



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE  
Fakulta Dopravní



Ústav letecké dopravy

## Vizualizace předpisu ICAO Doc 4444 pro výukové účely

Visualization of ICAO Doc 4444  
for educational purposes

Diplomová práce

Studijní program: Technika a technologie v dopravě a spojích  
Studijní obor: Provoz a řízení letecké dopravy

Vedoucí práce: Ing. Jiří Šála  
doc. Ing. Jakub Kraus, Ph.D.

*Bc. Jakub Machuta*

Praha 2018



**K621..... Ústav letecké dopravy**

**ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE**  
(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení studenta (včetně titulů):

**Bc. Jakub Machuta**

Kód studijního programu a studijní obor studenta:

**N 3710 – PL – Provoz a řízení letecké dopravy**

Název tématu (česky): **Vizualizace předpisu ICAO Doc 4444 pro výukové účely**

Název tématu (anglicky): Visualisation of ICAO Doc 4444 for Educational Purposes

**Zásady pro vypracování**

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

- Popis, princip a účel práce
- Návrh a popis fiktivního letiště pro vizualizace
- Výběr oblasti předpisu pro vizualizaci
- Animace a grafika rozstupů na fiktivním letišti
- Zhodnocení přínosu a návrh dalších možností tvorby vizualizací



Rozsah grafických prací: dle pokynů vedoucího práce

Rozsah průvodní zprávy: minimálně 55 stran textu (včetně obrázků, grafů a tabulek, které jsou součástí průvodní zprávy)

Seznam odborné literatury: ICAO Doc 4444 - Air Traffic Management  
L 4444 - Postupy pro letové navigační služby,  
Uspořádání letového provozu.  
KULČÁK, Ludvík. Air Traffic Management. CERN, 2007.  
ISBN 978-80-7204-229-6.

Vedoucí diplomové práce:

**Ing. Jakub Kraus, Ph.D.**  
**Ing. Jiří Šála**

Datum zadání diplomové práce:

**28. července 2017**

(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 diplomové práce:

**29. května 2018**

- 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

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



prof. Dr. Ing. Miroslav Svítek, dr. h. c.  
děkan fakulty

Potvrzuji převzetí zadání diplomové práce.

Bc. Jakub Machuta  
jméno a podpis studenta

V Praze dne.....28. července 2017

---

## ABSTRAKT

---

Výsledkem předložené diplomové práce je soubor výukových animací, které popisují formou praktických ukázek s vhodně podanou teorií část postupů pro letové navigační služby z předpisu L 4444, a tím přispívají k pochopení tohoto v určitých částech značně komplikovaného předpisu. K vizualizaci byly vybrány postupy pro letištní službu řízení, se kterými rovněž souvisí druhy a minima rozstupů na letišti a v blízkosti letišť. Nedílnou součástí práce je pro účely animací vytvořené fiktivní letiště, na kterém probíhají jednotlivé animace.

The result of the presented master thesis is a set of educational animations. The animations describe certain parts of procedures for air navigation services in the form of practical demonstrations with appropriately applied theoretical background based on L 4444 and thus contribute to the understanding of this, in certain parts, very complicated regulation. For the visualization, procedures for aerodrome control service have been selected, which also relates to the separation methods and minima at the aerodrome and in the vicinity of aerodromes. An integral part of the work is fictional aerodrome, which has been created for the animation purposes and on which individual animations take place.

*Věnováno studentům letectví  
a leteckým nadšencům.*

---

## PODĚKOVÁNÍ

---

Rád bych poděkoval všem, kteří mi jakýmkoli způsobem poskytli podklady pro vypracování této práce. Zvláště pak děkuji vedoucím mé práce *Ing. Jiřímu Šálovi* a *doc. Ing. Jakubu Krausovi, Ph.D.* za odborné vedení, rady a konzultování mé diplomové práce po celou dobu její tvorby. Rád bych také poděkoval svým rodičům a blízkým, od kterých se mi dostalo morální podpory po celou dobu studia.

---

## PROHLÁŠENÍ

---

Prohlašuji, že jsem předloženou práci vypracoval samostatně a že jsem uvedl veškeré použité informační zdroje v souladu s Metodickým pokynem o etické přípravě vysokoškolských závěrečných prací.

Nemám žádný závažný důvod proti užití 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).

24. 5. 2018

Datum



Bc. Jakub Machuta

---

## OBSAH

---

1	ÚVOD	11
2	METODIKA PRÁCE A POUŽITÝ SOFTWARE	12
2.1	Software pro tvorbu fiktivního letiště . . . . .	12
2.2	Software pro kompozici animací . . . . .	13
2.3	Software pro editaci animací . . . . .	15
3	NÁVRH A POPIS FIKTIVNÍHO LETIŠTĚ	17
3.1	Dráhový systém . . . . .	18
3.2	Systém pojezdových drah . . . . .	19
3.3	Odmrazovací stání . . . . .	21
3.4	Letecké stavby a stání letadel . . . . .	22
3.5	Místní postupy na letišti Simcity . . . . .	24
3.5.1	Pojíždění . . . . .	25
3.5.2	Snížená minima rozstupů . . . . .	25
3.5.3	Postupy pro nezdařené přiblížení . . . . .	25
3.5.4	Řízený okrsek a TMA Simcity . . . . .	25
3.5.5	Postupy ve fázi konečného přiblížení . . . . .	26
3.5.6	Odletové body a tratě . . . . .	27
3.5.7	Ostatní význačné informace . . . . .	27
4	ANIMACE NA FIKTIVNÍM LETIŠTI	28
4.1	Instruktažní animace . . . . .	29
4.1.1	Dopravci vyskytující se v animacích . . . . .	29
4.1.2	Letadla použitá v animacích . . . . .	29
4.1.3	Standardní label pojezdového radaru . . . . .	31
4.1.4	Provozní situace v okolí letiště . . . . .	32
4.2	Odletová povolení a postupy multiple push-back . . . . .	33
4.2.1	Předpisová základna . . . . .	33
4.2.2	Popis animace . . . . .	33
4.3	Dráhové rozstupy mezi odlety a přílety . . . . .	39
4.3.1	Předpisová základna . . . . .	40
4.3.2	Popis animace . . . . .	41
4.4	WTC - Odlety z jedné aktivní dráhy . . . . .	44
4.4.1	Turbulence v úplavu . . . . .	44
4.4.2	Předpisová základna . . . . .	45
4.4.3	Popis animace . . . . .	46
4.5	WTC - Odlety z křižujících se drah . . . . .	51
4.5.1	Předpisová základna . . . . .	51
4.5.2	Popis animace . . . . .	52
4.6	WTC - Fáze konečného přiblížení . . . . .	56
4.6.1	Předpisová základna . . . . .	56



4.6.2	Popis animace . . . . .	57
4.7	Standardní smíšený provoz . . . . .	65
4.7.1	Popis animace . . . . .	65
5	ZÁVĚR	71

---

## SEZNAM TABULEK

---

Tabulka 1	Charakteristiky jednotlivých RWY. . . . .	18
Tabulka 2	Postupy pro nezdařené přiblížení . . . . .	25
Tabulka 3	Systém odletových tratí IFR. . . . .	27
Tabulka 4	Seznam vytvořených animací. . . . .	28
Tabulka 5	Seznam leteckých dopravců vyskytujících se v ani- macích. . . . .	29
Tabulka 6	Časové rozstupy pro vzlet ze stejné dráhy. . . . .	46
Tabulka 7	Časové rozstupy pro vzlet ze střední části stejné dráhy. . . . .	46
Tabulka 8	Časové rozstupy pro vzlety z křižujících se drah. . . . .	52
Tabulka 9	Minima vzdálenostních rozstupů podle turbulence v úplavu. . . . .	57

---

## ÚVOD

---

Předpis ICAO Doc 4444: *Procedures for Air Navigation Services – Air Traffic Management* popř. jeho česká analogie L 4444: *Postupy pro letové navigační služby - Uspořádání letového provozu* je nedílnou součástí souboru leteckých předpisů, které jsou v souladu s mezinárodními smlouvami o letectví a zejména s *Úmluvou o mezinárodním civilním letectví*.

Účelem výše zmíněného předpisu řady L je stanovení požadavků v oblasti postupů pro letové navigační služby a to na základě standardů a doporučených postupů (SARPs) *Mezinárodní organizace pro civilní letectví (ICAO)* a v souladu s přímo použitelnými předpisy EU.

Protože letecké předpisy obecně mohou být v určitých částech složité a obtížně pochopitelné, vznikl nápad pokusit se část předpisu L 4444 vizualizovat, a ulehčit tak pochopení některých postupů pro letové navigační služby. K vizualizaci byly vybrány postupy pro letištní službu řízení, které souvisí rovněž s druhy a minimy rozstupů na letišti a v blízkosti letišť. Cílem této práce je tedy **vytvoření souboru animací**, které budou popisovat základní postupy využívané letištní službou řízení, za účelem zjednodušit pochopení těchto postupů formou praktických ukázek spojených s vhodně podanou teorií. Motivací práce je poskytnout studentům letectví popř. řlp-žákům ve vstupním výcviku hodnotný studijní materiál.

Součástí práce je rovněž vytvoření fiktivního letiště, na kterém budou animace probíhat. Letiště bylo navrženo v dobré víře v souladu s předpisem L 14, nicméně je důležité zmínit, že se nejedná o kompletní návrh, jde pouze o nákres letiště pro účely animací.

Výkres fiktivního letiště je součástí jak elektronické, tak tištěné verze diplomové práce. Animace jsou součástí tištěné verze na samostatném DVD přiloženém k práci.

---

## METODIKA PRÁCE A POUŽITÝ SOFTWARE

---

Aby bylo možné začít s tvorbou animací, musel být nejprve vytvořen náčrt fiktivního letiště. Výsledný výkres letiště byl poté exportován ve vektorovém formátu na animační plátno, kde probíhala kompozice videa. Posledním krokem bylo doplnění animací o zvuk, provedení finálního střihu a úprav v příslušném video editoru.

### 2.1 SOFTWARE PRO TVORBU FIKTIVNÍHO LETIŠTĚ

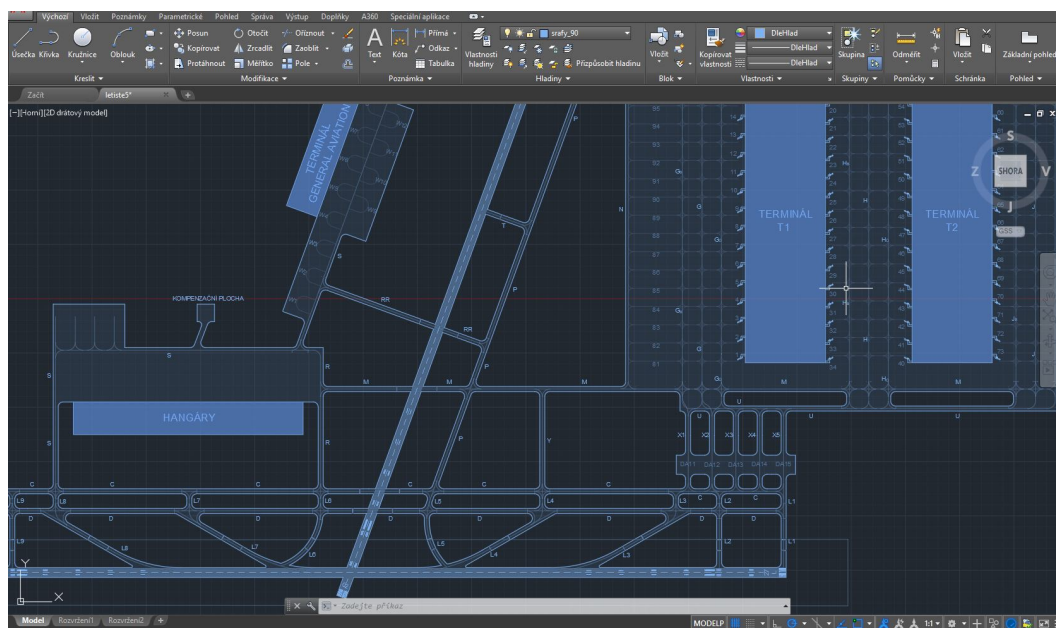
Fiktivní letiště *Simcity (XXSC)* bylo projektováno v programu *AutoCAD 2018* od společnosti *Autodesk*. Jedná se o populární nástroj pro 2D a 3D počítačem podporované projektování a konstruování (CAD<sup>1</sup>). Můžeme říci, že se jedná o počítačový program nahrazující rýsovací prkno. AutoCAD obsahuje velké množství geometrických, matematických a inženýrských nástrojů pro kreslení plošných výkresů, a proto byl vybrán jako vhodný software pro vytvoření náčrtu letiště.[7] [1]

Nativním formátem výkresů AutoCADu je neveřejný souborový formát *\*DWG*. V tomto formátu bylo vytvořené fiktivní letiště exportováno do programu *Illustrator CC 2017* od společnosti *Adobe Systems*. *Illustrator* je grafický editor používaný pro tvorbu a editaci vektorové grafiky, v kterém byl výkres letiště převeden do vektorového formátu<sup>2</sup> *Adobe Illustrator Artwork .ai* a následně ve vysoké kvalitě exportován do *Adobe After Effects* - programu pro kompozici animací. Finálním krokem bylo kontinuální vyrašťování výkresu letiště a jeho umístění na pozadí animací. Tento postup se ukázal jako nejvhodnější pro docílení vysoké kvality náčrtu letiště, která byla nutná pro potřeby přibližování (zoomování) v průběhu animací.

---

1 Computer-aided design.

2 Vektorová grafika využívá k popisu obrázků přesně definovaných geometrických útvarů, jako jsou body, přímky, mnohoúhelníky a především křivky, jimiž je možné jednoduše popsat jakýkoliv tvar.



Obrázek 1: Pracovní prostor programu AutoCAD 2018.

## 2.2 SOFTWARE PRO KOMPOZICI ANIMACÍ

Hlavní částí celé práce bylo samotné komponování animací. Pro tuto činnost byl využit program *After Effects CC 2015* rovněž od společnosti *Adobe Systems*. Tento program se stal průmyslovým standardem při tvorbě speciálních filmových efektů, pohyblivé grafiky a kompozici videa obecně.

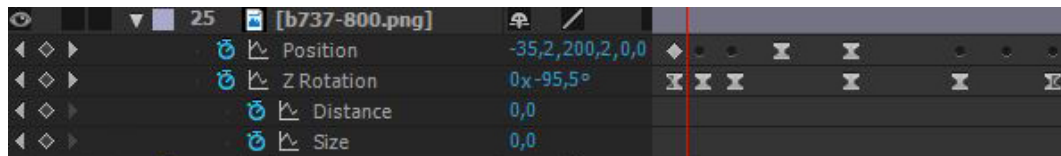
V první řadě se jedná o tzv. video kompozitor<sup>3</sup> nikoli video editor. To znamená, že program umí vytvořit kompozici z prvků, ve které kombinuje vrstvy, jako je obrázek, video, text, zvuk a další.[13] [10]

Jádro programu je postavené na funkci, která umožňuje modelovat jakoukoli vlastnost vrstvy (objektu) v čase umístěním tzv. klíčových snímků - *keyframes* (obrázek 2). Například pokud chceme rozpohybovat objekt (letadlo) po dráze, umístíme v určitém čase  $t_0$  *keyframe* s informací o poloze (rovněž v čase  $t_0$ ) a v čase  $t_0 + t$  druhý *keyframe* nesoucí informaci o poloze v čase  $t_0 + t$ . V časovém intervalu  $(t_0; t_0 + t)$  bude *After Effects* automaticky interpolovat hodnoty polohy, a tím se objekt rozpohybuje. Interpolaci můžeme nastavit jako lineární, bezierovu<sup>4</sup>, kontinuálně bezierovu a další.

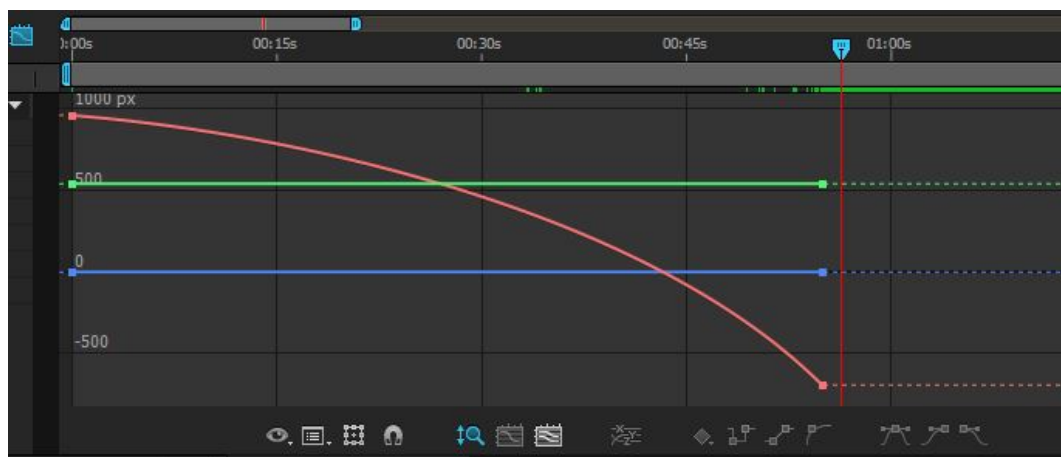
3 Kompozice - skládání prvků v celek.

4 Bézierova křivka je parametrická křivka často používaná v počítačové grafice. Umožňuje interaktivně vytvářet křivku a modifikovat její tvar. Pomocí Bézierovy křivky lze také reprezentovat i interpolační křivky.

Nebo můžeme otevřít graf průběhu dané vlastnosti, v tomto případě závislost polohy letadla na čase a upravit funkci dle vlastních požadavků - chceme-li například, aby letadlo při rozjezdu akcelerovalo.

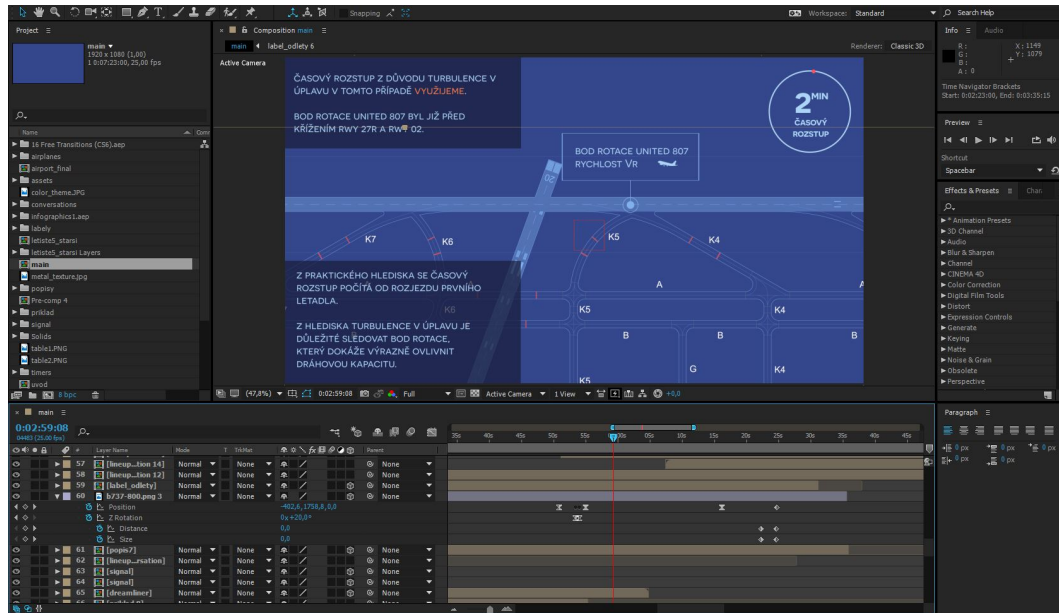


Obrázek 2: Umístění keyframů na časové ose u vybraných vlastností.



Obrázek 3: Graf závislosti polohy rozjíždějícího se letadla na čase z RWY 27R.

Na obrázku 3 vidíme graf závislosti polohy  $x,y,z$  na čase rozjíždějícího se letadla po dráze. Pro lepší ovladatelnost byly v programu separovány prostorové osy, tak abychom mohli pohyb v osách  $x,y,z$  modelovat odděleně. Protože v tomto případě se jedná o rozjezd z RWY 27R (dráha vodorovná s plátnem), mění se poloha pouze v ose  $x$  (červená barva). Jednotkou vzdálenosti jsou zde pixely ( $px$ ). Osa  $x$  je v programu kladně orientovaná směrem doprava, dráha 27R směřuje doleva, proto je závislost klesající (hodnota  $px$  se snižuje).



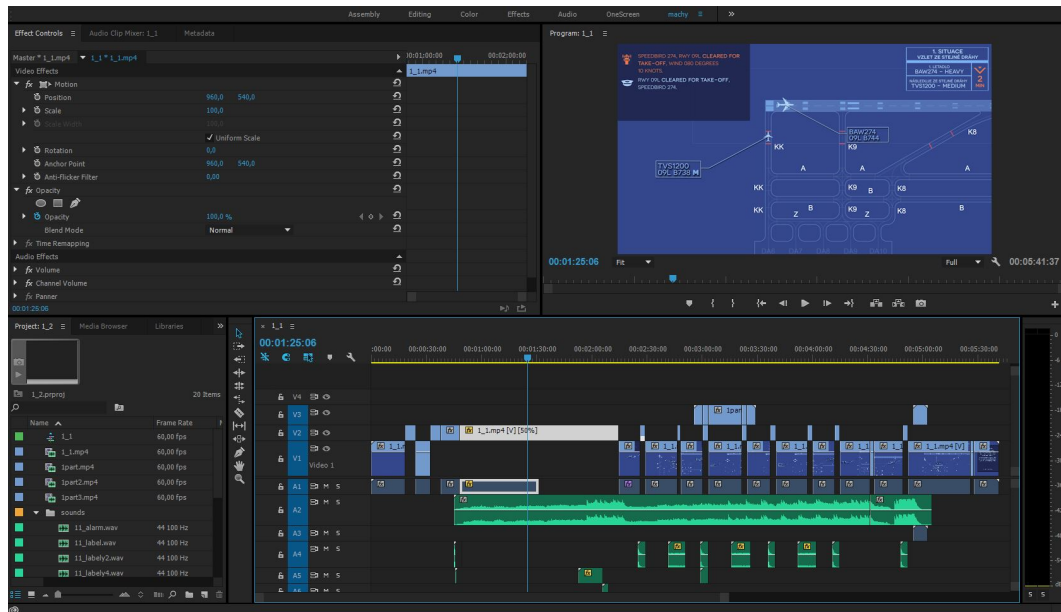
Obrázek 4: Pracovní prostor programu After Effects.

## 2.3 SOFTWARE PRO EDITACI ANIMACÍ

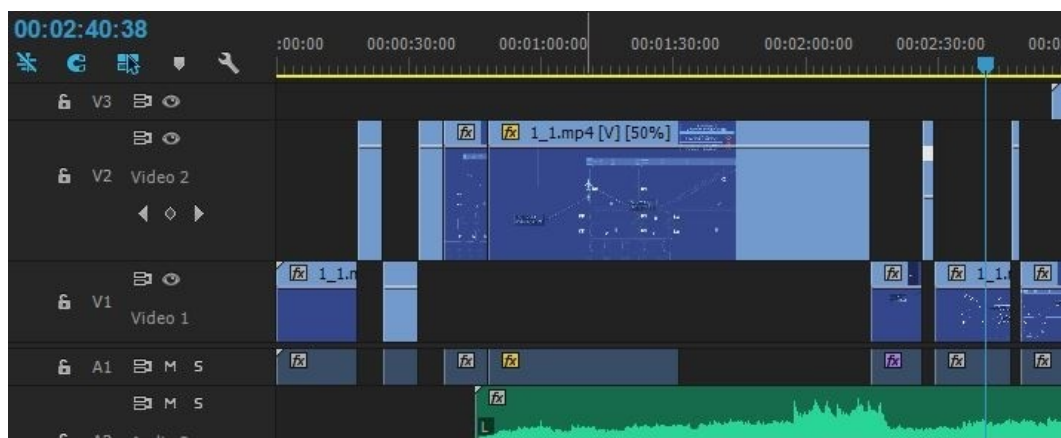
Ke konečné editaci animací byl použit program *Adobe Premiere Pro 2015* od společnosti *Adobe Systems*. Konečnou editací je myšleno zejména vhodné poskládání jednotlivých částí do celku, finální střih, přidání zvukových efektů či přidání hudby do pozadí.

