



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

LETECKÝ ÚSTAV

INSTITUTE OF AEROSPACE ENGINEERING

**METODY A POSTUPY KONTROLY A ÚDRŽBY
LETIŠTNÍCH PROVOZNÍCH PLOCH**

METHODS, INSPECTION AND MAINTENANCE PROCEDURES OF AIRPORT OPERATING AREAS

DIPLOMOVÁ PRÁCE

MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. Juraj Petrovič

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Jiří Chlebek, Ph.D.

BRNO 2023

Zadání diplomové práce

Ústav:	Letecký ústav
Student:	Bc. Juraj Petrovič
Studijní program:	Letecká a kosmická technika
Studijní obor:	Technologie provozu letadlové a letištní techniky
Vedoucí práce:	Ing. Jiří Chlebek, Ph.D.
Akademický rok:	2022/23

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 diplomové práce:

Metody a postupy kontroly a údržby letištních provozních ploch

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Provozní plochy letišť jsou vybaveny různými typy povrchů, které podléhají působení provozních a klimatických vlivů daného prostředí, čímž dochází k jejich degradaci. Aby tyto změny byly minimalizovány, případně eliminovány, s ohledem na bezpečnost provozu, je nutno aplikovat adekvátní postupy a metody jejich údržby a obnovy na základě reálného, případně predikovaného technického stavu.

Cíle diplomové práce:

- Provést analýzu typů povrchů provozních ploch a jejich změn, ke kterým v provozu dochází.
- Provést analýzu metod používaných k monitorování stavu, k údržbě a opravám provozních ploch.
- Navrhnout optimální systém kontrol a údržby s ohledem na konkrétní provozní podmínky daných ploch.

Seznam doporučené literatury:

Předpis L14, Letecká informační služba ČR 2018.

Doc.9157 Airport design manual Part 4, ICAO 2004.

Zákon o civilním letectví č.49/1997 Sb.

Rozhodnutí výkonného ředitele EASA 2022/006/R (CS-ADR-DSN), EASA 2022.

Termín odevzdání diplomové práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2022/23

V Brně, dne

L. S.

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

doc. Ing. Jiří Hlinka, Ph.D.
děkan fakulty

Abstrakt

Táto diplomová práca sa venuje analýze typov povrchov prevádzkových plôch a metódam používaným pri monitorovaní a údržbe letiskových prevádzkových plôch. Úvod práce pozostáva z predstavenia prevádzkových plôch a typov povrchov používaných na letisku. Nasledujúce kapitoly sú zamerané na poruchy povrchov vozoviek a metódy ich monitorovania a údržby. Posledná časť je zameraná na porovnávanie programov údržby letiska Praha a letiska Ostrava a následné navrhnutie optimálneho systému kontroly prevádzkových plôch pre dané prevádzkové podmienky.

Kľúčové slová

letiskové prevádzkové plochy, letiskové vozovky, monitorovanie, PMP, údržba

Abstract

The present final thesis is dealing with the analysis of the operating surface types and the methods used in the monitoring and maintenance of airport operating areas. The introduction of the thesis consists of the presentation of the operating areas and types of surfaces used at the airport. The following chapters are focused on typical pavement surface defects, and their monitoring and maintenance methods. The last part is aimed at comparing the maintenance programs of the Prague airport and of the Ostrava airport resulting in designing of an optimal control system of the operating areas.

Keywords

Airport operating areas, airport pavements, monitoring, PMP, maintenance



Bibliografická citácia

PETROVIČ, Juraj. *Metody a postupy kontroly a údržby letištních provozních ploch* [online]. Brno, 2023 [cit. 2023-04-24]. Dostupné z: <https://www.vut.cz/studenti/zav-prace/detail/149322>. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, Letecký ústav. Vedoucí práce Jiří Chlebek.



Pod'akovanie

Ďakujem vedúcemu diplomovej práce, pánovi Ing. Jiřímu Chlebkovi Ph.D., za jeho cenné poznatky, rady a pripomienky, ktorými mi bol veľmi nápomocný pri tvorbe mojej záverečnej práce. Moja vďaka patrí pracovníkom letísk Praha a Ostrava, ktorí mi ochotne poskytlí materiály do mojej diplomovej práce, dali mi cenné rady a obohatili ma o nové praktické veci pri údržbe vozoviek. V neposlednom rade osobitne veľké poďakovanie patrí mojej rodine a kamarátom, ktorí ma podporovali a vždy mi boli nápomocní v neľahkých situáciách.



Čestné vyhlásenie

Vyhlasujem, že svoju záverečnú prácu na tému „*Metody a postupy kontroly a údržby leteckých provozních ploch*“ som spracoval samostatne pod vedením pána doktora Jiřího Chlebka s použitím odbornej literatúry a ďalších informačných zdrojov, ktoré sú v záverečnej práci všetky citované.

V Brne dňa 26. 5. 2023

.....
Bc. Juraj Petrovič



Obsah

Úvod.....	11
1. Rozdelenie letiskových prevádzkových plôch	12
1.1 Prehľad	12
1.2 Dráhy – vzletové a pristávacie	12
1.3 Dojazdove dráhy	12
1.4 Predpolie.....	13
1.5 Pojazdove dráhy	14
1.6 Odbavovacie plochy	15
2. Letiskové spevnené vozovky a ich typy	16
2.1 Všeobecne	16
2.2 Typy spevnených vozoviek, plôch	16
2.2.1 Tuhé spevnené vozovky	16
2.2.2 Pružné spevnené vozovky	17
3. Opatrebenie a poruchy vozoviek	19
3.1 Všeobecne	19
3.2 Typy porúch a ich vznik.....	19
3.2.1 Praskanie	19
3.2.2 Rozpad	22
3.2.3 Deformácia.....	24
3.2.4 Strata odolnosti proti šmyku	25
3.2.5 Poškodenie tesnosti spojov	26
4. Faktory ovplyvňujúce povrch vozoviek	27
4.1 strukturlne a konštrukčné faktory	27
4.1.1 Materiál	27
4.2 Očakávané dopravné zaťaženie.....	28
4.2.1 nosnos vozoviek	28
4.2.1.1 Metóda ACN-PCN.....	29
4.2.1.2 Metóda ACR-PCR.....	30
4.2.1.3 Porovnanie zmien.....	31
4.3 Environmentlne faktory	32
4.3.1 Teplota	32
4.3.2 Vlhkos	33
4.3.3 Pôsobenie mrazu	33
5. drba vozoviek.....	34
5.1 Všeobecne	34



5.2	Pavement Management Program (PMP).....	34
5.3	Monitorovanie a hodnotenie stavu vozoviek	36
5.4	údržba vozoviek	38
5.4.1	Betónové vozovky z portlandského cementu	38
5.4.2	Asfaltové vozovky	39
5.5	Metódy opravy porúch	40
5.5.1	Metódy opráv porúch na tuhých vozovkách	40
5.5.2	Metódy opráv porúch na pružných vozovkách	42
5.6	špeciálne povrchy so zvyšenou drsnosťou a ochrannými vrstvami	44
5.7	Prekrytia povrchov vozoviek	44
5.8	čistenie povrchov vozoviek	45
5.8.1	Odstraňovanie gummy	45
5.8.1.1	Chemické odstraňovanie	46
5.8.1.2	Mechanické odstraňovanie	46
5.8.2	Odstraňovanie olejov a mazív	47
5.8.3	Odstraňovanie úlomkov cudzích predmetov	47
6.	drba plôch v zimnom období	49
6.1	Všeobecne – odstraňovanie snehu a ľadu	49
6.2	Plán odstraňovania snehu – procedúry	49
6.3	Mechanické metódy	51
6.3.1	Odstraňovanie snehu	51
6.3.2	Mechanická prevencia pred zneitenm povrchu naviatym snehom	51
6.4	Teplotné metódy	51
6.5	Chemické metódy	52
6.6	Vybavenie pre odstraňovanie snehu a ľadu	53
6.7	Snma stavu povrchu dráhy	54
7.	drba nespevnených plôch	56
8.	Program údržby letiska Ostrava – Mošnov	57
8.1	Postup kontroly prevádzkových plôch letiska	57
8.2	Pravidelnosť kontrol	57
8.3	Meranie koeficientu trenia povrchu dráhy	59
8.4	Meranie hĺbky textúry povrchu	59
8.5	Postupy hlásenia výsledkov kontrol a činnosti	59
9.	Program údržby letiska Praha – Ruzyně	61
9.1	Posúdenie a hlásenie stavu povrchu pohybovej plochy	61
9.2	Kontrola stavebnotechnického stavu pohybových plôch	63
9.3	Meranie koeficientu trenia povrchu dráhy	63



9.4	Meranie hĺbky textúry povrchu	64
10.	Porovnanie a zhodnotenie programov údržby	65
11.	Navrhnutie efektívnej údržby	66
11.1	Rutinné monitorovanie.....	66
11.1.1	Vozidlo s laserovým skenerom na monitorovanie.....	66
11.1.2	Dron s termokamerou	68
11.2	Štrukturálne hĺbkové kontroly.....	69
11.2.1	Deflektometer – rázové zariadenie FWD	70
11.2.2	Georadar.....	70
11.3	Návrh plánu kontroly RWY 04/22 OSR	71
11.3.1	Charakteristika použitej technológie.....	71
11.3.2	Porovnanie navrhovanej metódy snímkovania s používanou metódou.....	72
	Záver	74
	ZOZNAM POUŽITEJ LITERATÚRY	76
	ZOZNAM POUŽITÝCH SKRATIEK	80
	ZOZNAM OBRÁZKOV	81
	ZOZNAM TABULIEK	82
	ZOZNAM PRÍLOH	83



Úvod

Cieľom zadanej diplomovej práce je stručná analýza typov povrchov, ktoré sa používajú na letiskách po celom svete a metódy kontroly a údržby týchto plôch. Táto práca bude rozdelená do štyroch základných častí, ktoré budú následne viac rozobraté a vysvetlené.

Povrchy vozoviek používané na letiskách sa delia do dvoch kategórií – tuhé a pružné. Pod pojmom tuhé povrchy si môžeme predstaviť asi najčastejšie využívaný povrch, ktorým je betón. Čo sa týka pružných vozoviek, ide o asfaltové povrchy. Rozdiel medzi týmito dvomi typmi povrchov je jasne viditeľný, či už po materiálovej stránke, ale aj čo sa týka vlastností, ktoré tieto povrchy vykazujú. Plochy ako sú vzletové a pristávacie dráhy alebo odbavovacie plochy, musia odolať zaťaženiu, a preto je nesmierne dôležitý výber správneho materiálu a aplikovania správneho postupu. Samozrejme, že nemôžeme zabúdať na podmienky prostredia v akom sa tieto povrchy nachádzajú, pretože to je jeden z kľúčových faktorov či už pri návrhu novej vozovky alebo pri rekonštrukcii.

Metódy a postupy kontroly a údržby plôch sú na každom letisku individuálne. Vždy to závisí od prevádzky na danom letisku a taktiež vybavenia, ktorým dané letisko disponuje. Monitorovanie stavu povrchov patrí k základným požiadavkám pre zaistenie bezpečnej prevádzky na letisku. Taktiež slúži na predchádzanie poruchám a včasnemu nálezu poškodenia, ktoré môže nastať počas životnosti povrchu danej vozovky. V prípade výskytu poškodenia je potrebné vykonať opravu v čo najkratšom možnom intervale a čo najdôkladnejšie, aby sme dokázali zamedziť ďalšiemu šíreniu poruchy a predĺžiť životnosť danej vozovky. Existuje veľa rôznych metód monitorovania stavu povrchov. V dnešnej dobe sa neustále vylepšujú a vyvíjajú novšie a efektívnejšie metódy.

Predposledná časť sa bude zaoberať porovnaním programov údržby letiska Praha a letiska Ostrava. Obe letiská sú rozdielne, čo sa týka veľkosti a prevádzky, preto aj programy údržby a monitorovania sú rozdielne a prispôbené daným podmienkam. Záverečná časť bude venovaná návrhu optimálneho systému monitorovania a kontroly plôch v daných prevádzkových podmienkach.

1. Rozdelenie letiskových prevádzkových plôch

1.1 Prehľad

Letiskové prevádzkové plochy sú neodmysliteľnou súčasťou každého letiska, bez ktorých by bolo fungovanie nereálne. Celkovo sú navrhnuté tak, aby umožnili bezpečnú a efektívnu prevádzku lietadiel a zahŕňajú široký rozsah plôch a dráh, ktoré sú navrhnuté tak, aby odpovedali rôznym typom lietadiel a rôznym typom prevádzky na letisku. Do tejto kategórie spadajú vzletové a pristávacie dráhy, dojazdové a pojazďové dráhy, predpolia a taktiež odbavovacie plochy.

1.2 Dráhy – vzletové a pristávacie

Dráhu v zmysle predpisu L14 označujeme ako runway. V praxi niektorých prevádzkovateľov českých letísk [34] sa RWY označujú aj ako vzletové a pristávacie dráhy. Je hlavnou časťou letiska, zobrazená je na Obr. 1; ich počet závisí na prevádzke letiska. Vzletová dráha je určená pre lietadlá, ktoré sa chystajú vzlietnuť, zatiaľ čo pristávacia dráha je určená pre lietadlá, ktoré sa chystajú pristáť. Tieto dráhy sú konštruované tak, aby poskytovali dostatočnú dĺžku a šírku pre tieto manévry. Povrchy dráh sú vyrobené z rôznych materiálov, vrátane betónu, asfaltu alebo iných povrchov, ktoré musia spĺňať jednotlivé požiadavky. Bezpečnosť je dôležitým faktorom pri prevádzkovaní vzletových a pristávacích dráh. Dráhy musia byť dôkladne udržiavané, aby sa zabránilo alebo minimalizovalo riziko vzniku nehôd a musia sa dodržiavať prísne pravidla a postupy pri používaní [1].



Obr. 1 Dráha - RWY [2]

1.3 Dojazdové dráhy

Dojazdová dráha je bezpečnostná zóna na konci pristávacej dráhy, ktorá slúži k minimalizácii rizík nehôd v prípade, že lietadlo nepristane na optimálnom mieste alebo pokiaľ lietadlo nedokáže zastaviť na pristávacej dráhe. Typická dojazdová dráha je vyobrazená na Obr. 2.

Tieto časti dráhy sú vybavené rôznymi bezpečnostnými prvkami, ako sú, napríklad brzdné zóny, ktoré pomáhajú spomaliť lietadlo a bariéry, ktoré bránia lietadlu v opustení letiska. Správa letísk je zodpovedná za údržbu a prevádzku dojazdových dráh a za zaistenie bezpečnosti počas letovej prevádzky. Povrch musí byť pravidelne kontrolovaný, aby bol pevný, rovný a schopný znášať veľké zaťaženie [1].



Obr. 2 Dojazdová dráha značená žltými šípkami [3]

1.4 Predpolie

Predpolie nazývané v angličtine ako clearway, je vymedzená pravouhlá plocha na zemi alebo na vode, určená alebo upravená tak, aby umožňovala lietadlu dokončiť nad ňou počiatočné stúpanie do stanovenej výšky. Jeho začiatok musí byť umiestnený na konci dráhy použiteľnej pre rozjazd a jeho dĺžka nesmie byť väčšia ako je polovica dĺžky dráhy použiteľnej pre rozjazd. Táto oblasť musí byť vyprázdnená od všetkých prekážok a zariadení, ktorých funkcia to z navigačných dôvodov nevyhnutne nevyžaduje. Ak sú tam umiestnené zariadenia pre leteckú navigáciu, je dôležité, aby boli riešené a upevnené krehkým spojením a umiestnené tak, aby bolo zabezpečené riziko vzniku nebezpečenstva. Predpolia musia byť pravidelne kontrolované a udržiavané, tak ako to je ustanovené. Na Obr. 3 je zobrazený názorný príklad predpolia [1].



Obr. 3 Predpolie (schematicky označené žltou farbou) [4]

1.5 Pojazdové dráhy

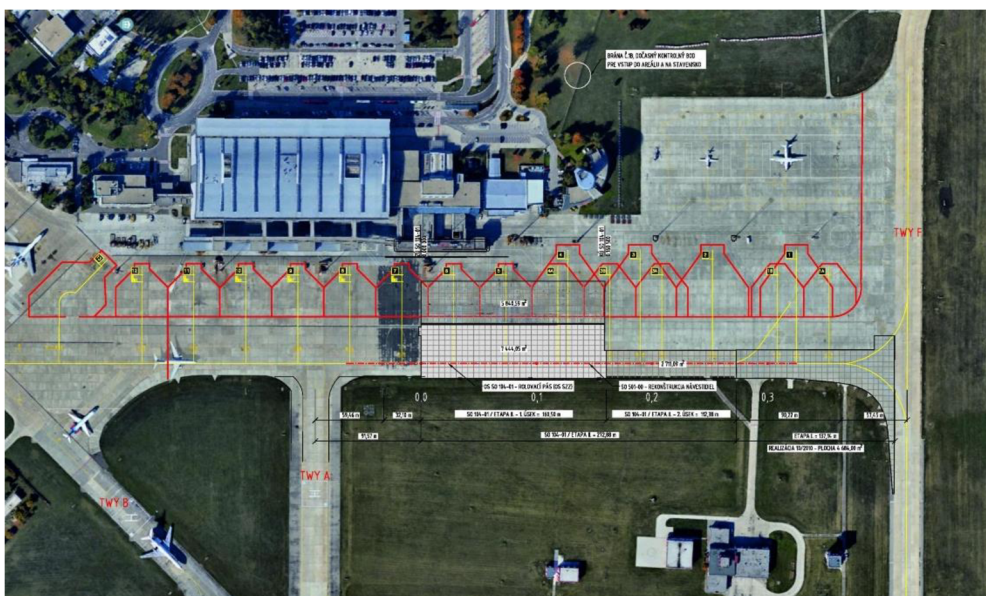
Pojzdová dráha nazývaná taktiež taxiway, zachytená na Obr. 4, je dráha určená pre pohyb lietadiel medzi pristávacími a štartovacími dráhami, letiskovými odbavovacími plochami a ďalšími oblasťami letiska. Po pristávacích a vzletových dráhach je pojazďová dráha druhou najdôležitejšou v oblasti údržby. Pravidelná údržba pojazďových dráh ale aj všetkých ostatných prevádzkových plôch zahŕňa odstraňovanie nečistôt, spevnenie dier a trhlín a udržiavanie viditeľnosti vodorovného značenia. Pre pohyb na pojazďových dráhach sú okrem lietadiel používané aj pozemné vozidlá, ako sú ťažné vozidlá, zásobovacie a údržbové vozidlá, vozidlá určené na prepravu cestujúcich a ďalších vecí.



Obr. 4 Pojazdové dráhy značené žltými pruhmi [5]

1.6 Odbavovacie plochy

Odbavovacie plochy sú oblasti na letisku, ktoré slúžia k odbaveniu lietadiel pred a po lete. Tieto plochy zahŕňajú terminály, haly pre cestujúcich, parkoviská, plochy pre nakladanie a vykladanie nákladu, zásobovacie zóny pre palivo a ďalšiu infraštruktúru. Povrch odbavovacích plôch na letisku závisí od účelu danej plochy a podmienkach, v ktorých sa nachádza. Väčšina odbavovacích plôch je betónová alebo asfaltová, ale môžu byť použité aj iné materiály tak, aby boli bezpečné pre lietadlá a vozidlá, ktoré sa na nich pohybujú a aby boli odolné voči opakovanému použitiu a vplyvom poveternostných podmienok. Na Obr. 5 je zobrazená odbavovacia plocha Letiska M. R. Štefánika v Bratislave [1].



Obr. 5 Odbavovacie plochy [6]

2. Letiskové spevnené vozovky a ich typy

2.1 Všeobecne

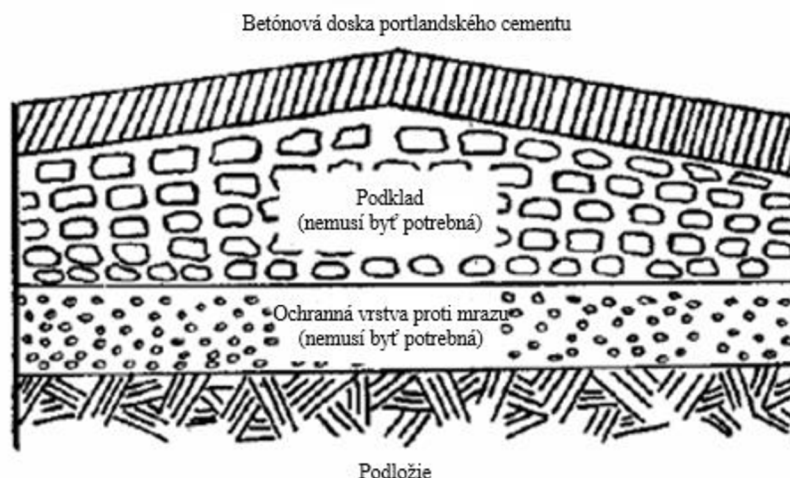
V tejto kapitole budú rozobrané jednotlivé typy letiskových vozoviek. Letiskové vozovky sú navrhnuté, skonštruované a udržiavané tak, aby zniesli kritické zaťaženie spôsobené lietadlami, ktoré využívajú tieto vozovky. Povrch letiskových vozoviek musí byť celoročne pevný, stabilný, hladký, protišmykový a odolný voči poveternostným podmienkam. Kvalita a hrúbka povrchu musí byť dostatočne odolná, aby odolala abrazívnemu pôsobeniu dopravy, nepriaznivým podmienkam a iným vplyvom. Pre zabezpečenie pevnosti je potrebné zväžiť rôzne parametre týkajúce sa projektovania, konštrukcie a materiálu.

2.2 Typy spevnených vozoviek, plôch

Spevnené plochy sa vo všeobecnosti delia na dva typy, a to pružné a tuhé. Každý typ je navrhnutý tak, aby spĺňal požiadavky, ktoré sú naň kladené. Taktiež sem môžeme zaradiť prekrytia, ktoré sa využívajú na opravu zhoršujúcich sa povrchov vozovky. Prekrytia vozoviek budú, podobne ako aj samotná oprava a údržba povrchov, podrobnejšie rozobraté v kapitole o údržbe vozoviek [7].

2.2.1 Tuhé spevnené vozovky

Tuhé vozovky sa zvyčajne zhotovujú z portlandského cementového betónu (PCC) ako základného konštrukčného prvku. V závislosti na rôznych podmienkach môže byť PCC vozovka navrhnutá z hladkého, ľahko vystuženého, súvisle vystuženého alebo predpäťého betónu. Podklad pod touto vozovkou je zhutnený zrnkový alebo upravený podklad podopretý zhutneným podkladom. Tento povrch má vysoký stupeň tuhosti, čo umožňuje rozložiť zaťaženie na veľké plochy podložia. Pre lepší výkon je veľmi dôležité, aby bola podpora celej betónovej dosky jednotná. Konštrukcia tuhej vozovky je znázornená na Obr. 6 [7].



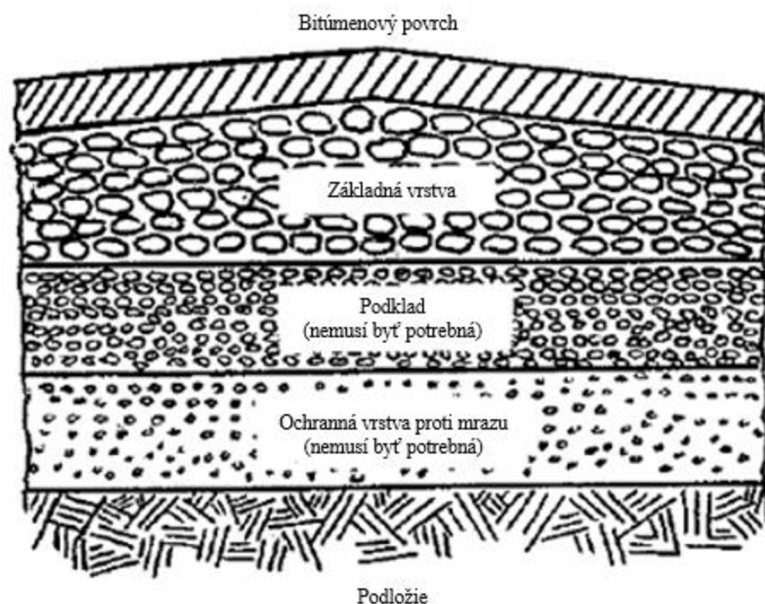
Obr. 6 Štruktúra tuhej spevnenej vozovky (prevzaté z [7] a upravené)

Vrstvy tvoriace pevnú časť vozovky a ich funkcie sú:

- PCC vozovka (povrchová vrstva) – poskytuje protišmykový povrch a zabraňuje infiltrácii povrchovej vody do podložia;
- podklad – poskytuje rovnomernú a stabilnú oporu pre povrch vozovky. Minimálna hrúbka podkladu je 10 cm;
- stabilizovaná základňa – vyžaduje sa pre všetky nové tuhé povrchy určené na umiestnenie lietadiel s hmotnosťou viac ako 45 ton;
- ochranná vrstva proti mrazu – poskytuje bariéru proti pôsobeniu mrazu a prenikaniu mrazu do spodných mrazuvzdorných vrstiev;
- podložie – zhutnená vrstva pôdy, ktorá tvorí základ pre daný povrch vozovky. Oproti ostatným vrstvám je vystavená menšiemu namáhaniu [7].

2.2.2 Pružné spevnené vozovky

Pružné spevnené vozovky prenášajú zaťaženie prostredníctvom spôsobu uloženia vrstiev. Tento typ vozovky je zložený z niekoľkých vrstiev, starostlivo vybraných materiálov navrhnutých tak, aby postupne rozložili zaťaženie z povrchu chodníka do vrstiev pod ním. Na Obr. 7 je znázornená typická štruktúra pružnej spevnenej vozovky [7].



Obr. 7 Štruktúra pružnej spevnenej vozovky (prevzaté z [7] a upravené)

Ako tuhé spevnené vozovky tak aj pružné spevnené vozovky sa skladajú z niekoľkých vrstiev. Tieto vrstvy vykonávajú funkcie, ktoré sú popísané nižšie:

- bitúmenový povrch (nosná vrstva) – pozostáva zo zmesi rôznych vybraných agregátov, ktoré sú úzko spojené s asfaltovým cementom, inými druhmi ťažkých asfaltov alebo bitúmenovými spojivami. Materiál použitý v povrchovej vrstve sa bežne označuje ako



- Hot-Mix asphalt (HMA). Hlavnou funkciou tejto vrstvy je zabrániť prenikaniu povrchovej vody do podkladovej vrstvy a zabezpečiť hladk povrch bez voľných častíc, ktoré by mohli ohroziť lietadlá pri pohybe po tomto povrchu. (poskytujú protimykov povrch bez toho, aby spôsobovali nadmern opotrebovanie pneumatík);
- b) zkladn vrstva – musí mať také kvalitu a hrúbku, aby sa predišlo poruchám v základne a/alebo podkladu. Materiály tvoriace zkladn vrstvu sa delia do dvoch hlavných tried: stabilizované a zrnkov. Stabilizované základy pozostávajú z drveného a nedrvenho agregátu, spojeného so stabilizátorom, ako je cement alebo bitúmen;
 - c) podklad – primárne využitie tejto vrstvy je v oblastiach, kde je siln mráz alebo kde je pôda podložia extrémne slabá. Podkladov vrstva funguje rovnako ako zkladn vrstva, avšak na podklad nie sú vyžadované tak prísne materilov poiadavky;
 - d) ochrann vrstva proti mrazu – tto vrstva m rovnak vlastnosti ako pri tuhých vozovkách, ktoré sú podrobnejšie uvedené v predchádzajúcej podkapitole;
 - e) podložie – je vrstva pôdy, ktor tvorí zkladn časť danej vozovky. Podložné zeminy sú menej namáhané ako povrchov, základné a podkladové vrstvy, pretože zťažov napätia klesajú s hĺbkou a riadiace napätie podložia zvyčajne leží v hornej časti podložia [7].

3. Opatrenie a poruchy vozoviek

3.1 Všeobecne

Vplyvom používania letiskových prevádzkových plôch dochádza k opotrebovaniu materiálu povrchov jednotlivých vozoviek. Viditeľné dôkazy o nadmerných úrovniach napätia na povrchu vozoviek zahŕňajú praskliny, diery, priehlbiny a iné typy poškodenia vozoviek. Poruchy, ako sú praskliny, ovplyvňujú štrukturálnu integritu, kvalitu jazdy a v neposlednom rade bezpečnosť letiskových vozoviek tým, že umožňujú vode a ďalším cudzím časticiam rýchlejšie zhoršovať povrch vozovky. Na každom letisku musí byť k dispozícii index o stave vozovky PCI, ako je uvedené v norme ASTM D 5340, kde sú zaznamenané všetky zmeny stavu vozovky alebo jej zhoršenia [7][8].

3.2 Typy porúch a ich vznik

Primárne typy namáhania cementobetónových alebo asfaltových vozoviek zahŕňajú: praskanie, rozpad, deformáciu, stratu odolnosti proti šmyku a taktiež poškodenie tesnosti spojov, ktoré sa vyskytuje len u betónových vozoviek. V nasledujúcich podkapitolách budú tieto typy porúch podrobnejšie rozobraté a zatriedené podľa povrchu vozoviek [8].

