ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

FAKULTA DOPRAVNÍ

Tereza Dvořáková

VLIV METEOROLOGICKÝCH PODMÍNEK NA ÚDRŽBU A PROVOZ POHYBOVÉ PLOCHY LETIŠTĚ

Bakalářská práce

2019

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE
Fakulta dopravní
děkan
Konviktská 20, 110 00 Praha 1

K621 ..... Ústav letecké dopravy

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení studenta (včetně titulů):

Tereza Dvořáková

Kód studijního programu a studijní obor studenta:

B 3710 – LED – Letecká doprava

Název tématu (česky): **Vliv meteorologických podmínek na údržbu a provoz pohybové plochy letiště**

Název tématu (anglicky): The Influence of Weather on Maintenance and Operation of Airport Movement Area

Zásady pro vypracování

Při zpracování bakalářské práce se řiďte osnovou uvedenou v následujících bodech:

- Charakteristika pohybové plochy a požadavky na její údržbu se zaměřením na Letiště Václava Havla v Praze
- Charakteristika vybraných meteorologických jevů, které mají zásadní dopad na provoz letecké dopravy
- Technika pro údržbu pohybové plochy na Letišti Václava Havla v Praze
- Údržba pohybové plochy v zimě a v létě na Letišti Václava Havla v Praze
- Návrhy na zlepšení efektivity údržby pohybové plochy na Letišti Václava Havla v Praze

Rozsah grafických prací: dle pokynů vedoucího bakalářské práce

Rozsah průvodní zprávy: minimálně 35 stran textu (včetně obrázků, grafů a tabulek, které jsou součástí průvodní zprávy)

Seznam odborné literatury: Dvořák Petr. Letecká meteorologie 2017. Cheb: Svět křídel, 2017. ISBN 978-80-7573-014-5

Voštová Věra. Stroje pro silniční práce. Praha: Vydavatelství ČVUT, 1998. ISBN 80-01-01858-X

Vedoucí bakalářské práce: **Mgr. Iveta Kameníková**

Datum zadání bakalářské práce: **19. října 2018**
(datum prvního zadání této práce, které musí být nejpozději 10 měsíců před datem prvního předpokládaného odevzdání této práce vyplývajícího ze standardní doby studia)

Datum odevzdání bakalářské práce: **26. srpna 2019**
a) datum prvního předpokládaného odevzdání práce vyplývající ze standardní doby studia a z doporučeného časového plánu studia
b) v případě odkladu odevzdání práce následující datum odevzdání práce vyplývající z doporučeného časového plánu studia

L.S.

doc. Ing. Jakub Kraus, Ph.D.
vedoucí
Ústavu letecké dopravy

doc. Ing. Pavel Hrubeš, Ph.D.
děkan fakulty

Potvrzuji převzetí zadání bakalářské práce.

Tereza Dvořáková
jméno a podpis studenta

V Praze dne..... 19. října 2018

Prohlášení

Předkládám tímto k posouzení a obhajobě bakalářskou práci, zpracovanou na závěr studia na ČVUT v Praze Fakultě dopravní.

Prohlašuji, že jsem předloženou práci vypracovala samostatně, a že jsem uvedla veškeré použité informační zdroje v souladu s Metodickým pokynem o dodržování etických principů při přípravě vysokoškolských závěrečných prací.

Nemám závažný důvod proti užívání tohoto školního díla ve smyslu § 60 Zákona č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským, a o změně některých zákonů (autorský zákon).

V Praze dne 26. srpna 2019 .....

podpis

Poděkování

Velké poděkování patří vedoucí mé bakalářské práce paní Mgr. Ivetě Kameníkové za odborné vedení a cenné rady, které mi poskytovala během konzultací.

Dále bych chtěla poděkovat paní prof. Věře Voštové za poskytnuté odborné materiály k problematice letištních ploch a konzultace k problematice strojů pro údržbu pohybové plochy.

Za technické konzultace, poskytnutí prohlídky garáží strojů pro zimní údržbu na pražském letišti a odborný výklad patří mé poděkování též panu Ing. Pavlovi Rejlkovi z organizační jednotky Údržba ploch na Letišti Václava Havla v Praze.

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

FAKULTA DOPRAVNÍ

VLIV METEOROLOGICKÝCH PODMÍNEK NA ÚDRŽBU A PROVOZ POHYBOVÉ PLOCHY LETIŠTĚ

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

2019

Tereza Dvořáková

ABSTRAKT

Předmětem této bakalářské práce je návrh a doporučení nejvhodnějších modelů strojů pro zimní údržbu pohybové plochy na Letišti Václava Havla v Praze s cílem maximálně zefektivnit údržbové práce. Výběr strojů vychází z reálné poptávky pražského letiště po nových vozech zimní údržby. Porovnání technických parametrů vozů předcházel průzkum a analýza trhu s vozy pro zimní údržbu. Doporučení konkrétních strojů je rozděleno do čtyř kategorií dle typů vozidel, které pražské letiště poptává. Dále je práce zaměřena na vývoj autonomních vozidel určených pro zimní údržbu letištní plochy a možnosti jejich nasazení v reálném provozu. Část bakalářské práce je věnována vlivu meteorologických jevů na údržbu pohybové plochy a také konkrétním postupům zimní a letní údržby na Letišti Václava Havla v Praze.

Klíčová slova:

autonomní vozy, letiště, meteorologie, stroje pro zimní údržbu pohybové plochy, údržba pohybové plochy

CZECH TECHNICAL UNIVERSITY IN PRAGUE

FACULTY OF TRANSPORTATION SCIENCES

THE INFLUENCE OF WEATHER ON MAINTENANCE AND OPERATION OF AIRPORT MOVEMENT AREA

BACHELOR THESIS

2019

Tereza Dvořáková

ABSTRACT

The subject of this bachelor thesis is a recommendation for the most suitable winter maintenance machine models for the Václav Havel Airport Prague with the aim to maximize the efficiency of maintenance works. The choice of the machines is based on the true demand of Prague Airport. The comparison of technical parameters of the machines was preceded by an analysis of the market with airport winter maintenance mechanization. The recommendation of concrete vehicles is divided into four categories according to the types of machines that Prague Airport is looking for. This thesis is also focused on the development of autonomous vehicles designed for winter maintenance of the airport movement area and the possibility of utilization of autonomous machines in the real operation. Another part of this thesis is dedicated to the influence of meteorological conditions on the maintenance of the airport movement area. Also included is a description of concrete winter and summer movement area maintenance procedures used at the Václav Havel Airport Prague.

Key words:

airport, autonomous vehicles, maintenance of the airport movement area, meteorology, winter maintenance machines

Obsah

Seznam zkratek **8**

1. Úvod **10**

2. Letecká legislativa **11**

3. Nejdůležitější meteorologické podmínky ovlivňující údržbu pohybové plochy **12**

4. Letiště Václava Havla v Praze **14**

4.1 Základní informace o letišti 14

4.2 Klimatické podmínky na letišti 15

5. Autonomní vozidla **18**

5.1 Charakteristika autonomních vozidel a klasifikace stupňů autonomie řízení 18

5.2 Historie vývoje autonomních vozidel 20

5.3 Technický základ autonomních vozidel 24

5.4 Platooning 25

5.5 Autonomní stroje na Letišti Václava Havla v Praze 28

5.6 Autonomní vozidla pro zimní údržbu pohybové plochy letišť 29

5.6.1 Projekt Yeti Snow Technology 29

5.6.2 Projekt Mercedes-Benz 30

6. Letní údržba na Letišti Václava Havla v Praze **32**

6.1 Charakteristika letní údržby 32

7. Zimní údržba na Letišti Václava Havla v Praze **32**

7.1 Charakteristika zimní údržby 32

7.2 Postupy pro odstraňování sněhu a námrazových jevů z pohybové plochy 33

7.3 Kalamitní situace 35

7.4 Pohyb mobilních mechanizačních prostředků na pohybových plochách 36

7.5 Stanovení odhadovaného povrchového tření ESF a SNOWTAM 36

8. Předpověď Letecké meteorologické stanice ČHMÚ **37**

9. Návrh obnovy techniky pro údržbu pohybové plochy na Letišti Václava Havla **37**

9.1 Současný a plánovaný stav techniky pro zimní údržbu pohybové plochy 38

9.2 Kompaktní zametače ofukovače ... 39
9.2.1 Aebi Schmidt CJS ... 40
9.2.2 Vammas CSB3600 ... 41
9.2.3 Øveraasen RSC 250 ... 42
9.2.4 Zaugg P21 C ... 43
9.2.5 Doporučení nejvhodnějšího modelu kompaktního zametače ofukovače ... 43
9.3 Širokozáběrové zametače ofukovače ... 45
9.3.1 Boschung Jetbroom 9000A ... 45
9.3.2 Aebi Schmidt TJS/TJS-C ... 46
9.3.3 Øveraasen RSC 400 ... 47
9.3.4 Zaugg P21 CS ... 47
9.3.5 Možnosti využití autonomních širokozáběrových zametačů ofukovačů ... 48
9.3.6 Doporučení nejvhodnějšího modelu širokozáběrového zametače ofukovače ... 49
9.4 Letištní postřikovač ... 50
9.4.1 Boschung SDA M2 ... 51
9.4.2 Giletta CLA-BU ... 52
9.4.3 Aebi Schmidt ASP24 ... 52
9.4.4 Doporučení nejvhodnějšího modelu letištního postřikovače ... 53
9.5 Vysokokapacitní frézy ... 54
10. Závěr ... 54
11. Seznam obrázků ... 57
12. Seznam tabulek ... 58
13. Použité zdroje ... 59

Seznam zkratek

Zkratka	Anglicky	Česky
APRON		Odbavovací plocha
AWG	Apron Working Group	
ČHMÚ		Český hydrometeorologický ústav
DARPA	Defense Advanced Research Projects Agency	
ESF	Estimated Surface Friction	Odhadované povrchové tření
FHWA	The Federal Highway Administration	
FOD	Foreign Object Damage	Poškození cizím předmětem
GM	General Motors	
GPS	Global Positioning System	
GWG	Gate Working Group	
HZS		Hasičský záchranný sbor
ICAO	International Civil Aviation Organization	Mezinárodní organizace pro civilní letectví
LANDSIDE		Veřejná část letiště
LiDAR	Light Detection And Ranging	
LIS		Letecká informační služba
LMSt		Letecká meteorologická stanice
LWG	Landside Working Group	
MMP		Mobilní mechanizační prostředek
NCAR	National Center for Atmospheric Research	Národní centrum pro výzkum atmosféry v USA
NOTAM	Notice To Airmen	
OJ		Organizační jednotka
OSN		Organizace spojených národů

Zkratka	Anglicky	Česky
PAPI	Precision Approach Path Indicator	Světelná soustava indikace sestupové roviny pro přesné přiblížení
RTI	Remote Truck Interface	
RTK	Real Time Kinematic	
RWG	Runway Working Group	
RWY	Runway	Vzletová a přistávací dráha
ŘLP		Řízení letového provozu
SALS	Simple Approach Lighting System	Jednoduchá světelná přibližovací soustava
SARTRE	Safe Road Trains for the Environment	
SRA	Security Restricted Area	Vyhrazený bezpečnostní prostor
TWR	Tower	Letištní řídicí věž
TWY	Taxiway	Pojezdová dráha
UTC	Coordinated Universal Time	Koordinovaný světový čas
V2I	Vehicle To Infrastructure	
V2V	Vehicle To Vehicle	

1. Úvod

Pro svoji bakalářskou práci jsem si zvolila téma „Vliv meteorologických podmínek na údržbu a provoz pohybové plochy letiště“. Důvodem výběru byla možnost spojení problematiky letištní techniky a současně i meteorologie. O obě tato témata se zajímám. Pro zpracování bakalářské práce byla mimo jiné výhodou také skutečnost, že bydlím nedaleko pražského letiště. Studium na Fakultě dopravní, obor Letecká doprava, jsem si vybrala především proto, že již od dětství bylo létání a návštěva letišť mým velkým koníčkem. Na letadla jsem vždy nahlížela jako na úžasné fascinující stroje.

Ve srovnání s jinými druhy dopravy je letecká doprava mnohem náchylnější na mimořádné situace. I sebemenší problém může mít fatální následky. Intenzita letecké dopravy v posledních letech prudce narůstá. Proto je nutné minimalizovat jakékoli prostoje, které vznikají v důsledku údržby pohybové plochy. Každá taková prodleva má negativní dopad na provozovatele letiště, leteckou společnost, ale také na cestující dotčených letů.

V posledních letech dochází k nestabilnímu vývoji klimatických podmínek, což ve svém důsledku ovlivňuje i údržbu letištní plochy, která tvoří základ pro zajištění provozuschopnosti letiště. Z tohoto důvodu je nutné, aby finanční prostředky, které jsou investovány do techniky zajišťující její údržbu, byly využity co nejefektivněji.

V bakalářské práci se zabývám možnostmi, jak zlepšit efektivitu údržby pohybové plochy na Letišti Václava Havla v Praze. Efektivita údržby je ovlivněna především používanými stroji a konkrétními pracovními postupy. Tato práce je zaměřena na problematiku využití strojů v závislosti na meteorologických podmínkách. Vzhledem k tomu, že Letiště Václava Havla v Praze plánuje nákup nových strojů na zimní údržbu pohybové plochy, věnuji se ve své práci analýze parametrů strojů, které by pro pořízení přicházely v úvahu, a návrhem řešení, které by nejlépe vyhovovalo jeho potřebám. V dlouhodobějším časovém horizontu se jeví jako zajímavá alternativa pro údržbu letištní plochy možnost využití autonomních širokoúhlých zametačů ofukovačů značky Mercedes-Benz.

V první kapitole bakalářské práce je uvedena legislativa, která se týká problematiky meteorologie a letišť.

Další část práce je věnována shrnutí nejvýznamnějších meteorologických jevů, které ovlivňují provoz a údržbu pohybové plochy.

Následující kapitola je zaměřena na charakteristiku Letiště Václava Havla v Praze. Je zde popsáno umístění letiště, počet odbavených pasažérů a nákladu, počet a rozmístění RWY.

Pro zajištění úklidu pohybové plochy je důležitá znalost místních klimatických podmínek a sledování meteorologických trendů, kterým je v této kapitole také věnován prostor.

Část práce je věnována popisu autonomních strojů, jejich historickému vývoji, technické charakteristice a možnostem jejich využití v praxi. Jsou zde uvedeny také nejvýznamnější firmy, které se zaměřují na vývoj autonomních vozidel určených k údržbě letištní plochy.

Další kapitola obsahuje popis konkrétních postupů letní a zimní údržby na Letišti Václava Havla v Praze. Jsou zde podrobně charakterizovány používané metody pro údržbu pohybové plochy a také limitní časy úklidových prací.

Závěrečná část práce obsahuje návrh využití autonomních strojů pro zimní údržbu pohybové plochy na pražském letišti. V počáteční fázi by se nasazení autonomních strojů na pražském letišti týkalo pouze testovacího provozu. Část poslední kapitoly je zaměřena na navržení nejvhodnějších strojů s konvenčním řízením, které by bylo možné využít v plném provozu na letišti okamžitě.

2. Letecká legislativa

Základním právním dokumentem upravujícím oblast civilního letectví je Úmluva o mezinárodním civilním letectví č. 147/1947 Sb., která byla schválena v roce 1944 během Chicagské konference. Dodnes se jedná o základní dokument mezinárodního leteckého práva. Na základě Úmluvy o mezinárodním civilním letectví byla ustanovena organizace ICAO, která je součástí OSN. Sídlo ICAO je v kanadském Montrealu.

Úmluva o mezinárodním civilním letectví obsahuje 19 Annexů, tj. příloh. Českou obdobou Annexů jsou letecké předpisy řady L, které v České republice zveřejňuje Ministerstvo dopravy prostřednictvím LISu. České znění předpisu musí v maximální možné míře odpovídat originálnímu znění Annexů. Veškeré odchylky je nutné notifikovat.

Letecký předpis L3 Meteorologie se zabývá především problematikou meteorologických pozorování a zpráv, předpovědí počasí, leteckých klimatologických informací a informací pro letové provozní služby. Dále se věnuje metodice rozšiřování meteorologických pozorování a zpráv.

Problematiky letišť se týká předpis L14. Definuje pojem letiště a specifikuje údaje o letištích, fyzikálních vlastnostech letišť, omezování a odstraňování překážek. Dále upravuje oblast vizuálních navigačních prostředků, údržby letiště a ochranných pásem leteckých staveb.

3. Nejdůležitější meteorologické podmínky ovlivňující údržbu pohybové plochy

Počasí je jedním z hlavních faktorů ovlivňujících provoz letiště. Z tohoto důvodu jsou zde popsány nejvýznamnější meteorologické jevy, které mají vliv na údržbu letištní pohybové plochy. Údržba pohybové plochy se provádí pravidelně. Pokud jsou na letišti nepříznivé meteorologické podmínky, pak je třeba jim přizpůsobit plán úklidu letištní plochy. V takovém případě se údržbové práce provádějí v závislosti na aktuální meteorologické situaci.