*Adobe Premiere Pro* je výkonný nelineární editor<sup>5</sup> pro editaci a střih videa založený na práci s časovou osou. Rovněž jako *After Effects* obsahuje širokou paletu funkcí, tentokrát zaměřených na editaci a střih než na samotnou kompozici. *Premiere Pro* podporuje editaci videí ve velmi vysokém rozlišení, a to až do 8K. Prostřednictvím funkce *Dynamic Link* je možná komunikace s jinými Adobe programy. Materiál vytvořený v *After Effects* může být jednoduše importován do prostředí *Premiere Pro* a naopak, pokud se kompozice v *After Effects* změní, můžeme ji aktualizovat v *Premiere Pro* a změny se projeví okamžitě.[8] Těto funkce bylo značně využíváno při tvorbě animací.

<sup>5</sup> Nelineární editor neovlivňuje filmové soubory, ale pouze se na ně odkazuje. Samotný editor pak pouze zobrazuje, jak by vypadal výsledek, pokud bychom video skutečně střihali.[2]



Obrázek 5: Pracovní prostor programu Premiere Pro.



Obrázek 6: Část časové osy v programu Premiere Pro (Animace 4).



---

## NÁVRH A POPIS FIKTIVNÍHO LETIŠTĚ

---

Fiktivní letiště *Simcity* bylo navrženo tak, aby svým konceptem vyhovělo potřebám výukových animací. Návrh byl proveden výhradně pro účely animací, v dobré víře se postupovalo dle předpisu *L14 - Letiště*, nicméně je třeba v úvodu zdůraznit, že letiště **nemusí** nutně splňovat veškeré normy spojené s návrhem letiště podle předpisu *L14*, popřípadě podle *ICAO Doc 9157 Aerodrome Design Manual*. Pro účely animací si vystačíme s návrhem letiště, které splňuje základní požadavky pro bezpečný a plynulý provoz. Návrh byl proveden pro kritický letoun *Airbus A380* s ohledem na moderní koncept mezinárodního letiště s vysokým počtem pohybů za jednotku času. Letiště bylo koncipováno tak, aby odpovídalo kategorii *4E*. [17] [6]

Při návrhu byl kladen důraz na splnění požadavků pro délkové limity jako jsou délka a šířka *RWY*, šířka *TWY*, vzdálenost mezi jednotlivými *TWY*, vzdálenost mezi jednotlivými stojánkami/stáními, vzdálenost mezi *RWY* a *TWY*, poloha vyčkávacích míst *RWY* a vyčkávacích míst *ILS* vůči *RWY*, velikost ploch určených pro odmrazování a podobně.

Naproti tomu pro příklad nebyly řešeny rozšíření pojezdové dráhy na vnitřní straně oblouku. Takové prvky, kterými samozřejmě reálné letiště musí disponovat, jsou pro účely animací irelevantní a nejsou v návrhu obsaženy.

Letiště bylo vytvořeno v programu *AutoCAD 2018* od společnosti *Autodesk*. Celé uspořádání letiště je k dispozici v příloze 1 a tvoří podklad pro animace. Vzhledem k omezenému prostoru a přehlednosti nejsou okótovány všechny význačné rozměry. Vzdálenosti jsou popsány v metrech.

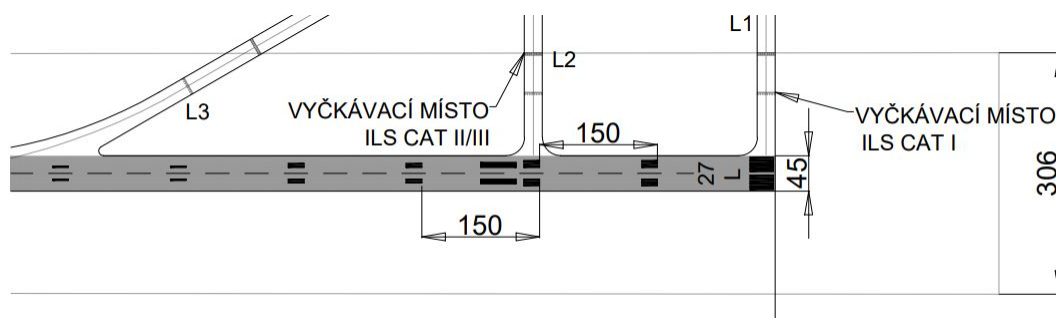
## 3.1 DRÁHOVÝ SYSTÉM

Systém vzletových a přistávacích drah se skládá ze dvou paralelních drah<sup>6</sup>, jejichž osy jsou od sebe vzdáleny 3230 m, a jedné křížující dráhy, která křížuje obě paralelní dráhy a svírá s nimi úhel 70°. Šířka všech RWY činí 45 m (60 m včetně postranních pásů). Navazující plochy jsou nezpevněné s travnatým povrchem. Charakteristiky jednotlivých RWY jsou uvedeny v tabulce 1.

Na takovém dráhovém systému jsem schopen demonstrovat základní postupy pro letištní službu řízení a druhy a minima rozstupů na letišti a v blízkosti letišť.

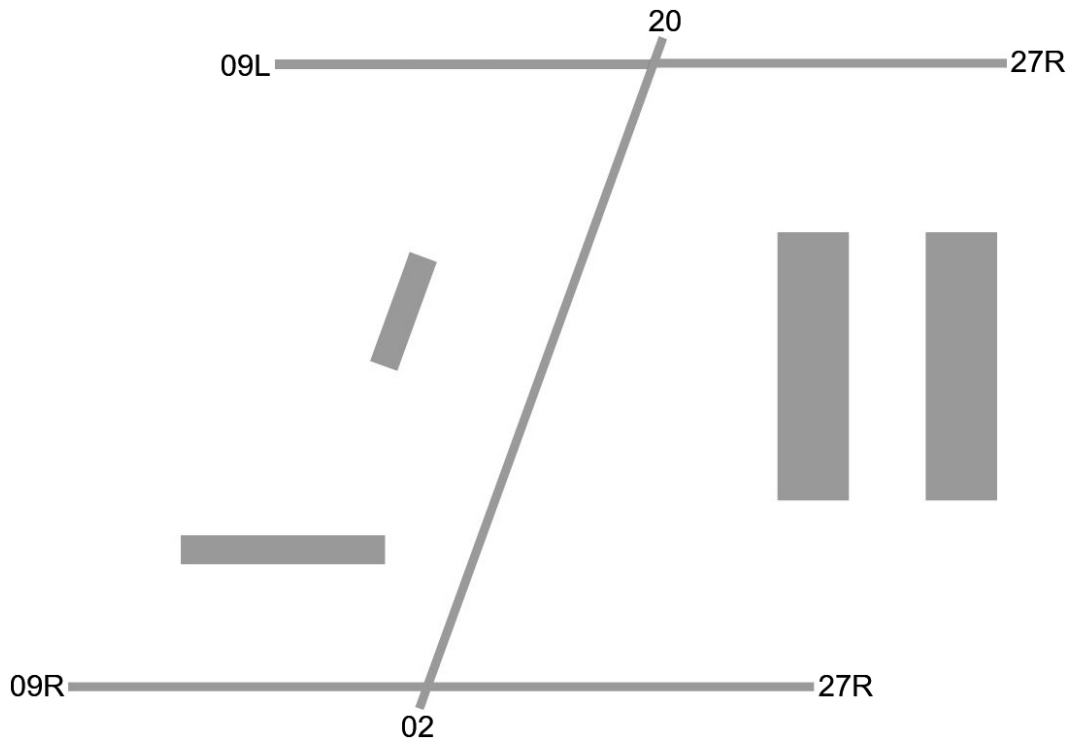
Tabulka 1: Charakteristiky jednotlivých RWY.

RWY	Délka [m]	Šířka [m]	Provoz
09L	3800	45	do CAT IIIB
27R	3800	45	do CAT IIIB
09R	3875	45	do CAT IIIB
27L	3875	45	do CAT IIIB
02	3700	45	do CAT I
20	3700	45	do CAT I



Obrázek 7: Část RWY 27L.

<sup>6</sup> Radarová přiblížení se neprovádějí.



Obrázek 8: Schéma dráhového systému a terminálů.

### 3.2 SYSTÉM POJEZDOVÝCH DRAH

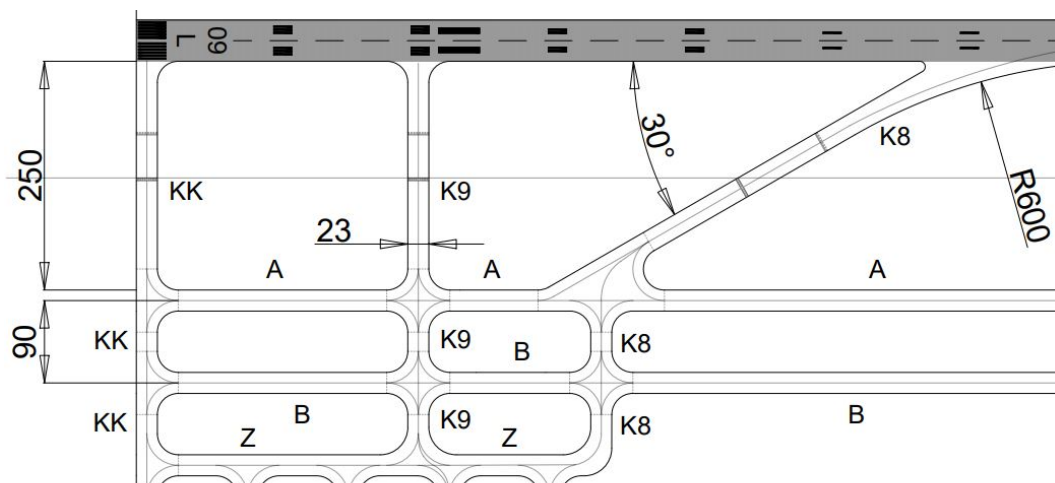
Systém pojezdových drah je navrhnut tak, aby umožnil plynulý a efektivní pohyb letadel po letišti. Jednotlivé TWY jsou pojmenovány písmeny odpovídajícími mezinárodní hláskovací abecedě. Šířka všech TWY je 23 m (včetně zpevněných postranních pásů činí 45 m). Navazující plochy jsou nezpevněné s travnatým povrchem. při pojíždění na TWY se aplikuje bezpečná vzdálenost konce křídla od pevné překážky 7,5 m.

U každé paralelní dráhy jsou umístěny 2 podélné pojezdové dráhy *A*, *B*, *C*, *Delta*, které jsou napojeny na RWY pomocí TWY *K 1-9*, *KK* a *L 1-9*, *LL*, viz obrázek 9 a obrázek 10.

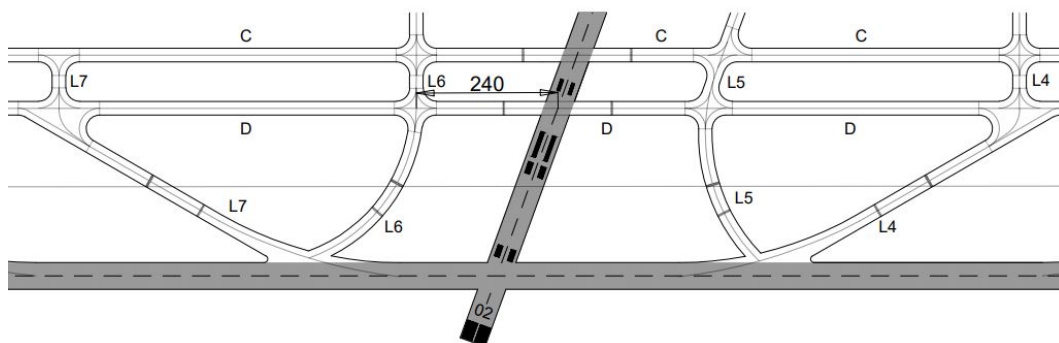
Systém pojezdových drah u terminálů *T1* a *T2* je tvořen vždy třemi paralelními TWY po obou stranách terminálů a mezi nimi. Je tomu tak především z důvodu vysvětlení postupu pro *multiple push-back*.

Pojezdové dráhy pro rychlé odbočení (rapid exit taxiways) jsou zřízeny pouze pro paralelní RWY, u RWY 02/20 nejsou tyto TWY navrženy. Křižovatka pojezdové dráhy pro rychlé odbočení a příslušná RWY svírají

vždy úhel  $30^\circ$ .<sup>7</sup> Poloměr odbočovacího oblouku byl zvolen ( $R = 600 \text{ m}$ ).<sup>8</sup> [17]



Obrázek 9: Část pojezdových drah u RWY 09L.



Obrázek 10: Část pojezdových drah u RWY 09R.

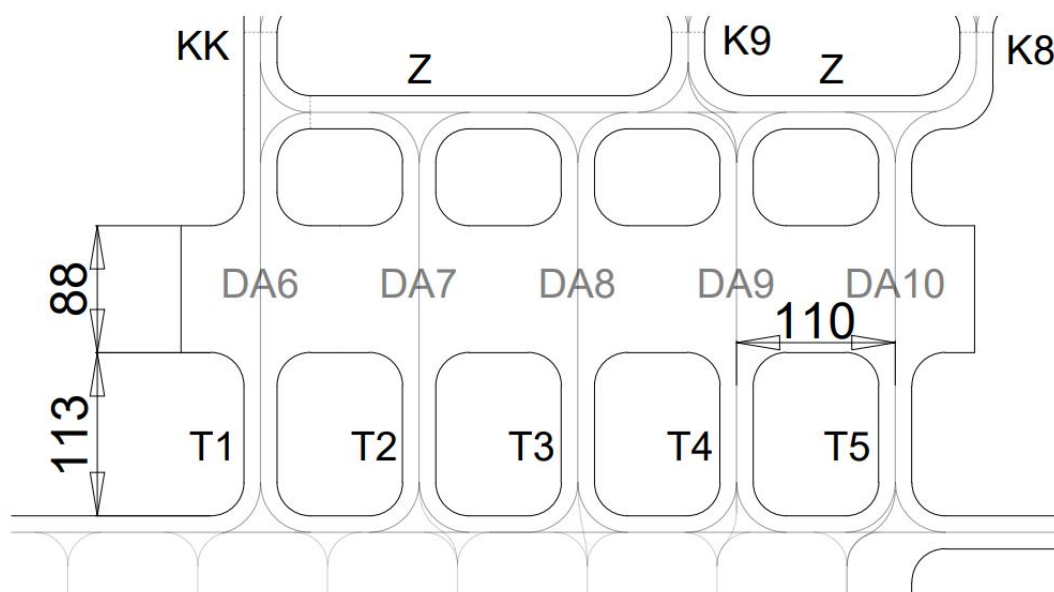
<sup>7</sup> Úhel křižovatky pojezdové dráhy pro rychlé odbočení a RWY nesmí být větší než 45 stupňů a menší než 25 stupňů, nejlépe 30 stupňů.

<sup>8</sup> Pojezdová dráha pro rychlé odbočení musí být navržena s poloměrem odbočovacího oblouku nejméně 550 m tam, kde kódové číslo je 3 nebo 4.

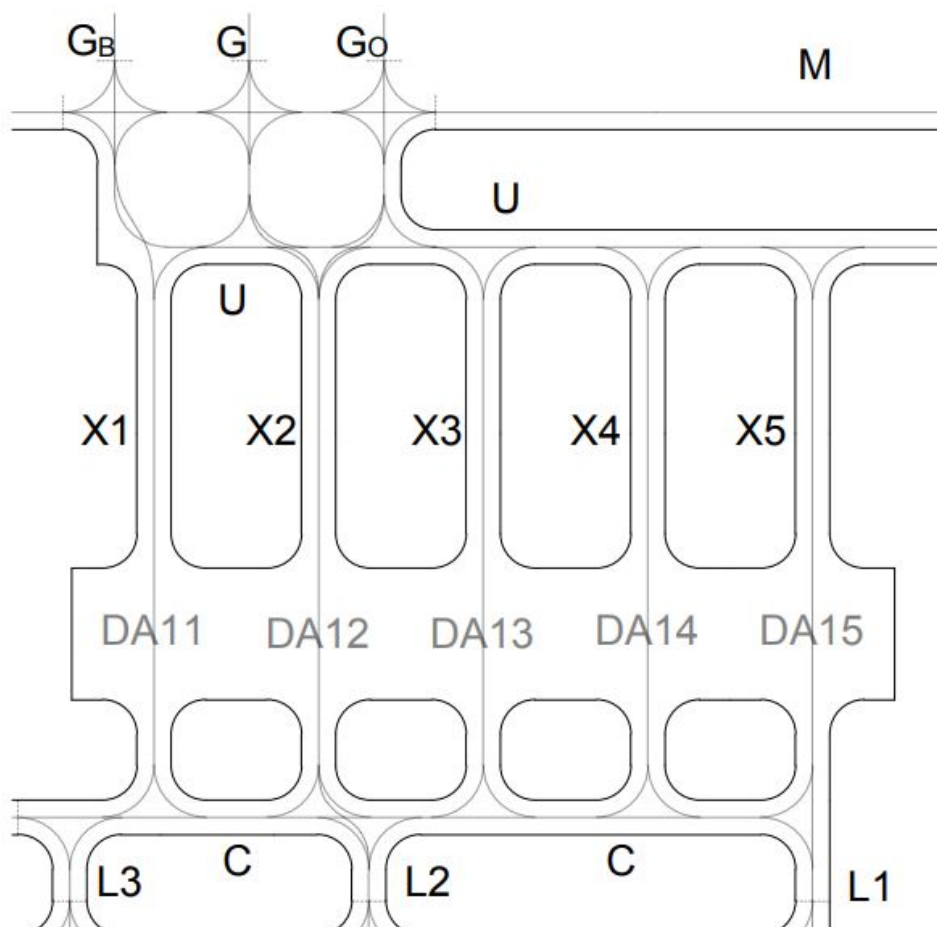
## 3.3 ODMRAZOVACÍ STÁNÍ

Na provozní ploše letiště *Simcity* byly zřízeny 3 oblasti, kde může probíhat odmrazování a protinámrazové ošetření (*de-icing/anti-icing pads*). Každá tato oblast obsahuje 5 míst pro odmrazování. Odmrazovací stání byly navrženy jako průjezdné, viz obrázek 11.

První oblast pro odmrazování, určena především pro RWY 27R, se nachází v severovýchodní části letiště, druhá je v severozápadní části především pro RWY 09L a třetí v jihovýchodní části pro RWY 27L a 09R.



Obrázek 11: Odmrazovací stání v severozápadní části letiště.



Obrázek 12: Odmrazovací stání v jihovýchodní části letiště.

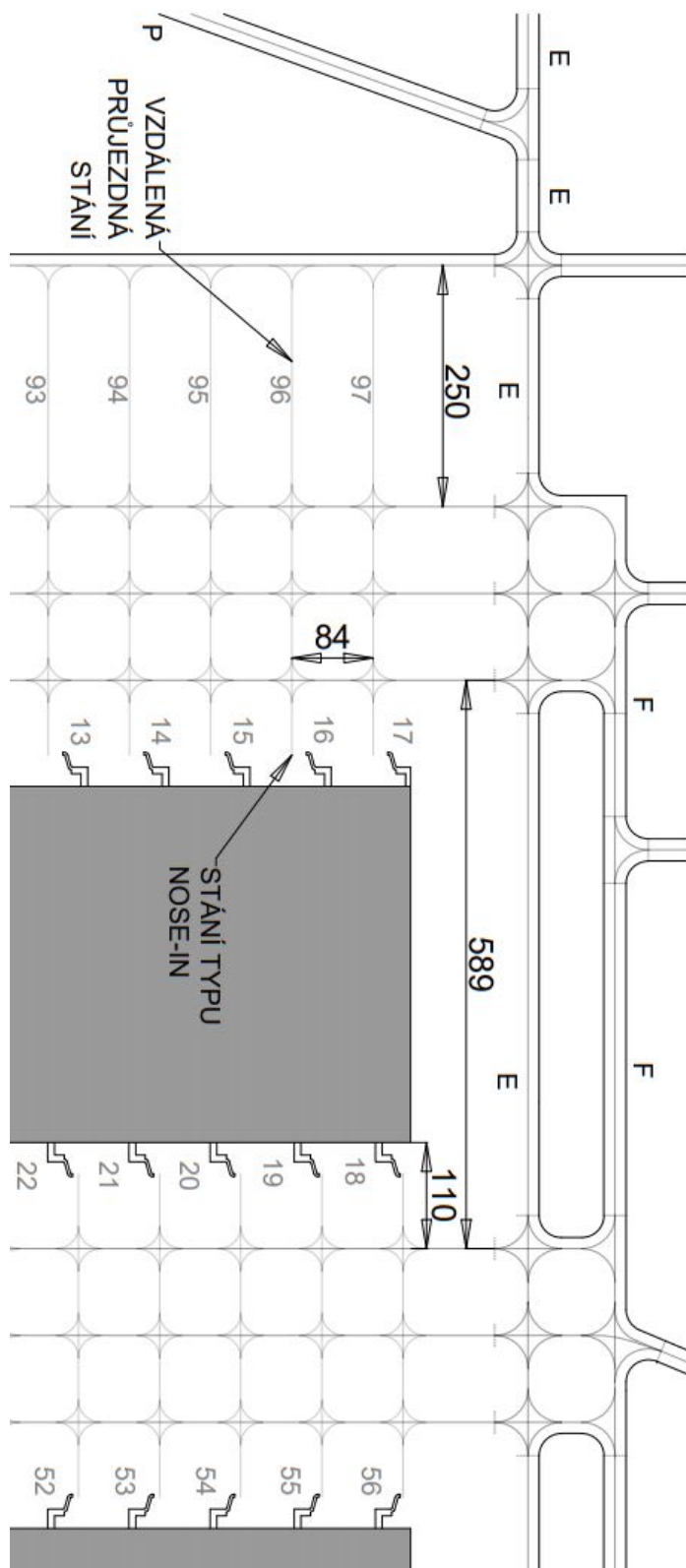
### 3.4 LETECKÉ STAVBY A STÁNÍ LETADEL

Na letišti se nacházejí Terminály T1 a T2 s celkem 68 místy pro stání typu *nose-in* označenými čísly 1-34 a 40-73. Na západní straně terminálu 1 byla navíc zřízena vzdálená průjezdná stání označena čísly 81-98.

