



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

FAKULTA DOPRAVNÍ

Radek Gadas

STUDIE VYUŽITELNOSTI RWY 12/30 V KONCEPCI

DLOUHODOBÉHO ROZVOJE LKPR

Bakalářská práce

2021

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):

Radek Gadas

Kód studijního programu a studijní obor studenta:

B 3710 – LED – Letecká doprava

Název tématu (česky): **Studie využitelnosti RWY 12/30 v koncepci
dlouhodobého rozvoje LKPR**

Název tématu (anglicky): The Study of the Usability of RWY12/30 in Concept of a
Long-Term Growth of LKPR

Zásady pro vypracování

Při zpracování bakalářské práce se řiďte následujícími pokyny:

- Cíl práce: Cílem práce je ohodnotit využitelnost a možnosti navýšení kapacity zkrácené RWY 12/30 v koncepci dlouhodobého rozvoje LKPR
- Popis a zhodnocení aktuálního stavu letiště Václava Havla Praha
- Popis plánované koncepce rozvoje letiště
- Analýza využitelnosti zkrácené RWY 12/30
- Zhodnocení kapacity RWY 12/30
- Analýza možnosti navýšení kapacity



- 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: LETIŠTĚ, Doc. Ing. Miroslav Kaun, CSc.
EUROCONTROL - AIRPORT CAPACITY ASSESSMENT METHODOLOGY
FAA - RUNWAY LENGTH REQUIREMENTS FOR AIRPORT DESIGN

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Petr Líkař**
Ing. Slobodan Stojić, Ph.D.

Datum zadání bakalářské práce: **9. října 2020**
(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: **9. srpna 2021**
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

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



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

Potvrzuji převzetí zadání bakalářské práce.

Radek Gadas
jméno a podpis studenta

V Praze dne..... 9. října 2020

Poděkování

Rád bych na tomto místě poděkoval všem společnostem, které mi ochotně poskytly podklady a data pro vypracování bakalářské práce. Zejména Letišti Praha, a. s., Řízení letového provozu České republiky, s. p. a letecké společnosti Smartwings, a. s. Velké poděkování pak patří Ing. Petru Líkařovi za pravidelné konzultování a odborné vedení bakalářské práce.

Prohlášení

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

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 závažný důvod proti užívání tohoto školního díla ve smyslu zákona § 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 7. srpna 2021



podpis

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta dopravní

STUDIE VYUŽITELNOSTI RWY 12/30 V KONCEPCI DLOUHODOBÉHO ROZVOJE LKPR

bakalářská práce

srpen 2021

Radek Gadas

ABSTRAKT

„Studie využitelnosti RWY 12/30 v koncepci dlouhodobého rozvoje LKPR“ analyzuje varianty zkrácení vedlejší dráhy 12/30 na Letišti Václava Havla Praha. Toto zkrácení je nutné provést v důsledku jednoho z rozvojových projektů, jehož cílem je zvýšení bezpečnosti a plynulosti provozu. Práce se věnuje aktuálnímu stavu letištní infrastruktury, parametrům letištního provozu i plánům dlouhodobého rozvoje. Získané informace z těchto popisů následně využívá v návrhové části, ve které řeší již samotné možnosti zkrácení. Předmětem studie je vytvoření podrobné analýzy variant zkrácení vedlejší dráhy, a to jak z pohledu výkonnosti letadel, tak z pohledu dráhové kapacity. Výstupem práce je závěrečné vyhodnocení a následné stanovení nejvíce vyhovujícího řešení.

KLÍČOVÁ SLOVA

Letiště Václava Havla Praha, plán rozvoje letiště, dráha, pojezdová dráha, analýza provozu, výkonnost letadel, zkrácení dráhy

ABSTRACT

"The Study of the Usability of RWY 12/30 in Concept of a Long-Term Growth of LKPR" analyzes options of shortening runway 12/30 at Václav Havel Airport Prague. This shortening is necessary to perform in consequence of one of the developing projects, whose aim is to increase the safety and continuity of traffic flow. This thesis deals with the current state of airport infrastructure, parameters of airport traffic and also plans for airport long-term development. Obtained information from these parts will be used in the practical section, in which suggested solutions will be discussed. The object of this study is the creation of a detailed analysis of options for shortening runway from the point of view airplanes's performance and runway's capacity. The output of this thesis is a final evaluation and a subsequent determination of the most suitable solution.

KEY WORDS

Václav Havel Airport Prague, plan of airport development, runway, taxiway, traffic analysis, aircraft performance, runway shortening

Obsah

Seznam použitých zkratk	7
1 Úvod	9
2 Popis Letiště Václava Havla Praha	11
2.1 Základní informace	11
2.2 Popis současné podoby letiště	11
2.2.1 Dráhový systém	11
2.2.2 Systém pojezdových drah	13
3 Provoz na Letišti Václava Havla Praha	15
3.1 Koordinace provozu	15
3.2 Kapacita letiště	15
3.3 Preference volby dráhy v používání	16
3.4 Statistika využití jednotlivých drah	17
3.5 Detailnější popis provozu na LKPR	17
3.5.1 Analýza intenzity provozu v roce 2013	18
3.5.2 Analýza skladby provozu v roce 2013	20
3.5.3 Analýza intenzity provozu v roce 2019	20
3.5.4 Analýza skladby provozu v roce 2019	21
4 Rozvoj Letiště Václava Havla Praha	23
4.1 Dlouhodobý plán rozvoje	23
4.2 Nová pojezdová dráha na RWY 06/24	25
4.2.1 Aktuální stav výjezdů z RWY 24	25
4.2.2 Runway incursion	26
4.2.3 Doporučení od Eurocontrolu	26
4.2.4 Reakce LKPR	27
4.2.5 Důsledek projektu RET Y	27
4.2.6 Přínosy projektu RET Y	28
4.2.7 Podoba projektu RET Y	29

5	Zkrácení vedlejší dráhy 12/30	30
5.1	Zkrácení v roce 2013.....	30
5.2	Způsob porovnání variant.....	32
5.3	Varianta č. 1	34
5.3.1	Popis varianty č. 1	34
5.3.2	Přesun zařízení u varianty č. 1.....	36
5.3.3	Výkonnostní limity letadel na variantě č. 1.....	36
5.3.4	Pozice TWY a jejich vliv na propustnost dráhy u varianty č. 1	38
5.4	Varianta č.2.....	40
5.4.1	Popis varianty č.2	40
5.4.2	Přesun zařízení u varianty č. 2.....	41
5.4.3	Výkonnostní limity letadel na variantě č. 2 a porovnání s variantou č. 1	41
5.4.4	Pozice TWY a jejich vliv na propustnost dráhy u varianty č. 2	43
5.5	Varianta č.3.....	45
5.5.1	Popis varianty č. 3	45
5.5.2	Přesun zařízení u varianty č. 3.....	45
5.5.3	Výkonnostní limity letadel na variantě č. 3 a porovnání s variantou č. 2	46
5.5.4	Pozice TWY a jejich vliv na propustnost dráhy u varianty č. 3	48
6	Souhrn a porovnání variant	50
6.1	Srovnání variant z pohledu propustnosti dráhy	50
6.2	Srovnání variant z pohledu výkonnosti letadel.....	51
6.3	Srovnání dopadů na úpravu letištní infrastruktury	52
6.4	Závěrečné shrnutí.....	54
6.5	Validace.....	55
7	Závěr.....	56
	Seznam použité literatury	57
	Seznam obrázků.....	61
	Seznam tabulek.....	62
	Seznam příloh	62

Seznam použitých zkratek

ZKRATKA	ANGLICKÝ VÝZNAM	ČESKÝ VÝZNAM
AIP	Aeronautical information publication	Letecká informační příručka
ALS	Approach lighting systém	Přibližovací světelná soustava
ASDA	Accelerate stop distance available	Použitelná délka přerušného vzletu
ATC	Air Traffic Control	Řízení letového provozu
CAT	Instrument landing system category	Kategorie přístrojového přiblížení
CWY	Clearway	Předpolí
DH	Decision height	Výška rozhodnutí
DME	Distance measuring equipment	Měřič vzdálenosti
DÚR		Dokumentace pro územní rozhodnutí
EUROCONTROL	European Organisation for the Safety Air Navigation	Evropské organizaci pro bezpečnost letového Provozu
GP	Glidepath	Sestupový maják ILS
HIRO	High intensity runway operations	Postupy pro vyšší intenzitu provozu dráze
IATA	International Air Transport Association	Mezinárodní asociace leteckých dopravců
ICAO	International Civil Aviation Organization	Mezinárodní organizace pro civilní letectví
IFR	Instrument flight Rules	Pravidla pro let podle přístrojů
ILS	Instrument landing system	Systém pro přesné přiblížení a přistání
KN	knots	knoty
LDA	Landing distance available	Použitelná délka přistání
LKPR	ICAO code of Prague Ruzyně airport	Letiště Václava Havla Praha (označení dle ICAO)
MPTOW	Maximum Performance Take-off weight	Nejvyšší vzletová hmotnost, pro kterou jsou vzletové výkony letounu za daných podmínek dostatečné

MTOW	Maximum takeoff weight	Maximální vzletová hmotnost
OPT	Onboard performance tool	Palubní nástroj pro výpočet výkonnosti letadla typu Boeing
PAPI	Precision approach path indicator	Světelná soustava indikace sestupové roviny pro přesné přiblížení
PAYLOAD		Platící zatížení
PRG	IATA code of Prague Ruzyně airport	Letiště Václava Havla Praha (označení dle IATA)
QNH	Altimeter sub-scale setting	Staniční tlak vzduchu přepočtený na hladinu moře
RET	Rapid exit taxiway	Pojezdová dráha pro rychlé odbočení
RTHL	Runway threshold light(s)	Prahová návěstidla
ROT	Runway occupancy time	Čas obsazení dráhy letadlem
RVR	Runway visual range	Dráhová dohlednost
RWY	Runway	Dráha
ŘLP	Air Navigation Services of the Czech republic	Řízení letového provozu České republiky, s. p.
SWY	Stopway	Dojezdová dráha
SZZ		Světelná zabezpečovací zařízení
THR	Threshold	Práh dráhy
TODA	Take-off distance available	Použitelná délka vzletu
TORA	Take-off run available	Použitelná délka rozjezdu
TWY	Taxiway	Pojezdová dráha
UTC	Coordinated universal time	Světový koordinovaný čas
VFR	Visual flight rules	Pravidla pro let za viditelnosti
WDI	Wind direction indicator	Ukazatel směru větru
WTC	Wake turbulence category	Kategorie turbulence v úplavu

1 Úvod

Letecká doprava registrovala v posledních letech neustále se zvyšující objem přepravených cestujících. Souvisí to s rozvojem leteckého průmyslu, který umožnil propojení nových destinací i přepravu většího počtu pasažérů v rámci jednoho letu. Díky nízkonákladovým společnostem došlo také na některých linkách ke snížení cen letenek, a letecká doprava se tak stala dostupnější formou cestování. Růst poptávky se projevil na všech subjektech v letecké dopravě, tedy i na letištích, které tím čelily většímu zatížení. V souvislosti s příchodem pandemie COVID-19 byl na jaře roku 2020 tento růst rychle pozastaven. Vládními restrikcemi došlo k omezení cestování, což se projevilo dramatickým propadem ve statistikách letecké dopravy.

Letiště Václava Havla Praha (dále též Letiště Praha) zaznamenalo v minulých letech rostoucí trend ročně odbavených letů i cestujících. Svou rozlohou i parametry provozu se Letiště Praha řadí na pozici největšího tuzemského letiště. Odbavovány jsou zde jak mezinárodní lety v rámci Evropy, tak také mezikontinentální spoje operované dálkovými letouny. Stávající infrastruktura se, dle tiskové zprávy Letiště Praha z 13.12.2019, dostávala ve svých hodinových špičkách na hranu své kapacity. Další nárůst počtu cestujících by již mohl být na úkor komfortu cestování a mohlo by docházet ke zpoždění letů. V návaznosti na to se Letiště Praha rozhodlo vypracovat plán dlouhodobého rozvoje. Cílem je navýšit kapacitní limity letiště, zajistit efektivnější tok provozu a také udržet určitou míru konkurenceschopnosti oproti jiným letištním v Evropě. Toho chce projekt docílit například rozšířením terminálu, zvýšením počtu odbavovacích stání i výstavbou zcela nové paralelní dráhy.

Pro vzlety a přistání letadel slouží v současné době letišti dvě vzájemně se křížující dráhy. S ohledem na protihlukové postupy je snahou využívat primárně dráhu hlavní, která nese označení 06/24. Jsou však situace, které provoz na hlavní dráze neumožňují a lze použít pouze dráhu vedlejší. Vedlejší dráha s označením 12/30 tak zastupuje dráhu hlavní, a může být vystavena plnému provozu. Než tedy dojde k realizaci rozvoje letiště, tak je na místě se touto dráhou a jejím využitím podrobněji zabývat.

Vedle dlouhodobého plánu vytváří letiště také dílčí projekty rozvoje. Jejich cílem je odstranit provozní nedostatky, zajistit plynulý tok provozu a zvýšit jeho bezpečnost. V důsledku jednoho z takových projektů, který je v práci podrobněji popsán, je potřeba zkrátit vedlejší dráhu 12/30. Tato změna v letištní infrastruktuře je aktuálním tématem, které musí letiště řešit, což bylo i hlavní motivací pro výběr tématu bakalářské práce.

Studie je zaměřena na vedlejší dráhu, řeší konkrétní varianty jejího zkrácení a přináší vlastní návrh řešení. Následně vyhodnocuje, jaké důsledky změna délky dráhy přinese, což je rozebráno z několika hledisek. Zkrácení vedlejší dráhy 12/30 bude mít vliv na její propustnost i na tok letového provozu. Délka dráhy je také jedním z limitujících parametrů pro výkonnost letounů. Zkrácením dojde rovněž k přesunu radionavigačních i světelných technologií a k ovlivnění dalších souvislostí v letištní infrastruktuře. Všechny z těchto aspektů jsou v této práci podrobněji popsány a následně brány v potaz při finálním porovnání variant zkrácení. To vše za účelem maximální možné vypovídací hodnoty závěrečného porovnání. Práce také na každou variant zkrácení nahlíží z dlouhodobého pohledu. To proto, aby výsledné řešení co možná nejvíce korespondovalo s koncepcí plánovaného rozvoje letiště. Výstupem práce je pak stanovení nejvíce vyhovujícího řešení s ohledem na všechny uvedené aspekty.

2 Popis Letiště Václava Havla Praha

2.1 Základní informace

Veřejné mezinárodní letiště Václava Havla Praha je svou rozlohou i svým ročním objemem přepravených cestujících největším letišťem v České republice. Nachází se na severozápadním okraji Prahy, v části zvané Ruzyně. Letiště je plně vybavené jak pro lety za viditelnosti země (VFR), tak pro lety podle přístrojů (IFR). Dle Mezinárodní organizace pro civilní letectví ICAO nese označení LKPR a dle Mezinárodní asociace leteckých dopravců IATA je to pak kód PRG. Podle hlediska rozměrů dráhy a typů letadel řadíme Letiště Praha do kategorie 4E. Číslo čtyři znamená, že letiště disponuje dráhou delší než 1 800 m a písmeno E odpovídá maximálnímu rozpětí křídel letounu, které je letiště schopné odbavit. V tomto případě se jedná o letoun do maximálního rozpětí 65 m. Pro některá letadla, která svým rozpětím nespádají do zmíněného rozsahu, je provoz na letišti povolen pouze za podmínek stanovených v Letecké informační příručce – AIP. To umožňuje provoz například Airbusu A380, Boeingu B747-8 nebo jiných letounů v této kategorii. [1] [3] [9]

2.2 Popis současné podoby letiště

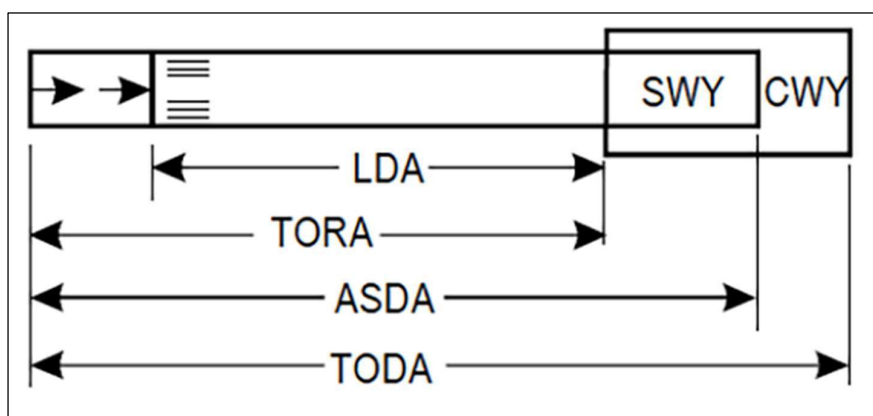
Aby bylo možné popsat dopady zkrácení vedlejší dráhy na letištní infrastrukturu, tak je nejprve nutné detailněji popsat její aktuální stav. Další podkapitoly se věnují současnému dráhovému systému a systému pojezdových drah na LKPR.

2.2.1 Dráhový systém

Na Letišti Václava Havla Praha slouží v současné době k odbavení provozu dvě dráhy (dále také RWY). Hlavní dráha s délkou 3 715 m je orientována ve směru severovýchod – jihozápad a nese označení 06/24. Vedlejší dráha ve směru severozápad – jihovýchod s označením 12/30 disponuje délkou 3 250 m, a je tak o 465 m kratší než dráha hlavní. Obě tyto dráhy se křížují. Práh RWY 12 se nachází přibližně v polovině hlavní RWY 06/24, jak je vidět v příloze č. 1. [1]

Důležitým parametrem pro posádky jsou pak tzv. vyhlášené délky drah. Ty vyjadřují, jakou vzdálenost má pilot k dispozici, a to jak pro vzlet, tak pro přistání. Způsob, jakým se tyto vzdálenosti měří, včetně zakreslení ploch přilehlých k dráze je zobrazen na obrázku č. 1. Z něj je patrné, že použitelná délka rozjezdu (dále také TORA) je měřena od začátku dráhy do jejího konce. Jedná se o vzdálenost, která je pilotům k dispozici pro rozjezd letounu při vzletu.