Pro piloty, kteří se připravují na přistání, je jednou z nejdůležitějších informací znalost brzdného účinku na RWY. Brzdný účinek ovlivňuje stavení stav RWY a povětrnostní podmínky. Z naměřených koeficientů tření na dráze se potom vypočítává výsledná hodnota brzdného účinku. Ve zprávě pro piloty je brzdný účinek vyjádřen pomocí stupnice, podle níž stupeň 1 znamená špatný účinek. Stupeň 5 indikuje dobrý brzdný účinek. Pokud jsou naměřeny nízké hodnoty, pak je třeba vyslat údržbové vozy, které dráhu upraví tak, aby brzdný účinek byl vyhovující. Existují dva typy měření třecích koeficientů. Prvním typem je provozní měření, které je prováděno v závislosti na aktuální meteorologické situaci. Kalibrační měření se realizuje ke zjištění stavu povrchu dráhy po výstavbě, stavební údržbě nebo po odgumování. Nejčastěji je měřicí vůz vysílán na provozní měření v zimním období, kdy je dráha znečištěna ledem, sněhem nebo námrazou. Měření se ale provádí i v případě, že je na dráze větší množství vody. Námraza se na dráze může vyskytnout také v podobě mrznoucí mlhy[1]. [1, 2]

V případě padajících srážek se zvyšuje odrazivost povrchu pohybové plochy a dochází ke snížení brzdných účinků. Padající srážky navíc omezují dohlednost, případně mohou vést k tvorbě námrazy na letadle. V krajním případě mohou způsobit chybné indikace přístrojů letadla. [3]

Dalším velmi významným meteorologickým jevem v letectví je dohlednost[2]. V případě snížené dohlednosti jsou na piloty, řídící letového provozu a pracovníky letiště kladeny zvýšené nároky. [2]

---

[1] *„Mrznoucí mlha je mlha tvořená přechlazenými vodními kapičkami při teplotách vzduchu často hluboko pod bodem mrazu. Typickým projevem namrzající mlhy je tvoření námrazkových jevů, někdy velmi intenzivních. V letecké meteorologii je místo mrznoucí používáno adjektivum namrzající.“* [2]

[2] *„Pro letecké účely je za dohlednost považována větší z:*

(a) největší vzdálenosti, na kterou je možné spolehlivě vidět a rozeznat na světlém pozadí černý předmět vhodných rozměrů umístěný u země,

(b) největší vzdálenosti, na kterou je možné spolehlivě rozeznat na neosvětleném pozadí světla o svítivosti přibližně 1 000 cd.“ [2]

Stav pohybové plochy musí být z provozních a bezpečnostních důvodů neustále sledován. V případě, že na dráze nastanou následující stavy nebo meteorologické jevy, musí být dráha ošetřena:

- *„Sníh, rozbředlý sníh, led nebo námraza na RWY, TWY nebo odbavovacích plochách*
- *Voda na RWY, TWY nebo odbavovacích plochách*
- *Sněhové valy nebo závěje v blízkosti RWY, TWY nebo odbavovacích ploch*
- *Chemické kapaliny pro odmrazování nebo protinámrazové ošetření, nebo jiné nečistoty na RWY, TWY nebo odbavovacích plochách“* [4]

Vyskytne-li se na RWY voda, musí být k dispozici popis podmínek na povrchu RWY pomocí následujících termínů:

- *„VLHKÁ (DAMP) – povrch vykazuje změnu barvy v důsledku vlhkosti*
- *MOKRÁ (WET) – povrch je nasycen, ale nestojí na něm voda*
- *STOJÍCÍ VODA (STANDING WATER) – pro účely výkonnosti letounů, dráha, kde je více než 25 procent plochy povrchu dráhy (ať už se jedná nebo nejedná o odloučené plochy) v rámci požadované využité délky a šířky pokryto vodou o hloubce vrstvy větší než 3 mm“* [4]

Mezi další důležité informace patří údaj, zda je RWY za mokra kluzká. O tomto parametru rozhoduje především měření třecího koeficientu.

Pokud se na RWY vyskytuje sníh, rozbředlý sníh, led nebo námraza, musí se vyhodnotit a nahlásit stav povrchu RWY. Pro zjištění stavu RWY při podezření na výskyt námrazy se používají snímače stavu povrchu RWY.

„Kdykoli se vyskytuje nebo je hlášen sníh, rozbředlý sníh, led nebo námraza, musí být pro popis stavu povrchu RWY použita následující terminologie:

- *SUCHÝ SNÍH (DRY SNOW)*
- *MOKRÝ SNÍH (WET SNOW)*
- *UJEŽDĚNÝ SNÍH (COMPACTED SNOW)*
- *MOKRÝ UJEŽDĚNÝ SNÍH (WET COMPACTED SNOW)*
- *ROZBŘEDLÝ SNÍH (SLUSH)*
- *LED (ICE)*
- *MOKRÝ LED (WET ICE)*
- *NÁMRAZA (FROST)*
- *SUCHÝ SNÍH NA LEDU (DRY SNOW ON ICE)*
- *MOKRÝ SNÍH NA LEDU (WET SNOW ON ICE)*

- *CHEMICKY OŠETŘENÁ (CHEMICALLY TREATED)*
- *POKRYTÁ PÍSKEM (SANDED)*

a popis by měl, je-li to použitelné, obsahovat zhodnocení míry znečištění.

Jestliže je na RWY suchý sníh, mokrý sníh nebo rozbředlý sníh, musí být stanovena střední hloubka vrstvy na každé třetině RWY s přesností přibližně 2 cm pro suchý sníh, 1 cm pro mokrý sníh a 0,3 cm pro rozbředlý sníh." [4]

4. Letiště Václava Havla v Praze

4.1 Základní informace o letišti

Letiště Václava Havla leží na severozápadním okraji Prahy, zhruba 15 km od centra města. Pro cestující jsou na letišti k dispozici tři terminály. Terminál 1 slouží k letům do zemí mimo schengenský prostor. Terminál 2 je určen pro lety do zemí v rámci schengenského prostoru. Terminál 3 odbavuje soukromé a charterové lety. Pro nákladní lety slouží terminály společností Skyport a Menzies Aviation Czech.

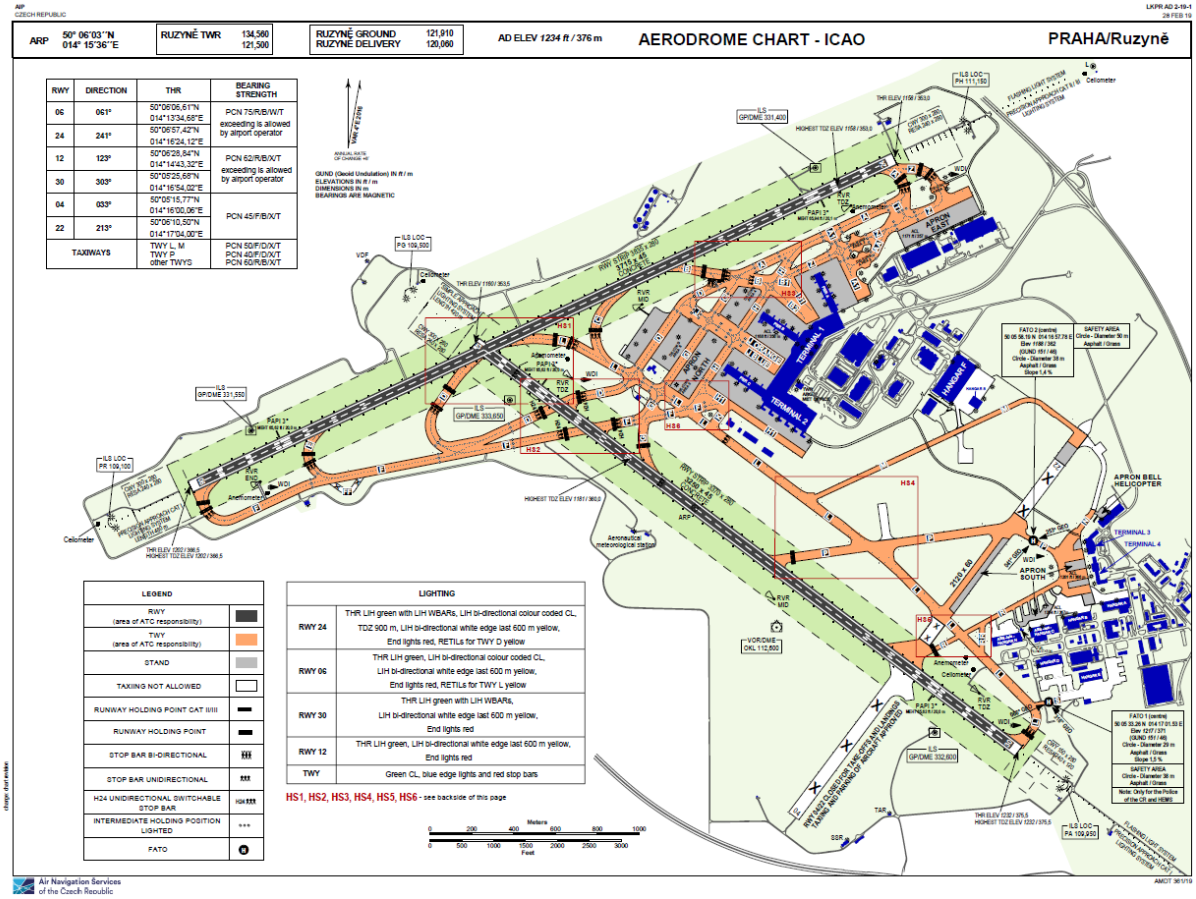
V roce 2018 pražské letiště odbavilo celkem 16 797 006 cestujících. Oproti roku 2017 se jedná o nárůst 9 %. V prvním pololetí roku 2019 prošlo Letištěm Václava Havla v Praze 7 841 865 cestujících, což ve srovnání s první polovinou roku 2018 znamená nárůst celkového počtu pasažérů o 5 % a na dálkových linkách navýšení dokonce o 10 %. V roce 2018 bylo na pražském letišti provedeno celkem 155 530 vzletů a přistání. Byl zahájen provoz několika nových linek, včetně dálkových letů do Ameriky (Philadelphia) nebo Asie (Sharjah). Na dálkových linkách cestovalo v roce 2018 o 250 000 pasažérů více než v roce 2017, jedná se tak o 24 % nárůst. [5, 6]

Nejvíce přepravených pasažérů je tradičně na linkách do Velké Británie, Itálie, Ruska a Španělska. Z destinací jsou nejoblíbenější lety z pražského letiště do Londýna, Paříže, Moskvy, Amsterdamu a Frankfurtu. Jedná se o velká letiště, kde značné množství cestujících přestupuje na další let. [5]

Letiště disponuje dvěma drahami pro vzlety a přistání letadel. Rozložení drah na letišti je znázorněno na mapě (Obrázek 1). Při západním větru, který na pražském letišti převažuje, je v provozu tzv. hlavní dráha RWY 06/24, která měří 3 715 metrů na délku a 45 metrů na šířku. Povrch hlavní dráhy je zhotoven z betonu. Sklon dráhy se pohybuje v rozmezí od 0,0 % do +- 0,8 %. Z dráhy 24 je možné provádět vzlet z křižovatky buď od TWY B nebo od TWY L. V případě dráhy 06 se vzlet z křižovatky provádí od TWY E nebo TWY D. Dráha 24 je

vybavena přibližovací světelnou soustavou PAPI, a je možné provést na tuto RWY přistání kategorie II/III. Dráha 06 je také vybavena světelnou soustavou PAPI. [7]

V případě nutnosti je provoz převeden na dráhu RWY 12/30, jejíž délka činí 3 250 metrů. Včetně zpevněných postranních pásů činí šířka těchto drah 60 metrů. Povrch dráhy 12/30 je zhotoven z betonu s výjimkou úseku mezi prahem dráhy 12 a TWY F, kde je povrch z antiskidu. Tento povrch se na beton nanáší z důvodu zlepšení protiskluzových vlastností původního asfaltového povrchu. Sklon této dráhy činí +-0,7 %. Stejně jako hlavní dráha 06/24, i vedlejší dráha 12/30 umožňuje vzlet z křižovatky. V případě dráhy 12 je možné tento manévr provést od TWY D, F nebo G. Zkrácený vzlet z dráhy 30 se provádí od TWY R nebo P. Dráha 12 je vybavena přibližovací světelnou soustavou PAPI a jednoduchou přibližovací světelnou soustavou SALS. Dráha 30 je taktéž vybavena systémem PAPI. V případě výpadku elektrické energie je přepínací čas na náhradní zdroj energie pro dráhu 12/30 15 sekund. [7]



Obrázek 1: Mapa Letiště Václava Havla v Praze [7]

4.2 Klimatické podmínky na letišti

Pražské letiště se nachází v mírném pásmu v nadmořské výšce 380 metrů. Počasí se zde pravidelně měří od 1. ledna 1946. Automatické sledování počasí bylo zahájeno 1. ledna 1996.

Dlouhodobé průměry se na letišti začaly sledovat v roce 1961. Jedno období trvá 29 let, a s předchozím obdobím se překrývá o 19 let. Mezi lety 1961 až 1990 činila průměrná roční teplota vzduchu +8,1 °C, průměrný roční srážkový úhrn 524,1 mm a průměrný roční úhrn doby trvání slunečního svitu 1703,3 hodin (Tabulka 1). [8]

Další sledované období začíná v roce 1971 a končí rokem 2000. V tomto období byla průměrná roční teplota vzduchu +8,3 °C, průměrný roční úhrn srážek 501,3 mm a průměrná roční doba slunečního svitu 1722,3 hodin. [8]

Zatím poslední sledované období začalo v roce 1981 a končí v roce 2010. Průměrná roční teplota vzduchu opět stoupla, a to na +8,6 °C, průměrný roční srážkový úhrn klesl na 500,7 mm a průměrný roční úhrn doby trvání slunečního svitu vzrostl na 1784,2 hodin. [8]

Tabulka 1: Porovnání vybraných meteorologických parametrů v jednotlivých obdobích [8]

Sledovaná charakteristika	**1961-1990**	**1971-2000**	**1981-2010**
Průměrná roční teplota vzduchu [°C]	+8,1	+8,3	+8,6
Průměrný roční srážkový úhrn [mm]	524,1	501,3	500,7
Průměrný roční úhrn doby trvání slunečního svitu [h]	1703,3	1722,3	1784,2

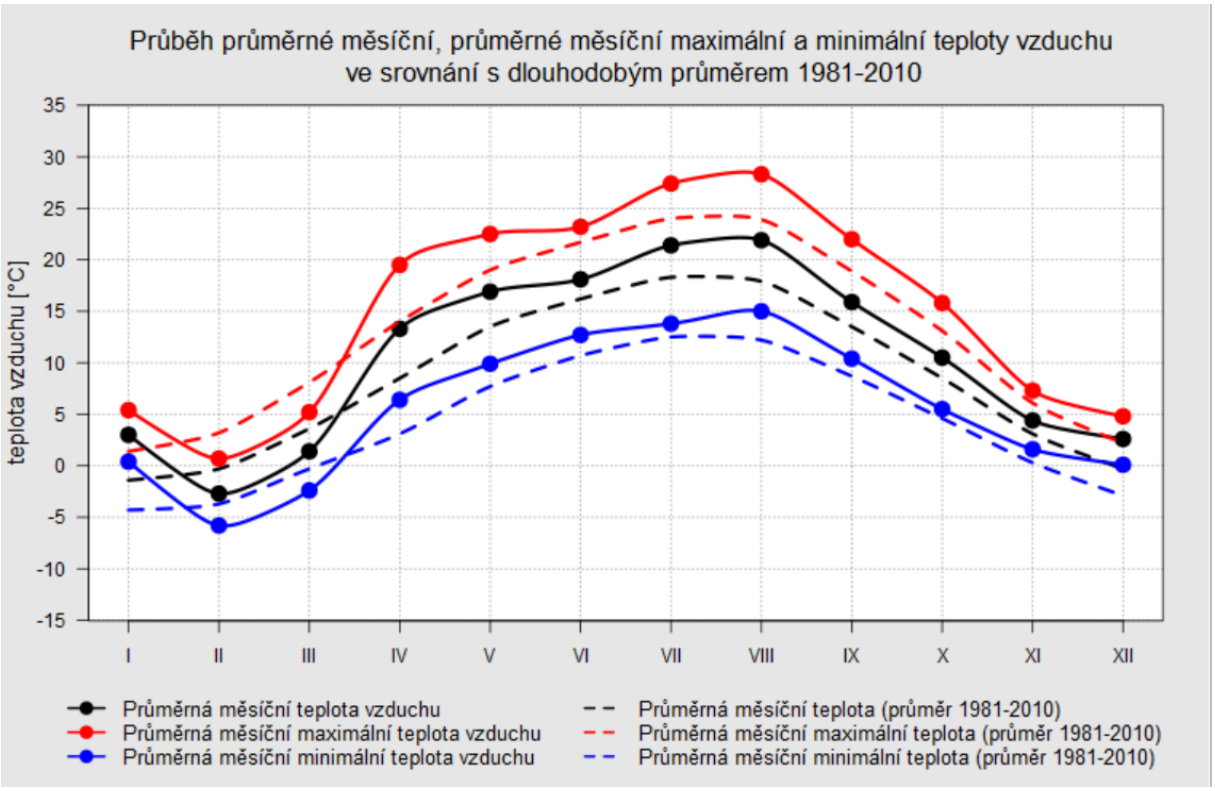
Z tabulky vyplývá, že s každým sledovaným obdobím roste průměrná roční teplota o několik desetin stupňů Celsia, zatímco průměrný roční úhrn srážek od prvního sledovaného období výrazně klesl. Hodnoty průměrného ročního úhrnu doby trvání slunečního svitu rostou v řádech desítek hodin.

