



**ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE**  
**FAKULTA DOPRAVNÍ**

Bc. David Kryška

Návrhy k navýšení kapacity Terminálu 1 na Letišti  
Václava Havla Praha

Diplomová práce

**2021**

**ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE**

Fakulta dopravní

děkan

Konviktská 20, 110 00 Praha 1



**K621 .....Ústav letecké dopravy**

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

Jméno a příjmení studenta (včetně titulů):

**Bc. David Kryška**

Kód studijního programu a studijní obor studenta:

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

Název tématu (česky): **Návrhy k navýšení kapacity Terminálu 1 na letišti  
Václava Havla Praha**

Název tématu (anglicky): Proposals for Terminal 1 Capacity Increase at Václav Havel  
Airport Prague

**Zásady pro vypracování**

Při zpracování diplomové práce se řiďte následujícími pokyny:

- Cíl práce: Navrhnout řešení vedoucí k zvýšení kapacity Terminálu 1 na letišti Praha
- Aktuální stav kapacity Terminálu 1 na Letišti Václava Havla Praha
- Metody zjišťování kapacit a propustností letištních terminálů
- Analýza technických možností ke zvýšení kapacity terminálu
- Praktické návrhy
- Hodnocení nejvhodnějšího řešení a stanovení fází realizace projektu



- Rozsah grafických prací: dle pokynů vedoucího diplomové práce
- Rozsah průvodní zprávy: minimálně 55 stran textu (včetně obrázků, grafů a tabulek, které jsou součástí průvodní zprávy)
- Seznam odborné literatury: Horonjeff, R. et al. Planning & Design of Airports, Fifth Edition  
Letecký předpis L14  
Air Cargo Facilities Planning and Development - National Academies of Sciences, Engineering and Medicine

Vedoucí diplomové práce: **Ing. Markéta Kafková**  
**Ing. Slobodan Stojić**

Datum zadání diplomové práce: **17. července 2019**  
(datum prvního zadání této práce, které musí být nejpozději 10 měsíců před datem prvního předpokládaného odevzdání této práce vyplývajícího ze standardní doby studia)

Datum odevzdání diplomové práce: **18. května 2020**  
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 diplomové práce.

Bc. David Kryška  
jméno a podpis studenta

V Praze dne..... 17. července 2019

## **Poděkování**

Na tomto místě bych rád poděkoval všem, kteří mi poskytli podklady pro vypracování této diplomové práce. Zvláště pak děkuji panu Ing. Slobodanu Stojícovi, Ph.D. a Ing. Markétě Šedivé Kafkové a zástupcům Letiště Praha, a. s. za odborný dohled, důkladné vedení a konzultování diplomové práce a za rady, které mi poskytovali po celou dobu mého studia. V neposlední řadě bych také rád poděkoval svým rodičům, blízkým a přátelům za morální a materiální podporu, které se mi dostávalo po celou dobu studia.

## **Prohlášení**

Předkládám tímto k posouzení a obhajobě diplomovou 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 užití tohoto školního díla ve smyslu § 60 zákona č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon).

V Praze dne 17. května 2021



.....

podpis

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta dopravní

Návrhy k navýšení kapacity Terminálu 1 na Letišti Václava Havla Praha

Diplomová práce

květen 2021

Bc. David Kryška

## **ABSTRAKT**

Předmětem diplomové práce „Návrhy k navýšení kapacity Terminálu 1 na Letišti Václava Havla Praha“ je analýza současného stavu Terminálu 1 z hlediska kapacity letištního terminálu a uvedení způsobu, jakým lze tuto kapacitu navýšit. Součástí práce je rovněž provedení analýzy možných metod, kterými lze zjišťovat kapacitu letištních terminálů a obecně tok cestujících skrz terminál. A nastínění možných způsobů, kterými lze kapacitu terminálů zvyšovat. Výsledkem provedených analýz je návrh nevhodnějšího řešení pro terminál vybraného letiště.