Pokud bychom k této vzdálenosti přičetli rozměr plochy tzv. předpolí (označováno jako CWY), pak dostaneme použitelnou délku vzletu (dále také TODA). Tento rozměr poskytuje pilotům prostor pro rozjezd a následné stoupání do výšky definované třídou výkonnosti letadla. Obdobným způsobem je definována i použitelná délka dráhy pro přerušovaný vzlet (dále také ASDA). Ta je měřena rovněž od začátku dráhy, ale do konce tzv. dojezdové dráhy (označována jako SWY). LKPR touto plochou není vybaveno, proto je zde vzdálenost měřena pouze po konec dráhy. Použitelná délka pro přistání (dále též LDA) je vzdálenost od začátku dráhy po její konec. Pokud je na dráze tzv. posunutý práh, pak je počátečním bodem měření místo tohoto posunutého prahu. [2] [3] [4]



Obrázek 1: Plochy přiléhající k RWY a měření vyhlášených délek [23]

Dalším parametrem je vybavení drah pro přístrojové přiblížení za použití systému ILS. To určuje kategorie přístrojového přiblížení označována zkratkou CAT. Její úroveň se odvíjí od hodnot dráhové dohlednosti (dále také RVR) a výšce rozhodnutí o provedení přistání (DH). Pro tuto kategorii platí, že čím je její hodnota vyšší, tím je možné přistání provést za méně příznivých meteorologických podmínek. [20]

Souhrn kategorií přiblížení a vyhlášených délek je proveden v tabulce č. 1

Tabulka 1: Vyhlášené délky drah na LKPR a jejich přístrojové vybavení [1]

Označení RWY	TORA [m]	TODA [m]	ASDA [m]	LDA [m]	Kategorie přístrojového přiblížení
06	3715	4015	3715	3715	CAT I
24	3715	4015	3715	3715	CAT III B
12	3250	3400	3250	3250	CAT I
30	3250	3550	3250	3250	CAT I

Z výše uvedené tabulky je patrné, že hlavní RWY 06/24 disponuje delší vzdáleností pro vzlet než vedlejší RWY 12/30. V případě použití vedlejší RWY 12/30 může tento rozdíl, který činí 465 m, sehrát svou roli zejména při nepříznivých meteorologických podmínkách. Například vlivem zvyšující se teploty se snižuje hustota vzduchu na letišti, a tím dochází i k poklesu výkonu motorů. Piloti mohou být tímto parametrem limitováni, což se může negativně projevit do plánované kalkulace platícího zatížení v letadle (též označovaném jako payload). Z tabulky č. 1 je také zřejmé, že RWY 30 poskytuje pilotům delší vzdálenost TODA, než RWY 12. Způsobeno je to tím, že předpolí za dráhou 12 je kratší oproti předpolí za dráhou 30. V praxi to znamená, že po odpoutání z RWY 30 mají piloti větší prostor pro bezpečné stoupání, než v případě RWY 12. [1] [4]

Z tabulky č. 1 výše také vyplývá, že RWY 24 umožňuje provoz za podmínek nízké dohlednosti, tedy až do 50 m dráhové dohlednosti. Pokud letiště zaznamená větší pokles meteorologických podmínek, než dovolují minima pro RWY 12/30 a pro RWY 06, pak je nutné převést provoz na RWY 24. V případě, že by tuto dráhu nebylo možné využít, například z důvodu její rekonstrukce, musely by letouny na přistání vyčkávat, případně být odkloněny na letišti záložní. [1] [36]

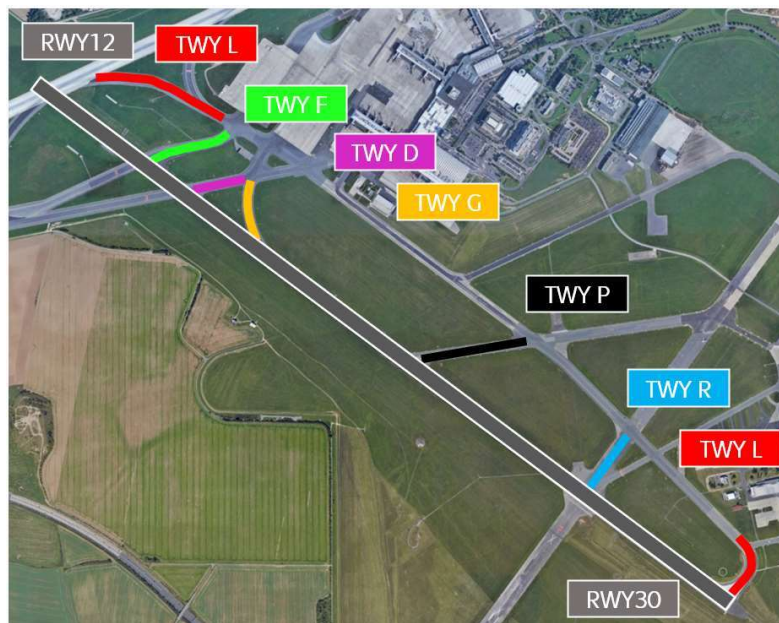
V jižní části letiště se také nachází trvale zrušená dráha v minulosti nesoucí označení 04/22. Ta dnes slouží pouze k dlouhodobému stání letadel. Jelikož není nadále využívána pro vzlety nebo přistání letadel a nenesou statut dráhy, není v tabulkách výše uvedena. [1] [3]

2.2.2 Systém pojezdových drah

Pojezdové dráhy slouží k propojení jedné části letiště s druhou a jejich hlavním cílem je zajištění bezpečné vzdálenosti letounů od okolních překážek. Jejich vhodným rozmístěním lze také docílit plynulého toku provozu v denních špičkách letiště. Systém pojezdových drah na LKPR je zobrazen v příloze č. 1, kde jsou pojezdové dráhy (dále také TWY) zakresleny oranžovou barvou. [1] [2]

Na vedlejší RWY 12/30 je v současnosti napojeno celkem šest pojezdových drah (bráno pohledem od provozní plochy). Navíc je na ni v severní části nepřímo napojena TWY L. Ta v případě používání RWY 12 slouží k nájezdu na práh RWY 12 a je využívána převážně letouny vyžadujících pro vzlet celou délku dráhy. [1] [36]

Detailnější pohled na TWY přiléhající k vedlejší dráze 12/30 přináší obrázek č. 2. Na něm je patrné, že TWY L je na tuto RWY napojena na obou stranách. Pro vzlet ze směru RWY 30 slouží pilotům tři nájezdy, a to TWY L, TWY R a pro menší letouny TWY P. Poslední zmíněná TWY P je pro vzlet ze směru RWY 30 využívána výjimečně. Převážně se jedná o malé sportovní letouny, které vyžadují oproti dopravním letadlům velmi krátkou dráhu pro vzlet. V opačném směru umožňuje nájezd na RWY 12 nepřímo napojená TWY L, dále je to pak TWY D, TWY F a TWY G. Rozmístění zmíněných pojezdových drah je barevně zobrazeno v obrázku č. 2. [1] [36]



Obrázek 2: Rozmístění TWY na RWY 12/30 (vytvořeno pomocí aplikace GoogleEarth)

Na letišti se také v denní době aplikují postupy HIRO – *high intensity runway operations*. Jejich cílem je dosáhnout maximálního počtu pohybů za hodinu, a to zkrácením času, kterou letadlo stráví na dráze. Pokud to podmínky umožní, jsou piloti žádání, aby pro uvolnění dráhy a pro vzlet využili TWY dle bodu 2.20.9 v AIP LKPR. [1]

Jak již bylo zmíněno, letiště je kategorie 4E, avšak při dodržení podmínek stanovených v Letecké informační příručce je možné odbavit i některé letouny v kategorii F (letadla s rozpětím 65–80 m). Mapa pojiždění pro tyto typy je součástí práce v příloze č. 2. Zeleně jsou zde zakresleny TWY bez omezení, žlutě TWY vyžadující pro projetí těchto typů nadjíždění v oblouku a červené TWY jsou pak pro tyto typy zakázány. Z přiložené mapy je patrné, že všechny TWY přiléhající k RWY 12/30 splňují požadavky pro provoz vybraných letounů z kategorie F. [1]

3 Provoz na Letišti Václava Havla Praha

V této části je provedena detailnější analýza provozu. Jejím hlavním cílem je zjistit způsob řízení provozu na LKPR, jeho limity a také parametry provozu v pozorovaném období. Výstupy získané z těchto rozborů budou následně zohledněny a použity v návrhové části práce, která se věnuje popisu variant zkrácení vedlejší dráhy. Důsledky, které toto zkrácení dráhy bude mít na provoz, se opírají právě o informace získané v následujících podkapitolách.

3.1 Koordinace provozu

Letiště Václava Havla Praha je koordinované letiště. Z této vlastnosti vyplývá povinnost obdržet tzv. letištní slot pro všechny přilétající i odlétající letouny. Tato povinnost se nevztahuje na lety pro záchranu lidského života, nouzová přistání a lety za účelem pátrání. V souvislosti s tímto typem řízení provozu byla na LKPR stanovena tzv. koordinační kapacita, která udává maximální počet slotů za hodinu, které letiště nabízí leteckým dopravcům. [1] [7]

3.2 Kapacita letiště

Celková koordinační kapacita je souhrnem a kompromisem kapacit jednotlivých složek na letišti, které se podílejí na odbavení provozu. Nutno zmínit, že tato kapacita počítá s provozem pouze na jedné dráze, a nikoliv souběžným provozem obou drah. [37]

Pro letiště Václava Havla Praha je koordinační kapacita v denním období (od 4:00 do 19:55 UTC) stanovena na 46 pohybů za hodinu. V ranní a odpolední špičce provozu je pak tato hodnota navýšena na 47 pohybů. V níže podrobněji analyzovaném roce 2013 byla koordinační kapacita na hodnotě 44 pohybů za hodinu. [7] [33] [37]

Samotné dráhy pak mají své hodinové kapacity. Ty jsou dané například pozicí přilehlých pojezdových drah nebo technickým vybavením dráhy. Pokud během provozu dojde k překročení těchto limitů, vyžádá si stanoviště řízení letového provozu (dále také ATC), delší rozestupy mezi přilétajícím provozem a rovněž úpravu slotů. Souhrn kapacit jednotlivých drah uvádí tabulka č. 2. Z té je patrná nižší hodnota pro dráhu vedlejší. To je dané především horší infrastrukturou pojezdových drah, než kterou disponuje dráha hlavní. Tato hodnota je jednou z klíčových při podrobnější analýze intenzity provozu a slouží jako horní hranice toho, co je letiště schopné bez jakéhokoliv omezení odbavit. [36] [37]

Tabulka 2: Kapacita drah na LKPR (vytvořeno pomocí [33] [37])

RWY	Kapacita [počet pohybů/hodinu]
06/24	44
12/30	38

3.3 Preference volby dráhy v používání

RWY v používání se na Letišti Václava Havla Praha určuje v následujícím pořadí:

1. RWY 24
2. RWY 06
3. RWY 30
4. RWY 12

Hlavním aspektem při stanovení této preference je hluková zátěž na okolí. V prodloužené ose dráhy 12/30 se nachází město Kladno a také jihozápadní části města Prahy. Pro vedlejší dráhu 12/30 v současné době také platí provozní omezení. V denním období jsou vzlety a přistání zakázány pro všechny letouny o maximální vzletové hmotnosti větší než sedm tun. V noci pak tento zákaz platí pro všechny letouny. Na oba tyto zákazy se vztahují následující výjimky:

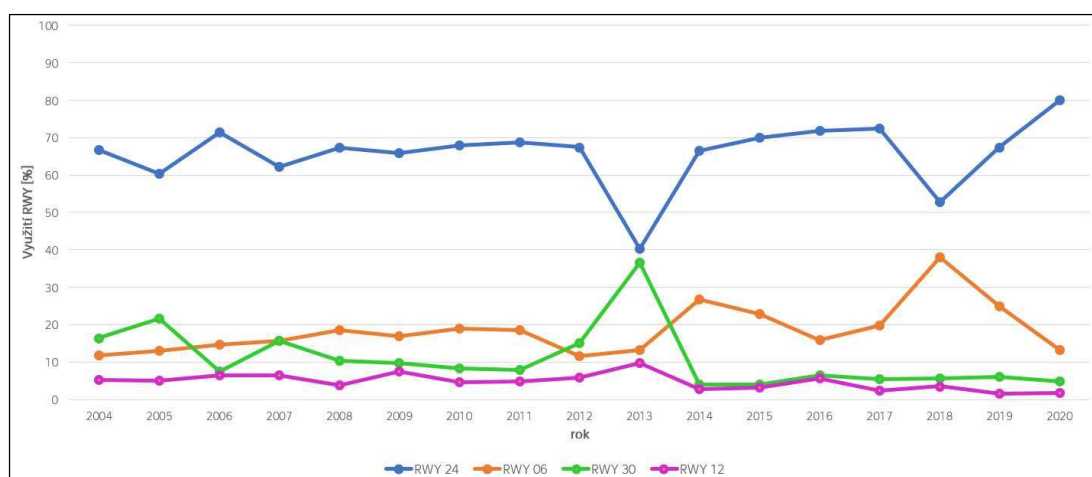
- pokud je RWY 06/24 mimo provoz
- pokud není v provozu systém ILS pro příslušnou RWY
- pokud jsou nepříznivě ovlivněny podmínky na povrchu hlavní dráhy a brzdící účinek je horší než klasifikace *DOBRÝ*
- pokud byl hlášen stříh větru, nebo pokud se v okolí letiště nacházejí bouřky ovlivňující přiblížení nebo odlet,
- pokud boční složka větru přesáhla hodnotu 15 uzlů nebo pokud hodnota zadní složky větru přesáhla hodnotu 5 uzlů
- pokud se jedná o let v nouzi nebo let pro záchranu života nebo let blíže specifikovaný v bodě 2.21.2.5 v *AIP*

Za běžného provozu bývá nejčastějším důvodem pro změnu dráhy směr větru a s ním spojená meteorologická situace. Pokud tedy boční nebo zadní složka větru přesáhne na hlavní dráze povolenou mez, je nutné veškerý provoz převést na dráhu vedlejší. To samé platí v případě uzavření hlavní dráhy z technických důvodů, a to například její rekonstrukce či pravidelného čištění povrchu RWY. [1]

Vedlejší RWY 12/30 tedy zastupuje dráhu hlavní ve výše uvedených podmínkách. Právě za těchto situací je vedlejší dráha vystavena plnému provozu a je tedy nutné se jí, pro zajištění jeho odbavení podrobněji zabývat.

3.4 Statistika využití jednotlivých drah

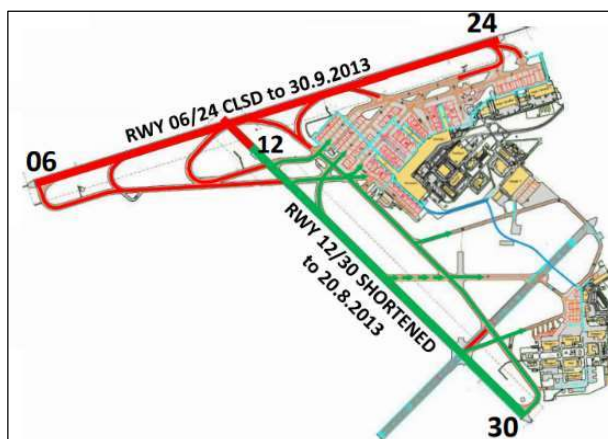
Z grafu na obrázku č. 3 je zřejmé, že ve sledovaném období, tedy v letech 2004–2020, byla nejvyužívanější RWY 06/24. To jak z důvodu přetrvávajícího jihozápadního proudění, tak z důvodu protihlukových postupů aplikovaných na LKPR. Statisticky nejméně využívaným směrem je RWY 12. V roce 2019 tvořil provoz na této dráze pouze 1,5 %. Pokud bychom neuvažovali směr dráhy, pak v roce 2019 byla RWY 12/30 využívána v 7,6 %, oproti RWY 06/24 používané v 92,3 %. Rozdíl je zde opravdu značný, nicméně letiště musí být schopné zajistit plnohodnotné odbavení provozu i v případě nemožnosti použití RWY 06/24, k čemuž slouží právě dráha vedlejší. [1] [32] [33] [37]



Obrázek 3: Využití drah na LKPR v období 2004-2020 (vytvořeno za použití [33])

3.5 Detailnější popis provozu na LKPR

Pro potřeby detailnější analýzy provozu byla vyhodnocena data, poskytnutá Řízením letového provozu České republiky (dále také ŘLP) a Letištěm Praha, z let 2013 a 2019. Rok 2013 byl vybrán z důvodu generální rekonstrukce hlavní dráhy. Během ní bylo zapotřebí převést všechny provoz na dráhu vedlejší. Rovněž bylo nutné dočasně změnit pozici prahu RWY 12, a tím vedlejší dráhu zkrátit o 300 metrů. Vedlejší dráha se tím zkrátila na celkovou délku 2 950 m, jak je vidět na obrázku č. 4. Zde je zelenou barvou označena zkrácená RWY 12/30 a k ní přiléhající pojezdové dráhy. Červená část pak značí uzavřenou RWY 06/24 a k ní přilehlé pojezdové dráhy [8]



Obrázek 4: Situace zkrácení RWY 12/30 v roce 2013 [8]

Rok 2019 byl pak zvolen jakožto období reprezentující provoz těsně před příchodem celosvětového propadu v letecké dopravě, v souvislosti s pandemií nemoci COVID–19.

V každém zmiňovaném období je popisován jednak průběh vybraných denních intenzit provozu, ale také skladba provozu samotného. Při skladbě provozu byla letadla rozdělena do kategorií podle dělení ICAO, tedy podle jejich rozpětí křídel. Detailnější popis této kategorizace udává tabulka č. 3.

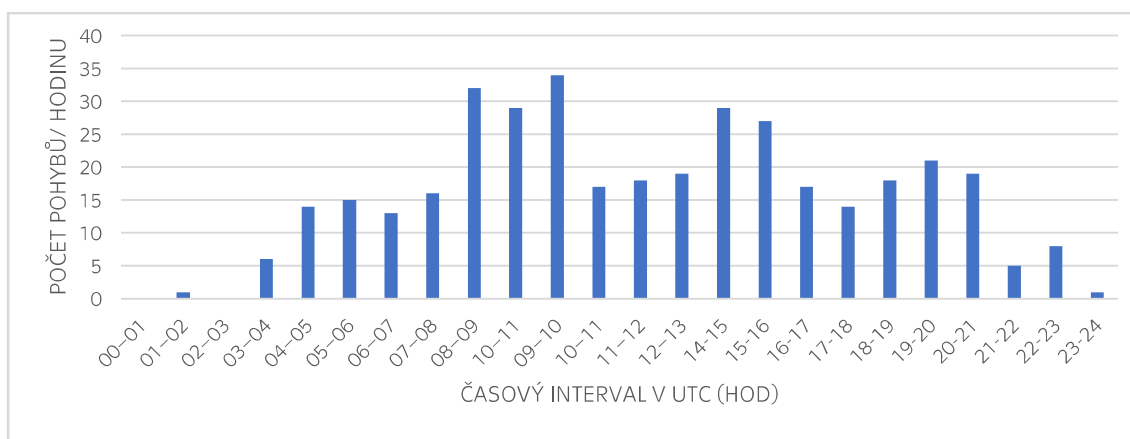
Tabulka 3: Kategorie letadel podle ICAO [9]

Kategorie	Rozpětí křídel [m]
A	<0-15)
B	<15-24)
C	<24-36)
D	<36-52)
E	<52-65)
F	<65-80)

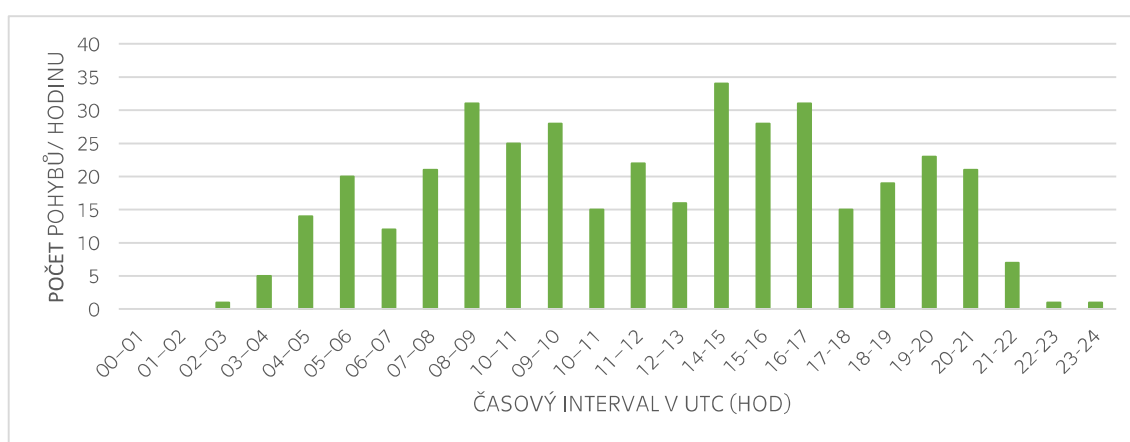
3.5.1 Analýza intenzity provozu v roce 2013

V následujících grafech jsou zobrazeny průběhy intenzit provozu v roce 2013, a to těsně před rekonstrukcí a během ní (generální oprava hlavní dráhy započala 15. května 2013).

