12 Fatigue and low bearing capacity distress

Literatúra:
[1] *Bartošová Ľ.:* Hodnotenie spoľahlivosti letiskových vozoviek, In. Edícia vedeckých prác, STU v Bratislave, SvF, Bratislava 2004
[2] STN 73 6114 Vozovky pozemných komunikácií. Základné ustanovenia pre navrhovanie. Bratislava ÚNMS SR 1997
[3] Směrnice pro hodnocení provozní způsobilosti cementobetonových letištních drah a ploch – L36. Praha: Federální ministerstvo dopravy, 1985, 48 s.
[4] Metodika L36-KDS na vizuálnu prehliadku vozoviek pohybových plôch letiska s cementobetónovým krytom, Bratislava: KDS-CVVL, 1996, 52 s.

na pohybových plochách letiska sa zatriedujú do hlavných skupín, stanovuje sa ich rozsah, závažnosť a množstvo pri inventarizácií porúch. Podľa predpisu L 36 sa stanovovalo 15 druhov porúch [3], postupom času sa klasifikácia porúch zdokonalila a sú zoskupené do skupín podľa typu poruchy. V súčasnosti sa podľa L 36KDS zatriedujú do ôsmich základných skupín, podrobnejšie je to až 29 typov porúch [4]. Z hľadiska závažnosti sú pre prevádzkovú spôsobilosť a výkonnosť významné všetky poruchy skupiny 10 – poruchy povrchu (obr. 5), skupiny 40 – poruchy hrán a rohov dosiek (obr . 6) a skupiny 30 – trhliny (obr. 7).

Pravidelná inventarizácia porúch je dobrým podkladom nie len pre hodnotenie vývoja jednotlivých porúch z hľadiska rozsahu, ale aj z hľadiska závažnosti porúch. Okrem toho po spracovaní údajov získava správca podklady pre plán opráv.

Vzhľadom na to, že v poslednom období sa zistil nárast porúch na priečnych škárach hlavne v letnom období (obr. 8), vznikla myšlienka sledovania a merania horizontálnych posunov na vybraných meracích miestach spolu s meraním teploty v týchto miestach. V rámci metodiky merania sa vybrali vhodné miesta na meranie posunov a definovali sa štyri dvojice bodov, medzi ktorými sa merajú posuny. Výsledok vyhodnotenia meraní má potvrdiť, prípadne vyvrátiť súvislosť medzi kolísaním teplôt a posunmi dosiek, poruchami z tepla.

OPRAVY VÝZNAMNÝCH PORÚCH NA POHYBOVÝCH PLOCHÁCH LETÍSK

V poslednom období často vznikajú poruchy od tepla, ktoré sa vyskytujú najmä v častiach vozoviek, kde sa stretávajú dve rôzne konštrukcie, alebo kde sa dve líniové konštrukcie na seba kolmé vplyvom tepla rozpínajú a v mieste nie je dostatočná dilatácia. Vzniká napätie, ktoré má za následok vznik poruchy (obr. 8) a ich postupné opravovanie podľa obdobia vzniku (obr. 9 a 10).

Napätie je možné uvolniť zhotovením dilatačnej škáry, pričom je treba:

- dbať na správne určenie miesta,
- zabrániť nežiaducim pohybom konštrukcie po vytvorení dilatácie,
- zabezpečiť presné rezy,
- zabezpečiť dôkladné vyčistenie rezu pre dilatáciu,
- použiť vhodných materiálov,
- dbať na uzatvorenie dilatácie a príslušnú kontrolu.

Sieťové trhliny sa aj vplyvom prevádzky prepojujú do pozdĺžnych trhlín až dojde k sieťovému rozpadu dosky (obr. 11). Sú to poruchy vznikajúce vplyvom agresívneho prostredia, rozmrazovacích prostriedkov na lietadlá alebo vplyvom rozmrazovacích prostriedkov na povrchu VPD, a to všetko môže byť v kombinácií s nevhodne použitým materiálom. Lokalizovanie takýchto sieťových trhlín je možné iba v prvopočiatkoch vzniku, a to vhodnými impregnačnými roztokmi, ktoré môžu rozpad stabilizovať, ale nie zastaviť. V pokročilejšom štádiu vývoja poruchy až do rozpadu dosky je možné úplné odstránenie poruchy iba výmenou porušených dosiek.

Na letiskových vozovkách, ktoré sú v prevádzke viac ako dvadsať rokov, sa vyskytujú poruchy, ktoré sú dôsledkom únavy a na doske sa to prejavuje zníženou únosnosťou. Zistenie takýchto porúch poukazuje na končiacu prevádzkyschopnosť vozovky (obr. 12). Z toho dôvodu je dôležité stanoviť stratégiu a spôsob opravy. Dôležité je stanoviť rozsah takýchto porúch, od ktorého bude závisieť návrh opravy príslušného úseku – plochy, prípadne rekonštrukcia dráhy.

ZÁVER

V príspevku sú prezentované spôsoby stanovenie napätia v cementobetónových doskách, ktoré sa môžu využiť ak pri navrhovaní nových vozoviek, tak pri posudzovaní jestvujúcich vozoviek, alebo pri navrhovaní rekonštrukcie vozovky na letiskových plochách. Na prevádzkovaných letiskových vozovkách vznikajú v priebehu času poruchy. Ich včasné zaznamenanie, zatriedenie a vyhodnotenie je významné pre zaistenie bezpečného pohybu lietadiel po pohybových plochách letiska (pre bezpečný pohyb lietadiel po vozovke je dôležitá kontrola stavu každý deň a operatívne riešenie odstránenia porúch) a pre hodnotenie stavu vozovky podľa metodiky pre dlhodobé hodnotenie a diagnostikovanie stavu dráh.

Príspevok bol spracovaný v rámci vedeckého projektu VEGA č.1/0580/09 „Priestorovo a energeticky úsporne dopravné stavby" riešeného na Katedre dopravných stavieb Stavebnej fakulty STU v Bratislave.

Text článku byl posouzen odborným lektorem.

Doc. Ing. Ľudmila Bartošová, PhD.
Katedra dopravných stavieb, Stavebná fakulta
Slovenská technická univerzita v Bratislave
Radlinského 11, 813 68 Bratislava
Slovenská republika
tel.: +421 259 274 355
e-mail: ludmila.bartosova@stuba.sk

Ing. Miroslav Fogel
Letisko M. R. Štefánika – Airport Bratislava, a. s. (BTS)
823 11 Bratislava
Slovenská republika
tel:. + 421 233 033 001
e-mail: miroslav.fogel@airportbratislava.sk