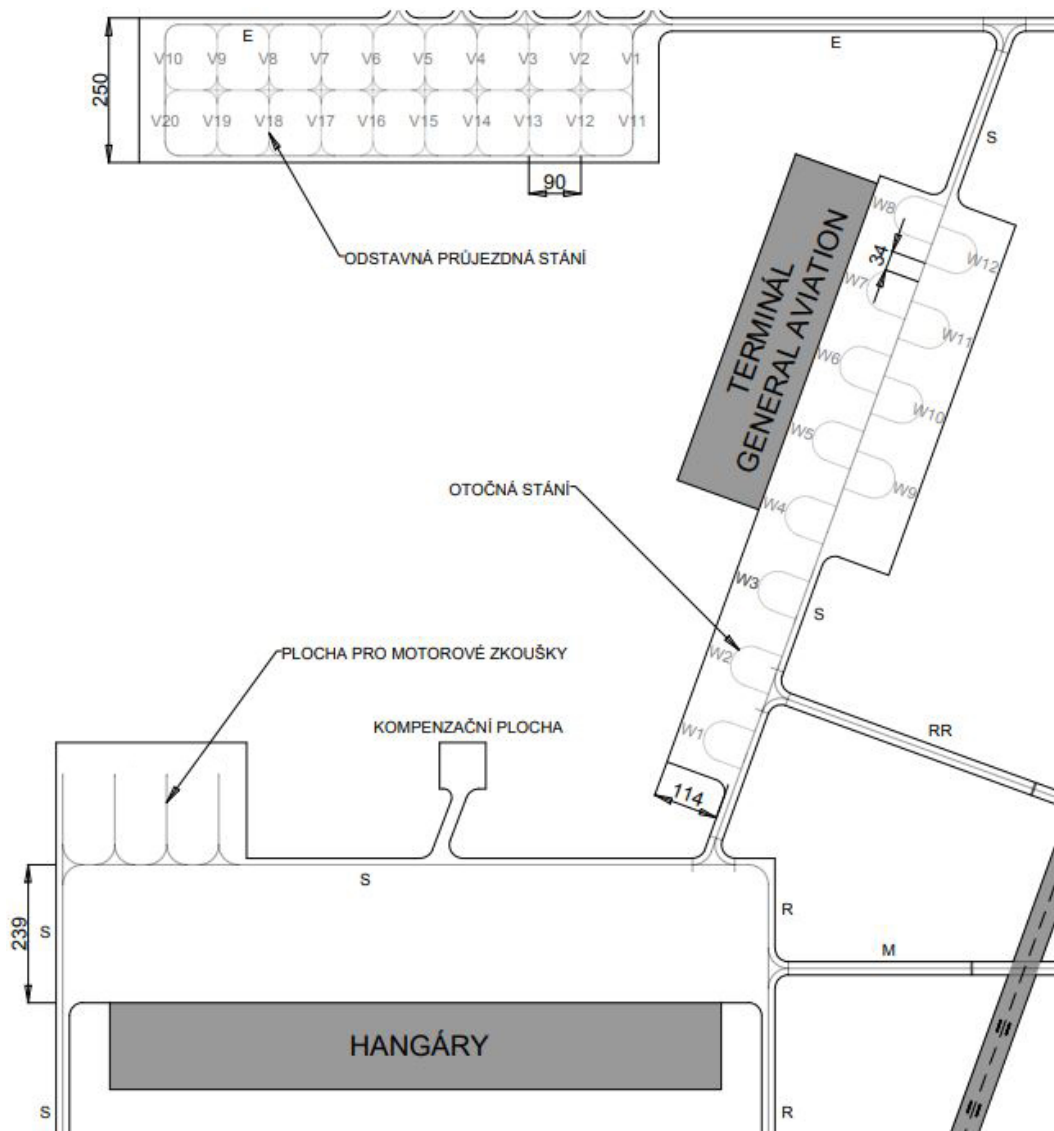
Ve střední části RWY 02/20 se nachází terminál pro *všeobecné letectví* s plochou pro otočná stání označená *W 1-13*. Tato plocha je spojena pojezdovou drahou *S* s hangáry, které jsou situovány v jihozápadní části letiště. U hangárů byl zřízen dostatečný prostor pro manipulaci s letadly, prostor pro motorové zkoušky a kompenzační plocha<sup>9</sup>.

U nájezdu na odmrazovací plochu v severozápadní části letiště byla navíc zřízena plocha pro odstavná stání. Jednotlivá odstavná stání jsou označena jako *V 1-20*.

<sup>9</sup> Plocha určená k seřizování (kompenzaci) magnetického kompasu.



Obrázek 13: Stání letadel u Terminálu T1.



Obrázek 14: Odloučená stání, terminál pro všeobecné letectví a hangáry.

### 3.5 MÍSTNÍ POSTUPY NA LETIŠTI SIMCITY

Cílem práce nebylo vytvořit kompletní postupy pro dané letiště. Zde uvádím pouze postupy, které jsem na základě fiktivního letiště vytvořil a které se dotýkají problematiky řešené přímo v animacích.



### 3.5.1 Pojíždění

Pro všechna letadla včetně kritického letounu *Airbus A380* je povoleno používat všechny TWY vyjma TWY S, T a RR, kde je povoleno pojíždět pouze letadlům s MTOW menší než 136 000 kg. TWY S a RR spojují *Terminál General Aviation* s ostatními částmi letiště, v těchto místech se nepředpokládá pohyb velkých letadel. Rovněž na TWY T, která tvoří nájezd na střední část RWY 02/20, nepředpokládáme pohyb velkých letadel.

### 3.5.2 Snížená minima rozstupů

Na letišti Simcity aplikujeme pouze snížené minimum rozstupu mezi letadly využívajícími stejnou dráhu. Tento postup se aplikuje na základě předpisu L 4444 - ust. 7.11. Snížené minimum dráhového rozstupu je stanoveno na 2 400 m a lze jej aplikovat na všech RWY vyjma RWY 02/20.

### 3.5.3 Postupy pro nezdařené přiblížení

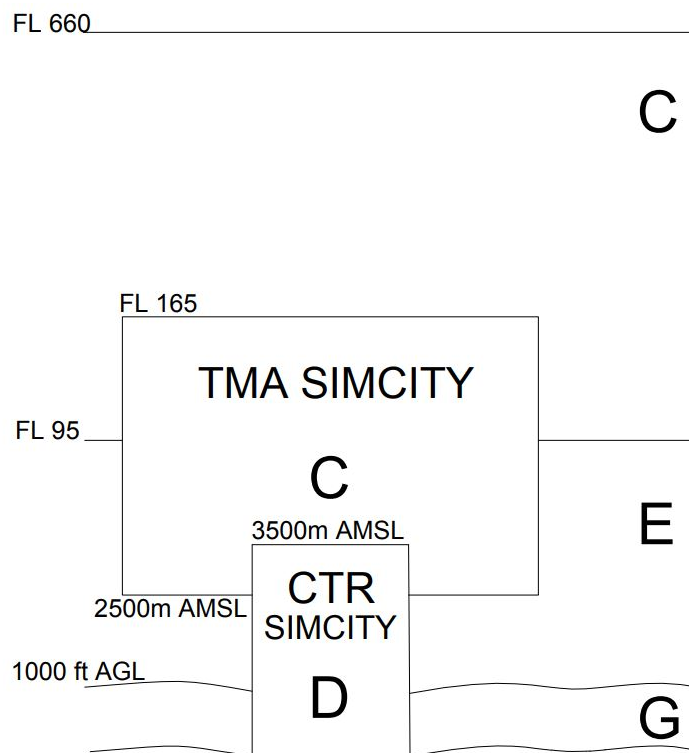
Tabulka 2: Postupy pro nezdařené přiblížení

RWY	Postup
09L	Stoupejte kurzem 090° do výšky 4000 ft, ve vzdálenosti 3 NM od konce dráhy točte doleva na 315° a očekávejte radarové vektorování.
27R	Stoupejte kurzem 270° do výšky 4000 ft, ve vzdálenosti 3 NM od konce dráhy točte doprava na 045° a očekávejte radarové vektorování.
09R	Stoupejte kurzem 090° do výšky 4000 ft, ve vzdálenosti 3 NM od konce dráhy točte doprava na 225° a očekávejte radarové vektorování.
27L	Stoupejte kurzem 270° do výšky 4000 ft, ve vzdálenosti 3 NM od konce dráhy točte doleva na 135° a očekávejte radarové vektorování.
02	Stoupejte straight ahead do výšky 3000 ft a očekávejte radarové vektorování.
20	Stoupejte straight ahead do výšky 3000 ft a očekávejte radarové vektorování.

### 3.5.4 Řízený okrsek a TMA Simcity

CTR Simcity je vzdušný prostor třídy D, TMA Simcity je vzdušný prostor třídy C. Okolo je do výšky 300 m AGL vzdušný prostor třídy G, od

300 m AGL až do FL 95 se nachází třída E a od FL 95 do FL 660 je třída C (obrázek 15).



Obrázek 15: Vzdušný prostor v okolí letiště Simcity.

### 3.5.5 Postupy ve fázi konečného přiblížení

Vizuální přiblížení jsou na RWY 09L/27R a RWY 09R/27L zakázána. Výjimkou je mimo jiné<sup>10</sup> případ bezodkladného zajištění minim rozstupu mezi letícími letadly. Příslušný úřad ATS zároveň stanovil, že lze přehledové zařízení využít k zajištění rozstupů na konečném přiblížení, a tudíž lze aplikovat minimum 3 NM radarového rozstupu. V případě, že letištní řídicí každé letadlo nepřetržitě vidí a letová posádka zadního letadla hlásí, že předcházející letadlo je v dohledu (a může tak udržovat rozstup), je možné i toto minimum snížit. [9]

RWY 09L/27R a RWY 09R/27L jsou nezávislé paralelní dráhy. Vzdálenost jejich os je větší než 760 m. ILS přiblížení na tyto dráhy jsou definována

<sup>10</sup> Letadlo v nouzi, let pro záchranu lidského života, let pátrání a záchrany, nejsou v provozu systémy pro ostatní způsoby přiblížení, hlášen či předpovídan nepříznivý stříh větru, je postup vyžádán z důvodů bezpečnosti provedení letu.

jako nezávislá paralelní přiblížení. [15] Z toho plyne, že letadla mohou provést přiblížení na dvojici paralelních drah zcela nezávisle na sobě.

### 3.5.6 Odletové body a tratě

Pro letiště Simcity byly zřízeny 4 výstupní body z TMA: *NOMEN* pro tratě směřující na západ, *COLOX* pro tratě směřující na sever, *ASHEN* pro tratě směřující na jihovýchod a *WOLUP* pro tratě směřující na jihozápad. Na tyto body navazuje systém odletových tratí IFR, které jsou sepsány v tabulce 3.

Tabulka 3: Systém odletových tratí IFR.

RWY	trať SID - západ	trať SID - sever	trať SID - jihovýchod	trať SID - jihozápad
27R	NOMEN 2A	COLOX 2A	ASHEN 2A	WOLUP 2A
09L	NOMEN 3B	COLOX 3B	ASHEN 3B	WOLUP 3B
27L	NOMEN 4C	COLOX 4C	ASHEN 4C	WOLUP 4C
09R	NOMEN 5D	COLOX 5D	ASHEN 5D	WOLUP 5D
02	NOMEN 6E	COLOX 6E	ASHEN 6E	WOLUP 6E
20	NOMEN 7F	COLOX 7F	ASHEN 7F	WOLUP 7F

Pro odlet z *CTR Simcity* byly také zřízeny 4 VFR výstupní body: *Sierra* pro výstup na jih, *November* pro výstup na sever, *Whisky* pro výstup na západ a *Echo* pro výstup na východ.

### 3.5.7 Ostatní význačné informace

Na stanovišti *Simcity Tower* se uplatňují 3 pracoviště letištní služby řízení: letištní řídicí (Tower), řídicí poježdění (Ground) a pracoviště Delivery.

Na všechny RWY na letišti jsou publikovány jak přiblížení ILS tak přiblížení RNAV GNSS, nicméně v animacích je využito pouze ILS a vizuální přiblížení. Pro provoz za nízké dohlednosti (LVP) jsou určeny obě paralelní dráhy: RWY 09L/27R a RWY 09R/27L. Tyto postupy se používají kdykoliv jsou podmínky na letišti takové, že není možné vizuálně kontrolovat pohyb z řídicí věže.

Místní postupy multiple push-back využívané na letišti Simcity jsou popsány v kapitole 4.2.2.2.

---

 ANIMACE NA FIKTIVNÍM LETIŠTI
 

---

Pro výukové účely bylo vytvořeno, vzhledem k rozsahu diplomové práce, celkem 7 animací doplněných o zvuk, po jejichž shlédnutí by se student měl orientovat v základní problematice postupů pro letištní službu řízení. Důraz byl kladen na základní postupy pro lety IFR bez řešení problematiky VFR provozu. Každá animace mimo *Animaci 7* funguje jako samostatný celek, tedy není nutné pro její pochopení shlédnout animace předchozí. Všechny potřebné informace k problematice, kterou se animace zabývá jsou obsaženy v daném videu. Výjimkou je *Animace 1*, jejímž cílem je seznámení se základními prvky vyskytujícími se v animacích. Struktura všech animací je totožná. V úvodu je vždy popsána teorie týkající se vysvětlovaných postupů formou citace dané části předpisu *L 4444* nebo formou vlastního textu popř. tabulek vytvořených z dané části předpisu. Poté následuje vizualizace postupů odpovídající předpisové základně. Postupy jsou v souladu s platným zněním předpisu *L 4444* a jejich využití je popisováno dle zásady „best practice“ vyplývající z jejich použití v České republice. Použitá letecká frazeologie je též v souladu s platným zněním *ICAO Doc 4444* a *ICAO Annex 10, Volume 2*. [4]

Tabulka 4: Seznam vytvořených animací.

Číslo	Stručný název	Délka
1.	Instruktažní animace	5:28 min
2.	Odletová povolení a postupy multiple push-back	8:24 min
3.	Dráhové rozstupy mezi odlety a přílety	6:42 min
4.	WTC - Odlety z jedné aktivní dráhy	5:58 min
5.	WTC - Odlety z křižujících se drah	7:39 min
6.	WTC - Fáze konečného přiblížení	11:33 min
7.	Standardní smíšený provoz	9:39 min

Přehledný soupis všech animací, jejich názvů a délka trvání jsou uvedeny v tabulce 4. Celková délka audiovizuálního materiálu je **55:23 minut**. Animace byly narenderovány v rozlišení *FullHD 1920p x 1080p* se snímkovací frekvencí *25fps*.

#### 4.1 INSTRUKTÁŽNÍ ANIMACE

Jak již bylo řečeno výše, Instruktažní animace slouží k seznámení s jednotlivými prvky v animacích, aby se student v následujících již výukových animacích orientoval. Instruktažní animace obsahuje informace o leteckých dopravcích, kteří se vyskytují v animacích, charakteristiky použitých letadel, popis přehledového zobrazení pojezdového radaru (standardního labelu), popis provozní situace v okolí letiště a také popis fiktivního letiště *Simcity (XXSC)*, které je v textu popsáno v kapitole 3.

##### 4.1.1 Dopravci vyskytující se v animacích

V animacích se objevuje celkem 8 leteckých dopravců a 3 soukromí vlastníci. Dopravci byli vybráni s ohledem na vytvoření různorodé flotily letadel (různé kategorie turbulence v úplavu). Dopravci jsou vypsáni v tabulce 5.

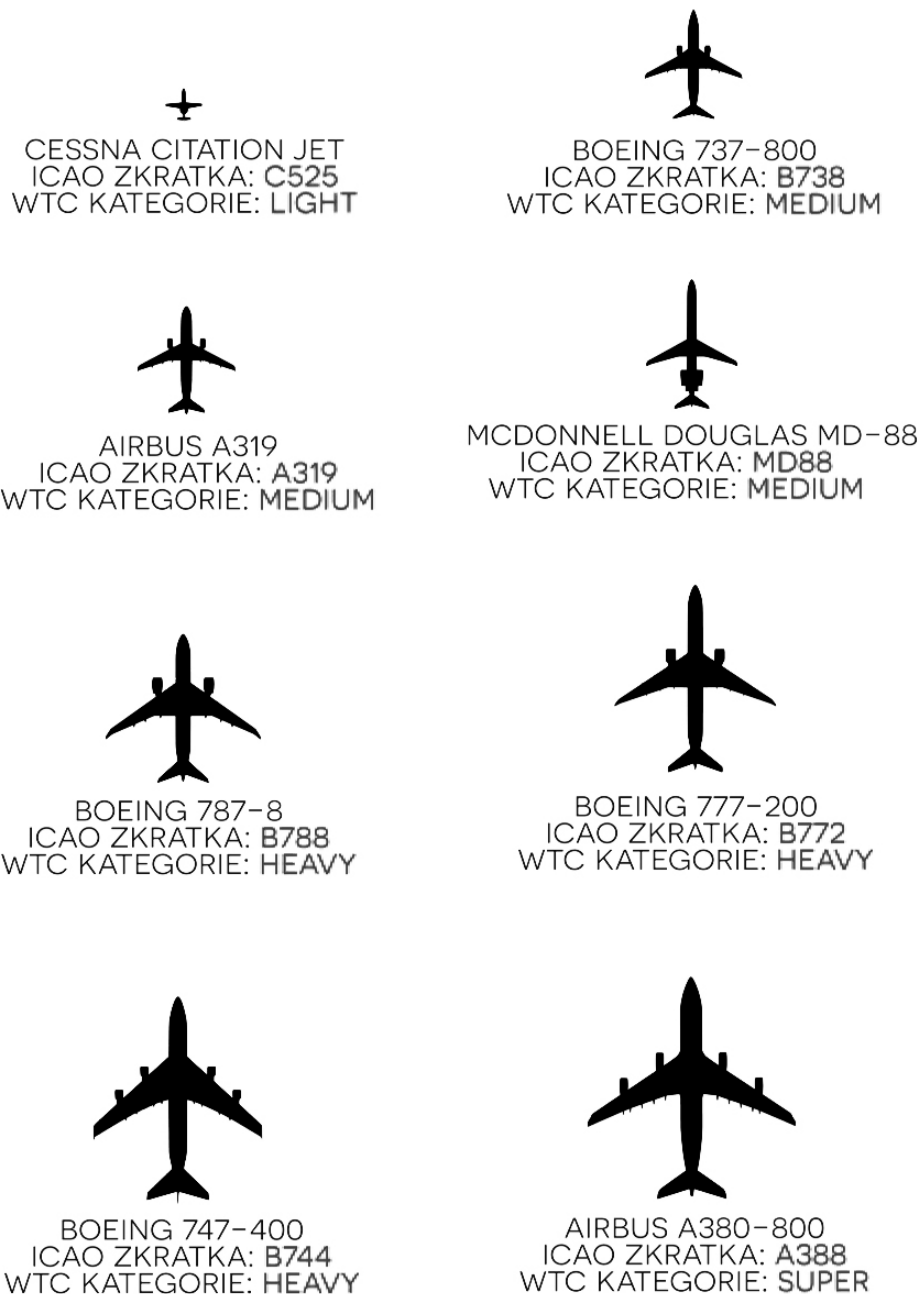
Tabulka 5: Seznam leteckých dopravců vyskytujících se v animacích.

Název	ICAO zkratka	Volací znak
České Aerolinie	CSA	CSA
Travel Service	TVS	Skytravel
British Airways	BAW	Speedbird
United Airlines	UAL	United
Emirates	UAE	Emirates
Ryanair	RYR	Ryanair
El Al	ELY	El Al
Delta Air Lines	DAL	Delta

##### 4.1.2 Letadla použitá v animacích

Pro účely animací bylo vybráno 8 letounů (obrázek 16), tak aby byl k dispozici vždy alespoň jeden zástupce dané kategorie turbulence v úplavu.

Letadla odpovídají svým reálným proporcím a velikostem vůči sobě navzájem a vůči dalším vzdálenostem na letišti (např. vůči šířce pojezdových drah).



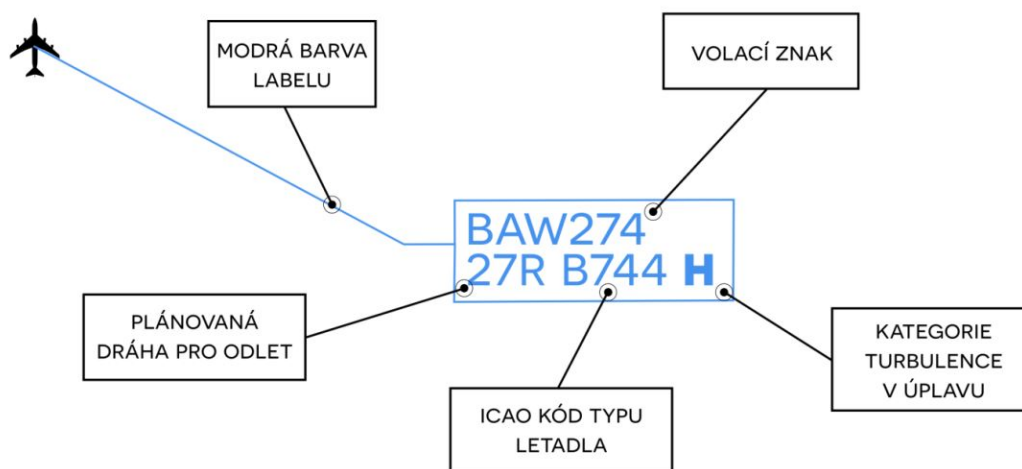
Obrázek 16: Letadla použitá v animacích.

### 4.1.3 Standardní label pojezdového radaru

Přehledové zobrazení z pojezdového radaru, jakým je například *Advanced-Surface Movement Guidance and Control System (A-SMGCS)*<sup>11</sup>, bylo vytvořeno dle standardního labelu. Příletový label se od odletového liší pouze v barvě a v informaci o plánovaném čísle stání namísto plánované dráhy pro odlet (viz obrázek 17 a obrázek 18). V prvním řádku se nachází volací znak daného letu tvořený ICAO zkratkou leteckého dopravce a číslem letu (např. *BAW274, UAE091...*). V druhém řádku se zleva doprava nachází označení plánované dráhy pro odlet v případě odletu nebo plánované číslo stání v případě příletu, ICAO kód typu letadla a kód kategorie turbulence v úplavu (L - Light, M - Medium, H - Heavy, J - Super).

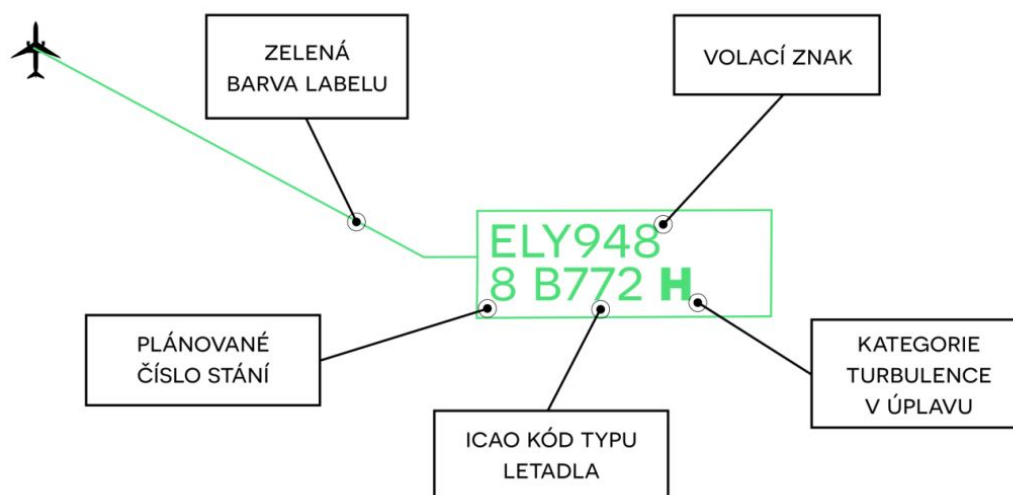
ICAO kód typu letadla je dvou-, tří- nebo čtyřmístný alfanumerický kód označující každý typ letadla, jež se může objevit v plánování letu. Tyto kódy jsou zveřejněny v dokumentu *ICAO Doc 8643*. [3]

Pro lepší čitelnost byly v animacích labely orámovány a přidán vržený stín, tak aby kontrastovaly s pozadím.



Obrázek 17: Standardní label pojezdového radaru - odlet.

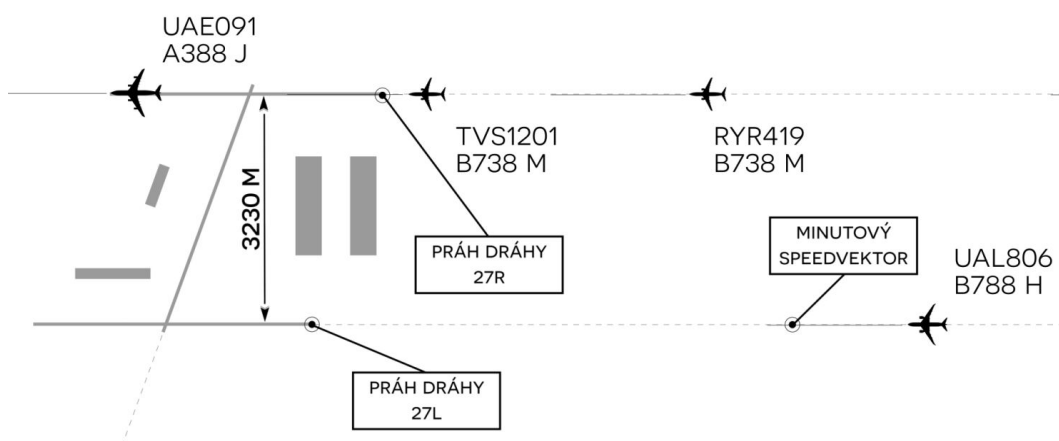
<sup>11</sup> Systém zajišťující vedení, dohled a kontrolu letadel a vozidel s cílem udržovat deklarovanou rychlost pohybu za všech povětrnostních podmínek v rámci provozní úrovně viditelnosti letiště (AVOL) při zachování požadované úrovně bezpečnosti.[5]



Obrázek 18: Standardní label pojezdového radaru - přilet.