## **KLÍČOVÁ SLOVA**

terminál, kapacita, systém, subsystém, simulace, navýšení kapacity

CZECH TECHNICAL UNIVERSITY IN PRAGUE

Faculty of transportation sciences

Proposals for Terminal 1 Capacity Increase at Václav Havel Airport Prague

Diploma thesis

May 2021

Bc. David Kryška

## **ABSTRACT**

The aim of the diploma thesis "Proposals for Terminal 1 Capacity Increase at Václav Havel Airport Prague" is the analysis of the present situation in the field of airport terminal capacity and stating possible ways of increasing that capacity. Another aim of the thesis is an analysis of possible capacity detection methods and generally describe flow of passengers through airport terminal. As the result of the carried out analysis, is a proposal of the most appropriate solution to increase terminal capacity for the selected airport.

## **KEYWORDS**

terminal, capacity, system, subsystem, simulation, capacity increase

# Obsah

|   |    |
|---|----|
| Obsah.....  | 4  |
| 1 Seznam použitých zkratek .....  | 6  |
| 2 Úvod .....  | 8  |
| 3 Problematika návrhů a kapacit terminálů .....                           | 10 |
| 3.1 Konfigurace terminálů .....   | 10 |
| 3.1.1 Lineární koncept .....  | 12 |
| 3.1.2 Prstový koncept .....   | 13 |
| 3.1.3 Satelitní koncept .....   | 15 |
| 3.1.4 Další koncepty .....  | 16 |
| 3.2 Kapacita terminálů .....  | 17 |
| 3.2.1 Rozdělení letištních subsystémů .....                               | 17 |
| 3.2.2 Posuzování kapacity terminálů .....                                 | 17 |
| 3.3 Způsoby zvyšování kapacity .....                                      | 20 |
| 3.3.1 Metoda systémové změny .....  | 21 |
| 3.3.2 Výstavba nového terminálu .....                                     | 22 |
| 3.4 Chování cestujících .....   | 22 |
| 3.4.1 Složení cestujících .....   | 22 |
| 3.4.2 Příchod cestujících k procesorům .....                              | 24 |
| 4 Metody zjišťování kapacit a propustností letištních terminálů .....     | 25 |
| 4.1 IATA Level of Service (LoS) .....                                     | 25 |
| 4.1.1 Definice LoS .....  | 25 |
| 4.1.2 Prostorové a časové parametry .....                                 | 27 |
| 4.1.3 Tři důležité faktory .....  | 28 |
| 4.1.4 Použití LoS .....   | 29 |
| 4.1.5 Shrnutí .....   | 30 |
| 4.2 Kapacitní simulační modely .....                                      | 34 |
| 4.2.1 Historie kapacitních modelů .....                                   | 34 |
| 4.2.2 Dnešní simulační modely .....                                       | 36 |
| 5 Aktuální stav kapacity Terminálu 1 na Letišti Václava Havla Praha ..... | 38 |
| 5.1 Historie letiště .....  | 38 |
| 5.2 Konfigurace terminálů .....   | 39 |
| 5.3 Skutečná kapacita Terminálu 1 .....                                   | 41 |
| 5.3.1 Odletová hala .....   | 42 |
| 5.3.2 Hraniční kontrola na odletu .....                                   | 49 |
| 5.3.3 Bezpečnostní kontrola .....   | 53 |
| 5.3.4 Odletové brány .....  | 60 |

|       |  |     |
|-------|--|-----|
| 5.3.5 | Hraniční kontrola na příletu.....  | 66  |
| 5.3.6 | Vyzvednutí zavazadel.....  | 70  |
| 5.3.7 | Příletová hala.....  | 74  |
| 5.3.8 | Shrnutí kapacity.....  | 77  |
| 6     | Výzkum a uskutečnitelné možnosti ke zvýšení kapacity terminálů na Letišti Václava Havla Praha..... | 82  |
| 6.1   | Centralizovaná bezpečnostní kontrola .....   | 82  |
| 6.1.1 | Kapacita bezpečnostní kontroly .....   | 83  |
| 6.1.2 | Kapacita odletových bran.....  | 86  |
| 6.1.3 | Shrnutí.....   | 88  |
| 6.2   | Decentralizovaná bezpečnostní kontrola .....   | 89  |
| 6.2.1 | Bezpečnostní kontrola .....  | 89  |
| 6.2.2 | Odletové brány .....   | 90  |
| 6.2.3 | Shrnutí.....   | 92  |
| 6.3   | Díličí úpravy.....   | 92  |
| 6.3.1 | Hraniční kontrola na odletu .....  | 92  |
| 6.3.2 | Hraniční kontrola na příletu.....  | 94  |
| 6.3.3 | Ostatní subsystémy terminálu.....  | 96  |
| 7     | Výsledky a zhodnocení .....  | 97  |
| 7.1   | Zavedení centralizované bezpečnostní kontroly .....  | 97  |
| 7.2   | Ponechání decentralizované bezpečnostní kontroly .....   | 98  |
| 7.3   | Hraniční kontroly.....   | 99  |
| 7.4   | Ostatní subsystémy terminálu.....  | 100 |
| 7.5   | Zhodnocení.....  | 100 |
| 7.6   | Komentář k současné situaci COVID-19.....  | 102 |
| 8     | Závěr .....  | 105 |
| 9     | Použité zdroje.....  | 106 |
| 10    | Seznam obrázků .....   | 109 |
| 11    | Seznam tabulek .....   | 110 |