Graf na obrázku č. 5 znázorňuje průběh provozu z úterý 10. května, kdy byla v používání RWY 24. Graf na obrázku č. 6 pak zobrazuje provoz z úterý následujícího, tedy 17. května, kdy byla v používání RWY 12. Důvodem volby právě těchto datumů byla potřeba srovnání co nejvíce odpovídajících provozů. To vyžadovalo porovnání stejných dnů v týdnu před a během generální opravy hlavní dráhy. Podmínkou bylo také využití pouze jednoho směru dráhy v rámci jednoho dne. Případná změna dráhy by mohla vést ke zkreslení komparace dat. [36]



Obrázek 5: Průběh intenzity provozu na RWY 24 ze dne 10.5.2013 (vytvořeno pomocí [33])



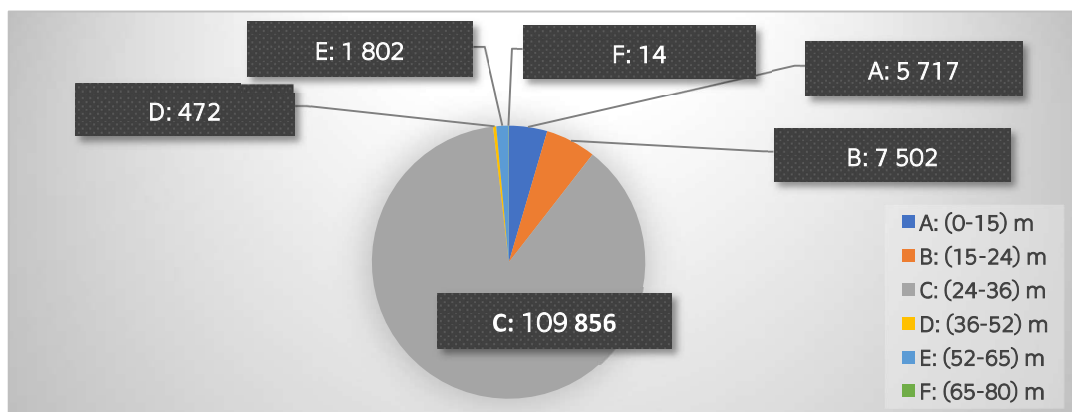
Obrázek 6: Průběh intenzity provozu na RWY 12 ze dne 17.5.2013 (vytvořeno pomocí [33])

Z porovnání dopoledních i odpoledních špiček provozu, na hlavní a vedlejší dráze lze vyčíst, že zde nedocházelo k přelévání neodbavených letadel, což by se projevilo nárůstem počtu pohybů do dalších hodin. Počet pohybů také za celý den nepřekročil limitní hodnotu pro RWY 12/30, která činila 38 pohybů za hodinu. Lze tedy konstatovat, že takto zkrácená RWY 12/30 byla schopna z pohledu hodinových výkonů pojmout objem provozu, a to v pozorované době, tedy na začátku letní sezóny roku 2013. [36]

Při analyzování je však nutné zohlednit i skladbu provozu. A to z toho důvodu, že každý letoun vyžaduje pro vzlet i přistání různou délku dráhy, což má vliv na celkovou dobu, kterou letadlo stráví na dráze (dále také ROT – *runway occupancy time*). [5] [6]

3.5.2 Analýza skladby provozu v roce 2013

Na obrázku č. 7 je graf znázorňující počty pohybů jednotlivých kategorií letadel za rok 2013. Pro potřeby kategorizace bylo zvoleno ICAO dělení letadel, tedy dělení podle rozpětí křídel. Z grafu vyplývá, že majoritní zastoupení tvořil provoz letadel v kategorii C, tedy v intervalu rozpětí křídel od 24 do 36 m. Tato část letounů tvořila 88 % odbaveného provozu. Minimální část pak tvořil provoz letadel z kategorie F, který se na letišti vyskytl pouze 14krát.



Obrázek 7: Skladba provozu v roce 2013 dle dělení ICAO (vytvořeno pomocí [11] [34])

3.5.3 Analýza intenzity provozu v roce 2019

Ve sledovaném období letních měsíců roku 2019 docházelo převážně k využívání hlavní dráhy. Aby bylo možné určit schopnost zkrácené vedlejší dráhy 12/30 odbavit, byla data hodinových pohybů z letní špičky roku 2013 vynásobena koeficientem K . Ten odpovídá navýšení provozu mezi lety 2013 a 2019.

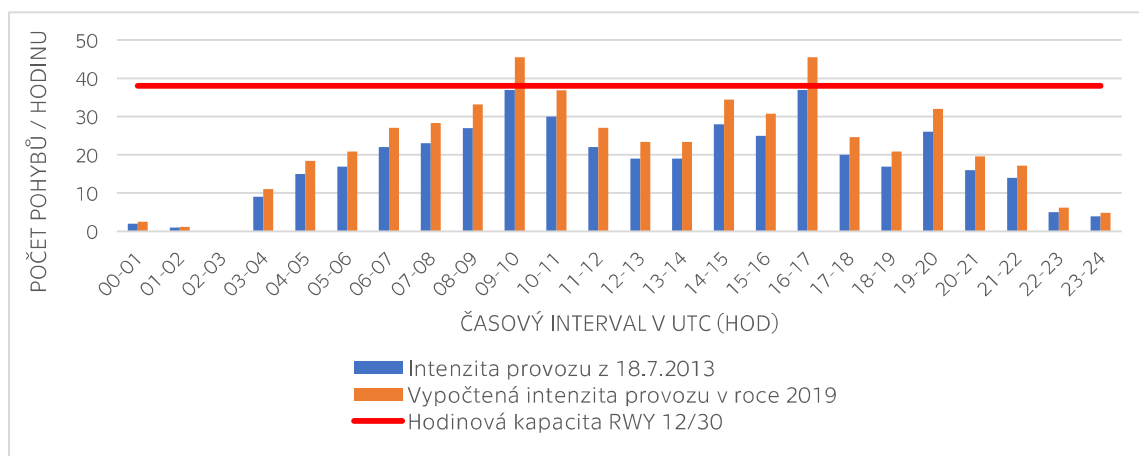
Pro výpočet koeficientu bylo zjištěno, že největší rozdíl mezi počtem pohybů za rok 2013 a 2019 byl zaznamenán v srpnu. Proto byl tento měsíc vybrán jako vstupní hodnota do výpočtu koeficientu. [33]

Postup výpočtu koeficientu K :

$$K = \frac{\text{počet pohybů na LKPR v srpnu 2019}}{\text{počet pohybů na LKPR v srpnu 2013}} = \frac{15\,676}{12\,738} = 1,23$$

Výsledkem této extrapolace dat je graf na obrázku č. 8. Z něj plyne, že takto zkrácená RWY12 by byla ve svých dopoledních i odpoledních špičkách za hranou své hodinové kapacity. Nutno však podotknout, že jde o přibližné navýšení čísel z roku 2013. Graf tedy slouží k získání prvotního povědomí o hodinových výkonech vedlejší dráhy.

Výsledkem takového zatížení dráhy by pravděpodobně bylo přelévání provozu, a to z hodiny, kdy intenzita přesahuje kapacitu dráhy do hodiny následující. To by mělo za následek zpoždění letů a vyšší nároky na koordinaci poptávaných slotů. [36]

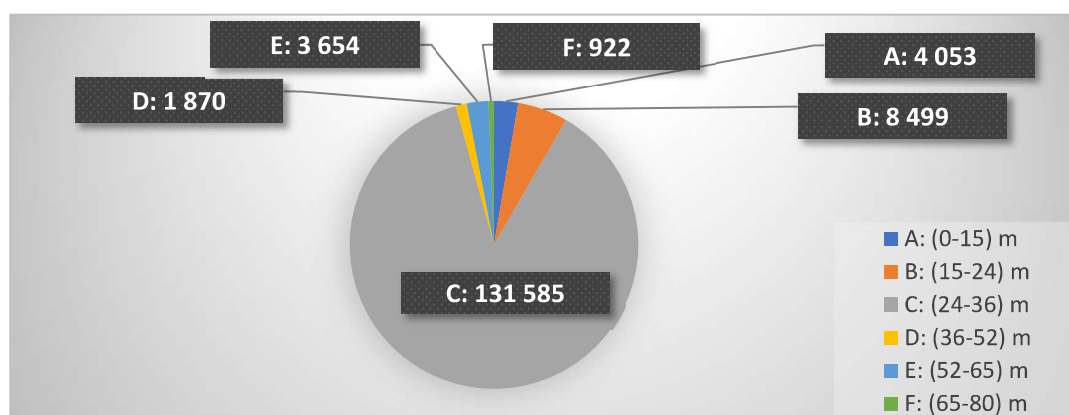


Obrázek 8: Extrapolace intenzity provozu na RWY 12/30 v roce 2019 (vytvořeno pomocí [33])

3.5.4 Analýza skladby provozu v roce 2019

Následující graf na obrázku č. 9 poskytuje rozbor skladby provozu v roce 2019. Na první pohled zde není patrný znatelný rozdíl oproti roku 2013. Převážnou část, tedy 87 %, tvořil stále provoz letadel v kategorii C. Co je ovšem důležité, a bude v pozdějších kapitolách jako jedna ze vstupních proměnných, je nárůst počtu letadel v kategorii F, s rozpětím křídel od 65 do 80 m. Oproti zmiňovanému roku 2013 zaznamenalo letiště v tomto roce 70krát více pohybů. Nárůst byl způsoben nasazením dvou letadel z této kategorie na pravidelnou linku do Prahy, a to Boeingu B747-8 a Airbusu A380. [37]

Zjištěná data budou využita v návrhové části této práce, která se věnuje vlivu zkrácení vedlejší dráhy na výkonnost letadel.

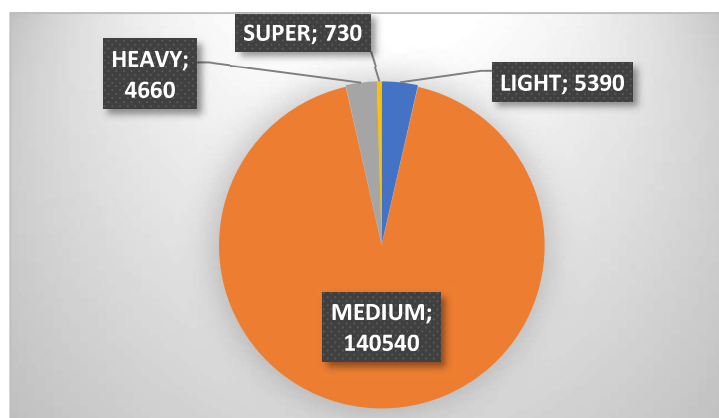


Obrázek 9: Skladba provozu v roce 2019 dle dělení ICAO (vytvořeno pomocí [11] [34])

Na obrázku č. 10 je pro detailnější popis vytvořen doplňkový graf, taktéž zobrazující skladbu provozu v roce 2019. Místo dělení letadel podle jejich rozpětí je zde zvolena kategorizace podle tzv. WTC – *wake turbulence category*. Ta rozlišuje letadla podle jejich maximální vzletové hmotnosti (dále také MTOW), do skupin uvedených níže. [10]

- LIGHT MTOW do 7 000 kg
- MEDIUM MTOW od 7 000 kg do 136 000 kg
- HEAVY MTOW nad 136 000 kg
- SUPER pouze letoun Airbus A380-800

Z grafu na obrázku č. 10 vyplývá, že převážnou část provozu, tedy 93 %, tvořily letouny v kategorii MEDIUM. Výstup z grafu níže bude použit v následujících kapitolách při řešení vhodných pozic výjezdů z drah na LKPR.



Obrázek 10: Skladba provozu v roce 2019 dle dělení WTC (vytvořeno pomocí [11] [34])

V návrhové části této práce bude klíčovým faktorem právě provoz a jeho vlastnosti. Díky provedené analýze bude možné v praktické části lépe popsat, jak se jednotlivé varianty zkrácení vedlejší dráhy projeví na odbavení provozu popsaných parametrů.

4 Rozvoj Letiště Václava Havla Praha

Do řešení zkrácení vedlejší dráhy je také nutné zohlednit i jiné plánované investice. Z tohoto důvodu je na místě se seznámit s dlouhodobým rozvojem letiště, detailněji rozebrat jeho jednotlivé části a popsat, jak každá etapa ovlivní provoz na řešené vedlejší dráze.

4.1 Dlouhodobý plán rozvoje

Letiště Václava Havla Praha registrovalo v minulých letech zvyšující se počet letů i počet odbavených cestujících. V roce 2019 dosáhlo svého maxima, tedy 17,8 milionů odbavených cestujících za rok. Stávající terminálová kapacita počítá s hodnotou 15,5 milionů pasažérů ročně. V denních špičkách provozu tak může dojít k situacím, kdy současná infrastruktura nestačí k odbavení takového objemu cestujících. [12] [13] [28]

V rámci zkvalitnění služeb, udržení konkurenceschopnosti a zvýšení kapacity, vytvořilo Letiště Praha vizi dlouhodobého rozvoje. Ta počítá s navýšením počtu odbavovacích stání, rozšířením terminálu i vybudováním přilehlé infrastruktury pojezdových drah. Vrcholnou částí projektu je pak výstavba zcela nové paralelní dráhy s označením 06R/24L. Ta bude situovaná jižně od stávající hlavní dráhy, jak je vidět na obrázku č. 11. Nutné zmínit, že Letiště Praha po dokončení všech částí, nepočítá s dalším využitím RWY 12/30 pro vzlety a přistání letadel. Detailněji bude její využití popsáno v rámci popisu dílčích etap rozvoje. V konečném stavu počítá Letiště Praha s téměř dvojnásobnou terminálovou kapacitou, tedy 30 miliony ročně odbavených cestujících. Maximální hodinový počet pohybů se pak ze stávající hodnoty 46 letadel, zvedne na hodnotu 75 letadel. Vizualizaci konečného stavu po výstavbě všech částí přináší obrázek č. 11. Celý projekt dlouhodobého rozvoje je rozplánován do několika etap. Dohromady tvoří celek, schopný konkurovat okolním letištím a umožňující plynulé a bezpečné odbavení provozu. [12] [28]



Obrázek 11: Konečný stav dlouhodobého rozvoje LKPR (vytvořeno s použitím [14])

V první etapě tohoto rozvoje je v plánu rozšíření terminálu, a to výstavbou nového prstu D. Ten bude přímo napojený na nynější jižní část Terminálu 2. První etapa počítá s optimálním navýšením kapacity terminálu na 21 milionů cestujících ročně. Vznikne také devět nových kontaktních stání, která v případě potřeby umožní odbavení až pěti dálkových letounů. Vizualizace této části je patrná na obrázku č. 12, kde je zobrazena jako modrá část. S tímto novým prstem D rovněž souvisí příslušná infrastruktura pojezdových drah a rozšíření odbavovací plochy. Ministerstvo financí schválilo v roce 2019 investici do první etapy v celkové výši přibližně 16 miliard Kč. Časový horizont realizace první části je plánován v letech 2025–2028. [12] [27] [28]



Obrázek 12: Dlouhodobý rozvoj LKPR [27]

Druhá fáze pak počítá s dalším rozšířením Terminálu 2, což opět umožní navýšení ročního limitu odbavených cestujících na 23 milionů. V obrázku č. 12 je tato etapa zakreslena červenou barvou, přičemž je v rámci ní plánovaná přeměna některých vzdálených stání na kontaktní. [12] [28]

Obě části rozvoje jsou kompatibilní s použitím stávající hlavní dráhy 06/24 i vedlejší RWY 12/30. Dojde k úpravě letištní infrastruktury, ve smyslu rozšíření terminálových budov blíže k RWY12/30. Vedlejší dráha však zůstane použitelná i po dokončení obou těchto dvou etap. To znamená, že v případě nemožnosti použít RWY 06/24, bude provoz převeden na dráhu vedlejší, která musí být schopna tento provoz odbavit. [28] [37]

Třetí část plánu modernizace tvoří výstavba nového prstu E (světle zelená část v obrázku č. 12) a vybudování nové paralelní dráhy, která již zasáhne do prostoru stávající RWY 12/30. Tu bude nutné v souvislosti s dalším rozšířením odbavovací plochy trvale zrušit. Letiště tedy v rámci dlouhodobého rozvoje, po výstavbě nové paralelní dráhy, nepočítá s využitím RWY 12/30 pro vzlety a přistání letadel. Pouze její část bude nadále sloužit jako pojezdová dráha.

Dokud však nedojde k výstavbě nové paralelní dráhy, tak je vhodné zajistit, aby byla vedlejší dráha schopna dráhu hlavní zastoupit. To například kvůli nepříznivým meteorologickým podmínkám či z důvodů nutné uzavírky hlavní dráhy. [12] [37]

Ve světle událostí spojených s pandemií COVID-19 lze těžce predikovat následující vývoj obchodní letecké dopravy. Evropská agentura pro bezpečnost řízení letového provozu (dále také Eurocontrol) vytvořila předpověď možných průběhů návratu letecké dopravy do původních čísel roku 2019. Tato předpověď uvádí, že pokud by se v průběhu roku 2021 dařilo očkování efektivní vakcínou na nemoc COVID-19, mohla by se křivka celkového objemu letecké dopravy dostat k původním hodnotám kolem roku 2024. Dle vyjádření letiště z prosince roku 2020 vyplývá, že se stále počítá s realizací dlouhodobých plánů rozvoje, a to přibližně v následujících deseti letech. [15] [21]

4.2 Nová pojezdová dráha na RWY 06/24

Vedle dlouhodobého rozvoje probíhají rovněž dílčí projekty za účelem odstranění nedostatků, zvýšení bezpečnosti a naplnění potřeb současného provozu. Jedním z takových projektů je nová pojezdová dráha sloužící jako další výjezd z RWY 24. Jelikož přímo ovlivní vedlejší dráhu, bude podrobněji popsána v následujících kapitolách. [18]

4.2.1 Aktuální stav výjezdů z RWY 24

V současné době slouží letadlům k uvolnění RWY 24 po přistání celkem čtyři pojezdové dráhy:

- TWY C
- TWY D
- TWY E
- TWY F

TWY C je situována ve vzdálenosti 1 310 m od prahu dráhy 24 (též označovaná jako THR 24). Využívána je především letouny v kategorii LIGHT a vzhledem ke své poloze i tomu, že není konstruována jako rychlý výjezd, nevyhovuje většině letounů v kategorii MEDIUM. Ty jsou schopny tento výjezd využít pouze při nízké přistávací rychlosti, která jim umožní dostatečné zpomalení před tímto výjezdem. Následující TWY D je již, vzhledem k rovnému úseku sloužícímu ke zpomalení, konstruována jako výjezd pro rychlé odbočení. Je využívána především letouny v kategorii MEDIUM, které v roce 2019 tvořily 93 % provozu na LKPR. Nevýhodou je však její vzdálenost od THR 24. Ta činí 2 075 m a neumožňuje hlavnímu spektru letadel uvolnit dráhu po přistání v optimální rychlosti. Letouny tak po přistání dojíždí na tento výjezd pomaleji, než by bylo z pohledu maximální propustnosti dráhy potřebné.