#### 4.1.4 Provozní situace v okolí letiště

Provozní situace v okolí letiště je využito v Animaci 3, 6 a 7. Slouží k zobrazení provozu ve fázi konečného přiblížení nebo letadel, která provedla vzlet. Vzdálenosti z důvodu názornosti v této situaci neodpovídají reálným proporcím. Na obrázku 19 je zobrazen stručný popis této situace. Minutový speedvektor znázorňuje polohu letadla za 1 minutu při současné IAS (Indikované vzdušné rychlosti) a rychlosti větru.



Obrázek 19: Provozní situace v okolí letiště



## 4.2 ODLETOVÁ POVOLENÍ A POSTUPY MULTIPLE PUSH-BACK

První část *Animace 2* se zabývá pravidly a principy vydávání odletových povolení v souladu s předpisem *L 4444*. V druhé části jsou vysvětleny postupy multiple push-back, které nejsou součástí předpisu *L 4444*, nicméně jsou obvykle zaváděny jako místní postupy daného letiště. Pro účely animace byly vytvořeny postupy multiple push-back pro letiště *Simcity*, které jsou popsány níže.

### 4.2.1 *Předpisová základna*

Odletová povolení musí obsahovat jasné a stručné informace, které jsou formulovány standardním způsobem. Tam, kde mezi stanovišti ATC byla dohodnuta standardní povolení pro odlétávající letadla, je možno vydávat tyto povolení bez předchozí koordinace a schválení oblastního a příbližovacího střediska řízení.

*Standardní povolení pro odlétávající letadla musí obsahovat tyto položky:*<sup>12</sup>

1. *identifikaci letadla;*
2. *mez povolení, za normálních okolností letiště určení;*
3. *označení přidělené SID, pokud se aplikuje;*
4. *povolenou letovou hladinu;*
5. *přidělený kód SSR;*
6. *jakékoli další nezbytné instrukce nebo informace, které nejsou obsaženy v popisu SID, např. instrukce týkající se změny kmitočtu.*

### 4.2.2 *Popis animace*

V této animaci se počítá s následující provozní situací na letišti *Simcity*: *RWY 27R* je určena pro odlety, *RWY 27L* je určena pro přílety a *RWY 02/20* je na vyžádání pro odlety i přílety.

#### 4.2.2.1 *Odletová povolení*

Odletová povolení jsou v animaci popsána na 3 letech IFR a 2 letech VFR. Protože v případě vydávání těchto povolení je komunikace mezi pra-

---

<sup>12</sup> převzato z *L 4444 - 6.3.2.3*

covištěm Delivery a letadlem hlavním předmětem, uvedu zde přepis těchto vytvořených konverzací. Jednotlivá povolení na sebe v čase navazují.

### Odletové povolení č. 1 (IFR)

**PILOT:** *Simcity Delivery, Speedbird 274 Heavy, Stand 56, Information Lima, QNH 1016, request start-up and ATC clearance to London Heathrow.*

**PILOT:** *Start-up approved, cleared to London Heathrow via NOMEN 1A departure, initial climb 5000 ft, squawk 1201, Speedbird 274.*

**DELIVERY:** *Speedbird 274 Heavy, Simcity Delivery, start-up approved, Information Lima correct, time check 12, Speedbird 274 is cleared to London Heathrow via NOMEN 1A departure, initial climb 5000 ft, squawk 1201.*

**DELIVERY:** *Readback correct, for pushback contact Simcity Ground 121,910.*

**PILOT:** *For pushback contact Simcity Ground 121,910, Speedbird 274.*

*Information Lima* je označení odposlechnuté zprávy ATIS a tlaku QNH. *NOMEN 1A* je označení jedné z odletových tratí z letiště Simcity. *Squawk* je přidělený kód odpovídáče sekundárního radaru.

### Odletové povolení č. 2 (IFR)

**PILOT:** *Simcity Delivery, Skytravel 1200, stand 52, Information Lima, QNH 1016, request start-up and ATC clearance to Dubai.*

**PILOT:** *Start-up approved, QNH 1017, cleared to Dubai via ASHEN 2A departure, initial climb 5000 ft, squawk 1432, Skytravel 1200.*

**DELIVERY:** *Skytravel 1200, Simcity Delivery, start-up approved, Information Lima correct, new QNH 1017, time check 15, Skytravel 1200 is cleared to Dubai via ASHEN 2A departure, initial climb 5000 ft, squawk 1432.*

**DELIVERY:** *Readback correct, for pushback contact Simcity Ground 121,910.*

**PILOT:** *For pushback contact Simcity Ground 121,910, Skytravel 1200.*

Toto povolení se od předchozí liší pouze v situaci, kdy pracoviště odletového povolení sděluje letadlu změnu tlaku QNH.

### Odletové povolení č. 3 (IFR)

- PILOT: *Simcity Delivery, DEVMB, stand Whisky 7, Information Lima, QNH 1016, request start-up and ATC clearance to Milano Malpensa, request RWY 20 for departure.*
- PILOT: *Start-up approved, QNH 1017, CTOT time 35, cleared to Milano Malpensa, RWY 20 fly straight ahead, initial climb 5000 ft, squawk 3340, DEVMB.*
- DELIVERY: *DEVMB, Simcity Delivery, start-up approved, Information Lima correct, new QNH 1017, time check 18, CTOT time 35, DEVMB is cleared to Milano Malpensa, RWY 20 fly straight ahead, initial climb 5000 ft, squawk 3340.*
- DELIVERY: *Readback correct, for taxi contact Simcity Ground 121,910.*
- PILOT: *For taxi contact Simcity Ground 121,910, DEVMB.*

Jak již bylo řečeno výše, RWY 02/20 je za současné provozní situace na vyžádání, letadlo DEVMB tedy žádá o její využití. Pracoviště odletového povolení také letadlu sděluje čas CTOT<sup>13</sup>. W7 je otočné stání u Terminálu General Aviation.

### Odletové povolení č. 4 (VFR)

- PILOT: *Simcity Delivery, OKJZL, Cessna 172, without flight plan, stand Whisky 3, request start-up and ATC clearance to leave CTR via exit point Sierra and request RWY 20 for departure, Information Lima, QNH 1016.*
- PILOT: *altitude 2500 ft, RWY 20 for departure, squawk 1542.*
- PILOT: *Start-up approved, QNH 1017, cleared to leave CTR Simcity via Sierra 2 departure, in CTR Simcity maximum altitude 2500 ft, RWY 20 for departure, squawk 1542, OKJZL.*
- DELIVERY: *OKJZL, Simcity Delivery, start-up approved, time check 21, Information Lima correct, new QNH 1017, OKJZL is cleared to leave CTR Simcity via Sierra 2 departure, in CTR Simcity maximum*
- DELIVERY: *Readback correct, for taxi contact Simcity Ground 121,910.*
- PILOT: *For taxi contact Simcity Ground 121,910, OKJZL.*

V případě letu VFR, se povolení vydává pouze pro výstup z řízeného okrsku (CTR). Poté letadlo vstupuje do prostoru, kde již letovému povolení nepodléhá. Kromě výškového omezení může být součástí takového povo-

<sup>13</sup> CTOT - Calculated take-off time.

lení také omezení rychlostní.

### Odletové povolení č. 5 (VFR)

**PILOT:** *Simcity Delivery, GETFA, Piper P-28, without flight plan, stand Whisky 2, request start-up and ATC clearance to leave CTR via exit point November and request RWY 02 for departure, Information Lima, QNH 1016.*

**DELIVERY:** *GETFA, Simcity Delivery, start-up approved, time check 23, Information Lima correct, new QNH 1017, GETFA is cleared to leave CTR Simcity via November 1 departure, in CTR Simcity maximum alti-*

*tude 2500 ft, RWY 02 for departure, squawk 1543.*

**PILOT:** *Start-up approved, QNH 1017, cleared to leave CTR Simcity via November 1 departure, in CTR Simcity maximum altitude 2500 ft, RWY 02 for departure, squawk 1543, GETFA.*

**DELIVERY:** *Readback correct, for taxi contact Simcity Ground 121,910.*

**PILOT:** *For taxi contact Simcity Ground 121,910, GETFA.*

#### 4.2.2.2 Multiple push-back postupy

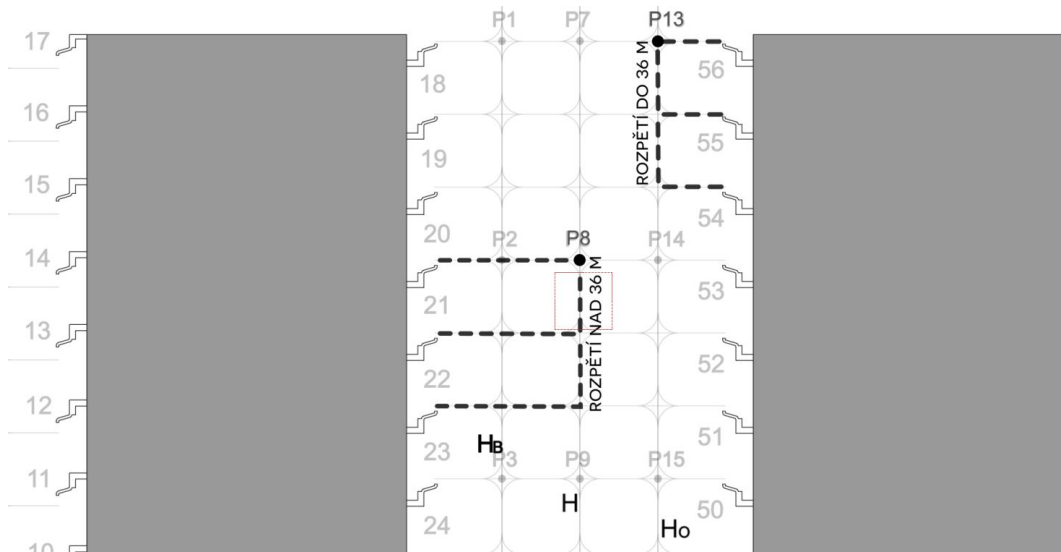
Postupy multiple push-back jsou v animaci demonstrovány ve 3 situacích pokaždé se 3 letadly. Tyto postupy byly pro účely animací vytvořeny následovně.

Na letišti Simcity jsou alternativní pojezdové pruhy označené *Blue* a *Orange* určené pro letadla do rozpětí křídel 36 m. Zároveň je jejich pohyb po těchto pruzích nezávislý. Letadla s rozpětím větším než 36 m nesmí alternativní pojezdové pruhy využívat a musí využít standardní pojezdové dráhy *G, J* a *H*.

Pro vytlačení letadel ze stojánek jsou zřízeny *push-back pozice* označené písmenem *P* a číslem. Pokud ATC neurčí jinak, ke skupině třech po sobě jdoucích stojánek jsou zřízeny dvě *push-back pozice*. Např. pro stání 54, 55, 56 je zřízena *push-back pozice P7* a *P13*. Pokud má letadlo rozpětí do 36 m, je pro něj standardně určena *pozice P13*. Pokud má více jak 36 m, je standardně vytlačeno na *pozici P7*. Toto pravidlo analogicky platí pro všechny stojánky (viz obrázek 20). Je-li například obsazena *pozice P8*, není možné vytlačit žádné letadlo ze stání 20, 21, 22, 51, 52 a 53. Pokud je obsazena *pozice P13*, nelze vytlačit letadla ze stání 55 a 56, ale lze vytlačit letadlo ze stání 54.

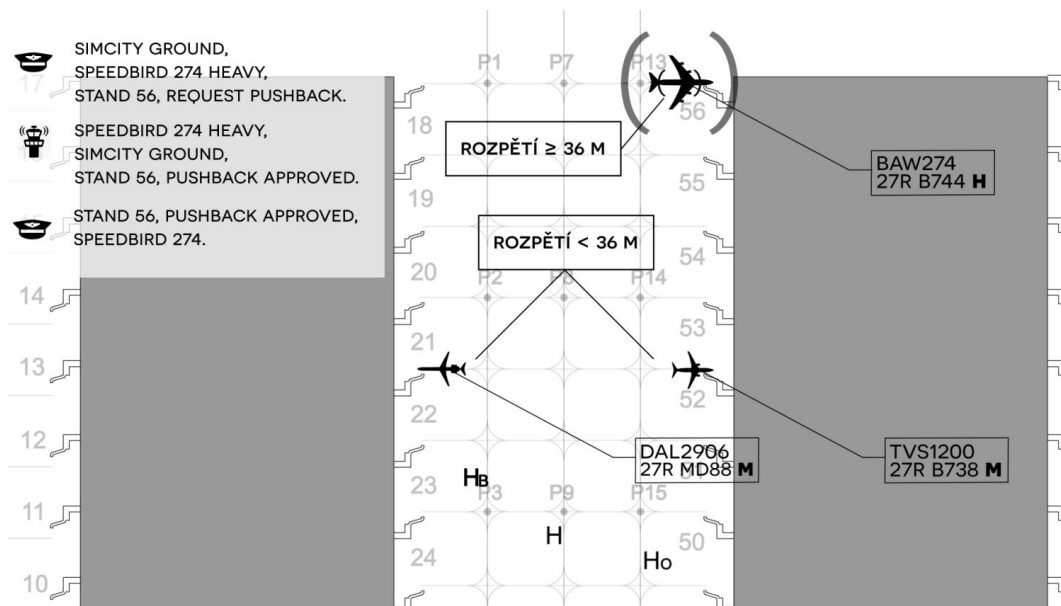
Obecně je snahou dodržovat filozofii „*first come, first served*“, nicméně je třeba přihlídnout k ostatním faktorům ovlivňujícím provoz, jako je např.

přidělování slotů aj. Z provozních důvodů může řídicí přidělit letadlu jinou než standardní push-back pozici.



Obrázek 20: Postupy multiple push-back na letišti Simcity.

### Situace 1

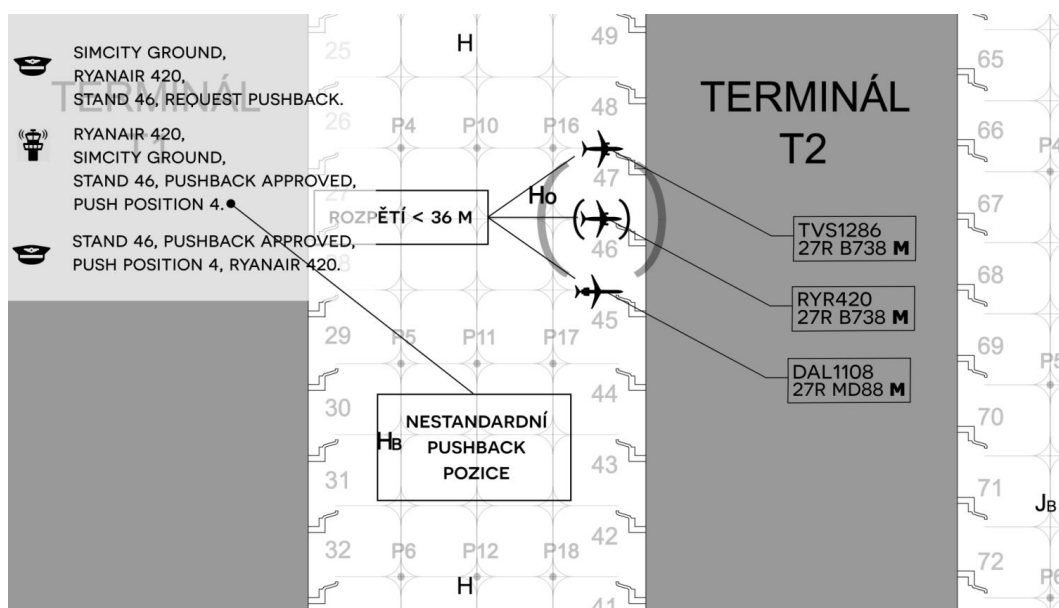


Obrázek 21: Animace 2, Push-back situace 1.

Jako první se přihlašuje *Speedbird 274 (B744/H)* ze stání 56 a žádá o push-back (obrázek 21), následně je vytlačen na standardní pozici *P7* pro letadla s rozpětím větším než 36 m. Poté se prakticky současně přihlásí *Skytravel 1200 (B738/M)* a *Delta 2906 (MD88/M)*, obě letadla dostávají povolení k vytlačení na jejich standardní push-back pozici. Protože pohyb letadel po těchto alternativních pruzích je nezávislý, mohou obě letadla zahájit vytlačení ve stejném čase.

### Situace 2

V *situaci 2* máme 3 letadla (WTC M) na stáních 45-47, pro které je určena jedna standardní push-back pozice *P16* (obrázek 22). Aby letadla nemusela čekat a nedošlo k narušení plynulého toku na letišti, je *Ryanair 420 (B738/M)* vytlačen na nestandardní push-back pozici *P4*. Řídicí pojiždění (Ground) musí letadlu tuto nestandardní pozici sdělit („*Pushback approved, push position 4.*“). *Skytravel 1286 (B738/M)* je poté vytlačen na svou standardní pozici *P16* a jako poslední je vytlačena *Delta 1108 (MD88/M)* na nestandardní pozici *P17*.

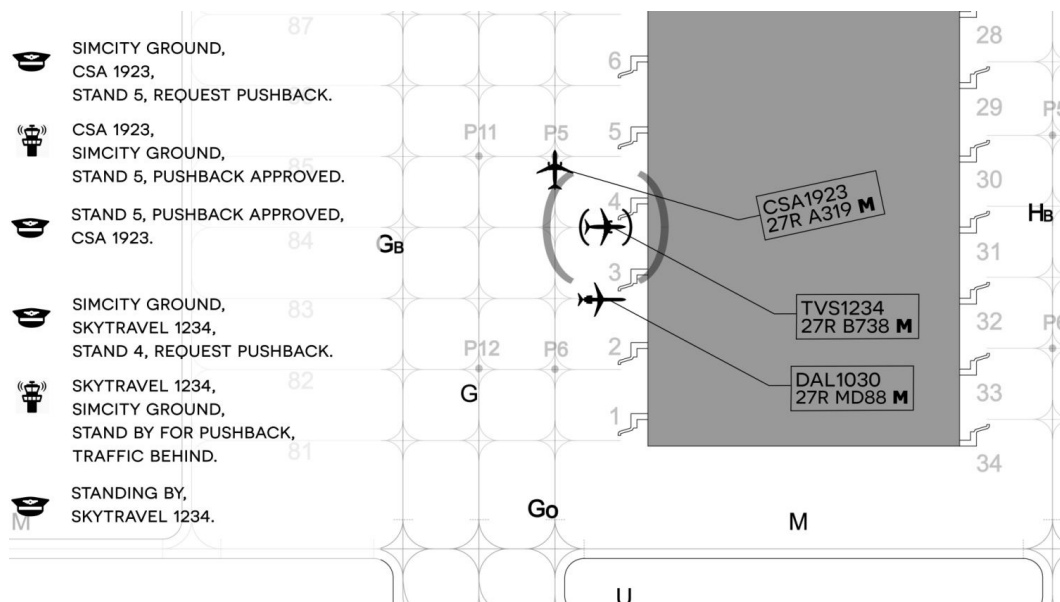


Obrázek 22: Animace 2, Push-back situace 2.

### Situace 3

V *situaci 3* máme opět 3 letadla vedle sebe (WTC M), tentokrát na stáních 3-5. Jako první je vytlačen *CSA 1923 (A319/M)* na standardní pozici *P5*. Jako druhé letadlo se přihlašuje *Skytravel 1234 (B738/M)*, pro které v

tuto chvíli nelze vydat povolení k vytlačení, protože příslušnou pozici *P5* již obsadilo letadlo *CSA 1923*. Následně dostává povolení k vytlačení *Delta 1030 (MD88/M)* na nestandardní pozici *P6*. *Skytravel 1234* v tuto chvíli musí čekat na odjezd obou letadel z *TWY Go*.



Obrázek 23: Animace 2, Push-back situace 3.

#### 4.3 DRÁHOVÉ ROZSTUPY MEZI ODLETY A PŘÍLETY

V této animaci jsou rozebrány minima dráhových rozstupů mezi přilétávajícími a odlétávajícími letadly. V *situaci 1* je vysvětlen dráhový rozstup „práh-práh“ a v *situaci 2* je popsán tzv. snížený dráhový rozstup. Tento rozstup může být stanoven pouze za předpokladu, že provedená vyhodnocení bezpečnosti ukazují, že v případě použití těchto snížených rozstupů bude dosaženo přijatelné úrovně bezpečnosti (viz L 4444 - ust. 7.11.1).

#### 4.3.1 Předpisová základna

##### 4.3.1.1 Minimum dráhového rozstupu (práh-práh)

Rozstup mezi přistávajícím letadlem a předcházejícím přistávajícím letadlem a mezi přistávajícím a odlétávajícím letadlem při použití stejné dráhy:<sup>14</sup>

*S výjimkou uvedenou v ust. 7.11 se přistávajícímu letadlu obvykle nepovolí přeletět práh dráhy při jeho konečném přiblížení, dokud předchozí odlétávající letadlo nepřeletělo konec dráhy v používání nebo nezahájilo zatáčku nebo dokud všechna předchozí přistávající letadla neopustila dráhu v používání.*

##### 4.3.1.2 Snížené minimum dráhového rozstupu

Letadla musí být pro účely sníženého minima rozstupu na dráhu rozříděna následovně:<sup>15</sup>

1. *Kategorie 1: jednomotorová vrtulová letadla s maximální schválenou vzletovou hmotností 2 000 kg nebo méně;*
2. *Kategorie 2: jednomotorová vrtulová letadla s maximální schválenou vzletovou hmotností vyšší než 2 000 kg, avšak nižší než 7 000 kg; a dvoumotorová vrtulová letadla s maximální povolenou vzletovou hmotností nižší než 7 000 kg;*
3. *Kategorie 3: všechna ostatní letadla.*

*Snížená minima rozstupu na dráhu, která smí být na letišti používána, musí být stanovena pro každou samostatnou dráhu. Použitý rozstup nesmí být nikdy nižší než následující minima:<sup>16</sup>*

*Přistávající letadla:*

*Následující přistávající letadlo může minout práh RWY, jestliže předcházející letadlo Kategorie 3:*

1. *přistálo a minulo bod nejméně 2 400 m od prahu RWY, je v pohybu a uvolní RWY bez poždění zpět po dráze; nebo*
2. *provedlo vzlet a minulo bod nejméně 2 400 m od prahu RWY.*

<sup>14</sup> převzato z L 4444 - 7.10.1

<sup>15</sup> převzato z L 4444 - 7.11.4

<sup>16</sup> vyjmutu z L 4444 - 7.11.7. Pravidla pro ostatní kategorie zde neuvádím, protože explicitně nesouvisí s Animací 3. Tyto pravidla je možné najít v ust. 7.11.7.