3.2.1 Praskanie

Existuje množstvo príčin prasklín vo vozovkách. Trhliny zvyčajne začínajú ako veľmi tenké trhliny, ktoré sa časom rozširujú a erodujú s vekom. Ak tieto trhliny nie sú včas utesnené, môžu sa postupne rozširovať do viacerých trhlín, ktoré si budú vyžadovať rozsiahlejšie opravy a môžu vytvárať nečistoty z cudzích predmetov [8].

Asfaltové vozovky

Trhliny v pružných vozovkách sú spôsobené priehybom povrchu na nestabilnom podklade, tepelnou rozťažnosťou a kontrakciou povrchu alebo zle vyhotovenými spojmi pruhov. Existuje šesť základných typov trhlín v asfaltových povrchoch. Medzi tieto typy patria: pozdĺžne, priečne, reflexné, blokové, únavové (tzv. aligátorie) a šmykové trhliny. Niektoré typy sú podrobnejšie rozpísané nižšie [8][9].

- *Pozdĺžne a priečne trhliny* sú priame trhliny rovnobežné s osou alebo smerom vozovky. Trhliny v asfaltových vozovkách môžu byť výsledkom zmršťovania povrchového materiálu, čo je spôsobené oxidáciou alebo starnutím asfaltového materiálu alebo kontrakcie HMA povrchu. Na Obr. 8 a 9 sú pozdĺžne a priečne trhliny odstupňované podľa rozsahu poškodenia od malých až po väčšie trhliny [8][9].



Obr. 8 Pozdĺžne trhliny na asfaltových vozovkách [10]



Obr. 9 Priečne trhliny na asfaltových vozovkách [10]

- *Blokové trhliny* sú vzájomne prepojené trhliny, ktoré rozdeľujú zvršok na približne pravouhlé kusy. Praskanie blokov je spôsobené predovšetkým kontrakciou asfaltu počas chladného počasia, čo naznačuje, že asfalt vekom stvrdol. Príklad blokových trhlín je zobrazený na Obr. 10 [8][9]



Obr. 10 Blokové trhliny na asfaltových vozovkách [10]

- *Reflexné trhliny* v prekrytí HMA odrážajú vzor trhlín alebo vzor spojov v podklade vozovky. Najčastejšie sa vyskytujú v HMA prekrytiach na PCC vozovkách, ale môžu byť aj u vozoviek HMA, kde trhliny alebo spoje na starej dlažbe neboli riadne opravené [9].
- *Únavové (aligátorie) trhliny* alebo únavové praskanie je rad vzájomne prepojených trhlín spôsobených únavovým porušením asfaltovej vozovky pri opakovanom dopravnom zaťažení v dráhach kolies a iných oblastiach. Jednou z ďalších príčin môže byť slabý alebo nasýtený podklad alebo podložie. Po spojení tieto trhliny vytvoria mnohostranné kusky s ostrými hranami, pripomínajúce kožu aligátora [8][9].
- *Šmykové trhliny* sú trhliny v tvare polmesiaca, ktoré sa objavujú pri brzdení alebo otáčaní kolies, spôsobujú kĺzanie a deformáciu povrchu vozovky. K tomuto zvyčajne dochádza,

keď je povrchová zmes s nízkou pevnosťou alebo slabá väzba medzi povrchom a ďalšou vrstvou štruktúry vozovky [9].

Betónové vozovky

U tuhých vozoviek sú trhliny výsledkom napätí spôsobených expanziou a kontrakciou alebo deformáciou vozovky. Možné príčiny sú aj preťaženie, strata podopretia podložia alebo nesprávne a nedostatočné vyrezané spoje. Trhliny v betónových vozovkách môžeme rozdeliť na: pozdĺžne, priečne, rohové zlomy, prasknutia v tvare D a prasknutia pri zmršťovaní [8][11].

- *Pozdĺžne a priečne trhliny* sú kombináciou opakovaných zaťažení, ktoré spôsobujú praskliny. Výskyt týchto prasklín môže naznačovať zlé stavebné techniky, podkladové vrstvy vozovky, ktoré sú štrukturálne nedostatočné alebo preťaženie vozovky. Na Obr. 11 sú príklady pozdĺžnych a priečných trhlín na tuhých vozovkách [8][11].



Obr. 11 Pozdĺžne a priečne trhliny na betónových vozovkách [10]

- *Rohové zlomy* vznikajú opakovaným zaťažením v kombinácii so stratou podopretia a napätím zvlňenia. Tieto zlomy sú charakterizované trhlinou, ktorá pretína spoje vo vzdialenosti menšej alebo rovnjej polovici dĺžky dosky na oboch stranách, meraných od rohu dosky. Na Obr. 12 je zobrazený typický príklad rohových zlomov [8].



Obr. 12 Rohové zlomy na betónových vozovkách [10]

- *“D” praskanie* sa zvyčajne javí ako vzor trhlín prebiehajúcich v blízkosti a paralelne so spojmi alebo lineárnou trhlinou. Príčinou je neschopnosť betónu odolávať environmentálnym faktorom, ako sú cykly zmrazovania a rozmrazovania. Tento typ trhlín môže prípadne viesť k rozpadu betónu do 1 až 2 stôp od spoja alebo trhliny [8][11].
- *Prasknutie pri zmršťovaní* ide o vlasové trhliny, ktoré sú zvyčajne len niekoľko stôp dlhé a nepresahujú cez celú dosku. Najčastejšie vznikajú počas tuhnutia a tvrdnutia betónu a nepresahujú hĺbku dosky [8].

3.2.2 Rozpad

Medzi ďalšie príčiny porúch či už u asfaltových alebo betónových vozoviek patrí rozpad, ktorý sa člení na ďalšie kategórie. Niektoré z týchto porúch sú podrobnejšie uvedené v nasledujúcich odsekoch ku konkrétnym typom vozoviek, pri ktorých sa vyskytujú [8].

Asfaltové vozovky

Rozpad v pružnej vozovke je typicky spôsobený klímou, nedostatočným zhutnením povrchu, nedostatočným asfaltovým spojivom v zmesi, stratou adhézie medzi asfaltovým povlakom a časticami kameniva alebo silným prehriatím zmesi. Bežne sa vyskytuje niekoľko typov rozpadu, a to: rozvinutie, zvetrávanie, výmole, odlupovanie asfaltu, trysková erózia, záplata [8][9]

- *Rozvinutie* zachytené na Obr. 13 je opotrebovanie povrchu vozovky spôsobené postupným vytlačaním kameniva z povrchu vozovky. Hlavnými príčinami vzniku sú nedostatočné zhutnenie počas výstavby, tzn. že nedošlo k vytvoreniu dostatočnej súdržnosti asfaltovej vozovky, prachový povlak na hrubom kamenive, ktorý núti asfaltové spojivo priľnúť na takýto povlak a nie na kamenivo alebo taktiež starnutie asfaltového spojiva [8][9].



Obr. 13 Rozvinutie na asfaltových vozovkách [10]

- *Zvetrávanie*. Pod týmto pojmom rozumieme opotrebenie asfaltového spojiva a matrice jemného kameniva z povrchu vozovky. Asfaltový povrch začína vykazovať známky starnutia, ktoré môžu klimatické podmienky urýchliť. Je sprevádzané taktiež vyblednutím farby asfaltovej vozovky, ktoré je zdokumentované na Obr. 14 [9].



Obr. 14 Zvetrávanie asfaltových vozoviek [10]

- *Výmole* sú malé lokalizované miskovité priehlbiny povrchov vozovky, ktoré zasahujú do celej hĺbky asfaltu. Väčšina výmoľov je spôsobená únavou povrchu vozovky. Vo

všeobecnosti majú ostré hrany v blízkosti hornej časti otvoru a často sa objavujú po daždi alebo počas obdobia topenia, keď sú povrchy vozoviek slabšie. Príčinou ich vzniku je strhávanie, odlupovanie alebo praskanie povrchu vozoviek [8][9].

- *Odlupovanie asfaltu* je strata väzby medzi asfaltovým spojivom a kamenivom, zvyčajne začína v spodnej časti vozovky a postupuje nahor. Príčinou vzniku je zlá chemická kompatibilita medzi kamenivom a asfaltový spojivom [9].

Betónové vozovky

Rozpad u tuhých vozoviek môžeme chápať ako rozbitie vozovky na malé, voľné kúsky vrátane uvoľnenia častíc kameniva. Nesprávne ošetrovanie, nevhodné kamenivo alebo nesprávne miešanie betónu môžu spôsobiť tento typ poruchy. Rozpad zvyčajne spadá do nasledujúcich kategórií [8].

- *Odlupovanie, mapy z praskania a popraskanie.* Odlupovanie je rozpad a strata povrchu v dôsledku opotrebovania povrchov vozoviek. Povrch oslabený nesprávnym vytvrdzovaním alebo konečnou úpravou a cyklami zmrazovania a rozmrazovania môže viesť k odlupovaniu. Mapa z praskania alebo popraskanie sa vzťahuje na sieť plytkých vlasových trhlín, ktoré sa tiahnu cez horný povrch betónu [8].
- *Alkali-silikátová reaktivita (ASR)* je spôsobená expanzívnou reakciou medzi zásadami a niektorými reaktívnymi minerálnymi oxidmi kremičitými, ktoré tvoria gél. ASR sa prejavuje najčastejšie praskaním betónovej vozovky, často v mapovom vzore. Na povrchu trhliny sa môže vyskytnúť biely, hnedý, sivý alebo inak farebný gél. Taktiež môže prísť k zväčšeniu objemu betónu, ktoré spôsobí deformáciu príľahlých alebo ucelených štruktúr [8].
- *Odlupovanie spojov a rohov* je často výsledkom nadmerného namáhania alebo slabého betónu v spojoch. K tomuto môže dochádzať aj vtedy, keď sa spojovacie kolíky zle zarovnajú nesprávnym umiestnením, ktoré bráni pohybu dosky. Odlupovanie rohov má podobné príčiny vzniku ako pri spojoch. Od rohového zlomu sa líši, tým že odlupovanie sa zvyčajne nakláňa nadol, aby pretínalo spoj. Obr. 15 zachytáva typický príklad odlupovania spojov a rohov [8].



Obr. 15 Odlupovanie spojov a rohov na betónových vozovkách [10]

- *Zväčšovanie* nie je veľmi bežné, ale vyskytuje sa v priečnej trhline alebo spoji, ktorý nie je dostatočne široký na to, aby umožnil rozpínanie betónových dosiek. Pomerne častý výskyt je u asfaltových prekrytiach v dôsledku dodatočného tepla absorbovaného tmavým asfaltovým povrchom. Vo všeobecnosti sa vyskytujú počas horúceho počasia kvôli dodatočnej tepelnej rozťažnosti betónu [8].

- *Záplatovanie.* Záplata na Obr. 16 je definovaná ako oblasť, kde bola pôvodná dlažba odstránená a nahradená výplňovým materiálom. Degradácia záplaty zvyčajne postupuje vyššou rýchlosťou ako pôvodná dlažba. Záplata je dvoch typov: *malá*, ktorá je definovaná ako plocha menšia než $0,5 \text{ m}^2$ a *veľká a úžitková*, kde plocha je väčšia ako $0,5 \text{ m}^2$ [8].



Obr. 16 Záplaty na betónových vozovkách [10]

3.2.3 Deformácia

Asfaltové vozovky

Deformácie asfaltových vozoviek sú spôsobené sadnutím základov, nedostatočným zhutnením vrstiev vozovky, zlou väzbou medzi povrchom a podkladovou vrstvou konštrukcie vozovky alebo pôsobením mrazu v podklade. Na pružných vozovkách rozlišujeme päť základných typov deformácií, ktoré sú podrobnejšie opísané v nasledujúcich častiach [8][9].

- *Vyjazdené kolaje* sú charakterizované povrchovou depresiou v dráhe kolesa. Najčastejšie sa prejavia až po daždi, keď sa dráhy kolies naplnia vodou. Tento typ namáhania je spôsobený trvalou deformáciou v ktorejkoľvek vrstve vozovky alebo podložia. Môže byť spôsobené nedostatočnou hrúbkou vozovky, nedostatočným zhutnením a slabými asfaltovými zmesami [9][12].
- *Zvlnenie* je výsledkom pohybu plastickej plochy povrchu, pre ktorú sú typické vlnky na povrchu. Hlavnou príčinou vzniku môže byť nedostatočná stabilita zmesi a zlá väzba medzi vrstvami. Avšak tento typ deformácie sa na letiskových prevádzkových plochách bežne nevyskytuje [8][9].
- *Strkanie.* Tento typ je lokalizované vydutie povrchu vozovky v daných miestach, ktoré vznikajú kvôli nedostatočnej stabilite zmesi, šmykovým pohybom v medzivrstve [9].
- *Priehlbiny* sú charakterizované ako nízke plochy limitovanej veľkosti. Môžu byť spôsobené sadnutím podkladových vrstiev vozovky, nesprávnymi stavebnými metódami alebo kvôli používaniu lietadiel ťažších, než sa očakávalo. Tieto miesta sú najčastejšie viditeľné až po daždi, keď sa zaplnia vodou a vďaka tomu sú nazývané aj ako „vtáčie kúpele“ [8][9].
- *Vydutie* povrchovej vrstvy vozovky smerom nahor charakterizuje opuch. Vyskytuje sa najbežnejšie na malých plochách alebo ako dlhšia postupná vlna. Oba tieto typy porúch sú sprevádzané praskaním povrchu. Vznik týchto vydutí je spôsobený pôsobením mrazu obklopujúceho rôzne typy materiálov v podloží alebo napučíavaním pôdy [9].

Betónové vozovky

Deformácia sa vzťahuje na zmenu pôvodnej polohy povrchu vozovky a je výsledkom sadnutia základov, zemín náchylných na mraz alebo nesprávneho naprojektovania podloží alebo drenážnych systémov. U tuhých vozoviek rozlišujeme dva typy deformácií [8].

- *Pumpovanie alebo čerpanie* je charakterizované vyvrhovaním vody a podkladového materiálu cez spoje alebo trhliny vo vozovke, čo spôsobuje ohýbanie dosky pri zaťažení. Vytiekajúca voda nesie so sebou častice štrku, piesku alebo hliny, čo vedie k postupnej strate podopretia vozovky a vzniku prasklín na vozovke [8].
- *Usadenie alebo praskanie* uvedené na Obr.17, je rozdiel v nadmorskej výške v spoji alebo trhline spôsobený pretrhnutím alebo nerovnomerným spevnením podkladovej vrstvy alebo vrstiev vozovky. Tento stav vzniká stratou jemných častíc, mrazom alebo napučaním pôdy [8].



Obr. 17 Usadenie na betónových vozovkách [10]

3.2.4 Strata odolnosti proti šmyku

Asfaltové vozovky

Medzi faktory, ktoré znižujú odolnosť povrchu vozovky proti šmyku patrí príliš veľa asfaltu v bitúmenovej zmesi, veľkosť, textúra a tvar kameniva, odolnosť voči lešteniu a opotrebovaniu. Väčšie kamenivo poskytuje drsnejšiu štruktúru povrchu vozovky a lepšiu odolnosť voči šmyku. Schopnosť trenia môže byť tiež znížená v dôsledku nánosov gummy, prachových častíc, rozliateho paliva, snehu a ľadu. Na pružných vozovkách môže dôjsť k strate protišmykovej odolnosti v dôsledku nasledujúcich problémov [8][9]:

- *Vyleštené kamenivo.* Leštenie kameniva je spôsobené opakovaným dopravným využitím. Tento typ kameniva je prítomný vtedy, keď časť kameniva siahajúca nad asfalt je veľmi malá alebo má nízku kvalitu. To znamená, že tam nie sú žiadne drsné alebo hranaté častice, ktoré by poskytovali dobrú odolnosť proti šmyku [8].
- *Kontaminanty.* Do tejto kategórie môžeme zaradiť hromadenie častíc gummy, olejov alebo iných vonkajších materiálov na povrchu vozovky. Navyše, hromadenie gumových usadenín v drážkach vozovky zníži účinnosť drážok a zvýši pravdepodobnosť akvaplaningu [9].

- *Krvácanie* je charakterizované filmom bitúmenového materiálu na povrchu vozovky, ktorý sa podobá lesklému sklu podobnému reflexnému povrchu, ktorý sa v horúcom počasí zvyčajne stáva lepkavým. Táto porucha je spôsobená nadmerným množstvom asfaltového spojiva v zmesi alebo nízkym obsahom vzduchových dutín. Keď asfaltové spojivo vyplní dutiny v zmesi počas horúceho počasia, potom expanduje na povrch vozovky. Rozsiahlejšie krvácanie môže spôsobiť vážne zníženie odolnosti proti šmyku [8][9].
- *Rozliatie oleja alebo paliva*. Na miestach, kde dochádza k častému rozliatiu na povrchu HMA môže asfalt zmäknúť. Oblasti, ktoré nie sú vystavené častému rozliatiu sa zvyčajne zahoja bez opravy [9].

Betónové vozovky

Odolnosť voči šmyku sa vzťahuje na schopnosť vozovky poskytnúť povrch s požadovanými trecími charakteristikami za všetkých poveternostných podmienok. Strata protišmykovej odolnosti u betónových vozoviek je spôsobená opotrebovaním štruktúrovaného povrchu bežným opotrebovaním alebo nahromadením nečistôt. Pri tuhých vozovkách sa rozlišujú dva typy porúch, a to vyleštené kamenivo a kontaminanty, ktoré sú veľmi podobné ako u asfaltových vozoviek. Prirodzené leštené kamenivo vytvára nebezpečenstvo pošmyknutia, ak sa používa na vozovke bez drvenia. Kontaminanty ako kaučukové usadeniny alebo olejové škvrny znižujú vlastnosti povrchového trenia vozovky [8].

3.2.5 Poškodenie tesnosti spojov

Tento typ poškodenia sa vyskytuje len u tuhých vozoviek, ako je zobrazené na Obr. 18. Pod týmto pojmom si môžeme predstaviť stav, ktorý umožňuje aby sa v spojoch začal hromadiť nestlačiteľný cudzí materiál, ako je zemina alebo kamene. Hromadenie cudzích materiálov bráni rozťahnutiu dosiek a môže viesť k skrúteniu, rozbitiu alebo odlupovaniu. Medzi typické typy poškodenia tesnosti spojov patrí odlupovanie spojovacieho tmelu, stvrdnutie plniva alebo strata spojenia s okrajmi dosky. Poškodenia sú spôsobené nesprávnym typom tmelu, aplikáciou alebo nesprávnym vyčistením spojov pred samotnou aplikáciou [8].



Obr. 18 Poškodenie tesnosti spojov u betónových vozoviek [10]



4. Faktory ovplyvňujúce povrch vozoviek

Pri projektovaní vozoviek je potrebné zvážiť tri základné parametre vonkajšieho návrhu: vlastnosti podkladu, na ktorom je vozovka umiestnená, aplikované zaťaženie a prostredie, kde je vozovka umiestnená. Ako prvé má veľký vplyv na konštrukčný návrh podklad, na ktorom je vozovka umiestnená. Charakteristiky tuhosti podkladu a odvodnenia pomáhajú určiť hrúbku vrstvy vozovky, počet vrstiev, rôzne obmedzenia zaťaženia a zlepšenia tuhosti podkladu a samotnej drenáže. Po druhé a veľmi dôležité je očakávané dopravné zaťaženie vozoviek. Toto zaťaženie sa používa na určenie zloženia vozovky, typu a hrúbky vrstvy, ktoré nám ovplyvňujú životnosť vozovky. Taktiež je nutné brať do úvahy aj únosnosť jednotlivých vozoviek, ktorá je rozobraná samostatne v podkapitole. Posledný tretí parameter je životné prostredie, ktoré má veľký dopad na vlastnosti materiálu vozovky. Medzi faktory prostredia patrí teplota, vlhkosť a tvorba ľadu, reológia spojiva, štrukturálna podpora a v neposlednom rade životnosť a poruchy vozovky [13][14].

4.1 Štrukturálne a konštrukčné faktory

Vozovky sú zvyčajne projektované pre špecifickú životnosť stavby. Pod pojmom návrhová životnosť si predstavujeme čas od pôvodnej výstavby až po konečný stav konštrukcie vozovky, kedy vozovka nevyhovuje daným požiadavkám a je potrebná jej oprava. Konštrukčný návrh sa vytvára tak, aby konštrukcia vozovky vydržala dopravné zaťaženie, ktoré sa vyskytuje počas projektovanej životnosti vozovky. Treba brať do úvahy, aká bude prevádzka na danom letisku a tomu prispôbiť materiály potrebné na konštrukciu vozovky [14]. Každá časť odbavovacej plochy by mala byť schopná odolať prevádzke lietadla, ktorému má slúžiť. Treba venovať pozornosť skutočnosti, že niektoré časti odbavovacej plochy sú vystavené vyššej hustote premávky v dôsledku pomaly sa pohybujúcich alebo stojacich lietadiel, čo spôsobuje vyššie namáhanie konštrukcie jej vozovky než pristávacej dráhy [13].

Taktiež tieto návrhy súvisia aj s environmentálnymi faktormi, pretože umiestnenie letísk je rozdielne a podmienky sú na každom letisku iné. Je veľmi dôležité zohľadniť aj únosnosť jednotlivých vozoviek, ktorá je podrobnejšie rozpísaná v nasledujúcej podkapitole. Konštrukčný návrh vozovky vyžaduje kvantifikáciu všetkých očakávaných zaťažení, s ktorými sa vozovka stretne počas svojej projektovanej životnosti. Existujú dve metódy, ktoré sú popísané v kapitole venujúcej sa dopravnému zaťaženiu [14].

4.1.1 Materiál

Voľba a kvalita materiálov je obzvlášť dôležitá. To zahŕňa návrh kameniva, spojiva a zmesi. Materiálové vlastnosti, ako je veľkosť, tvar a gradácia kameniva, čistota kameniva a kvalita asfaltu alebo betónu majú účinky na výkon tesnení a mikropovrchov. Výber materiálu pri opätovnom utesňovaní škár a trhlín je dôležitým faktorom ovplyvňujúcim výkon vrátane odolnosti voči oderu a poškodeniu dopravou a klimatickými podmienkami, rozťažnosťou, elasticitou, priľnavosťou a súdržnosťou materiálu tmelu [15].



4.2 Očakávané dopravné zaťaženie

Dopravné zaťaženie je najdôležitejším faktorom a musí byť známe pri samotnom navrhovaní vozoviek. Zaťaženie, sily vozidla pôsobiace na vozovku možno charakterizovať nasledujúcimi parametrami: zaťaženie pneumatík, konfigurácia náprav a pneumatík, opakované zaťaženie, rozloženie dopravy, rýchlosť vozidla. Je veľmi dôležité zohľadniť aj únosnosť vozovky, ktorá je podrobnejšie rozpísaná v nasledujúcej podkapitole [14][16].

Zaťaženie pneumatík je základné zaťaženie medzi kontaktným bodom pneumatiky a povrchom vozovky. Pri väčšine analýz vozovky sa predpokladá, že zaťaženie je rovnomerne aplikované na kruhovú plochu z dôvodu jednoduchosti, i keď tvar kontaktnej plochy je eliptický [16].

Konfigurácia náprav a pneumatík. Dôležitým faktorom je zaťaženie kolesa, ktoré určuje hĺbku vozovky, ktorá je potrebná na zabezpečenie toho, aby nedošlo k porušeniu podložia. Konfigurácia kolies ovplyvňuje rozloženie napätia a vychýlenie v rámci chodníka. V závislosti na počte kolies a ich usporiadaní na podvozковой nohe sa veľmi podstatne môže meniť prenos zaťaženia na konštrukciu letiskových vozoviek. Okrem toho zaťaženie kolesa nie je prvoradým problémom, ale skôr poškodenie vozovky spôsobené zaťažením kolesa [16].

V súčasnosti sú dve základné metódy na charakterizáciu opakovaného zaťaženia kolesa: ekvivalentné zaťaženie a záťažové spektrá. Ekvivalentné zaťaženie jednej nápravy je tiež označované ESAL. Najbežnejší prístup je prevedenie zaťaženia kolies rôznych veľkostí a opakovaní na ekvivalentný počet štandardných zaťažení. Záťažové spektrá určujú zaťaženie priamo z konfigurácie náprav a hmotností. Jedná sa o presnejšiu charakteristiku prevádzky, ale opiera sa o rovnaké vstupné údaje ako predchádzajúca metóda [14][16].

Rozloženie dopravy. Spolu s typom zaťaženia a opakovaniami sa musí odhadnúť aj rozloženie zaťaženia na konkrétnej časti vozovky. Napríklad väčšie letiská majú viacero pristávacích a vzletových dráh a nie všetky tieto dráhy sú využívané rovnomerne. Preto by sa mali zohľadňovať tieto typy nerovnomerného zaťaženia [14][16].

Rýchlosť vozidla. Súčasné konštrukčné postupy nemusia nevyhnutne brať do úvahy rýchlosť vozidla, avšak rýchlosť vozidla taktiež ovplyvňuje zaťaženie vozovky. Vo všeobecnosti nižšie rýchlosti a podmienky zastavenia umožňujú, aby určité zaťaženie pôsobilo na danú plochu vozovky dlhší čas, čo má za následok väčšie poškodenie. Pri projektovaní HMA sa nepriamo zohľadňuje rýchlosť vozidla aplikovaním úpravy teploty vozovky pre pomaly sa pohybujúce alebo zastavené vozidlá [16].

4.2.1 Únosnosť vozoviek

Letecká doprava patrí medzi neustále sa rozvíjajúcu dopravu, ktorá je sprevádzaná aj zväčšovaním hmotnosti lietadiel. Únosnosť letiskových prevádzkových plôch ako sú RWY, pojazdové dráhy a odbavovacie plochy musí vyhovovať prevádzke, ktorú na letisku očakávame. V dnešnej dobe zaťaženie lietadla na povrch letiskových plôch je prenášané obvykle dvomi hlavnými podvozkovými nohami a predným nosovým kolesom. Predné nosové

koleso prenáša cca 10 % (v krajnom prípade až 20 %) celkového zaťaženia a na hlavnú podvozkovú nohu následne pripadá cca po 45 % [17].

V ďalšej časti bude popísaná metóda ACN-PCN podľa predpisu L14 Letisko, z ktorého letiská v ČR vychádzajú a taktiež metóda ACR-PCR, ktorá ju v blízkej budúcnosti nahradí.

4.2.1.1 Metóda ACN-PCN

Zvršok tvoriaci časť pohybovej plochy musí mať dostatočnú pevnosť, aby umožnila lietadlu prevádzku bez rizika poškodenia vozovky alebo samotného lietadla. Vozovky, ktoré sú vystavené podmienkam preťaženia sa rýchlejšie opotrebovávajú a znižuje sa im únosnosť. Na kontrolu tohto je potrebné klasifikovať vozovku aj lietadlá v rámci systému, pomocou ktorého možno porovnať nosnosť vozovky a zaťaženie spôsobené lietadlom. Používa sa metóda ACN-PCN, ktorú vyvinula ICAO ako medzinárodnú metódu vykazovania únosnosti vozovky [13][17].

Únosnosť pre lietadlá, ktorých maximálna hmotnosť je väčšia než 5700 kg, je vyjadrená metódou klasifikačné číslo lietadla – klasifikačné číslo vozovky (ACN-PCN). Musí byť k dispozícii ohlásením všetkých nasledujúcich informácií a to:

- a) klasifikačné číslo vozovky (PCN);
- b) typ vozovky pre vyjadrenie ACN-PCN;
- c) kategórie únosnosti podložia;
- d) kategórie maximálneho prípustného hustenia pneumatík alebo hodnota maximálneho prípustného hustenia pneumatík;
- e) spôsob hodnotenia [17].

Ohlásené klasifikačné číslo vozovky (PCN) musí udávať, že akékoľvek lietadlo s klasifikačným číslom lietadla (ACN) rovným alebo menším ako ohlásené PCN môže používať túto vozovku. Jednotlivé informácie pre určenie ACN-PCN sú popísané v Tab. 1 [17].

Navrhnuté kritéria pre prevádzku, pri ktorej veľkosť preťaženia a/alebo početnosť používania neospravedlňujú podrobné analýzy sú:

- na netuhú vozovku by nemali negatívne pôsobiť príležitostné pohyby lietadiel s ACN neprevyšujúcim o viac ako 10 % vyhláseným PCN,
- na tuhú vozovku alebo na kombinovanú vozovku, u ktorých je tuhá vrstva ako základný prvok konštrukcie, by nemali negatívne pôsobiť príležitostné pohyby lietadiel s ACN neprevyšujúcim o viac ako 5 % vyhláseným PCN,
- ak je konštrukcia vozovky neznáma, je potrebné aplikovať obmedzenie 5 %,
- ročný počet pohybov nemá prekročiť približne 5 % z celkového ročného počtu pohybov lietadiel [17].