# 1 Seznam použitých zkratek

|          |   |   |
|----------|---|---|
| 321      | -                                       | Airbus 321-100                          |
| 32Q      | -                                       | Airbus 321neo                           |
| 380      | -                                       | Airbus 380                              |
| 739      | -                                       | Boeing 737-900                          |
| 747      | -                                       | Boeing 747-800                          |
| 764      | -                                       | Boeing 767-400                          |
| 767      | -                                       | Boeing 767                              |
| 773      | -                                       | Boeing 777-300                          |
| 7M8      | -                                       | Boeing 737 MAX8                         |
| 7M9      | -                                       | Boeing 737 MAX9                         |
| ADRM     | -                                       | Airport Development Reference Manual    |
| APM      | -                                       | automated people mover                  |
| ARC      | -                                       | Airport Research Centre                 |
| ARO      | ohlašovna letových provozních služeb    | air traffic services reporting office   |
| ATC      | řízení letového provozu                 | air traffic control                     |
| cest/h   | cestující za hodinu                     | passengers per hour                     |
| CIP      | komerčně důležitá osoba                 | commercially important person           |
| COVID-19 | koronavirové onemocnění                 | coronavirus disease 2019                |
| č.       | číslo                                   | number                                  |
| ČR       | Česká republika                         | Czech republic                          |
| EEA      | Evropský hospodářský prostor            | European Economic Area                  |
| EU       | Evropská unie                           | European Union                          |
| FAA      | Federální letecká správa                | Federal Aviation Administration         |
| CH       | Švýcarská konfederace                   | Confoederatio Helvetica (lat.)          |
| IATA     | mezinárodní asociace leteckých dopravců | International Air Transport Association |
| JZ       | jihozápad                               | southwest                               |
| km       | kilometr                                | kilometre                               |
| LoS      | úroveň služeb                           | level of service                        |
| m/min    | metr za minutu                          | meters per minute                       |
| MET      | meteorologie                            | meteorology                             |
| N/A      | nelze aplikovat                         | not applicable                          |
| OP       | odbavovací plocha                       | apron                                   |

|      |                                 |  |
|------|---------------------------------|--|
| p.a. | ročně                           | per annum (lat.)   |
| PAX  | cestující                       | passenger  |
| RPK  | osobokilometr                   | revenue passenger kilometre  |
| RWY  | vzletová a přistávací dráha     | runway   |
| SARS | těžký akutní respirační syndrom | severe acute respiratory<br>syndrome                                   |
| SITA | informační technologie a služby | Société Internationale de<br>Télécommunications<br>Aéronautiques (fr.) |
| SRA  | vyhrazená bezpečnostní zóna     | security restricted area   |
| SV   | severovýchod                    | northeast  |
| TWR  | letištní řídicí věž             | aerodrome control tower  |
| USA  | Spojené státy americké          | United States of America   |
| VIP  | velmi důležitá osoba            | very important person  |

## 2 Úvod

Letectví začalo psát své dějiny na počátku 20. století. V roce 1903 bratři Wrightové sestrojili první letadlo Flyer 1 těžší než vzduch, s kterým dokázali uletět vzdálenost několika desítek metrů a udržet se ve vzduchu přes 10 sekund. V té době šlo spíše o zábavu, která vzbuzovala v divácích úžas [1].