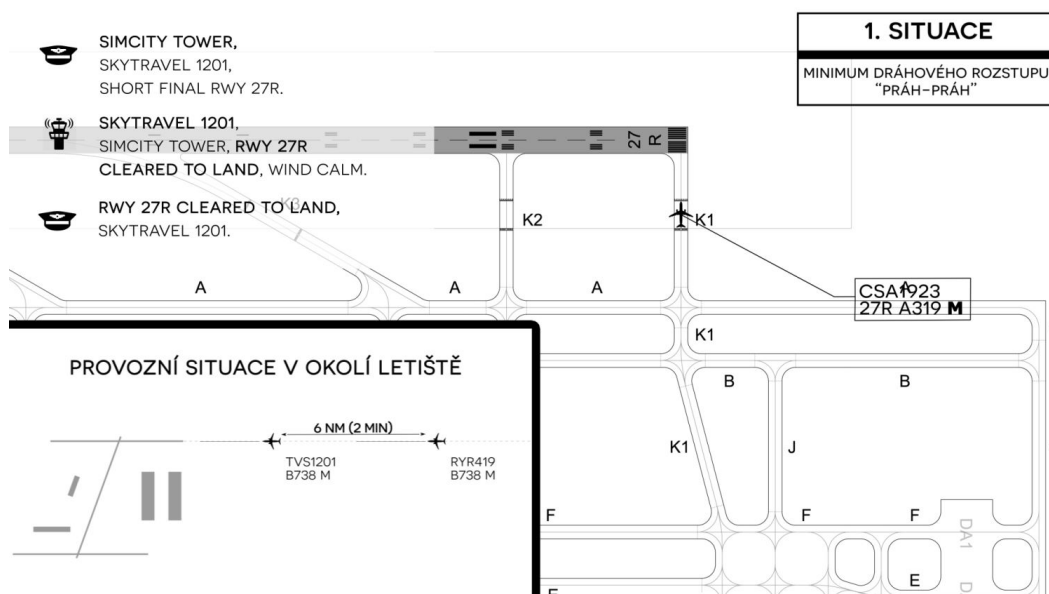


### 4.3.2 Popis animace

Protože snížená minima dráhového rozstupu lze využít jen za určitých meteorologických podmínek, v úvodu animace je uvedeno, že meteorologické podmínky v okolí letiště jsou CAVOK. Tato zkratka značí frázi „clouds and visibility OK“ a znamená, že dohlednost je 10 km nebo více, není hlášena žádná nízká oblačnost (pod 1500 m) nebo pod nejvyšší minimální sektorovou výšku (podle toho, která hodnota je vyšší), nejsou hlášeny žádné cumulonimby ani věžovité cumuly v jakékoli výšce a nejsou hlášeny žádné další význačné meteorologické jevy. [16]

#### Situace 1

Dvě letadla (WTC M) jsou ve fázi konečného přiblížení na RWY 27R. Rozstup mezi letadly je 6 NM, což při 160 IAS<sup>17</sup> odpovídá přibližně 2 minutám. Mezitím na vyčkávacím místě na RWY 27R čeká CSA 1923 (A319/M), který bude vzletat v intervalu mezi přistáními obou letadel (obrázek 24). Dvě minuty je dostatečná doba, aby letadlo CSA 1923 stihlo vstoupit na dráhu a provést vzlet, tak aby bylo splněno minimum dráhového rozstupu „práh-práh“.



Obrázek 24: Animace 3, Situace 1.

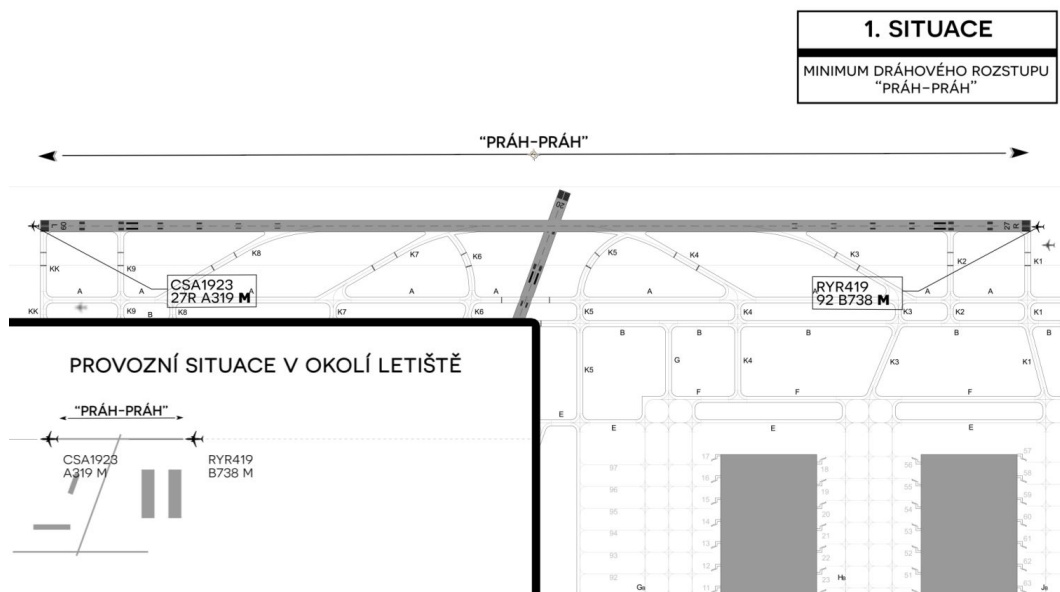
<sup>17</sup> IAS - Indicated Air Speed

Jako první se hlásí *Skytravel 1201 (B738/M)* a dostává povolení k přistání na RWY 27R. Poté se přihlásí druhé letadlo na konečném přiblížení *Ryanair 419 (B738/M)* a hlásí, že je plně usazeno v paprsku ILS, od letištního řídicího dostává odpověď, aby pokračovalo v přiblížení. Jako třetí hlásí *CSA 1923*, že je připraven k odletu, nicméně řídicí mu nemůže povolit vstup na dráhu, protože *Skytravel 1201* již obdržel povolení k přistání a za okamžik také bude přistávat (viz L 4444 - ust. 7.6.3.1.3.2).

Povolení ke vstupu na dráhu pro odlétávající letadlo je možné vydat až přistávající letadlo mine práh dráhy (THR)<sup>18</sup>. Nebo je možné vydat podmínkové povolení pro vstup na dráhu za přistávajícím letadlem: „*Behind landing traffic line up RWY 27R behind*“. Viz *Situace 2*.

Bezprostředně poté co *Skytravel 1201* mine práh dráhy, *CSA 1923* vstoupí na dráhu a v okamžiku, kdy je dráha uvolněna, dostává povolení ke vzletu. Po rotaci *CSA 1923* je možné vydat povolení k přistání pro *Ryanair 419* (viz L 4444 - ust. 7.10.2).

Standardní minimum dráhového rozstupu mezi odlétávajícím a přilétávajícím letadlem je zobrazeno na obrázku 25. „Tzn., že v okamžiku, kdy se přilétávající *Ryanair 419* nachází celým letadlem před prahem dráhy, musí odlétávající *CSA 1923* minout celou délkou letadla konec dráhy.“

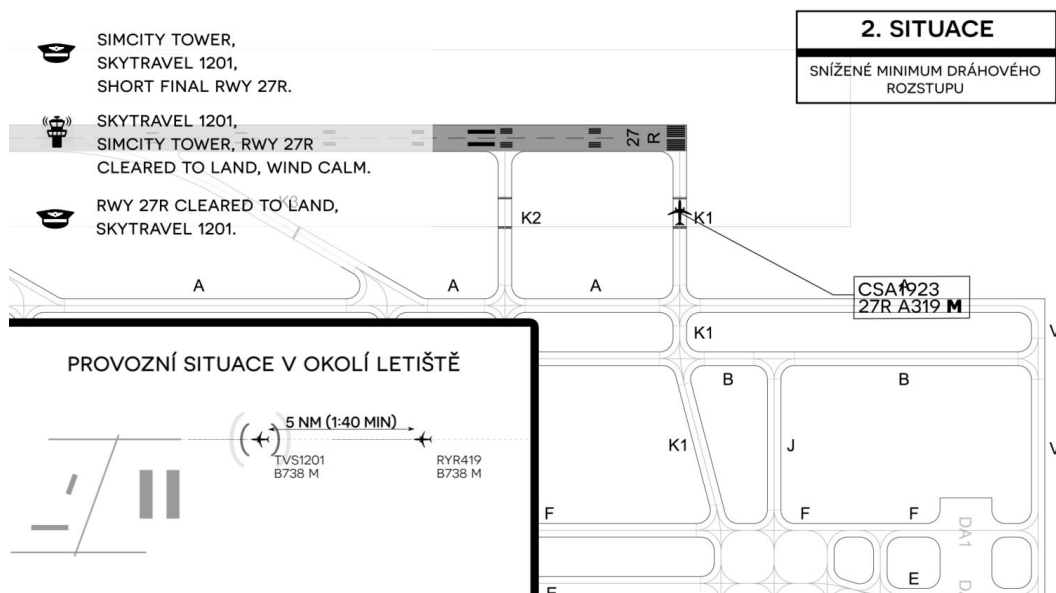


Obrázek 25: Animace 3, minimum dráhového rozstupu „práh-práh“.

<sup>18</sup> THR - threshold (práh dráhy)

### Situace 2

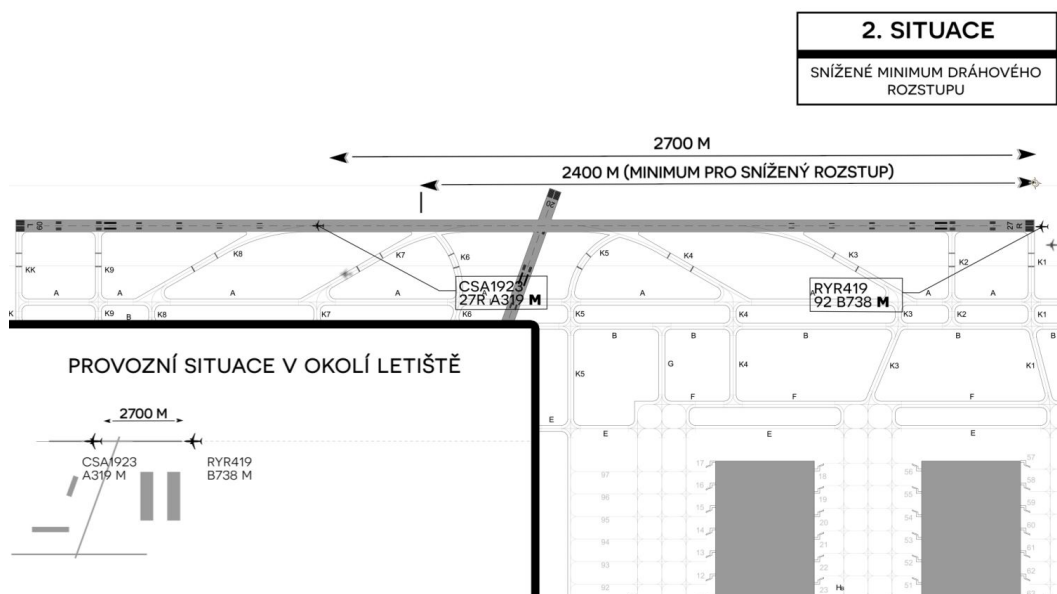
*Situace 2* je analogií předchozí situace s rozdílem, že byl změněn rozstup mezi letadly na konečném přiblížení. Nyní je rozstup 5 NM, což odpovídá přibližně 1 minutě 40 sekundám (obrázek 26).



Obrázek 26: Animace 3, Situace 2.

Pokud budeme počítat se sníženým dráhovým rozstupem, *Ryanair 419* musí v takové situaci obdržet informaci o předcházejícím letadle (*CSA 1923*). Taková informace je součástí podmínek, za nichž lze snížené minimum uplatnit (viz *L 4444 - ust. 7.11.6*). Z toho důvodu v *situaci 2* *Ryanair 419* po přihlášení obdrží odpověď: „*Continue approach, expect departure ahead A319, expect clearance on short final.*“

Snížené minimum rozstupu mezi odlétávajícím a přilétávajícím letadlem je zobrazeno na obrázku 27. „Tzn., že v okamžiku, kdy se přilétávající *Ryanair 419* nachází celým letadlem před prahem dráhy, musí odlétávající *CSA 1923* minout celou délkou letadla bod ve vzdálenosti 2400 m od tohoto prahu.“ V tomto případě je snížený dráhový rozstup znázorněn při vzdálenosti letadel 2700 m. Předcházející letadlo (*CSA 1923*) je kategorie 3 (viz kapitola 4.3.1.2).



Obrázek 27: Animace 3, Snížené minimum dráhového rozstupu.

#### 4.4 WTC - ODLETY Z JEDNÉ AKTIVNÍ DRÁHY

V této výukové animaci je podrobně rozebrána problematika časových rozstupů při turbulenci v úplavu pro odlétávající letadla z jedné aktivní dráhy.

##### 4.4.1 Turbulence v úplavu

Turbulence v úplavu je druh mechanické turbulence, která je přímo spojená s pohybem letadla v ovzduší. Na koncích křídel dochází ke vzniku vírů, viz obrázek 28. Při vzrůstající hmotnosti letadla, roste i vztlaková síla, čímž se zvětšuje i velikost těchto vírů (velikost turbulence v úplavu). Mezi další veličiny, které ovlivňují turbulenci v úplavu patří také rychlost a tvar křídla letadla, které turbulenci generuje. Proto byla letadla rozdělena dle ICAO do jednotlivých kategorií podle  $MTOW$ <sup>19</sup> a zároveň stanoveny časové popř. vzdálenostní rozstupy mezi jednotlivými kategoriemi letadel. [12]

Nebezpečí tohoto jevu je potenciálně největší, pokud se letadla pohybují po stejné trase blízko za sebou. K takovým situacím dochází především

<sup>19</sup>  $MTOW$  - Maximum takeoff weight.

v blízkosti letišť, kde je vysoký počet pohybů (vzlétajících a přistávajících letadel). Dopad turbulence v úplavu závisí zejména na hmotnosti, rozpětí křídel a relativní poloze vůči ose indukovaných vírů následujícího letadla. Mírné projevy můžeme zaznamenat kmitáním křídel, ve své nejhorší formě může však turbulence v úplavu způsobit ztrátu říditelnosti letounu. [11]



Obrázek 28: Turbulence v úplavu za letounem (Výzkumné centrum NASA, Langley. [12]

#### 4.4.2 Předpisová základna

Podrobnosti o vírech v úplavu a jejich vlivu na letadlo obsahuje ICAO dokument *Air Traffic Services Planning Manual (ICAO Doc 9426), Part II, Section 5*.

*Minima rozstupů podle turbulence v úplavu musí být založena na rozdělení typů letadel do tří kategorií podle maximální schválené vzletové hmotnosti takto:<sup>20</sup>*

- *HEAVY (H) – všechny typy letadel o hmotnosti 136 000 kg nebo větší;*
- *MEDIUM (M) – typy letadel o hmotnosti menší než 136 000 kg, ale větší než 7 000 kg; a*

<sup>20</sup> převzato z L 4444 - 4.9.1

- *LIGHT (L)* – typy letadel o hmotnosti 7 000 kg nebo menší.

Letadla kategorie turbulence v úplavu „těžká“ musí při prvním radiotelefonním spojení se stanovišti ATS použít slovo „HEAVY“, a to bezprostředně za volacím znakem letadla. Pro určitá letadla kategorie turbulence v úplavu „těžká“ identifikovaná příslušným úřadem, např. letadlo A380-800, musí při prvním radiotelefonním spojení se stanovišti ATS použít slovo „SUPER“, a to bezprostředně za volacím znakem letadla.<sup>21</sup>

Z části předpisu L 4444 - 5.8.3 zabývající se minimy rozstupů při turbulenci v úplavu pro odlétávající letadla byly pro přehlednost vytvořeny následující tabulky 6 a 7 s minimy časových rozstupů v závislosti na kategorii letadel. [18]

Tabulka 6: Časové rozstupy pro vzlet ze stejné dráhy.

První letadlo	Následující letadlo	Časový rozstup
J	H	2 min
J	M	3 min
J	L	3 min
H	M	2 min
H	L	2 min
M	L	2 min

Tabulka 7: Časové rozstupy pro vzlet ze střední části stejné dráhy.

První letadlo	Následující letadlo	Časový rozstup
J	H	nedefinováno
J	M	4 min
J	L	4 min
H	M	3 min
H	L	3 min
M	L	3 min

#### 4.4.3 Popis animace

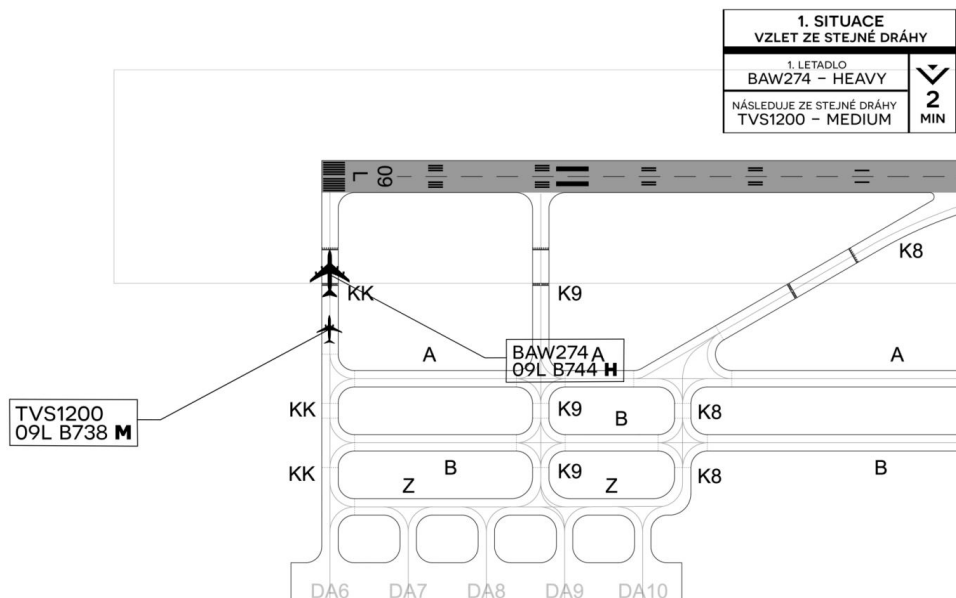
Animace je rozdělena na 6 různých situací, po jejichž shlédnutí by měl student v souvislosti s doprovodným textem pochopit základní principy rozstupů při vzletech z jedné aktivní dráhy. Jako aktivní dráha pro

<sup>21</sup> převzato z L 4444 - 4.9.2

vzlety byla vybrána RWY 09L. Jednotlivé situace se liší v místě odkud letadla zahájí rozjezd, v kategorii turbulence v úplavu jednotlivých letadel nebo v pořadí, v kterém jdou letadla na vzlet, popřípadě v kombinaci výše zmíněného.

### Situace 1

V 1. situaci jako první dostává povolení ke vstupu na dráhu *Speedbird* 274 (B744/H) z pojezdové dráhy KK a zároveň dostává povolení ke vzletu. Následně se přihlásí *Skytravel* 1200 (B738/M) rovněž z pojezdové dráhy KK, dostává povolení ke vstupu na dráhu, nicméně musí čekat 2 minuty (viz tabulka 6) z důvodu turbulence v úplavu vygenerované letadlem *Speedbird* 274. Po uplynutí časového úseku *Skytravel* 1200 dostává povolení ke vzletu (viz L 4444 - ust. 7.9.3). Jedná se o vzlet ze stejné dráhy (obrázek 29).



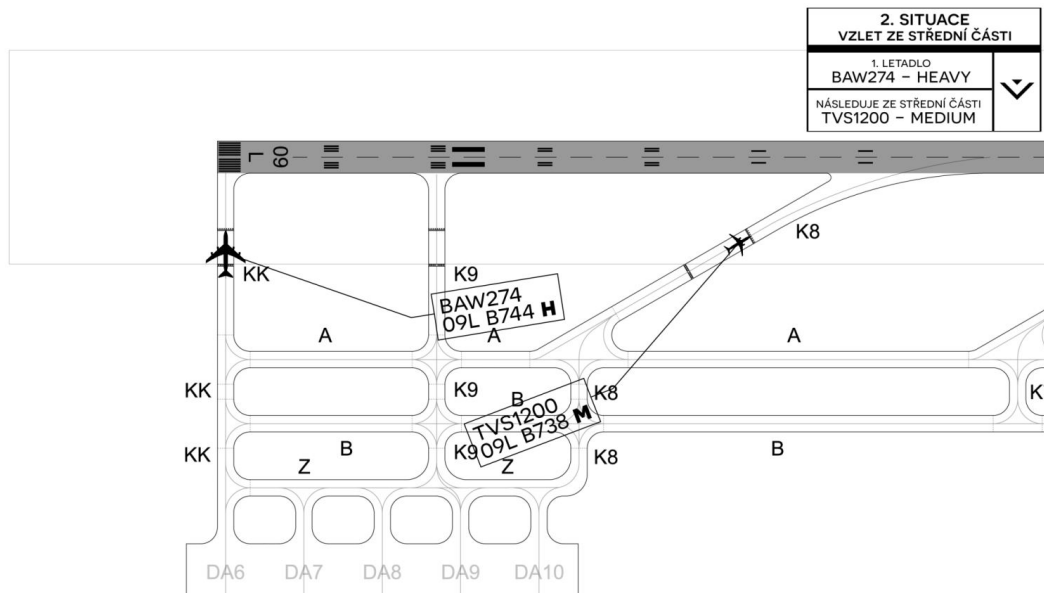
Obrázek 29: Animace 4, Situace 1.

Důležité je si uvědomit, že z praktických důvodů ATC počítají časové rozstupy od rozjezdu prvního letadla.

### Situace 2

V 2. situaci byla změněna pozice, z které bude *Skytravel* 1200 zahajovat vzlet (po odletu *Speedbird* 274). Nyní *Skytravel* 1200 bude vstupovat na dráhu z pojezdové dráhy K8, tedy z intersekcce - křižovatky (obrázek 30). V tuto chvíli se již jedná o vzlet ze střední části stejné dráhy, a proto uplat-

níme rozstup uvedený v tabulce 7. Vzletem ze střední části se rozumí, že druhé letadlo má k dispozici menší vzdálenost *TORA*<sup>22</sup> než předcházející letadlo (tj. má před sebou kratší část dráhy).



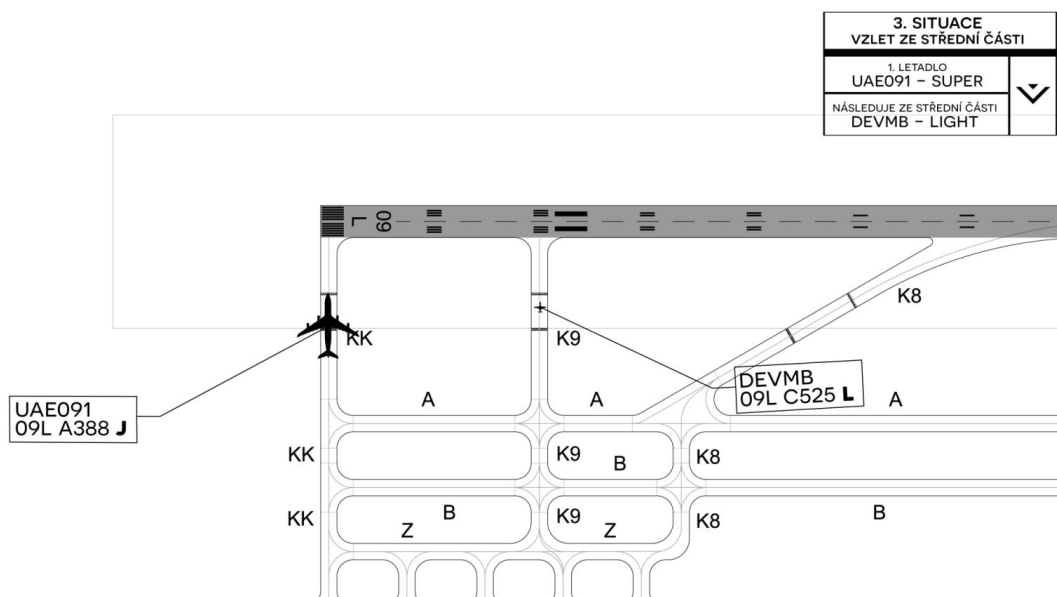
Obrázek 30: Animace 4, Situace 2.