Metóda ACN-PCN	Kód označenia
a) Typ vozovky pre určenie ACN-PCN	
Tuhá vozovka	R
Netuhá vozovka	F
b) Kategórie únosnosti podložia	
Vysoká únosnosť: tuhé vozovky – $k = 150 \text{ MN/m}^3$, všetky hodnoty k nad 120 MN/m^3 netuhé vozovky – $\text{CBR} = 15\%$ a všetky hodnoty CBR nad 13%	A
Stredná únosnosť: tuhé vozovky – $k = 80 \text{ MN/m}^3$, interval k od 60 do 120 MN/m^3 netuhé vozovky – $\text{CBR} = 10\%$ a interval CBR od 8 do 13%	B
Nízka únosnosť: tuhé vozovky – $k = 40 \text{ MN/m}^3$, interval k od 25 do 60 MN/m^3 netuhé vozovky – $\text{CBR} = 6\%$ a interval CBR od 4 do 8%	C
Veľmi nízka únosnosť: tuhé vozovky – $k = 20 \text{ MN/m}^3$, interval k pod 25 MN/m^3 netuhé vozovky – $\text{CBR} = 3\%$ a všetky hodnoty CBR pod 4%	D
c) Kategória maximálneho prípustného hustenia pneumatík	
Neobmedzená: hustenie bez obmedzenia	W
Vysoká: hustenie obmedzené do $1,75 \text{ MPa}$	X
Stredná: hustenie obmedzené do $1,25 \text{ MPa}$	Y
Nízka: hustenie obmedzené do $0,5 \text{ MPa}$	Z
d) Spôsob hodnotenia	
Technické hodnotenie	T
Hodnotenie podľa skúsenosti	U

Tab. 1 Kódové značenie systému ACN-PCN (prevzaté z [17] a upravené)

Únosnosť vozovky pre lietadlá, ktorých maximálna hmotnosť pre rolovanie je menšia ako 5700 kg , musí byť k dispozícii ohlásením nasledujúcich informácií:

- Maximálna prípustná hmotnosť lietadla,
- Maximálne prípustné hustenie pneumatík [17].

4.2.1.2 Metóda ACR-PCR

Klasifikačné hodnotenie lietadla ACR je číslo vyjadrujúce relatívny účinok lietadla na vozovku pre špecifickú štandardnú pevnosť podložia. Čo sa týka klasifikačného hodnotenia vozovky, PCR vyjadruje únosnosť vozovky [17].

Únosnosť vozovky určená pre lietadlá s maximálnou hmotnosťou väčšou než 5700 kg je vyjadrená metódou klasifikačné hodnotenie lietadla – klasifikačné hodnotenie vozovky ACR-PCR. Táto metóda musí byť k dispozícii ohlásením všetkých nasledujúcich informácií:

- klasifikačné hodnotenie vozovky (PCR) a číselná hodnota,
- typ vozovky pre vyjadrenie ACR-PCR,
- kategória únosnosti podložia,
- kategória maximálneho prípustného hustenia pneumatík alebo hodnota maximálneho prípustného hustenia pneumatík,
- spôsob hodnotenia [17].

Pre lietadlá, ktorých hmotnosť je menšia ako 5700 kg, je systém rovnaký ako už bol vyššie spomenutý.

Metóda ACR-PCR pre ohlasovanie únosnosti vozoviek nadobudne platnosť od 28. novembra 2024. Kritéria a kódové značenie je uvedené v Tab.2. Pre prevádzku, pri ktorej veľkosť preťaženia a/alebo početnosť používania neospravedlňujú podrobné analýzy, sa navrhujú nasledujúce kritéria:

- na netuhú a tuhú vozovku by nemali negatívne pôsobiť príležitostné pohyby lietadiel s ACR neprevyšujúcim o viac než 10 % vyhláseným PCR,
- ročný počet pohybov preťažujúcich vozovku nemá prekročiť približne 5 % z celkového ročného počtu pohybov okrem ľahkých lietadiel [17].

Metóda ACR-PCR	Kód označenia
a) Typ vozovky pre určenie ACR-PCR	
Tuhá vozovka	R
Netuhá vozovka	F
b) Kategórie únosnosti podložia	
Vysoká únosnosť: $E = 200$ MPa a všetky hodnoty $E \geq 150$ MPa pre tuhé a netuhé vozovky	A
Stredná únosnosť: $E = 120$ MPa, interval hodnôt $E \geq 100$ MPa, ale striktné menej než 150 MPa pre tuhé a netuhé vozovky	B
Nízka únosnosť: $E = 80$ MPa, interval hodnôt $E \geq 60$ MPa, ale striktné menej než 100 MPa pre tuhé a netuhé vozovky	C
Veľmi nízka únosnosť: $E = 50$ MPa a všetky hodnoty $E \leq 60$ MPa pre tuhé a netuhé vozovky	D
c) Kategória maximálneho prípustného hustenia pneumatík	
Neobmedzená: hustenie bez obmedzenia	W
Vysoká: hustenie obmedzené do 1,75 MPa	X
Stredná: hustenie obmedzené do 1,25 MPa	Y
Nízka: hustenie obmedzené do 0,5 MPa	Z
d) Spôsob hodnotenia	
Technické hodnotenie	T
Hodnotenie podľa skúsenosti	U

Tab. 2 Kódové značenie systému ACR-PCR (prevzaté z [17]a upravené)

4.2.1.3 Porovnanie zmien

Metóda ACN-PCN pre ohlasovanie a kódové značenie únosnosti vozoviek bude od konca roku 2024 nahradená metódou ACR-PCR. Tieto metódy sú viac menej podobné, len s drobnými odlišnosťami. Kódové značenie jednotlivých skupín zostalo zachované a nezmenené ako pri ACN-PCN. Obdobne to platí o kategóriách maximálneho prípustného hustenia pneumatík. Výsledky výskumu vozovky a prehodnotenia starých výsledkov testov potvrdzujú, že okrem nezvyčajnej konštrukcie vozovky (tj. pružné vozovky s tenkým asfaltobetónovým krytom alebo slabými vrchnými vrstvami), sú účinky tlaku v pneumatikách sekundárne vzhľadom na zaťaženie kolies a rozstup kolies. Pevné vozovky vo všeobecnosti nevyžadujú obmedzenia tlaku v pneumatikách okrem prípadov prasknutých spojov alebo neobvyklých povrchových defektov. Pre pružné vozovky alebo pevné vozovky s pružnými prekrytiami je zvyčajne

prijateľné stanoviť limity kategórií len vtedy, keď skúsenosti s vysokým tlakom v pneumatikách naznačujú ťažkosti na vozovke.

Zmeny, ktoré nastali sa týkajú kategórie únosnosti podložia, kde už nie je stanovené rozdelenie na tuhú a netuhú vozovku. Pevnosť podložia je odteraz charakterizovaná modulom pružnosti (Youngov modul) pre netuhé aj tuhé vozovky. Charakteristika pevnosti podložia pre oba typy vozoviek je odteraz jednotná. Youngov modul E možno získať nasledujúcimi spôsobmi: skúšky na mieste (test zaťaženia dosky), laboratórne testy, pre novú konštrukciu vozovky alebo približný prevod z hodnoty CBR alebo k [18].

Posledná zmena sa týka navrhnutých kritérií pre prevádzku, pri ktorej veľkosť preťaženia a/alebo početnosť používania neospravedlňujúca podrobné analýzy, bola zredukovaná len do dvoch bodov, ktoré sú uvedené vyššie v kapitole .

V Tab. 3 a 4. sú uvedené hodnoty pre metódu ACR-PCR podľa jednotlivých únosností podložia, ktoré nahradia metódu ACN-PCN.

Kategória únosnosti podložia	Vysoká únosnosť (A)	Stredná únosnosť (B)	Nízka únosnosť (C)	Veľmi nízka únosnosť (D)
ACR (tuhé a netuhé)	$E = 200 \text{ MPa}$	$E = 120 \text{ MPa}$	$E = 80 \text{ MPa}$	$E = 50 \text{ MPa}$
ACN (netuhé)	CBR 15	CBR 10	CBR 6	CBR 3
ACN (tuhé)	$k = 150 \text{ MN/m}^3$	$k = 80 \text{ MN/m}^3$	$k = 40 \text{ MN/m}^3$	$k = 40 \text{ MN/m}^3$

Tab. 3 Zmeny v kategórii únosnosti podložia ACR/ACN (prevzaté z [18] a upravené)

Kategória únosnosti podložia	Vysoká únosnosť (A)	Stredná únosnosť (B)	Nízka únosnosť (C)	Veľmi nízka únosnosť (D)
PCR (tuhé a netuhé)	$E \geq 150 \text{ MPa}$	$100 \leq E < 150 \text{ MPa}$	$60 \leq E < 100 \text{ MPa}$	$E < 60 \text{ MPa}$
PCN (netuhé)	$\text{CBR} > 15$	$8 < \text{CBR} \leq 13$	$4 < \text{CBR} \leq 8$	$\text{CBR} \leq 4$
PCN (tuhé)	$k > 120 \text{ MN/m}^3$	$60 < k \leq 120 \text{ MN/m}^3$	$25 < k \leq 60 \text{ MN/m}^3$	$k \leq 25 \text{ MN/m}^3$

Tab. 4 Zmeny v kategórii únosnosti podložia PCR/PCN (prevzaté z [18] a upravené)

4.3 Environmentálne faktory

Povrchy vozoviek musia spĺňať všetky požiadavky v rôznych prostrediach, v ktorých sú postavené. Prostredie sa môže v ktoromkoľvek čase značne líšiť na celom svete ale taktiež aj na jednom mieste. Environmentálne faktory majú významný vplyv na materiály vozovky a podklad, ktorý môže ovplyvniť výkon vozovky. Medzi hlavné environmentálne parametre patrí teplota, vlhkosť a pôsobenie mrazu [14].

4.3.1 Teplota

Teplota zohráva veľmi dôležitú úlohu, či už pri projektovaní vozoviek alebo pri samotnej oprave. Na povrch vozoviek pôsobí dvomi hlavnými spôsobmi, a to teplotné extrémny, ktoré



majú za následok reológiu asfaltového spojiva alebo zmeny teploty, ktoré môžu spôsobiť rozťahovanie alebo zmršťovanie vozovky. Reológia asfaltového spojiva sa mení s teplotou. Pri výbere vhodného asfaltového spojiva sú teplotné extrémny a ich účinky zohľadňované ako prvé. Staršie systémy triedenia asfaltových spojív priamo nezohľadňovali teplotné vplyvy, a preto sa časom vyvinuli rôzne systémy a pravidlá. Materiál na povrchu vozoviek, rovnako ako všetky ďalšie materiály sa budú pri zvyšovaní teploty rozširovať a naopak pri poklese teploty zmršťovať. U tuhých vozoviek rozdiely teplôt medzi horným a spodným povrchom PCC dosky spôsobia zvlnenie. Počas dňa má horný povrch dosky vyššiu teplotu ako spodok, čo vedie k ťahovým napätiam v spodnej časti dosky [14].

4.3.2 Vlhkosť

Vlhkosť vo forme zrážok alebo nahromadenej vody môže ovplyvniť projektovanie a konštrukciu vozovky ale taktiež aj jazdné podmienky. Špecifické problémy s vlhkosťou sú:

- *Projektovanie.* Niektoré typy pôd môžu byť za mokra veľmi rozpínavé, a preto sa s nimi musí počítať pri konštrukčnom návrhu,
- *Stavebníctvo.* Podklad vozoviek by mal byť zhutnený pri optimálnej vlhkosti. Asfaltové vozovky by sa nemali umiestňovať vo vlhkom prostredí, pretože nadmerná voda môže poškodiť horúci, čerstvý HMA tým, že ho príliš rýchlo ochladí alebo sa dostane do zmesi a spôsobí neskoršie problémy,
- *Jazdné podmienky.* Dážď znižuje odolnosť proti šmyku a môže spôsobiť akvaplaning v silne rozjazdených oblastiach [14].

4.3.3 Pôsobenie mrazu

Tento faktor môže byť intenzívne škodlivým pre povrch vozoviek. Pôsobenie mrazu možno rozdeliť na „mrazové zdvíhanie,” a „oslabenie pri rozmrazovaní“. V prvom prípade nastáva pohyb podložia smerom nahor, ktorý je výsledkom rozťahovania nahromadenej pôdnej vlhkosti pri zamrznutí. Vyskytuje sa predovšetkým v pôdach obsahujúcich jemné častice označované ako mrazuvzdorné, zatiaľ čo čistý piesok a štrk sú odolné voči mrazu. V druhom prípade ide o nasýtenie, ktoré znižuje pevnosť pôdy v dôsledku vytvárania nadmerného párového tlaku a nasýtená aktívna vrstva sa stáva podstatne slabšou a má tendenciu strácať únosnosť [19].

5. Údržba vozoviek

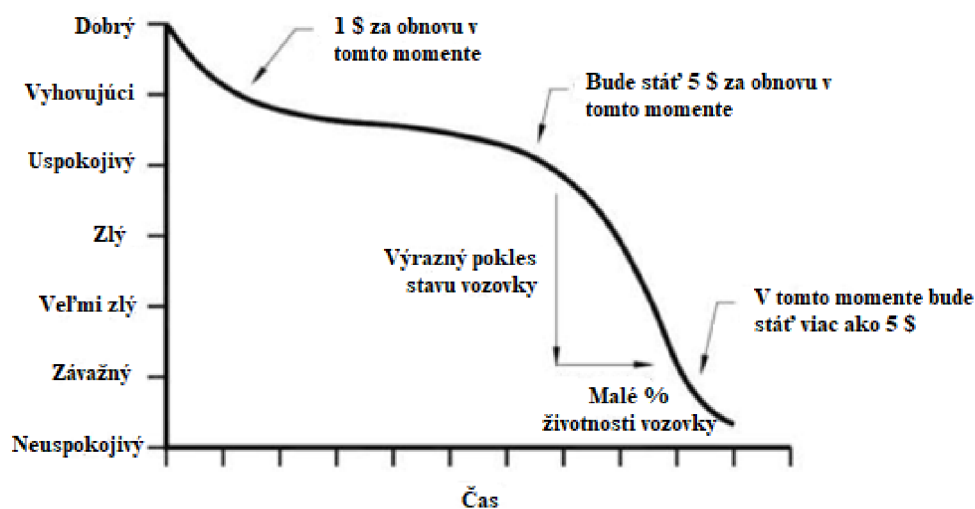
5.1 Všeobecne

Existuje mnoho foriem poškodenia vozoviek s rôznymi príčinami zlyhania. Poškodenia vozoviek môžu byť spôsobené aj cudzími predmetmi, ktoré sa môžu vyskytnúť na prevádzkových plochách. Správne vyhodnotenie typu poruchy vozovky je nevyhnutné pri výbere vhodného typu sanácie alebo konzervácie vozovky. Na každom letisku musí byť vyškolený personál, ktorí vykonáva pravidelné kontroly, či už raz ročne podrobnú kontrolu vozovky, alebo aspoň raz za mesiac kontrolu počas jazdy, aby sa zistili neočakávané zmeny v stave vozovky. Opravy vozoviek by sa mali vykonávať čo najskôr, či už sú považované za drobné, alebo nie. Oneskorené opravy vozoviek môžu spôsobiť vážnejšie poruchy, ktoré vyžadujú nákladné a časovo náročné opravy. Postupy opráv, aby sa zabránilo ďalšiemu poškodeniu vozovky, môžu byť obmedzené poveternostnými podmienkami. Ak to poveternostné podmienky nedovoľujú, počiatočná oprava bude dočasná a následne vymenená ako len to bude možné, aby bola zabezpečená bezpečnosť leteckej prevádzky. Vypĺňanie trhlín je efektívnejšie v chladnom a suchom počasí, zatiaľ čo záplaty výmoľov najlepšie priľnú počas teplých a suchých dní. To neznamená, že tieto opravy nemožno robiť v inom období, avšak v takomto prípade (ak sa vykonávajú nie v optimálnych poveternostných podmienkach) si vyžadujú oveľa väčšiu starostlivosť [8][20].

5.2 Pavement Management Program (PMP)

Program správy vozoviek na letiskách poskytuje konzistentný, objektívny a systematický postup na stanovovanie zásad zariadenia, stanovovanie priorít a harmonogramov, pridelovanie zdrojov, rozpočet na údržbu a obnovu vozoviek. Taktiež poskytuje konkrétne odporúčania pre činnosti potrebné na udržanie siete vozoviek na prijateľnej úrovni, aby sa minimalizovali náklady na údržbu a obnovu. Súčasťou PMP je aj predpovedanie stavu pomocou indikátorov stavu vozovky. Povrch vozoviek sa časom zhoršuje a náklady na sanáciu narastajú, čo je názorne zobrazené na Obr. 19. Výhodou tohto systému je predlžovanie životnosti vozoviek, o čo sa snaží každé letisko, pretože výstavba nových vozoviek je finančne veľmi nákladná a časovo náročná [21].

Udržiavanie a konzervovanie vozovky v dobrom stave oproti sanácii vozovky v primeranom až zlom stave je štyri až päťkrát lacnejšie a zvyšuje životnosť vozovky. Vozovka, na ktorej dochádza k náhlemu nárastu prevádzky alebo zaťaženia lietadiel, sa bude rýchlejšie zhoršovať ako vozovka, ktorá sa zhoršuje výlučne z environmentálnych príčin [21].



Obr. 19 Typický životný cyklus vozovky (prevzaté z [21] a upravené)

Existuje systematický postup, ktorý zahŕňa jednotlivé časti kontroly a udržiavania vozoviek. Tento postup je používaný po celom svete s veľmi malými obmenami. Letisko musí zaznamenávať a uchovávať úplné informácie o všetkých vykonaných podrobných kontrolách a údržbe až do kompletnej rekonštrukcie danej vozovky. Všetky údaje sa musia priebežne aktualizovať. Jednotlivé časti tohto postupu sú popísané v nasledujúcich bodoch [21][22].

- *zber údajov a definovanie siete vozoviek* – skompletizovanie všetkých údajov je veľmi dôležitý krok, ktorý zahŕňa identifikáciu všetkých vzletových a pristávacích dráh, rolovacích dráh a odbavovacích plôch, typ povrchu a rozmery vozovky, rok výstavby alebo poslednej rozsiahlej rekonštrukcie;
- *hodnotenie stavu vozovky* – tento krok zahŕňa vizuálnu kontrolu vozovky, aby sa stanovili postupy a vykonávanie ďalších testov, ktoré sa považujú za dôležité pre stanovenie stavu vozovky;
- *predikcia stavu vozovky* – zahŕňa použitie PMS na výpočet aktuálneho stavu vozovky, ako aj predpovedanie budúceho stavu vozovky;
- *formulácia zásad údržby* – každé letisko má vlastný súbor postupov a zásad údržby, ktorý používajú na určenie správneho času kedy vykonať potrebné údržbárske práce;
- *formulácia rozpočtu* - z odhadovaného budúceho stavu vozovky dokážeme určiť nákladovo najefektívnejšie riešenia údržby vozoviek na letisku [22].

Správa a manažment PMP

Pri správe vozoviek sa jednotlivé vozovky agregujú do troch hierarchických celkov, ktoré sa definujú nasledovne:

1. **Sieť vozoviek** – logický celok slúžiaci na usporiadanie vozoviek do štruktúry za účelom správy vozoviek. Sieť pozostáva z jednej alebo viacerých vetiev vozovky, ktoré sa zase členia na sekcie vozoviek. Sieťou môžu byť všetky vozovky na danom letisku, vytvárajúce hierarchiu štruktúr správy vozoviek [21].

2. **Vetva vozoviek** – ľahko identifikovateľná časť siete vozoviek s odlišnou funkciou. Napríklad vozovka letiska, ako je každá jednotlivá dráha, rolovacia dráha alebo odbavovacia plocha, sa považuje za samostatnú vetvu. Každá vetva pozostáva aspoň z jednej sekcie [21].
3. **Sekcia vozovky** – sekcia je najmenšou jednotkou celej správy PMP. Ako bolo spomenuté v predchádzajúcej časti, že vetva sa môže skladať z jednej alebo viacerých vetiev, ak sa charakteristiky vozovky v rámci vetvy líšia [21].

5.3 Monitorovanie a hodnotenie stavu vozoviek

Monitorovanie stavu vozoviek

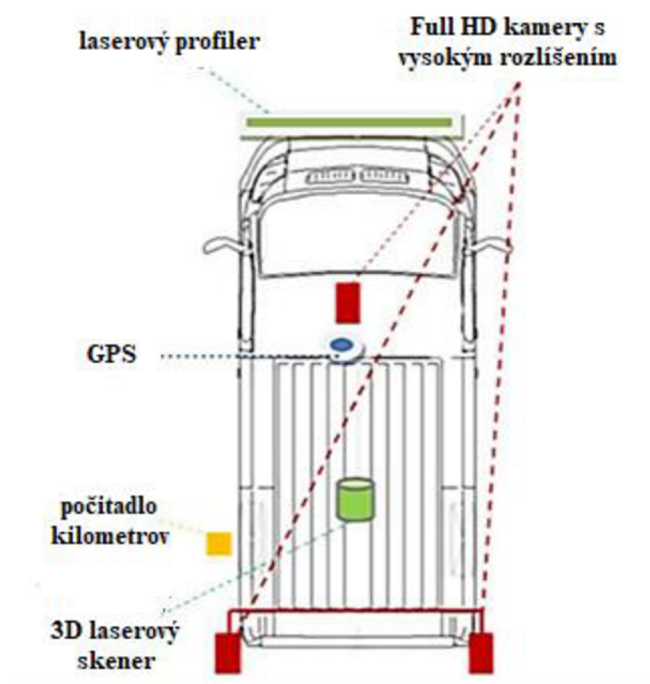
Poškodenie vozoviek je často spôsobené viacerými faktormi ako je zaťaženie lietadla, zmenami teploty a vlhkosti. Medzi ďalšie, najmä bezpečnostné, problémy súvisiace s vozovkou patrí odolnosť proti šmyku, FOD na povrchu vozovky a infiltrácia vody do spodnej konštrukcie vozovky. Monitorovanie stavu vozoviek je súčasťou zaistenia bezpečnosti prevádzky na letisku a účinným riešením na predchádzanie nehôd lietadiel a škôd spôsobených zlou výkonnosťou vozovky a FOD [24].

Medzi základné a najjednoduchšie metódy monitorovania stavu vozovky patrí vizuálna kontrola. Vizuálne kontroly by sa mali vykonávať pravidelne aspoň každých 6 hodín počas prevádzky letiska. V prípade upozornenia od pilotov na prítomnosť cudzích predmetov alebo úlomkov na RWY alebo TWY je potrebné vykonať okamžitú kontrolu. Osobitná pozornosť by sa mala venovať vzletovým, pristávacím a rolovacím dráham v prípade ak na letisku prebiehajú nejaké stavebné práce na prevádzkových plochách. V tomto prípade by mali byť tieto kontroly častejšie ako zvyčajne. Vizuálne kontroly na odbavovacích plochách by mali vykonávať pracovníci, ktorí pracujú na odbavovacích plochách a následne podávať správy o potrebách čistenia. Okrem toho by sa inšpekčné jazdy alebo prechádzky mali vykonávať niekoľkokrát denne, keď je to opodstatnené [23].

Veľký pokrok nastal v senzorových a bezdrôtových technológiách, ktoré sa odporúčajú používať na hodnotenie funkčnosti a konštrukcie vozovky. Včasné varovanie o začínajúcich problémoch umožňuje včasné plánovanie údržby, vďaka čomu môžeme predísť rozsiahlym opravám a minimalizovať zbytočné náklady. Monitorovanie stavu vozoviek si vyžaduje inteligentnú snímaciu technológiu, ktorá môže poskytnúť dlhodobé, nepretržité a v reálnom čase monitorovanie stavu vozovky [24].

Jednou z možností je LSV – laserový skener a video prieskum. Pomocou tohto systému dokážeme posúdiť stav zhoršenia, rovnosti vozovky a priečnych a pozdĺžnych profilov. Systém je vybavený full-HD kamerami s osvetľovacím pruhom pre zabezpečenie homogénnosti podmienok prieskumu, čo umožňuje vysokú produktivitu a stabilitu získaných dát či už v denných alebo nočných podmienkach. V zadnej časti sú umiestnené dva senzory modifikovateľné podľa účelu prieskumu. Na meranie pozdĺžnych a priečnych podmienok rovnosti je systém LSV vybavený s laserovou RSP profilometrickou tyčou, na ktorej sú umiestnené snímače na meranie profilu vozovky a makro textúry. Zistený súbor s údajmi je

priamo georeferencovaný údajmi o polohe a orientácii počítačla kilometrov. Na Obr. 20 je zobrazený systém LSV a jeho usporiadanie na vozidle [25].



Obr. 20 Vozidlo s LSV systémom (prevzaté z [25] a upravené)

Pomerne novým riešením v monitorovaní stavu vozoviek sú MEMS - mikroelektromechanické senzory. Senzor sa vo všeobecnosti skladá z mechanického snímacieho prvku a poskytuje vysoký výkon pri relatívne nízkej spotrebe energie. Sensory MEMS majú veľký potenciál pri poskytovaní nákladovo efektívnych riešení monitorovania stavu vozovky. Rádio frekvenčný identifikátor je senzor založený na MEMS, ktorý využíva rádiové frekvenčné spektrum na digitálny prenos dát. Môže to byť aktívne alebo pasívne snímacie zariadenie schopné prijímať aj ukladať dáta [24].

Hodnotenie stavu vozoviek

Hodnotenie stavu asfaltových alebo betónových vozoviek je v podstate úplne rovnaké len s drobnými rozdielmi, ktoré budú zobrazené v nasledujúcich dvoch tabuľkách. Hodnotiaci stupnica sa pohybuje od 1 – čo predstavuje stav, ktorý je nevyhovujúci až po 5 – čo znamená výborný stav. Prechod vozovky z vynikajúceho stavu (5) do stavu, ktorý je nevyhovujúci (1) závisí vo veľkej miere od kvality pôdnej konštrukcie, veku a objemu dopravného zaťaženia. Správne ohodnotenie stavu vozovky je veľmi dôležité pri údržbe vozoviek. Každé hodnotenie obsahuje aj odporúčanie na potrebnú údržbu alebo opravu. To uľahčuje používanie systému hodnotenia a zvyšuje jeho hodnotu ako nástroja pri priebežnej údržbe chodníkov na letiskách. Systém hodnotenia je rozdelený do tabuliek, konkrétne pre PCC vozovku Tab. 5 a asfaltovú vozovku Tab. 6 [26][27].

<i>Systém hodnotenia stavu vozoviek</i>		
Hodnotenie povrchu	Viditeľné poškodenie	Všeobecná podmienka/ liečebné opatrenia
5 <i>Vynikajúce</i>	Žiadne	Nová vozovka alebo nedávna veľká betónová renovácia. Stav ako nový. Menej ako 5 rokov starý. Nevyžaduje sa žiadna údržba.
4 <i>Dobré</i>	Vlasové alebo tesniace trhliny široké 1/8" alebo menej. Mapy s prasklinami. Vyskakovanie panelov	Betón starší ako 5 rokov. Znamky opotrebovania. Drobná bodová oprava trhlín alebo tmeliacej hmoty na škárach
3 <i>Uspokojivé</i>	Praskliny niekoľkých tabúl na dva kusy. Rohové praskanie, 1/4" široké bez odlupovania. Tmeliaca hmota v dobrom stave, menej ako 10 % výmena. Záplaty v uspokojivom až dobrom stave. Mierne poruchy, menej ako 1/4" na niektorých miestach	Prvý príznak výrazného praskania dosky, praskanie rohov, odlupovanie alebo chyby. Niekoľko náplastí. Oprava škárového tmelu je vyžadovaná. Izolovaná oprava spoja alebo záplaty
2 <i>Zlé</i>	Praskliny na mnohých doskách, zlomy na tri a viac kusov. Trhliny otvorené 1/8" alebo praskliny s odlupovaním. D-trhliny na niektorých spojoch. Porucha spojov viac ako 10% . Niekoľko záplat v dobrom až zlom stave s prasklinami na záplate a nerovný povrch. Poškodenie 1/4" až 1/2" na viacerých miestach.	Potreba výmeny tmelu na viac ako 10% trhlín alebo škár. Čiastočná hĺbka alebo plná hĺbková oprava spojov alebo výmena náplastí. Výmena alebo prekrytie dosky so silným odlupovaním. Lepené alebo nespojené betónové prekrytie
1 <i>Neuspokojivé</i>	Veľa rozsiahlych trhlín s poškodenou tmeliacou hmotou a trávou. Praskliny a odlupovanie škár. Tabule značne prasknuté alebo rozbité. Mnoho rohových zlomov s odlupovaním, D-trhliny s odlupovaním. Početné chyby nad 1/2"	Rozsiahle opravy alebo výmena tabúl. Rozsiahle zaplatovanie a kompletne prekrytie. Kompletná rekonštrukcia.

Tab. 5 Systém hodnotenia stavu PCC vozoviek (prevzaté z [26] a upravené)

<i>Systém hodnotenia stavu vozoviek</i>		
Hodnotenie povrchu	Viditeľné poškodenie	Všeobecná podmienka/ liečebné opatrenia
5 <i>Vynikajúce</i>	Žiadne alebo počiatočné tepelné trhliny, úzke (menej ako 1/8")	Nová vozovka má menej ako 5 rokov. Žiadna údržba alebo izolovaná prasklina.
4 <i>Dobré</i>	Dodatočné tepelné praskanie. Trhliny sú vo všeobecnosti viac rozmiestené. Menej než 10% trhlín a spojov potrebuje tesnenie. Minimálne alebo mierne rozvinuté. Žiadne deformácie. Záplaty v dobrom stave	Povrch vozovky 5 rokov starý. Utesnenie otvorených trhlín alebo škár. V prípade potreby výmena tmeliacej hmoty.
3 <i>Uspokojivé</i>	Mierne rozvinuté. Tepelné trhliny a spoje sú vo všeobecnosti od seba vzdialené menej ako 50". Utesnenie trhlín alebo oprava tmelu je potrebná na 10-25% trhlín a spojov. Trhliny na okraji pod 10%. Izolované praskanie a slabé miesta. Menšie deformácie alebo usadenie trhlín menších ako 1"	Utesnenie otvorených trhlín a škár. Výmena chybného tmelu. Naniešť novú povrchovú úpravu alebo tenkú vrstvu. Drobné záplaty a opravy spojov.
2 <i>Zlé</i>	Časté tepelné trhliny. Široké trhliny a škáry. Poškodenie pozdĺž viac ako 25% trhlín. Hrany praskajú až na 25% okrajov chodníkov. Aligátorové praskliny alebo slabé miesta pokrývajú až 20% povrchu. Deformácia 1-2".	Vyžaduje výrazné utesnenie trhlín plus záplaty a opravy až 25% povrchu vozovky. Prekrytie celej oblasti so štruktúrnym prekrytím.
1 <i>Neuspokojivé</i>	Rozsiahle, silné praskanie a znehodnotenie. Aligátorové praskanie a výmoly na viac ako 20% plochy. Deformácia nad 2".	Podmienkou môže byť obmedzenie služby. Potrebná rekonštrukcia

Tab. 6 Systém hodnotenia stavu asfaltových vozoviek (prevzaté z [27] a upravené)

5.4 Údržba vozoviek

5.4.1 Betónové vozovky z portlandského cementu

Poškodenie povrchu betónovej vozovky z portlandského cementu zvyčajne pramení z chyby projektu alebo konštrukčnej poruchy. Môže to byť nedostatok cementu, príliš vysoký obsah vody v zmesi, nesprávna úprava počas tuhnutia, nevhodné kamenivo pre mráz alebo prenikanie chemických rozmrazovacích kvapalín do mikrotrhlín alebo pórov [23].