V první světové válce došlo k rozvoji leteckých technologií. Postupem času se letadla zlepšovala, zvyšovala se jejich rychlost a zlepšoval se dolet. Ve 20. letech 20. století začaly vznikat první letecké společnosti [2].

Druhá světová válka přinesla objev proudových motorů a začala tak vznikat velkokapacitní letadla pro stovky cestujících. Létání se začalo stávat běžným způsobem dopravy i na větší vzdálenosti [2].

V posledních několika letech je letecká doprava poměrně hodně cenově dostupná pro širokou veřejnost díky velkému rozvoji nízkonákladových aerolinií, které nabízejí velmi levné letenky, což samozřejmě zvyšuje poptávku ze strany cestujících. Jde o nejrychlejší a nejbezpečnější způsob přepravy.

Pokud zapomeneme na situaci, která nastala počátkem března roku 2020 v Evropě, kdy koronavirus z Wu-chanu významně ochromil leteckou dopravu a obecně celý turismus a cestování jako takové, tak můžeme říct, že letecká doprava byla v letech 2019 velmi vytížená, využívána cestujícími po celém světě a v obecném pohledu dosahovala svých historických maxim a rekordů. Ne jinak tomu je na Letišti Václava Havla Praha [3].

Spousta letišť před rokem 2020 bývala velmi přeplněná, což způsobovalo značný každodenní problém pro obrovské množství pasažérů využívajících leteckou dopravu. Tento problém se dále prohlubuje se zvyšujícími se požadavky na úroveň security bezpečnosti v několika posledních letech. Největší světová letiště jsou zahlcená lidmi, a právě proto je dnes důležité velmi dobře plánovat kapacitu a propustnost letišť [4].

Kapacita letiště je celosvětový fenomén, který se skloňuje na všech mezinárodních jednáních. Letiště jsou kapacitně nejužším hrdlem letového provozu ve světě. Ve velkém měřítku se stavějí nové terminály, paralelní dráhy, instalují nová moderní přesnější sestupová zařízení pro snížení rozstupů na konečném přiblížení s cílem umožnit větší provoz letadel a přepravit tak více cestujících [5].

Celková kapacita letiště se skládá z jednotlivých podsystémů letiště – kapacita vzdušného prostoru v blízkosti letiště, kapacita přistávacích a vzletových drah, kapacita pojezdového systému a počet míst pro stání letadel před terminály a pak také kapacita samotného letištního

terminálu pro cestující. Výsledná celková kapacita letiště je pak určena nejslabším článkem v tomto řetězci [6].

Je nutné se tedy zabývat jednotlivě každou touto částí, správně tuto část analyzovat a dostatečně vhodně ji dimenzovat pro budoucí předpokládaný rozvoj. Tato práce je zaměřena na kapacitu letištních terminálů.

Kapacita letištního terminálu je určena nejslabším článkem uvnitř tohoto složitého systému, kterým letištní terminál beze sporu je. Je nutné brát v potaz kapacitu odbavovacích přepážek, kapacitu třídíren, tok cestujících skrz hraniční a bezpečnostní kontrolu. Dále také kapacitu čekáren odletových bran, ve kterých se hromadí cestující během nástupu do letadla [6].

Posuzuje se také kapacita systémů letištních terminálů na příletu. Tedy kapacita hraniční kontroly, kterou cestující procházejí po přistání, kapacita karuselů a kapacita příletové haly [6].

Všechny tyto zmíněné části letištního terminálu musí být dostatečně dimenzovány, aby byly schopny kvalitně obsloužit všechny cestující. Pro některé cestující je letiště tím prvním kontaktem v cizí zemi, kterou jedou navštívit. První kontakt je důležitý, proto i letiště musí nabízet adekvátní služby.

Cílem je tedy rozebrat problematiku kapacity letištních terminálů, prozkoumat možnosti, kterými lze měřit tuto kapacitu a zjistit způsoby, kterými lze tuto kapacitu navýšit.