### Situace 3

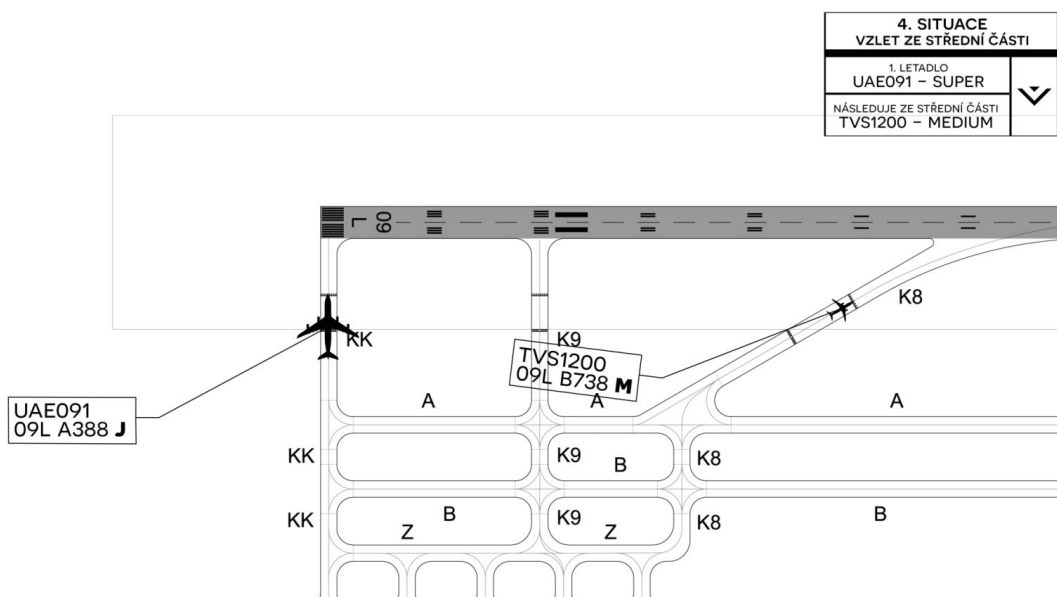
3. *situace* demonstruje případ, kdy z plné délky dráhy vzlétá *Emirates 091 (A388/J)* a jako druhé letadlo vstupuje na dráhu *DEVMB (C525/L)* z pojezdové dráhy *K9* (obrázek 31). Opět se nejedná o vzlet ze stejné dráhy, uplatníme tedy časový rozstup uvedený v tabulce 7.

22 *TORA* - Takeoff Run Available, Délka dráhy použitelná pro rozjezd při vzletu.





Obrázek 31: Animace 4, Situace 3.



Obrázek 32: Animace 4, Situace 4.

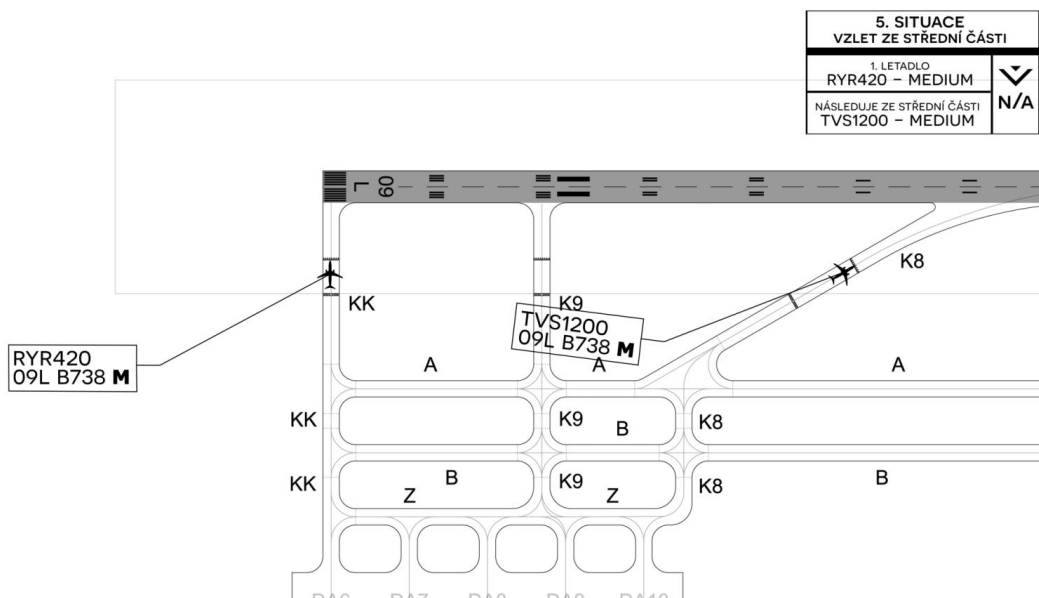
### Situace 4

4. situace se od 3. liší tím, že jako následující letadlo z pojezdové dráhy K8 vstupuje na dráhu Skytravel 1200. Cílem 4. situace bylo především ukázat,

že nezáleží na pozici odkud druhé letadlo zahajuje vzlet, pokud má před sebou dráhu TORA kratší, než předcházející startující letadlo, jde vždy o vzlet ze střední části stejné dráhy.

### Situace 5

V 5. situaci jako první vstupuje na dráhu Ryanair 420 (B738/M) a startuje z plné délky dráhy. Za ním ze střední části (z pojezdové dráhy K8) na dráhu vstupuje Skytravel 1200 (B738/M). V tomto a v jakémkoli jiném případě, kdy z jedné aktivní dráhy vzletají za sebou 2 letadla stejné kategorie turbulence v úplavu, se rozstupy z důvodu této turbulence neuplatňují (obrázek 33).



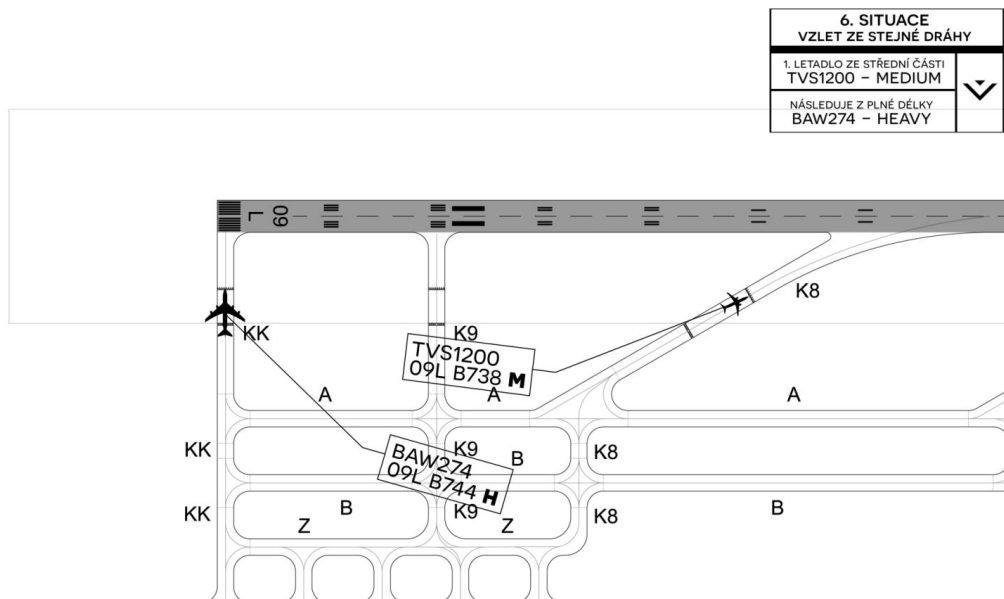
Obrázek 33: Animace 4, Situace 5.

### Situace 6

V poslední 6. situaci jde jako první na vzlet Skytravel 1200 z pojezdové dráhy K8 - tedy ze střední části dráhy. Následně na dráhu vstupuje Speedbird 274 z pojezdové dráhy KK - z plné délky dráhy. Jedná se o analogii k 1. situaci, pouze došlo ke změně pořadí letadel na vzletu a změně místa odkud Skytravel 1200 zahajuje rozjezd. Rozstup z důvodu turbulence v úplavu opět neuplatníme, následující letadlo (Speedbird 274) je vyšší kategorie turbulence v úplavu. Takový postup při řazení letadel na vzlet může výrazně zvýšit dráhovou kapacitu, nicméně do reálného provozu vstupuje

spousta dalších faktorů, jako přidělování slotů, okolní provoz a další, které musí ATC zahrnout do úvahy.

V souvislosti s 6. situací je třeba podotknout, že se jedná o vzlet ze stejné dráhy. Obecně platí, že pokud následující letadlo má před sebou kratší vzdálenost TORA než předcházející letadlo, jde o vzlet ze střední části stejné dráhy (z intersekce). Naopak pokud následující letadlo má před sebou stejnou nebo delší vzdálenost TORA než předcházející letadlo, jde o vzlet ze stejné dráhy.



Obrázek 34: Animace 4, Situace 6.

#### 4.5 WTC - ODLETY Z KŘÍŽUJÍCÍCH SE DRAH

*Animace 5* se zabývá minimy časových podélných rozstupů při turbulenci v úplavu pro vzlety z křižujících se drah.

##### 4.5.1 Předpisová základna

Rozdělení letadel do kategorií podle turbulence v úplavu je vypsáno výše v kapitole 4.4.2.

Časové rozstupy z důvodu turbulence v úplavu pro vzlety z křižujících se drah se uplatňují v případě, kdy *plánovaná dráha letu druhého letadla*

protne plánovanou dráhu letu prvního letadla ve stejné nadmořské výšce nebo méně než 300 m (1000 ft) pod ní.<sup>23</sup>

Z části předpisu L 4444 - 5.8.3 byla jako v Animaci 4 pro přehlednost vytvořena tabulka 8 s minimy časových podélných rozstupů v případě vzletů z křižujících se drah v závislosti na kategorii letadel (WTC). [18]

Tabulka 8: Časové rozstupy pro vzlety z křižujících se drah.

První letadlo	Následující letadlo	Časový rozstup
J	H	2 min
J	M	3 min
J	L	3 min
H	M	2 min
H	L	2 min
M	L	2 min

#### 4.5.2 Popis animace

Animace 5 je rozdělena na 5 situací. V popisu této animace jsou pro přehlednost použity vytvořené obrázky, které nejsou přímým výstupem z animace.<sup>24</sup>

##### Situace 1

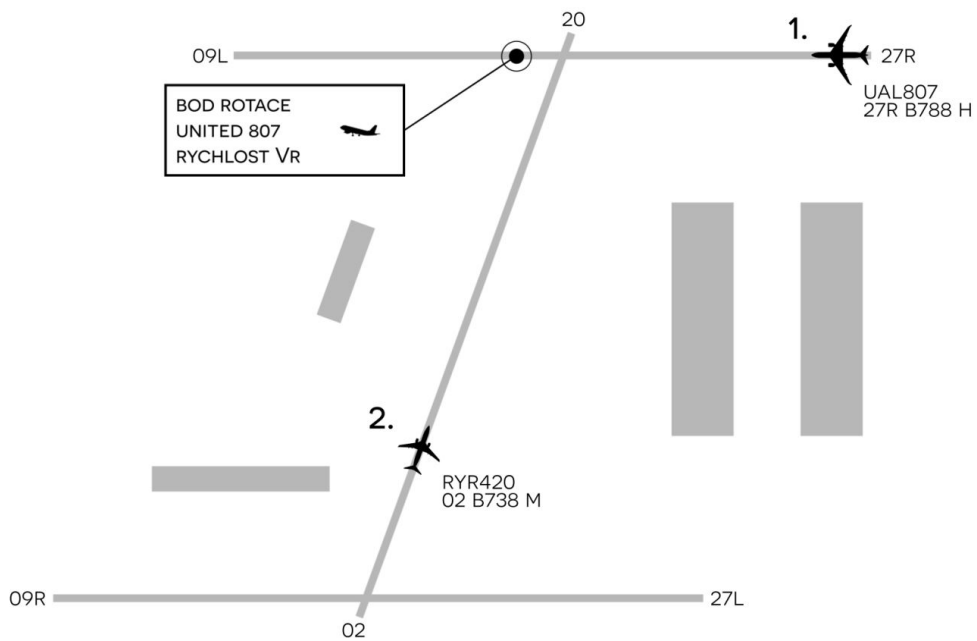
V situaci 1 jako první dostává povolení pro vstup na RWY 27R z TWY K1 a povolení pro vzlet *United 807 (B788/H)*. Bod rotace tohoto letadla je až za křížením RWY 27R a RWY 02. Následně vstupuje na RWY 02 z TWY M (směrem od hangáru) *Ryanair 420 (B738/M)*. V tomto případě rozstup z důvodu turbulence v úplavu neuplatníme, protože bod rotace *United 807* byl až za intersekcí RWY 27R a RWY 02 (obrázek 35).

V praxi je obecně obtížné předpovídat, jaká bude trajektorie prvního a druhého letadla při vzletu, proto se pravidlo uvedené v kapitole 4.5.1 zjednodušuje a časový rozstup z důvodu turbulence v úplavu se uplatní nebo neuplatní podle toho, v jaké části dráhy došlo k rotaci prvního letadla (před křížením drah nebo po něm). V případě rotace před křížením nejsme

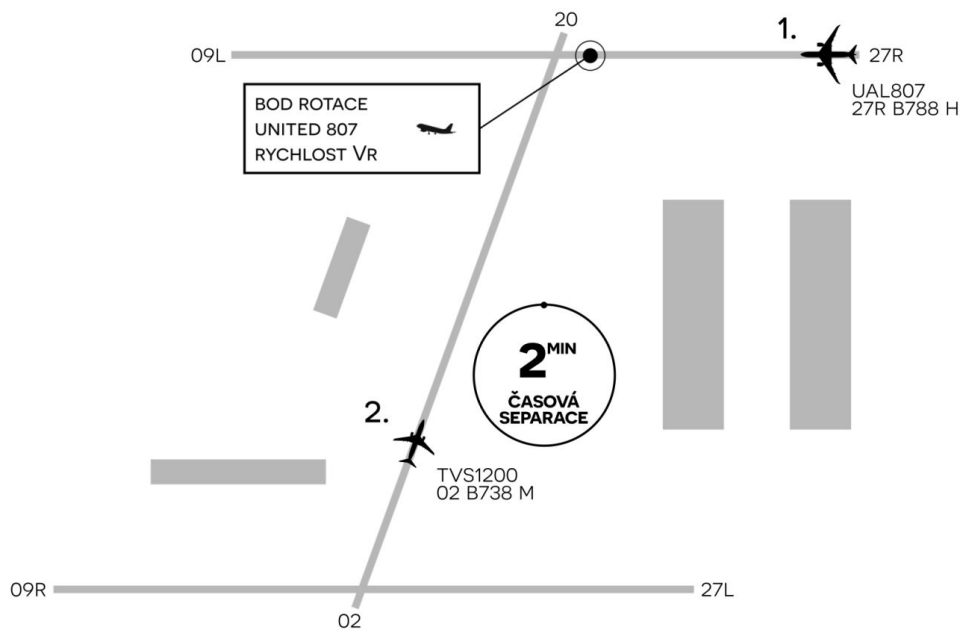
<sup>23</sup> převzato z L 4444 - 5.8.3

<sup>24</sup> Je tomu tak z důvodu, že v animaci je využito častého pohybu kamery, a nelze tak vytvořit printscreen, který by obsahoval potřebnou vypovídací hodnotu.

schopni určit, zda druhé letadlo bude schopno turbulenci nadlétnout, proto rozstup uplatníme.



Obrázek 35: Animace 5, Situace 1.



Obrázek 36: Animace 5, Situace 2.

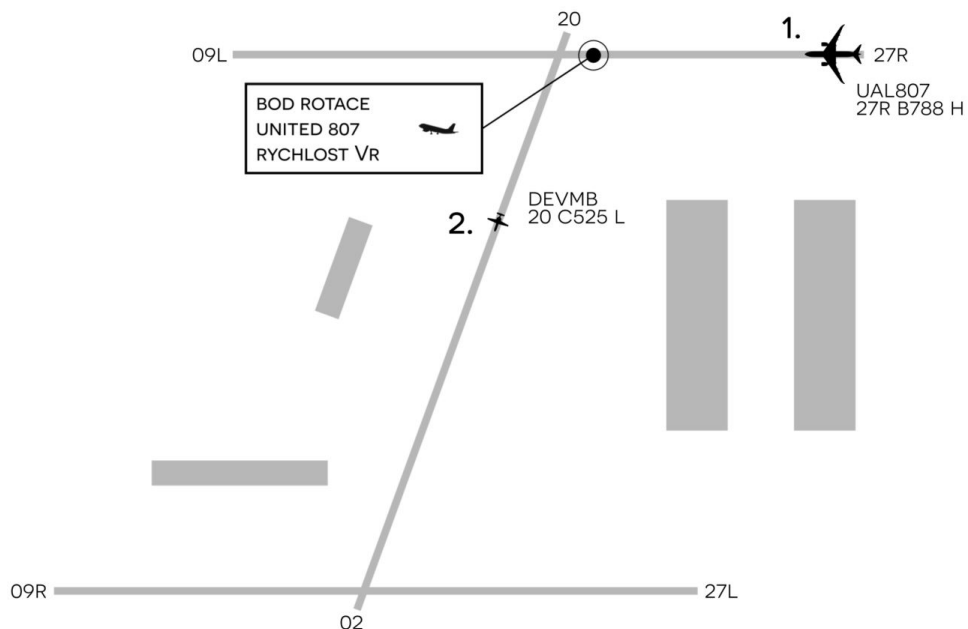
### Situace 2

*Situace 2* je analogií první situace s rozdílem, že k rotaci letadla *United 807* dojde již před křížením (intersekcí) RWY 27R a RWY 02. V tomto případě je na místě předpokládat, že druhé letadlo bude prolétat turbulencí v úplavu generovanou prvním letadlem, proto časový rozstup z důvodu turbulence v úplavu dle tabulky 8 uplatníme (obrázek 36). Výjimku by například mohl tvořit případ, kdy existuje odůvodněná jistota, že následující letadlo bude schopno turbulenci vytvořenou prvním letadlem nadlétnout (např. stíhací letoun).

Z praktického hlediska se časový rozstup počítá od rozjezdu prvního letadla. Z hlediska turbulence v úplavu je zároveň důležité sledovat bod rotace, který dokáže výrazně ovlivnit dráhovou kapacitu.

### Situace 3

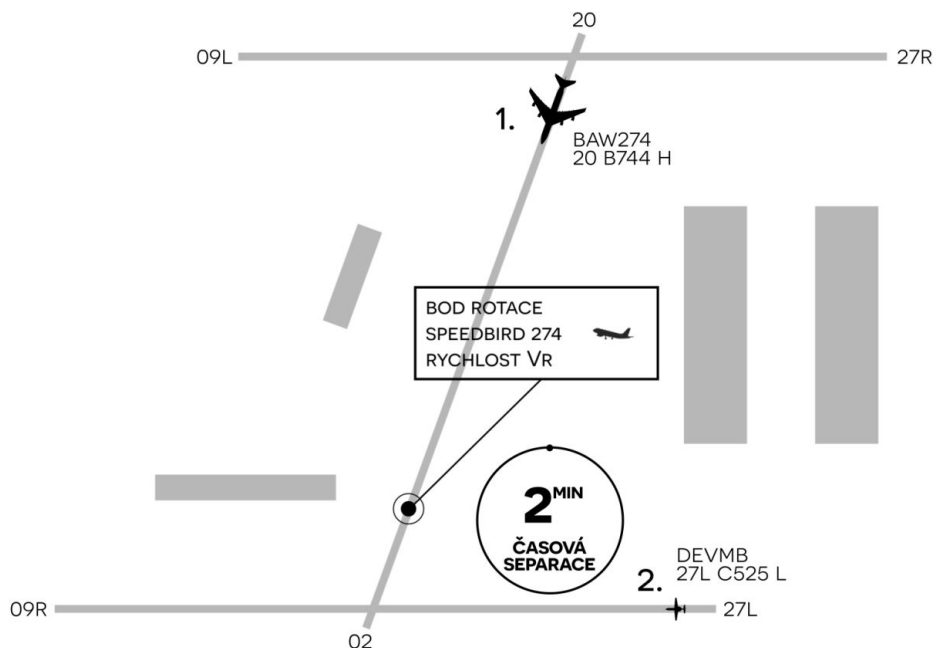
V *situaci 3* opět jako první letadlo startuje *United 807* z RWY 27R. Poté na RWY 20 vstupuje z TWY E *DEVMB (C525/L)* (obrázek 37). V tomto případě žádný časový rozstup není třeba uplatnit. Letadlo *DEVMB* nekřížuje dráhu letadla *United 807*. V takové konfiguraci je pohyb letadel při vzletu z hlediska WTC zcela nezávislý.



Obrázek 37: Animace 5, Situace 3.

### Situace 4

V této situaci jako první vzlétá z RWY 20 (od TWY A) letadlo *Speedbird 274* (B744/H). Jako druhé letadlo vzlétá *DEVMB* z RWY 27L (od TWY L2). Protože bod rotace *Speedbird 274* byl již před křížením RWY 20 a RWY 27L, musí řídicí uplatnit časový rozstup 2 minuty dle tabulky 8.



Obrázek 38: Animace 5, Situace 4.

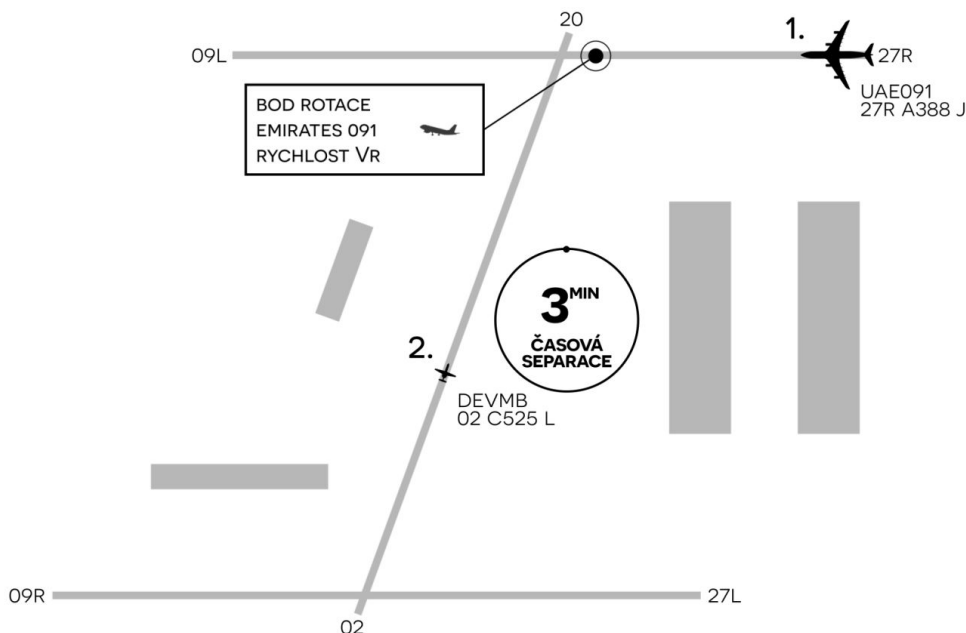
### Situace 5

V poslední situaci vzlétá z RWY 27R *Emirates 091* (A388/J). Předpokládejme, že letadlo má hmotnost *OEW* (*Operating empty weight*)<sup>25</sup> + palivo. U takové hmotnostní konfigurace je možné, že bod rotace letounu *A380-800* bude již před křížením RWY 27R a RWY 02 (obrázek 39). Jako druhé letadlo vzlétá *DEVMB* z RWY 02 (od TWY RR). I zde logicky uplatníme časový rozstup z důvodu turbulence v úplavu, tentokrát bude letadlo *DEVMB* čekat 3 minuty, než dostane povolení ke vzletu (viz tabulka 8).