Rekordní hodnoty meteorologických parametrů jsou na stanici ruzyňského letiště sledovány od 1. ledna 1961. Nejnižší absolutní teplota -25,5 °C byla naměřena dva dny po sobě, 8. ledna 1985 a poté 9. ledna 1985. Naopak nejvyšší naměřená teplota ze dne 20. srpna 2012 činila +37,4 °C. Zajímavou charakteristikou je počet tropických dní. Tímto parametrem rozumíme počet dní v roce, kdy maximální teplota dne přesáhne 30 °C. V roce 1977 nebylo

možné žádný ze dnů označit za tropický. V roce 2015 však bylo na letišti již 24 tropických dnů. [8]

Pro zimní údržbu pohybové plochy pražského letiště jsou ze sledovaných meteorologických charakteristik zásadní následující parametry: průměrná sezónní teplota v zimě, roční počet ledových dnů a výška sněhové pokrývky. Zatímco průměrná sezónní teplota v zimě 1962/1963 činila -6,8 °C, v zimní sezóně 2006/2007 to bylo již +3,7 °C. Nejnižší počet ledových dnů na pražském letišti byl v roce 1974, kdy tyto dny, během nichž je teplota po celých 24 hodin pod nulou, byly pouze dva. Naopak v roce 1963 bylo ledových dnů 70. Dne 6. března 1970 bylo na pražském letišti nejvíce sněhu. Výška sněhové pokrývky činila 57 cm. [8]

V následujícím grafu (Obrázek 2) porovnává průměrné měsíční teploty vzduchu za rok 2018 s obdobím 1981 až 2010. Z grafu vyplývá, že průměrné měsíční teploty i průměrné měsíční maximální teploty jsou za rok 2018 v téměř celé délce křivky vyšší než dříve. Plnou čarou jsou v grafu zobrazeny údaje za rok 2018. Čárkovaně jsou vyznačeny hodnoty za období 1981 až 2010. [9]



Obrázek 2: Průměrné měsíční teploty vzduchu [9]

5. Autonomní vozidla

5.1 Charakteristika autonomních vozidel a klasifikace stupňů autonomie řízení

V dnešní době je už poměrně běžné, že vozidla jsou vybavena automatizovaným řízením, což znamená, že asistenční systémy vozu umožňují provádět některé manévry bez součinnosti řidiče. Jedná se například o asistenta vyparkování nebo asistenta pro jízdu v dopravní kongesci.

Do veřejného provozu se však zatím nedostal žádný plně autonomní vůz, který by umožňoval provádět jízdu ve všech situacích bez lidského zásahu. Vozidlo musí neustále monitorovat své okolí a v závislosti na něm provádět jízdní manévry tak, aby nedošlo k ohrožení posádky vozidla, ani jiných účastníků silničního provozu. Nasazení plně autonomních vozidel do reálného provozu zatím brání několik nedořešených otázek. A to zejména v oblasti legislativy, kde je třeba vyřešit problematiku ochrany osobních údajů a homologace autonomních vozidel. Dále jde o oblast etickou. Zde je problém s případnou odpovědností za škody způsobené provozem autonomních vozů. Sporné jsou také oblasti spolehlivosti vozidel a případné nutnosti převzetí řízení řidičem nebo vhodnost současné dopravní infrastruktury.

Uplatnění autonomních vozidel se postupně stále rozrůstá. Zatímco v počátcích automobilismu byla snaha nahradit řidiče osobních vozů, dnes automobilky pracují na autonomních vozidlech určených pro dálkovou nákladní dopravu, autobusovou dopravu, taxislužbu nebo speciální kratší přepravy nákladu v rámci uzavřeného areálu. Právě poslední jmenované uplatnění se zdá být nejblíže k uvedení do reálného provozu. V uzavřených areálech firem, lomů nebo letišť nebývá frekventovaný provoz, a proto se vozidla mohou pohybovat po předem přesně vymezených trasách. Riziko, že nastane nějaká mimořádná situace, je zde nižší. V těchto areálech se pohybují jen vysoce kvalifikovaní profesionální řidiči, což by v případě nasazení prvních autonomních vozidel znamenalo snížení rizika havárie v porovnání s veřejnou komunikací, na které se vyskytují i řidiči neprofesionálové.

Následující část textu je zaměřena na autonomní vozidla, která představují budoucnost ve vývoji dopravních prostředků, mimo jiné také vozidel pro údržbu letištní plochy.

Autonomie řízení je u vozidel klasifikována do pěti skupin dle úrovně automatizace. [10, 11]

Stupeň 0

Řidič plně řídí vozidlo a vůz do řízení nijak nezasahuje. Typicky je vůz vybaven systémy, které řidiče pouze upozorňují na nějakou skutečnost. Jedná se například o varování, že teplota klesá k nule, a může se tedy na silnici vyskytnout námraza. Dalším příkladem je systém rozpoznávání dopravních značek. Obrázek dopravní značky, kterou vozidlo právě minulo, se řidiči zobrazí na displeji palubního počítače. Do této kategorie spadá také systém varování před opuštěním jízdního pruhu, který ovšem řidiče pouze varuje před nebezpečím, ale nezasahuje do řízení.

Stupeň 1 – hands on

Vozidlo je pod kontrolou řidiče, ale některé systémy mu pomáhají při řízení. Jedná se například o adaptivní tempomat, kdy si vozidlo udržuje rychlost nastavenou řidičem a také odstup od vpředu jedoucího vozidla. Dalším příkladem je parkovací asistent, který ovládá natočení kol při parkovacím manévru, ale nedokáže regulovat rychlost.

Stupeň 2 – hands off

Vůz je schopen ovládat rychlost i řízení, ale v případě potřeby musí být řidič připraven okamžitě plně převzít kontrolu nad vozidlem. Jedná se například o systém automatického parkování. Ten funguje na principu skenování parkovacích míst, okolo kterých vozidlo projíždí. Do parkovacího stání, které vozidlo vyhodnotí jako dostatečně velké, potom vůz autonomně zaparkuje.

Stupeň 3 – eyes off

V této úrovni autonomie už řidič nemusí být okamžitě připraven převzít řízení. Vozidlo je samo schopno vyřešit i kritické situace, které vyžadují například prudké brzdění nebo rychlou změnu směru jízdy. I v tomto případě ale musí být řidič schopen převzít řízení během daného časového limitu. Nemusí mít ale ruce na volantu, ani sledovat dopravní situaci okolo vozu. Na převzetí kontroly má více času.

Stupeň 4 – mind off

Řidič nemusí sledovat dopravní situaci, může dokonce i usnout. Pokud řidič nezareaguje na výzvu převzít řízení, vozidlo automaticky zaparkuje, čímž bezpečně přeruší jízdní úkon. Vozidlo mající tuto úroveň automatizace může jezdit za téměř všech podmínek. Výjimkou mohou být pouze velmi nepříznivé meteorologické podmínky jako například husté sněžení, déšť atd.

Stupeň 5

Vozidlo umožňuje přepravovat posádku zcela bez její součinnosti, přičemž jízdní režimy nejsou nijak omezeny. Vůz se může pohybovat ve městě, na dálnici a také na okresní silnici.

5.2 Historie vývoje autonomních vozidel

Už od počátku automobilismu se lidé pokoušeli postavit samořiditelná auta. Prvním významnějším pokusem o konstrukci autonomního vozidla byl americký vůz American Wonder z roku 1925, který byl řízen rádiem. Za návrhem tohoto vozu stál armádní inženýr Francis Houdina, který jako základ použil vozidlo Chandler. Vůz byl vybaven přenosovými anténami a elektromotory, které zajišťovaly ovládání volantu, pedálů a převodovky. Vůz American Wonder se nikdy nedostal do sériové výroby. Tento vůz dosáhl prvního stupně autonomie. Vozidlo je sice schopno řídit v určitých situacích samo, ale řidič musí být připraven okamžitě převzít řízení. [12]

Dalším významným mezníkem v oblasti autonomie bylo v roce 1939 vozidlo Norman Bel Geddes. Tento vůz zkonstruoval koncern General Motors, který velmi zajímavě vyřešil otázku samořízení. Futuristicky vypadající auto vyžadovalo speciální silnici s proměnlivým elektromagnetickým polem. V případě aktivace autonomního režimu vozidlo spadalo do druhé kategorie. [12]

Na vývoj koncernu General Motors týkající se inteligentních silnic schopných řídit auta navázala po 14 letech společnost Radio Corporation of America. Její řešení spočívalo v natažení drátů podél silnic, kterých se autonomní vozidla měla držet. V roce 1957 se upravil první úsek dálnice nedaleko křížení dálnic US Route 77 a Nebraska Highway 2 v USA, kde byl tento systém testován. Elektronika, která zajišťovala fungování celého systému, byla uložena pod povrchem vozovky. Na silnici byla rozmístěna vodicí světla, která detekovala rychlost vozů, které byly vyrobeny z kovu. V roce 1959 vybavila automobilka General Motors testovací flotilu vozidel GM Firebird III (Obrázek 3) radiopřijímači, detektory zvuku a světel, což umožňovalo, aby se vozidla po této silnici pohybovala zcela autonomně. Karoserie vozidel Firebird III byly vyrobeny ze skelných vláken. Vůz byl poháněn plynovou turbínou. Na tehdejší dobu byl vybaven velmi nadstandardně. Ve voze byl k dispozici tempomat i klimatizace, ale žádný volant. Vysouvací vzduchové brzdy sloužily ke zpomalení vozu, který byl navržen i pro pohyb vysokými rychlostmi. Zajímavostí je, že tehdejší systém Automated Guidance System uměl to samé, co umí systém Super Cruise, kterým je vybaven současný model GM Cadillac CT6. Jediným rozdílem mezi tehdejším a dnešním systémem byla potřeba vlastní infrastruktury v případě modelu Firebird III. [12]

Obrázek 3: Autonomní vůz GM Firebird III [13]

V Evropě se v 60. letech 20. století zapojila do pokusů s autonomními vozidly britská společnost Transport and Road Research Laboratory. Evropský nápad spočíval v myšlence inteligentní silnice, pod jejímž povrchem byly umístěny magnetické koleje. Testovacím prototypem bylo francouzské vozidlo Citroën DS, které bez řidiče dokázalo jet rychlostí 130 km/h. V tomto případě se jednalo již o dosažení pátého stupně autonomie. Zásadní nevýhodou pro rozšíření tohoto systému do provozu byl fakt, že vyžadoval mít vybudovanou speciální infrastrukturu, což bylo finančně neúnosné. [14]

Tento úspěch vzbudil touhu po vlastním řešení plně autonomních vozů i u dalších států. Francie vytvořila projekt Aramis, v Německu se zase jednalo o zakázku pro Bundeswehr. Výsledkem projektu, nazvaného Eureka PROMETHEUS, kterého se zúčastnilo velké množství prestižních univerzit a výrobců automobilů, nakonec byla pětitunová dodávka VaMoRs (Obrázek 4), která se bez řidiče za volantem dokázala nejen rozjíždět a brzdit, ale také řídit, a to vše při rychlosti až 96 km/h. Dodávka byla vybavena dvěma kamerami, osmi 16-bitovými mikroprocesory a velkým množstvím senzorů. Tento projekt, vyvíjený na Universität der Bundeswehr München od roku 1987 pod vedením inženýra Ernsta Dietera Dickmannse, ovšem skončil ve ztrátě. Jednou z možných příčin neúspěchu byla skutečnost, že téměř veškerý nákladní prostor byl zaplněn počítači a dalšími přístroji. [14]

Obrázek 4: Palubní deska autonomního vozidla VaMoRs [15]

Dalším pokusem Ernsta Dietera Dickmannse bylo vozidlo VaMP. Vůz, který byl postaven na podvozku Mercedes-Benz 500 SEL, dokázal určit svou polohu v jízdním pruhu a také rozpoznávat dopravní značení a ostatní vozidla. Testovací jízdy probíhaly v okolí Paříže. V roce 1995 přestavěl Dickmannsův tým Mercedes-Benz třídy S (Obrázek 5) na plně samořiditelný vůz, jehož autopilot úspěšně odřídil 95 % cesty z Mnichova do Kodaně za plného provozu. Zajímavostí je, že vozidlo během cesty dosáhlo maximální rychlosti 180 km/h. Zásadním rozdílem mezi vozem Mercedes-Benz 500 SEL a dodávkou VaMoRs byl prostor potřebný pro techniku, která měla autonomní řízení na starost. Zatímco ve vozidle VaMoRs zabrala většinu místa technika a počítače, o pár let později se vývoj posunul natolik, že pro potřebnou techniku postačil zavazadlový prostor a zadní sedadla osobního vozu Mercedes-Benz 500 SEL. [15]

Obrázek 5: Palubní deska autonomního vozidla Mercedes-Benz třídy S [13]

Za první plně autonomní vozidlo je považováno vozidlo vyvinuté v roce 1977 japonskou společností Tsukuba Mechanical Engineering Laboratory. Vůz byl vybaven dvěma kamerami a počítačem, který zpracovával výstupy z kamer. Maximální rychlost činila 30 km/h. [16]

Na americkém kontinentě mezitím pokračoval vývoj autonomního vozidla pro armádu. Jednalo se o projekt Autonomous Land Vehicle. Jednou z institucí, která se do projektu zapojila, byla i společnost Bendix Corporation, která se v minulosti zabývala vývojem samořiditelných vozů naváděných pomocí drátů v povrchu vozovky. Během vývoje pro armádu byl poprvé v autě využit LiDAR. [14]

Od roku 1984 se na vývoji autonomních vozů podílí také americká Carnegie Mellon University. Vědci zabývající se projektem samořiditelného vozidla poprvé využili neuronových sítí. Tyto sítě fungují na základě algoritmů, které napodobují fungování lidského mozku. Díky neuronovým sítím se vozidlo stále učí ze zkušeností, které již v minulosti získalo. Dále je schopno pamatovat si konkrétní algoritmy, které vedou k dosažení požadovaného výstupu. Použití neuronových sítí se v roce 1984 stalo velmi nadčasovým záměrem. Do dnešní doby totiž tvoří neuronové sítě základ při stavbě autonomních vozidel. [14, 17]

Výstupem projektu Carnegie Mellon University byla cesta napříč USA nazvaná „No Hands Across America“. Vozidlo Pontiac Trans Sport vybavené nejmodernější technologií, nazvanou Navlab 5, se v roce 1995 vydalo spolu se dvěma vědci na cestu z Washingtonu D.C. do San Diega. Jednalo se o cestu z východního až na západní pobřeží USA. Vozidlo odřídilo ve zcela autonomním režimu 98,2 % cesty, tedy 2 797 mil z celkového počtu 2 849 mil. [18]

Další institucí, která měla výrazný vliv na rozvoj technologií umožňujících autonomní řízení, je americká vládní agentura DARPA. Po přelomu tisíciletí DARPA založila projekt Grand Challenge, jehož cílem bylo urychlit vývoj autonomních vozidel. V roce 2004 se jel první ročník závodu DARPA Grand Challenge z kalifornského Barstow do 240 kilometrů vzdáleného nevadského Primmu. Tuto trasu měla absolvovat plně autonomní vozidla bez jediného lidského zásahu během deseti hodin. Vítěz měl získat jeden milion amerických dolarů na zdokonalování autonomních vozů, které by mohly sloužit k přepravě materiálu v nebezpečných oblastech. [19]

V roce 2003 byla založena americká společnost Tesla, která je do dnešní doby přední automobilkou, zabývající se vývojem autonomních vozidel. Prvního pokročilého autopilota ve svých vozech nabídla zákazníkům v roce 2014. Nejstarší verze autopilota umožnovaly převzít řízení v některých situacích, například při jízdě na dálnici. Také dokázaly vozidlo samočinně zaparkovat. Postupně Tesla systém inovovala a v současné době se autonomní řízení vozidel nachází na stupni 2, kdy řidič nemusí mít ruce na volantu, pokud je autopilot zapnutý. V případě, že nastane situace, se kterou si autopilot neví rady, musí převzít řízení řidič. [20]

Další společností, která se od roku 2009 intenzivně zabývá vývojem autonomních vozů, je Google a jeho dceřiná firma Waymo. Průlom nastal v roce 2017, kdy společnost dodala do běžného provozu samořiditelná vozidla. Zajímavostí je, že na sedadle řidiče nesedí žádná osoba. Pracovník firmy Waymo, kontrolující průběh testovací jízdy, sedí na zadním sedadle. Vozidla Waymo ujela v testovacím autonomním režimu již miliardy kilometrů. Dalším cílem, kterého chce firma co nejdříve dosáhnout, je stupeň 4 automatizovaného řízení. Na této úrovni je vůz schopen sám řídit v jakémkoliv prostředí a za jakýkoliv meteorologických podmínek bez lidského zásahu. [21]

5.3 Technický základ autonomních vozidel

Technickým základem autonomních vozidel je LiDAR. Princip fungování tohoto zařízení je jednoduchý. LiDAR vysílá z diody laserový paprsek. Při zasažení cíle paprskem dojde k odrazu části světelné energie zpět k vysílači, v jehož blízkosti je detektor odražených signálů. Vzdálenost cíle se vypočítá jako časový rozdíl mezi vyslaným a přijatým světelným impulzem. [22]