Dalším cílem je analyzovat aktuální kapacitu konkrétního letiště a pokud to bude možné, tak i navrhnout realizovatelné řešení, jak tuto kapacitu navýšit bez větších stavebních úprav. Tedy nestavět nový terminál, ale podívat se na možnosti uvnitř terminálu a zjistit jeho kapacitní potenciál. Pro tento konkrétní příklad byl vybrán Terminál 1 na Letišti Václava Havla v Praze.

## 3 Problematika návrhů a kapacit terminálů

Je velmi důležité vhodně plánovat kapacitu a tvar terminálů. Správně navržený letištní terminál zajistí dostatečnou kapacitu na několik let dopředu. Jde tedy o velmi důležitý úkol. Úkol, který však může být velmi obtížný z důvodu vysoké nejistoty spojené s budoucí poptávkou cestujících, protože letiště se dimenzují na předpokládaný počet přepravených cestujících.

Správně předpovědět tento počet v horizontu několika let nemusí být úplně jednoduchá záležitost. Letecký průmysl je velmi dynamický. Ačkoliv dokáže pružně reagovat na mnoho aspektů, existují také situace, které letecký provoz výrazně utlumí – například propad poptávky cestujících po roce 2001 (teroristický útok na Světové obchodní centrum v USA), po roce 2008 (světová finanční krize) nebo po roce 2019 (celosvětová nemoc COVID-19) [7].

Z dlouhodobého hlediska se však ukazuje, že letecká doprava se vždy dokázala vzpamatovat a dlouhodobě roste. Je tedy třeba počítat s tím, že letiště musí postupně navyšovat svou kapacitu [7] [8].

Letiště je jeden velký složitý systém, ve kterém najdeme vzletovou a přistávací dráhu, pojezdové dráhy, odbavovací plochy a terminály. Rozlišujeme několik druhů letištních terminálů – terminály pro cestující, nákladní terminály a terminály určené pro poštu [6].

Kapacita je právě jedním z nejdůležitějších parametrů každého letiště. Jednotlivé subsystémy letiště vzájemně na sebe navazují a ovlivňují se. Kapacitně nejslabší článek v tomto řetězci určuje výslednou celkovou kapacitu [9].

Každou tuto část lze z kapacitního hlediska rozebrat. Tato práce se zajímá o kapacitu terminálů určených pro cestující.

### 3.1 Konfigurace terminálů

Návrh a tvar letištních terminálů pro cestující musí zohledňovat a korespondovat s aktuální kapacitou pojezdového a dráhového systému, s kapacitou odbavovacích ploch a s letištními povrchovými systémy.

Typ a kategorie provozovaných letadel na letišti určuje nároky na tyto letištní kapacitní systémy a určuje tak vhodný návrh míst pro stání letadel a rozmístění budov terminálů. Typ a vybavení terminálu je také určeno druhem obchodního provozu a požadavkem leteckého dopravce.

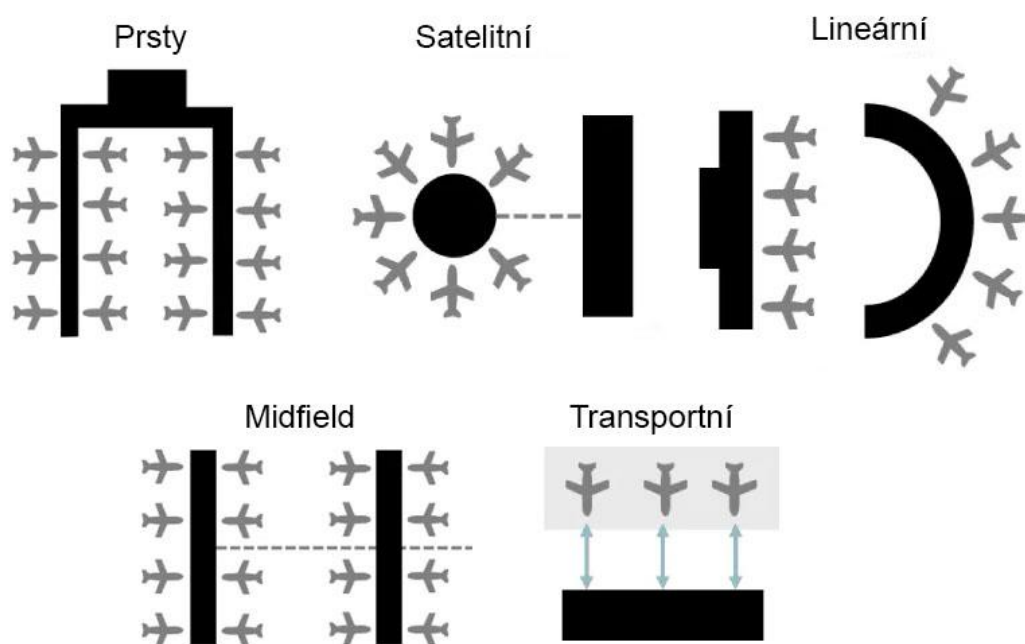
Je doporučeno stavět letištní terminál takového tvaru a konceptu, který poskytne jednoduché funkční řešení, které bude nákladově efektivní, do budoucna jednoduše rozšířitelné a přívětivé pro cestující a umožní leteckým provozovatelům efektivní a profitabilní provoz [5] [10].