Za účelem zvýšení dráhové kapacity by mohlo být v této situaci výhodnější nechat odstartovat letadlo *DEVMB* jako první a letadlo *Emirates 091* jako druhé. V takovém případě bychom nemuseli uplatnit časový roz-

<sup>25</sup> OEW zahrnuje posádku, všechny kapaliny potřebné pro provoz letadla, jako je motorový olej, chladicí kapalina motoru, voda, hydraulická kapalina, nepoužitelné palivo a všechny další položky potřebné pro let. Nezahrnuje použitelné palivo a payload.

stup. Nicméně jak již bylo řečeno v kapitole 4.4, do reálného provozu vstupuje spousta dalších faktorů, jako přidělování slotů, okolní provoz a další, které musí ATC zahrnout do úvahy.



Obrázek 39: Animace 5, Situace 5.

#### 4.6 WTC - FÁZE KONEČNÉHO PŘIBLÍŽENÍ

*Animace 6* se podrobně zaměřuje na minima vzdálenostních rozstupů mezi letadly z důvodu turbulence v úplavu ve fázi konečného přiblížení.

Konečné přiblížení je posledním úsekem přiblížení, při kterém se provádí vyrovnání do směru dráhy pro přistání a zahajuje se konečné klesání na přistání. Začíná v bodě *FAF* (*Final Approach Fix*) a končí v bodě *MAPt* (*Missed Approach Point*). V případě přesného přístrojového přiblížení (*ILS/MLS*) začíná úsek konečného přiblížení v bodě *FAP* (*Final Approach Point*). [14]

##### 4.6.1 Předpisová základna

Rozdělení letadel do kategorií podle turbulence v úplavu je vypsáno výše v kapitole 4.4.2.



Následující minima vzdálenostních rozstupů podle turbulence v úplavu se musí uplatňovat pro letadla, kterým je poskytována služba přehledového systému ATS ve fázích přiblížení a vzletu, za těchto okolností:<sup>26</sup>

1. letadlo letí přímo za jiným letadlem ve stejné nadmořské výšce nebo méně než 300 m (1000 ft) pod ní; nebo
2. obě letadla používají stejnou dráhu nebo paralelní dráhy, které jsou od sebe vzdáleny méně než 760 m (2500 ft); nebo
3. letadlo křížuje trať jiného letadla za ním ve stejné nadmořské výšce nebo méně než 300 m (1000 ft) pod.

Z části předpisu L 4444 - 8.7.3.4 byla pro přehlednost vytvořena tabulka 9 s minimy vzdálenostních rozstupů podle turbulence v úplavu.

Tabulka 9: Minima vzdálenostních rozstupů podle turbulence v úplavu.

První letadlo	Následující letadlo	Vzdálenost
J	H	6 NM
J	M	7 NM
J	L	8 NM
H	H	4 NM
H	M	5 NM
H	L	6 NM
M	L	5 NM

Doporučení Ad-hoc skupiny ukazuje, že neexistuje žádné omezení pro letadlo A380-800 následující za dalším letadlem A380-800 nebo TĚŽKÝM letadlem jiným než A380-800.<sup>26</sup>

#### 4.6.2 Popis animace

Animace 6 je rozdělena na 6 situací. V situacích 1-4 jsou popisovány standardní postupy ve fázi konečného přiblížení, v situaci 5 a 6 jsou popsány nápravná opatření v případě hrozícího nedodržení minima vzdálenostního rozstupu.

Meteo podmínky v okolí letiště: CAVOK.

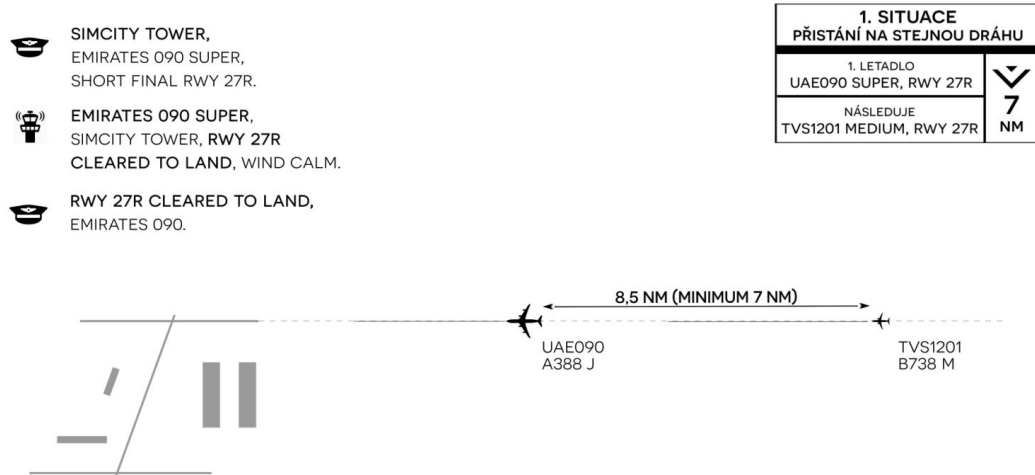
<sup>26</sup> převzato z L 4444 - 8.7.3.4

### Situace 1

Na úvod je třeba zmínit, že za sebou letící letadla ve fázi konečného přiblížení mají od služby ATC nařízeno udržovat rychlost *160 kt IAS* do *4 NM* od prahu dráhy. V této vzdálenosti začínají brzdit na minimální přibližovací rychlost. Z toho vyplývá, že poté co první letadlo mine vzdálenost *4 NM* od prahu dráhy, bude následující letadlo to první dohánět a vzdálenost se mezi nimi bude snižovat. Aby byla zajištěna minima vzdálenostních rozstupů, je nutné, aby vzdálenost mezi letadly byla větší, než je předepsané minimum (viz obrázek 40).

V *situaci 1* se nachází na konečném přiblížení *Emirates 090 (A388/J)* a jako následující letadlo ve vzdálenosti *8,5 NM* *Skytravel 1201 (B738/M)*. Poté, co *Emirates 090* překročí bod vzdálený *4 NM* od prahu dráhy, se vzdálenost mezi letadly bude vzhledem k výše uvedenému textu snižovat. Po přihlášení obdrží *Emirates 090* povolení k přistání na *RWY 27R* (na *RWY* není a nepředpokládá se žádný jiný význačný místní provoz). Poté se přihlásí *Skytravel 1201*, který obdrží pouze pokyn „*Continue approach*“. Povolení k přistání pro následující letadlo lze vydat až v čase, kdy předcházející letadlo zcela uvolnilo dráhu nebo v případě, kdy existuje odůvodněná jistota, že v době, kdy se bude následující letadlo nacházet nad prahem dráhy, bude tato dráha již uvolněna (viz kapitola 4.3.2 nebo L 4444 - ust. 7.10.2).

*Situace 1* slouží především k vysvětlení minimálního vzdálenostního rozstupu, který se reálně uplatňuje až do bodu dotyku prvního letadla. Tedy v okamžiku, kdy se *Emirates 090* bude nacházet na bodu dotyku *RWY 27R*, vzdálenost mezi letadly bude přesně *7 NM*.

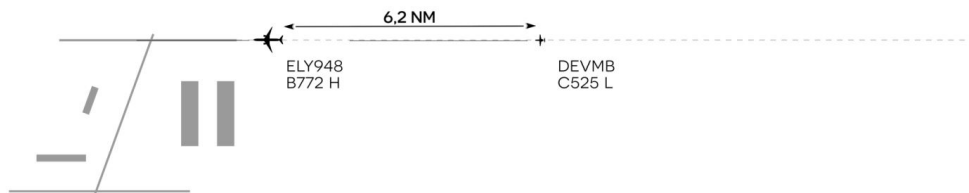


Obrázek 40: Animace 6, Situace 1.

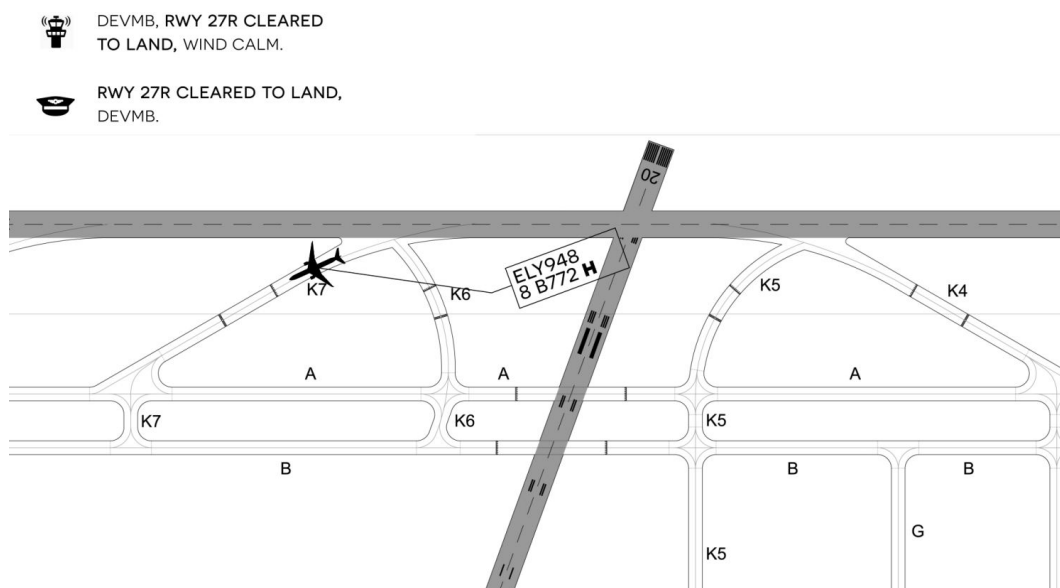
### Situace 2

*Situace 2* je pouze variací situace 1 s rozdílem, že zde není dosaženo absolutního minima vzdálenostního rozstupu, situace tak působí více realisticky. Ve chvíli, kdy se *El Al 948 (B772/H)* nachází těsně před prahem RWY 27R je vzdálenost mezi letadly 6,2 NM. Vzhledem k poloze obou letadel a jejich rychlostem je zřejmé, že minimum rozstupu bude zachováno (obrázek 41). V okamžiku, kdy *El Al 948* uvolní dráhu, letadlo *DEVMB (C525/L)* obdrží povolení k přistání (obrázek 42).

2. SITUACE PŘÍSTÁNÍ NA STEJNOU DRÁHU	
1. LETADLO ELY948 HEAVY, RWY 27R	 <b>6</b> NM
NÁSLEDUJE DEVMB LIGHT, RWY 27R	



Obrázek 41: Animace 6, Situace 2.

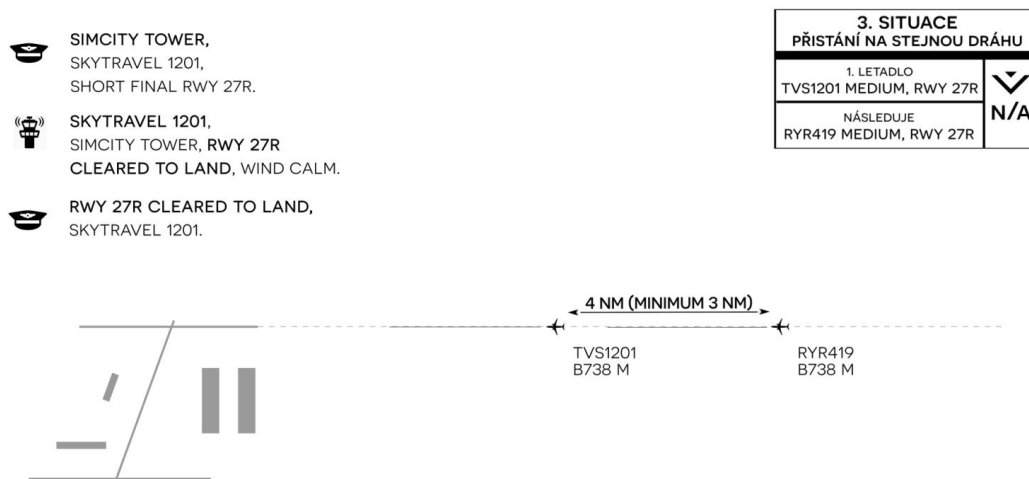


Obrázek 42: Animace 6, Situace 2 - uvolnění dráhy.

### Situace 3

V *situaci 3* vzdálenostní rozstup z důvodu turbulence v úplavu neuplatníme, obě letadla jsou WTC kategorie *Medium*. Je nutné pouze zajistit standardní minimum radarového rozstupu 3 NM (viz L 4444 - ust. 6.7.3.2.5) (obrázek 43). V případě, že letištní řídicí každé letadlo nepřetržitě vidí a le-

tová posádka zadního letadla hlásí, že předcházející letadlo je v dohledu (a může tak udržovat rozstup), je možné i toto minimum snížit (viz L 4444 - ust. 6.1).



Obrázek 43: Animace 6, Situace 3.

#### Situace 4

V této situaci vzdálenostní rozstup z důvodu turbulence v úplavu opět neuplatníme. *El Al 948 (B772/H)* se nachází ve fázi konečného přiblížení na dráhu 27R a *Ryanair 419 (B738/M)* se nachází ve stejné fázi přiblížení na dráhu 27L (obrázek 44).

RWY 27R a RWY 27L jsou nezávislé dráhy. Vzdálenost jejich os je větší než 760 m, nicméně pokud by byla menší než 760 m, vzdálenostní rozstup z důvodu turbulence v úplavu by musel být uplatněn (viz L 4444 - ust. 5.8.3). V této situaci neuplatňujeme ani minima radarového rozstupu, jelikož jsou ILS přiblížení na RWY 27L a RWY 27R definována jako nezávislá paralelní přiblížení (viz L 8168 III.2.1.2). [15]

Z toho plyne, že obě letadla mohou provést přiblížení zcela nezávisle na sobě (viz L 4444 - ust. 7.7.1.1 b). Ani na jedné z paralelních drah nepředpokládáme žádný jiný význačný místní provoz, proto mohou obě letadla obdržet povolení k přistání v zásadě ve stejný čas (tak jak je tomu v Animaci 6, Situaci 4).



4. SITUACE PŘISTÁNÍ NA PARALELNÍ DRÁHY	
1. LETADLO ELY948 HEAVY, RWY 27R	✓
NÁSLEDUJE RYR419 MEDIUM, RWY 27L	N/A



Obrázek 44: Animace 6, Situace 4.

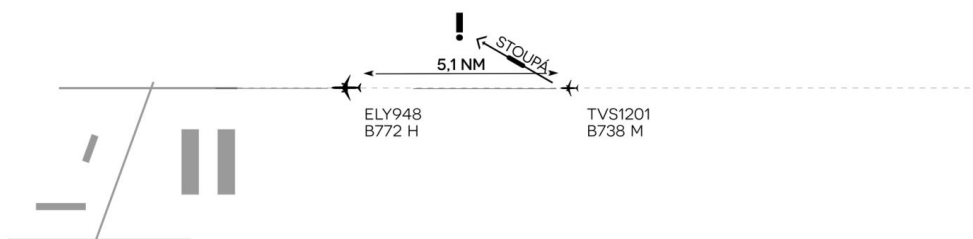
### Situace 5

*Situace 5* popisuje první a ve většině případů nejčastější nápravné opatření při hrozícím nedodržení rozstupu z důvodu turbulence v úplavu (obrázek 45).

-  SKYTRAVEL 1201,  
GO AROUND DUE TO WAKE  
TURBULENCE.
-  GOING AROUND,  
SKYTRAVEL 1201.

NÁPRAVNÉ OPATŘENÍ  
PŘI HROZÍCÍM NEDODRŽENÍ  
ROZSTUPU Z DŮVODU  
TURBULENCE V ÚPLAVU.

5. SITUACE PŘISTÁNÍ NA STEJNOU DRÁHU	
1. LETADLO ELY948 HEAVY, RWY 27R	✓
NÁSLEDUJE TVS1201 MEDIUM, RWY 27R	5 NM

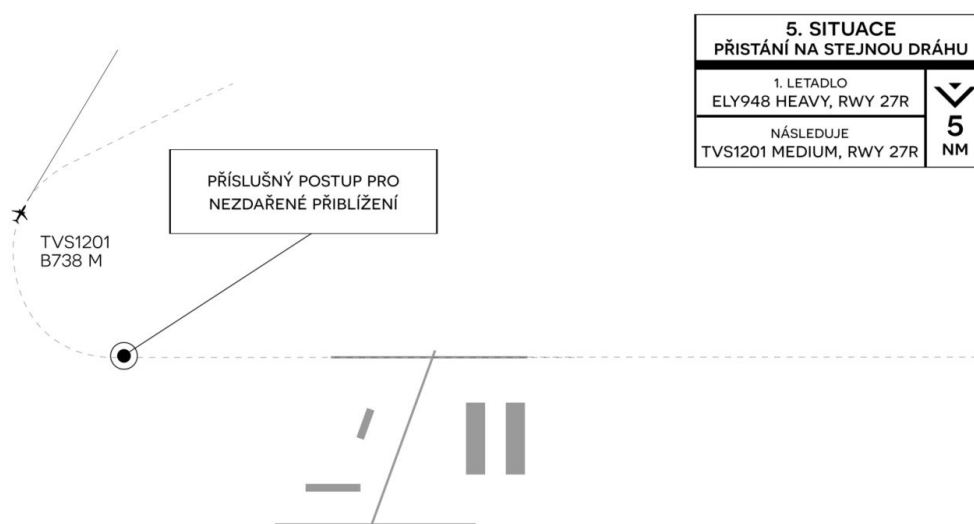


Obrázek 45: Animace 6, Situace 5.

Při vzdálenosti letadel 5,8 NM (minimum 5 NM) se hlásí první letadlo *El Al 948 (B772/H)* a obdrží povolení k přistání. Poté se přihlásí následující

letadlo *Skytravel 1201 (B738/M)*. V tuto chvíli je již zřejmé, že hrozí nedodržení minima rozstupu, řídící proto nařizuje letadlu *Skytravel 1201* snížit rychlost: „*Reduce minimum approach speed.*“, čímž se sníží rychlost jejich dalšího sblížování.

Nicméně v této situaci budeme uvažovat, že rychlost sblížování se ne-snížila dostatečně, tak aby nedošlo k porušení předepsaného minima. Při vzdálenosti letadel 5,1 NM je již zřejmé, že vzdálenostní rozstup je nedostatečný. *Skytravel 1201* bude stále dohánět *El Al 948*, který brzdí na minimální přibližovací rychlost. Přichází na řadu nápravné opatření v podobě nařízení, aby letadlo *Skytravel 1201* z důvodu turbulence v úplavu generované předcházejícím letadlem zahájilo příslušný postup pro nezdařené přiblížení (obrázek 46).



Obrázek 46: Animace 6, Situace 5 - příslušný postup pro nezdařené přiblížení.

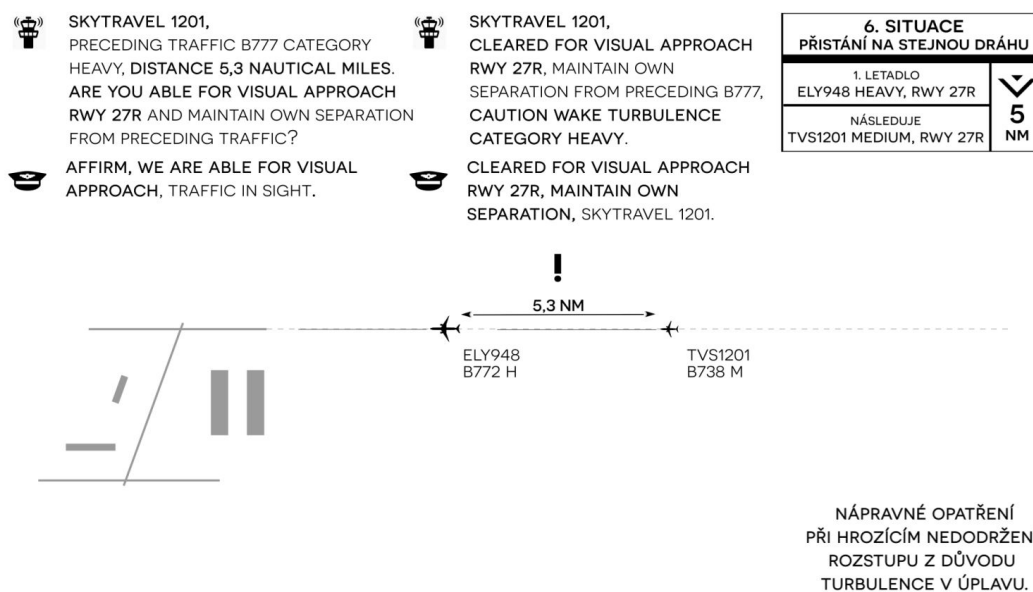
### Situace 6

V *Situaci 6*, která je analogií předchozí situace, je popsáno druhé méně časté nápravné opatření při hrozícím nedodržení rozstupu z důvodu turbulence v úplavu.

*El Al 948* opět dostává povolení k přistání na dráhu 27R. Poté se přihlásí *Skytravel 1201*, který již hlásí řídícímu, že letoun *Boeing 777* před sebou vidí: „*Preceding B777 in sight.*“ Jako v předchozí situaci je letadlu *Skytravel 1201* nařízeno, aby snížilo rychlost.

Nicméně opět budeme uvažovat, že se rychlost sblížení nesnižuje dostatečně, letištní řídicí proto z důvodu zvýšení dráhové kapacity nabídne druhému letadlu změnu typu přiblížení na vizuální přiblížení<sup>27</sup>, což je podmíněno souhlasem jeho posádky (viz L 4444 - ust. 6.5.3.1). Takový postup by měl být využíván pouze ve výjimečných případech, neboť po zahájení konečného přiblížení by způsob přiblížení již neměl být měněn. Se změnou typu přiblížení se pojí specifická letecká frazeologie (obrázek 47), která je důsledkem skutečnosti, že řídicí si musí být jistý, že letadlo skutečně provede změnu typu přiblížení a posádka je schopna dodržet vlastní rozstup za předcházejícím letadlem. Poté zároveň dle L 4444 - 5.8.1.1 nesmí být od stanoviště ATC požadováno uplatňovat minima rozstupů používaná při turbulenci v úplavu.

Při iniciování vizuálního přiblížení musí být zároveň řídicí obezřetný, pokud je pravděpodobné, že letová posádka daného letadla není dobře seznámena s okolním terénem a letištem samotným.

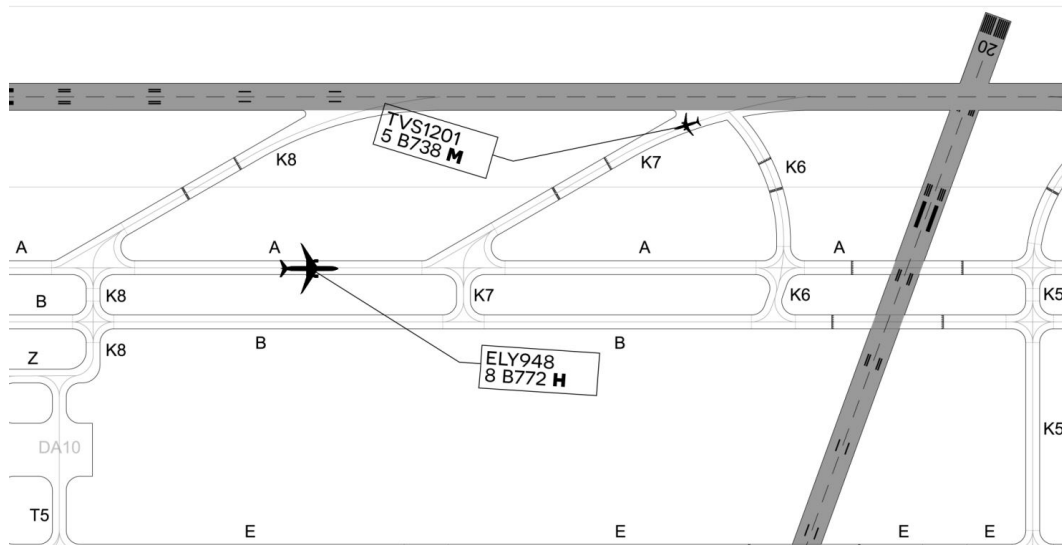


Obrázek 47: Animace 6, Situace 6.

V případě vizuálního přiblížení musí být předcházející letadlo v dohledu, aby bylo možné letět lehce nad sestupovou rovinou předcházejícího letadla a vyhnout se tak turbulenci v úplavu.