LiDAR byl poprvé sestaven po vynálezu laseru v 60. letech 20. století. Americké Národní centrum pro výzkum atmosféry NCAR ho využívalo k měření oblačnosti. Pomocí LiDARu mapovali v roce 1971 astronauti z mise Apollo 15 povrch Měsíce. Dnes se toto zařízení vedle navigace a řízení autonomních vozidel používá také k vytváření map pro geodetické, geografické, geologické či seismologické účely nebo také při leteckém průzkumu. [22]

Výhodou LiDARu je schopnost identifikovat široké spektrum materiálů, například nekovové předměty, dešťové srážky, horniny, oblačnost a podobně. Zařízení sloužící k výzkumným účelům, například výzkumu atmosféry, jsou velmi výkonná. Jimi vysílané paprsky mohou na rozdíl od běžně používaných LiDARů poškodit lidský zrak. [22]

LiDAR se uplatňuje nejen v autonomních vozidlech, ale slouží i k detekování objektů v blízkosti vozu. V rámci různých asistenčních systémů upozorňuje řidiče na nebezpečí kolize s objektem v okolí. Jedná se například o asistenta sledování slepého úhlu, adaptivní tempomat, parkovacího asistenta a podobně. Výstupem LiDARu je mapa překážek a jejich pozice vůči automobilu. Software, kterým je vůz vybaven, mapu zpracuje a vyhodnocuje. Na základě získaných dat vykonává další úkony. LiDAR v kombinaci se softwarem dokáže vyhodnotit velikost, rychlost a směr pohybu objektů v blízkosti vozu. LiDAR využívá rotační šestihranné zrcadlo, které slouží k vysílání laserových paprsků. Tři paprsky detekují překážky před vozidlem a zbylá tři rozpoznávají značení jízdního pruhu a dopravních značek. [22]

Autonomní vozidla bývají kromě LiDARu vybavena také kamerami, radary a ultrazvukovými senzory. Velmi důležitou součástí vozu je software, který z velkého množství výstupních dat senzorů sestavuje obraz o situaci okolo vozu. Stále častěji se při vyhodnocování obrazu z kamer využívá umělé inteligence. V autonomních vozech se v kombinaci s LiDARem používá také radar. Výhodou radaru je jeho velký dosah. Naproti tomu LiDAR dokáže detekovat objekty pouze ve vzdálenosti 500 m až 2 000 m, navíc může být negativně ovlivněn nepříznivými podmínkami jako jsou sníh, déšť, mlha, kouř atd. Nevýhodou LiDARu je vysoká pořizovací cena. Toto zařízení však dokáže o objektu získat velké množství informací, umí indikovat jeho tvar a parametry. Kamery, kterými jsou autonomní vozy vybaveny, pak ve spolupráci s LiDARem identifikují, zda je daný objekt chodec, cyklista, jiný automobil nebo třeba strom. [22]

5.4 Platooning

Platooning, tedy seskupování vozidel do jízdních formací, je spojeno až s dobou pokročilejších systémů autonomního řízení ve vozidlech. Jedná se o metodu, která umožňuje zvýšení kapacity dopravní infrastruktury tím, že více vozidel jede za sebou v těsných rozstupech okolo 15 metrů. Takové rozstupy jsou umožněny díky autonomnímu řízení vozidel. V případě řízení vozů řidiči, by patnáctimetrové rozstupy ani zdaleka nestačily na zaregistrování nebezpečné situace a řidičovu reakci. [23]

Platooning přináší několik výhod. Formace několika blízko za sebou jedoucích vozidel šetří na silnici místo, a zlepšuje plynulost dopravního toku. V ideálních případech mohou mít vozidla díky lepšímu proudění vzduchu ve formaci nižší spotřebu paliva. [23]

Evropská unie se v roce 2009 začala zabývat myšlenkou provozu jízdních formací na dálnicích. Podmínkou byla možnost provozovat tento systém na již existující infrastruktuře bez nutnosti jejích úprav. Do projektu SARTRE se zapojily společnosti Volvo Car Corporation a Volvo Trucks. Výstupem byly úspěšné ukázky provozu jízdních formací na zkušebním okruhu nedaleko švédského Götheburgu, které se konaly v lednu 2011 (Obrázek 6). Při příležitosti prvního testu zástupci příslušných společností vyslovili domněnku, že v horizontu deseti let by se tento systém mohl dostat do reálného provozu a stát se běžnou součástí života. [24]

Projekt spočíval v myšlence cestování v konvojích. V čele konvoje mělo jet vozidlo řízené profesionálním řidičem. Během testů plnil funkci čelního vozu nákladní automobil značky Volvo a funkci vezoucího se vozu osobní automobil Volvo. Všechna osobní nebo nákladní vozidla jedoucí za čelním vozem sama sledovala vzdálenost od vpředu jedoucího vozu, rychlost a směr a neustále prováděla korekce tak, aby byla jeho poloha vůči ostatním vozům v konvoji ideální. Vozidla se mohla do formace kdykoliv připojit nebo se od něj odpojit. Volant vezoucích se vozidel se točí autonomně, stejně jako pedály. Řidiči jedoucí za čelním vozidlem se proto mohou věnovat jiným činnostem, než je řízení. Nasazením tohoto systému do provozu se měl snížit počet nehod způsobených lidskou chybou, která je hlavní příčinou 80 % dopravních nehod. Dále mělo dojít ke snížení emisí až o 20 % a také k úspoře paliva. Samozřejmě měl tento systém přispívat k většímu pohodlí řidiče, který si mohl za jízdy vyřizovat telefonáty, svačit nebo číst noviny. [24]

Obrázek 6: Platooning osobního a nákladního vozidla značky Volvo [24]

Hlavní nevýhodou, která bránila nasazení do reálného provozu, byla nutnost sjednocení legislativy ve všech zemích Evropské unie. Dalším zásadním problémem bylo, jak by se řidiči dozvěděli, kde, v kolik hodin a jakým směrem budou konvoje projíždět, aby se k nim mohli připojit. Pravděpodobně by bylo nutné vytvořit jízdní řád, podle kterého by vedoucí vozidla s profesionálními řidiči projížděla po dálnicích nebo silnicích. Aby měl tento projekt smysl, musela by čelní vozidla po frekventovaných úsecích projíždět několikrát denně, což by vedlo ke zvyšování emisí v důsledku většího počtu potřebných nákladních vozidel, sloužících jako čelní. Jako další nedostatek hodnotím fakt, že nákladní vozy mají ve většině zemí maximální rychlost omezenou na 80 km/h nebo 90 km/h. Velké množství řidičů osobních automobilů by raději, než jet touto poměrně nízkou rychlostí za čelním nákladním vozem, volilo možnost cestovat vyšším tempem. Většina řidičů by pravděpodobně upřednostnila jízdu v plně manuálním režimu. Jedná se o zajímavý projekt, který znamená průlom ve vývoji a nasazení částečně autonomních vozidel v Evropě, ale v podobě, ve které byl v roce 2011 představen, měl ještě stále velké množství nedostatků.

Vývoji systémů umožňujících platooning nákladních vozidel se věnuje německý výrobce vozů MAN. Postup dosažení bezpečného platooningu je podobný jako u jiných výrobců. Vozidlo shromažďuje data z vlastních senzorů a kamer, a navíc získává informace z komunikace s ostatními vozidly. [25]

Společnost MAN spolupracuje s německou logistickou firmou DB Schenker, na jejíž pravidelných nákladních linkách jezdí vozy MAN vždy ve dvojici, přičemž druhý vůz v konvoji jede těsně za vedoucím vozem v autonomním režimu (Obrázek 7). Zatím se jedná o testování spolehlivosti a efektivnosti systému v reálném provozu. Za volanty obou vozidel proto sedí profesionální řidič, který je připraven v krajní situaci převzít řízení. Společnost MAN vychází z předpokladu, že z technologického hlediska by bylo možné uvést tento koncept na evropských silnicích do plného provozu v roce 2020. [25]

Obrázek 7: Platooning dvou nákladních vozidel značky MAN [25]

Další oblastí zájmu společnosti MAN je vývoj autonomních vozidel sloužících jako doprovodná a bezpečnostní vozidla při pracích na dálnicích a silnicích. Mnoho řidičů se nevěnuje plně řízení, případně je během řízení přemůže mikrospánek. Následkem často bývají srážky s vozy provádějícími údržbu na komunikaci. V zájmu ochrany posádek těchto vozů vytvořil MAN koncept, v rámci něhož tato doprovodná vozidla, upozorňující řidiče na blížící se práce na silnici, nepotřebují lidskou obsluhu. Příkladem je vozidlo s posádkou, které provádí práce na krajnici dálnice, např. seká trávu nebo čistí vozovku. Vozidlo jedoucí v určité vzdálenosti za vozidlem s posádkou má za úkol varovat projíždějící řidiče před nebezpečím spojeným s pracemi prováděnými pracovníky v prvním voze. Právě druhé vozidlo se často stává terčem nepozorných řidičů. Dnešní technologie umožňují, aby doprovodné vozidlo bylo zcela autonomní, a při případné srážce s vozem jedoucím po dálnici by tedy nemohlo dojít ke zranění obsluhy doprovodného vozidla. Autonomní vůz je vybaven kamerou, radarovým systémem a je bezdrátově propojen s vozidlem s posádkou, od kterého dostává informace o jeho rychlosti, směru jízdy a dalších údajích. [25]

5.5 Autonomní stroje na Letišti Václava Havla v Praze

Pražské letiště plánuje v horizontu několika let pořídit do provozu první zcela autonomní stroj, který bude sloužit pro přepravu cestujících z Terminálu 1 do Terminálu 2 a naopak. Jedná se o minibus EasyMile EZ10, který se už používá ve 25 zemích na 4 světových kontinentech, mimo jiné na letišti v Dubaji. Předpokládá se, že během testování minibusu na pražském letišti bude ve voze řidič, který by v případě potřeby převzal řízení. [26]

Zatím ale fungování zcela autonomního minibusu není u nás z legislativních důvodů možné. V nejbližší době by měli poslanci a senátoři schválit novelu zákona o pozemních komunikacích, která by mimo jiné přinesla i povolení provozu vozidel hromadné dopravy bez řidiče na neveřejných komunikacích. To by umožnilo jezdit s cestujícími jak vozidlu EZ10, tak výhledově i soupravám metra na plánované trase D v Praze.

Společnost EasyMile, která vznikla v roce 2014 ve Francii a Singapuru, má v nabídce kromě minibusu EZ10 také autonomní elektrický tahač vozíků na zavazadla, který uveze náklad o hmotnosti až 25 tun. Elektrické vozidlo EZ10 pojme až 15 cestujících. Autonomní minibus umožňuje také přepravu handicapovaných osob, neboť je vybaven nájezdovou rampou. Výhodou je, že vůz může jezdit po již existující infrastruktuře. [26]

5.6 Autonomní vozidla pro zimní údržbu pohybové plochy letišť

5.6.1 Projekt Yeti Snow Technology

Norská společnost Yeti Snow Technology se zabývá vývojem autonomních vozidel pro úklid sněhu z pohybových ploch norského provozovatele letišť Avinor. Jedná se o snahu zvýšit efektivitu letiště a snížit pravděpodobnost zpoždění letů způsobených úklidem sněhu. Testování dvou autonomních pluhů proběhlo dne 19. března 2018 na letišti Fagernes, které leží zhruba 150 kilometrů severozápadně od Osla. Vozidla se pohybovala po předem definované trase. Dva autonomní pluhy zvládnou za hodinu uklidit 357 000 m^2 pohybové plochy. Během zimní sezony byly dva kusy autonomních vozidel testovány v plném provozu na mezinárodním letišti Oslo Gardermoen. [27, 28]

Základem autonomních pluhů je podvozek Mercedes-Benz Arocs. Na projektu spolupracovaly společnosti Øveraasen, která se zaměřuje na technické vybavení pluhů, a švédská společnost Semcon, která se zabývá vývojem autonomních vozů. Zatímco většina ostatních autonomních vozidel není schopna řídit ve špatných povětrnostních podmínkách, kdy sněží, a je snížená viditelnost, tyto speciály vyvinuté v Norsku se pohybují především v takových podmínkách. [27]

Vozidla, která jsou na dálku ovládána z řídicí věže, jsou dlouhá 20 metrů a šířka včetně radlice činí 5,5 metru. Společnost Semcon vyvinula systém, který dokáže vytvářet digitální trasy pro autonomní pluhy na letištích. Vozidla se pak pohybují přesně po vymezených trasách, přičemž systém v reálném čase sleduje nejen počet, ale i polohu vozů v provozu. Navigace probíhá pomocí RTK GPS, což je systém s centimetrovou přesností. K ovládání na dálku je využíván 4G modem. [27]

V případě, že by se vozidla při dalším testování osvědčila, pořídí je Avinor na všech 45 letišť, která provozuje. [27]

5.6.2 Projekt Mercedes-Benz

Společnost Mercedes-Benz, která je dceřinou firmou koncernu Daimler, provedla v roce 2017 první úspěšné testy poloautonomních a navzájem propojených těžkých nákladních vozidel určených k údržbě pohybové plochy na letišti. Testy se uskutečnily na německém letišti Pferdsfeld, které se nachází zhruba 250 km od sídla společnosti Daimler. Při testování se poprvé představily čtyři nákladní vozy zametače ofukovače Mercedes-Benz Arocs 2045 AS s pohonem všech kol poháněné motorem o výkonu 315 kW (odpovídá 428 HP) a točivém momentu 2100 Nm, který splňuje normu Euro 6 (Obrázek 8). Každá souprava je vybavena osmimetrovou sněžnou radlicí složenou ze tří částí. Krajní části radlice se mohou ohnout směrem k boku vozidla tak, aby nedošlo během manipulačních přejezdů k poškození širokého pluhu a šetří místo pro letní uskladnění strojů. Pohon zajišťující skládání radlice do transportní polohy je plně hydraulický. Na návěsu je zařízení, které je poháněno nezávisle na pohonné jednotce tahače a je určeno k odstraňování zbytků sněhu, které zůstanou na ploše po projetí radlice. Souprava váží zhruba 25 tun a její délka je 23 metrů. [29]

Princip spočívá v tom, že po určené ploše projíždí několik vozidel s danými odstupy. Zatímco dosud je nutné, aby každé vozidlo bylo obsluhováno řidičem, nový systém umožňuje, aby řidič ovládal pouze vedoucí vozidlo kolony. Všechny vozy jsou vybavené systémem Remote Truck Interface RTI, který vyvinula společnost Daimler. RTI umožňuje výměnu dat mezi vozidly a řídí ta vozidla z konvoje, za jejichž volanty nesedí žádná lidská obsluha. Jednotlivé vozy jsou vybaveny systémem GPS a pro komunikaci využívají systém V2V. Systém V2V umožňuje výměnu kompletního nastavení parametrů vozidel v časovém intervalu 0,1 s. [29]

Každý jednotlivý vůz, který je vybaven systémem RTI, může být v koloně zařazen jako vedoucí vozidlo či člen konvoje. Konvoj může obsahovat až 14 vozidel. Pořadí vozidel v konvoji určuje řidič pomocí ovladače na palubní desce (Obrázek 9). Řidič dále může u jednotlivých vozidel kolony zapnout nebo vypnout motor, zatáhnout ruční brzdu, řídit, ovládat plyn a brzdu, řadit rychlostní stupně, aktivovat nebo deaktivovat uzávěrku diferenciálu, zapínat nebo vypínat světla a bezpečnostní majáky či ovládat sněhovou radlici. [29]

Součástí systému RTI jsou bezpečnostní opatření, která umožňují autonomní vozidla zastavit v případě nutnosti rychle a bezpečně. V případě jakékoli mimořádné události je možné vypnout autonomní režim, aby se řízení vozidel mohl ujmout řidič. Všechny funkce vozidel jsou permanentně sledovány. [29]

Největší uplatnění těchto těžkých autonomních vozidel lze očekávat při úklidu sněhu ze vzletových a přistávací drah a pojezdových drah. Tyto plochy je třeba po sněhových přeháňkách uklidit pouze jedním průjezdem kolony údržbových vozidel, která očistí celou šířku

těchto drah. Zatímco když jsou vozidla v konvoji řízena řidiči, musí se radlice vozů překrývat minimálně o 50 cm z důvodu možných výchylek v důsledku lidského faktoru, autonomní systém s přesným řízením vyžaduje pouze minimální překrytí radlic. Systém GPS umožňuje navigovat vozidlo s přesností 3 cm. Z tohoto důvodu by při úklidu autonomními stroji mohlo stačit o jedno vozidlo méně. [29]

Obrázek 8: Konvoj autonomních strojů pro zimní údržbu Mercedes-Benz Arocs [29]

Obrázek 9: Palubní deska vozu Mercedes-Benz Arocs v režimu autonomní jízdy [29]