Nejlepším řešením je modulární návrh, který umožňuje pružně reagovat na požadovanou kapacitu terminálu – například rozšířením subsystému terminálu, aniž by to ovlivnilo současný letecký provoz a funkci terminálu. Touto cestou lze snadněji a rychleji vyhovět novým budoucím regulačním požadavkům zabývajícím se objemem a tokem cestujících uvnitř terminálů [5] [10].

Subsystémy letištních terminálů lze rozdělit dle funkčního rozdělení na tři části – procesory, rezervoáry a pojítka. Procesorem se označuje místo, ve kterém dochází k činnostem spojeným s odbavováním cestujících, kontrolou jeho dokladů a jeho příručních zavazadel. Tedy odbavovací check-in přepážky, bezpečnostní a hraniční kontrola, kontrola palubních lístků, celní kontrola a výdej zavazadel [6].

Rezervoárem jsou označeny prostory, ve kterých se cestující mohou hromadit – čekárny a salónky v odletové, příletové a tranzitní hale. Pojítkem jsou označena místa, která slouží k propojení a pohybu cestujících mezi jednotlivými částmi terminálu – schodiště, chodby, výtahy, eskalátory, nástupní mosty, autobusy a zařízení pro přepravu zavazadel [6].

Existuje několik tvarů letištních terminálů. Jsou znázorněny na obrázku č. 1 a lze je rozdělit na několik variant.



Obrázek 1: Základní koncepty letištních terminálů [11] [vlastní zpracování]

IATA rozděluje terminály na tři základní varianty [5] [10]:

- lineární koncept,
- koncept prstů,
  - typ X,
  - typ Y,
  - typ H,
- satelitní koncept.

### 3.1.1 Lineární koncept

Tabulka 1: Výhody a nevýhody lineárního terminálu [5]

| Kritérium                       | Možné výhody   | Možné nevýhody  |
|---------------------------------|--|---|
| <b>Letištní provoz</b>          |  |   |
| <b>Veřejná část (landside)</b>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Jednoduché centralizované odbavování</li> <li>• Rozšiřování veřejné části nemusí ovlivnit provoz neveřejné části</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Možné přelidnění prostoru cestujícími během špičkových hodin</li> </ul>  |
| <b>Neveřejná část (airside)</b> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Efektivní využití celého prostoru před terminálem pro stání letadel</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Neefektivní využití prostoru před terminálem, pokud jsou místa pro stání jen na jedné straně</li> </ul>  |
| <b>Terminál jako celek</b>      | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Jednoduché značení</li> <li>• Kompaktní systémy pro třídění a přepravu zavazadel</li> <li>• Centralizované odbavování</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Místa pro stání mohou být pouze na hlavní straně terminálu, na straně procesorů -&gt; neefektivní využití prostoru uvnitř terminálu</li> </ul> |
| <b>Finance</b>                  |  |   |
| <b>Vstupní investice</b>        | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Relativně nízké až střední počáteční náklady</li> </ul>   |   |
| <b>Provoz a údržba</b>          | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Nízké náklady na provoz a údržbu</li> </ul>   |   |
| <b>Cestující</b>                |  |   |
| <b>Odbavování</b>               | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Rozumné odbavování z hlediska času</li> </ul>   |   |
| <b>Pěší vzdálenosti</b>         | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Akceptovatelné pěší vzdálenosti pro většinu cestujících z/do gatu<sup>1</sup>, pokud je délka terminálu limitována nebo se využije pohyblivý chodník (walkway)</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Pokud je terminál velmi dlouhý, jsou nevýhodou dlouhé pěší vzdálenosti</li> </ul>  |
| <b>Orientace</b>                | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Jednoduché značení a snadné nalezení cesty</li> </ul>   |   |
| <b>Transfer</b>                 | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Umožňuje krátké přestupy</li> </ul>   |   |
| <b>Vybavení</b>                 | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Jídlo, nápoje a obchody mohou být nabízeny v těsné blízkosti odbavovacího prostoru a letištních salónek</li> </ul>  |   |