Tím dochází k nežádoucímu prodloužení času ROT (doba kterou letoun stráví na dráze). To má vliv na celkovou plynulost i bezpečnost provozu. Následující výjezdy TWY E a TWY F slouží převážně pro těžší letouny v kategorii MEDIUM a také letadlům v kategorii HEAVY. Umístění jednotlivých výjezdů je vidět i v příloze č. 1. [1] [5] [16]

4.2.2 Runway incursion

Současná dráhová a pojezdová infrastruktura v minulosti vedla k několika incidentům spojených s neoprávněným vstupem letadla na dráhu. Jednalo se zejména o případy, kdy piloti měli v úmyslu uvolnit po přistání RWY 24 přes TWY C. Z důvodu například delšího přistání se jim tento záměr nepodařil a ve snaze využít nejbližší následující výjezd z RWY 24, odbočili bez povolení na vedlejší RWY 12/30. Ojedinelé nejsou ani případy, kdy k takovému neoprávněnému vstupu na vedlejší dráhu došlo při přistání na RWY 06. [17]

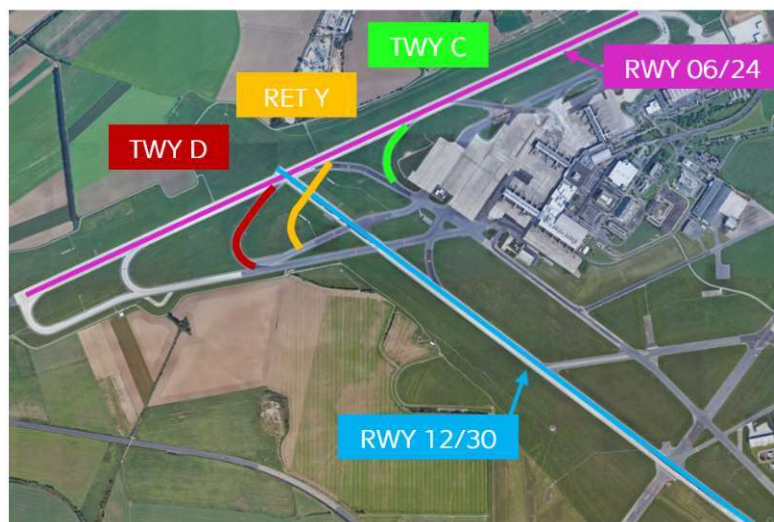
Takovému incidentu se nazývá *runway incursion* a může vést k situacím přímo ohrožující bezpečnost provozu. Na LKPR bylo v letech 2013–2016 evidováno v místě křížení drah celkem 17 situací, kdy došlo k nepovolenému vstupu letadla na dráhu. Letiště Praha vypracovalo, v návaznosti na tyto události, několik bezpečnostních doporučení, které shrnují aktuální rozmístění výjezdů a jejich značení. Jedním z bodů možných řešení prevence těchto incidentů je pak fyzické oddělení obou drah na LKPR. [17]

4.2.3 Doporučení od Eurocontrolu

V roce 2015 byla organizací Eurocontrol zpracována analýza vyhodnocující stávající kapacitu a bezpečnost na RWY 06/24. Jedním ze závěrů této analýzy bylo doporučení výstavby nové pojezdové dráhy pro rychlé odbočení z RWY 24. Pojezdové dráhy, které umožní přistávajícím letounům plynulé a rychlé uvolnění RWY, jsou označovány zkratkou RET – *rapid exit taxiway*. Ty je vhodné situovat do takové vzdálenosti od bodu dotyku letadla se zemí, ve které se předpokládá dostatečné zpomalení letounu na to, aby bylo schopné dráhu vyklidit. Z dostupných dokumentů, předpisů i provozní praxe je ideální, pokud se RET pro letadla v kategorii MEDIUM nachází od prahu dráhy ve vzdálenosti 1500–1800 m. Studie od Eurocontrolu doporučila výstavbu dvou nových výjezdů pro hlavní dráhu. Jednu pro rychlý výjezd z RWY 24 a druhou pro opačný směr, tedy výjezd z RWY 06. Tato práce se podrobněji věnuje zkrácení vedlejší dráhy, které úzce souvisí s nově navrženým výjezdem z RWY 24. Proto bude v následujících kapitolách dále rozebírána pouze RET pro směr RWY 24. [5] [6] [16]

4.2.4 Reakce LKPR

Tým Letiště Praha se v návaznosti doporučení studie od Eurocontrolu rozhodl pro realizaci projektu a vybudování nového výjezdu z RWY 24. Pracovním názvem označený RET Y se bude nacházet mezi TWY C a TWY D. Přibližná pozice tohoto výjezdu je zobrazena na obrázku č. 13. Tento zásah do pojezdové infrastruktury letiště bude mít pozitivní vliv na již zmíněnou plynulost a bezpečnost provozu. Vzhledem ke křížení RET Y s vedlejší dráhou 12/30 dojde rovněž k ovlivnění dalších souvislostí v infrastruktuře letiště. Souhrn důsledků a přínosů tohoto projektu přináší následující kapitoly. [16] [18]



Obrázek 13: Přibližná pozice nové RET Y (vytvořeno s použitím aplikace GoogleEarth)

4.2.5 Důsledek projektu RET Y

Nejzásadnějším důsledkem je zkrácení vedlejší dráhy 12/30. To je nutné provést s ohledem na fakt, že plánovaná RET Y je vedena přes RWY 12/30, jak je patrné z obrázku č. 13. Důvod této potřeby vychází z předpisu, definující podmínky pro vstup letadla na RWY. Ten říká, že letoun může vstoupit na RWY, pouze tehdy, pokud k tomu obdrží povolení od stanoviště řízení letového provozu (dále také ATC). Tato povinnost se rovněž vztahuje na silniční motorová vozidla pohybující se po provozních plochách letiště. V praxi by to na tomto konkrétním případě znamenalo, že pokud by piloti po přistání na RWY 24 zvolili jako výjezd právě RET Y, museli by nejdříve od stanoviště ATC obdržet povolení, ke křížování vedlejší dráhy 12/30. To je v situaci rychle se pohybujícího letounu po dráze, kdy navíc piloti nejsou schopni předem najisto určit svůj výjezd, naprosto neaplikovatelný postup. Z tohoto důvodu se v souvislosti s projektem RET Y počítá se zkrácením RWY 12/30. Kromě snížení délky tím rovněž dojde k úpravě dalších parametrů vedlejší dráhy, například změnou pozic výjezdů od prahu dráhy 12. [18] [19] [36]

4.2.6 Přínosy projektu RET Y

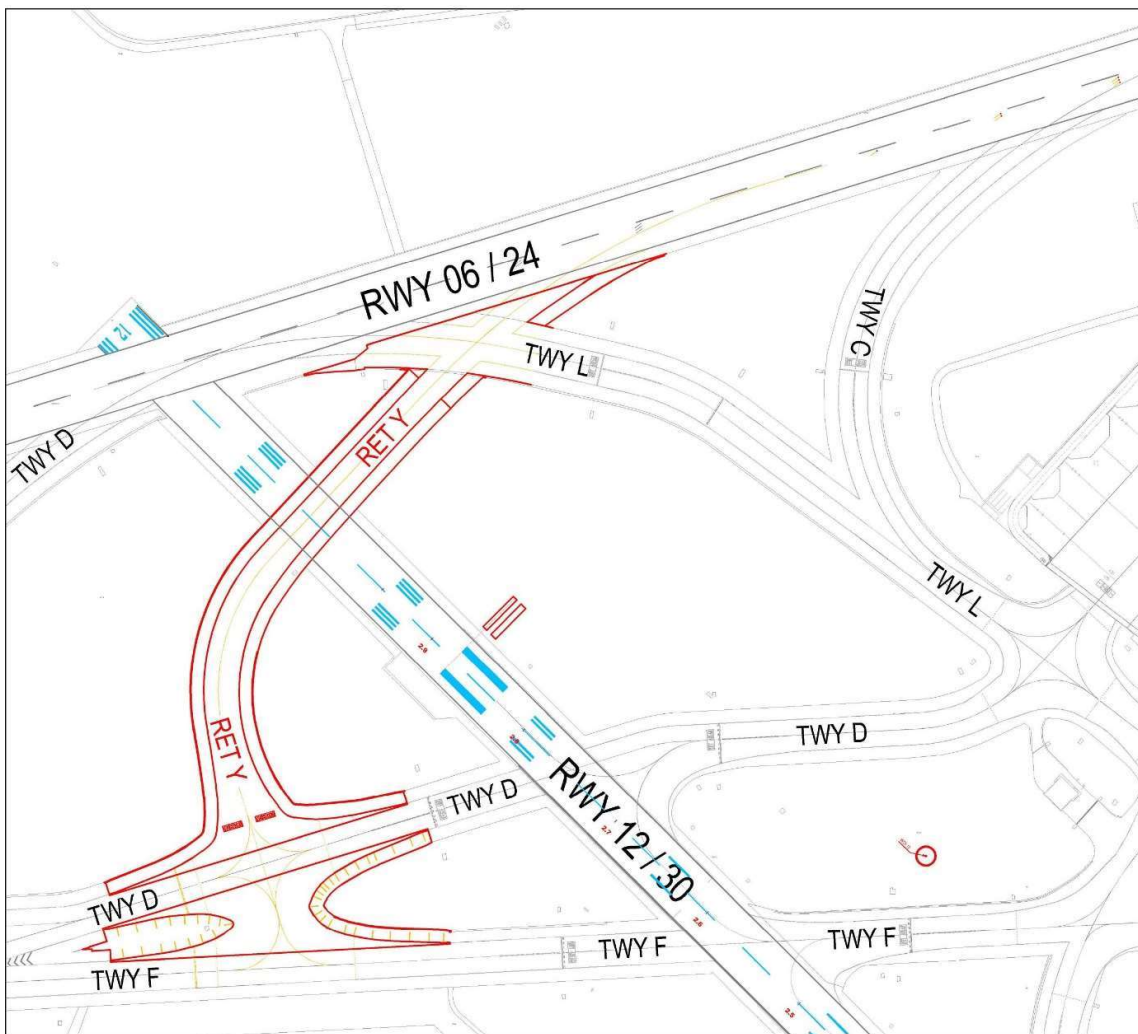
- Uvolnění RWY 24 ve vzdálenosti 1 685 metrů od prahu dráhy, což je pro letadla v kategorii MEDIUM, tvořících 93 % provozu na LKPR, ideální pozice.
- Dostatečně dlouhý přímý úsek na tomto výjezdu povede k bezpečnému zpomalení letadel na pojezdové dráze, což umožní dráhu uvolnit při vyšší rychlosti.
- Možné prodloužení přiblížovací světelné soustavy (dále také ALS) na RWY 12, a to z dnešních 420 m na úřadem požadovaných 900 m.
- Fyzickým oddělením drah dojde k odstranění rizika tzv. *runway incursion*, ke kterému v místě jejich dnešního křížení dochází. Tímto projektem dojde v řešené oblasti ke zvýšení bezpečnosti provozu

[18]

Letištěm Praha, a. s. byl v rámci spolupráce poskytnut výkresový soubor zobrazující situaci nové RET Y s jedním z návrhů zkrácení RWY 12/30. V následujících kapitolách se vyskytují výřezy z tohoto souboru upravené podle potřeb této práce.

4.2.7 Podoba projektu RET Y

Do stávající dráhové infrastruktury je na obrázku č. 14 zasazena pozice nového výjezdu z RWY 24. Patrný je zde jak tvar výjezdu, tak napojení na navazující pojezdovou infrastrukturu. Výjezd je situován ve vzdálenosti 1 685 m od prahu RWY 24, křížuje vedlejší RWY 12/30 a poté se napojuje na TWY D a TWY F. Jak již bylo zmíněno v předešlých kapitolách, křížení s vedlejší dráhou je z provozních důvodů nemožné. Proto je nutné RWY 12/30 zkrátit, a to posunutím prahu RWY 12 blíže k TWY D. [16]



Obrázek 14 : Zákres RET Y do současného dráhového systému (vytvořeno s použitím [35])

5 Zkrácení vedlejší dráhy 12/30

Zkrácení vedlejší RWY12/30, v důsledku výstavby nové RET Y, s sebou přináší několik variant, jak tuto změnu v dráhové infrastruktuře letiště provést. Na každou variantu je nutné se dívat jak z pohledu bezpečnostních rizik a cílem jejich minimalizace, tak z pohledu udržení maximální hodinové kapacity dráhového systému. Rovněž další proměnnou vstupující do tohoto rozhodovacího procesu jsou výkonnostní limity letadel. Konkrétně se jedná o maximální vzletovou hmotnost a minimální vzdálenost potřebnou pro rozjezd a vzlet letounu. Se zkrácením dráhy také souvisí přesun radionavigačních zařízení a světelných návěstidel. [37]

Samotné návrhy technického řešení byly vytvořeny v rámci studie proveditelnosti, kterou si nechalo Letiště Praha zpracovat. Z výstupů této studie byla pro účely vytvoření dokumentace pro územní rozhodnutí (dále také DÚR) použita varianta č. 1. Důvodem volby právě této možnosti byla potřeba využít variantu s maximálním rozsahem prací. To proto, aby případné další nutné změny nad rámec původní varianty nevyžadovaly změnu v DÚR. To by mohlo mít za následek nežádoucí časové oddálení realizace projektu. DÚR k tomuto projektu byla sice již schválená, avšak finální podoba zkrácení je dána stavebním povolením, o které ještě nebylo požádáno. To poskytuje určitý prostor pro další úpravu této varianty dle provozních a ekonomických požadavků. [16] [37]

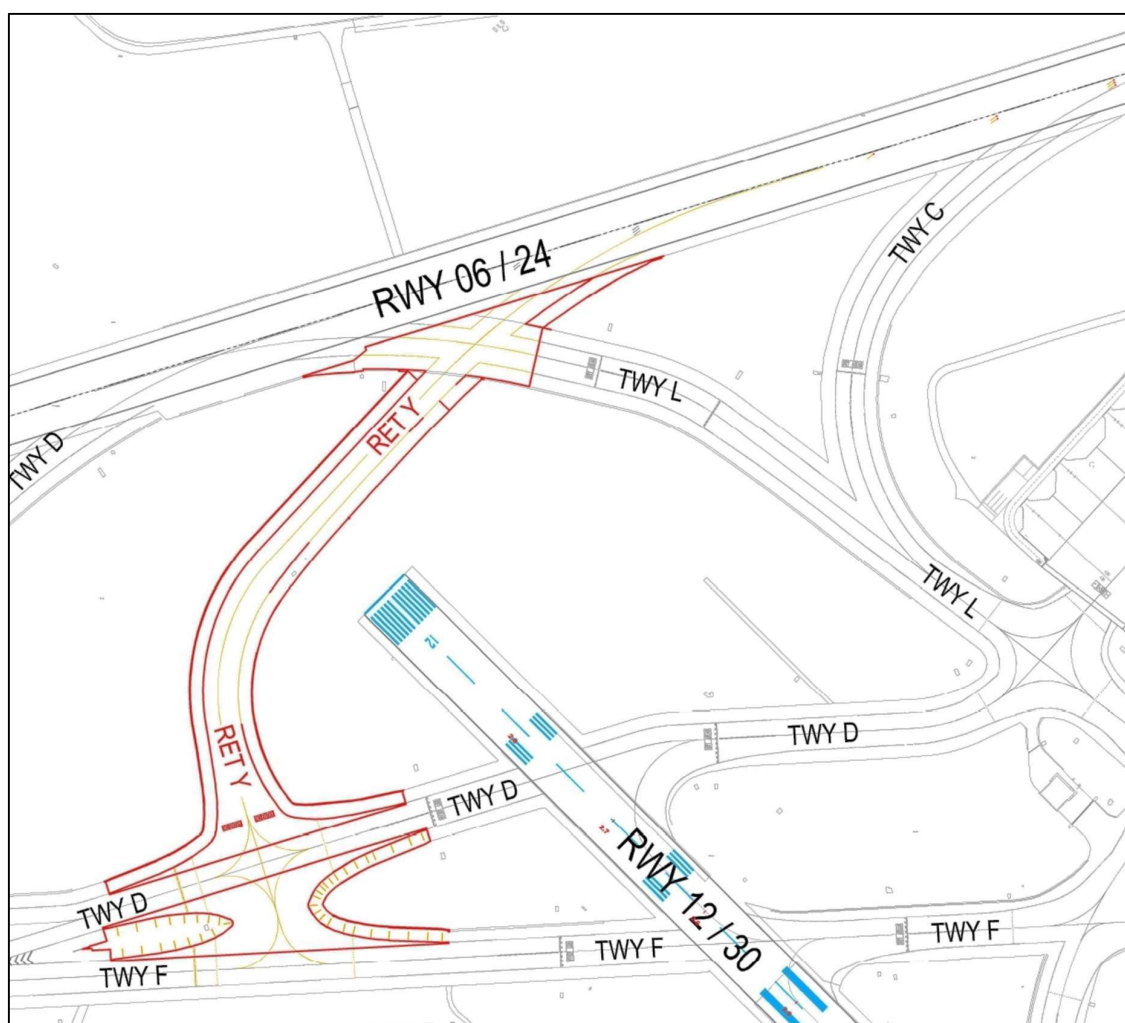
5.1 Zkrácení v roce 2013

Zřejmě nejjednodušším způsobem provedení této změny délky RWY 12/30 se může jevit varianta již použitá v roce 2013 během generální opravy RWY 06/24. Zde došlo k posunutí prahu RWY 12 o 300 m. Obrázek č. 15 zobrazuje situaci výjezdu nově plánované RET Y a zkrácení RWY 12/30 použité v roce 2013. [8]

Nevýhodou tohoto řešení bylo posunutí prahu v tzv. negativním smyslu. To znamená, že RWY 12 se sice zkrátila na 2950 m, ovšem tato délka byla využitelná jen pro přistání. Reálně mohli piloti pro vzlet z RWY 12 využít délku 2760 m, tedy od TWY D. Tato poněkud netradiční varianta s sebou přináší riziko špatného pochopení ze strany pilotů, což by mohlo vést k nebezpečné situaci. Posádky by se mohly mylně domnívat o možnosti využít RWY 12 pro vzlet v její plné délce. Tato varianta však nepřípadá v úvahu. Na nově vzniklém prahu RWY 12 totiž není zřízeno obratiště k takovým manévřům určeným. Případná snaha otočit letoun pouze na šířce RWY by v extrémním případě mohla vést k neúmyslnému zablokování dráhy a zkomplikování řízení provozu všem složkám letiště. [37]

Možnost vybudování obratiště na začátku takto zkrácené RWY 12 by sice umožnilo vzlet z plné délky dráhy, přineslo by s sebou však znatelné navýšení času ROT pro odlétávající letadla z RWY 12. Letouny by totiž, po najetí na dráhu přes TWY D, musely pojet na práh RWY 12 a zde se otočit o 180 stupňů do směru vzletu. Taková procedura by vyžadovala delší časové rozestupy mezi přistávajícími letouny, což by mělo negativní vliv na hodinovou kapacitu dráhy. [36] [37]

Toto řešení je rovněž neaplikovatelné z důvodu kolize předpisových požadavků. Letoun pohybující se na RET Y by vzhledem k umístění prahu RWY 12 zasahoval do překážkové přibližovací plochy RWY 12. Práh dráhy 12 je tak nutné posunout blíže k TWY D. [2]



Obrázek 15 : Situace RET Y s nákresem zkrácení RWY 12/30 v roce 2013
(vytvoreno s použitím [35])

5.2 Způsob porovnání variant

V následujících podkapitolách jsou detailněji popsány tři verze možného zkrácení vedlejší dráhy 12/30. První dvě varianty byly zpracovány Letištěm Praha a třetí varianta je návrhem autora této práce. Každá obsahuje podrobný popis vlivu jednotlivé varianty na výkonnost letounů, kapacitu provozu a přesun souvisejících zařízení přilehlých k dráze.

Pro zhodnocení vlivů na výkonnost letadel byly vypracovány čtyři scénáře meteorologických podmínek, které jsou aplikované na výpočet výkonů vybraných letadel. Scénáře, vytvořené z historie dat ČHMÚ, mají postupně rostoucí nároky na výkonnost letadel. To znamená, že se postupně zvyšuje teplota vzduchu, snižuje se jeho tlak a vítr rovněž mění své parametry do nepříznivých směrů. Všechny tyto veličiny se negativně projeví na výkonnost letadla, a tudíž i na maximální možnou vzletovou hmotnost. Tyto podmínky jsou blíže definovány v tabulce č. 4.

Tabulka 4 : Meteorologické podmínky k analýze výkonosti letadel (vytvořeno za použití [29])

Veličina	Jednotky	PODMÍNKY 1	PODMÍNKY 2	PODMÍNKY 3	PODMÍNKY 4
Teplota vzduchu	[C]	20	25	30	35
Tlak vzduchu (QNH)	[hPa]	1020	1010	1005	995
Povrch dráhy		suchá	suchá	mokrá	mokrá
Vítr (směr/síla)	stupně/knoty	090/10	060/7	030/4	240/5

Poslední dva scénáře, odpovídající podmínkám tři a čtyři, reprezentují neobvyklé situace během letních měsíců. Statisticky byla teplota vzduchu na letišti Praha změřena nad 30 °C pouze ve 4 % případů [29]. Situace odpovídající podmínkám čtyři pak značí extrémní meteorologické podmínky v horkých letních dnech. Takové podmínky jsou opravdu výjimečné, nicméně jsou zde uvedeny, a to z důvodu sledování postupně se zvyšujících nároků na výkonnost letadla. Tyto scénáře meteorologických podmínek byly následně aplikovány na vybrané typy letadel. Těmito typy jsou:

- Boeing B737-700
- Boeing B737-800
- Boeing B777-300ER
- Airbus A380

Letadla B737-700 a B737-800 byla vybrána za kategorii letadel C. Ta, dle analýzy skladby provozu v kapitole 3.5.4, tvořila v roce 2019 téměř 87 % provozu. Navíc jsou tyto typy provozovány společností Smartwings, jejíž domovským letištěm je právě LKPR. Druhý Boeing B777-300ER byl zvolen za letadla v kategorii E. V roce 2019 byl provoz této kategorie zaznamenán v 2,43 % případů (výsledek z grafu v kapitole 3.5.4). Tento typ je rovněž provozován společností Emirates, která do Prahy pravidelně létá. Posledním typem je Airbus A380 jakožto zástupce letadel kategorie F. V roce 2019 bylo zaznamenáno 922 pohybů letadel v této kategorii, což tvořilo 1 % provozu, jak ukázala analýza skladby provozu v kapitole 3.5.4. Do roku 2019 byl tento typ nasazován společností Emirates na linkách z Dubaje do Prahy. [39] [40] [41]

Během výpočtů byl pro vzlet použit pouze směr RWY 12, a to proto, že RWY 12 disponuje kratším předpolím než RWY 30. Dráha je navíc v tomto směru mírně do kopce, což opět negativně ovlivní výkonnost letadla. Jedná se tedy o více limitující scénář, než pokud by vzlet probíhal z RWY 30. Výstupem výpočtů je MPTOW—*maximum performance take-off weight*. Jedná se o nejvyšší vzletovou hmotnost, pro kterou jsou vzletové výkony letounu za daných podmínek dostatečné. [1] [39]

U letounů Boeing řady 737 byla pro výpočet použita aplikace OPT (onboard performance tool) společnosti Smartwings. U letounu Boeing B777-300ER byla rovněž použita aplikace OPT, která byla doplněna odbornou konzultací se společností Emirates. V případě letadla Airbus A380 byl výsledek čerpán z odborných konzultací.