Medzi najčastejšie formy poškodená betónových povrchov patria:

- priepustný alebo rozpadajci povrch
- oddelenie tenkej povrchovej vrstvy
- extrémne vyhladenie povrchu
- trhliny rozširujúce sa do vnútorných vrstiev

Metódy a opravy jednotlivých foriem poškodená

Ak je poškodená len povrchov vrstva, ktor je veľmi tenká na nápravu v mnohých prípadoch postačuje ryhovanie alebo brúsenie povrchu. V prípade, ak zbrsen vrstva nespôsobuje problém a betón pod ňou je v dobrom stave, nie je potrebná ťiadna in úprava na obnovu betónovej časti vozovky. Po zbrsen treba skontrolovať, či na vozovke nevznikli nerovnosti aby sa zamedzilo tvorbe kalui [23].

Ďalim typom poškodená je, ťe povrch je príliš priepustný. Ak neboli zistené ťiadne in nedostatky v kvalite povrchu vozovky, môžu sa pry vyplniť utesenm alebo náterom. Najosvedenejia metóda je pouitie roztoku na báze epoxidových ťivc. Kvapalina preniká do povrchového materiálu až do hĺbky 5 mm [23].

V prípade, ak je vozovka vážnejšie poškodená s hlbokými trhlinami, poškodený materiál sa musí najprv odbrsi, kým sa nedosiahne pevný betónový materiál. Po skončení brúsenia sa musí daná časť povrchu osui a zbaviť všetkých neistou a prachu. Nový povrch musí byť vopred otreny zriedenm roztokom syntetickej ťivce, aby sa vytvorila dobrá priľnavosť. Ak je oceľová vstz odkrytá, zo všetkých ast, kde sa nachádza hrdza sa musia odstrániť a drôty musia byť pokryté novým náterom. Na vopred pripravenú plochu sa naniesie vrstva epoxidovej karovanej hmoty. Aby nedošlo k vyhladeniu povrchu, môže sa na ešte vlhk karovaciu hmotu nasypa hrubý kremičitý piesok [23].

V dnešnej dobe sú na trhu k dispozícii pre provizórnu opravu rýchlo tvrdnce cementové produkty, ktoré v priebehu jednej hodiny alebo menej nadobudnú vysok pevnosť. Avak ťivotnos týchto materiálov je pomerne krátka. Náklady a starostlivosť o vozovku bude omnoho väčšia ako pri použití klasických overených metód [23].

5.4.2 Asfaltové vozovky

Ako u betónových povrchoch, tak aj u asfaltových dochádza k poškodeniu, ktoré zvyčajne vznikajú z nesprávneho zloženia bitmenovej zmesi, vplyvu paliva, mazív alebo rozpúšťadiel, extrémneho zaťaženia, mechanického opotrebovania. K Ďalším formám poškodená patria ast rozmrazovanie, pri ktorom rozmrazovacia kvapalina prenikne do hlbšej vrstvy a spôsobí poškodenie. Pri asfaltových vozovkách dochádza taktiež k zvetrávaniu povrchovej štruktúry, mäknutie povrchu a deformácii [23].

Oprava menších pokoden na povrchu vozovky sa môže vykonať nstriekanm bitúmenového tesnenia, na ktorom je následne nasypany kremenný piesok alebo drveny adi. Ak je poškodenie rozsiahlejšie, poškodená vrstva vozovky sa musí zbrsi, minimálna hrúbka

brúsenia je 3 cm. Následne sa daná časť povrchu musí dôkladne očistiť od kontaminácie a brusného materiálu. Tento postup opravy je podobný ako u betónových vozoviek. Ďalším krokom je nastriekanie bitúmenovým spojivom a navezenie novej vrstvy. Zhutnenie je potrebné vykonať veľmi dôkladne, a to hlavne na okrajoch starého asfaltu, aby sa škáry uzavreli. Na prekrytie škáry je najlepšie použiť bitúmenové tesnenie. Samozrejme, poškodenie nemusia byť len povrchové ale taktiež aj hlbšie do jednotlivých vrstiev. V tomto prípade oprava musí zahŕňať podkladový materiál, ktorý sa musí vymeniť a zhutniť, aby sa obnovila jeho únosnosť pod opravenou vozovkou [23].

5.5 Metódy opravy porúch

5.5.1 Metódy opráv porúch na tuhých vozovkách

Výber spôsobu opravy betónových (tuhých) vozoviek závisí okrem iného aj od typu poškodenia, klímy a taktiež dostupnosti materiálov. Bežné problémy, ich možné metódy opravy a príčiny vzniku sú uvedené v Tab. 7 [8].

Problém	Oprava	Pravdepodobná príčina
Poškodenie spojovacieho tmelu	-odstránenie starého tmelu, -vyčistenie spoju -znovu utesnenie	-vek, environmentálne podmienky, chyby tmelu (nesprávna aplikácia, teplota, nesprávna príprava spojov)
Praskliny	-vyčistenie a utesnenie trhliny -oprava/výmena dosky -vyhodnotiť primeranosť štruktúry vozovky	-strata podpory dosky -opakované zaťaženie
Rohové zlomy	- utesnenie a udržiavanie až do hĺbkovej záplaty	-strata podpory dosky -opakované zaťaženie
Odlupovanie spoja	-odstránenie strateného materiálu, -doplnenie schváleným produktom -znovu utesnenie -čiastočná hĺbková oprava	-skryté chyby, -nestlačiteľná hmota v spojoch -poškodenie snežným pluhom
Vystúpenie dosiek	-výmena dosky, -vyčistenie a znovu utesnenie spojov	-nestlačiteľný materiál v spojoch zabraňujúci rozťahovaniu dosky
Strata protišmykovej odolnosti	-odstránenie gumy/povrchovej kontaminácie -brúsenie	-gumové usadeniny/ kontaminácia povrchu -vek (opotrebovanie povrchu)
Odvodnenie	-okraje vozovky, voľná drenážna cesta -vyčistenie drenážnej konštrukcie napr. okrajové odtoky	-zlá údržba odvodňovacích zariadení
Popouts	-odstránenie FOD	-materiál
Záplaty	-odstránenie/výmena	-neadekvátny/nesprávny materiál opravy -vek

Tab. 7 Rýchly návod na údržbu a opravu bežných porúch s tuhým povrchom vozovky (prevzaté z [8] a upravené)

Oprava tesnenia spojov

V betónových vozovkách sú vytvorené škáry, aby sa eliminovalo napätie vyvolané zmenami dĺžky betónového materiálu v dôsledku zmien teploty. Škáry sú vyplnené elastickým materiálom odolným voči palivu (bitúmenový tmel alebo plastový tmel hadicového typu). Dôvodom vyplnenia je, aby sa zabránilo prenikaniu povrchovej vody do podkladu alebo podložia a ukladaniu tvrdej sutiny alebo kameňov medzi susedné betónové dosky. V prípade priepustnosti spojov sa podklad môže vymyť a dutiny pod doskami môže oslabiť nosnú schopnosť základného materiálu. Životnosť tohto tmelu je štyri až šesť rokov v závislosti od mechanického a tepelného vplyvu vozovky. Následne sa tento zostarnutý materiál začne odlamovať a stroje na údržbu vozoviek to len urýchlia, preto je potrebná jeho obnova [23].

Pri údržbe betónových spojov musí byť odstránený všetok starý tesniaci materiál. Následne musia byť boky dosky dôkladne očistené. Ak sú hrany poškodené musia byť opravené vhodnou škárou zo syntetickej živice. Po vložení novej vložky môže byť spoj znovu naplnený tekutým odlupovacím materiálom. Vyplnenie škáry nemôže byť úplne po vrch, pretože ak sa dlažba roziahne, materiál v škáre napučí nad povrch. To môže viesť k neskoršej povrchovej kontaminácii. Ak sa použije plastový materiál na uzavretie spojov, betónové boky by mali byť pokryté lepidlom pred samotným umiestnením tesniaceho profilu. Na priesečníkoch a koncoch spojov musí byť plastový materiál zvarovaný, aby sa zabránilo vniknutiu vody na vložku [23].

Oprava trhlín

Vznik trhlín môže byť zapríčinený viacerými chybami napr.:

- nesprávne vytvorenie dilatačných škár, čo má za následok prenos sily medzi betónovými doskami,
- oneskorené rezanie spojov vo fáze výstavby,
- nesprávne ošetrovanie počas počiatkovej fázy tvrdenia (silné slnečné žiarenie),
- nesprávne zhutnenie podkladu a tým nerovnomerné sadanie,
- nedostatočné dimenzovanie betónových dosiek [8].

Opravy trhlín v betónových vozovkách sa robia premenou na dilatačné škáry. Trhlina sa musí rozšíriť vyrezaním štrbiny pozdĺž jej dĺžky asi 1,5 cm širokej a 1 cm hlbkej. Následne táto trhlina musí byť vyplnená termoplastickým tesniacim materiálom odolným voči palivu. V prípade, ak je podložie obzvlášť zasiahnuté vodou a vyžaduje sa požadovaná vodotesnosť, ako prvý krok sa musí urobiť pozdĺž dráhy trhliny výrez so šírkou 20 cm a hĺbkou 2 cm. Následne sa vyčistená štrbina vyplní pružnou vložkou a epoxidovou živicom. Po vytvrdnutí sa vložka vyberie a výsledná dutina sa vyplní termoplastickým tesniacim materiálom ako v prípade opráv trhlín [23].

Oprava vlasových trhlín sa vykonáva utesnením prasklín pomocou rozpúšťadiel na báze epoxidovej živice. Tieto rozpúšťadlá nepreniknú veľmi hlboko do trhliny, preto by sa mali pravidelne kontrolovať a v prípade potreby toto utesnenie znovu zopakovať. Vlasové trhliny nepredstavujú závažný nedostatok prevádzkyschopnosti vozovky [23].



Postup opravy rohových trhlin sprevádzaných stratou podpory podložia:

- zvislý rez pílou na betón a odstránenie zlomeného rohu,
- v prípade potreby pridanie podkladového materiálu a jeho zhutnenie,
- očistenie zvislých plôch zvyšku dosky vysokotlakovým prúdom vody alebo stlačeným vzduchom,
- natretie čelnej plochy priľahlej dosky zmesou prerušujúcou spoj, aby sa zabránilo lepeniu nového betónu,
- udržiavanie existujúcich spojov pomocou dočasných vložiek alebo orezaním požadovaného zárezu,
- natretie pieskovo-cementovej epoxidovej malty na čistý povrch,
- umiestnenie betónu do oblasti záplaty, kým je škárovacia hmota lepkavá,
- po vytvrdnutí betónu odstránenie škárovej vložky alebo vyrezanie zárezu,
- utesnenie spoja [7]

5.5.2 Metódy opráv porúch na pružných vozovkách

Správny výber postupu opravy závisí na podobných faktoroch ako u tuhých vozoviek. Najčastejšie poruchy asfaltových vozoviek sú uvedené v Tab. 8, ktorá zahŕňa taktiež metódu opravy a príčinu vzniku danej poruchy.

Problém	Oprava	Pravdepodobná príčina
Zvetrávanie /Oxidácia	-použitie povrchového ošetrenia -prekrytie	-životné prostredie -nedostatok včasných povrchových úprav
Praskliny	-odstránenie starého tesniaceho materiálu, ak je prítomný -vyčistiť a pripraviť praskliny -utesniť/ znovu utesniť trhliny -vyhrievanie škár môže byť možnosťou pre pozdĺžne trhliny	-chyby tmelu (nesprávna teplota aplikácie, výber tmelu) -environmentálne podmienky -vek -bitúmen je príliš tvrdý alebo prehriaty v zmesi
Aligátorove alebo únavové trhliny	-odstránenie a vymenenie poškodenej vozovky, zahŕňajúca základnú vrstvu a/alebo podklad ak je to vyžadované	-porucha základnej vrstvy a/alebo podložia, preťaženie, -príliš tenký povrch
Záplaty	-odstránenie/ výmena -oprava a povrchová úprava	-neadekvátny/nesprávny materiál opravy -vek
Povrchové nerovnosti	-odstránenie a výmena poškodenej plochy -povrchové brúsenie/ frézovanie	-vek -doprava
Strata protišmykovej odolnosti	-odstránenie gumy/ povrchovej kontaminácie -použitie povrchového ošetrenia	-gumové usadeniny, kontaminácia povrchu -leštené kamenivo, -nesprávna povrchová úprava

Krvácenie	-osušiť s pieskom a odstránenie piesku, nadmerné krvácanie môže vyžadovať odstránenie a výmenu vozovky	-príliš bohatá zmes/ nízky obsah vzduchových dutín. Krvácanie môže byť predzvest' inej povrchovej deformácie (vyjazdené koľaje)
Odvodnenie	-okraje vozovky, voľná drenážna cesta -vyčistenie drenážnej konštrukcie napr. okrajové odtoky	-zlá údržba odvodňovacích zariadení

Tab. 8 Rýchly návod na údržbu a opravu bežných porúch s flexibilným povrchom vozovky (prevzaté z [8] a upravené)

Opravy tesnenia spojov

Na výstavbu letiskových asfaltových vozoviek sú potrebné a vyžadované tvrdé typy bitúmenových materiálov. V bitúmenových vozovkách je veľmi pravdepodobné, že v dôsledku tepelného napätia dôjde k nepredvídateľnej tvorbe trhlín. Jednou z prevencií slúžiacu na kontrolovanie tvorby trhlín je vyrezávanie spojov na uvoľnenie pnutia. Tieto spoje nesmú byť širšie ako 8 mm a nie hlbšie ako dve tretiny hrúbky nosnej vrstvy. Pri nízkych teplotách sa vozovka zmršťuje a začínajú sa objavovať trhliny pod škárami, ktoré je možné utesniť, aby sa zabránilo prenikaniu vody [23].

Škára asfaltových vozoviek sú vyplňané horúcim bitúmenovým tesniacim materiálom bez akýchkoľvek syntetických komponentov. Tento tesniaci materiál poskytuje spoľahlivé uzavretie spoja. Pri tejto metóde opravy nesmie byť otvor škáry širší ako 3 cm. Ak príde k tomu, že tesniaci materiál zapadne do spoja, je potrebné vykonať rovnaký typ opravy ako bol uvedený vyššie [23].

Opravy trhlín

Vznik trhlín je zväčša spôsobený tepelným namáhaním, ktoré vzniká na rozsiahlych plochách vozovky, kde nie sú žiadne dilatčné škáry. Existuje množstvo dôvodov vzniku trhlín, ktoré tu už boli viackrát spomenuté. Oprava trhlín je veľmi dôležitá, aby sa zabezpečila bezpečná prevádzka na pohybových plochách. Samozrejme oprave trhlín je nevyhnutná z hľadiska zabránenia vnikania vody alebo rozmrazovacieho prostriedku do podkladu alebo podložia [23].

Jednou z metód opravy trhlín je vyplnenie tesniacou emulziou bez predchádzajúceho brúsenia. Používajú sa špeciálne emulzie s vysokou tekutosťou, vďaka čomu sa dostanú hlbšie do trhliny. Zalievanie trhlín sa vykonáva dvomi spôsobmi, a to ručne alebo mechanicky pomocou špeciálneho nalievacieho zariadenia. Pri prvom chode budú vnútorné boky praskliny zakryté, pri druhom chode môže byť prasklina zaplnená. Postup by sa mal opakovať ročne alebo v dlhších intervaloch v závislosti od miestnych klimatických podmienok [23].

Postup opravy aligátorej alebo únavovej trhliny možno vykonať nasledovne:

- odstránenie povrchu a základnej vrstvy tak hlboko, ako je potrebné, aby sa dosiahol pevný základ; zvislý rez štvorcového alebo obdĺžnikového tvaru,
- výmena základného materiálu za rovnaký materiál a zhutnenie každej umiestnenej vrstvy,

- nanosenie základného náteru na základný materiál a zvislé plochy existujúcej plochy,
- aplikácia bitúmenového betónu a zhutnenie [7]

5.6 Špeciálne povrchy so zvýšenou drsnosťou a ochrannými vrstvami

Metódy pre zvýšenie drsnosti povrchu a ďalšie ochrany povrchov ponúka spoločnosť FREKO, a.s., ktorá sa zameriava na asfaltové ale aj na betónové povrchy. V nasledujúcich odsekoch budú predstavené jednotlivé typy povrchov.

PETROGRIP – je termoplastický povrch pre pojazdové dráhy a odstavné plochy letísk. Svojou štruktúrou splňujú súčasné vysoké požiadavky na drsnosť pojazdových dráh. Vynikajúcou vlastnosťou je ochrana povrchu pred vplyvom chemických rozmrazovacích prostriedkov a leteckých pohonných hmôt. Tento druh sa aplikuje len na asfaltové povrchy pojazdových dráh, státi lietadiel alebo miesta určené na odmrazovanie [28].

CDS TVRDOPLASTICKÉ POVRCHY – sú povrchy upravované na bázy epoxidových živíc, ktoré nám dokážu zaistiť ochranu betónových povrchov proti účinkom rozmrazovacích prostriedkov, leteckých pohonných hmôt a vplyvu horkého vzduchu z leteckých motorov. Poskytujú vynikajúcu drsnosť povrchov pri mokrej vozovke alebo pri daždi. Tento typ povrchu sa používa na betónové povrchy koncových častí štartovacích alebo pristávacích dráh, rýchlych odbočiek, na odstavných plochách a miestach určených na odmrazovanie [28].

ANTISKID – je špeciálny povrch zvyšujúci drsnosť primárne určený pre štartovacie a pristávacie dráhy. Vrstva Antiskidu sa nanáša na asfaltové aj betónové povrchy a predlžuje životnosť už existujúcich povrchov. Chráni ich pred poveternosťnými vplyvmi, účinkami odmrazovacích látok, leteckého benzínu a pred pôsobením horkého plynu z leteckých motorov. Svojou vysokou drenážnou schopnosťou Antiskid odvádza vodu z pneumatík lietadiel a znižuje možnosť aquaplaningu [28].

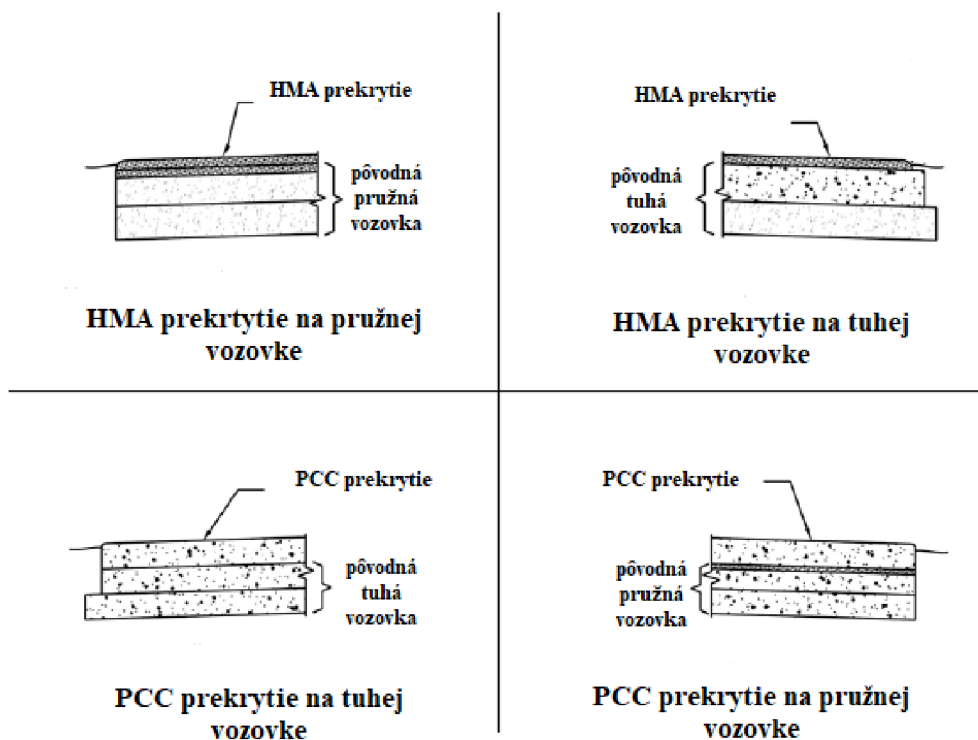
5.7 Prekrytia povrchov vozoviek

Prekrytie vozoviek sa zvyčajne používa na opravu zhoršujúcich alebo nevyhovujúcich povrchov vozoviek. Operácia pozostáva z polozenia buď portlandského cementového betónu (PCC) alebo horúceho asfaltu (HMA) na existujúcu štruktúru vozovky. Vozovka môže vyžadovať prekrytie alebo rekonštrukciu, pretože povrch pôvodnej vozovky je opotrebovaný. Ďalším z dôvodov opravy môže byť poškodenie vozovky preťažením, a preto sa vyžaduje prekrytie, ktoré posilní daný povrch vozovky. Tieto prekrytia taktiež zlepšujú kvalitu jazdy, odvodnenie povrchov a samozrejme zvýšenie pevnosti vozovky [7][14][29].

Posúdenie stavu existujúceho povrchu danej vozovky je jedným z najdôležitejších a najnáročnejších krokov pri návrhu rekonštrukcie alebo prekrytia. Pred samotnou opravou je potrebné vykonať meranie pre zistenie vlastností existujúcej vozovky. Tieto merania zahŕňajú hrúbku, stav a pevnosť každej vrstvy, klasifikáciu podložia pôdy a odhad pevnosti základu. Pri konštrukcii prekrytia sa starý povrch zvyčajne frézuje alebo brúsi a nakoniec sa naniesie nový povrch [29].

Prekrytia vozoviek rozdeľujeme do 4 kategórií zobrazených na nasledujúcom Obr. 21:

- štrukturálne prekrytie HMA na pružnej vozovke
- štrukturálne prekrytie HMA na tuhej vozovke
- štrukturálne prekrytie PCC na tuhej vozovke
- štrukturálne prekrytie PCC na pružnej vozovke



Obr. 21 Typy prekrytia vozoviek (prevzaté z [29] a upravené)

Návrh prekrytia existujúcej pružnej vozovky je v podstate rovnaký ako návrh novej vozovky. Existujúca pružná vozovka je charakterizovaná priradením vhodných hrúbok a modulov existujúcich vrstiev. V opačnom prípade pre tuhú vozovku je návrh prekrytia zložitý, pretože je potrebné zvážiť poškodenie podkladovej vrstvy. Stav tuhej vozovky pred prekrytím sa vyjadruje pomocou indexu štrukturálneho stavu [29].

5.8 Čistenie povrchov vozoviek

5.8.1 Odstraňovanie gummy

Nánosy gummy v dotykovej zóne pneumatikami pristávajúcich lietadiel zahľadujú značenie dráhy a keď je vozovka mokrá, vytvárajú na povrchu dráhy extrémne klzkú plochu. Pri odstraňovaní gummy musí byť jasne pochopený cieľ, t.j. obnoviť dobrý koeficient trenia v mokrých podmienkach, aby sa zabezpečili bezpečné prevádzkové podmienky pre všetky letúny. Malé množstvo zvyškov gummy v póroch vozovky môže spôsobiť nízke hodnoty trenia a zároveň poskytnúť celkovo čistý vzhľad, čo môže byť veľmi zavádzajúce. Z tohto dôvodu je nevyhnutné kvantifikovať koeficient trenia pomocou spoľahlivého zariadenia na meranie trenia. Odstránenie gummy sa vykonáva nasledujúcimi metódami:

- a) chemické rozpúšťadlá,
- b) otryskávanie vysokotlakovou vodou,
- c) kombináciou chemických rozpúšťadiel a otryskávania vysokotlakovou vodou,
- d) horúci stlačený vzduch [20].

5.8.1.1 Chemické odstraňovanie

Chemické rozpúšťadlá patria medzi metódy, ktoré sa používajú pri odstraňovaní kaučukových usadenín na pristávacích dráhach z portlandského cementu alebo horúcej asfaltovej zmesi. Na odstraňovanie gúmy z betónových dráh sa používajú chemikálie na báze kyseliny kresylovej a zmesi benzénu. Pri asfaltových dráhach sa používajú alkalické chemikálie na odstraňovanie gúmy. Samotný proces aplikácie pozostáva z nastriekania roztoku rozpúšťadla na kontaminovanú oblasť, ponechania určitého času pre jeho pôsobenie a následného umytia a pozametania. Čistiacu hmotu pri zmývání z povrchu chodníka je potrebné riediť tak, aby nepoškodzovala okolitú vegetáciu, drenážny systém a neznečistovala blízke toky [20].

5.8.1.2 Mechanické odstraňovanie

Otryskávanie vysokotlakovou vodou

Otryskávanie vysokotlakovou vodou je účinné na mierne kontaminovaných miestach, pretože so zvyšujúcou sa hĺbkou kontaminácie klesá jeho účinnosť. V závislosti od typu a objemu dopravy sa určuje ako často sa budú čistiť vozovky. Vo väčšine prípadov je to dvakrát ročne. Kombináciou metód je rozpustenie gumových usadenín chemickými rozpúšťadlami a následným dôkladným opláchnutím vysokotlakovým otryskávaním vodou. Tento systém odstraňovania gúmy spolu s výsledkom po čistení je zobrazený na Obr. 22. Pred samotným začiatkom odstraňovania nanesej gúmy sa odporúča použiť skúšobnú plochu na určenie tlaku vody a rýchlosti potrebnej na vytvorenie prijateľného povrchu [20].



Obr. 22 Zariadenie a výsledok po odstránení gúmy [30]

Stlačený horúci vzduch

Technika horúceho stlačeného vzduchu používa plyny s vysokou teplotou na spálenie gumových usadenín. Stroj pracuje so zmesou vzduchu a plynu privádzanou do komory, kde dochádza k spaľovaniu. Výsledný výfuk je vypúšťaný rýchlosťou približne 400 m/s z otvorov pri teplote približne 1200 °C priamo na povrch. Túto metódu možno použiť na pristávacích

dráhach z portlandského cementu ako aj asfaltobetnovch. Pri asfaltobetnovch dráhach je veľmi dôležité byť opatrny a sledova dôkladne stav vozovky pri tejto metóde [20].

Mechanická metóda brúsenia

Existujú rôzne spôsoby brúsenia povrchov vozoviek. Keďže drba dráhy by mala zachovať celistvosť pôvodného povrchu, ako naj účinnejšia metóda sa preukázalo frzovanie. Frzovanm sa nielen odstraňuje gumov vrstva, ale sa aj zdrsnje povrch vozovky. Aj keď to môže účinne zlepi struktru povrchu, hĺbka frézovania by mala byť čo najmenšia. Pri tejto mechanickej metóde sa musí postupovať veľmi opatrne, aby nedošlo k vážnemu poškodeniu spojov medzi doskami alebo vložených svetiel na vozovke. Po skonen frézovania sa vozovka musí vyčistiť od prachu a gumových zvyškov [20].

5.8.2 Odstraňovanie olejov a mazív

Najbeneji výskyt olejových škvŕn alebo mazív je na odbavovacej ploche väčšiny letísk. Voľné usadeniny týchto materiálov je možné zotrieť handrou, pilinami alebo pieskom. Zvyšok sa vyčistí pomocou čistiacich prostriedkov a mechanickej rotačnej kefy [20].

Plochy s betónovým povrchom, ktoré sú olejom nasiaknuté alebo znečistené sa vyčistia pomocou zmesi metakremiitanu sodného a ivicovho mydla pouito s vodou. Vetky uvoľnené nečistoty sa následne splchnu vodou. Pri asfaltových vozovkách sa vak používa absorbujúci alebo pijavy materiál, ako sú piliny alebo piesok v kombinácii s alkalickým prkom, ktor sa používa na odstránenie mazív alebo olejových škvŕn [20].

5.8.3 Odstraňovanie úlomkov cudzích predmetov

Prítomnosť úlomkov cudzích predmetov (FOD) na pohybovej ploche môže predstavovať významné riziko pre bezpečnosť prevádzky lietadla. Vyžaduje sa, aby sa na povrchu odbavovacích plôch, rolovacch dráhach, vzletových a pristávacích dráhach nenachádzali iadne voľné kamene ani iné predmety. Tieto úlomky môžu poškodiť lietadlo počas kritických fáz letu, čo môže viesť ku katastroflnm stratm na životoch a draku a zvenm nákladom na údržbu a prevádzku. Turbnove motory sú veľmi náchylné na poškodenie v dôsledku nasiatia cudzieho predmetu, rovnako ako sú k tomu náchylné pneumatiky lietadiel, ktoré prdu do kontaktu s ostrými predmetmi. Práve kvôli tomuto sa výrazne znižuje životnosť pneumatík [20][31].