<sup>1</sup> „gatem“ se myslí prostor odbavovací brány

Nejjednodušší, nejzákladnější a nejstarší koncept terminálu je terminál s otevřenou odbavovací plochou. Letadla stojí hned vedle terminálu svým bokem a pasažéři nastupují do letadla po mobilních schodech. Letadla jsou schopna přijíždět a odjíždět vlastní silou. Z tohoto typu terminálu se vyvinul lineární koncept [12] [13].

Letadla u tohoto terminálu stojí nosem a cestující do letadla obvykle nastupují nástupním mostem. Výhodou tohoto terminálu je jednoduchá budova, která může být i zakřivená, a centralizované odbavení pasažérů. Nevýhodou jsou obvykle dlouhé pěší vzdálenosti, které cestující musí ujit. V praxi je maximální délka limitována na 800 metrů. Tento typ terminálu je vhodnější pro letiště s nižším provozem. Tento typ terminálu lze například vidět v Detroitu. Tabulka č. 1 z předcházející strany shrnuje celkové výhody a nevýhody tohoto konceptuálního uspořádání [5] [10].

### **3.1.2 Prstový koncept**

Koncept letištních prstů byl vyvinut v 50. letech. Uplatní se zejména tam, kde se vyskytuje velký počet letadel – vhodné tedy pro vyšší provoz příletů a odletů. Typickým představitelem je letiště v Amsterdamu nebo Frankfurtu [13].

Prstový koncept je méně vhodný pro letiště s velkým objemem cestujících na přestupných letech. Jakmile vzroste počet odletových bran, zvětšuje se pěší vzdálenost, zvětšuje se objem cestujících uvnitř terminálu a terminál se stává zahlceným [13].

Koncept prstů zahrnuje centrální procesor pro odbavování cestujících a na něj napojené prsty – jeden prst nebo více prstů v různých konfiguracích. V případě velmi velkého letiště s terminálem s konceptem prstů může hlavní procesor zahrnovat větší počty menších procesorů. Geometrie a tvar prstů mohou být různé a místa pro stání letadel mohou být umístěna po obou stranách terminálu [10].

Všichni cestující a zavazadla z příletů a odletů se mísí uvnitř hlavního odbavovacího procesoru. Pasažéři se pohybují směrem od hlavního procesoru až do koncových prstů terminálu a poté nastupují do letadla. Tento směr pohybu rovněž kopírují zavazadla. Ve velmi velkých terminálech tohoto typu může být zřízena i druhotná třídírna zavazadel uvnitř prstů, která bude usnadňovat rychlejší přepravu zavazadel pro navazující lety [10].

Možné výhody a nevýhody prstového uspořádání terminálu shrnuje tabulka č. 2 na další straně.



Tabulka 2: Výhody a nevýhody terminálu s prsty [5]