<sup>27</sup> Přiblížení za letu podle IFR, při kterém se buď část nebo celý postup přiblížení podle přístrojů nedokončí a přiblížení se provede s vizuální orientací podle terénu (L 4444 - Hlava 1).





Obrázek 48: Animace 6, Situace 6 - po přistání obou letadel.

#### 4.7 STANDARDNÍ SMÍŠENÝ PROVOZ

V poslední animaci je na letišti Simcity (XXSC) modelován standardní smíšený provoz. Tento provoz vychází z poznatků získaných v předchozích animacích, z toho důvodu již nejsou v animaci jednotlivé postupy dále popisovány. Všechna potřebná teorie a vysvětlení jsou obsaženy v předchozích animacích.

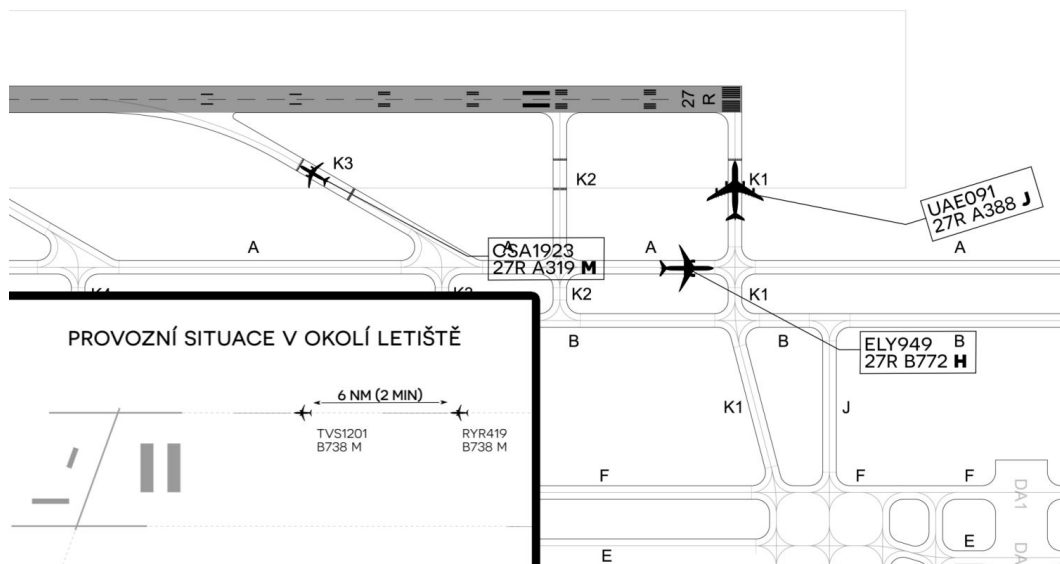
*Animace 7* tedy slouží jako shrnutí předchozích animací a snaží se přiblížit reálnému provozu.

##### 4.7.1 Popis animace

Aktuální provozní situace na letišti: RWY 27R určena pro odlety i přílety, RWY 27L určena pouze pro přílety, RWY 02/20 na vyžádání pro odlety i přílety. Meteo podmínky v okolí letiště: CAVOK.

U RWY 27R vyčkávají 3 letadla. Na vyčkávacím místě CAT I na TWY K1 stojí *Emirates 091 (A388/J)*, za ním vyčkává *El Al 949 (B772/H)* a ve střední části dráhy na TWY K3 stojí na vyčkávacím místě CAT I *CSA 1923 (A319/M)*. Tyto letadla budou postupně žádat o povolení ke vstupu na RWY 27R (obrázek 49). Zároveň na dráhu 27R budou přistávat postupně letadla WTC

kategorie *Medium*, první dvě jsou od sebe vzdálena 6 NM (2 min), třetí letadlo za druhým je ve vzdálenosti 9 NM (3 min). Mezi druhým a třetím letadlem přistávajícím na RWY 27R se na konečném přiblížení na paralelní RWY 27L nachází ještě letadlo *United 806 (B788/H)*.<sup>28</sup>



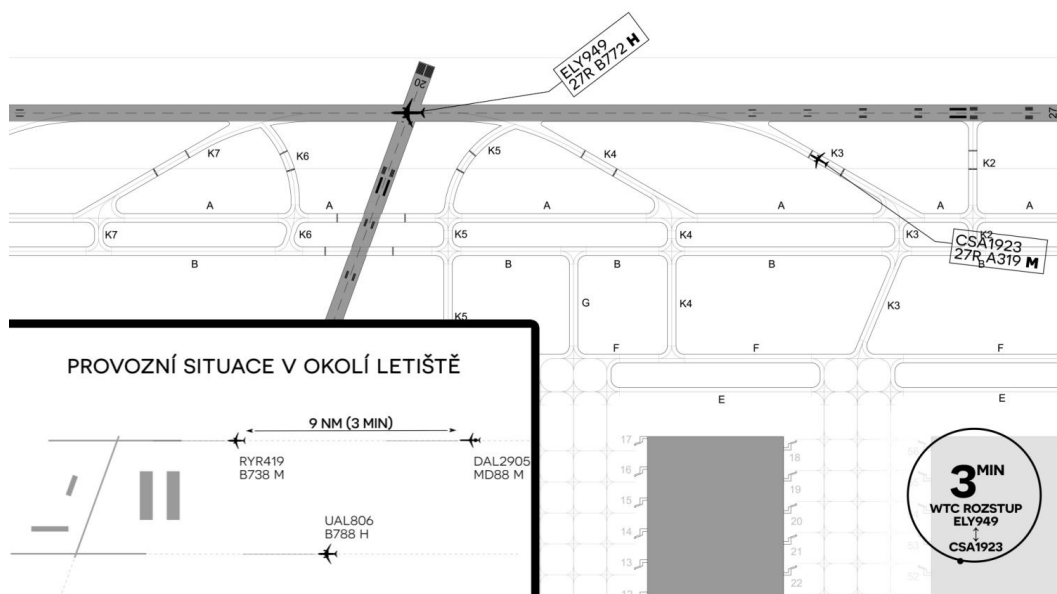
Obrázek 49: Animace 7, počáteční rozložení letadel.

Jako první dostává povolení ke vstupu na dráhu a zároveň k odletu *Emirates 091*, za ním bude přistávat *Skytravel 1201 (B738/M)*, který má v tuto chvíli zhruba 2 minuty letu k prahu RWY 27R (dle příslušného speedvektoru). V okamžiku rozjezdu letadla *Emirates 091* se začíná počítat 2 minutový WTC rozstup mezi ním a letadlem *El Al 949*, které bude odlétat jako druhé. V okamžiku rotace letadla *Emirates 091* obdrží povolení k přistání *Skytravel 1201* (viz kapitola 4.3.2 nebo L 4444 - ust. 7.10.2) a ve chvíli, kdy míjí práh dráhy, dostává povolení pro vstup na dráhu *El Al 949* (viz L 4444 - ust. 7.6.3.1.3.2). Tomu je vydáno povolení k odletu v okamžiku, kdy *Skytravel 1201* uvolní dráhu (WTC časový rozstup již vypršel). Následně letadlo *El Al 949* zahajuje rozjezd (začíná se počítat 3 minutový WTC rozstup mezi ním a letadlem *CSA 1923*) a *Skytravel 1201* dostává instrukce k pojíždění směrem k Terminálu T1.

Na obrázku 50 vidíme letadlo *El Al 949* při rozjezdu na RWY 27R. Zároveň se v provozní situaci v okolí letiště již objevuje třetí přilétávající

<sup>28</sup> Rozstupy na konečném přiblížení určuje letištní řídicí a koordinuje je s přiblížovací službou řízení.

letadlo na RWY 27R - *Delta 2905 (MD88/M)*. Letadlo *United 806* má v tuto chvíli přibližně 2 minuty letu k prahu RWY 27L. Na této dráze se nevykytuje žádný místní význačný provoz, proto může toto letadlo rovnou obdržet povolení k přistání.



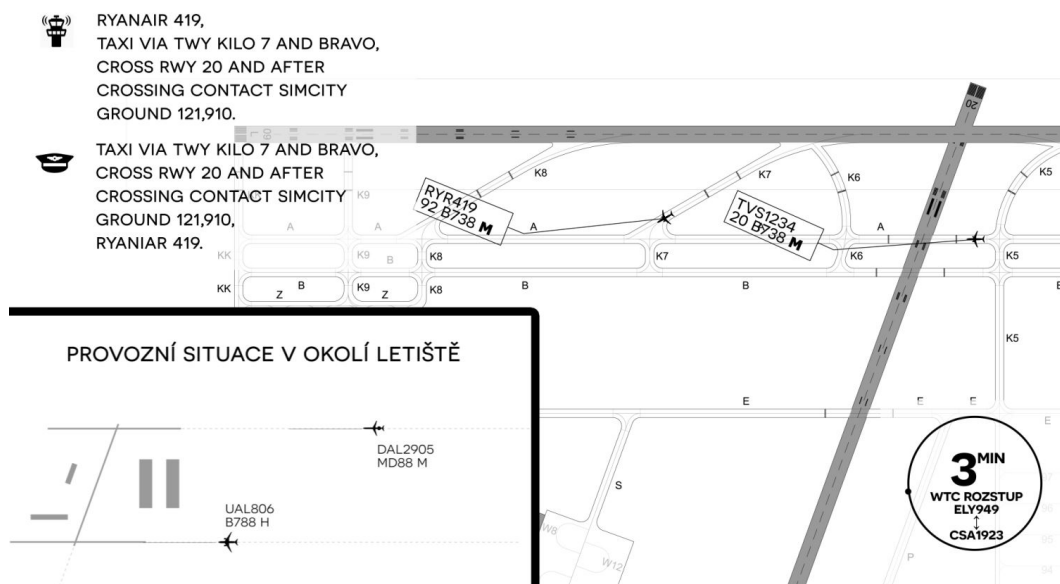
Obrázek 50: Animace 7, El Al 949 při rozjezdu na RWY 27R.

V okamžiku rotace letadla *El Al 949* obdrží letadlo *Ryanair 419 (B738/M)* povolení k přistání. Poté, co *Ryanair 419* mine křížení (intersekcí) s TWY K3, přihlásí se *CSA 1923*, kterému je povolen vstup na RWY 27R, nicméně stále musí vyčkávat (i poté, co předcházející letadlo uvolnilo dráhu) z důvodu turbulence v úplavu vytvořené letadlem *El Al 949* (3 minutový časový rozstup).

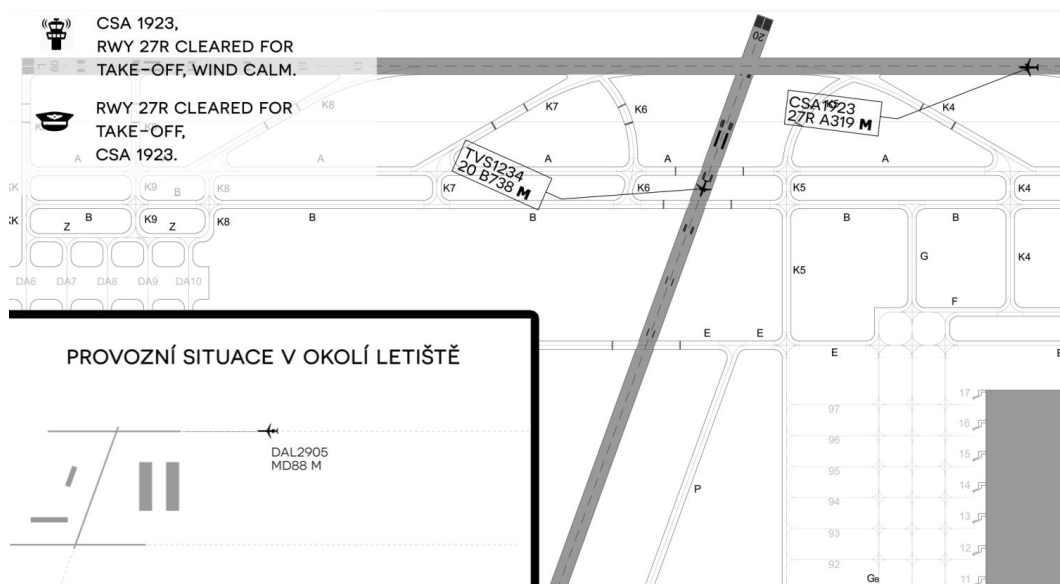
Poté, co *Ryanair 419* uvolní RWY 27R v místě TWY pro rychlé odbočení K7, obdrží instrukce k pojíždění (obrázek 51). Jestliže povolení k pojíždění obsahuje mez za dráhou, musí toto povolení zároveň obsahovat výslovné povolení ke křižování této dráhy („cross RWY 20“) nebo instrukci vyčkávat v blízkosti dráhy („hold short of RWY 20“), viz L 4444 - ust. 7.6.3.1.1.2.

Od Terminálu T1 pojíždí na TWY K5 a A k vyčkávacímu místu RWY 02/20 *Skytravel 1234 (B738/M)*. Ten obdrží povolení pro vstup na RWY 20, ale na povolení ke vzletu z této RWY musí vyčkávat, protože letadlo *United 806* již obdrželo povolení k přistání na RWY 27L, která křižuje RWY 20 (viz L 4444 - ust. 7.8). Letadlu *Skytravel 1234* je možné vydat povolení ke

vzletu až *United 806* uvolní RWY 20, tedy v okamžiku, kdy mine křížení (intersekcí) RWY 27L a RWY 20.



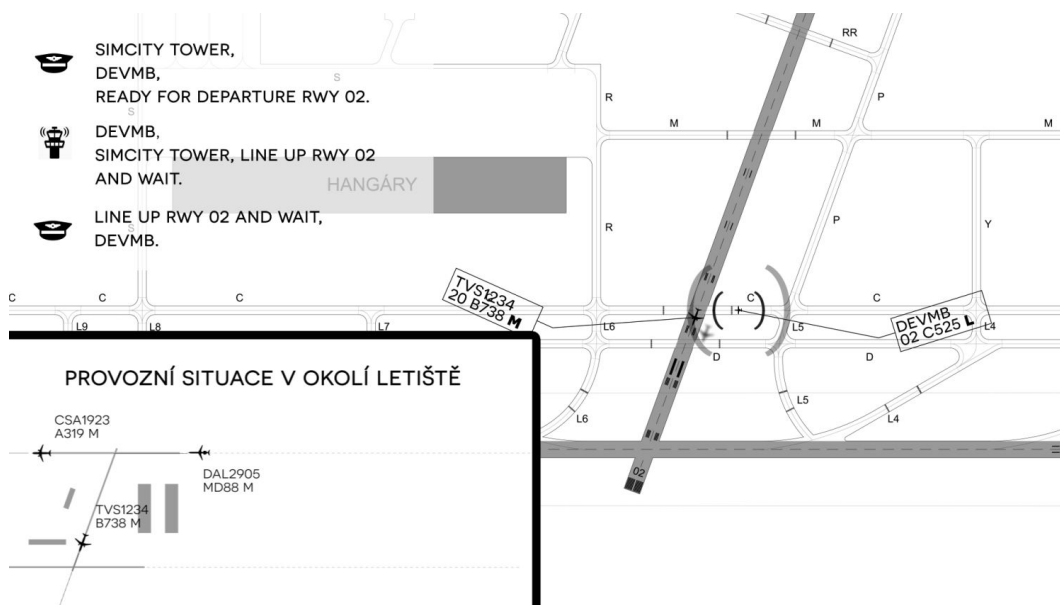
Obrázek 51: Animace 7, instrukce k poježdění.



Obrázek 52: Animace 7, nezávislé vzlety.

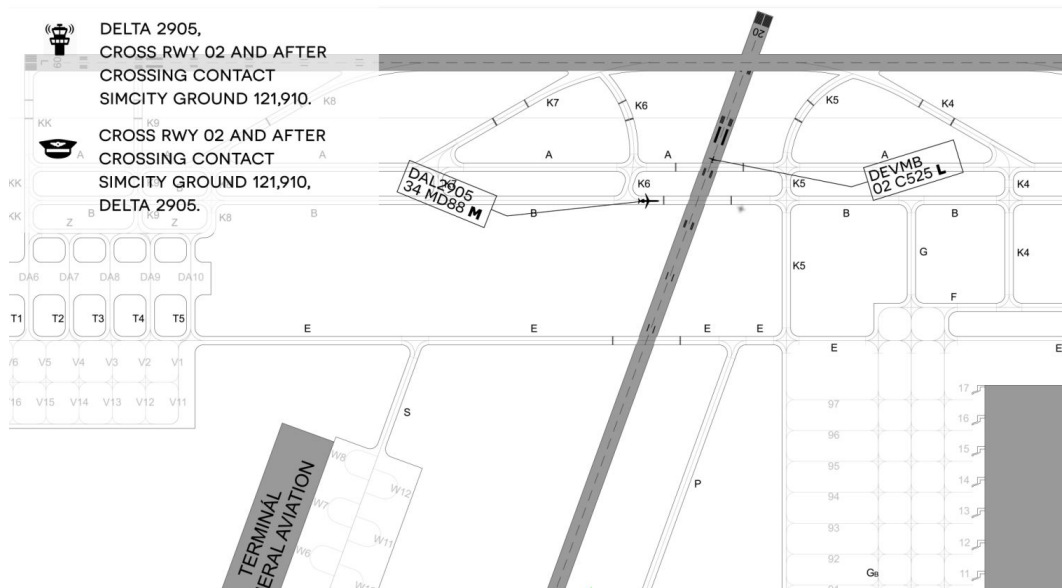
Ve chvíli, kdy *United 806* mine křížení RWY 27L a RWY 20, vyprší i minimum časového rozstupu mezi letadlem *El Al 949* a *CSA 1923*. Proto *Skytravel 1234* a *CSA 1923* obdrží povolení ke vzletu takřka ve stejný čas. Dráhy těchto letadel se nekřížují, letadla tedy mohou provést vzlet nezávisle na sobě (obrázek 52).

Po rotaci *CSA 1923* obdrží povolení k přistání *Delta 2905*. Ve chvíli, kdy *Skytravel 1234* mine křížení s TWY C, se z této TWY přihlašuje letadlo *DEVMB* žádající vstup na RWY 02 (obrázek 53). Letadlo *DEVMB* vstupuje na RWY 02 a čeká dokud přistávající *Delta 2905* nemine křížení RWY 27R a RWY 02. Jedná se o stejnou situaci jako v případě letadla *United 806* a letadla *Skytravel 1234*.



Obrázek 53: Animace 7, letadlo *Skytravel 1234* mívá TWY C.

*Delta 2905* mívá křížení RWY 27R a RWY 02, letadlo *DEVMB* obdrží povolení ke vzletu a *Delta 2905* po opuštění dráhy dostává instrukce k pojíždění. Součástí těchto instrukcí je i zákaz křížovat RWY 02, protože v tuto chvíli již letadlo *DEVMB* zahájilo vzlet. *Delta 2905* tedy bude vyčkávat na vyčkávacím místě RWY 02/20 dokud letadlo *DEVMB* při vzletu bezpečně nemine tento vyčkávací bod (viz L 4444 - ust. 7.6.3.1.3) (obrázek 54).



Obrázek 54: Animace 7, Delta 2905 přijímá povolení ke křižování dráhy.

---

## ZÁVĚR

---

Výsledkem práce je soubor jedné instruktážní a šesti výukových animací na fiktivním letišti Simcity (XXSC) s celkovým časem trvání 55 minut, po jejichž shlédnutí by se student měl orientovat v základní problematice postupů pro letištní službu řízení. Animace jsou přiloženy u tištěné verze na samostatném DVD.

Cíl práce byl tedy splněn. Vytvořené animace zjednodušují pochopení vybraných postupů z předpisu L 4444, a tvoří tak výukový audiovizuální materiál vhodný pro studenty letectví, popř. pro řlp-žáky ve vstupním výcviku. Vybrané postupy byly popsány nejen na teoretické úrovni, ale hlavně na úrovni praktické, tedy dle zásady „best practice“ vyplývající z jejich použití v České republice. Ukázalo se, že animace (video) je nejvhodnější formou, jak tyto postupy modelovat. Pomocí animací bylo možné vizualizovat části předpisu, které by se velmi těžko popisovaly textem či formou statických obrázků. Použitý software se zároveň ukázal jako vhodný pro kompozici animací tohoto rázu.

Jak již bylo řečeno v úvodu, k dosažení cíle práce bylo nutné vytvoření fiktivního letiště. Samotná tvorba letiště se ukázala jako časově velmi náročná. K dosažení podoby letiště použitelné v animacích byla nutné rozsáhlá rešerše informací z předpisu L 14 popř. z ICAO Doc 9157 *Aerodrome Design Manual*. Nahlíženo bylo rovněž do nákresů a místních postupů jiných letišť. Fiktivní letiště poté bylo stále upravováno až do finální podoby (příloha 1), které bylo využito v animacích.

Také kompozice animací se ukázala jako časově náročná a to hned z několika důvodů. *After Effects* je profesionální software pro kompozici videa, a tudíž bylo zprvu velmi obtížné se s ním naučit účinně pracovat. Zároveň je třeba zmínit, že celá kompozice probíhala prakticky z ničeho, tedy bylo nutné si vytvořit vlastní prostředí zahrnující vybraná letadla, textová pole, kóty, časové indikátory, labely, vzdušný provoz a mnoho dalšího. Samotná „režie“ postupů vyžadovala neustálé pročítání a nahlížení

do předpisu *L 4444* a v případě nejasností dohledávání dodatečných informací.

Dalšími možnostmi tvorby výukových animací by mohly být například postupy za nízkých dohledností (LVP) nebo postupy pro přibližovací středisko řízení, popřípadě postupy pro oblastní středisko řízení.



---

## LITERATURA

---

- [1] Autodesk. *AutoCAD User's Guide 2013*. Autodesk, Inc., 2012.
- [2] Petr Drastil. *Editor videa*. VUT Brno, 2010. Bakalářská práce.
- [3] ICAO. *DOC 8643 - Aircraft Type Designators*. ICAO.
- [4] ICAO. *Annex 10 - Aeronautical Telecommunications, Volume II*. ICAO, 2001.
- [5] ICAO. *Doc 9830 - Advanced Surface Movement Guidance and Control Systems (A-SMGCS) Manual*. ICAO, 2004.
- [6] ICAO. *Doc 9157 - Aerodrome Design Manual, Third Edition*. ICAO, 2006.
- [7] Ing. Zdeněk Dostál Ing. Jan Homolka. *Tvorba modelů v CAD*. Technologické a poradenské centrum ve školní praxi, 2011.
- [8] Maxim Jago. *Adobe Premiere Pro CC Classroom in a Book*. Adobe Press, 2018.
- [9] Ludvík Kulčák. *Air Traffic Management*. CERN, 2007. ISBN 978-80-7204-229-6.
- [10] Brie Gyncild Lisa Fridsma. *Adobe After Effects CC Classroom in a Book*. Adobe Press, 2018.
- [11] Civil Aviation Authority of New Zeland. *Wake Turbulence. Good Aviation Practise*. 2008.
- [12] Vladimír Puchar. *Vliv turbulence v bezoblačném prostoru a vulkanického popela na letový provoz*. VUT, 2011. Bakalářská práce.
- [13] Adobe Creative Team. *Adobe After Effects CC Help*. Adobe Press, 2018.
- [14] Úřad pro civilní letectví. *Letecký předpis L 8168 - Provoz letadel, Letové postupy*. 2017. č. jednací: 946/2006-220-SP/1.
- [15] Úřad pro civilní letectví. *Letecký předpis L 8168 - Provoz letadel, Letové postupy - Část III, Díl 2, Hlava 1*. č. jednací: 946/2006-220-SP/1, 2017.

- [16] Úřad pro civilní letectví. *Letecký předpis L3 - Meteorologie*. 2017. 584/2008-220-SP/4.
- [17] Úřad pro civilní letectví. *Letecký předpis L 14 - Letiště*. 2018. č. jednací: 641/2009-220-SP/4.
- [18] Úřad pro civilní letectví. *Letecký předpis L 4444 - Postupy pro letové navigační služby, Uspořádání letového provozu*. 2018. č. jednací: 439/2011-220-SP/1.