Nebezpeenos mono znii implementáciou programu kontroly FOD, ktor musí zahra prevenciu, zisťovanie, odstraňovanie a vyhodnocovanie rizík FOD. Detekcia FOD je dleitou súčasťou pri samotnom odstraovan, ale taktiež aj identifikácia potenciálního zdroja a miesta. Oblasti, v ktorých sa s najväčšou pravdepodobnosťou vyskytujú nečistoty, mono izolovať a čistenie v nich zintenzívniť. Kontrola stojiska lietadla by sa mala vykonať pred prletom a odletom lietadla s cieľom odhaliť a odstrániť všetky prítomné FOD. Naj účinnejšie opatrenie na minimalizáciu nebezpečenstiev súvisiacich s úlomkami cudzích predmetov na pohybovej ploche je asa kontrola a zametanie s pouit zariadenia s magnetickými uchyteniami [20][31].

Zariadenia na odstraňovanie nečistôt na prevádzkových plochách musia byť súčasťou každého letiska. Odstraňovanie nečistôt sa vykonáva pomocou mechanických jednotiek, ako sú elektrické zmetáky a vysávače alebo zametacie stroje so stlačeným vzduchom, ktoré sa podieľajú na čistení vozoviek. Ďalším spôsobom odstraňovania nečistôt je prívies s magnetickým lúčom, ktorý sa používa na zbieranie kovových predmetov z povrchu. Obr. 23 zobrazuje spomínané zariadenie na zbieranie kovových nečistôt [20].



Obr. 23 Zariadenie na zbieranie kovových nečistôt [32]

6. Údržba plôch v zimnom období

6.1 Všeobecne – odstraňovanie snehu a ľadu

Zimn údržba na mnohých letiskách znamená odstraňovanie snehu, ľadu a vody z pohybových plôch lietadiel, obslužných komunikácií, verejných komunikácií a parkovísk s cieľom, aby sa podmienky čo najviac priblížili normálu. Opatrenia, ktor by sa mali prijať na zlepšenie koeficientu trenia na pohybovej ploche nie je možné vopred stanoviť, keďže meteorologick podmienky na každom letisku sú in, čo vedie k množstvu různých situácií, ktor si vyžadujú úplne odlišné protiopatrenia. Ľad, sneh, kaa, voda a in nečistoty spôsobujú zhoršené vlastnosti trenia, čo znižuje úroveň bezpečnosti na letisku. Bez ohľadu na to, ak techniku alebo postup použijeme na odstraňovanie ľadu, snehu a vody, cieľom je rýchlo zabezpečiť ist a such letiskov plochy a obnoviť pohybov plochu a zariadenia na najvyi stupeň prevádzkyschopnosti [20][23].

Odstraňovanie snehu, ľadu a stojatej vody by malo byť založené na bezpečnosti letu a plne. Vo väčšine prípadov budú prioritou: pristávacie a vzletov dráhy v prevádzke, rolovacie dráhy, parkovacie plochy, zchytn priestory a in oblasti. Zariadenia na odpratávanie snehu pouivan na čistenie vzletových a pristávacích dráh a rolovacch dráh sa nemôžu používať na odbavovacích plochách, pretože snen frza by mohla spôsobiť škody na zaparkovanch lietadlách a budovách. V týchto miestach sa uplatňuje in technika a postup odstraňovania snehu. Odstraňovanie různých kontaminantov môžeme uskutočniť jednou alebo viacerými metódami, pouitm jedného alebo viacerých strojov rovnakého typu alebo kombináciou. Vo všeobecnosti odstraňovanie kontaminantov na povrchu vozoviek ako je sneh, ľad alebo kaa sa môže uskutočniť mechanickým, chemickým alebo tepelným pôsobením a môže sa vykonávať ako vysokorchlostn operácia na „ivch“ dráhach alebo pri benejich rýchlostiach pri nižšej rýchlosti. V nasledujúcich kapitolách budú podrobneje predstaven metódy, zariadenia a materiály pouivan na odstraňovanie snehu, ľadu, stojatej vody, blata a iných podobných nečistôt [20][23].

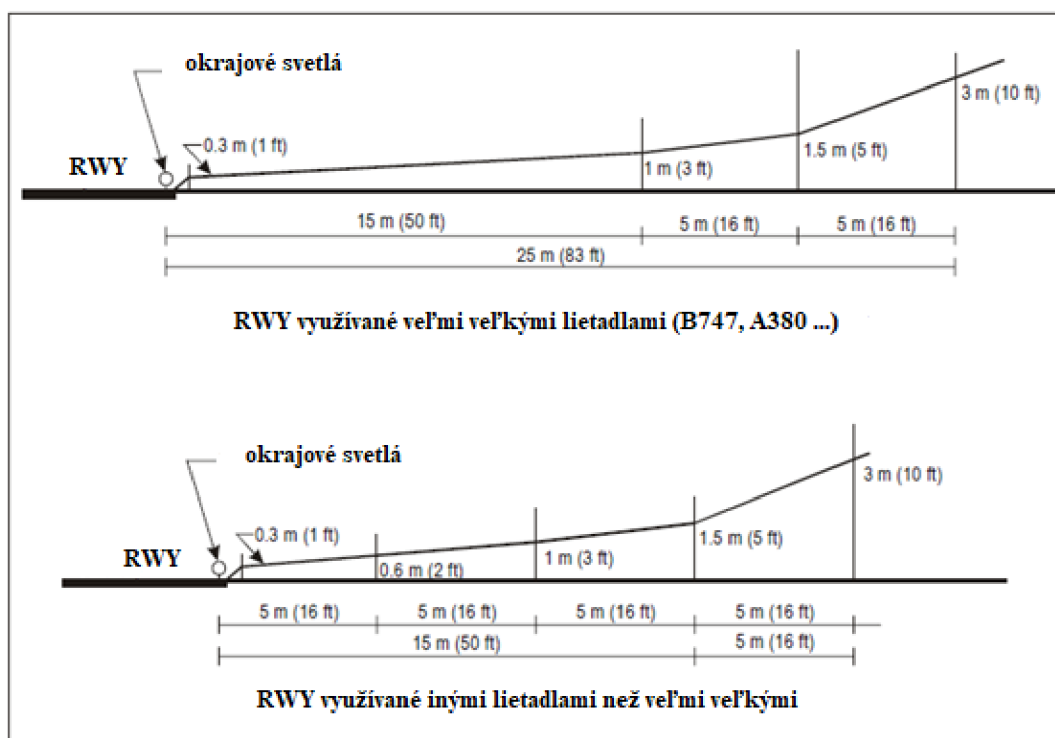
6.2 Plán odstraňovania snehu – procedúry

Prevádzkovateľ letiska je zodpovedn za udržiavanie pohybovej plochy v bezpečnom stave, za odpratávanie snehu a ľadu a hlásenie o výslednom stave odpratnch plôch ATS. Vetky hlsen údaje o podmienkach dráhy by mali byť zverejnen v letiskovom SNOWTAM. Pred začiatkom zimnej sezóny je potrebn vypracovať snehov plán, ktor musí obsahovať informácie o:

- zodpovednosti za zimn služby,
- pravidlách o preruen letovej prevádzky pri odstraňovan snehu a ľadu,
- pravidlách o komunikácií a informáciách o výkone zimných služieb,
- prioritách pri odstraňovan snehu a ľadu z pohybových plôch lietadiel,
- dostupnosti vozidiel a zariadení na odstraňovanie snehu a ľadu,
- metóde merania trenia pri pohybe lietadla [23].

Na účinné odstraňovanie snehu z letiskových vozoviek je potrebných niekoľko postupov. Všetky mechanické zariadenia by mali byť v dobrom stave, aby boli schopné použitia v prípade potreby. V „dobrom stave“ znamená funkčné a mali by byť zálohované spoľahlivým systémom na výmenu v prípade servisu. Dôležitým faktorom je dostupnosť najnovších správ o počasi a v dostatočnom predstihu varovanie pred blížiacou sa búrkou, ktoré sú nevyhnutné pre efektívnu organizáciu. Ďalším kľúčovým bodom je komunikácia medzi personálom stanovišťa ATS a Výborom pre sneh, aby sa zabezpečili minimálne straty času. Je nevyhnutné, aby sa inštalácia dráhových značiek, snehové oplatenie a značenie prekážok uskutočnilo pred prvým snežením. Toto sú úplne základné opatrenia, ktoré by sa mali zaviesť pred začiatkom zimného obdobia [20].

Stanovenie prípustnej výšky snehovej pokrývky na ploche susediacej s pristávacou dráhou, rolovacou dráhou alebo odbavovacou plochou je veľmi dôležité, kvôli tomu, aby sa úplne vylúčila alebo znížila možnosť nasiatia snehu a ľadu do prúdových motorov. Na Obr. 24 je zobrazený povolený profil výšky snehu. Je to požadovaný profil, ktorý by sa mal dosiahnuť, ak sa snehové zrážky ustália a keď čas a podmienky umožnia odklonenie odpratávacieho zariadenia od prác s vyššou prioritou. Úplné odstránenie a uvoľnenie vzletovej a pristávacej dráhy a súvisiacich krajníc na celkovú minimálnu šírku 60 m by malo byť vykonané, ak sú tieto dráhy využívané lietadlami Boeing 747 a väčšími [20].



Obr. 24 Profil maximálnej výšky snehovej pokrývky [20]

Aby tento postup bol účinný, každé vozidlo používané na odpratávanie a odstraňovanie snehu musí byť vybavené rádiovým komunikačným zariadením. Pre rýchle a efektívne odpratávanie snehu sa predpokladá, že s odpratávaním sa začne ihneď po tom, ako začne padať sneh.

6.3 Mechanické metody

6.3.1 Odstraňovanie snehu

Prevádzka by sa mala začať hneď, ako sa na povrchu začne hromadiť sneh. Odstraňovanie snehu závisí od dostupného vybavenia, typu snehu, či už mokrého alebo suchého a od smeru a sily vetra. Kompletné vybavenie na odpratávanie snehu potrebné na rýchle odstraňovanie snehu zo spevnených plôch pozostáva zo snežných pluhov, snehových zametačov a snehových fréz. Počet vozidiel potrebných na odpratávanie snehu závisí od šírky dráhy a šírky pluhov. Prioritne by sa mali používať snehové zametače na odstránenie čo najväčšieho množstva snehu. Snehové pluhy a frézy by mali dopĺňať činnosť len vtedy, keď zametač nedokáže efektívne odstrániť nahromadené nečistoty [20][23].

Pri prechode na prístavaciu dráhu by sa vozidlá na odpratávanie snehu mali pohybovať pozdĺž hlavnej rolovacej dráhy obsluhujúcej túto dráhu tak, aby bol prístup na dráhu možný, keď bude dráha uvoľnená. Na letiskách s veľkými plochami odbavovacej plochy a veľkým počtom státi lietadiel by sa malo odpratávanie snehu vykonávať súčasne na dráhe aj na odbavovacej ploche. Odpratávanie snehu by sa malo začať čo najskôr po začiatku sneženia, pretože vozidlá môžu pracovať veľmi rýchlo, pokiaľ je snehová pokrývka ešte tenká. Pri vrstvách snehu menších ako 1,5 cm je možné odpratávanie snehu vykonať zametačmi bez pluhov. Odstraňovanie snehu z oblastí iných ako prístavacích sa realizuje pluhovaním, odhrňaním snehu na jednu stranu alebo nakladaním a odvozom na snehovú skládku. Podobným spôsobom sa udržujú aj odbavovacie plochy [20].

6.3.2 Mechanická prevencia pred znečistením povrchu naviatym snehom

Metódy, ktoré sa používajú na prevenciu sú snehové zábrany, ryhy alebo valcovanie. Snehové zábrany zvyčajne pozostávajú z bridlicových drevených líšt dočasne umiestnených na otvorenom poli v pravom uhle k prevládajúcemu vetru. Najdôležitejšie je umiestnenie, ktoré je väčšinou 23-30 m od vyčistenej plochy ale v závislosti na teréne, rýchlosti vetra a iných faktoroch môžu byť umiestnené až 90 m. Ak sa zvýši výška snehu malo by sa urobiť opatrenia na zvýšenie plotu [20][23].

6.4 Teplotné metódy

Tepelné metódy pre odstraňovanie a likvidáciu snehu doteraz neboli mimoriadne úspešné kvôli mechanickým problémom a vysokým prevádzkovým nákladom. V blízkej budúcnosti, možno tieto metódy nájdu lepšie využitie v leteckej prevádzke. Táto metóda sa rozdeľuje na tri časti, ktoré sú popísané v nasledujúcich odsekoch [20][23].

Vyhrievané vozovky

Vyhrievanie povrchov vozoviek elektrickou mriežkou, ktorá je inštalovaná v povrchovej vrstve asfaltovej vozovky alebo v hornej hranici betónovej dosky sa zaraďuje medzi najúčinnšie na elimináciu hromadenia snehu zamedzením jeho tvorby. Tento systém možno považovať za uskutočniteľný, ale vysoké náklady v súčasnosti zabránili používaniu vyhrievaných chodníkov elektrickými prvkami. Jeho aktivácia nastane vždy na začiatku alebo

tesne pred snehovými zrážkami, aby sa povrchové teploty udržali nad bodom mrazu. Avšak neustále pokračuje výskum ako tento systém vylepšiť a zabezpečiť používanie relatívne lacnej energie z úsporných zdrojov. Kvapalinové systémy sa v tomto prípade veľmi neberú do úvahy, pretože sú nesmierne náročné na údržbu a pri ich aplikácii sú obrovské náklady [20].

Tepelné rozpúšťanie

Tepelné rozpúšťanie sa zatiaľ nepreukázalo ako konkurencieschopné v porovnaní s konvenčnými metódami odstraňovania snehu. Mobilné aj statické zariadenia s teplovodným kúpeľom majú časté mechanické problémy a účinnosť je relatívne nízka. Náklady na palivo sú vysoké a nemožno očakávať pokles nákladov na inštaláciu, kým systém nebude akceptovaný v oveľa väčšom meradle s následným poklesom výrobných nákladov. Problém s odtokom vody z topiaceho sa snehu je ďalším faktorom ovplyvňujúcim akceptáciu tohto systému, najmä mobilných jednotiek, ktoré sa vypúšťajú do uličných alebo poľných odvodňovacích zariadení, kde môže voda znovu zamrznúť pred tým, ako sa dostane do odtokov [20].

Ohrev plameňom

Pri tomto spôsobe je plameňová dýza nasmerovaná k zemi a pomaly sa pohybuje po ľadovom povrchu, aby sa ľadový film roztopil. Pracovnú rýchlosť je potrebné dôsledne prispôbiť konkrétnej situácii, aby nedošlo k poškodeniu vozovky vplyvom vysokého tepelného napätia, ktoré môže spôsobiť praskanie povrchového materiálu. Tento spôsob topenia snehu je extrémne pomalý a má obrovskú spotrebu paliva [23].

6.5 Chemické metódy

Pre pohybové plochy na odstránenie snehu a ľadu sú k dispozícii pevné a kvapalné chemikálie. Avšak treba s týmito chemikáliami postupovať veľmi opatrne, pretože mnohé sú vysoko korozívne pre kovy alebo majú škodlivé účinky na materiály. Ak je to možné, chemikálie by sa mali použiť na zabránenie tvorby ľadu a nie na jeho odstránenie. Pri použití tekutých chemikálií slúžiacich ako odmrázovacie činidlo, musíme brať v úvahu, že viskózna látka na povrchu ľadu znižuje brzdný účinok na nebezpečnú úroveň vyše hodinu. Prenikanie pevných chemikálií do ľadu trvá oveľa dlhšie ale nakoniec prerušia väzbu ľadu tak, že následne môžu byť z povrchu pozametané. Používanie chemikálií, kvapalných aj pevných, by sa malo pravidelne kontrolovať a monitorovať, aby sa zabezpečilo, že životné prostredie nebude negatívne ovplyvnené. Taktiež by nemali predstavovať vážne nebezpečenstvo požiaru alebo výrazne znižovať brzdný účinok. Nasledujúce odseky budú venované jednotlivým chemikáliám, ktoré sa v leteckom priemysle používajú na odstraňovanie snehu a ľadu [23].

Močovina

Tento materiál má vynikajúci účinnosť proti tvorbe námrazy ale taktiež aj pri rozmrazovaní. Používanie piesku bolo vo väčšine prípadov nahradené, pretože tento materiál nemá žiadne škodlivé vedľajšie účinky na komponenty lietadiel alebo letiskové konštrukcie. Močovina je účinná do $-9,5^{\circ}\text{C}$ okolitej teploty a najúčinnějšía je vtedy, keď je vozovka mokrá a je predpovedaná teplota pod bodom mrazu alebo keď je predpovedaný dážď a teplota vozovky je pod bodom mrazu. Pri jej použití ako odmrázovača je potrebné odstrániť čo najviac snehu a povrchového ľadu a teplota okolia by mala byť vyššia ako -3°C . Ak sa po aplikácii vyskytnú

nízke teploty, povrch sa môže stať kašovitým, a preto je nevyhnutné odstránenie pozametáním. Náklady na materiál sú značne vyššie a samotná kalibrácia zariadenia a aplikácia by mala byť presne kontrolovaná [20].

Brúsne materiály

Brúsne materiály ako piesok alebo iné kamenivo sa môžu nanášať na ľad na zvýšenie priľnavosti a na kontrolu šmykľavosti. Náklady na piesok v porovnaní s chemickým odmrazovaním sú podstatne nižšie a metóda je účinnejšia aj pri veľmi nízkych teplotách. Použitie brusivo musí byť starostlivo vybrané a správne aplikované, pretože materiál, ktorý je príliš jemný nezabezpečí účinné brzdenie a bude ľahko premiestnený vetrom a nárazom spalín z motora lietadla či nasávaním vzduchu do neho. Materiál, ktorý je príliš hrubý, spôsobí vnútorné poškodenie prúdových motorov pri použití. Tieto materiály je možné použiť len po konzultácii s prevádzkovateľmi letúnov [20].

6.6 Vybavenie pre odstraňovanie snehu a ľadu

Výber optimálneho vybavenia je veľmi podstatný pre každé letisko. Avšak to závisí aj od mnohých kritérií, ktoré je potrebné zohľadniť pri výbere, a to:

- ekonomické (získavanie finančných zdrojov),
- veľkosť plochy, ktorá sa má udržiavať a počet operácií,
- náhradné diela a opravárenské zariadenia (jednoduchá dostupnosť),
- počasie (priemerné množstvo snehových zrážok, teplota, tvorba poľadovice) [20].

Medzi vybavenia na odstraňovanie snehu alebo ľadu patria snehové frézy, snehové pluhy, zametače snehu, tankery na odmrazovanie kvapalín a dávkovač pevných rozmrazovacích chemikálií [20].

Snehové frézy

Toto zariadenie sa pohybuje vo veľkostiach od malých jednotiek namontovaných na nákladných autách až po veľké špeciálne skonštruované stroje s viac ako jedným motorom. Snehové frézy sú dostupné v dvoch základných prevedeniach: jednostupňové a dvojstupňové [20].

Snehové pluhy

Sú neoddeliteľnou súčasťou vybavenia na odpratávanie snehu. Existuje niekoľko typov snehových pluhov v závislosti na účele, ktorý majú plniť:

- a) kónická čepeľ, jednosmerná, ľavá alebo pravá,
- b) výkonovo reverzibilné, so štandardnou alebo nekovovou reznou hranou,
- c) prevrátenie, oceľová hrana,
- d) vyrovnávacie krídlo, ľavé alebo pravé,
- e) predlžovací pluh,
- f) veľký tlačný pluh,
- g) škrabka na spodok vozidla,
- h) zásterová snehová radlica [20]

Zametače snehu

Tieto zariadenia sú buď tlačené alebo ťahané a majú smerový prúd vzduchu na odpratávanie a vektorovanie utlačeného snehu. Používajú sa na odpratávanie ľahkého snehu, kaše a na čistenie okolo osvetlenia na vozovkách [20].

Tankery na odmrázovanie kvapalín

Ide o veľké a zvyčajne na mieru vyrobené vozidlá, ktoré dokážu postriekať záber až do 25 m. Tieto vozidlá sú užitočné na väčších letiskách, kde je ľad na dráhe neustálym problémom v zime. Fungujú na dvoch princípoch. Kvapalina môže byť natlakovaná a vystrekovaná cez rozprašovaciu tyč. Množstvo dávkovanej chemikálie potom závisí od tlaku kvapaliny, veľkosti spreja a rýchlosti vozidla. Moderné stroje rozptyľujú kvapalinu z rozmetávačov, a to buď symetricky za vozidlom, alebo ofsetovo [20].

Dávkovač pevných rozmrazovacích chemikálií

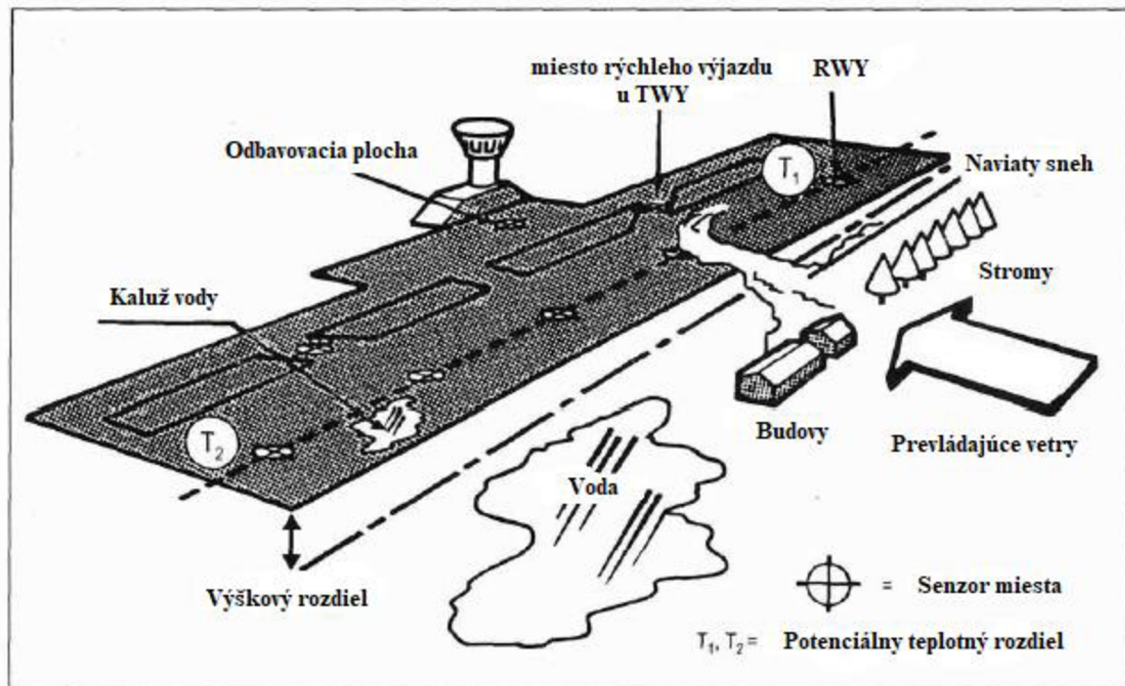
Úlohou týchto vozidiel je rozprašovať močovinu symetricky za vozidlom alebo ofsetovo. Rýchlosť rozmetania je možné prednastaviť a rýchlosť vozidla sa automaticky kompenzuje [20].

6.7 Snímač stavu povrchu dráhy

Veľmi účinným nástrojom je senzor, ktorý dokáže predvídať aj zobrazovať v reálnom čase podmienky vyskytujúce sa na dráhe. Systém detekcie stavu vozovky obsahuje tri základné funkčné prvky: vstupnú hlavu, jednotku signálového procesoru a konzolovú jednotku zobrazenia údajov. Systém meria a zobrazuje informácie, ako sú:

- povrchová teplota dráhy (skutočná teplota vozovky v mieste detekcie),
- suchý stav vozovky (žiadna viditeľná vlhkosť),
- stav mokrej vozovky (viditeľná vlhkosť na povrchu),
- režim predpovede poľadovice (ľad by sa mal tvoriť na hlavici detektora skôr, ako sa vytvorí na vozovke, čas varovania závisí od rýchlosti poklesu teploty),
- tvorba ľadu na vozovke,
- teplota okolitého vzduchu, rýchlosť a smer vetra v blízkosti dráhy,
- padajúce zrážky,
- relatívna vlhkosť a teplota rosného bodu,
- chemický faktor (údaj o relatívnej koncentrácii chemikálií proti námraze, ktoré ešte zostávajú v roztoku na povrchu vozovky) [20][23]

Systém funguje automaticky 24 hodín denne, čo umožňuje detekciu meniacich sa podmienok skôr než inými metódami. V závislosti od počtu vstupných hláv na povrchu vozovky dokáže systém zistiť meniace sa a rýchlo sa meniace podmienky. V súlade s tým bude rýchla tvorba ľadu detegovaná elektronicky na mokrej dráhe, aj keď teplota vzduchu zostane nad bodom mrazu. Kontinuálny systém poskytuje aktuálnejšie informácie, pretože najnovšie dynamické meranie trenia alebo pilotná správa môžu rýchlo stratiť platnosť, keď sa klimatické podmienky rýchlo menia. Výber správneho počtu snímačov na každej dráhe závisí od mnohých faktorov, ktoré sú uvedené na Obr. 25 [20][23].



Obr. 25 Faktory ovplyvňujúce snímače stavu dráhy (prevzaté z [20] a upravené)



7. Údržba nespevnených plôch

Nespevnen plochy musia byť schopné odolať občasnému preletu lietadiel. I keď tieto plochy nemusia mať dostaton pevnosť, aby uniesli lietadlo, je potrebná špeciálna príprava. Primeraná pevnosť je potrebná na to, aby sa zabezpečilo, ťe lietadlo, ktoré sa dostane na nespevneny povrch neutrpi ťtrukturlne poťkodenie. Nespevneny povrch plôch musí byť schopný uniesť aj pozemné vozidlá, ktoré občas môžu vyuťit tto plochu v prípade potreby.

Údržba nespevnených plôch na letisku je nevyhnutná z týchto hlavných dôvodov:

- bezpečnosť lietadiel na prevádzkových plochách (dráhy, rolovacie dráhy, pásy a koncové bezpečnostné plochy dráhy),
- bezpečnosť lietadiel vo vzduchu (plochy, kde môžu rásť stromy a kríky),
- znizenie rizika nebezpečenstva stretu vtáctva s lietadlom (trávnaté plochy v rámci hranic letísk) [23].

Prevádzkovateľ letiska nemusí nevyhnutne udržovať nespevnen plochy vo vlastnej rťii. Práce ohľadom údržby môžu vykonávať externí dodávatelia (farmári), ktorí môžu pouťiva trávu pre kŕmenie ponohospodrskch zvierat. Vťetky tieto práce vťak musia byť monitorované oprvnenm personálom, aby sa zabezpečili poťiadavky na bezpečnosť letovej prevádzky [23].

Údržba zelených plôch v psach

Pri údržbe je potrebné venovať pozornosť dodržiavaniu špecickch povrchových podmienok. Ak bola znizena únosnosť, musí sa zlepťit zhutnenm pôdy. V postranných psach by sa mali odstrániť vťetky hrbole a priehlbiny, aby bola zabezpečená bezpečnosť prevádzky. Výška trávy v psach by nemala presiahnuť 10 cm. Frekvencia kosenia pre udržanie nízkej trávy závisí od klimatických podmienok v danej oblasti. Āerstvo pokosena tráva by sa mala pozbierať, pretoťe by mohlo prísť k nasatiu do prúdových motorov, im by sa vytvorilo potenciálne nebezpečenstvo pre prevádzku lietadla. Āalťou variantnou je pouťitie retardru rastu, jeho pouťitie je vťak často obmedzené predpismi na ochranu podzemnch vôd, pretoťe niektoré chemikálie spomaľujúce rast môžu nepriaznivo ovplyvniť kvalitu pitnej vody [23].

Údržba zelených plôch mimo pásov

Medzi hlavné dôvody údržby zelených plôch letiska mimo pásov je kontrola ťivota zvierat na hranici letiska. Vďaka oploteniu je pomerne jednoduché držať voľne ťijce zvieratá mimo vymedzených plôch letiska. Avťak populáciu vtákov je z pochopiteľných dôvodov veľmi zloťite kontrolovať. Údržba trávnatých plôch by mala byť podmienená individuálnymi potrebami lokality, t. j. miestnymi druhmi vtákov a ich zvykmi. Aby sa zabránilo usadzovaniu vekého počtu vtákov, bola pozorovaná optimálna výška trávy okolo 20 cm [23].

8. Program údržby letiska Ostrava – Mošnov

Kontrola pohybových plôch Letiska Mošnov-Ostrava (Medzinárodné Letište Leoše Janáčka Ostrava (IATA: OSR, ICAO: LKMT)) a prekážkových rovín je uskutočňovaná prevádzkovateľom letiska, ktorým je spoločnosť Letište Ostrava, a. s. V ďalšom texte sa pre označenie tohto letiska používa skratka LKMT.