Během výpočtů vyšlo najevo, že pro všechny scénáře není přistání v obou směrech RWY 12/30 limitující. Vybrané typy jsou při maximální přistávací hmotnosti schopné, za podmínek blíže stanovených v tabulce č. 4, bezpečně přistát na všechny tři varianty zkrácení dráhy. [39] [40] [41]

Při popisu vlivu zkrácení na plynulost provozu a hodinovou kapacitu dráhy bylo zkoumáno, jakým způsobem bude provoz ovlivněn při změně pozic pojezdových drah vzhledem k prahu RWY. Zkrácením dráhy dojde jednak ke změně vzdáleností výjezdů od prahu RWY12, ale také ke změně délky dráhy, kterou budou mít piloti k dispozici pro vzlet z jednotlivých nájezdů pro směr RWY 30.

Dalším aspektem je posunutí zařízení přilehlých k RWY 12 a celkový důsledek každé varianty na infrastrukturu letiště. Technická vybavení je nutné umístit tak, aby nevytvářela kolizi s dalšími stavbami letiště a vyhovovala předpisovým požadavkům. Konkrétně se jedná o přesun dále vypsanych zařízení. [2] [22]

- PAPI – světelná sestupová soustava pro vizuální přiblížení
- GP/DME – sestupový maják ILS/měřič vzdálenosti
- WDI – ukazatel směru větru
- ALS – přibližovací světelná soustava
- RTHL – prahová návěstidla

První dvě varianty zkrácení dráhy byly použity z návrhů Letiště Praha v rámci zpracování studie proveditelnosti a poslední třetí varianta je vlastním návrhem autora této práce.

5.3 Varianta č. 1

5.3.1 Popis varianty č. 1

První možností provedení této změny v infrastruktuře letiště je podoba zobrazená na následující straně na obrázku č. 16. Je zde vidět zkrácená vedlejší RWY 12/30 na celkovou délku 2 955 m. Oproti stávající dráze by v tomto případě došlo ke zkrácení o 295 m. V rámci tohoto řešení se počítá s demolicí stávající plochy vedlejší dráhy o rozloze 12 606 m² (změřeno pomocí programu AUTOCAD). Dráha by také měla ve směru RWY 12 tzv. posunutý práh, a to o 160 m. V praxi to znamená, že pro rozjezd v tomto směru budou moci piloti využít celou délku dráhy, která činí 2 955 m. Oproti tomu pro přistání bude pilotům k dispozici dráha od posunutého prahu mající délku 2 795 m. V opačném směru, tedy RWY 30, umožní dráha stejnou vzdálenost pro rozjezd i pro přistání, a to 2 955 m. Posunutý práh je nutné provést z důvodu přesunu radionavigačního zařízení GP/DME pro RWY 12. Vyhlášené délky pro tento typ řešení jsou shrnuty v tabulce č. 5. [2] [16]

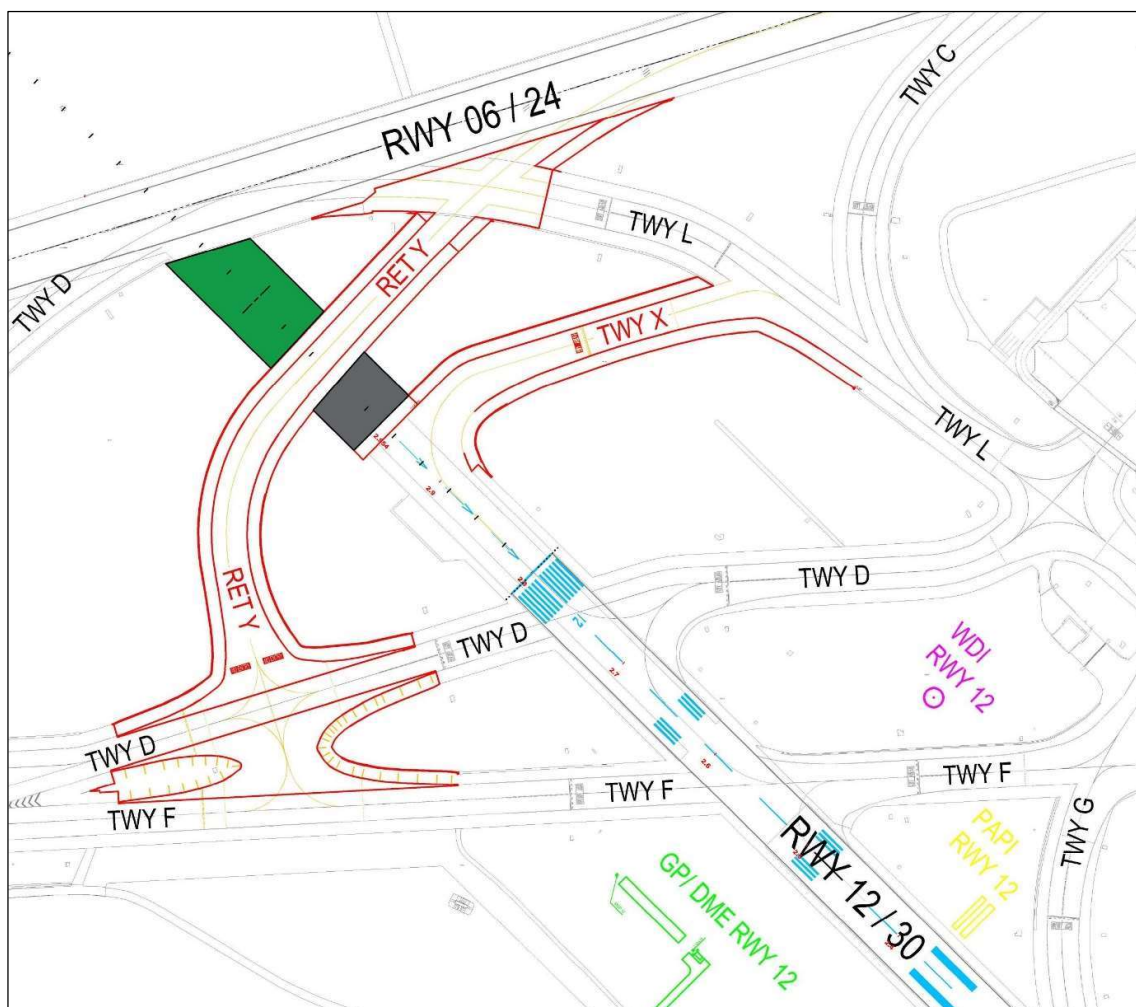
Tabulka 5: Vyhlášené délky zkrácené RWY 12/30 pro variantu č. 1 [16]

Označení RWY	TORA [m]	TODA [m]	ASDA [m]	LDA [m]
12	2 955	3 105	2 955	2 795
30	2 955	3 255	2 955	2 955

Mezi místem, kde RET Y křižuje stávající RWY 12/30 a RWY 06/24, se počítá s kompletním odstraněním plně únosné vozovky. To proto aby nedošlo, k záměně této plochy s výjezdem z hlavní dráhy. Tato část je na obrázku č. 16 zakreslena zeleně. Je to právě tento úsek, kde dojde k fyzickému oddělení dvou drah na LKPR. [16]

Šedá část na obrázku č. 16 mezi RET Y a novým prahem RWY 12/30 pak představuje tzv. *blastpad*. Jedná se o zpevněnou plochu umístěnou před prahem dráhy. Proudové motory dopravních letounů produkují na vzletovém výkonu silný tah, který je bezprostředně za letounem schopen zvířit nečistoty a kontaminovat okolní povrch. V řešeném místě by tedy mohlo docházet k nežádoucí kontaminaci RET Y, nebo RWY06/24 právě od letounů provádějících vzlet z RWY 12. Z popsaného důvodu je zde umístěna plocha *blastpad*, která riziko snižuje. [2] [16]

Nejzásadnější část této varianty bezesporu tvoří nově zamýšlená pojezdová dráha s označení TWY X. Ta propojí práh RWY 12 s TWY L a následně i přilehlou odbavovací plochou. Její hlavní význam spočívá v tom, že umožní nájezd na nově vzniklý práh RWY 12, a tím v tomto směru využít zkrácenou RWY 12/30 v její plné délce. Zároveň je vůči RET Y situována tak, že zajišťuje nezávislý pohyb letounů po těchto pojezdových drahách současně. Pokud by během provozu nastala situace vyžadující použití obou pojezdových drah, pak je možný nájezd letounu na TWY X za současného použití RET Y. [16]



Obrázek 16: Varianta č. 1 zkrácení RWY 12/30 (vytvořeno za pomoci [35])

5.3.2 Přesun zařízení u varianty č. 1

Na obrázku č. 16 je rovněž patrná nová pozice zařízení spojených s RWY 12. GP/DME bude nutné posunout do prostoru jižně od TWY F a napravo od dráhy 12 (na obrázku vyznačeno zeleně). Bylo zjištěno, že umístění GP/DME neumožní použití RWY 12 pro přistání za současného použití RET Y. Důvodem je narušení ochranného pásma zařízení sestupového majáku (GP) od letadla, které by se po přistání na RWY 24 pohybovalo po RET Y případně navazující části TWY D a TWY F. Jedná se však o problém spojený se všemi třemi variantami zkrácení, proto jej nelze označit za nevýhodu pouze prvního řešení zkrácení. Navíc se jedná o výjimečnou situaci v provozu, jelikož není běžný stavem, aby bylo potřeba využít RWY 12 po přistání za současného použití RET Y. Možným řešením by byl postup stanovený ze strany ATC, který by definoval, že pokud by letoun prováděl přístrojové přiblížení na RWY 12, pak by přistávající letoun musel uvolnit RWY 24 přes TWY D (nebo vzdálenější) a zastavit před ochranným pásmem GP. Pozice světel PAPI vychází pro takto zkrácenou dráhu mezi TWY F a TWY G (na obrázku zakresleno žlutě). Ukazatel směru větru pak bude nutné přesunout dle situace na obrázku. Prahová návěstidla jsou umístěna v místě posunutého prahu a svojí šířkou nezasahují do TWY D. Práh dráhy je rovněž umístěn tak, aby nedošlo ke kolizi světel přibližovací soustavy s osou pojezdové dráhy na RET Y. [2] [16] [25] [26]

5.3.3 Výkonnostní limity letadel na variantě č. 1

V tabulce č. 6 jsou zaznamenány výsledky z výpočtů provedených pro vzlet ze zkrácené RWY 12 dle první varianty. Oranžově jsou zde podbarveny scénáře, u kterých bylo zjištěno, že MPTOW je nižší než MTOW. To znamená, že maximální hmotnost, která je dána vnějšími podmínkami, je nižší než maximální hmotnost daná výrobcem letadla. Letoun bude tedy při vzletu limitován více vnějšími podmínkami než konstrukčním maximem. Zeleně jsou zde podbarveny ty situace, při kterých nebylo vypočteno žádné hmotnostní omezení, a tudíž bude letoun limitován hmotností MTOW. Kromě toho je v tabulce zaznamenáno, o kolik procent bude v daném případě nutné hmotnost snížit oproti MTOW.

B737-700

U tohoto letounu bylo při variantě č. 1 zjištěno hmotnostní omezení při všech meteorologických podmínkách, což je dáno především slabšími motory, než kterými disponují letouny vyšších verzí stejné řady. To prodlužuje požadovanou délku dráhy pro vzlet, a tím se snižuje limitující hmotnost. V případě nasazení tohoto letounu na některou ze vzdálenějších destinací společnosti, bylo by již nutné payload redukovat. A to tak, aby byla celková hmotnost letadla nižší než vypočtená MPTOW. [39]

B737-800

Tato verze je již vybavena silnějšími motory, než letouny řady 700. Letadlo tedy vyžaduje na vzlet kratší dráhu, což se projevilo i v provedeném výpočtu. V prvních dvou scénářích bude letoun schopen vzlétnout na hmotnosti odpovídající MTOW. Jakmile však došlo k dalšímu zhoršení vstupních podmínek, musela by i zde být hmotnost redukována. V případě podmínek č. 3 se jedná o snížení o 1,7 tuny. V extrémně nepříznivých podmínky jako představují podmínky č. 4 se pak tato hmotnost snížila o 5,3 tun oproti MTOW. [39]

B777-300ER

Dle provedených výpočtů vyšlo najevo, že tento letoun bude limitován při všech zvolených meteorologických podmínkách. V extrémním scénáři č. 4 by bylo nutné limitující hmotnost snížit o 51 tun oproti MTOW. Tento letoun je v současné době nasazován na linkách do Dubaje, a to společností Emirates. Dle vyjádření společnosti vyplývá, že na tuto trať vychází vzletová hmotnost při maximálním payloadu 289 tun, což je nižší hodnota než vypočtená MPTOW. Let do Dubaje nebude tedy na takto zkrácené RWY 12/30 ovlivněn. [38] [41]

A380

V době před příchodem pandemie COVID19 a poklesem poptávky po letecké dopravě byl tento letoun pravidelně využíván společností Emirates pro lety do Dubaje. Z odborné konzultace vyšlo najevo, že při maximálním payloadu a požadovaném množství paliva na tuto trať, nebude letoun na takto zkrácené dráze limitován. [40]

Tabulka 6: Výkonnostní limity letounů při zkrácení variantou č. 1 (vytvořeno pomocí [39] [40] [41])

		PODMÍNKY 1	PODMÍNKY 2	PODMÍNKY 3	PODMÍNKY 4
Teplota		20 C	25 C	30 C	35 C
Tlak (QNH)		1020 hPa	1010 hPa	1005 hPa	995 hPa
Povrch dráhy		suchá	suchá	mokrá	mokrá
Větr		090/10 kn	060/7 kn	030/4 kn	240/5 kn
Typ letadla	MTOW [kg]				
B737-700	68 719	68 405 kg (-0,5%)	67 647 kg (-1,6%)	66 031 kg (-3,9%)	62 500 kg (-9,0%)
B737-800	79 015	79 015 kg (0%)	79 015 kg (0%)	77 302 kg (-2,2%)	73 663 kg (-6,8%)
B777-300ER	340 194	332 900 kg (-2,1%)	323 820 kg (-4,8%)	305 323 kg (-10,3%)	289 083 kg (-15%)
A380	575 000	Dubaj	Dubaj	Dubaj	Dubaj

5.3.4 Pozice TWY a jejich vliv na propustnost dráhy u varianty č. 1

Pozice nájezdů pro vzlet z RWY 12

Zkrácením dráhy sice nedojde ke změně použitelné délky pro vzlet ze stávajících křižovatek ve směru RWY 12. Vzniká zde však nová TWY X, která umožní vzlet z plné délky dráhy 2 955 m. Tabulka č. 7 uvádí použitelné délky rozjezdu (TORA) pro jednotlivé vzlety z křižovatek na RWY 12. Z hlediska plynulosti provozu dochází při této variantě zkrácení k přínosu, a to možnosti efektivněji řídit provoz pojíždějící na vzlet k RWY 12. Složkám ATC umožní tato varianta směřovat letouny, které pro vzlet vyžadují plnou délku dráhy na TWY X a letadla schopné vzletu z kratší dráhy mohou využít TWY D, případně TWY F. Poslední možný nájezd TWY G pak svojí vzdáleností TORA, která činí 2 225 m vyhovuje převážně menším letounům z kategorie LIGHT a vrtulovým letounům z kategorie MEDIUM. tím dojde ke snížení rizika vzniku fronty vyčkávajících letadel na vzlet, která by zasahovala do pojezdových drah směrem k odbavovací ploše. [1] [16] [33]

Tabulka 7 : Pozice nájezdů pro vzlet z RWY 12 u varianty č. 1 (vytvořeno pomocí [1] [16])

RWY 12	TWY X	TWY D	TWY F	TWY G
TORA [m]	2955	2760	2 525	2225

Pozice nájezdů pro vzlet z RWY 30

Posunutím prahu RWY 12 dojde ke snížení vzdálenosti, kterou mají piloti k dispozici pro rozjezd z RWY 30. Oproti stávajícímu zkrácení této hodnoty u všech nájezdů o 295 m. Tabulka č. 8 pak uvádí souhrn těchto vzdáleností. Zmíněný rozdíl bezmála 300 m se může projevit tak, že letadla, která jsou ve stávajícím stavu dráhy schopna vzletu z TWY R, budou muset po zkrácení dráhy využít TWY L. Část provozu tak nebude možné rozdělit na dvě vyčkávací místa pro vzlet, což je z pohledu řízení odlétajícího provozu nevýhodné. Jedná se však o efekt spojený se zkracováním dráhy ve všech případech, a proto jej nelze považovat jako nevýhodu pouze této varianty. TWY P není standardně využívána pro dopravní letadla jako nájezd na RWY 30. V případě potřeby může pro odlet posloužit letadlům všeobecného letectví nikoliv však větším strojům. Z tohoto důvodu není v tabulkách uvedena. [33]

Tabulka 8: Pozice nájezdů pro vzlet z RWY 30 u varianty č. 1 (vytvořeno pomocí [1] [16])

RWY 30	TWY R	TWY L
TORA [m]	2 295	2 955

Pozice výjezdů po přistání na RWY 12

Tabulka č. 9 zobrazuje pozice jednotlivých výjezdů z takto zkrácené RWY 12 a jejich LDA. Pro všechny lze uvést, že dojde oproti dnešnímu stavu k jejich posunutí o celkem 455 m blíže k prahu RWY 12. První možný výjezd TWY P by se nacházel ve vzdálenosti 1 230 m od THR 12. Pokud bychom čerpali ze znalostí o provozu na RWY 24, kde je první výjezd TWY C vzdálen 1325 m od prahu RWY 24, pak můžeme prohlásit následující. Takto umístěný výjezd bude vyhovovat převážně letounům v kategorii LIGHT případně některým menším letounům v kategorii MEDIUM, které však vyžadují však velmi krátkou dráhu pro přistání. Větší letouny, jako například Boeing B737, nebudou schopny tento výjezd využít. Oproti stávající pozici TWY P, která dnes činí 1 685 m od prahu RWY 12, zde dojde pro většinu letadel v kategorii MEDIUM ke znemožnění tento výjezd použít. Tato část provozu bude muset pro výjezd zvolit až výjezd následující, kterým je TWY R. Vzhledem k tomu, že tato kategorie letadel tvořila v roce 2019 majoritní část provozu (93 %), dá se v souvislosti s výše uvedeným očekávat navýšení času ROT. To bude mít negativní vliv na plynulost provozu a hodinovou propustnost dráhy. TWY R je navíc na dráhu 12/30 kolmá. Uvolnění dráhy přes takový výjezd zabere letounům delší dobu, což se opět promítne do celkového času ROT. Rovněž je potřeba zmínit, že tento dopad byl zjištěn i v dalších variantách a nejedná se tak o problém spojený pouze s touto možností zkrácení. [33]

Poslední výjezd TWY L, vzdálen 2 795 m od THR 12, umožňuje bezpečné zpomalení jednak pro těžší letouny v kategorii MEDIUM, tak pro vybrané letouny v kategorii HEAVY, jak ukázaly provedené výpočty výkonnosti letadel při přistání. [40] [41]

Tabulka 9 : Pozice výjezdů z RWY 12 pro variantu č.1 (vytvořeno pomocí [1] [16])

RWY 12	TWY P	TWY R	TWY L
LDA [m]	1230	2080	2795

Pozice výjezdů po přistání na RWY 30

Při této variantě zkrácení nedojde ke změně pozic stávajících výjezdů z RWY 30. Pouze přibude nový výjezd umístěný na konci RWY 30 s označením TWY X. Tato pojezdová dráha poskytne plnou délku dráhy pro zastavení a uvolnění RWY 12/30 letounům vyšší kategorie vyžadujících pro přistání delší dráhu. Z provedených výpočtů však vyplynulo, že letouny jsou schopny bezpečně uvolnit dráhu i z TWY D. Souhrn výjezdů a jejich použitelné délky pro přistání z RWY 30 je zobrazen v tabulce č. 10.