6. Letní údržba na Letišti Václava Havla v Praze

6.1 Charakteristika letní údržby

V letním období se na pražském letišti provádí velké množství prací souvisejících především s údržbou travních porostů v zabezpečené SRA zóně. Velká pozornost je věnována úpravě pásů podél RWY a TWY, které zasahují do vzdálenosti minimálně 75 m od osy RWY a minimálně 47,5 m od osy TWY. Mulčování, tj. rozemletí posečené trávy a její ponechání v travním porostu, se provádí do vzdálenosti 150 m od osy RWY a 47,5 m od osy TWY. Ideální výška trávy pro provedení mulčování je z důvodu ochrany před střety letadel s ptáky 15 až 25 cm. Práce v ochranných zónách v bezprostřední blízkosti RWY se provádějí především tehdy, když dráha není v používání například z důvodu nevhodného větrného proudění. Na pražském letišti se k mulčování a sekání travních porostů používají traktory s mulčovači. K dosekávání menších ploch kolem světelných návěstidel a jiných provozních zařízení slouží sekačky a křovinořezy. [30]

Mezi další práce, které je třeba provádět v letním období, patří zahradnická údržba záhonů, stromů a keřů a také prořez stromů a odvoz spadaných větví. Aby se předešlo prorůstání plevele na pohybové ploše letiště, aplikují se na plochu herbicidy. Odgumovací práce se provádějí při pravidelných údržbách RWY. Pražské letiště používá k odgumování stroj Track Jet s hnací jednotkou Unimog 500 a spolupracuje s externí společností, která v případě potřeby poskytuje další potřebnou techniku. Do letní údržby patří také strojní úklid komunikací, chodníků a odbavovacích ploch, výměna a mytí dopravních značek a ofukování nečistot na zpevněných plochách během probíhajících stavebních prací. [30]

7. Zimní údržba na Letišti Václava Havla v Praze

7.1 Charakteristika zimní údržby

Za zimní období se na Letišti Václava Havla považuje část roku od 1. listopadu do 31. března. Na základě výhledových meteorologických podmínek lze zahájit nebo ukončit zimní období až o 14 dní dříve nebo později. [31]

Na Letišti Václava Havla v Praze je za zimní údržbu odpovědná společnost Letiště Praha, a.s. OJ Řízení provozu ploch má na starost řízení a koordinaci prací při zimním úklidu pohybové plochy. OJ Údržba ploch zajišťuje výkon zimního úklidu pohybové plochy a zodpovídá za řízení a koordinaci prací při zimním úklidu manipulačních ploch, komunikací, chodníků a parkovišť. [31]

Mezi práce, které se provádějí na letišti v zimním období, patří především samotné odstraňování sněhu a námrazy z pohybové plochy, rozvoz a doplňování zásob inertního posypového materiálu. [31]

7.2 Postupy pro odstraňování sněhu a námrazových jevů z pohybové plochy

Sníh a námrazové jevy se z pohybové plochy odstraňují podle druhu použitých prostředků buď mechanicky, chemicky, s využitím výtokového proudu plynů nástavbové jednotky nebo kombinovaně. [31]

Mechanické očištění provádějí vozy zametače ofukovače, sněhové frézy a sněhové pluhy. Chemické ošetření plochy obstarávají sypače a postřikovače. Tryskové ofukovače slouží k odstraňování zbytků sněhu s využitím výfukových plynů. Kombinované čištění plochy provádí sypače (postřikovače), tryskové ofukovače a zametače ofukovače. [31]

Na Letišti Václava Havla v Praze je povoleno použití pouze některých druhů chemických rozmrazovacích prostředků. Na všech plochách je možné použít rozmrazovací kapalinu a pevnou, resp. smáčenou granulovanou rozmrazovací látku. Na chodníky v areálu SEVER, který leží v uzavřené části letiště vedle odbavovací plochy, a na plochy v areálu JIH se smí k chemickému ošetření využívat granulovaná močovina. K údržbě komunikací, chodníků a parkovišť slouží sůl nebo křemičitý písek. [31]

Nerozpustnými posypovými materiály je možno udržovat komunikace ve vzdálenosti minimálně 150 metrů od pohybové plochy, aby nemohlo dojít ke znečištění vyhrazených oblastí letiště. Na pohybové ploše je totiž aplikace inertních materiálů zakázána. [31]

Dávkování odmrazovací kapaliny se liší v závislosti na podmínkách na RWY. Rozhodujícím parametrem k určení dávkování je skutečnost, zda má být postřik likvidační nebo pouze preventivní. Čím je vyšší vrstva napadlého sněhu a čím je větší přísun vody na RWY, tím vyšší dávka odmrazovací kapaliny je třeba. [31]

O aplikaci chemického rozmrazovacího prostředku používaného k údržbě pohybové plochy rozhoduje dispečer Řízení provozu ploch po konzultaci se supervizorem Údržby pohybové plochy. Dispečink Údržby pohybové plochy má v kompetenci postřik chemickými rozmrazovacími prostředky v oblasti LANDSIDE. [31]

Pokryje-li RWY v používání námraza, led nebo vrstva sněhu do výše jednoho centimetru, musí být provedeno preventivní chemické ošetření a chemické ošetření do 15 minut. Maximální čas

mechanického úklidu sněhu činí 30 minut. Za úklid RWY je považováno její ošetření v celé délce a šířce včetně úklidu TWY na obou jejích koncích. [31]

Limitní čas na preventivní chemické ošetření nebo chemické ošetření RWY, navazujících hlavních TWY a vybraných stání činí 30 minut. Jedná se o čas od nájezdu vozů na dráhu až po jejich výjezd z dráhy. Na mechanický úklid sněhu nebo sněhové břečky mají pracovníci maximálně 60 minut. [31]

Limitní časy jsou v platnosti pouze během provozní doby letiště. Nastane-li kalamitní situace, pak limitní časy nemusí být dodrženy. K prodloužení maximálního času úklidu může dojít vlivem nižší pracovní rychlosti, která závisí na tloušťce ledu, příp. měrné hustotě pevných atmosférických srážek a tloušťce jejich vrstvy. [31]

V zimním období musí probíhat kontrola stavu pohybové plochy s přihlédnutím k aktuálním meteorologickým podmínkám nejpozději po 30 minutách. Kromě kontroly RWY je nutné provádět také kontroly TWY používané pro výjezd z RWY. Stav RWY i TWY by měl být podobný. Není-li tomu tak, kontaktuje pracovník provádějící kontrolu TWR, aby o této skutečnosti mohly být informovány posádky letadel. Obzvlášť velkou pozornost je třeba věnovat stavu rychloodboček, na kterých se letadla pohybují rychlostí až 50 kt. Úklid na TWY se provádí stejnou technologií, aby bylo dosaženo stejných brzdících účinků. [31]

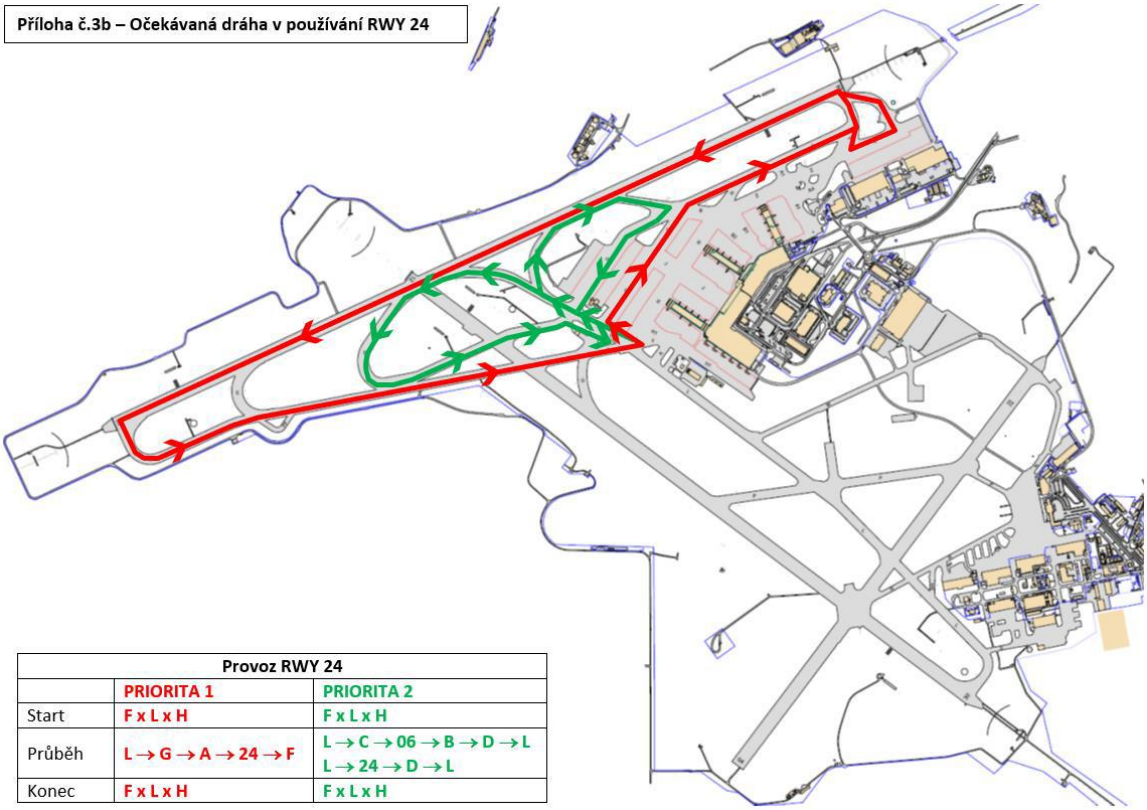
Je třeba dbát na to, aby se brzdící účinky neměnily skokově. Při projevení zhoršených účinků je nutné okamžitě provést údržbu. [31]

Provádění úklidů pohybové plochy s sebou přináší nutnost komunikace a koordinace prací nejen s Řízením provozu ploch a Centrálním dispečinkem a provozem terminálů, ale také s řídícími na ŘLP/TWR. Tyto subjekty se společně podílejí na přípravě prací a rozhodují o pořadí očišťování pohybových ploch (Obrázek 10). Nejpozději 15 minut před zahájením úklidu sněhu má Řízení provozu ploch povinnost oznámit tuto skutečnost ŘLP/TWR, aby řídící mohli vyhlásit uzavření pohybové plochy. Informace o průběhu úklidu pravidelně podává Supervizor Údržby ploch. Nejpozději 15 minut před předpokládaným časem otevření pohybové plochy, který je uveden ve SNOWTAMu, musí Řízení provozu ploch potvrdit řídícím na ŘLP/TWR, zda bude čas dodržen nebo dojde ke změně. SNOWTAM je jednou ze sérií NOTAMu a obsahuje informace, které se týkají nebezpečných podmínek na pohybové ploše způsobených sněhem, ledem, tajícím sněhem. [31]

Zimní údržbu ploch zajišťují čtyři pracovní skupiny. Skupina RWG provádí úklid RWY a TWY. AWG zodpovídá za očištění APRONu, zatímco skupina GWG uklízí prostor stání letadel. Čtvrtá skupina LWG, která je zajištěna pomocí outsourcingu, provádí úklid v oblasti

LANDSIDE. Tato skupina je vybavena standardní komunální technikou s nástavbami na zimní údržbu. [31]

Při úklidu je nutno dbát zvýšené opatrnosti, aby nedošlo k poškození zapuštěných návěstidel, která převyšují povrch vozovky o několik milimetrů. V místech zapuštěných návěstidel se nesmí používat pluhy s pryžovými břity. Tryskové ofukovače mají omezení v podobě vzdálenosti mezi výtokovou hranou trysky a návěstidlem. [31]



Provoz RWY 24		
	PRIORITA 1	PRIORITA 2
Start	F x L x H	F x L x H
Průběh	L → G → A → 24 → F	L → C → 06 → B → D → L L → 24 → D → L
Konec	F x L x H	F x L x H

Obrázek 10: Pořadí očišťování pohybové plochy v případě používání RWY 24 [31]

7.3 Kalamitní situace

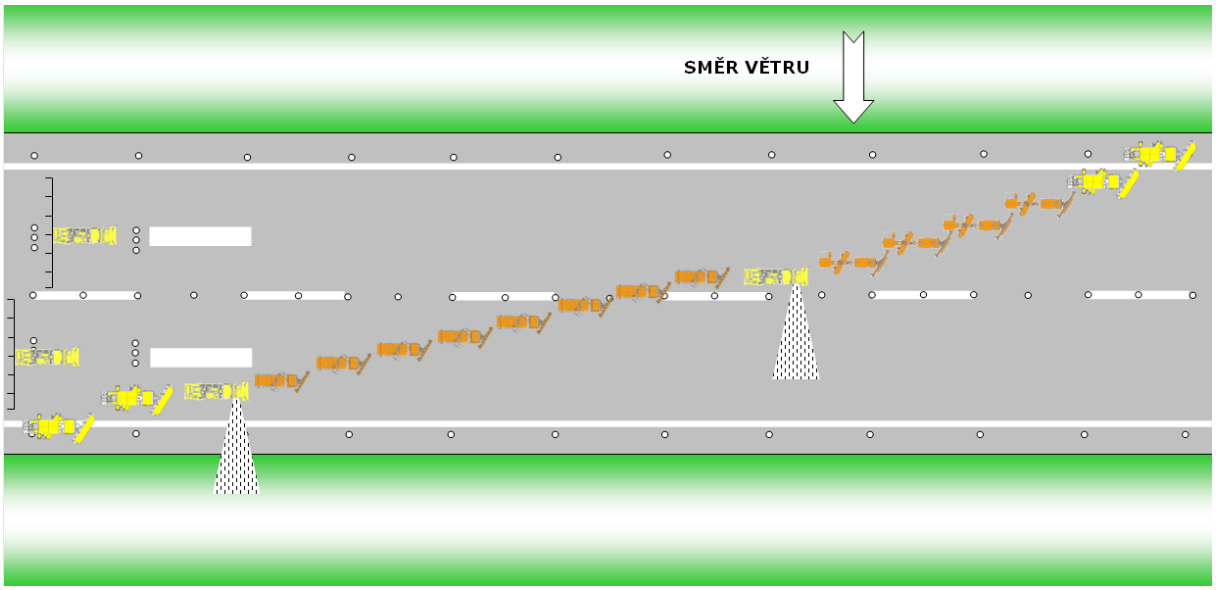
Napadne-li více než 15 cm sněhu během 24 hodin nebo je intenzita sněžení větší než 4 cm za hodinu po dobu delší než dvě hodiny, pak je situace považována za kalamitní.

Souvislá námraza nebo zledovatělý povrch na RWY, TWY a APRONu, které není možné odstranit pomocí běžných chemických nebo mechanických prostředků, vyžaduje vyhlášení kalamitní situace. [31]

7.4 Pohyb mobilních mechanizačních prostředků na pohybových plochách

Vozidla, která provádějí zimní úklid, mají přednost před ostatními mobilními mechanizačními prostředky s výjimkou vozidel FOLLOW ME vedoucích letadla a vozidel bezpečnostních složek a HZS při zásahu. [31]

Očišťování začíná už během přesunu mobilních mechanizačních prostředků z garáží na pohybové plochy. Vozidla musí mít zapnuté výstražné majáky oranžové barvy. Během jízdy po RWY a TWY nesmí vozidla údržby kontaminovat tyto plochy nečistotami z rozmoklého nebo jinak znečištěného terénu (Obrázek 11). [31]



Obrázek 11: Optimální složení kolony MMP při úklidu RWY [31]

7.5 Stanovení odhadovaného povrchového tření ESF a SNOWTAM

Na Letišti Václava Havla slouží ke stanovení odhadovaného povrchového tření ESF dva speciálně upravené vozy značek Škoda a Saab vybavené pátou pneumatikou, které měří koeficienty tření, ze kterých se počítají aktuální brzdné účinky na dráze. [1]

Dispečer Řízení provozu ploch uzavírá ty plochy, na kterých je právě prováděna údržba. K pilotům a dalším pracovníkům se tato informace dostane prostřednictvím zprávy SNOWTAM. [31]

Nastane-li kalamitní situace, a je nutné části pohybové plochy uzavřít na delší dobu, informace je publikována v NOTAMu. [31]

Uzavření celého letiště se publikuje ve SNOWTAMu i v NOTAMu. [31]

8. Předpověď Letecké meteorologické stanice ČHMÚ

Pro vyhlášení případného úklidového zásahu na pohybové ploše jsou zásadní tyto údaje:

- Předpověď přízemního větru
- Předpověď srážek – pravděpodobnost výskytu, charakter srážek, intenzita srážek, výskyt souvislé pokrývky srážek
- Předpověď teploty – teplotní intervaly:
    - *„-10 °C a méně*
    - *-10 °C až -5 °C*
    - *-5 °C až -1 °C*
    - *-1 °C až +1 °C*
    - *+1 °C až +5 °C*
    - *+5 °C a více“*
- Předpověď zvláštních jevů – například ledovka, tvorba závějí atd. [31]

Předpovědi obsahující výše uvedené údaje jsou vydávány:

- *„V době od 5:00 UTC do 5:30 UTC s platností 6:00-12:00 UTC s vyhlídkou do 18:00 UTC*
- *V době od 10:30 UTC do 11:00 UTC s platností 12:00-18:00 UTC*
- *V době od 16:30 UTC do 17:00 UTC s platností 18:00-24:00 UTC s vyhlídkou do 6:00 UTC*
- *V době od 21:30 UTC do 22:00 UTC s platností 0:00-6:00“* [31]

9. Návrh obnovy techniky pro údržbu pohybové plochy na Letišti Václava Havla

V praktické části bakalářské práce jsou doporučeny vhodné modely strojů, které mají být na pražském letišti v následujících letech pořízeny v souladu s Koncepcí údržby ploch a obnovy mechanizace. Zároveň analyzuji možnosti využití autonomních vozidel určených k údržbě pohybové plochy v podmínkách Letiště Praha v dlouhodobějším časovém horizontu.