8.1 Postup kontroly prevádzkových plôch letiska

Kontroly PP sú vykonávané vozidlom (v tomto prípade konkrétne Hyundai alebo v zimnom období VOLVO V70), ktoré je vybavené rádiostanicou pre spojenie s TWR LKMT a zariadením pre sledovanie pohybu na PP. Rýchlosť jazdy na kontrolu stavu povrchu prevádzkových plôch by nemala presiahnuť 60 km/h, ak je to možné mala by byť nižšia [34].

Pri kontrole PP sa pracovník vykonávajúci kontrolu riadi check- listom, ktorý obsahuje všetky kontrolované položky. Ak objaví pri kontrole nejaký nedostatok, tak to priamo zaznamená do check- listu. Po skončení kontroly sa vykoná záznam do Výkazu kontroly (príloha č.1), ktorý je prístupný cez intranet. Zistené poruchy a nedostatky sú hlásené na bezpečnostný dispečing alebo v prípade porúch, ktoré si vyžadujú okamžitú pozornosť, priamo na príslušné útvary. Na toto slúži databáza porúch, taktiež dostupná cez intranet. RWY je v tomto systéme rozdelená na časti zodpovedajúce skutočne existujúcim betónovým panelom. Ak sa zistí porucha, tá sa zaeviduje v informačnom systéme s možnosťou pripojenia fotografie. Intranetový informačný systém následne sa vygeneruje email poverenej osobe, ktorá je zodpovedná za jej opravu a navrátenie do pôvodného stavu. Na Obr. 26 je zachytené zobrazovacie rozhranie databázy porúch jednotlivých panelov RWY [34].

8.2 Pravidelnosť kontrol

Kontroly prevádzkových plôch na LKMT sú vykonávané štyrikrát denne v týchto intervaloch:

1. pred prvou rannou prevádzkou,
2. dopoludňajšia kontrola – detailná kontrola pokrývajúca celú šírku dráhy, zahrňujúca dve jazdy,
3. popoludňajšia kontrola,
4. pred nočnou prevádzkou [34].

Súčasťou kontroly pred rannou a nočnou prevádzkou je taktiež kontrola svetelných zabezpečovacích zariadení. Posledné dve kontroly sú v prípade mimoriadnych situácií:

5. pri vyhlásení prípravy LVO,
6. pred pohybom nadkritického typu letúnu

V prípade potreby a na vyžiadanie ĽLP sa vykonávajú kontroly aj mimo stanovené termíny, či už v zimnom období pri zmene stavu B/A, alebo v letnom období pri výskyte vysokých teplôt (keď narastá riziko vzniku porúch betónového krytu). Ak sú vysoké teploty po sebe niekoľko idúcich dní a teplota výrazne neklesne ani cez noc, potom je potrebné zvýšiť frekvenciu kontroly, ktorá je uvedená v Tab. 9 [34].



Teploty cez deň	Kontrola
Nad 32 °C	Každú hodinu
29°C - 32°C	Každé dve hodiny
27°C - 29°C	Každé štyri hodiny

Tab. 9 Frekvencia kontrol počas tropických teplôt (prevzaté z [24] a upravené)

Jednou z metód, ktoré sú využívané na LKMT v období vysokých teplôt v priebehu letného obdobia je kropenie RWY. Jedná sa o preventívne kropenie RWY vozidlami HZS, ktoré sa vykonáva v celej dĺžke a šírke RWY. Frekvencia kropenia je stanovená podľa teplôt. Prvé kropenie by malo prebehnúť v dopoludňajších hodinách (9-10h) a následne popoludní podľa teploty, oblačnosti a intenzity slnečného svitu. Pri kropení je potrebné brať do úvahy tepelnú kapacitu betónových panelov [35].

Raz ročne je na LKMT vykonávaná detailná kontrola pohybových plôch, ktorá sa uskutočňuje osobami, ktoré sa pohybujú pešo a následne výsledky tejto kontroly sa premietajú do plánu údržby [34][35].

SMS koeficient ÚSM - RWY

č. panelu	Postranní pás		Číslo pásu											Postranní pás	
			04												
	Žlab	Asfalt	K	J	H	G	F	E	D	C	B	A	Asfalt	Žlab	
1.	1-ZP/0	1-AP/0	1-K/0	1-J/1	1-H/1	1-G/1	1-F/0	1-E/0	1-D/0	1-C/0	1-B/0	1-A/0	1-AL/0	1-ZL/0	
2.	2-ZP/1	2-AP/0	2-K/1	2-J/0	2-H/0	2-G/0	2-F/0	2-E/0	2-D/0	2-C/0	2-B/0	2-A/0	2-AL/0	2-ZL/0	
3.	3-ZP/0	3-AP/0	3-K/0	3-J/0	3-H/0	3-G/0	3-F/0	3-E/0	3-D/0	3-C/0	3-B/0	3-A/0	3-AL/0	3-ZL/0	
4.	4-ZP/0	4-AP/0	4-K/0	4-J/0	4-H/0	4-G/0	4-F/0	4-E/0	4-D/0	4-C/0	4-B/0	4-A/0	4-AL/0	4-ZL/0	
5.	5-ZP/0	5-AP/0	5-K/0	5-J/0	5-H/0	5-G/0	5-F/0	5-E/0	5-D/0	5-C/0	5-B/0	5-A/0	5-AL/0	5-ZL/0	
6.	6-ZP/0	6-AP/0	6-K/0	6-J/0	6-H/0	6-G/0	6-F/0	6-E/0	6-D/0	6-C/0	6-B/0	6-A/0	6-AL/0	6-ZL/0	
7.	7-ZP/0	7-AP/0	7-K/0	7-J/0	7-H/0	7-G/0	7-F/0	7-E/0	7-D/0	7-C/0	7-B/0	7-A/0	7-AL/0	7-ZL/0	
8.	8-ZP/0	8-AP/0	8-K/0	8-J/0	8-H/0	8-G/0	8-F/0	8-E/0	8-D/0	8-C/0	8-B/0	8-A/0	8-AL/0	8-ZL/0	
9.	9-ZP/0	9-AP/0	9-K/0	9-J/0	9-H/0	9-G/0	9-F/0	9-E/0	9-D/0	9-C/0	9-B/0	9-A/0	9-AL/0	9-ZL/0	
10.	10-ZP/0	10-AP/0	10-K/0	10-J/0	10-H/0	10-G/0	10-F/0	10-E/0	10-D/0	10-C/0	10-B/0	10-A/0	10-AL/0	10-ZL/0	
11.	11-ZP/0	11-AP/0	11-K/0	11-J/0	11-H/0	11-G/0	11-F/0	11-E/0	11-D/0	11-C/0	11-B/0	11-A/0	11-AL/0	11-ZL/0	
12.	12-ZP/0	12-AP/0	12-K/0	12-J/0	12-H/0	12-G/0	12-F/0	12-E/0	12-D/0	12-C/0	12-B/0	12-A/1	12-AL/0	12-ZL/0	
13.	13-ZP/0	13-AP/0	13-K/0	13-J/0	13-H/0	13-G/0	13-F/0	13-E/0	13-D/0	13-C/0	13-B/0	13-A/0	13-AL/0	13-ZL/0	
14.	14-ZP/0	14-AP/0	14-K/0	14-J/0	14-H/0	14-G/0	14-F/0	14-E/0	14-D/0	14-C/0	14-B/0	14-A/0	14-AL/0	14-ZL/0	
15.	15-ZP/0	15-AP/0	15-K/0	15-J/0	15-H/0	15-G/0	15-F/0	15-E/0	15-D/0	15-C/0	15-B/0	15-A/0	15-AL/0	15-ZL/0	
16.	16-ZP/0	16-AP/0	16-K/0	16-J/0	16-H/0	16-G/0	16-F/0	16-E/0	16-D/0	16-C/0	16-B/0	16-A/1	16-AL/0	16-ZL/0	
17.	17-ZP/0	17-AP/0	17-K/0	17-J/0	17-H/0	17-G/0	17-F/0	17-E/0	17-D/0	17-C/0	17-B/0	17-A/0	17-AL/0	17-ZL/0	
18.	18-ZP/0	18-AP/0	18-K/0	18-J/0	18-H/0	18-G/0	18-F/0	18-E/1	18-D/0	18-C/0	18-B/0	18-A/0	18-AL/0	18-ZL/0	
19.	19-ZP/0	19-AP/0	19-K/0	19-J/0	19-H/0	19-G/0	19-F/0	19-E/0	19-D/0	19-C/0	19-B/0	19-A/0	19-AL/0	19-ZL/0	
20.	20-ZP/0	20-AP/0	20-K/0	20-J/0	20-H/0	20-G/0	20-F/0	20-E/0	20-D/0	20-C/0	20-B/0	20-A/0	20-AL/0	20-ZL/0	
21.	21-ZP/0	21-AP/0	21-K/0	21-J/0	21-H/0	21-G/0	21-F/0	21-E/0	21-D/0	21-C/0	21-B/0	21-A/1	21-AL/0	21-ZL/0	
22.	22-ZP/0	22-AP/0	22-K/0	22-J/0	22-H/0	22-G/0	22-F/0	22-E/0	22-D/0	22-C/0	22-B/0	22-A/0	22-AL/0	22-ZL/0	
23.	23-ZP/0	23-AP/0	23-K/0	23-J/0	23-H/0	23-G/0	23-F/0	23-E/0	23-D/0	23-C/0	23-B/0	23-A/0	23-AL/0	23-ZL/0	
24.	24-ZP/0	24-AP/0	24-K/0	24-J/0	24-H/0	24-G/0	24-F/0	24-E/0	24-D/0	24-C/0	24-B/0	24-A/0	24-AL/0	24-ZL/0	
25.	25-ZP/0	25-AP/0	25-K/0	25-J/0	25-H/0	25-G/0	25-F/0	25-E/1	25-D/1	25-C/0	25-B/0	25-A/0	25-AL/0	25-ZL/0	
26.	26-ZP/0	26-AP/0	26-K/0	26-J/0	26-H/0	26-G/0	26-F/0	26-E/0	26-D/0	26-C/0	26-B/0	26-A/0	26-AL/0	26-ZL/0	
27.	27-ZP/0	27-AP/0	27-K/0	27-J/0	27-H/0	27-G/0	27-F/0	27-E/0	27-D/0	27-C/0	27-B/0	27-A/0	27-AL/0	27-ZL/0	
28.	28-ZP/0	28-AP/0	28-K/0	28-J/0	28-H/0	28-G/0	28-F/0	28-E/0	28-D/0	28-C/0	28-B/0	28-A/0	28-AL/0	28-ZL/0	
29.	29-ZP/0	29-AP/0	29-K/0	29-J/0	29-H/0	29-G/0	29-F/0	29-E/1	29-D/0	29-C/0	29-B/0	29-A/0	29-AL/0	29-ZL/1	
30.	30-ZP/0	30-AP/0	30-K/0	30-J/0	30-H/0	30-G/0	30-F/0	30-E/0	30-D/0	30-C/0	30-B/0	30-A/0	30-AL/0	30-ZL/0	
31.	31-ZP/0	31-AP/0	31-K/0	31-J/0	31-H/0	31-G/0	31-F/0	31-E/0	31-D/0	31-C/0	31-B/0	31-A/0	31-AL/0	31-ZL/0	
32.	32-ZP/0	32-AP/0	32-K/0	32-J/0	32-H/0	32-G/0	32-F/0	32-E/0	32-D/0	32-C/0	32-B/0	32-A/0	32-AL/0	32-ZL/0	
33.	33-ZP/0	33-AP/0	33-K/0	33-J/0	33-H/0	33-G/0	33-F/0	33-E/0	33-D/0	33-C/0	33-B/0	33-A/0	33-AL/0	33-ZL/0	
34.	34-ZP/0	34-AP/0	34-K/0	34-J/0	34-H/0	34-G/0	34-F/0	34-E/0	34-D/0	34-C/0	34-B/0	34-A/0	34-AL/0	34-ZL/0	
35.	35-ZP/1	35-AP/0	35-K/0	35-J/0	35-H/0	35-G/0	35-F/0	35-E/2	35-D/1	35-C/1	35-B/0	35-A/0	35-AL/0	35-ZL/0	
36.	36-ZP/0	36-AP/0	36-K/0	36-J/0	36-H/0	36-G/0	36-F/0	36-E/0	36-D/0	36-C/0	36-B/0	36-A/0	36-AL/0	36-ZL/0	
37.	37-ZP/0	37-AP/0	37-K/0	37-J/1	37-H/1	37-G/1	37-F/1	37-E/4	37-D/0	37-C/0	37-B/1	37-A/0	37-AL/0	37-ZL/0	
38.	38-ZP/0	38-AP/0	38-K/0	38-J/1	38-H/0	38-G/0	38-F/0	38-E/1	38-D/0	38-C/0	38-B/0	38-A/0	38-AL/0	38-ZL/0	
39.	39-ZP/0	39-AP/0	39-K/0	39-J/0	39-H/0	39-G/0	39-F/1	39-E/2	39-D/0	39-C/0	39-B/0	39-A/0	39-AL/0	39-ZL/0	
40.	40-ZP/0	40-AP/0	40-K/0	40-J/0	40-H/0	40-G/0	40-F/1	40-E/0	40-D/0	40-C/0	40-B/0	40-A/0	40-AL/0	40-ZL/0	

Obr. 26 Zobrazovacie rozhranie databázy porúch jednotlivých panelov RWY [34]

8.3 Meranie koeficientu trenia povrchu dráhy

Meranie sa uskutočňuje z dôvodu možného zhoršenia koeficientu trenia povrchu dráhy. Jednou z príčin zhoršenia je vrstva gumových nánosov od pristávajúcich lietadiel na RWY. Samozrejme existuje množstvo ďalších faktorov, ktoré zhoršujú koeficient trenia ako štruktúra povrchu, poveternostné vplyvy, opotrebovanie alebo znečistenie. Merania sa robia podľa predpísaných zásad, konkrétne v ČR podľa Metodického pokynu vydaného ÚCL vozidlom SARSYS VOLVO SVFT. Frekvencia merania závisí od dĺžky RWY a počtu celkových pristání prúdových letúnov v najvyťaženejšom dni v roku, ktorá je zobrazená v Tab. [34][35].

Minimálny počet celkových pristání prúdových letúnu v najvyťaženejšom dni v roku	Minimálna frekvencia merania koeficientu trenia		
	RWY \geq 2400 m		RWY < 2400 m
	TDZ	RWY	RWY
30 a menej	-	1 x 1 rok	1 x 1 rok
30 – 90	1 x 6 mesiacov	1 x 1 rok	1 x 6 mesiacov
90 – 150	1 x 3 mesiace	1 x 1 rok	1 x 3 mesiace
150 a viac	1 x 1 mesiac	1 x 6 mesiacov	1 x 1 mesiac

Tab. 10 Minimálna frekvencia merania koeficientu trenia [34]

Meranie sa skladá z jedného kontrolného merania a zo série štandardných meraní. Kontrolné meranie slúži na potvrdenie, že prevádzka zariadenia je správne nastavená. Štandardné meranie koeficientu trenia musí začať 150 m za prahom dráhy pri rýchlostiach 65 km/h a 95 km/h a musí byť ukončené približne 150 m od odletového konca dráhy [34][35].

Hromadenie gumových nánosov je závislé na druhu prevádzky pristávajúcich lietadiel. Ak je viac ako 20 % širokotrupých lietadiel z celkového počtu leteckej prevádzky pristávajúcich na ktorúkoľvek RWY, musí sa brať do úvahy odstraňovanie nánosov gummy. Pri vyššej prevádzke je presne dané, v akých intervaloch by sa malo vykonávať toto odstraňovanie [34][35].

8.4 Meranie hĺbky textúry povrchu

Meranie hĺbky textúry povrchu sa vykonáva, pokiaľ priemerné meranie textúry povrchu v dotykovej zóne, stredovej časti a dojazdovej časti klesne pod 1,14 mm. Ak je hodnota v rozsahu od 0,40 mm do 0,76 mm, musí prevádzkovateľ letiska plánovať údržbu za účelom odstránenia nedostatku textúry najneskôr do 12 mesiacov. V prípade, ak je hodnota pod 0,25 mm, je potrebné vykonať také opatrenia, aby nedostatok textúry bol odstránený v priebehu 2 mesiacov [34][35].

8.5 Postupy hlásenia výsledkov kontrol a činnosti

Postup hlásenia výsledkov kontrol a činnosti, vedie k odstráneniu nedostatkov a následné zaistenie nápravy. Skladá sa z nasledujúcich krokov, ktoré sú uvedené nižšie:

1. Schopnosť prevádzky a stav RWY je ohlásený hneď po opustení RWY
 - ak sa vykonáva meranie B/A sú hlásené aj koeficienty trenia

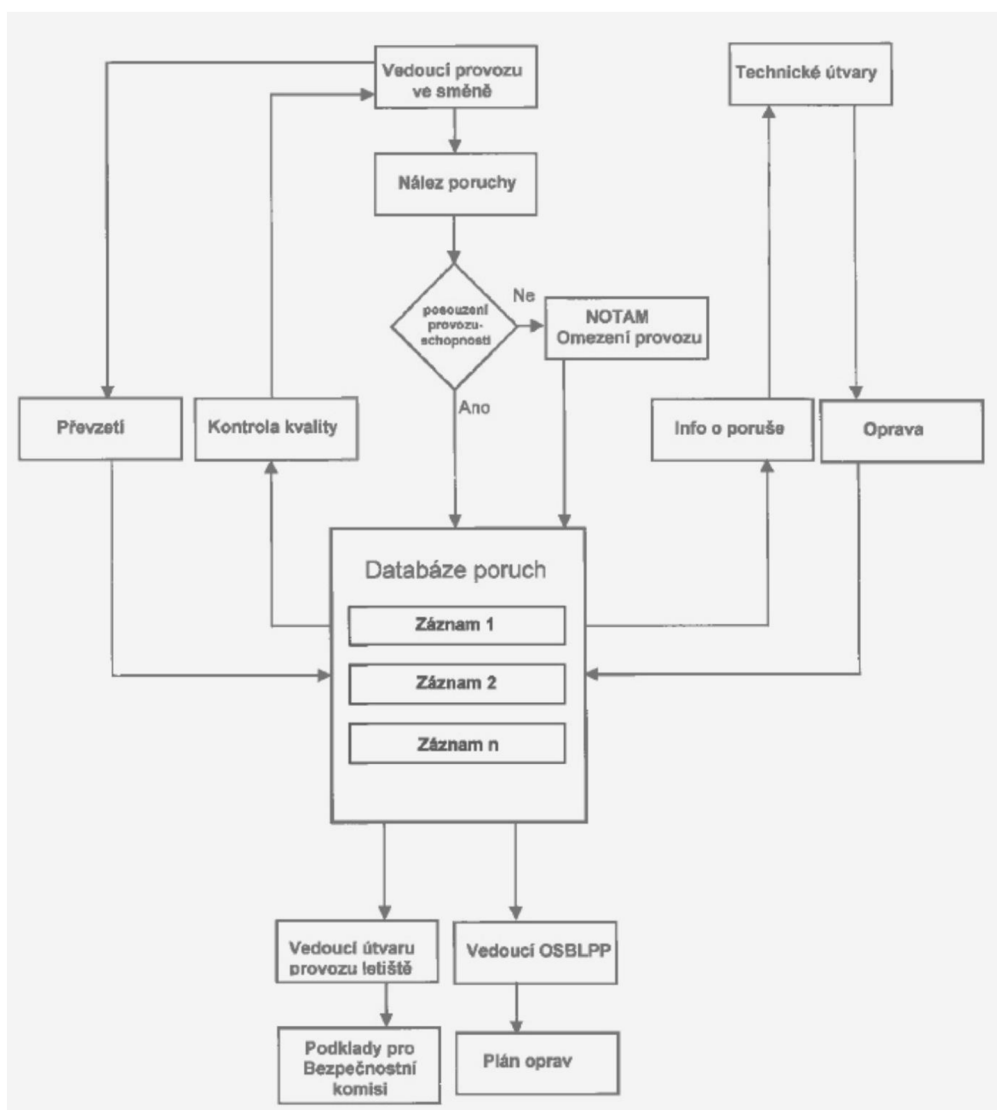
2. Stav RWY:

- vlhká (zmena farby povrchu RWY),
- mokrá (nasýtený povrch),
- stojatá voda (hlbka vody 3 mm pokrývajúca 25 % plochy povrchu dráhy).

3. Hlásenie nálezov, ktoré ohrozujú bezpečnosť prevádzky sú TWR LKMT, ktoré následne vydá správu – NOTAM. Ďalej sa musia podniknúť kroky k ich odstráneniu.

4. Všetky ostatné poškodenia prevádzkových plôch sú zaznamenané a dostupné v intranetovom informačnom systéme letiska [34].

Obr. 27 zobrazuje logickú schému hlásenia, vyhodnocovania a odstraňovania porúch, t.j. postup a úkony útvarov prevádzkovateľa letiska v prípade zistenia nejakej neobvyklej zmeny na danej prevádzkovej ploche.



Obr. 27 Logická schéma systému [34]



9. Program údržby letiska Praha – Ruzyně

Z dôvodov prehľadnosti bude v tejto kapitole letisko Praha Ruzyně (plným názvom: Medzinárodné letište Václava Havla Praha (IATA: PRG, ICAO: LKPR)) označené skratkou LKPR. Prevádzkovateľom tohto letiska je spoločnosť Letiště Praha, a. s. LKPR používa na rozdiel od LKMT modernejší a globálny systém, ktorý bude predstavený v nasledujúcich častiach.

9.1 Posúdenie a hlásenie stavu povrchu pohybovej plochy

Kontroly prevádzkyschopnosti pohybovej plochy

Bežné kontroly celej pohybovej plochy sa musia uskutočniť minimálne dvakrát denne, pokiaľ to umožňuje aktuálna letecká prevádzka. Denná kontrola sa vykonávajú bez rozsvietenia SZZ v intervale 07.00 hod. – 09.00 hod. a nočná kontrola s rozsvietením SZZ v intervale 22.00 hod. – 01.00 hod. Z dôvodu prevencie FOD na prevádzkovej ploche je žiadúce počet kompletných kontrol pohybovej plochy zvýšiť. Konkrétne o ďalšie tri kompletné kontroly v intervaloch 03.00 hod. – 06.00 hod., 12.00 hod. – 14.00 hod. a 17.00 hod. – 19.00 hod. [36][37].

Systém, ktorý sa používa na LKPR sa nazýva „Airport Infrastructure Management System“ – AIMS. Ide o systém na správu infraštruktúry letiska a používa sa na efektívne riadenie a monitorovanie rôznych aspektov letiskovej infraštruktúry, vrátane vzletových a pristávacích dráh a všetkých ďalších plôch. AIMS poskytuje funkcie na sledovanie stavu, údržbu a opravy letiskových povrchov, správu bezpečnostných kontrol a auditov, rozvrhnutie prác na letisku, správu technických špecifikácií a dokumentácie. Systém AIMS pomáha zlepšiť efektívnosť, minimalizovať riziká a zabezpečiť, že infraštruktúra letiska je v optimálnom stave pre bezproblémovú prevádzku. V tomto systéme sú bežné kontroly rozdelené podľa daných plôch a to konkrétne na:

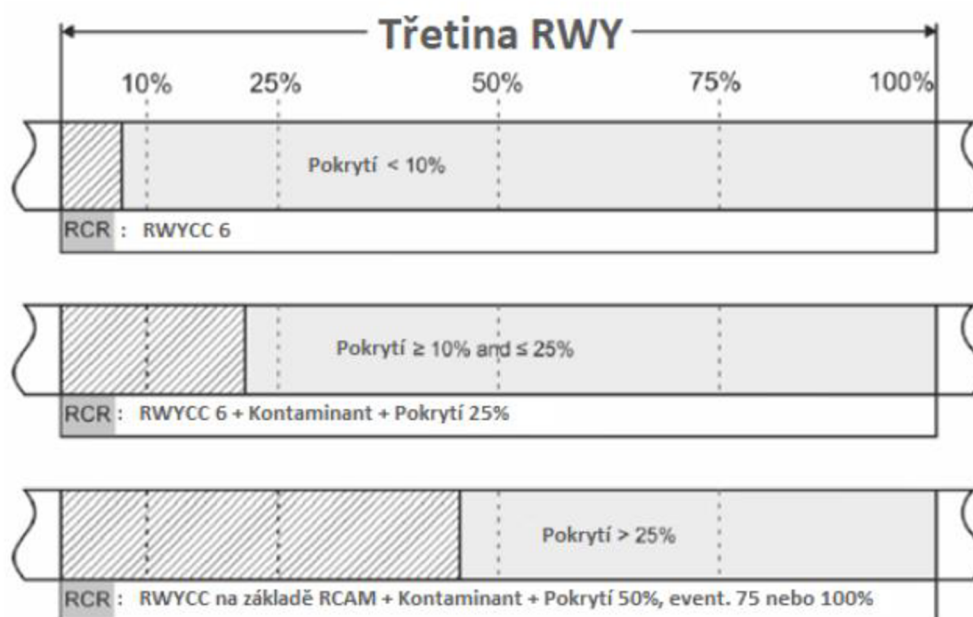
- kontrola pohybovej plochy (bez SZZ),
- kontrola pohybovej plochy (spolu s SZZ),
- kontrola odbavovacej plochy,
- kontrola umiestnení hasičských prístrojov,
- kontrola prekážkových návěstídiel,
- kontrola ostatných atribútov a súvisiacich zariadení [37].

Kontroly stavu pohybovej plochy

Samozrejme ako na všetkých letiskách, tak aj letisko Praha vykonáva štandardné pravidelné kontroly, kedy je pozorovaný stav povrchu pohybovej plochy a mimo tieto štandardné intervaly je potrebné vykonávať kontroly RWY v prípade, že by sa mohol výrazne zmeniť stav povrchu v dôsledku meteorologických podmienok. Mimoriadne kontroly sú spravidla jednorazové a nie vopred naplánované. Kontroluje sa stav tých celkov alebo prvkov, ktoré vyvolali znepokojenie pri bežných a pravidelných kontrolách. Rozsah týchto kontrol môže byť rozdielny ako pri bežných kontrolách [36][37].

Globálny formát hlásenia o podmienkach povrchu RWY (Global Reporting Format)

Ide o jednotný globálny systém podávania správ, ktor men zaveden spôsoby a prinsa nov postupy pre zhromažďovanie údajov a ich prevedenie do Őtruktrovanch prevádzkových informácií v jednoznačne definovaných formátoch. Správa týkajúca sa posúdenia stavu RWY sa nazýva Runway Condition Report (RCR) a bude predstaven nižšie. Vek význam má zmena v systéme hlásenia, a to zavedenie kódu stavu dráhy (RWYCC). Ide o deterministický proces spoivajci v identifikácii pokrytia a hrúbky vrstvy Őpecifikovanch kontaminantov. RWYCC sa urči pri vizuálnej kontrole pohybovej plochy, a to konkrétne v každej tretine RWY zvlŕ len v prípade pokrytia kontaminantom vyŕŕim než 25 % podľa jednotnej matice (RCAM). Schéma pokrytia RWY je zobrazen na Obr. 28 [37].



Obr. 28 Schéma pokrytia RWY podľa tretín [37]

Letové posádky hlásia brzdiace účinky v revidovanej stupnici GOOD, GOOD TO MEDIUM, MEDIUM, MEDIUM TO POOR, POOR a LESS THAN POOR pre charakterizáciu brzdiaceho účinku a smerového vedenia lietadla počas pristania. Hlsen hodnoty RWYCC 5 až 0 by mali byť v súlade s hlásenými brzdnmi účinkami od posádok lietadiel. Ďalŕou zmenou je odstránenie kategórie „vlhk dráha“ zavodnenie do vŕŕky 3 mm je hlsen ako „mokr dráha“ [36][37].

Hlásenie stavu dráhy - RCR

Jedná sa o metodiku, ktor popisuje stav povrchu dráhy bez ohľadu na klimatické podmienky. Konceptia RCR umožňuje zhodným spôsobom určiť kritéria pre stanovenie jedinečného kódu stavu RWY. Prevádzkovateľ letiska je povinný RCR spracovvat a následne odosielať na ŐLP pre informovanie letových posádok, a to buĎ písomnou alebo ústnou formou. Pokiaľ je RWY len mokr, bez súvislosti s výskytom snehu, ľadu alebo námrazy na pohybovej ploche, RCR sa hlási ústne službe ŐLP/TWR [37].

RCR obsahuje dve časti a to:

- výpočet výkonnosti letúnu (ICAO kód letiska, dátum a čas, RWYCC pre každú tretinu, popis podmienok, označenie RWY nižším číslom, atď.)
- situačný prehľad (skrátená dĺžka RWY v m, nízko zvrátený sneh na RWY. Chemické ošetrovanie, posyp pieskom, snehové valy na RWY/TWY, zlé podmienky na TWY/Apron, namerané koeficienty trenia v tretinách RWY) [37]

Posudzovanie stavu RWY je potrebné započítať, pokiaľ je na akejkoľvek tretine RWY čo i len voda (letné podmienky) alebo voda vo forme alebo v spojitosti so snehom, námrazou alebo ľadom (zimné podmienky). Postup, kedy nastáva povinnosť hlásenia RCR je zobrazený na diagramoch A a B v prílohe č. 2 [37].