Tabulka 10: Pozice výjezdů z RWY 30 pro variantu č.1 (vytvořeno pomocí [1] [16])

RWY 30	TWY X	TWY D	TWY F	TWY G
LDA [m]	2955	2760	2 525	2 120

5.4 Varianta č.2

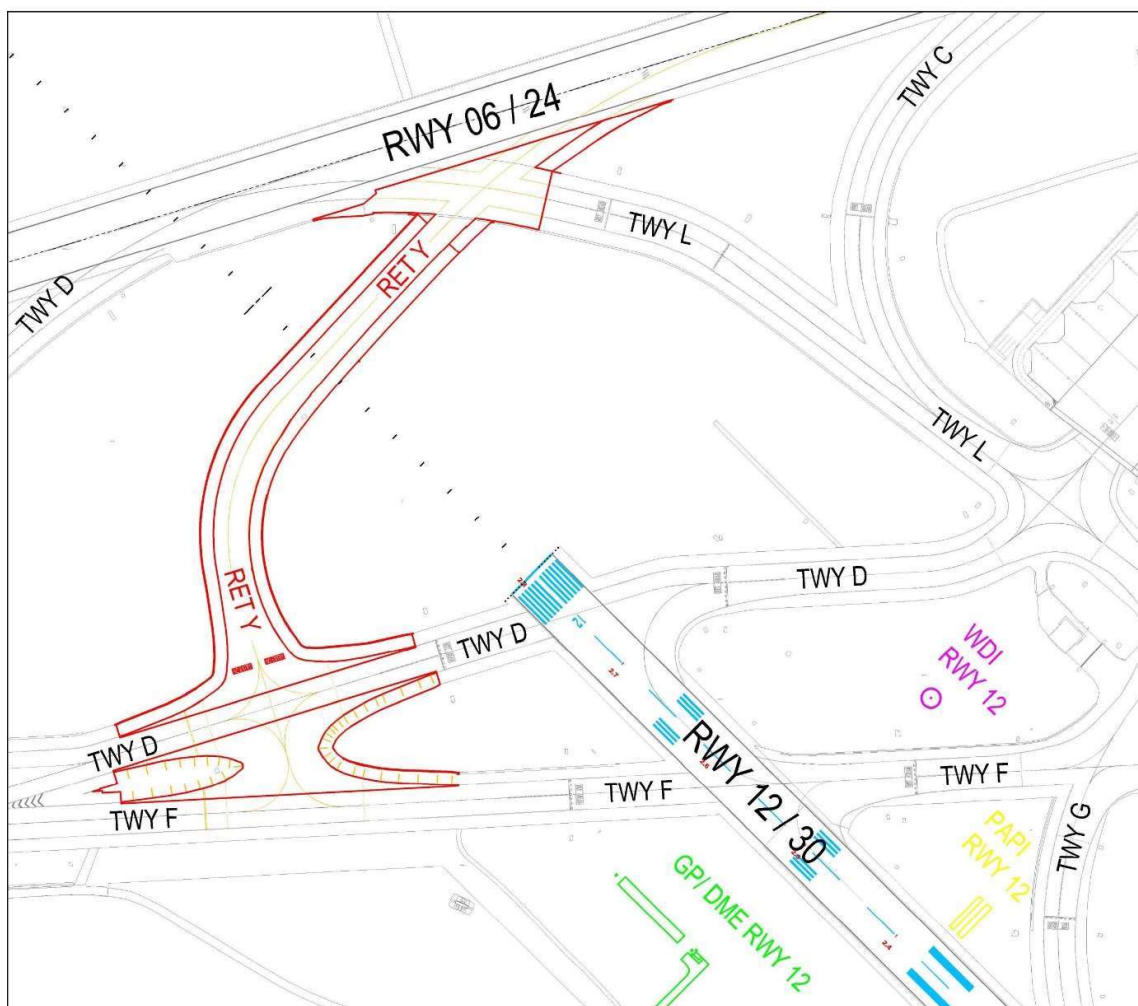
5.4.1 Popis varianty č.2

Na obrázku č. 17 je znázorněn druhý návrh zkrácení vedlejší RWY 12/30. Takto navržený práh RWY 12 je situován do stejného místa jako posunutý práh v případě první varianty. Nachází se 455 m od stávající pozice, což znamená že se dráha zkrátí na celkovou délku 2 795 m. Mezi RET Y a prahem RWY 12 se počítá s kompletním odstraněním plně únosné vozovky. Zároveň se stejně jako v první variantě zruší plocha dnešní vedlejší dráhy mezi RWY 06/24 a RET Y. Celková plocha odstranění byla za pomoci programu AUTOCAD změřena na 23 318 m². Jedná se o variantu zkracující délku dráhy o 160 m více než varianta č. 1. Vyhlášené délky pro tuto variantu jsou uvedeny v tabulce č. 11. [16]

Tabulka 11: Vyhlášené délky zkrácené RWY 12/30 pro variantu č. 2 (vytvořeno pomocí [1] [16])

Označení RWY	TORA [m]	TODA [m]	ASDA [m]	LDA [m]
12	2 795	2 945	2 795	2 795
30	2 795	3 095	2 795	2 795

Z tabulky č. 11 sice vyplývá, že ve směru vzletu RWY 12 nabídne toto řešení vzdálenost pro rozjezd 2 795 m. Z provozního hlediska se však bude jednat o 2 760 m. Úměrně tomu se mění i vzdálenost TODA a jinak tomu není ani u použitelné délky pro přistání v opačném směru. Ve směru RWY 12 bude možné pro přistání využít 2 795 m, u směru opačného to bude o 35 m méně, tedy 2 760 m. Tento rozdíl je způsoben pozicí TWY D vůči takto umístěnému prahu RWY 12, jak je vidět i na obrázku č. 17. Na začátek RWY 12 není možné najet z TWY D, což vytváří tento rozdíl. Z pohledu provozu tedy nedojde ke zkrácení o 160 m, ale o 195 m oproti variantě č. 1. Podrobněji bude tento problém rozebrán v kapitole 5.3.4 věnující se pozicím jednotlivých vjezdů a výjezdů u tímto způsobem zkrácené RWY 12/30. [16] [33]



Obrázek 17 : Varianta č. 2 zkrácení RWY 12/30 (vytvořeno za pomoci [35])

5.4.2 Přesun zařízení u varianty č. 2

Vzhledem k tomu, že z pohledu přistání letadla na RWY 12 nedojde ke změně umístění prahu dráhy oproti variantě č. 1, nebude nutný další přesun světelných, ani radionavigačních technologií. Z tohoto důvodu je jejich pozice stejná jako pro variantu č. 1 a odpovídá tak popisu v kapitole 5.3.2 na straně 36.

5.4.3 Výkonnostní limity letadel na variantě č. 2 a porovnání s variantou č. 1

V tabulce č. 12 na straně 43 je, stejným způsobem jako pro variantu č. 1, proveden výpočet výkonnostních limitů pro vybrané letouny na vytvořené meteorologické podmínky. Oranžově jsou zde opět podbarveny varianty, u kterých vyšla MPTOW nižší než MTOW, a letoun je tedy hmotnostně limitován kvůli vnějším podmínkám. V závorkách je pak vyjádřeno o kolik procent, oproti MTOW, by bylo nutné hmotnost snížit.

B737-700

Dle očekávání u tohoto letounu opět došlo, stejně jako v případě první varianty, ke snížení MPTOW při všech vnějších podmínkách. Vlivem zkrácení dráhy o 195 m oproti první variantě bude mít letoun menší vzdálenost pro rozjezd i vzlet, a tím bude nutné jeho hmotnost snížit na ještě nižší hodnotu. Při srovnání těchto čísel byl oproti variantě zkrácení č. 1 vypočten průměrný rozdíl snížené hmotnosti, který vyšel na 1 200 kg. [39]

B737-800

V prvních dvou scénářích je tento letoun limitován svoji MTOW, vnější podmínky tedy nesnižují maximální vzletovou hmotnost. U dalších dvou již vyšla MPTOW, nižší než MTOW. Maximální hmotnost by bylo nutné při podmínkách č. 3 snížit o bezmála 4 tuny, v případě podmínek č. 4 by se pak jednalo o 8 tun. V momentě nasazení tohoto letounu na některou z destinací, která by vyžadovalo maximální množství paliva, by bylo nutné pro bezpečné provedení vzletu snížit maximální hmotnost platícího zatížení. [39]

B777-300ER

Na základě provedených výpočtu tohoto letounu vyšlo najevo, stejně jako tomu bylo u varianty č.1, že ani v jednom případě nebude možné vzlet provést při MTOW. Maximální hmotnost bude tedy nutné zmenšit. Toto snížení nabylo při podmínkách č. 1 hodnoty 7,3 tun a při podmínkách č. 4 dokonce 51 tun. V prvních třech podmínkách by bylo stále možné provést let s tímto letounem do Dubaje při plném payloadu¹. V případě scénáře č. 4 by již bylo nutné snížit hodnotu platícího zatížení, a to o 8 tun. [41]

A380

U letounu A380 vyšel pro toto zkrácení stejný závěr jako pro variantu č. 1. Při plném platícím zatížení a palivu odpovídající letu do Dubaje společnosti Emirates, nebude letoun hmotnostně limitován vnějšími podmínkami. Horní hranici vzletové hmotnosti bude tedy tvořit MTOW, která je dána konstrukcí letadla. [40]

¹ Vzletová hmotnost B777-300ER pro let do Dubaje s maximálním payloadem činí 289 tun [41]

Tabulka 12: Výkonnostní limity letounů při zkrácení variantou č. 2 (vytvořeno pomocí [39] [40] [41])

		PODMÍNKY 1	PODMÍNKY 2	PODMÍNKY 3	PODMÍNKY 4
Teplota		20 C	25 C	30 C	35 C
Tlak (QNH)		1020 hPa	1010 hPa	1005 hPa	995 hPa
Povrch dráhy		DRY	DRY	WET	WET
Vítr		090/10	060/7	030/4	240/5
Typ letadla	MTOW [kg]				
B737-700	68 719	67 418 kg (-1,9%)	66 611 kg (-3,1%)	64 620 kg (-6,0%)	61 302 kg (-10,8%)
B737-800	79 015	79 015 kg (0%)	79 015 kg (0%)	74 862 kg (-5,3%)	70 911 kg (-10,3%)
B777-300ER	340 194	324 949 kg (-4,5%)	316 326 kg (-7,0%)	297 139 kg (-12,7%)	281 232 kg (-17,3%)
A380	575 000	Dubaj	Dubaj	Dubaj	Dubaj

5.4.4 Pozice TWY a jejich vliv na propustnost dráhy u varianty č. 2

Pozice nájezdů pro vzlet z RWY 12

Pro nájezd na takto zkrácenou RWY 12 bude možné využít tři pojezdové dráhy, jak je zobrazeno v tabulce č. 13. Pro TWY F a TWY G platí stále stejné rozměry jako u první varianty. Blíže je nutné se věnovat nájezdu TWY D. Současná pozice této pojezdové dráhy a navrhované umístění prahu RWY 12 neumožňuje nájezd letadel na samotný začátek dráhy. Letouny, které pro nájezd využijí TWY D, budou mít pro rozjezd k dispozici pouze vzdálenost 2760 m, a ne plnou délku dráhy, která činí 2 795 m. To je vidět i na obrázku č. 17 na straně 41. Zde je patrné, že letoun nemá možnost najet z TWY D na úplný začátek dráhy. Z tohoto pohledu je prvních 35 m dráhy nevyužitých a pro vzlet.

Je však na místě zmínit, že piloti při pojíždění na RWY nevyužívají oblouk k tomu určený, ale snaží se nájezdem maximalizovat vzdálenost, kterou budou mít pro vzlet k dispozici. Hodnota 35 m je brána čistě z pohledu vyhlášených délek dráhy pro vzlet z této křižovatky. [35]

Tabulka 13: Pozice nájezdů pro vzlet z RWY 12 u varianty č. 2 (vytvořeno pomocí [1] [16])

RWY 12	TWY D	TWY F	TWY G
TORA [m]	2760	2 525	2225

Pozice nájezdů pro vzlet z RWY 30

Pro vzlet z opačného směru bude nadále možné pro nájezd na dráhu využít TWY R i TWY L. Oproti variantě č. 1 dojde ke snížení hodnoty TORA pro oba nájezdy, a to o 160 m. Souhrn vzdáleností pro jednotlivé pojezdové dráhy je uveden v tabulce č. 14. [16]

Oproti stávajícímu stavu se hodnota TORA u všech nájezdů sníží o 455 m. Některým letounům, které jsou za současné délky dráhy schopny vzletu z TWY R, by již tato délka nemusela stačit. Pro vzlet by musely využít TWY L a došlo by tak ke stejnému dopadu jako v případě vzletu z RWY 30 u první varianty zkrácení. [33] [37]

Tabulka 14: Pozice nájezdů pro vzlet z RWY 30 u varianty č. 2 (vytvořeno pomocí [1] [16])

RWY 30	TWY R	TWY L
TORA [m]	2 135	2 795

Pozice výjezdů po přistání na RWY 12

Jelikož je v této variantě stejná LDA jako pro variantu č. 1, tak zde nedojde k žádné změně pozice výjezdů. Situace tedy odpovídá tabulce č. 9 v kapitole 5.3.4 na straně 39.

Pozice výjezdů po přistání na RWY 30

Letounům budou pro uvolnění dráhy po přistání sloužit tři výjezdy rozmístěné dle tabulky č. 15. Vzdálenost těchto pojezdových drah je stejná jako při současné délce RWY 12/30. Podobně jako tomu bylo při popisu nájezdů na RWY 12 pro tuto variantu zkrácení, tak i zde dojde k nevyužití posledních 35 m dráhy. Dráha se sice zkrátí na délku 2 795 m, ovšem hodnota LDA pro poslední výjezd TWY D je 2 760 m. Z provedených výpočtů výkonnosti letadel však vyplynulo, že více limitující jsou hodnoty pro vzlet. Tento nevyužitý konec dráhy tedy nebude mít vliv na provedení přistání na takto zkrácené dráze.

Tabulka 15: Pozice výjezdů z RWY 30 pro variantu č.2 (vytvořeno pomocí [1] [16])

RWY 30	TWY D	TWY F	TWY G
LDA [m]	2760	2 525	2225

5.5 Varianta č.3

Cílem vlastního návrhu zkrácení bylo posunout práh RWY 12 do takové pozice, aby byla zachována co možná nejdelší délka vedlejší dráhy. Zároveň také, aby se minimalizovalo překrytí značení RWY se značením přilehlých pojezdových drah. Další podmínkou bylo zajištění nekolizní pozice radionavigačních a světelných zařízení s okolní infrastrukturou letiště.

5.5.1 Popis varianty č. 3

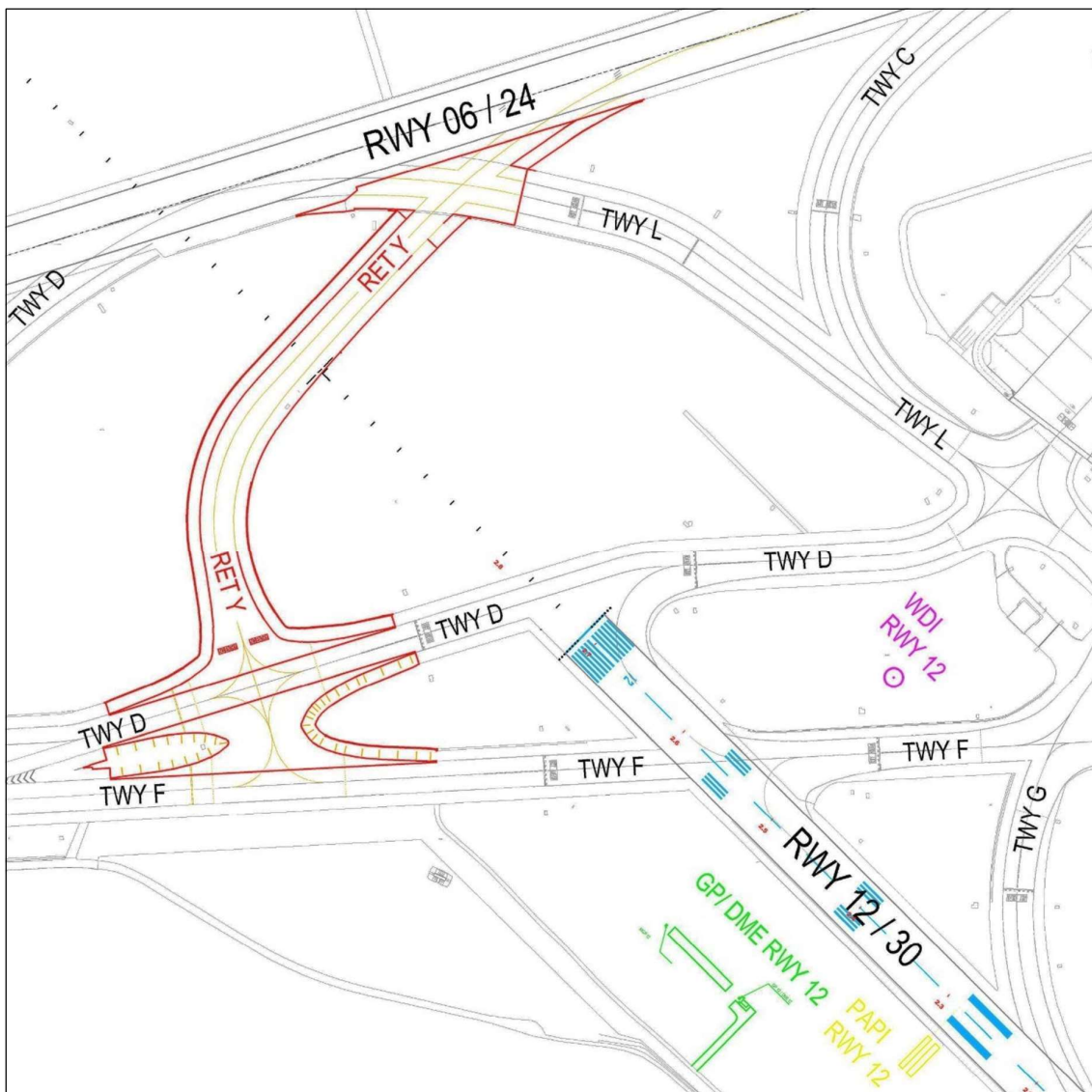
Výsledkem vlastního návrhu je situace zobrazená na obrázku č. 18. Vidět je zde zkrácená RWY 12/30, a to na rozměr 2 710 m. Oproti variantě č. 2 to představuje zkrácení o 85 m. Tato hodnota je kompromisem mezi zajištěním co možná nejdelší dráhy pro vzlet a nepřekrývajícího se světelného značení dráhy. Pro zkrácení dráhy do této podoby je nutné odstranit část vedlejší dráhy o ploše 24 480 m². Navržený práh RWY 12 se nachází mezi TWY D a TWY F. Vyhlášené délky jsou shrnuty v tabulce č. 17. Pro rozjezd i pro přistání na této dráze bude v obou směrech k dispozici vzdálenost 2 710 m.