Letiště Václava Havla v Praze plánuje v následujících letech obměnit několik typů mechanizačních prostředků pro zimní údržbu letištní plochy. Pro podrobnou analýzu byly v práci vybrány čtyři nejdůležitější typy strojů pro zimní údržbu. Jedná se o kompaktní zametače ofukovače, širokozáběrové zametače ofukovače, letištní kontejnerové postřikovače a vysokorychlostní vysokokapacitní frézu. Jde o vozy, které jsou základem při provádění zimní

údržby RWY, TWY a APRONu. V bakalářské práci se zabývám návrhem modelů každého z poptávaných typů strojů, které vyhovují požadavkům pražského letiště, a na základě porovnání technických parametrů je doporučen nejvhodnější model v každé kategorii. Tyto vozy a jejich nástavby vyrábí několik renomovaných evropských výrobců. [32]

V této části práce se věnuji rozboru a porovnání technických parametrů strojů, které jsou momentálně na trhu k dispozici. Výstupem této práce je doporučení nejvhodnějšího modelu v každé kategorii. Ekonomické parametry nebylo možné analyzovat. Dodavatelé techniky, kteří se se svými stroji zúčastňují výběrových řízení, stanovují cenu individuálně každému odběrateli. Cena strojů nebyla předmětem porovnání. Údržba všech strojů, které slouží pro zimní údržbu na Letišti Václava Havla v Praze, probíhá přímo v garážích na pražském letišti. Náklady na údržbu tedy nejsou rozhodujícím parametrem, proto stejně jako cena vozů nejsou předmětem analýzy.

9.1 Současný a plánovaný stav techniky pro zimní údržbu pohybové plochy

Letiště Václava Havla v Praze disponuje pro zimní údržbu pohybové plochy následujícími stroji (Tabulka 2). V tabulce je uveden také plánovaný stav vozového parku k roku 2023.

Tabulka 2: Současný a plánovaný stav techniky pro zimní údržbu na pražském letišti [32]

Typ	**Stávající počet kusů**	**Plánovaný počet kusů**
Zametače ofukovače		
Širokozáběrový zametač ofukovač	9	13
Kompaktní zametač ofukovač	10	12
Tažený zametač ofukovač	2	0
Postřikovače a sypače		
Postřikovač jednoúčelový	2	2
Postřikovač kontejnerový	1	2
Sypač kontejnerový	1	0
Sněžné frézy		
Vysokokapacitní Kahlbacher	2	3
Středně kapacitní	3	3
Sněhová fréza nakládací	1	2

Typ	Stávající počet kusů	Plánovaný počet kusů
Proudové ofukovače		
Ofukovač kontejnerový	2	3
Ofukovač jednoúčelový	1	0
Nakladače		
Traktorbagr	1	1
Smykový nakladač	2	2
Kloubový manipulátor	1	1
Nákladní vůz s ramenem	0	1
Dozery (shrnovače)		
Dozer s čelní radlicí	0	1
Návěsy a přívěsy		
Velkoobjemový valník s výtlačným čelem	2	2
Traktory se zimním příslušenstvím		
Traktor s pluhem a kartáčem	15	15
Ostatní stroje pro zimní údržbu		
Unimog	3	3
Malotraktor Metrac	1	2
Multicar	1	1
City Cat 2020	1	1
Zařízení na rozpouštění sněhu	0	1

9.2 Kompaktní zametače ofukovače

Stroje kompaktní zametače ofukovače slouží na letišti především k údržbě APRONu. Vzhledem k menším rozměrům jsou vhodné pro úklid sněhu ve stísněnějších prostorech. Vozidla jsou vybavena radlicemi, které sníh odsunou na stranu. Radlice mohou být šípového nebo přímého typu. Radlice je konstruována tak, aby ji bylo možné zvedat a spouštět dle potřeby. Střední a těžké radlice bývají z důvodu vysoké hmotnosti vybaveny pojezdovými koly nebo opěrami. Sněhové pluhy se při práci obvykle pohybují poměrně vysokou rychlostí, a proto hrozí riziko poškození radlice při nárazu na pevnou překážku, kterou může být například námraza. Z tohoto důvodu musí být konstrukce radlice pro tyto případy dostatečně dimenzovaná. Rotační kartáč s přítlakem, kterým jsou kompaktní zametače ofukovače vybaveny, plochu očistí od zbytků sněhu, které zůstaly na vozovce po odsunutí sněhové vrstvy radlicí. Vozy mohou být vybaveny ofukováním kartáče, které zamezuje jeho nadměrnému

znečišťování, a zabraňuje usazování sněhu v prostoru mezi nápravami. Ofukovač v zadní části vozu dočistí povrch vozovky vysokotlakým proudem vzduchu, který je poté hnán na stejnou stranu jako je natočena radlice a kartáč. [33]

Do roku 2022 plánuje pražské letiště pořídit dva kompaktní zametače ofukovače. Celkem bude letiště provozovat 12 těchto strojů. U těchto vozů počítá pražské letiště s minimální životností 15 let. Všechny stroje popisované v této kapitole jsou jednoúčelové. Z tohoto důvodu je jejich využitelnost v letním období omezená.

V úvahu přicházejí stroje Aebi Schmidt CJS, Vammas CSB3600, Øveraasen RSC 250 a Zaugg P21 C.

9.2.1 Aebi Schmidt CJS

Kompaktní zametač ofukovač od firmy Aebi Schmidt byl navržen speciálně pro úklid sněhu z RWY, TWY a APRONu (Obrázek 12). Jako nosič nástavby může sloužit vůz Mercedes-Benz Arocs nebo MAN TGS. Délka vozu včetně sněhové radlice činí 12,2 m pro podvozek Mercedes-Benz nebo 12,3 m pro nosič MAN. Stroj dokáže díky válcovému kartáči a vysokotlakému proudu vzduchu vyčistit stopu širokou 3,56 m. Vůz disponuje dvěma motory. Hlavní pohonná jednotka pohání samotný vůz a dodává energii mechanizaci sněhové radlice. Přídavná motorová jednotka pohání hydraulický systém, rotační kartáč a ofukovač. Pracovní výšku kartáče lze měnit. Díky hydraulice je možné zametací systém zvedat nebo spouštět níž. Válcový kartáč je široký 4,2 m. Vysokotlaký ofukovací systém je umístěn v zadní části vozidla těsně nad povrchem vozovky, aby bylo zabezpečeno účinné vysušení a očištění povrchu. Stroj CJS umožňuje provádět údržbu pohybové plochy až do rychlosti 60 km/h. Palivová nádrž má kapacitu 600 l. Vůz bez dotankování paliva vydrží 8 až 10 hodin v provozu. [34]

Společnost Aebi Schmidt nabízí také model CJS-DI, který je vybaven systémem pro dávkování posypového materiálu, umístěným pod zadním nárazníkem vozu. Ofukovač je přemístěn před zadní nápravu. [34]

Obrázek 12: Aebi Schmidt CJS [34]

9.2.2 Vammas CSB3600

Dalším strojem, který při úklidu letištní pohybové plochy dokáže současně odhrnovat sníh, čistit povrch vozovky kartáčem a dočišťovat pohybovou plochu pomocí vysokotlakého proudu vzduchu, je Vammas CSB 3600 (Obrázek 13). Základem je vůz Mercedes-Benz Actros. Stroj včetně připevněné radlice dosahuje celkové délky 11,795 m. Délka zametacího zařízení činí 4,25 m. Při natočení kartáče o 35° je vyčištěná stopa široká 3,44 m. Průměr válcového kartáče činí 940 mm. Kartáč je podepřen dvěma menšími koly a přítlak k vozovce je zajištěn automaticky. Průtok vzduchu ofukovacím systémem je 8,5 m^3/s a dosahuje rychlosti až 400 km/h. Výrobce udává doporučenou pracovní rychlosti stroje v rozmezí 40 až 60 km/h. [35]

Obrázek 13: Vammas CSB3600 [35]

9.2.3 Øveraasen RSC 250

Stroj Øveraasen RSC 250 je dalším kompaktním zametačem ofukovačem navrženým pro údržbu pohybové plochy letiště (Obrázek 14). Nástavba je uložena na podvozku Mercedes-Benz Arocs 2036 nebo Scania. Výkon motoru činí 260 kW. Palivová nádrž pojme 800 l paliva. Vůz je vybaven válcovým kartáčem o průměru 950 mm. Délka kartáče činí v závislosti na objednané verzi 4,16 m nebo 4,576 m. Při plné pracovní rychlosti 65 km/h dokáže tento kompakt uklidit až 273 000 m^2/h pohybové plochy. Ofukovačem může protékat vzduch o objemu 11,1 m^3/s rychlostí až 540 km/h. [36]

Obrázek 14: Øveraasen 250 [36]

9.2.4 Zaugg P21 C

Stroj P21 C od švýcarské společnosti Zaugg nabízí možnost natáčení zadní nápravy, která umožňuje velmi dobrou manévrovatelnost (Obrázek 15). Jako podvozek mohou být použity vozy různých značek, například MAN nebo Mercedes-Benz. Motor vozu splňuje starší emisní limit Euro 4. Palivová nádrž stroje pojme 600 l. Válcový kartáč o průměru 915 mm dosahuje šířky 4,2 m. Kartáčový systém a ofukovač jsou řízeny hydrostaticky. Model Zaugg P21 C disponuje velmi výkonným ofukovačem, který urychlí proud vzduchu až na rychlost 600 km/h. Ofukovací tryska je umístěna mezi válcovým kartáčem a zadní nápravou vozu. Výrobce udává, že stroj zvládne vyčistit 145 000 m^2/h pohybové plochy. [37, 38]

Obrázek 15: Zaugg P21 C [38]

9.2.5 Doporučení nejvhodnějšího modelu kompaktního zametače ofukovače

V následující tabulce jsou pro srovnání uvedeny nejdůležitější technické parametry dostupných strojů v této kategorii (Tabulka 3).

Tabulka 3: Porovnání technických parametrů navržených kompaktních zametačů ofukovačů

	Aebi Schmidt CJS	**Vammas CSB3600**	**Øveraasen RSC 250**	**Zaugg P21 C**
Výkon motoru [kW]	235	280	260	260
Délka vozu včetně sněhové radlice [m]	12,2 Mercedes-Benz 12,3 MAN	11,795	9,715	9,4
Šířka radlice [m]	5,734	5,63	Není k dispozici	5,6 / 6
Šířka válcového kartáče [m]	4,2	4,25	4,16 / 4,576 *	4,2
Šířka čisté stopy za vozidlem [m]	3,56	3,6	3,6 / 4,2 **	3,64
Maximální pracovní rychlost [km/h]	60	60	65	40

* V závislosti na použitém typu válcového kartáče
** V závislosti na použité konfiguraci sněhové radlice a válcového kartáče

Vozy Aebi Schmidt CJS, Vammas CSB3600 a Zaugg P21 C mají velmi podobné technické parametry. Jedinými výraznějšími rozdíly mezi těmito stroji jsou jejich délka s nasazenou sněhovou radlicí a výkon motoru. Stroje mají podobnou maximální pracovní rychlost okolo 60 km/h kromě modelu Zaugg P21 C, který se při údržbě pohybové plochy dokáže pohybovat rychlostí maximálně 40 km/h. Vzhledem k tomu, že na pražském letišti se úklidová kolona při průjezdu RWY pohybuje rychlostí zhruba 45 km/h, by nebyl problém ani s tímto vozem. Rychlost kolony úklidové čety na RWY na Letišti Václava Havla je omezena kvůli maximální pracovní rychlosti vysokokapacitní frézy. Stroj od výrobce Øveraasen však disponuje nejlepšími technickými parametry a největší účinností úklidu. V případě konfigurace s nejdelším válcovým kartáčem a sněhovou radlicí dokáže uklidit nejširší stopu během jednoho průjezdu. Navíc má tento model velmi výkonný ofukovací systém. Z těchto důvodů vychází jako nejvhodnější stroj v této kategorii vůz RSC 250 od společnosti Øveraasen.

9.3 Širokozáběrové zametače ofukovače

Širokozáběrové zametače ofukovače jsou na pražském letišti využívány především ve skupině RWG. Od kompaktních zametačů ofukovačů se liší především širší sněhovou radlicí a výkonnějším ofukovacím systémem. Rotační kartáč také dosahuje větších rozměrů. Tyto stroje proto odklidí jedním průjezdem širší stopu. Jsou vhodnější na úklid rozlehlých ploch bez většího množství překážek, jakými jsou na letišti RWY a TWY.

Do roku 2021 by na pražském letišti měly do flotily vozů zimní údržby přibýt další dva širokozáběrové zametače ofukovače, které by sloužily při úklidu RWY a TWY. V této kategorii jsou k dispozici vozy Boschung Jetbroom 9000A, Aebi Schmidt TJS/TJS-C, Øveraasen RSC 400 a Zaugg P21 CS. Vozy Boschung, Øveraasen a Zaugg jsou ve formě kompaktu. Stroj značky Aebi Schmidt je navržen jako tažený. [32]

9.3.1 Boschung Jetbroom 9000A

Širokozáběrový kompaktní zametač ofukovač Boschung Jetbroom 9000A je postaven na podvozku Mercedes-Benz se dvěma nebo třemi nápravami (Obrázek 16). Vůz je vybaven pohonem všech kol a automatickou převodovkou, která umožňuje provoz stroje i ve velmi nepříznivých meteorologických podmínkách. Díky speciálně navržené nástavbě je výhodou nízko položené těžiště, které snižuje riziko převrácení stroje. Údržbu vozu ulehčuje centrální mazací systém pro motor stroje i připojené příslušenství. Válcový kartáč a pluh mohou mít různou šířku v závislosti na požadavcích zákazníka. Pro velká letiště je nejvhodnější konfigurací vůz s radlicí o šířce 8,4 m a kartáčem širokým 6 m. Radlice může být vybavena skládacím mechanismem pro usnadnění přesunu po letišti. Ofukovací systém umožňuje přívod vzduchu před kartáč nebo mezi kartáč a zadní nápravu nebo za zadní část stroje, příp. kombinaci těchto možností. [39]

Pražské letiště používá několik strojů Jetbroom 9000A, které jsou vybaveny ofukováním nejen za zadním nárazníkem, ale také před rotačním kartáčem. Vzduch vháněný před kartáčový systém zamezuje nadměrnému znečišťování zametacího zařízení a odpadávání zbytků sněhu usazeného v prostoru mezi nápravami vozu na čištěnou vozovku. Stroj je možné objednat s velkým množstvím příslušenství. Jedná se například o hadici na manuální odsávání drobných nečistot z pohybové plochy nebo dávkovací systém odmrazovacího materiálu. Vůz může rozprašovat tekutý nebo inertní rozmrazovací materiál pomocí trubice umístěné za zadním nárazníkem vozu nebo prostřednictvím rotujícího disku. Tento víceúčelový stroj je možné používat v zimě a v omezeném režimu také v létě. V letním období může vůz provádět čištění pohybové plochy pomocí připevnitelné lišty rozprašující vodu, sběr kovových úlomků

z pohybové plochy prostřednictvím magnetické lišty nebo odgumování. Vzhledem k vysoké spotřebě paliva je neefektivní provádět s tímto vozem čištění dráhy. Odgumovací zařízení funguje na principu postřiku vrstvy gumy chemickým činidlem a následným odsátím tekutiny včetně kousků gumy. Na pražském letišti by se tento způsob dal použít pouze v případě okamžité potřeby odgumování. Běžně jsou zde odgumovací práce prováděny pomocí vysokotlakého proudu vody. [39]

Obrázek 16: Boschung Jetbroom 9000A [39]

9.3.2 Aebi Schmidt TJS/TJS-C

Společnost Aebi Schmidt nabízí širokozáběrové zametače ofukovače ve třech variantách. Model TJS se dodává buď jako návěs k tahači nebo jako přívěs připojitelný za nákladní vůz nebo za traktor pomocí tažné tyče. Model TJS-C je ve formě kompaktního vozu, dodávaného buď na podvozku Mercedes-Benz nebo Volvo. [40]

Nevýhodou první varianty je skutečnost, že ke stroji je třeba zakoupit ještě tahač. Proto se zdá být výhodnější pořídit širokozáběrový zametač ofukovač formou čtyřkolového přívěsu, který je možné tahat za traktorem, který má pražské letiště k dispozici. Případně je možné využít jakékoliv nákladní vozidlo, které má dostatečný výkon pro jízdu s tímto přívěsem, a je vybaveno požadovaným systémem spojení s přívěsem. Pro pražské letiště se jeví jako nejlepší varianta stroje Aebi Schmidt model TJS-C, který se dodává jako celek včetně tažného vozu, který je pevně propojen s nástavbou. Dále v textu je už uvažováno pouze s modelem TJS-C, který se pro pražské letiště jeví jako nejvhodnější. [40]