9.2 Kontrola stavebnotechnického stavu pohybových plôch

Z dôvodu zaistenia bezpečnosti prevádzky na LKPR a včasného odhalenia všetkých porúch sú podrobné pravidelné stavebnotechnické kontroly veľmi dôležité. Vyžaduje sa kontrola technického stavu, životnosti konštrukcie a objavujúcich sa porúch na pohybových plochách. Pravidelné podrobné stavebnotechnické kontroly RWY prebiehajú každých 21 dní a kontrola TWY a Apron prebieha raz za rok v 6. alebo 7. kalendárnom mesiaci alebo podľa potreby, v prípade zistenia poruchy bežnou kontrolou. Kontroly sú stanovené do času mimo prevádzkovú špičku a sú vykonávané pri úplnej uzávere kontrolovanej RWY. Pokiaľ je jedna z dráh uzatvorená pre stavebnú činnosť alebo údržbu, kontrola druhej RWY sa vykoná zrýchlenou formou v intervaloch medzi pohybmi lietadiel za účasti jedného pracovníka z každej organizačnej jednotky. Medzi organizačné jednotky LKPR patrí údržba prevádzkových plôch (UPL), technická správa nehnuteľností (TSN) a riadenie prevádzky plôch (RPP). Výsledky kontroly pohybových plôch sú zaznamenávané do protokolu softwarovej aplikácie pre zber porúch. Tento protokol o vykonaní kontroly stavebnotechnického stavu obsahuje klasifikáciu poruchy, jej presnú polohu a návrh postupu k samotnému odstráneniu poruchy [38].

9.3 Meranie koeficientu trenia povrchu dráhy

V Českej republike je na meranie koeficientu trenia špeciálnym úradom schválené meracie zariadenie. Ide o zariadenie s kontinuálnym meraním trenia tzv. CFME, pracujúce na princípe merania trecej sily šmykového trenia medzi povrchom vozovky a meracou pneumatikou, ktorá má menšiu obvodovú rýchlosť ako kolesá meracieho vozidla. Postupy merania sú rovnaké ako už pri spomínanom letisku LKMT, kde je táto metóda podrobnejšie popísaná. Rozdiel je v tom, že každé letisko má k dispozícii svoje schválené zariadenia a LKPR má k dispozícii automobil Škoda Octavia a Volvo V-90 s meracím zariadením ASFT® a Saab 9-5 s meracím zariadením SFT. Pomocou týchto zariadení dokáže prevádzkovateľ vykonávať ako prevádzkové meranie, potrebné k posúdeniu stavu pohybovej plochy, tak tzv. kalibračné meranie slúžiace pre posúdenie potreby údržby RWY [37].

Prevádzkové meranie koeficientu trenia

Používa sa ako súčasť celkového posúdenia povrchu RWY najmä na povrchoch znečistených snehom, ľadom alebo námrazou. Pri prevádzkovom meran sa používa špeciálna vysokotlaková pneumatika s pozdĺžnym deznom bez prídavného skrpania vodou. [37]

Meranie na dráhach (RWY) sa vykonáva bez prerušená v móde ICAO a režime RWY, predpísanou meracou rýchlosťou 96 km/h, resp. 60 km/h vo vzdialenosti cca 3-6 m od pozdĺžnej osy RWY. Uskutonje sa jazda tam a späť, vždy po inej strane od osy RWY [37]. Meranie na pojazdovch dráhach (TWY) a odbavovacích plochách sa vykonáva v režime TAXI predpísanou meracou rýchlosťou rovnakou ako pri RWY. V tomto režime nezáleží na nastaven módu ICAO, pretože hodnoty koeficientu trenia sú vždy zapisované po stanovenej dĺžke kroku [37].

Kalibračné meranie koeficientu trenia

Meranie charakteristík trenia pre potreby údržby na pohybovej ploche LKPR vykonáva prevádzkovateľ letiska. Účelom tohto merania je zistenie podstatných zmien v charakteristikách trenia povrchu RWY, aby bola vas identifikovaná potreba pre stanovenie údržby v dostatočnom predstihu, než úroveň trenia poklesne pod úroveň MFL. Súčasťou kalibračného merania je sledovanie kvality povrchu a meranie charakteristík trenia. Samozrejme aj intervaly kalibračných meran musia byť tomu prispsoben [37].

Intervaly merania sú rovnaké na všetkých letiskách a odvíjajú sa od dĺžky RWY a počtu celkových pristání. Okrem merania charakteristík trenia v bežných intervaloch, vykonávajú sa aj mimoriadne, a to v prípadoch:

- po každej významnej zmene, ktorá ich môže ovplyvniť,
- pred návratom dráhy do prevádzky po 30 dňovej alebo dlhšej odstávke,
- na základe podnetov od pilotov, že RWY je klzka,
- na základe vlastného pozorovanie,
- na základe požiadavku vedenia spoločnosti,
- pokiaľ dochádza k lokálnym deformáciám rovinnosti RWY [37].

9.4 Meranie hĺbky textúry povrchu

Súčasťou hodnotenia stavu RWY pre potreby a plánovanie údržby je i meranie hĺbky textúry povrchu. Postupy a intervaly merania sú rovnaké ako bolo už vyššie uveden u LKMT. Tab. 11 indikuje minimálne intervaly meran na LKPR.

Minimálne intervaly odstraňovania kontaminácie na LKPR			
RWY 06	RWY 24	RWY 12	RWY 30
1x za 3 mesiace	1x za 3 mesiace	1x za rok	1x za rok

*Tab. 11 Minimálne intervaly odstraňovania kontaminácie na LKPR
(prevzaté z [37] a upraven)*



10. Porovnanie a zhodnotenie programov údržby

Každé letisko má prispôsobený program údržby podľa mnohých faktorov, ktoré sú na každom letisku iné. Medzi tieto faktory patrí veľkosť a typ povrchu vozoviek, intenzita prevádzky na letisku, klimatické podmienky a prevádzkové požiadavky na vybavenie, ktoré je určené na údržbu a monitorovanie vozoviek. Rozdiely medzi letiskami sú v zásadných črtách minimálne. Praktické rozdiely sú podmienené iba ich prevádzkovými potrebami a možnosťami.

LKPR je najväčšie letisko v Českej republike a prevádzka na tomto letisku je neporovnateľná s LKMT. Prvý rozdiel je v sieti vozoviek, kde LKPR spravuje omnoho väčšie plochy ako LKMT, kde je len jedna RWY. Samozrejme, intenzita kontrol pohybových plôch je rozdielna, lebo je ovplyvnená prevádzkou na letisku. Kontrola prevádzkyschopnosti pohybovej plochy sa na LKPR vykonáva päťkrát denne v stanovených časových intervaloch a taktiež je doplnená o mimoriadne kontroly, v prípade potreby. Kontrola stavebnotechnického stavu RWY prebieha každých 21 dní a TWY spolu s Apron prebieha raz za rok v letnom období.

LKMT vykonáva kontroly štyrikrát denne v intervaloch, cca 6 hodinovom časovom rozmedzí. Avšak počas tropických teplôt sa vykonávajú kontroly častejšie, intenzita je závislá na teplote vzduchu. Raz za rok sa taktiež vykonáva detailná kontrola pohybových plôch.

Obe porovnávané letiská používajú systém (aplikáciu) pre zaznamenávanie porúch a poškodení, ktoré sú objavené pri bežných alebo mimoriadnych kontrolách. LKPR využíva medzinárodný systém AIMS na zaznamenávanie porúch a hlásenie obmedzení, aby bola zabezpečená bezpečnosť prevádzky na letisku. Pre porovnanie LKMT má vlastný intranetový informačný systém koncipovaný na podobnom princípe. Oba systémy sledujú rovnaký účel, z pohľadu funkcionality sú teda rozdiely minimálne. Frekvencia merania koeficientu trenia v oboch prípadoch vychádza z tabuľky podľa počtu celkových pristání prúdových lietadiel v najvyťaženejšom dni v roku. Menšie rozdiely sú v systéme hlásenia, ale treba brať do úvahy, že každé letisko má systém prispôsobený svojim potrebám a požiadavkám, ktoré sú primárne determinované kvantitatívnymi faktormi.

11. Navrhnutie efektívnej údržby

V dnešnej dobe existuje veľmi veľa monitorovacích zariadení a systémov na skúmanie stavu vozoviek. Monitorovanie veľkých už existujících infraštruktúr, je pomerne zloit, no pre zachovanie bezpečných podmienok, aby sa predlo deformcm, nestabilit alebo kolapsom nevyhnutn. Výber vhodného monitorovacieho zariadenia pre dan typ vozovky je zsadn. Tento návrh by mal pomôcť letisku Ostava – Mošnov pri správnom výbere zariadení, pomocou ktorých budú monitorovať pohybov plochy, keďže v dohľadnej budúcnosti je plnovan hlboká rekonštrukcia pohybových plôch.

Návrh optimálnej kontroly a údržby prevádzkových plôch je dôležitým aspektom správy a prevádzky infraštruktúry, vrátane letiskových plôch. Samotn návrh pozostáva z niekoľkých krokov:

1. analýza a zhodnotenie súčasného stavu – na začiatku je dleit získať prehľad o súčasnom stave prevádzkových plôch, vykonanm podrobnej analýzy a zhodnotením ich stav, vrátane identifikácie problémových oblastí (trhliny, deformácie, nerovnosti a in poškodenia);
2. stanovenie požiadaviek – deinovanie cieľov a požiadaviek pre kontrolu a údržbu prevádzkových plôch so zameranm na bezpečnosť, spoľahlivosť a dlhú životnosť povrchov ale aj na optimalizáciu nákladov);
3. výber vhodných metód a technik najvhodnejich pre kontrolu a údržbu – o zahrna vizuálne kontroly, skúšky pevnosti, geotechnické testovanie a pouitie senzorov a iných monitorovacích systémov;
4. vytvorenie plánu a harmonogramu pre pravidelnú kontrolu a údržbu – stanovenie rozsahu a frekvencie kontroly (asov plán);
5. aplikovanie a využitie nových technológií – zahrna pouitie modernch rieen pri kontrole (drony, termokamery, laserové skenery);
6. monitorovanie a hodnotenie výsledkov kontrol a údržby.

Návrh predkladan v tejto práci sa zameriava na vytvorenie systému kontrol pri pouit správnej techniky. Návrh systému kontrol bude pozostávať z dvoch časti, ktoré by mali byť použité pre monitorovanie a predchádzanie poruchám, ktoré sa môžu vyskytnúť počas životnosti vozovky. Najviac monitorovan a kontrolovan sú pristávacie a vzletové dráhy, ktoré patria medzi priority všetkých letisk, čo sa týka údržby a opravy povrchov vozoviek.

11.1 Rutinné monitorovanie

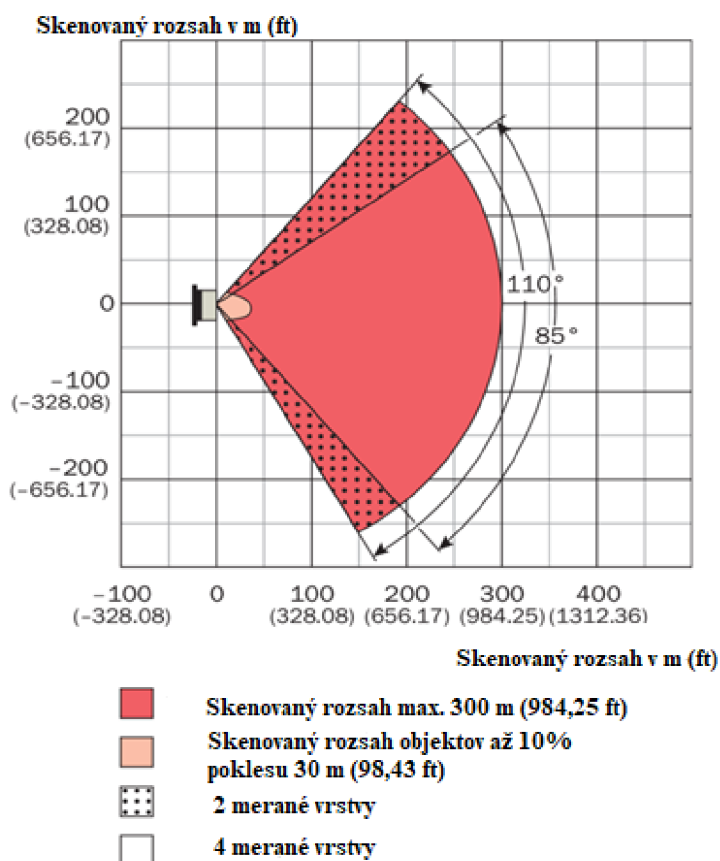
Rutinné monitorovanie sa uskutonje v astejich intervaloch rádovo v tdnoch a mesiacoch a jeho účelom je zistenie stavu povrchových pokoden. V tejto časti budú opísané dve vybrané zariadenia pre tento typ kontroly.

11.1.1 Vozidlo s laserovým skenerom na monitorovanie

Existuje nespočetne laserových skenerov, ktoré sa umiestnj na tomu prispôsobené vozidlá určené na monitoring stavu vozovky. Spoločnosť SICK AG sa špecializuje na vývoj a výrobu

senzorov a senzorových systémov pre monitorovanie stavu povrchov. Medzi tieto senzory patrí aj SICK LD-MRS (Laser- based Detection and Ranging Multi-Layer Scanner), ktorý je navrhnutý pre monitorovanie povrchov s vysokou presnosťou a rýchlosťou. Pracuje na princípe laserového skenovania a merania vzdialeností, spočívajúce v tom, že senzor vysiela laserový lúč na povrch a následne zisťuje a meria čas, ktorý je potrebný, než sa lúč vráti späť k senzoru. Tento senzor umožňuje skenovať povrchy rýchlosťou až 100 km/h s presnosťou merania na niekoľko milimetrov. Vďaka vynikajúcej presnosti, možno týmto senzorom monitorovať rôzne parametre povrchov, ako sú výškové rozdiely, nerovnosti, trhliny, deformácie a ďalšie [39].

Konkrétnym typom je 3D- LiDAR senzor LD-MRS 4-Layer. Ide o viacpolohový skener, ktorého pracovná oblasť merania je 4-úrovňová, ale taktiež môže byť rozšírená až na 8 úrovní. Je mimoriadne vhodný pre vonkajšie použitie, pretože je necitlivý voči snehu, dažďu a prachu. Výhodou tohto senzoru je, že dokáže pre každé meranie a pre každú úroveň rozpoznať až tri za sebou nasledujúce impulzy odrazu. Pracovná oblasť tohto senzoru je zobrazená na Obr. 29 [39].



Obr. 29 Pracovná oblasť laserového skeneru (prevzaté z [39] a upravené)

Medzi najväčšie výhody tohto senzoru patrí: jednoduchá integrácia vďaka kompaktnej a ľahkej konštrukcii, nízke prevádzkové náklady – nízka spotreba energie laserového skeneru, rýchly výstup dát pri vysokej hustote informácií [39].

Pre ešte lepšiu efektivitu monitorovania by bolo výhodné umiestnenie dvoch senzorov na prednú časť vozidla po bokoch [39].

11.1.2 Dron s termokamerou

Drony sa v poslednom období dostávajú čoraz viac do popredia, pretože majú využitie vo viacerých oblastiach. I v leteckom priemysle majú obrovský potenciál. Drony s kamerami a senzormi môžu slúžiť k vizuálnemu monitorovaniu stavu vozoviek a k rýchlemu zberu dát o daných plochách na letisku. Využitie dronov na letisku prichádza do úvahy vo viacerých oblastiach:

- monitorovanie povrchu letiskových plôch (vzletové a pristávacie dráhy, pojazďové dráhy, odbavovacie plochy a taktiež nespevnené plochy letiska),
- kontrola počas zimnej údržby (rýchle získanie informácií o stave vozoviek – snehová pokrývka alebo námraza),
- monitorovanie prevádzky na letisku (využitie pri sledovaní priblíženia a odletu lietadiel, pohybu vozidiel a k zaisteniu bezpečnosti na letisku),
- bezpečnosť a ochrana (sledovanie objektov, nedovoleného vniknutia alebo pre identifikáciu rizikových oblastí).

Používať drony na monitorovanie stavu a predchádzaniu porúch, ktoré sa môžu vyskytnúť počas životnosti vozovky, by teda mohlo byť prínosom. Na trhu je obrovské množstvo dronov a taktiež senzorov alebo termokamier, ktoré by mohli byť integrované s konštrukciou dronov. Pomocou termokamier možno zistiť rôzne informácie, ako sú:

- teplotné rozloženie na povrchu vozovky (rozdielne teploty môžu naznačovať nepravidelnosti a nerovnosti na danom povrchu),
- poškodenie (trhliny, zlomy, výtlky alebo diery),
- vlhkosť (vlhkosť má inú tepelnú vodivosť ako suchý povrch, termokamera dokáže zistiť mokré a suché oblasti na vozovke),
- znečistenie (detegovanie rôznych druhov znečistenia na povrchu) [40]

V súčasnej dobe je výkonnosť dronov už na veľmi vysokej úrovni a možno vidieť, že vývoj neustále napreduje a dochádza k novým vylepšeniam. Medzi hlavné výhody použitia dronov, patrí ich jednoduchú manevrovateľnosť a flexibilita. V porovnaní s monitorovacím zariadením – špeciálnym monitorovacím vozidlom - sú drony lacnejšie na obstaranie, prevádzku i údržbu. V návrhu je vyselektovaný konkrétny druh dronu s termokamerou, bežne dostupný na trhu a mohol by sa použiť na monitorovanie a kontrolu pohybových plôch na letisku.

DJI Matrice 300 RTK + DJI Zenmuse H20T

Tento typ dronu patrí medzi najnovšie komerčné drony od DJI. Je inšpirovaný modernými leteckými systémami. Dron s termokamerou DJI Zenmuse H20T ponúka 6 smerové snímanie a určovanie polohy. Konštrukcia dronu poskytuje 3 upevnenia inteligentných kamier, dve na spodnej strane a jeden na hornej. Pomocou kamier dokáže zaznamenať výšku, polohu a identifikovať zadaný objekt pre vykonávanie inšpekcie a zhotoviť sadu fotografií

z rovnakého uhlu záberu a výšky. Na Obr. 30 je zobrazený dron a rozmiestnenie kamier a základné parametre o DJI 300 RTK sú uvedené v Tab. 12 [41][42].



Obr. 30 Dron DJI 300 RTK v kombinácii s termokamerou DJI Zenmuse H20T [41]

Základné parametre	
Doba letu	45 min
Dosah	8 km
Teplotný prevádzkový interval	-20 °C – 50 °C
Odolnosť voči vetru	15 m/s
Maximálna rýchlosť	23 m/s
Maximálna rýchlosť klesania	7 m/s
Užitočné zaťaženie	Max. 2,7 kg

Tab. 12 Základné parametre DJI 300 RTK [42]

Funkcie :

Využíva ADS-B prijímač , pomocou ktorého dokáže detegovať ostatné lietadla a vyhnúť sa im. Pre zníženie rizika stretu je súčasťou aj zábleskový maják. V prípade poruchy jednej zo štyroch vrtulí, dokáže pristáť aj keď je ovládanie obmedzené. Pomocou pokročilých algoritmov je možné v obraze označiť objekt, pre ktorý dron vypočíta presnú polohu v systéme GPS súradníc. Tá je následne nazdieľaná do spárovaných ovládačov a odoslaná do centrály a zobrazená pomocou DJI FlightHub. Bezpečnosť a spoľahlivosť zvyšuje nový Health Management systém, ktorý sleduje dôležité životné funkcie dronu a opotrebenie dôležitých častí (inteligentná batéria TB60) [41][42].

11.2 Štruktúrálné hĺbkové kontroly

Tieto kontroly sa uskutočňujú v prípade ak nie je k dispozícii dostatočná stavebná dokumentácia a takisto za účelom zistenia stavu a porúch hlbších stavebných štruktúr telesa letiskových dráh. Použitie týchto metód si vyžaduje podstatné obmedzenie prevádzky na letisku.

11.2.1 Deflektometer – rázové zariadenie FWD

Rázové zariadenie FWD (Falling Weight Deflectometer) zobrazené na Obr. 31 sa používa pre meranie priehybu vozoviek a hodnotenie únosnosti vozoviek podľa technického predpisu a metodiky Ministerstva dopravy [43].



Obr. 31 Rázové zariadenie FWD [43]

Základné komponenty deflektometru FWD:

- zaťažovacie zariadenie zložené zo zaťažovacej dosky o priemere 300 mm, silomeru, nákovy, gumových nárazníkov, zdviháku, základnej zaťažovacej hmoty a prídavných segmentov zaťaženia,
- merací rám so 7 snímačmi, ktoré zaznamenávajú priehyb povrchu vozovky pri zaťažovaní,
- zariadenie na meranie prejdenej vzdialenosti, pre účely lokalizácie meraných bodov,
- teplomery pre meranie teploty vzduchu a povrchu vozovky,
- počítač s ovládacím programom [43].

Princíp skúšky pomocou deflektometru FWD spočíva v meraní odozvy vozovky pri jej zaťažení tlmeným rázom. Zaťaženie je generované pádom bremena na gumové tlmiče a prenáša sa cez kruhovú zaťažovaciu dosku na povrch skúšaného miesta a následne simuluje účinok zaťaženia [43].

11.2.2 Georadar

Georadar (Ground Penetrating Radar) je nedeštruktívne diagnostické zariadenie, ktoré sa využíva k zisťovaniu hrúbok konštrukčných vrstiev, k identifikácii skrytých vád a porúch a k ďalším aplikáciám. Toto zariadenie je zobrazené na Obr. 32 [43].



Obr. 32 Vozidlo s georadarom [43]

Georadar sa skladá z:

- riadiacej jednotka s jedným alebo viacerými kanálmi pre meranie,
- antény s požadovanými centrálnymi vysielačmi frekvenciami,
- zariadenia na meranie prejdenej vzdialenosti,
- počítača s ovládacím programom [43].

Princíp metódy spočíva v opakovanom vysielaní vysokofrekvenčného elektromagnetického signálu do skúmaného prostredia a záznamu odrazu častí energie tohto signálu od rozhrania vrstiev a rôznych materiálov. Meranie sa vykonáva buď rýchlosťou chôdze alebo vyššou rýchlosťou (vozidlo – 80km/h) [43].

11.3 Návrh plánu kontroly RWY 04/22 OSR

11.3.1 Charakteristika použitej technológie

DJI Matrice 300 RTK	
Max. doba letu s kamerou	45 min
Maximálna rýchlosť	23 m/s
Prevádzková teplota	-20 C – 50 C

Tab. 13 Parametre dronu DJI Matrice 300 RTK [41][42]

DJI Zenmuse H20T	
Zorné pole	40,6°
Max. Digitálny priblíženie	8x
Rozlíšenie videa	640x512 pri 30Hz
Minimálna ohnisková vzdialenosť	5 m

Tab. 14 Parametre termokamery DJI Zenmuse H20T [44][45]

Rozmery snímanej plochy – RWY 04/22	
Dĺžka	3500 m
Šírka	63 m

Tab. 15 Rozmery snímanej plochy – RWY 04/22 [46]

Navrhované parametre snímkovania	
Rýchlosť letu	11 m/s
Výška	22 m
Šírka jedného záberu	16,26 m

Tab. 16 Navrhované parametre snímkovania

Modelový návrh plánu kontroly vychádza zo vstupných parametrov uvedených vyššie. Vzhľadom na vlastnosti optiky a senzoru použitej technológie sa javí ako výhodné uskutočňovať snímkovanie pri rýchlosti 11 m/s vo výške 22 m nad povrchom snímanej dráhy. Za takýchto okolností je šírka jedného záberu kamery 16,26 m t.j. celú plochu RWY možno zosnímať počas štyroch preletov. Doba jedného preletu bude následne 5 minút a 18 sekúnd, výsledný čas celého snímania bude cca 21 min 12 sekúnd (t.j. jedno monitorovanie možno uskutočniť na jedno nabitie batérie).

Z uvedeného je zrejmé, že samotné snímkovanie konzumuje zanedbateľné množstvo času a spotreba elektrickej energie je takisto zanedbateľná. Dron využíva Li-Pol batériu, ktorej životnosť je 300 – 500 nabíjacích cyklov. Jedno nabitie postačuje na uskutočnenie dvoch snímokov t.j. priemerne možno uskutočniť 150 až 250 snímokov po dobu životnosti batérie (jej obstarávacia cena je cca 850 €) [47].

Tento návrh predpokladá rutinné monitorovanie s frekvenciou dvakrát do týždňa, pričom každé monitorovanie zahŕňa snímkovanie v dvoch teplotných režimoch: v noci medzi 3:00 hod. – 4:00 hod. a cez deň v medzi 14:00 hod. – 15:00 hod. Snímkovanie musí byť v rovnomerných intervaloch, v tomto prípade v troj- alebo štvordňových intervaloch. Výstupom snímkovania je videozáznam v kvalite MP4 prevoditeľný na digitálne fotografie. Monitorovaná plocha dosahuje bez prekrytí 220 500 m². Odhad trvania prezretia záznamu zo snímkovania je cca 2 pracovné hodiny. V závislosti od zistených skutočností je potrebné vypracovať záznam o poruchách a tieto zaznačiť v informačnom systéme letiska. Časová náročnosť týchto úkonov závisí v prvom rade od stavebnotechnického stavu vozovky RWY – v prípade, ak je opotrebovaná, možno očakávať väčší počet porúch, a teda nutnosť vytvárať väčší počet záznamov.

11.3.2 Porovnanie navrhovanej metódy snímkovania s používanou metódou

Parametre	Dron	Motorové vozidlo
Šírka efektívneho záberu	16 m	35 m
Šírka RWY	63 m	63 m
Počet preletov/počet prejazdov	4	2
Rýchlosť preletu/ prejazdu	40 km/h	40 km/h
Počet nabití akumulátora	0,5 (4x 3,5 km, 21 min)	-
Spotreba vozidla	0,978 kWh/ 100 km	23,3 kWh/100 km
Elektrina na jedno snímkovanie	0,13692 kWh	1,631 kWh
Trvanie snímkovania	21 min	10 min
Počet osôb obsluhy	1	1

Hodinová mzdové náklady obsluhy	334 Kč	334 Kč
Mzdové náklady na 1 snímkovanie	117 Kč	56 Kč
Obstarávacie náklady	592 025 Kč	1 550 000 Kč

Tab. 17 Porovnanie ekonomických parametrov snímkovania [42][48][49]

Obstarávacía cena uvažovanej súpravy dronu a termokamery je cca 600 000 Kč [42]. Obstarávacía cena vozidla Volvo V60 používaného na letisku LKMT je 1 550 000 Kč a obstarávacía cena laserového senzoru 3D- LiDAR senzor LD-MRS 4-Layer je 300 000 Kč [48][50]. Z uvedeného vyplýva, že obstaranie súpravy s dronom je nákladovo podstatne efektívnejšie. Prevádzkové náklady na energie pri samotnom snímkovaní oboma spôsobmi sú zanedbateľné; to isté platí o priamych mzdových nákladoch na snímkovanie. K nákladom na obstaranie motorového vozidla s laserovým senzorom je potrebné pripočítať aj bežné servisné náklady, ktoré v prípade dronu odpadajú. T.j. z pohľadu nákladov je využitie technológie s dronom celkovo ekonomicky výhodnejšie. Výhodou snímkovania dronom je aj to, že snímacie zariadenie môže opustiť RWY rádovo v sekundách, na rozdiel od vozidla, ktorému to trvá niekoľko minút. Toto predstavuje značnú bezpečnostnú výhodu v prospech snímkovania dronom. S rozvíjajúcou sa technológiou umelej inteligencie možno očakávať, že v budúcnosti budú záznamy zo snímkovania spracovávané takmer úplne automatizovaným spôsobom.

Záver

V úvode práce boli v krátkosti predstavené jednotlivé prevádzkové plochy vyskytujúce sa na letisku. Povrchy vozoviek, ktoré sa používajú na prevádzkové plochy sú podobné ako pri cestách alebo diaľniciach. Avšak pri letiskových vozovkách je veľmi dôležité brať do úvahy niekoľko špecifických faktorov, ktoré výrazne ovplyvňujú povrch vozovky. Tieto vozovky sú vystavené omnoho väčšiemu dopravnému zaťaženiu, a preto výber správneho a kvalitného materiálu je jednou z hlavných priorít. Letiskové vozovky delíme do dvoch skupín a to tuhé spevnené vozovky a pružné spevnené vozovky. Hlavným materiálom tuhých vozoviek je portlandský cementový betón (PCC), ktorý má vysoký stupeň tuhosti a využívaný predovšetkým na vzletových a pristávacích dráhach. Pružné spevnené vozovky pozostávajú zo zmesi vybraných agregátov, kde hlavnou zložkou je horúca asfaltová zmes označovaná ako HMA. Počas životnosti vozoviek sa vyskytujú rôzne typy porúch, ktoré môžu byť ovplyvnené špecifickými faktormi, ale taktiež environmentálnymi faktormi ako je teplota, vlhkosť a pôsobenie mrazu. Klasifikácia letiskových vozoviek vychádza t.č. z ich únosnosti. Od roku 2024 bude vychádzať z metódy hodnotenia vozoviek a lietadla ACR-PCR. Táto metóda nebude mať žiadny vplyv na prevádzku a nebude potrebné aplikovať žiadne špeciálne nové postupy pri údržbe a kontrolách pohybových plôch.