Tabulka 16: Vyhlášené délky zkrácené RWY 12/30 pro variantu č. 3

Označení RWY	TORA [m]	TODA [m]	ASDA [m]	LDA [m]
12	2 710	2 860	2 710	2 710
30	2 710	3 010	2 710	2 710

5.5.2 Přesun zařízení u varianty č. 3

Další zkrácení RWY 12 je již spojeno s přesunem radionavigačního i světelného vybavení. Anténu GP/DME je nutné posunout blíže k prahu RWY 30 a stejně tomu je i u světelné sestupové soustavy pro vizuální přiblížení (PAPI). Pouhým posunutím by však pozice kolidovala s TWY G. Předpis sice stanovuje, že systém PAPI musí být umístěn na levé straně dráhy, nicméně pokud to není fyzicky možné, jako v tomto případě, lze PAPI umístit i napravo. Zařízení GP/DME a PAPI se tak nachází na stejné straně. Z tohoto důvodu je nutné zajistit, aby nedošlo k narušení ochranných pásem jednotlivých zařízení. Níže zobrazené řešení na obrázku č. 18 vyhovuje těmto požadavkům. Co se týče ochranných pásem majáku sestupové roviny (GP), tak i zde není možný souběžný provoz na RET Y a přistání letounu na RWY 12. Jedná se však o problém u všech uvedených řešení. Dále je nutné provést posun prahových návěstidel. Pozice je zvolena tak, aby návěstidla nezasahovala do TWY D. Umístění WDI lze zachovat stejné jako u varianty č. 2. [2] [25] [26]



Obrázek 18: Varianta č. 3 zkrácení RWY 12/30 (vytvořeno za pomoci [35])

5.5.3 Výkonnostní limity letadel na variantě č. 3 a porovnání s variantou č. 2

Použitelné délky pro rozjed a pro vzlet se ve směru RWY 12 zkrátí o 50 m. V tabulce č. 17 jsou opět uvedeny hodnoty MPTOW a procentuální snížení hmotnosti oproti MTOW. Oranžově jsou podbarveny situace, kdy vyšla MPTOW nižší než MTOW, a bylo by nutné hmotnost redukovat. Naproti tomu zeleně podbarvené scénáře znamenají, že letoun bude při vzletu limitován pouze svoji MTOW.

B737-700

Dalším zkrácením dráhy dojde logicky i ke snížení limitující hmotnosti. Konkrétně u letounu B737-700 se těchto 50 m oproti variantě č. 2 projeví průměrným hmotnostním úbytkem 185 kg. [39]

B737-800

Tento letoun si i při tomto zkrácení dráha zachová schopnost provést vzlet na své MTOW při podmínkách č. 1 a č. 2. Dále však registrujeme, že MPTOW bude nižší než MTOW, a tudíž bude nutné hmotnost snížit. V extrémním případě, odpovídající podmínkám č. 4, to bude 10,6 % oproti hmotnosti MTOW. [39]

B777-300ER

Letadlo bude schopné při prvních třech podmínkách na takto zkrácené dráze bezpečného odletu do Dubaje. Pouze v případě podmínek č. 4 by muselo dojít k redukci payloadu, a to o téměř 9,5 tun. [41]

A380

Při plném platícím zatížení a množství paliva, které odpovídá letu do Dubaje, nebude tento letoun hmotnostně limitován vnějšími podmínkami. Maximální vzletová hmotnost odpovídá jeho strukturálnímu limitu, který činí 575 tun. [40]

Tabulka 17: Výkonnostní limity letounů při zkrácení variantou č. 3 (vytvořeno pomocí [39] [40] [41])

		PODMÍNKY 1	PODMÍNKY 2	PODMÍNKY 3	PODMÍNKY 4
Teplota		20 C	25 C	30 C	35 C
Tlak (QNH)		1020 hPa	1010 hPa	1005 hPa	995 hPa
Povrch dráhy		DRY	DRY	WET	WET
Víteř		090/10	060/7	030/4	240/5
Typ letadla	MTOW [kg]				
B737-700	68 719	67 184 kg (-2,2%)	66 375 kg (-1,2%)	64 482 kg (-2,8%)	61 170 kg (-4,8%)
B737-800	79 015	79 015 kg (0%)	79 015 kg (0%)	74 533 kg (-5,7%)	70 599 kg (-10,7%)
B777-300ER	340 194	322 532 kg (-5,2%)	313 824 kg (-7,8%)	294 489 kg (-13,4%)	279 518 kg (-17,8%)
A380	575 000	Dubaj	Dubaj	Dubaj	Dubaj

5.5.4 Pozice TWY a jejich vliv na propustnost dráhy u varianty č. 3

Zkrácením na tuto variantu dojde k částečné změně vyhlášených délek pro vzlety z křižovatek a rovněž se změní i pozice výjezdů od prahu RWY 12.

Pozice nájezdů pro vzlet z RWY 12

V tomto případě se změní TORA pro TWY D, a to o 50 m oproti druhé variantě. Takový posun nebude mít ve srovnání s druhou variantou žádný vliv na kapacitu dráhy a plynulost provozu. Souhrn vzdáleností TORA pro vzlety z nájezdů na takto zkrácené dráze uvádí tabulka č. 18. [36] [37]

Tabulka 18: Pozice nájezdů pro vzlet z RWY 12 u varianty č. 3

RWY 12	TWY D	TWY F	TWY G
TORA [m]	2710	2 525	2225

Pozice nájezdů pro vzlet z RWY 30

Hodnota TORA se při vzletu ve směru RWY 30 oproti druhé variantě sníží o 85 m pro všechny nájezdy. Místem, kde dojde ke změně toku provozu je nájezd na TWY R. Třetí variantou dojde k dalšímu snížení délky dráhy pro vzlet z této křižovatky. Některé letouny, které by byly schopny za normální situace provést vzlet z TWY R budou muset zvolit nájezd následující TWY L. Zmíněný efekt je spojen také s druhou variantou, avšak vlastní návrh řešení jej svým dalším zkrácením zhoršuje. Jediným způsobem, jakým by tato změna mohla mít vliv na plynulost provoz, je scénář, kdy by letoun již nebyl schopen vzletu z TWY R a byl tak nucen pojíždět na práh dráhy přes TWY L. Vzdálenosti TORA odpovídající tomuto řešení jsou shrnuty v tabulce č. 19. [36] [37]

Tabulka 19: Pozice nájezdů pro vzlet z RWY 30 u varianty č. 3

RWY 30	TWY R	TWY L
TORA [m]	2 050	2 710

Pozice výjezdů po přistání na RWY 12

Obdobně jako mělo snížení vyhlášených délek o 85 m při vzletu zanedbatelný vliv na kapacitu dráhy, tak lze stejné prohlásit u přistání ve směru RWY 12. Tabulka č. 20 uvádí parametr LDA pro TWY sloužících jako výjezd z RWY12. Zde dojde, ve srovnání s druhou variantou, k poklesu LDA u všech výjezdů, a to o 85 m. Tato vzdálenost je obzvláště u přistání zanedbatelná, a proto v tomto směru nedojde k žádné změně oproti druhému řešení. [36] [37]

Tabulka 20: Pozice výjezdů z RWY 12 pro variantu č.3

RWY 12	TWY P	TWY R	TWY L
LDA [m]	1145	1 995	2 710

Pozice výjezdů po přistání na RWY 30

Jedinou změnu oproti stávajícímu stavu i všem ostatním variantám je vzdálenost LDA pro TWY D, která se sníží o 50 m na hodnotu 2 710 m. Z pohledu přistání je tato hodnota zanedbatelná. Ostatní LDA pro další výjezdy se nemění. Souhrn těchto hodnot je zobrazen v tabulce č. 21. [36] [37]

Tabulka 21: Pozice výjezdů z RWY 30 pro variantu č.3

RWY 30	TWY D	TWY F	TWY G
LDA [m]	2710	2 525	2225

6 Souhrn a porovnání variant

Výstupem provedených popisů je jejich závěrečné porovnání a zvolení nejvíce vyhovující varianty, na základě uvážení všech aspektů. To je provedeno v následujících kapitolách.

6.1 Srovnání variant z pohledu propustnosti dráhy

Při zkoumání přistání na vedlejší dráze vycházejí všechny tři varianty zkrácení jako srovnatelné. Ve směru RWY 30 nedojde prakticky k žádné změně pozice TWY sloužících pro uvolnění dráhy. První variantou sice vznikne na konci dráhy nový výjezd TWY X, avšak dle provedených výpočtů lze uvést, že TWY D je pro bezpečný výjezd v tomto směru dostačující. V opačném směru dojde ke změně pozic všech výjezdů blíže k prahu dráhy. První i druhá varianta je z pohledu přistání na RWY 12 identická. Proto pro obě platí stejná hodnota posunu pozic pojezdových drah, která činí 455 m. Použitelná délka pro přistání se v tomto směru o tuto vzdálenost sníží, což se projeví i do toku provozu. Příkladem je TWY P, která v současné době poskytuje části provozu dostatečnou vzdálenost pro zpomalení a uvolnění dráhy přes tuto TWY. Její nová pozice neumožní zpomalení na bezpečnou rychlost pro uvolnění dráhy a část letadel tak bude muset zvolit výjezd následující – TWY R. To povede k prodloužení času ROT, a tedy i ke snížení propustnosti dráhy v jejích denních špičkách provozu. V případě třetí varianty, jež vychází z vlastního návrhu autora práce, se dráha ve směru přistání zkrátí o 85 m více než první dva návrhy. U přistání se však jedná o zanedbatelnou vzdálenost, a tudíž je i tento návrh srovnatelný s prvními dvěma. Z výše uvedeného porovnání lze vyvodit, že všechny tři varianty budou mít při přistání stejné důsledky na propustnost dráhy, a tudíž nelze jednu označit za nejvýhodnější. [36] [37]

Z pohledu vzletu bude dopad všech tří variant opět srovnatelný. Jistou výhodou návrhu č. 1 je zvýšení počtu nájezdů na RWY 12, a to pomocí TWY X. To umožní efektivnější rozmístění provozu pojíždějícího na vzlet. Sice se tím zmírní riziko vytvoření řady letounů vyčkávajících na TWY D, avšak s ohledem na nízké procentuální využití RWY 12, se jedná o výhodu s menší vahou. Vzlet z opačného směru, tedy z RWY 30, je spojen se změnou toku letového provozu. Konkrétně se jedná o vzlet z křižovatky TWY R. Zkrácením dráhy dojde ke snížení použitelné délky pro vzlet i po rozjezd z tohoto místa. Tím se dá očekávat, že některé letouny, které jsou za současného stavu schopny vzletu z TWY R, budou muset pojíždět na práh dráhy 30. Tento dopad na provoz je spojen se všemi variantami zkrácení, a proto jej nelze označit za nevýhodu pouze jedné z nich. [36] [37]

Hodinová propustnost vedlejší dráhy bude ovlivněna ve všech případech zkrácení. Závěrem této dílčí analýzy je, že každá varianta představuje srovnatelný efekt na její hodinovou propustnost. Nelze tedy vyhodnotit jednu, která by byla schopna odbavit o poznání více pohybů letadel.

6.2 Srovnání variant z pohledu výkonnosti letadel

Z pohledu hmotnostního omezení letadel při vzletu není překvapujícím výsledkem, že první varianta, díky svým delším rozměrům dráhy, umožní vzlet na vyšších hmotnostech. Zajímavé je ovšem srovnání těchto hodnot s ostatními variantami, které přináší tabulka č. 22. Hodnota pro příslušný typ letadla je vypočtena průměrně z vytvořených meteorologických podmínek.

To znamená, že například varianta č. 2 se u letounu B737-700 projeví průměrným rozdílem 1 158 kg oproti variantě č. 1. Letoun je tak schopen provést vzlet na nižší hmotnosti, což se může negativně projevit do platíciho zatížení. V Evropě však najdeme hned dvě letiště, které svou délkou dráhy odpovídají druhé variantě zkrácení. Jedná se o Letiště Bologna v Itálii (ICAO kód: LIPE) a Letiště Dublin v Irsku (ICAO kód: EIDW). I zde, kromě Airbusu A380, operují vybrané typy letadel. Dá se navíc předpokládat, že Letiště Bologna, vzhledem ke své geografické poloze, čelí v letních měsících vyšším teplotám než Letiště Praha. Lze tedy usoudit, že je provoz vybraných letadel na dráze těchto rozměrů možný. [30] [31]

Třetí varianta svým zkrácením vyhlášených délek o 85 m oproti variantě č. 2 nebude mít tak zásadní vliv do hmotnostní kalkulace. I tak zde ale dojde ke snížení hodnoty MPTOW, což je z pohledu leteckého dopravce nežádoucí.

V tomto směru lze označit variantu č. 1 jako nejvýhodnější. Poskytuje delší vyhlášené délky pro vzlet, a tím méně limituje letouny na jejich maximální vzletové hmotnosti.

Tabulka 22: Porovnání variant z pohledu hmotnostního omezení (vytvoreno pomocí [39] [40] [41])

Porovnané varianty	Typ letadla	Průměrný hmotnostní rozdíl [kg]
č. 1 a č.2	B737-700	1158
	B737-800	1298
	B777-300ER	7870
	Airbus A380	0 (Dubaj)
č. 2 a č.3	B737-700	185
	B737-800	160
	B777-300ER	2512
	Airbus A380	0 (Dubaj)

6.3 Srovnání dopadů na úpravu letištní infrastruktury

Kapitola se zaměřuje na vliv jednotlivých možností zkrácení vedlejší dráhy na přilehlou infrastrukturu, a to jak z provozního, tak z ekonomického hlediska. Za účelem srovnání variant bylo využito poskytnutých informací od Letiště Praha, které se týkají předběžně stanovených nákladů na demolici a výstavbu plochy 1 m². Díky tomu bylo možné vyčíslit předběžné náklady jednotlivých řešení, a následně jejich srovnání uvést do tabulky č. 23.

Tabulka 23: Srovnání ekonomických dopadů variant (vytvořeno s pomocí [34])

Varianta	Položka	Přibližné jednotkové náklady [Kč/m ²]	Změřená plocha [m ²]	Náklady jednotlivých položek [Kč]	Vypočtená cena varianty [Kč]
1	Demolice RWY 12/30	3 000	12 606	37 818 000	75 489 524
	Výstavba TWY včetně SZZ	4 000	7 127	28 508 000	
	Výstavba postranního pásu TWY	1 200	5 804	6 964 800	
	Režijní náklady	3 %		2 198 724	
2	Demolice RWY 12/30	3 000	23 318	69 954 000	72 052 620
	Režijní náklady	3 %		2 098 620	
3	Demolice RWY 12/30	3 000	24 480	73 440 000	75 643 200
	Režijní náklady	3 %		2 203 200	

Pro první variantu zkrácení je celková cena složena z nákladů na demolici plochy RWY 12/30 o výměře 12 606 m². Značnou položku u tohoto řešení pak představují náklady spojené s výstavbou nové pojezdové dráhy TWY X. Tu je nutné vybudovat, aby bylo možné provést nájezd na práh RWY 12. Předběžné náklady byly vypočteny na 75 489 524 Kč.

Druhý návrh je již spojen pouze s náklady na odstranění plochy plně únosné vozovky RWY 12/30, která byla změřena na 23 318 m². Předběžná celková cena zde vyšla na 72 052 620 Kč.

Třetí varianta řešení se pak oproti druhé liší pouze větší plochou k demolici vedlejší dráhy, která činí 24 480 m². Dle získaných jednotkových nákladů vyšly celkové náklady u tohoto řešení na 75 643 200 Kč.

V tomto směru lze označit druhé řešení jako ekonomicky nejvýhodnější.

Z přechodí podkapitoly sice vyplynulo, že varianta č. 1 je čistě z pohledu výkonnostních limitů letadel nejvhodnějším řešením. Tato výhoda se ovšem pojí s následujícím problémem. Aby bylo možné vzlet z maximální délky prvního návrhu provést, tak je nutná výstavba zcela nové pojezdové dráhy TWY X, která povede na práh dráhy. Tato investice by dávala určitý smysl, pokud by letiště počítalo s využitím vedlejší dráhy i do budoucna. Poslední etapou plánovaného rozvoje letiště je však výstavba nové paralelní dráhy. Její realizací dojde k trvalému zrušení dráhy 12/30, čímž by se zrušilo i využití TWY X pro pojíždění letadel. Jak navíc ukázala analýza provozu, tak směr RWY 12 je nejméně využívaným. Z těchto důvodů se projekt TWY X jeví jako neperspektivní, a ekonomicky nevýhodný. [12] [37]

Pokud bychom provedli srovnání všech návrhů čistě z pohledu plochy RWY 12/30, kterou je nutné odstranit, pak nelze označit první variantu jako nejvýhodnější. Zde je nutné vzít v potaz opět dlouhodobý rozvoj letiště, a neřešit tak problematiku pouze z pohledu srovnání ploch k demolici. Jak již bylo popsáno, tak v rámci dlouhodobého rozvoje letiště se nepočítá s využitím vedlejší dráhy pro vzlety a přistání letadel. Pouze její část bude sloužit jako pojezdová dráha. V souvislosti s tím dojde k odstranění plochy dnešní vedlejší dráhy, a to v úseku od RWY 06/24 po TWY D. Z uvedených faktů je zřejmé, že demolici bude muset letiště dříve nebo později čelit. Jinak řečeno, nákladům spojených s odstraněním plochy RWY 12/30, v úseku od RWY 06/24 po TWY D, se v rámci dlouhodobého rozvoje vyhnout nelze. Z tohoto důvodu se nedá zvolení první varianty považovat za ušetření finančních nákladů na demolici ploch. [12] [37]

U všech variant je také zkrácení spojeno s přesunem technických zařízení. To je nutné uskutečnit, ať už se bude dráha zkracovat do jakékoliv podoby. Určitým mínusem u varianty č. 3 je přesun světél PAPI do pozice vpravo od RWY. Předpis sice takovou pozici povoluje, nicméně primárním cílem by mělo být jejich umístění vlevo od dráhy. [2] [37]

Nutné je také zmínit, že letoun pohybující se po RET Y nebo navazující TWY D a TWY F, naruší ve všech variantách řešení ochranné pásmo zařízení GP. Proto nelze použít systém ILS pro dráhu RWY 12 za současného výskytu letounu na uvedených pojezdových drahách. Problém lze vyřešit zavedením vhodných postupů ze strany ATC, které by letoun po přistání navedly na jiný výjezd než RET Y a následně zajistili nenarušení ochranných pásem GP u RWY 12. V tomto směru se také nabízí otázka, zda se vyplatí zachovat na této dráze systém ILS. S ohledem na procentuální využití RWY 12 i na náklady s přesunem technologie spojené, může být vhodným řešením přiblížení, za pomoci systémů satelitní navigace. [2] [37]

6.4 Závěrečné shrnutí

Na základě provedené analýzy provozu a popisu dopadů každé varianty na zvolené aspekty vychází jako nejvhodnější řešení varianta č. 2. Tato možnost zkrácení dráhy je sice z pohledu hmotnostního omezení letadel horší než varianta č. 1, avšak nevýhody zjištěné u dopadů první možnosti se ukázaly jako silnější než benefit vzletu na vyšší hmotnosti. Hlavní nevýhodou první varianty je oproti ostatním její dopad na přilehlou letištní infrastrukturu, a to především kvůli výstavbě nájezdu TWY X. Ten navíc přestane plnit svůj účel ve chvíli realizace projektu paralelní dráhy. Třetí varianta zkrácení je pak svým umístěním oproti variantě č. 2 nevýhodná z pohledu výkonnostních limitů. Projeví se sice méně, než pokud bychom porovnávali první a druhou variantu, i tak se ale jedná o redukovaní vzletové hmotnosti. To může mít vliv na platící zatížení v letadle, a tudíž i na celkové výnosy na daném letu, což je z pohledu leteckého dopravce nežádoucí.

Varianta č. 3 sice odstraní problém druhé varianty, kde bylo zjištěno, že prvních 35 metrů RWY 12 bude pro vzlet nevyužitých. Avšak v souvislosti s následně zjištěnými nevýhodami lze třetí možnost řešení označit jako nejméně vyhovující.

Z výsledků analýzy provozu také vyplynulo, že pokud bychom uvažovali plnohodnotný provoz z roku 2019, pak by se jeho intenzita v denních špičkách pravděpodobně dostala na limit hodinové propustnosti vedlejší dráhy. Z tohoto pohledu je tedy žádoucí směřovat provoz primárně na dráhu hlavní. Jsou však situace, kdy se použití vedlejší dráhy vyhnout nelze, jako jsou nepříznivé meteorologické podmínky pro RWY 06/24. Z tohoto zjištění lze vyvodit určité doporučení, které se týká plánování nutných uzavírek hlavní dráhy, například z důvodu jejího pravidelného čištění. Snahou by mělo být neplánovat takové činnosti do období letních měsíců, kdy je zaznamenána největších intenzit provozu, a hrozí tak překročení hodinových limitů vedlejší dráhy.