Šířka válcového kartáče záleží na vybrané konfiguraci. Pohybuje se mezi 4,2 m a 6,3 m. Šířka sněhové radlice může být od 5,6 m do 8 m. Pokud je nasazena nejširší radlice, vyčištěná stopa za vozidlem dosahuje šířky 6,78 m. [40]

9.3.3 Øveraasen RSC 400

Stroj Øveraasen RSC 400 je širokozáběrový zametač ofukovač (Obrázek 17). Jde o největší model určený k údržbě letištní pohybové plochy v nabídce společnosti Øveraasen. Může být použita kabina Mercedes-Benz nebo Scania. Motor vozu dosahuje výkonu 320 kW. Maximální kapacita palivové nádrže činí 1000 l. Stroj dosahuje délky 13,5 m bez nainstalované sněhové radlice. Rotační kartáč o průměru 1 170 mm je široký 6,24 m. Pokud je použit pluh Øveraasen EP 6, vyčistí stroj jedním průjezdem stopu širokou 4,538 m. U pluhu Øveraasen EP 9 je čistá stopa široká 6,81 m. Vůz zvládne vyčistit za hodinu 330 000 m^2 pohybové plochy. Pracovní rychlost se pohybuje v rozmezí 20 až 60 km/h. Průtok vzduchu ofukovacím systémem činí až 11,1 m^3/s. Vzduch dosahuje rychlosti až 540 km/h. [41]

Obrázek 17: Øveraasen RSC 400 [41]

9.3.4 Zaugg P21 CS

Vozidlo Zaugg P21 CS je vybaveno pohonem všech kol (Obrázek 18). Manévrovatelnost je usnadněna díky řiditelnosti obou náprav. Vůz je poháněn motorem o výkonu 315 kW splňujícím emisní normu Euro 4. Nádrž pojme 500 l paliva. Maximální pracovní rychlost stroje činí 50 km/h. Za hodinu dokáže tento model provést údržbu na pohybové ploše o výměře 267 000 m^2. Válcový kartáč s průměrem 915 mm je široký 6 m. Proud vzduchu v ofukovacím

systému dosahuje rychlosti až 600 km/h. Ofukovač je umístěn mezi kartáč a zadní nápravu a dále v zadní části stroje. V závislosti na použité sněhové radlici je šířka pluhu 5,6 m nebo 6 m. [42]

Obrázek 18: Zaugg P21 CS [42]

9.3.5 Možnosti využití autonomních širokozáběrových zametačů ofukovačů

Zajímavou alternativou ke klasickým širokozáběrovým zametačům ofukovačům jsou autonomní vozidla, která mohou provádět stejné činnosti jako konvenční vozy s řidiči. Uvedení samořiditelných vozů do provozu se zatím jeví jako jednodušší v uzavřených areálech, jakými mohou být například letiště nebo areály firem. Nemůže zde nastat tak široké spektrum mimořádných situací jako na běžné silnici, kde se vyskytují především neprofesionální řidiči, dále chodci, cyklisté nebo děti. Vývojem autonomních strojů pro zimní údržbu letištní plochy se intenzivně zabývají společnosti Mercedes-Benz a Yeti Snow Technology.

Nasazení autonomních strojů do provozu by přineslo mnoho výhod. Tou nejvýznamnější by byla úspora lidských pracovních sil. Dalšími přednostmi jsou mnohem větší přesnost při pohybu po letištní ploše a možnost okamžité reakce na nepříznivou předpověď počasí. Autonomní vozy jsou řízeny buď dálkově nebo celý konvoj strojů organizuje řidič z čelního vozu kolony. Tím by se předešlo zdržení při výjezdu z garáží způsobeného čekáním na řidiče. V případě poruchy autonomních vozidel mohou být přepnuty do plně manuálního režimu a pak vozy fungují stejně jako konvenční stroje.

Mezi hlavní nevýhody autonomního úklidu pohybové plochy patří komplikovanější koordinace průjezdu kolony po pohybové ploše. V případě, že vozy ovládají řidiči, přizpůsobují rychlost jízdy a rozestupy mezi jednotlivými stroji v koloně aktuálním podmínkám na dráze. Když je sněhová vrstva vyšší, musí se radlice strojů překrývat o více než 50 cm, aby tíha sněhu nepůsobila vozům problémy. Pořizovací náklady na takové stroje by pravděpodobně byly vyšší, než je tomu u klasických modelů. Před nasazením autonomních vozidel by do nich musely být nejprve nahrány trasy, kterými by vozy během úklidu projížděly, aby bylo zajištěno, že se stroje nevychýlí mimo pohybovou plochu.

9.3.6 Doporučení nejvhodnějšího modelu širokozáběrového zametače ofukovače

V následující tabulce jsou porovnány nejdůležitější technické parametry širokozáběrových zametačů ofukovačů (Tabulka 4).

Tabulka 4: Porovnání technických parametrů navržených širokozáběrových zametačů ofukovačů

	Boschung Jetbroom 9000A	**Aebi Schmidt TJS-C**	**Øveraasen RSC 400**	**Zaugg P21 CS**
Výkon motoru [kW]	320	280 - 315 *	320	315
Šířka radlice [m]	6,4 – 8,4 **	5,6 – 8	Není k dispozici	5,6 / 6
Šířka válcového kartáče [m]	4,2 – 6 ***	4,2 – 6,3	6,24	6
Šířka čisté stopy za vozidlem [m]	6,4 – 7,1	6,78	4,538 / 6,81 **	5,088
Maximální pracovní rychlost [km/h]	Není k dispozici	60	65	50

* V závislosti na typu podvozku
** V závislosti na použitém typu radlice
*** V závislosti na použitém typu válcového kartáče

Na základě porovnání nejdůležitějších technických parametrů vychází pro pražské letiště jako nejvhodnější stroj Boschung Jetbroom 9000A. Tento vůz disponuje nejširší radlicí. Dokáže během jednoho průjezdu pohybovou plochou odklidit nejširší stopu z porovnávaných vozidel. Motor, který pohání stroj Jetbroom 9000A, je s výkonem 320 kW silnější než motory vozů Aebi Schmidt a Zaugg. Navíc vůz umožňuje celoroční použití. Spektrum prací, na které může být nasazen, je velmi široké. Vůz může sloužit i jako alternativa při okamžité potřebě odgumování. To by pro pražské letiště bylo velkým přínosem, protože současný letištní odgumovací stroj Track Jet s hnací jednotkou Unimog 500 je zastaralý a pro práci na RWY není příliš vhodný. K vozu Jetbroom 9000A je možné dokoupit velké množství příslušenství, které dále rozšiřuje záběr prací, ke kterým může být stroj použit. Jako velmi zajímavé se jeví možnost sběru FOD na RWY pomocí magnetické přední lišty a čištění povrchové vody proudem vody. Stroje od společnosti Boschung se již na pražském letišti používají, proto by s pořízením dalšího stroje této značky mohlo dojít k ušetření finančních prostředků díky společnému nákupu náhradních dílů na nově pořízené a starší vozy Boschung, na které by mohla být poskytnuta množstevní sleva.

9.4 Letištní postřikovač

K posypu pohybové plochy se používají chemické materiály, které působí na sněhovou vrstvu chemickou reakcí. Mimo pohybovou plochu je možné k posypu využívat inertní materiály, které povrch pouze zdrsňují. Stroje pro postřik pohybové plochy mohou být vybaveny radlicí. K dávkování inertního posypového materiálu se nejčastěji používá rotující hladký kotouč opatřený žebry, do jehož středu materiál dopadá a dále je odstředivou silou vrhán směrem k obvodu kotouče a na povrch pohybové plochy. Nevýhodou tohoto typu je přesnost dávkování. [33]

Pro chemické ošetření pohybové plochy na pražském letišti slouží postřikovače, kde k dávkování rozmrazovací kapaliny slouží ramena, po jejichž délce jsou rozmístěny trysky, a lišta umístěná v zadní nebo střední části vozu. Tento způsob postřiku umožňuje přesné rozložení dávky na pohybovou plochu. Pro potřeby letiště jsou nejvhodnější stroje s rozkládacími rameny, protože šíře postřiku je variabilní. [32]

Do konce roku 2019 by měl proběhnout výběr nového letištního kontejnerového postřikovače s rameny o délce cca 25 m, který by měl sloužit u pracovní skupiny GWG. V případě poruchy jedné ze tří kropic bude nadále možné uklidit RWY během jedné jízdy pomocí dvou zbylých provozuschopných kropic. Nákup kropice s rameny o délce 45 m, která by dokázala provést úklid RWY během jedné jízdy se ukázal jako nevýhodný. Tato kropice by neumožňovala udržovat TWY a ostatní plochy, protože ramena by byla příliš široká. Navíc by bylo nutné

rozložit ramena do plné šířky až při vjezdu na RWY. Samotné rozložení trvá 2 až 3 minuty. Prodloužilo by tedy údržbu RWY o 4 až 6 minut. Z těchto důvodů je výhodnější nasadit na údržbu dráhy dvě kropice s užšími rameny. [32]

Pro nákup nového postřikovače s rameny cca 25 m dlouhými je dalším důležitým parametrem možnost bočního dostřiku, který by částečně nahradil aplikaci rozmrazovacího postřiku pomocí rozkládacích ramen. Ta by totiž v prostoru stání mohla poškodit letadla a letištní zařízení. Letiště provozuje několik postřikovačů, z toho některé jsou jednoúčelové. Nové vozidlo by mělo mít kontejnerovou nástavbu, aby ho bylo možné na letní sezonu osadit jinou nástavbou, např. vanou pro přepravu sypkého materiálu v rámci stavebních prací na letišti. V této kategorii letištních vozidel přicházejí v úvahu vozy Boschung SDA M2, Giletta CLA-BU a Aebi Schmidt ASP24. [32]

9.4.1 Boschung SDA M2

Stroj Boschung SDA M2, který je vyráběn ve spolupráci se společností Küpper-Weisser, umožňuje přepravu sypkého nebo tekutého odmrazovacího materiálu (Obrázek 19). Vůz je osazen nádobou o kapacitě 4 m^3 až 10 m^3 sypkého posypu. Maximální objem nádrže na odmrazovací kapalinu činí 20 000 l. V závislosti na vybraném typu podvozku může být stroj vybaven dodatečnými nádržemi na kapalný odmrazovací materiál. Šířka dostřiku je variabilní od 3 m do 30 m. Postřik je možné provádět nejen při plném vysunutí ramen, ale také v částečně složeném stavu. Dodatečný postřik umožňuje lišta umístěná v zadní části vozu, kterou je možné vybavit bočním dostřikem. V případě, že by vůz sloužil k posypu inertními materiály, je možné na něj nainstalovat rotující kotouče. Stroj umožňuje dávkování maximálně 50 g/m^2. [43]

Obrázek 19: Boschung SDA M2 [43]

9.4.2 Giletta CLA-BU

Stroj italské výroby Giletta CLA-BU umožňuje postřik pouze odmrazovacími kapalinami (Obrázek 20). Látka je aplikována prostřednictvím ramen, která mohou dosahovat šířky 24 m nebo 30 m v závislosti na objednané konfiguraci stroje. Pokud jsou ramena úplně složena, je možné odmrazovací tekutinu aplikovat pomocí lišty. Šířka dostřiku je v takovém případě 10,5 m. Výhodou je možnost postřiku i při částečném složení ramen stroje. Tento způsob použití společně s lištou s bočními dostřiky by se nejvíce využil při údržbě APRONu, kde hrozí poškození letadel a letištních zařízení při průjezdu stroje s plnou délkou ramen. [44]

Obrázek 20: Giletta CLA-BU [44]

9.4.3 Aebi Schmidt ASP24

Nástavba ASP24 od společnosti Aebi Schmidt obsahuje dvě nádrže celkem na 4 500 l rozmrazovacích látek (Obrázek 21). Nástavbu je možné z vozidla odmontovat a na podvozek lze nasadit jinou nástavbu. K aplikaci rozmrazovací látky slouží nízkotlaké trysky umístěné na hydraulicky ovládaných ramenech. Dávkování je regulováno automaticky v závislosti na pracovní rychlosti stroje, která může dosahovat až 45 km/h. Maximální šířka postřiku činí 24 m. Ramena jsou však variabilní, a mohou sloužit k postřiku i v částečně složeném stavu. Výhodou je skutečnost, že složení ramen do transportní polohy trvá méně než 30 s, a může být prováděno za jízdy. Konce ramen v rozloženém stavu mohou být zvednuty v případě, že by hrozila srážka s překážkou. Stroj je vybaven ještě lištou s pracovním záběrem 3,5 m, která umožňuje provádět boční dostřik. Trysky jsou nad vozovkou ve výšce cca 30 cm, což zabraňuje nepřesné aplikaci například v důsledku větru. Vozidlo umožňuje dávkování maximálně 50 g/m^2. [45, 46]

Obrázek 21: Aebi Schmidt ASP24 [46]

9.4.4 Doporučení nejvhodnějšího modelu letištního postřikovače

V následující tabulce jsou porovnány technické parametry letištních kontejnerových postřikovačů (Tabulka 5).

Tabulka 5: Porovnání technických parametrů navržených letištních postřikovačů

	Boschung SDA M2	**Giletta CLA-BU**	**Aebi Schmidt ASP24**
Maximální šířka ramen [m]	30	24 / 30 *	24
Objem nádrže na odmrazovací prostředky [l]	20 000	Není k dispozici	4 500
Boční dostřik	Ano	Ano	Ano

* V závislosti na použitém typu ramen

Technické parametry porovnávaných postřikovačů jsou podobné. Všechny tři stroje splňují základní požadavky pražského letiště na to, aby nástavby byly kontejnerového typu, a aby stroje umožňovaly aplikaci rozmrazovací kapaliny prostřednictvím zadní lišty s bočním

dostřikem. Tento způsob postřiku je vhodný zejména pro manévrování ve stísněnějších prostorech v oblasti stojánek a nástupních mostů. Stroje zároveň disponují širokými rozkládacími rameny, takže je možné jejich použití při údržbě TWY a RWY. Stroj Boschung SDA M2 má výhodu v tom, že dokáže aplikovat i inertní posypové materiály. Ty se ale používají především v oblasti LANDSIDE, a nikoliv na pohybové ploše letiště. Navíc disponuje nádrží na odmrazovací kapalinu o objemu až 20 000 l, což je výrazně více, než nabízí stroj Aebi Schmidt ASP24. Vozidlo Giletta CLA-BU má pracovní záběr lišty 10,5 m. Ve srovnání se strojem značky Aebi Schmidt je hodnota tohoto parametru vyšší. Vůz ASP24 však tento nedostatek kompenzuje šířkou dostřiku 14 m při částečném složení ramen. Všechny stroje nabízejí více možností šířky dostřiku. V této kategorii je rozhodujícím parametrem objem nádrže na odmrazovací kapalinu. Jako nejvhodnější stroj pro pražské letiště se jeví vozidlo Boschung SDA M2.

9.5 Vysokokapacitní frézy

Na základě rozboru zvládnutí kalamitní situace v únoru 2019 bylo na pražském letišti rozhodnuto o pořízení třetí vysokorychlostní vysokokapacitní frézy, která bude sloužit jako nakládací fréza pro odhazování valů v prostoru APRONu. Dále bude využívána ve skupině RWG při poruše některé ze zbylých fréz. Fréza bude sloužit pro nakládání sněhu na návěsy Shub Max. [32]

Podmínkám pražského letiště vyhovuje pouze stroj Kahlbacher KFS 170 M2, který dokáže odklidit sněhový val až do výšky 2,9 m. Pro použití stroje v úklidovém konvoji na RWY je zásadní pracovní rychlost. Vzhledem k tomu, že stroje se po RWY pohybují rychlostí cca 45 km/h, je třeba aby fréza dosahovala minimálně této rychlosti. [47]

Vzhledem k tomu, že v této kategorii není k dispozici žádný jiný srovnatelný stroj, není porovnání, ani doporučení nejvhodnějšího vozu možné.

10. Závěr

Údržba pohybové plochy je pro letiště jednou z nejdůležitějších činností. Stroje musí být schopné reagovat na jakékoliv meteorologické podmínky, které mohou na letišti nastat. Součástí této bakalářské práce je vysvětlení vlivů nejdůležitějších meteorologických jevů na údržbu letištní plochy. V práci jsou popsány postupy zimní a letní údržby na Letišti Václava Havla v Praze. Pro bezpečný provoz letadel je důležité, aby byla plocha vždy správně ošetřená. Údržba letištní plochy nespočívá jen v úklidu po sněžení nebo jiných meteorologických jevech, ale především v předcházení vzniku nebezpečných situací, které

mohou nastat například při náhlém nebo prudkém poklesu teploty pod 0 °C. OJ Údržba ploch proto úzce spolupracuje s meteorology, kteří počasí na letišti předpovídají.