Aby letiská dokázali predchádzať poruchám a rýchlo ich lokalizovať, je potrebné mať vypracovaný program monitorovania a kontrol pohybových plôch. PMP je program zameraný na správu vozoviek. Prvoradým cieľom okrem monitorovania a zberu údajov je predikcia a predlžovanie životnosti vozoviek. Medzi hlavné kontroly patria vizuálne, ktoré prebiehajú viackrát denne podľa prevádzky na letisku, cca každých 6 hodín. V období tropických teplôt alebo na základe upozornenia od pilotov sa vykonávajú mimoriadne kontroly. Bezpečnosť na letisku je prioritou, preto objavené FOD alebo iné prekážky musia byť urýchlene odstránené, aby nedošlo k nebezpečenstvu vzniku ohrozenia alebo nehody. Existujú ďalšie systémy monitorovania ako sú senzory, vozidlo s laserovým skenerom alebo panelom na zbieranie kovových predmetov z pohybových plôch.

Súčasťou práce je taktiež porovnanie programov údržby a monitorovania na LKPR a LKMT. Jednotlivé postupy a metódy sa veľmi nelíšia. Každé z letísk má program prispôbosený podľa prevádzky a najmä dostupného vybavenia určeného na monitorovanie a údržbu vozoviek. Stav vozoviek musí byť zaznamenávaný a aktualizovaný. Obe porovnávané letiská majú systém na zaznamenávanie porúch a určenie presného postupu opravy. Počas zimnej prevádzky musí byť vypracovaný špeciálny zimný plán údržby a monitorovania. Súčasťou monitorovania stavu vozoviek je aj meranie hĺbky textúry a koeficientu trenia, ktoré sa vykonávajú podľa stanovených požiadaviek. V neposlednom rade je potrebná aj údržba nespevnených plôch, aby bola zabezpečená bezpečnosť prevádzky na danom letisku.

Posledným cieľom diplomovej práce bol návrh optimálneho systému kontroly a údržby s ohľadom na konkrétne prevádzkové podmienky. Systém kontrol a údržby bol rozdelený do dvoch základných častí. Prvou časťou sú rutinné kontroly a monitorovanie, ktoré sú vykonávané v kratších časových intervaloch. Do tohto typu kontrol a monitorovania boli vybrané dve najefektívnejšie zariadenia, ktoré dokážu zachytávať a predikovať zmeny stavu



povrchu na danom letisku. Konkrétne vozidlo vybavené laserovým skenerom od spoločnosti SICK a dron s termokamerou od výrobcu DJI. Tieto zariadenia dokážu snímať plochy a zachytávať zmeny stavu, počas rutínnej kontroly. Druhou časťou tohto návrhu boli štruktúrálné hĺbkové kontroly, ktoré si vyžadujú pri použití vybraných zariadení obmedzenie prevádzky na letisku na dlhšiu dobu. Intenzita týchto hĺbkových kontrol je nižšia ako pri rutinných kontrolách. Jedným z osvedčených a zároveň vybraných zariadení je rázové zariadenie FWD (deflektometer), ktoré sa používa na meranie priehybu vozoviek a hodnotenia únosnosti. V kombinácii s týmto zariadením bol do návrhu zahrnutý aj georadar slúžiaci k zisťovaniu hrúbok konštrukčných vrstiev. Samotná kapitola je zameraná len na návrh optimálneho systému kontroly. V závere bol modelovaný spôsob monitorovania prostredníctvom pokročilej termografickej technológie a dronu na konkrétnej RWY letiska OSR. V každom prípade, dôležitým krokom pred výberom správneho zariadenia pre konkrétne prevádzkové plochy je analýza a zhodnotenie stavu vozoviek a stanovenie cieľov, ktoré majú byť dosiahnuté.



ZOZNAM POUŽITÉJ LITERATURY

- [1] KAUN, Miroslav. *Letiště: navrhování*. Praha: České vysoké učení technické, 1996. ISBN 80-01-01449-5.
- [2] *Runway Stripes And Markings, Explained*. [online]. 2022 [cit. 2023-05-18]. Dostupné z: <https://www.boldmethod.com/learn-to-fly/regulations/runway-markings-and-spacing-fly-better-patterns-to-landing-explained/>
- [3] *Stopway* [online]. c2021-2023 [cit. 2023-05-18]. Dostupné z: <https://www.boldmethod.com/learn-to-fly/regulations/runway-markings-and-spacing-fly-better-patterns-to-landing-explained/>
- [4] *What is the difference between clearway and stopway?* [online]. 2016 [cit. 2023-05-19]. Dostupné z: <https://aviation.stackexchange.com/questions/31369/why-is-clearway-minus-stopway-used-in-v1-adjustments>
- [5] *Cathay Pacific Airbus A330 and Singapore Airlines Boeing 777 at Sydney International Airport in Australia. Airport operations in runway and taxiway*. [online]. [cit. 2023-05-19]. Dostupné z: https://stock.adobe.com/at/search/images?k=taxiway&asset_id=434016369
- [6] *Odbavovací plocha (apron) Letiska M. R. Štefánika v Bratislave* [online]. 2021 [cit. 2023-05-18]. Dostupné z: <https://www.asb.sk/stavebnictvo/inzinierske-stavby/doprava/na-letisku-m-r-stefanika-v-bratislave-rekonstruovali-cast-vozovky-aky-bol-postup>
- [7] Chapter 7 - Pavement maintenance. In: *Louisiana Airport Managers Handbook*. USA, 2007, 7.1-7.20. Dostupné také z: http://www.dotd.la.gov/Inside_LaDOTD/Divisions/Multimodal/Aviation/Airport_System_Plan/Chapt_07%20Pavement%20Maintenance.pdf
- [8] *AC No: 150/5380-6C: Guidelines and Procedures for Maintenance of Airport Pavements*. USA: FAA, 2014. Dostupné také z: https://www.faa.gov/regulations_policies/advisory_circulars/index.cfm/go/document.information/documentID/1026067
- [9] *Airport manager's guide for the maintenance of asphalt pavements of general aviation: technical report*. USA: University of Alaska - Fairbanks, 2009. Dostupné také z: <https://dot.ca.gov/-/media/dot-media/programs/research-innovation-system-information/documents/f0017126-ca08-0564.pdf>
- [10] *File guide for the airport pavement maintenance recommendation tool for ACRP Report 159*. Washington DC, 2017. ISBN 978-0-309-37569-6. Dostupné také z: https://onlinepubs.trb.org/onlinepubs/acrp/acrp_rpt_159_FieldGuide.pdf
- [11] Types of Failures in Rigid Pavements. *The Constructor* [online]. c2009-2021 [cit. 2023-05-19]. Dostupné z: <https://theconstructor.org/transportation/types-failures-in-rigid-pavements-causes-repair/16105/>
- [12] Understanding asphalt pavement distresses – five distresses explained. *Asphalt magazine* [online]. [cit. 2023-05-19]. Dostupné z: <http://asphaltmagazine.com/understanding-asphalt-pavement-distresses-five-distresses-explained/>

- [13] *CS-ADR-DSN: Certification Specifications and Guidance material for Aerodrome Design*. Issue 5. EASA, 2021.
- [14] Pavement Interactive - Design. *Pavement Interactive* [online]. [cit. 2023-05-19]. Dostupné z: <https://pavementinteractive.org/reference-desk/design/>
- [15] *Factors Affecting the Performance of Pavement Preservation Treatments* [online]. ICMPA9, 2015, 1-14 [cit. 2023-05-19]. Dostupné z: <https://vtechworks.lib.vt.edu/bitstream/handle/10919/56449/ICMPA9-000121.PDF?isAllowed=y&sequence=2>
- [16] Factors affecting pavement design. *Transportation Systems Engineering* [online]. 2009 [cit. 2023-05-19]. Dostupné z: https://www.civil.iitb.ac.in/tvm/1100_LnTse/402_LnTse/plain/plain.html
- [17] *L14 - Letiště* [online]. MD ČR - Úřad pro civilní letectví, 641/2009-220-SP/4 [cit. 2023-05-19]. Dostupné z: https://aim.rlp.cz/predpisy/predpisy/dokumenty/L/L-14/data/print/L-14_cely.pdf
- [18] *New method to report pavement strength (ACR-PCR)* [online]. European Aviation Safety Agency - EASA, 2022 [cit. 2023-05-19]. Dostupné z: <https://www.easa.europa.eu/en/downloads/137133/en>
- [19] P. SINGH, Vijay, Pratap SINGH a Umesh K. HARITASHYA. *Encyclopedia of Snow, Ice and Glaciers*. Springer Dordrecht, 2011. ISBN 978-90-481-2641-5. Dostupné z: doi:<https://doi.org/10.1007/978-90-481-2642-2>
- [20] *Airport services manual - Doc 9137: Part 2 - Pavement Surface Conditions* [online]. Fourth edition. USA: ICAO, 2002 [cit. 2023-05-18]. Dostupné z: https://www.bazl.admin.ch/dam/bazl/it/dokumente/Fachleute/Flugplaetze/ICAO/icao_doc_9137_airportsevicesmanual-part2.pdf.download.pdf/icao_doc_9137_airportsevicesmanual-part2.pdf
- [21] *AC No: 150/5380-7B: Airport Pavement Management Program (PMP)*. USA: FAA, 2014. Dostupné také z: https://www.faa.gov/airports/resources/advisory_circulars/index.cfm/go/document.current/documentNumber/150_5380-7
- [22] *Airport pavement maintenance management systems: Summary report*. Australia: Airplane Planning, 1998. Dostupné také z: <https://www2.apwa.net/Documents/Organization/2672r06.pdf>
- [23] *Airport services manual - Doc 9137: Part 9 - Airport Maintenance practices*. USA: ICAO, 1984. ISBN 92-9194-157-3.
- [24] *Smart airport pavement instrumentation and health monitoring* [online]. In: . USA: FAA, 2014, s. 1-12 [cit. 2023-05-19]. Dostupné z: <https://www.airporttech.tc.faa.gov/Products/Airport-Safety-Papers-Publications/Airport-Safety-Detail/smart-airport-pavement-instrumentation-and-health-monitoring>
- [25] DI MASCIIO, Paola, Antonella RAGNOLI, Silvia PORTAS a Marco SANTONI. Monitor Activity for the Implementation of a Pavement—Management System at Cagliari Airport. *Sustainability*. 2021, **13**(17). ISSN 2071-1050. Dostupné z: doi:10.3390/su13179837



- [26] AC 150/5320-17: *Airfield Pavement Surface Evaluation and Rating Manuals. (Part 3) - Appendix 2: Concrete Airfield Pavements*. USA: FAA, 2004. Dostupné také z: https://www.faa.gov/documentLibrary/media/advisory_circular/150-5320-17/150_5320_17_part3.pdf
- [27] AC 150/5320-17: *Airfield Pavement Surface Evaluation and Rating Manuals. (Part 2) - Appendix 1: Asphalt Airfield Pavements*. USA: FAA, 2004. Dostupné také z: https://www.faa.gov/documentLibrary/media/advisory_circular/150-5320-17/150_5320_17_part2.pdf
- [28] Nabídka produktů. *FREKO: Produktové listy. Letiště* [online]. FREKO [cit. 2023-05-19]. Dostupné z: <https://www.freko.cz/soubory/dokumenty/2-freko-letiste-2016-03.pdf>
- [29] AC 150/5320-6E - *Airport Pavement Design and Evaluation: CHAPTER 4. AIRPORT PAVEMENT OVERLAYS AND RECONSTRUCTION*. USA: FAA, 2009. Dostupné také z: https://www.faa.gov/regulations_policies/advisory_circulars/index.cfm/go/document.information/documentID/99762
- [30] Airfield rubber removal. In: *Wikipedia* [online]. 2021 [cit. 2023-05-19]. Dostupné z: https://en.wikipedia.org/wiki/Airfield_rubber_removal
- [31] *Procedures for Air Navigation Services - Doc 9981: Aerodromes*. Third edition. Montreal: International Civil Aviation Organization, 2020. ISBN 978-92-9258-964-6.
- [32] Airport runway sweeper. In: *Aero Expo* [online]. c2023 [cit. 2023-05-19]. Dostupné z: <https://www.aeroexpo.online/prod/sib/product-168953-59881.html>
- [33] *Manuel de conception des aérodromes - Doc 9157: Partie 3 - Chaussées*. Troisième édition. Montreal: Organisation de l'aviation civile internationale, 2022. ISBN 978-92-9265-997-4.
- [34] *Kontrola pohybových ploch a překážkových rovin: LO-VN-028-07*. Verze: 9.0. Ostrava: Ostava airport, 2022.
- [35] *Údržba infrastruktury: LO-SM-016-08*. Verze: 9.0. Ostrava: Ostava airport, 2021.
- [36] *Výkon služby Řízení provozu ploch - postup: LP-PP-011G/2009*. Praha: Letiště Praha, 2023.
- [37] *Posouzení a hlášení stavu povrchu dráhy a pohybové plochy, měření charakteristik tření dráhy - postup: LP-PP-019/2021*. Praha: Letiště Praha, 2021.
- [38] *Podrobná pravidelná kontrola stavebně technického stavu pohybových ploch LKPR - postup: LP-PP-010E/2010*. Praha: Letiště Praha, 2019.
- [39] 3D-LiDAR senzory: LD-MRS / LD-MRS 4-Layer UAV / Outdoor. *SICK* [online]. [cit. 2023-05-19]. Dostupné z: <https://www.sick.com/cz/cs/lidar-senzory/3d-lidar-senzory/ld-mrs/ld-mrs420201/p/p496644>
- [40] GUO, B., X. WANG a C. BAN. Thermal imaging technology for pavement maintenance and rehabilitation. *Journal of Traffic and Transportation Engineering*. 2018, 103-116.
- [41] DJI Matrice 300 RTK. *W-technika* [online]. [cit. 2023-05-19]. Dostupné z: https://www.w-technika.cz/dji-m300-rtk-dron-s-termokamerou-pro-inspekce-a-vyhledavani.html?listtype=searchfulltext&searchparamfull=DJI%20M300%20RTK%20&utm_source=google&utm_medium=ppc&utm_campaign=dji&gclid=CjwKCAjwjYKjBhB5EiwAiFdSftPGLAvQfBlm3VJULo8v37dQhh22HKS06r9fhVKmnPBW8tknYZpiZBoCtpcQAvD_BwE



- [42] DJI Matrice 300 RTK + DJI Zenmuse H20T. *DRONE REPUBLIC* [online]. [cit. 2023-05-19]. Dostupné z: <https://www.dronerepublic.sk/dji-matrice-300-rtk-dji-zenmuse-h20t/>
- [43] STRYK, Josef, Ilja BŘEZINA, Radek MATULA, Jiří GROŠEK a Michal JANKŮ. *Hodnocení stavu vozovek kombinací rázového zařízení FWD a georadaru: certifikovaná metodika*. Brno: Centrum dopravního výzkumu, 2019. Metodika (Centrum dopravního výzkumu). ISBN 978-80-88074-31-1.
- [44] Zenmuse H20T. *DJI store* [online]. c2023 [cit. 2023-05-23]. Dostupné z: <https://store.dji.com/sk/product/zenmuse-h20t-and-dji-care-plus?from=store-nav&vid=111321>
- [45] Zenmuse H20 Series. *DJI ENTERPRISE* [online]. c2023 [cit. 2023-05-23]. Dostupné z: <https://enterprise.dji.com/zenmuse-h20-series/specs>
- [46] Technical Characteristics. *Leoš Janáček Ostrava airport* [online]. [cit. 2023-05-23]. Dostupné z: <https://www.airport-ostrava.cz/p/technical-characteristics-2>
- [47] DJI Matrice 300 - TB60 Intelligent Flight Battery. *Xtreme* [online]. [cit. 2023-05-23]. Dostupné z: https://www.xtreme.sk/dji-matrice-300-tb60-intelligent-flight-battery_z3606/
- [48] V60 Recharge údaje o výkonu. *Volvocars* [online]. [cit. 2023-05-24]. Dostupné z: <https://www.volvocars.com/cz/cars/v60-hybrid/specification/>
- [49] Mzdy a náklady práce. *Český statistický úřad* [online]. [cit. 2023-05-24]. Dostupné z: https://www.czso.cz/csu/czso/prace_a_mzdy_prace
- [50] SICK 1085081. *Doig Corporation* [online]. [cit. 2023-05-24]. Dostupné z: <https://www.doigcorp.com/1085081-SICK-LD-MRS420201S01>



ZOZNAM POUŽITÝCH SKRATIEK

ACN	Aircraft Classification Number – Klasifikačné číslo lietadla
ACR	Aircraft Classification Rating – Klasifikačné hodnotenie lietadla
AIMS	Airport Infrastructure Management System
ASTM	American Society for Testing and Materials
ATS	Air Traffic Services – Letecké prevádzkové služby
B/A	Braking action – brzdne účinky
FOD	Foreign Object Debris – cudzie predmety
FWD	Falling Weight Deflectometer – rázové zariadenie deflektometer
HD	High definition – vysoké rozlíšenie
HMA	Hot mix asphalt – horúca zmes asfaltu
HZS	Hasičská záchranná služba
IATA	International Air Transport Association – Medzinárodné združenie leteckých dopravcov
ICAO	International Civil Aviation Organization – Medzinárodná organizácia civilného letectva
LKMT	ICAO kód – Letisko Ostrava Mošnov
LKPR	ICAO kód – Letisko Praha Ruzyně
LSV	Laser scanner vehicle – vozidlo s laserovým skenerom
LVO	Low visibility operations – prevádzka pri nízkej dohľadnosti
MEMS	Microelectromechanical sensors – mikroelektromechanické senzory
NOTAM	Notice to Airmen – (doslovne: „poznámka pre letcov“) Oznámenie prevádzkových zmien pilotom
PCC	Portland cement concrete – portlandský cementový betón
PCI	Pavement Condition Index – Index stavu povrchu
PCN	Pavement Classification Number – Klasifikačné číslo vozovky
PCR	Pavement Classification Rating – Klasifikačné hodnotenie vozovky
PMP	Pavement management program
PMS	Pavement management system
RCAM	Runway Condition Assessment Matrix – Matica hodnotenia stavu dráhy
RCR	Runway Condition Report – Hlásenie o stave povrchu dráhy
RWY	Runway – dráha
RWYCC	Runway Condition Code – Kód stavu dráhy
ŘLP	Riadenie letovej prevádzky ČR
SFT	Surface Friction Tester – zariadenie na meranie trenia povrchu
SNOWTAM	NOTAM zvláštni série oznamujúci stanovenou formou nebezpečné podmienky na pohybové ploše spôsobené sněhem, ledem, tajícím sněhem nebo stojící vodou
SZZ	Svetelné zabezpečovacie zariadenie
TWR	Tower – letisková riadiaca veža (pracovisko ŘLP)
TWY	Taxiway – pojazďová dráha
ÚCL	Úrad civilného letectva ČR



ZOZNAM OBRÁZKOV

Obr. 1 Dráha - RWY	12
Obr. 2 Dojazdov dráha	13
Obr. 3 Predpolie	14
Obr. 4 Pojazdov dráhy	14
Obr. 5 Odbavovacie plochy	15
Obr. 6 Štruktúra tuhej spevnenej vozovky	16
Obr. 7 Štruktúra pružnej spevnenej vozovky	17
Obr. 8 Pozdĺžne trhliny na asfaltových vozovkách	20
Obr. 9 Priečne trhliny na asfaltových vozovkách	20
Obr. 10 Blokov trhliny na asfaltových vozovkách	20
Obr. 11 Pozdĺžne a priečne trhliny na betónových vozovkách	21
Obr. 12 Rohov zlomy na betónových vozovkách	21
Obr. 13 Rozvinutie na asfaltových vozovkách	22
Obr. 14 Zvetrávanie asfaltových vozoviek	22
Obr. 15 Odlupovanie spojov a rohov na betónových vozovkách	23
Obr. 16 Záplaty na betónových vozovkách	24
Obr. 17 Usadenie na betónových vozovkách	25
Obr. 18 Poškodenie tesnosti spojov u betónových vozoviek	26
Obr. 19 Typický životný cyklus vozovky	35
Obr. 20 Vozidlo s LSV systémom	37
Obr. 21 Typy prekrytia vozoviek	45
Obr. 22 Zariadenie a výsledok po odstrnen gummy	46
Obr. 23 Zariadenie na zbieranie kovových nečistôt	48
Obr. 24 Profil maximálnej výšky snehovej pokrývky	50
Obr. 25 Faktory ovplyvňujúce snímače stavu dráhy	55
Obr. 26 Zobrazovacie rozhranie databázy porúch jednotlivých panelov RWY	58
Obr. 27 Logick schémy systému	60
Obr. 28 Schéma pokrytia RWY podľa tretín	62
Obr. 29 Pracovn oblasť laserového skeneru	67
Obr. 30 Dron DJI 300 RTK v kombinácii s termokamerou DJI Zenmuse H20T	69
Obr. 31 Rzov zariadenie FWD	70
Obr. 32 Vozidlo s georadarom	71



ZOZNAM TABULIEK

Tab. 1 Kódové značenie systému ACN-PCN	30
Tab. 2 Kódové značenie systému ACR-PCR	31
Tab. 3 Zmeny v kategórii únosnosti podložia ACR/ACN	32
Tab. 4 Zmeny v kategórii únosnosti podložia PCR/PCN	32
Tab. 5 Systém hodnotenia stavu PCC vozoviek	38
Tab. 6 Systém hodnotenia stavu asfaltových vozoviek	38
Tab. 7 Rýchly návod na údržbu a opravu bežných porúch s tuhým povrchom vozovky	40
Tab. 8 Rýchly návod na údržbu a opravu bežných porúch s flexibilným povrchom vozovky	43
Tab. 9 Frekvencia kontrol počas tropických teplôt	58
Tab. 10 Minimálna frekvencia merania koeficientu trenia	59
Tab. 11 Minimálne intervaly odstraňovania kontaminácie na LKPR	64
Tab. 12 Základné parametre DJI 300 RTK	69
Tab. 13 Parametre dronu DJI Matrice 300 RTK	71
Tab. 14 Parametre termokamery DJI Zenmuse H20T.....	71
Tab. 15 Rozmery snímanej plochy – RWY 04/22	71
Tab. 16 Navrhované parametre snímkovania	72
Tab. 17 Porovnanie ekonomických parametrov snímkovania	73



ZOZNAM PRÍLOH

Príloha . 1 – Výkaz kontroly LPP + LZZ LKMT

Datum a čas kontroly		Po 8.12.2014 21:00	
Kdo kontroloval		Provoz let - Sobek Lubor (Vedoucí provozu let)	
Odbavovací plocha central	A1	Stav vozovky	√
	A2	Ciz předmět/nečistoty	√
	A3	Znaen/značky	√
	A4	Svteln zaizen	√
Odbavovací plochy sever (N1,N2,N3,GA,Let'sFly)	A5	Stav vozovky	√
	A6	Cizí předmět/nečistoty	√
	A7	Znaen/značky	√
	A8	Svteln zaizen	√
Odbavovací plocha Jh	A9	Stav vozovky	√
	A10	Cizí předmět/nečistoty	√
	A11	Znaen/značky	√
	A12	Svteln zaizen	√
RWY 04/22	R1	Stav vozovky	√
	R2	Cizí předmět/nečistoty	√
	R3	Výskyt ptactva/zve	√
	R4	Postranní ps (asfalt)	√
	R5	Pedpo	√
	R6	Osov světla	√
	R7	Postrann drhov světla	√
	R8	Svtla dotykov zony	Nesvt 67/13 (neno kana, BD . 13933)
	R9	PALS	√
	R10	SALS	√
	R11	Zbleskov řada	√
	R12	Pap	√
	R13	Prhrov světla	√
	R14	Koncov nvtdla	√
	R15	laby	√
	R16	Pekky	√
	R17	Znaen/značky	√
	R18	Ps RWY	√
Pojezdov dry	T1	Stav vozovky	√
	T2	Ciz předmět/nečistoty	√
	T3	Výskyt ptactva/zve	√
	T4	Postrann ps (asfalt)	√
	T5	Stop pky	√
	T6	Postrann světla	√
	T7	Osov světla (TWY E)	√
	T8	laby	√
	T9	Ps	√
	T10	Znaen/značky	√
	T11	Heliport	√
Leteck stavby a zaizen	F1	TAR/SSR	√
	F2	ILS/LDC	√
	F3	PAPI	√
	F4	Vtrn rukvky	√
Ostatn	O1	Obl. komunikace	√
	O2	Snowtam	√
	O3	Platnost NOTAM	√
	O4	Ochrann psma ZLT	√
Jn závada	M1	Jn závada	√

Príloha č. 2 – Posúdenie a hlásenie stavu povrchu dráhy a pohybovej plochy

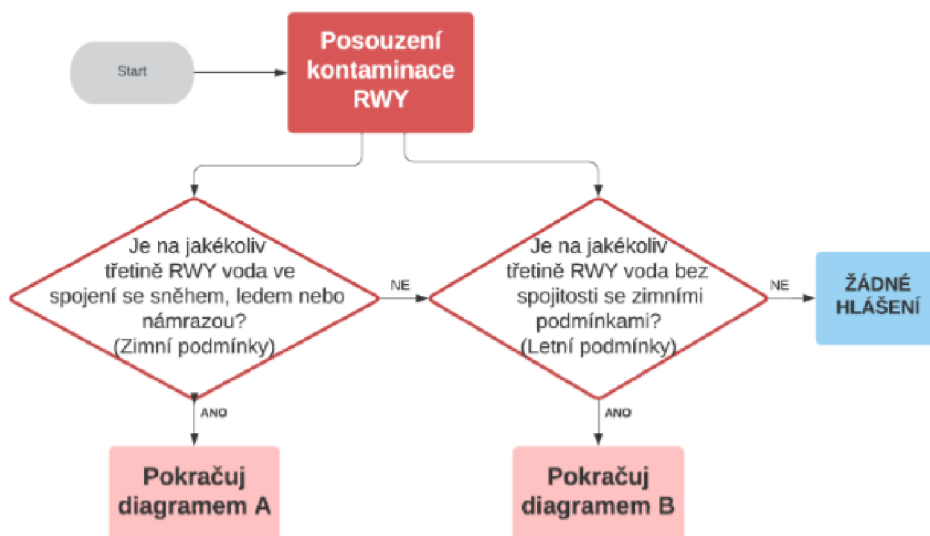


Diagram A (zimní podmínky)

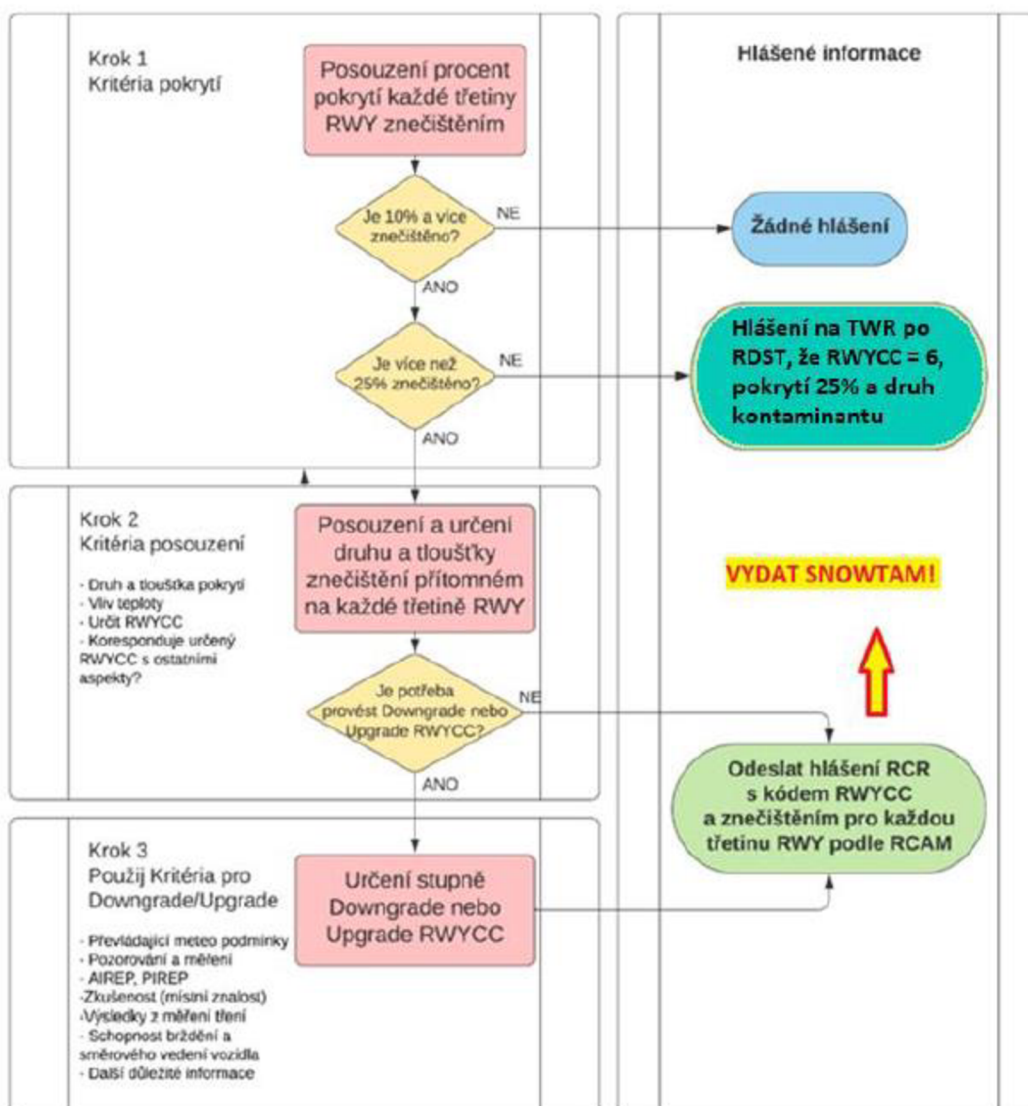


Diagram B (letní podmínky)