6.5 Validace

V rámci spolupráce navázané při tvorbě bakalářské práce byla s níže uvedenými subjekty provedena validace závěrečných výstupů práce i navrženého řešení.

S Letištěm Praha, a. s. byla tato validace provedena formou osobní prezentace výsledků. Z té vyplynulo, že Letiště Praha souhlasí s označením druhého návrhu řešení za nejvíce vyhovující. Co se týče vlastního návrhu, tak byla oceněna snaha odstranit riziko nevyužitých 35 metrů u druhé varianty řešení. Tento úsek je však pro letiště z provozního hlediska zanedbatelný, a tak i zde došlo ke shodě v názoru, že třetí varianta nepřináší žádnou výhodu. Vlastní návrh zkrácení vedlejší dráhy tak nemá perspektivu pro další analyzování. Při této validaci byl rovněž objeven nedostatek, a to opomenutí srovnat vybrané řešení s ostatními letišti v Evropě. Po konzultaci byla tato chybějící část doplněna do závěrečného shrnutí práce.

Za Řízením letového provozu České republiky, s. p. byla rovněž jako nejvíce vyhovující řešení označena varianta č. 2. Provedená analýza provozu i popsané vlivy zkrácení na tok letového provozu byly tímto subjektem odsouhlaseny a doporučení uvedené v této práci je v souladu s aplikovanými postupy na LKPR.

Analýza výkonnosti letadel byla provedena za spolupráce s leteckými společnostmi Smartwings, a.s. a Emirates. Metodika výpočtu a z něj vyvozené důsledky na konkrétní typy letadel byly v tom směru zkonzultovány a odsouhlaseny.

7 Závěr

V návaznosti na zvyšující se objem přepravených cestujících i na potřebu zajistit konkurenceschopnost s letišti v okolních státech, vytvořilo Letiště Praha plán dlouhodobého rozvoje. V rámci něj se počítá s navýšením kapacitních limitů terminálu i odbavovací plochy k němu přiléhající. Vrcholnou fází je pak výstavba nové paralelní dráhy. Díky ní bude možné efektivněji řídit provoz a dojde také k navýšení hodinové propustnosti dráhového systému na LKPR. Vedle dlouhodobého rozvoje provádí letiště také dílčí projekty, které reagují na zjištěné nedostatky v provozu a zvyšují tak bezpečnost pohybu letadel. Jedním z takových je plán výstavby nové pojezdové dráhy na hlavní RWY 06/24. Nová pojezdová dráha bude sloužit letounům po přistání na RWY 24 pro rychlý a plynulý výjezd z dráhy. Povede ke zvýšení bezpečnosti provozu a její pozicí dojde ke snížení celkové doby, kterou letoun na dráze stráví. Svým umístěním a tvarem ovlivní nový výjezd také dráhu vedlejší, a to konkrétně tím, že je v jedné své části veden přes ní. Z předpisových požadavků i provozních důvodů nelze toto křížení pojezdové dráhy s RWY 12/30 zachovat. Stávající délku vedlejší dráhy je tedy nutné zkrátit, a to trvalým posunutím prahu RWY 12. Podrobný rozbor a ohodnocení možných řešení tohoto zkrácení je hlavním výstupem této práce.

V tomto směru došlo k naplnění stanovených cílů a bakalářská práce tak přináší komplexní pohled na tuto problematiku i s vlastním návrhem řešení. Vzhledem ke zjištěným informacím a vytvořené analýze byla za nejvíce vyhovující označena varianta č. 2, která je blíže popsána v kapitole 5.4.

Neznámou veličinou je však následující vývoj opatření spojených s pandemií COVID-19, a tím úzce spojenou ekonomickou situací i poptávkou po letecké dopravě. Pokud by se Letiště Praha rozhodlo, například z ekonomického důvodu, dlouhodobě oddálit projekt paralelní dráhy, pak je vhodné se zabývat investicemi do dráhy vedlejší. To proto, aby bylo možné, v případě neprovoznosti hlavní dráhy či nevyhovujícím meteorologickým podmínkám, provoz odbavit na dráze vedlejší. V letních špičkách provozu by na vedlejší dráze mohlo dojít k překročení její maximální hodinové propustnosti. Z těchto důvodů může být vhodnou investicí například nový výjezd z vedlejší dráhy. Snížila by se tím celková doba, kterou letadlo stráví na dráze, což by umožnilo zvýšit její hodinovou propustnost. Stále je však nutné mít na paměti, že dlouhodobý rozvoj letiště nepočítá s dalším využitím RWY 12/30 pro vzlety a přistání letadel. Proto je třeba na každou investici do vedlejší dráhy nahlížet z dlouhodobého pohledu a pečlivě zvážit její návratnost a smysluplnost.

Seznam použité literatury

- [1] Letecká informační příručka [online]. Praha: Řízení letového provozu ČR, s.p., 1. červenec 2021 [cit. 2021-2-20]. Dostupné z:
https://aim.rlp.cz/ais__data/www__main__control/frm__cz__aip.htm
- [2] ČESKÁ REPUBLIKA. LETECKÝ PŘEDPIS: LETIŠTĚ L14. In: Praha: Úřad pro civilní letectví, 2009, 641/2009-220-SP/4. Dostupné také z:
https://aim.rlp.cz/predpisy/predpisy/dokumenty/L/L-14/data/print/L-14__cely.pdf
- [3] KAUN, Miroslav. LETIŠTĚ: (Navrhování). Praha 1: ČVUT, 1996. ISBN 80-01-01449-5.
- [4] AC 150/5325-4B - Runway Length Requirements for Airport Design Document Information [online]. In: 7. ledna 2005 [cit. 2021-3-10]. Dostupné z:
https://www.faa.gov/documentLibrary/media/Advisory__Circular/AC__150__5325-4B.pdf
- [5] AIRPORT CAPACITY ASSESSMENT METHODOLOGY [online]. In: . The European Organisation for the Safety of Air Navigation, 22/11/2016 [cit. 2021-03-05]. Dostupné z:
<https://www.eurocontrol.int/sites/default/files/publication/files/nom-apt-acap-acamman-v1-1.pdf>
- [6] Aerodrome Design Manual: Part 2 Taxiways, Aprons and Holding Bays [online]. Fourth Edition. International Civil Aviation Organization, 2005 [cit. 2021-03-15]. Dostupné z:
<https://skybrary.aero/bookshelf/books/3090.pdf>
- [7] Capacity Parameters [online]. Praha: Slot Coordination Czech Republic, 2020 [cit. 2021-3-20]. Dostupné z: <http://www.slot-czech.cz/en/site/capacities.htm>
- [8] Safety briefs 5: Generální oprava RWY 06/24, 1. fáze od 15.5. do 20.8.2013 [online]. Praha: Prague Airport, 2013 [cit. 2021-3-27]. Dostupné z:
[https://www.prg.aero/sites/default/files/obsah/O-letisti/soubory/Bezpe%20nost%20na%20leti%20a1ti/SAFETY%20BRIEFS%20c4%8d.%205%20-%20Gener%20a1n%20ad%20oprava%20RWY%2006-24,%20f%20a1ze%20od%2015.5.%20do%2020.8.%20\(633,6%20kB\).pdf](https://www.prg.aero/sites/default/files/obsah/O-letisti/soubory/Bezpe%20nost%20na%20leti%20a1ti/SAFETY%20BRIEFS%20c4%8d.%205%20-%20Gener%20a1n%20ad%20oprava%20RWY%2006-24,%20f%20a1ze%20od%2015.5.%20do%2020.8.%20(633,6%20kB).pdf)
- [9] ICAO Aerodrome Reference Code [online]. SKYbrary, 17 June 2021n. I. [cit. 2021-3-28]. Dostupné z: https://www.skybrary.aero/index.php/ICAO__Aerodrome__Reference__Code
- [10] ICAO Wake Turbulence Category [online]. SKYbrary, 10 December 2020n. I. [cit. 2021-4-10]. Dostupné z: https://www.skybrary.aero/index.php/ICAO__Wake__Turbulence__Category

- [11] Aircraft Performance Database [online]. The European Organisation for the Safety of Air Navigation [cit. 2021-8-5]. Dostupné z:
<https://contentzone.eurocontrol.int/aircraftperformance/default.aspx?>
- [12] Dlouhodobý rozvoj Letiště Praha: Tisková konference [online]. Praha: Letiště Praha, 2019 [cit. 2021-8-5]. Dostupné z: https://zdopravy.cz/wp-content/uploads/2019/11/Prezentace-Leti%C5%A1t%C4%9B-Praha__Rozvoj__13112019.pdf
- [13] TRAFFIC REPORT: JANUARY - DECEMBER 2019: TRAFFIC RESULTS [online]. Praha: Letiště Praha, 2020 [cit. 2021-04-10]. Dostupné z:
https://www.prg.aero/sites/default/files/obsah/B2B/Files/Statistics%20and%20reports/Annual%20Traffic%20Reports/Traffic_report_2019_public.pdf
- [14] Prague Airport – Future Vision. In: Youtube [online]. 27.03.2018 [cit. 2021-05-25]. Dostupné z:
<https://www.youtube.com/watch?v=o8u7rGrSwPY>
- [15] COVID-19 impact on the European air traffic network: EUROCONTROL Traffic Scenarios - 1 June 2021 (base year 2019) [online]. The European Organisation for the Safety of Air Navigation, 2021 [cit. 2021-5-12]. Dostupné z: <https://www.eurocontrol.int/covid19>
- [16] PŘÍLOHA Č. 4 SMLOUVY NA VYTVOŘENÍ PROJEKTOVÉ DOKUMENTACE A VÝKON INŽENÝRSKÉ ČINNOSTI – SPECIFIKACE STAVBY: RET pro RWY 24 a trvalé zkrácení RWY 12/30, letiště Praha/Ruzyně [online]. Praha: Letiště Praha, 2018 [cit. 2021-6-5]. Dostupné z:
https://zakazky.prg.aero/document_download_4846.html
- [17] HAVÍŘ, Radomír. Runway incursions na letišti Praha/Ruzyně. Praha: Letiště Praha, 2017. Dostupné také z: <https://www.prg.aero/sites/default/files/obsah/harmonika/soubory/ii-1-r-havir-runway-incursions-na-letiuti-praha-ruzynz.pdf>
- [18] Zakázka: RET Y pro RWY 24 a trvalé zkrácení RWY 1230: Příloha C ZD [online]. Praha: Letiště Praha, 2018 [cit. 2021-8-5]. Dostupné z:
https://zakazky.prg.aero/contract_display_1046.html
- [19] LETECKÝ PŘEDPIS: RADIOTELEFONNÍ POSTUPY A LETECKÁ FRAZEOLOGIE A TERMINOLOGIE PRO POSKYTOVÁNÍ LETOVÝCH PROVOZNÍCH SLUŽEB A PROVÁDĚNÍ LETŮ L FRAZEOLOGIE. In: . Praha: Úřad pro civilní letectví, 2006. 990/2006-220-SP/1. Dostupné také z:
https://aim.rlp.cz/predpisy/predpisy/dokumenty/L/L-Frazeologie/data/print/Frazeologie_cely.pdf

- [20] Instrument Landing System (ILS) [online]. SKYbrary, 2021 [cit. 2021-7-25]. Dostupné z: [https://www.skybrary.aero/index.php/Instrument__Landing__System__\(ILS\)](https://www.skybrary.aero/index.php/Instrument__Landing__System__(ILS))
- [21] Aktuálně: Modernizace a rozvoj letištní infrastruktury přispějí k ekonomickému růstu České republiky [online]. Praha: Letiště Praha, 2020 [cit. 2021-6-30]. Dostupné z: <https://www.prg.aero/aktualne-modernizace-rozvoj-letistni-infrastruktury-prispeji-k-ekonomickemu-rustu-ceske-republiky>
- [22] ČESKÁ REPUBLIKA. LETECKÝ PŘEDPIS: ZKRATKY A KÓDY L8400. In: . Úřad pro civilní letectví, 2008, 710/2007-220-SP/2. Dostupné také z: https://aim.rlp.cz/predpisy/predpisy/dokumenty/L/L-8400/data/print/L-8400__cely.pdf
- [23] Declared Distances.jpg. SKYbrary [online]. SKYbrary, 2010, 20 September 2010 [cit. 2021-8-5]. Dostupné z: https://www.skybrary.aero/images/e/ec/Declared__Distances.jpg
- [24] Zakázka: Studie proveditelnosti – RET pro RWY 24 a trvalé zkrácení RWY 12/30, Letiště Praha/Ruzyně: POPIS ZÁMĚRU „TRVALÉ ZKÁČENÍ RWY 12/30“ [online]. Letiště Praha, 2016 [cit. 2021-7-20]. Dostupné z: https://zakazky.prg.aero/contract__display__337.html
- [25] SITING CRITERIA FOR INSTRUMENT LANDING SYSTEMS. In: . DEPARTMENT OF TRANSPORTATION, FEDERAL AVIATION ADMINISTRATION, 2014. 6750.16E. Dostupné také z: https://www.faa.gov/documentLibrary/media/Order/FINAL__SIGNED__Order__6750__16E__ILS__Siting__Criteria__06-09-2014__for__Web__posting%5B1%5D.pdf
- [26] Aerodrome Best Practice [online]. 2nd edition. International Civil Aviation Organization, 2011. Dostupné také z: <https://www.skybrary.aero/bookshelf/books/3170.pdf>
- [27] Ministerstvo financí schválilo investici do rozšíření Terminálu 2 na Letišti Václava Havla Praha [online]. Letiště Praha, 2019 [cit. 2021-7-28]. Dostupné z: <https://www.prg.aero/ministerstvo-financi-schvalilo-investici-do-rozsireni-terminalu-2-na-letisti-vaclava-havla-praha>
- [28] Tisková konference k budoucímu rozvoji Letiště Václava Havla. In: Youtube [online]. 27.03.2018 [cit.2021-07-30]. Dostupné z: <https://www.youtube.com/watch?v=mYWI7jlcBu0>
- [29] DATA ZE STANIC SÍTĚ RBCN: Praha Ruzyně [online]. Praha: Český hydrometeorologický ústav, 2020 [cit. 2021-8-5]. Dostupné z: <https://www.chmi.cz/historicka-data/pocasi/denni-data/data-ze-stanic-site-RBCN#>

- [30] Bologna/Guglielmo Marconi Airport: LIPE [online]. SKYbrary, 2020 [cit. 2021-8-5]. Dostupné z: <https://www.skybrary.aero/index.php/LIPE>
- [31] Dublin Airport: EIDW [online]. SKYbrary, 2020 [cit. 2021-8-5]. Dostupné z: <https://www.skybrary.aero/index.php/EIDW>
- [32] Data poskytl RNDr. Bohumil Techlovský, vedoucí Odboru letecké meteorologie, v Praze dne 11.3.2021.
- [33] Data poskytl RNDr. Pichl Richard, Ph.D , analytik Leteckých navigačních služeb, v Praze dne 8.4.2021
- [34] Data poskytl Ing. Miroslav Charvát, manažer OJ Správa a rozvoj provozu ploch Letiště Praha, a. s., v Praze dne 17.4.2021.
- [35] Situace s RET Y.dwg [výkresový soubor]. Letiště Praha, 21. 7. 2021.
- [36] Florián, Jan. Informace od Řízení letového provozu získané osobní konzultací (Jindřišská 8, 110 00 Nové Město) dne 1.7.2021
- [37] CHARVÁT, Miroslav. Informace od Letiště Praha, a.s. získané konzultací (Aviatická 1017/02 - Letiště Václava Havla – Terminál 1) dne 5.7.2021
- [38] HECL, David. B777-300ER Performance [online]. Message to: gadasrad@fd.cvut.cz. 25.6.2021 [20.7.2021]. Přeposlané vyjádření společnosti Emirates
- [39] HAJZLER, Ota. Informace o výkonnosti Boeingu B737-700 a B737-800 získané osobní konzultací (K letišti 1068/30, 160 08 Praha 6) dne 9.7.2021
- [40] HECL, David. Informace o výkonnosti Airbusu A380 získané osobní konzultací (Jindřišská 8, 110 00 Nové Město) dne 19.6.2021
- [41] CHRVALA, Petr. Informace o výkonnosti Boeingu B777-300ER získané konzultací, dne 19.6.2021

Seznam obrázků

Obrázek 1: Plochy přiléhající k RWY a měření vyhlášených délek	12
Obrázek 2: Rozmístění TWY na RWY 12/30	14
Obrázek 3: Využití drah na LKPR v období 2004-2020	17
Obrázek 4: Situace zkrácení RWY 12/30 v roce 2013	18
<i>Obrázek 5: Průběh intenzity provozu na RWY 24 ze dne 10.5.2013</i>	<i>19</i>
Obrázek 6: Průběh intenzity provozu na RWY 12 ze dne 17.5.2013	19
Obrázek 7: Skladba provozu v roce 2013 dle dělení ICAO	20
Obrázek 8: Extrapolace intenzity provozu na RWY 12/30 v roce 2019	21
Obrázek 9: Skladba provozu v roce 2019 dle dělení ICAO	21
Obrázek 10: Skladba provozu v roce 2019 dle dělení WTC	22
Obrázek 11: Finální stav dlouhodobého rozvoje LKPR	23
Obrázek 12: Dlouhodobý rozvoj LKPR	24
Obrázek 13: Přibližná pozice nové RET Y	27
Obrázek 14 : Zákres RET Y do současného dráhového systému	29
Obrázek 15 : Situace RET Y s nákresem zkrácení RWY 12/30 v roce 2013	31
Obrázek 16: Varianta č. 1 zkrácení RWY 12/30	35
Obrázek 17 : Varianta č. 2 zkrácení RWY 12/30	41
Obrázek 18: Varianta č. 3 zkrácení RWY 12/30	46

Seznam tabulek

Tabulka 1: Vyhlášené délky drah na LKPR a jejich přístrojové vybavení	12
Tabulka 2: Kapacita drah na LKPR	16
Tabulka 3: Kategorie letadel podle ICAO	18
Tabulka 4 : Meteorologické podmínky k analýze výkonosti letadel	32
Tabulka 5: Vyhlášené délky zkrácené RWY 12/30 pro variantu č. 1	34
Tabulka 6: Výkonnostní limity letounů při zkrácení variantou č. 1	37
Tabulka 7 : Pozice nájezdů pro vzlet z RWY 12 u varianty č. 1	38
Tabulka 8: Pozice nájezdů pro vzlet z RWY 30 u varianty č. 1	38
Tabulka 9 : Pozice výjezdů z RWY 12 pro variantu č.1	39
Tabulka 10: Pozice výjezdů z RWY 30 pro variantu č.1	40
Tabulka 11: Vyhlášené délky zkrácené RWY 12/30 pro variantu č. 2	40
Tabulka 12: Výkonnostní limity letounů při zkrácení variantou č. 2	43
Tabulka 13: Pozice nájezdů pro vzlet z RWY 12 u varianty č. 2	44
Tabulka 14: Pozice nájezdů pro vzlet z RWY 30 u varianty č. 2	44
Tabulka 15: Pozice výjezdů z RWY 30 pro variantu č.2	44
Tabulka 16: Vyhlášené délky zkrácené RWY 12/30 pro variantu č. 3	45
Tabulka 17: Výkonnostní limity letounů při zkrácení variantou č. 3	47
Tabulka 18: Pozice nájezdů pro vzlet z RWY 12 u varianty č. 3.....	48
Tabulka 19: Pozice nájezdů pro vzlet z RWY 30 u varianty č. 3.....	48
Tabulka 20: Pozice výjezdů z RWY 12 pro variantu č.3	49
Tabulka 21: Pozice výjezdů z RWY 30 pro variantu č.3	49
Tabulka 22: Porovnání variant z pohledu hmotnostního omezení	51
Tabulka 23: Srovnání ekonomických dopadů variant	53

Seznam příloh

Příloha 1: Letištní mapa LKPR	63
Příloha 2: Mapa pojiždění pro kritické typy letadel na LKPR	64