Cílem této bakalářské práce bylo nalezení možností zvýšení efektivity údržby pohybové plochy na Letišti Václava Havla v Praze v závislosti na meteorologických podmínkách. Na základě analýzy technických parametrů strojů byly doporučeny nejvhodnější modely vozidel pro zimní údržbu pohybové plochy na pražském letišti. Výběr kategorií strojů pro porovnání vycházel z dokumentu Koncepce údržby ploch a obnovy mechanizace. Na základě tohoto dokumentu byly vybrány čtyři typy strojů, které bude pražské letiště v horizontu čtyř let pořizovat. Jedná se o kompaktní zametač ofukovač, širokozáběrový zametač ofukovač, letištní kontejnerový postřikovač a vysokorychlostní vysokokapacitní frézu. Následně byla provedena analýza trhu strojů pro zimní údržbu letištní plochy. Výstupem průzkumu byl výběr vozidel v každé ze čtyř kategorií, která svými technickými parametry splňují požadavky pražského letiště. Každý z těchto strojů byl popsán a formou tabulky byly porovnány klíčové technické parametry strojů. Na základě srovnání strojů z technického a praktického hlediska byl doporučen nejvhodnější stroj v každé kategorii.

Finanční stránku pořízení strojů nebylo možné analyzovat. Výrobci stanovují ceny za vozidla zimní údržby individuálně každému zákazníkovi a ceníky nezveřejňují. Náklady na údržbu nebo náhradní díly taktéž nejsou předmětem této práce, protože údržbu mechanizace si provádí letiště vlastními silami.

Další část bakalářské práce je věnována možnostem využití autonomních strojů pro zimní údržbu pohybové plochy na letišti. V současné době se vývojem těchto vozidel zabývají dvě společnosti – Mercedes-Benz a Yeti Snow Technology. Oba projekty jsou momentálně ve fázi testování. Firma Mercedes-Benz testuje své autonomní vozy na německém letišti Pferdsfeld a jeden z testů uskutečnila i na letišti Frankfurt am Main. Norský projekt Yeti Snow Technology je v pokročilejší fázi testování, kdy dva autonomní stroje byly během zimní sezony 2018/2019 součástí flotily zimní údržby na mezinárodním letišti Oslo Gardermoen. Byly tedy nasazeny v plném reálném provozu. Výsledky analýzy tohoto testu zatím nejsou k dispozici.

Vývoj strojů pro zimní údržbu bude čím dál více směřovat k autonomnímu řízení. Stroje, které ke své činnosti nepotřebují řidiče, by byly pro letiště výhodné. Při zimní pohotovosti by mohl být snížen počet potřebného personálu. Navíc autonomní stroje se po pohybové ploše pohybují s velmi vysokou přesností, jaké řidič nikdy nemůže dosáhnout. Především v oblasti legislativy je však nasazení plně autonomních vozů do provozu zatím nedořešené.

Pražské letiště se na nástup autonomních technologií začíná připravovat. Plánuje v horizontu několika let pořídit autonomní minibus, který by přepravoval cestující mezi terminály. Nasazení

minibusu však brání kromě legislativních problémů také nevhodná infrastruktura veřejné části letiště.

Využití autonomních strojů na pohybové ploše je ve srovnání s jejich provozem na veřejných komunikacích jednodušší, protože se zde pohybují pouze profesionální řidiči. Problematikou autonomních strojů pro zimní údržbu se pražské letiště zatím nezabývalo a pořízení těchto vozů není zmíněno ani v Koncepci údržby ploch a obnovy mechanizace. Proto by bylo vhodné se vedle pořízení doporučených konvenčních strojů zaměřit také na možnost využití autonomních vozů pro zimní údržbu pohybové plochy.

11. Seznam obrázků

Obrázek 1: Mapa Letiště Václava Havla v Praze [7]

Obrázek 2: Průměrné měsíční teploty vzduchu [9]

Obrázek 3: Autonomní vůz GM Firebird III [13]

Obrázek 4: Palubní deska autonomního vozidla VaMoRs [15]

Obrázek 5: Palubní deska autonomního vozidla Mercedes-Benz třídy S [13]

Obrázek 6: Platooning osobního a nákladního vozidla značky Volvo [24]

Obrázek 7: Platooning dvou nákladních vozidel značky MAN [25]

Obrázek 8: Konvoj autonomních strojů pro zimní údržbu Mercedes-Benz Arocs [29]

Obrázek 9: Palubní deska vozu Mercedes-Benz Arocs v režimu autonomní jízdy [29]

Obrázek 10: Pořadí očišťování pohybové plochy v případě používání RWY 24 [31]

Obrázek 11: Optimální složení kolony MMP při úklidu RWY [31]

Obrázek 12: Aebi Schmidt CJS [34]

Obrázek 13: Vammas CSB3600 [35]

Obrázek 14: Øveraasen 250 [36]

Obrázek 15: Zaugg P21 C [38]

Obrázek 16: Boschung Jetbroom 9000A [39]

Obrázek 17: Øveraasen RSC 400 [41]

Obrázek 18: Zaugg P21 CS [42]

Obrázek 19: Boschung SDA M2 [43]

Obrázek 20: Giletta CLA-BU [44]

Obrázek 21: Aebi Schmidt ASP24 [46]

12. Seznam tabulek

Tabulka 1: Porovnání vybraných meteorologických parametrů v jednotlivých obdobích [8]

Tabulka 2: Současný a plánovaný stav techniky pro zimní údržbu na pražském letišti [32]

Tabulka 3: Porovnání technických parametrů navržených kompaktních zametačů ofukovačů

Tabulka 4: Porovnání technických parametrů navržených širokozáběrových zametačů ofukovačů

Tabulka 5: Porovnání technických parametrů navržených letištních postřikovačů

13. Použité zdroje

[1] ENDRŠTOVÁ, Michaela. *Žluté auto na Ruzyni hlídá, aby to letadlům neklouzalo.* In: *idnes.cz* [online]. 24.7.2017. [cit. 2019-02-15]. Dostupné z: https://www.idnes.cz/praha/zpravy/mereni-brzdne-ucinky-ruzyne-letistni-draha-specialni-auto-koeficient-treni-jan-kadlec.A170427_2321883_praha-zpravy_nub

[2] ČESKÁ METEOROLOGICKÁ SPOLEČNOST. Elektronický meteorologický slovník [online]. [cit. 2019-07-29]. Dostupné z: http://slovnik.cmes.cz/

[3] DVOŘÁK, Petr. *Letecká meteorologie 2017*. Cheb: Svět křídel, 2017. ISBN 978-80-7573-014-5

[4] *L 14 Letiště* [online]. MINISTERSTVO DOPRAVY ČR: Úřad pro civilní letectví, 2009, ročník 2018, 641/2009-2009-220-SP/4. [cit. 2019-04-18]. Dostupné také z: https://aim.rlp.cz/predpisy/predpisy/dokumenty/L/L-14/data/print/L-14_cely.pdf

[5] LETIŠTĚ PRAHA. *Letiště Václava Havla Praha i nadále roste: Rok 2018 byl opět ve znamení vyššího počtu cestujících i destinací, tisková zpráva* [online]. Praha, 15.1.2019. [cit. 2019-01-21]. Dostupné z: https://www.prg.aero/letiste-vaclava-havla-praha-i-nadale-roste-rok-2018-byl-opet-ve-znameni-vyssiho-poctu-cestujicich-i

[6] LETIŠTĚ PRAHA. *Letiště Praha odbavilo v prvním pololetí letošního roku o 5 % cestujících více než vloni, tisková zpráva* [online]. Praha, 24.7.2019. [cit. 2019-07-30]. Dostupné z: https://www.prg.aero/letiste-praha-odbavilo-v-prvnim-pololeti-letosniho-roku-o-5-cestujicich-vice-nez-vloni

[7] AIR NAVIGATION SERVICES OF THE CZECH REPUBLIC. *LKPR – Praha Ruzyně, AIP* [online]. Praha, 2016. [cit. 2019-02-21]. Dostupné z: https://aim.rlp.cz/ais_data/www_main_control/frm_cz_aip.htm

[8] ČESKÝ HYDROMETEOROLOGICKÝ ÚSTAV. *Denní data – Praha Ruzyně* [online]. [cit. 2019-03-05]. Dostupné z: http://portal.chmi.cz/historicka-data/pocasi/denni-data#

[9] ČESKÝ HYDROMETEOROLOGICKÝ ÚSTAV. *Měsíční data – Praha Ruzyně* [online]. [cit. 2019-03-05]. Dostupné z: http://portal.chmi.cz/historicka-data/pocasi/mesicni-data#

[10] MINISTERSTVO DOPRAVY. *Akční plán autonomního řízení* [online]. [cit. 2019-03-15]. Dostupné z: http://amsp.cz/wp-content/uploads/2019/02/Ak%C4%8Dn%C3%AD-pl%C3%A1n-autonomn%C3%ADho-%C5%99%C3%ADzen%C3%AD-ma_KORNB8UGXNR8.pdf

[11] BUREŠ, David. *Úrovně autonomních aut. Jaký je mezi nimi rozdíl? A která fáze je opravdu auto bez řidiče?* In: *auto.cz* [online]. 27.3.2018. [cit. 2019-03-15]. Dostupné z: https://www.auto.cz/urovne-autonomnich-aut-jaky-je-mezi-nimi-rozdil-a-ktera-faze-je-opravdu-auto-bez-ridice-120259

[12] TESLAFAN. *Historie autonomního řízení I – od dálkového ovládání k inteligentním silnicím* [online]. 23.1.2018. [cit. 2019-05-05]. Dostupné z: https://www.teslafan.cz/clanky/historie-autonomniho-rizeni-i-od-dalkoveho-ovladani-k-inteligentnim-silnicim

[13] KILIÁN, Karel. *Samořídicí auto jezdilo po silnicích už v roce 1993. Nemělo radar ani GPS*. In: *zive.cz* [online]. 23.10.2018. [cit. 2019-03-24]. Dostupné z: https://www.zive.cz/clanky/samoridici-auto-jezdilo-po-silnicich-uz-v-roce-1993-nemelo-radar-ani-gps/sc-3-a-195526/default.aspx

[14] TESLAFAN. *Historie autonomního řízení II - od inteligentních silnic k inteligentním autům* [online]. 29.1.2018. [cit. 2019-03-26]. Dostupné z: https://www.teslafan.cz/clanky/historie-autonomniho-rizeni-ii-od-inteligentnich-silnic-k-inteligentnim-autum

[15] THIEL, Wade. *The VaMoRs was the world's first real-deal autonomous car.* In: *web2carz.com* [online]. 28.2.2017. [cit. 2019-03-30]. Dostupné z: https://www.web2carz.com/autos/car-tech/6396/the-vamors-was-the-worlds-first-real-deal-autonomous-car

[16] WIRED. *A brief history of autonomous vehicle technology* [online]. [cit. 2019-03-30]. Dostupné z: https://www.wired.com/brandlab/2016/03/a-brief-history-of-autonomous-vehicle-technology/

[17] STATSOFT. *Úvod do neuronových sítí* [online]. [cit. 2019-04-06]. Dostupné z: http://www.statsoft.cz/file1/PDF/newsletter/2013_02_05_StatSoft_Neuronove_site_linky.pdf

[18] *No hands across America – general information* [online]. [cit. 2019-04-06]. Dostupné z: http://www.cs.cmu.edu/afs/cs/user/tjochem/www/nhaa/general_info.html

[19] DARPA. *The Grand Challenge* [online]. [cit. 2019-04-08]. Dostupné z: https://www.darpa.mil/about-us/timeline/-grand-challenge-for-autonomous-vehicles

[20] HEATH, Nick. *Tesla's Autopilot: Cheat Sheet*. In: *techrepublic.com* [online]. 1.8.2018. [cit. 2019-04-08]. Dostupné z: https://www.techrepublic.com/article/teslas-autopilot-cheat-sheet/

[21] MARR, Bernard. *Key milestones of Waymo – Google's self-driving cars.* In: *forbes.com* [online]. 21.9.2018. [cit. 2019-04-08]. Dostupné z:

https://www.forbes.com/sites/bernardmarr/2018/09/21/key-milestones-of-waymo-googles-self-driving-cars/#4e37ac536909

[22] KILIÁN, Karel. *Čím se LIDAR liší od radaru a jaká je jeho role v autonomních vozidlech*. In: *vtm.cz* [online]. 12.10.2018. [cit. 2019-04-20]. Dostupné z: https://vtm.zive.cz/clanky/cim-se-lidar-lisi-od-radaru-a-jaka-je-jeho-role-v-autonomnich-vozidlech/sc-870-a-195431/default.aspx

[23] OLŠANSKÝ, Milan. *Elektronika – Platooning – Jak to funguje?* In: *trucker.cz* [online]. 15.6.2016. [cit. 2019-05-20]. Dostupné z: https://www.trucker.cz/rubriky/doprava/elektronika-platooning-jak-to-funguje_44990.html

[24] VOLVO CARS. *First demontration of SARTRE vehicle platooning, tisková zpráva* [online]. 17.1.2011. [cit. 2019-05-20]. Dostupné z: https://www.media.volvocars.com/global/en-gb/media/pressreleases/36000

[25] MAN TRUCK. *Automated driving* [online]. [cit. 2019-05-27]. Dostupné z: https://www.truck.man.eu/de/en/Automation.html?utm_source=YouTube&utm_campaign=Platooning&utm_medium=social&utm_content=10_07Highlightvideo

[26] EASYMILE. *EZ10* [online]. [cit. 2019-06-01]. Dostupné z: https://easymile.com/solutions-easymile/ez10-autonomous-shuttle-easymile/

[27] YETI SNOW TECHNOLOGY. *Projects* [online]. [cit. 2019-06-01]. Dostupné z: https://www.yetisnowtech.com/projects

[28] WISEMAN, Ed. *Autonomous snow ploughs clear the way for reliable air travel.* In: *telegraph.co.uk* [online]. 20.3.2018. [cit. 2019-05-26]. Dostupné z: https://www.telegraph.co.uk/cars/news/autonomous-snow-ploughs-clear-way-reliable-winter-air-travel/?WT.mc_id=tmg_share_em

[29] DAIMLER. *Snow removal on airfields: Automated Mercedes-Benz Arocs trucks clear the way* [online]. 17.10.2017. [cit. 2019-05-28]. Dostupné z: https://media.daimler.com/marsMediaSite/en/instance/ko.xhtml?oid=29890415&relId=1001&fromOid=29890415&borders=true&resultInfoTypeId=172

[30] LETIŠTĚ PRAHA. *Postup – údržba ploch*. [s.l.]: Letiště Praha, ©2018

[31] LETIŠTĚ PRAHA. *Zimní údržba ploch na LKPR*. [s.l.]: Letiště Praha, ©2017

[32] LETIŠTĚ PRAHA. *Koncepce údržby ploch a obnovy mechanizace*. [s.l.]: Letiště Praha, ©2019

[33] VOŠTOVÁ, Věra. *Stroje pro silniční práce*. Praha: ČVUT, 1998. ISBN 80-01-01858-X

[34] AEBI SCHMIDT GROUP. *CJS Compact Jet Sweeper* [online]. [cit. 2019-08-10]. Dostupné z: https://www.aebi-schmidt.com/en/products/airport-snow-clearance/schmidt-cjs

[35] VAMMAS. *CSB3600* [online]. [cit. 2019-08-10]. Dostupné z: https://vammas.eu/Vammas-CSB-3600.html

[36] ØVERAASEN. *RSC 250 Performance Line* [online]. [cit. 2019-08-10]. Dostupné z: https://overaasen.no/522/rsc_250

[37] ZAUGG AG. *Airport snow sweepers* [online]. [cit. 2019-08-10]. Dostupné z: https://www.zaugg-ag.ch/cms/upload/imgfile882.pdf

[38] ZAUGG AG. *Snow sweeper P21 C* [online]. [cit. 2019-08-10]. Dostupné z: https://www.zaugg-ag.ch/e_detail2_sp.php?t=Snow+sweeper+P+21C&read_group=238

[39] BOSCHUNG. *Jetbroom 9000A/H* [online]. [cit. 2019-08-10]. Dostupné z: https://boschung.com/en/detail-international/196-jetbroom-9000-ah-compact-version-a-airport-and-h-highway

[40] AEBI SCHMIDT. *TJS/TJS-C Airport Jet Sweeper* [online]. [cit. 2019-08-11]. Dostupné z: https://www.aebi-schmidt.com/en/products/airport-snow-clearance/schmidt-tjs

[41] ØVERAASEN. *RSC 400 Performance Line* [online]. [cit. 2019-08-11]. Dostupné z: https://overaasen.no/523/rsc_400

[42] ZAUGG AG. *Snow sweeper P21 CS/CSL* [online]. [cit. 2019-08-11]. Dostupné z: https://www.zaugg-ag.ch/e_detail2_sp.php?t=Snow+sweeper+P+21CS%2FCSL&read_group=239

[43] BOSCHUNG. SDA-M *Airport Multi De-Icer* [online]. [cit. 2019-08-12]. Dostupné z: https://boschung.com/en/detail-international/245011-sda-m-airport-multi-de-icer

[44] GILETTA. Giletta - *Airport equipment* [online]. [cit. 2019-08-12]. Dostupné z: https://tenco.ca/giletta-airport-equipment/

[45] AEBI SCHMIDT. *Airport Sprayer ASP24, informační brožura*

[46] AEBI SCHMIDT. *ASP New Generation* [online]. [cit. 2019-08-20]. Dostupné z: https://www.aebi-schmidt.com/en/products/airport-de-icing/schmidt-asp

[47] KAHLBACHER. *KFS 170 M2 High-speed Snow Cutter Blower* [online]. [cit. 2019-08-13]. Dostupné z: http://www.kahlbacher.com/kahlbacher/index.php/en/products-en/airport-technology/airport-rotating-equipment-overview-en/kfs-170-m2-flgh-en