| Kritérium                       | Možné výhody  | Možné nevýhody   |
|---------------------------------|---|--|
| <b>Letištní provoz</b>          |   |  |
| <b>Veřejná část (landside)</b>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>Centralizované odbavování umožňující jednoduchý přístup z veřejné části</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>Možné přelidnění prostoru cestujícími během špičkových hodin, v tomto případě je nutné zřídit více odbavovacích ostrůvků</li> </ul>   |
| <b>Neveřejná část (airside)</b> | <ul style="list-style-type: none"> <li>Možnost míst pro stání letadel po obou stranách terminálu, efektivnější využívání prostoru</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>Odbavovací plocha mezi přilehlými prsty může být zahlcena nebo ucpána z důvodu zvýšeného pohybu letadel na této ploše</li> <li>Více prstů může mít za následek i delší čas pro pojíždění letadel</li> <li>Dlouhá slepá odbavovací plocha (cul-de-sacs<sup>2</sup>) může být zahlcena a výrazně tak prodloužit vytlačování letadel z míst pro stání</li> </ul> |
| <b>Terminál jako celek</b>      | <ul style="list-style-type: none"> <li>Dokáže pojmout obrovské množství pasažérů pod jednu střechu</li> <li>Centralizované odbavování</li> <li>Jednoduché značení</li> <li>Jednotlivé prsty lze zabezpečit/spravovat nezávisle na hlavním terminálu</li> <li>Prsty lze jednoduše rozšířit bez výrazného dopadu na provoz a za relativně nízké náklady</li> <li>Rozšiřování prstů může být postupné, odpovídat poptávce</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>Požadavek na fyzické oddělení cestujících z příletů a odletů může vyžadovat vytvoření druhé cesty nebo vytvoření dalšího patra</li> </ul>   |
| <b>Finance</b>                  |   |  |
| <b>Vstupní investice</b>        | <ul style="list-style-type: none"> <li>Střední počáteční náklady</li> </ul>   |  |
| <b>Provoz a údržba</b>          | <ul style="list-style-type: none"> <li>Nízké náklady na provoz a údržbu</li> </ul>  |  |
| <b>Cestující</b>                |   |  |
| <b>Odbavování</b>               | <ul style="list-style-type: none"> <li>Jednoduché odbavování cestujících</li> </ul>   |  |
| <b>Pěší vzdálenosti</b>         | <ul style="list-style-type: none"> <li>Střední pěší vzdálenosti</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>Přidání nebo rozšíření prstu zvětšuje pěší vzdálenosti, nutnost zvážit možnost použití jezdících schodů (walkway)</li> </ul>  |
| <b>Orientace</b>                | <ul style="list-style-type: none"> <li>Prstový koncept zjednodušuje požadavek na značení</li> </ul>   |  |
| <b>Transfer</b>                 | <ul style="list-style-type: none"> <li>Umožňuje krátké přestupy za předpokladu, že přílet i odlet se odbavuje ve stejném prstu</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>Dlouhý přestupní čas, pokud se přílet a odlet odbavují v různých prstech, cestující často musí znovu projít bezpečnostní kontrolou v centrálním procesoru</li> </ul>  |
| <b>Vybavení</b>                 | <ul style="list-style-type: none"> <li>Jídlo, nápoje a obchody obvykle v místě, kde se napojují všechny prsty</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>V případě velmi dlouhých prstů nutnost vybudovat další menší místa s obchody</li> </ul>   |

<sup>2</sup> Jde o slepou uličku. Na odbavovací plochu vede jen jedna cesta, která se používá pro příjezd i odjezd letadel.

### 3.1.3 Satelitní koncept

Za účelem snížení pěší vzdálenosti byl vymyšlen v 60. letech satelitní koncept. Jedná se vlastně o rozšíření terminálních prstů. Jde o samostatně položený terminál s prsty. Výhodou tohoto uspořádání je vysoká přepravní kapacita [13].

Nevýhodou je nutnost zajistit kvalitní přepravu pasažérů mezi jednotlivými satelity a dále také vysoká cena za údržbu. Satelitní koncept je využíván např. na letišti v Orlandu nebo Tampě v USA [13].

Satelitní koncept se skládá z hlavního odbavovacího procesoru pro cestující, z procesoru pro odbavení zavazadel a dále ze vzdálenějších částí budov terminálu, kolem kterých jsou místa pro stání letadel. Tyto vzdálenější části terminálu, zvané satelity, jsou spojeny s hlavním terminálem několika možnostmi – podzemní nebo nadzemní cestou umožňující pohyb cestujících a zavazadel do jednotlivých satelitů. Lze využít vlaku, APM<sup>3</sup> systému nebo běžných chodeb vybavených jezdícími schody [10].

Satelit je často využíván spolu s prstovou a lineární konfigurací, aby poskytl navíc dodatečná místa pro stání letadel [12].

Výhody a nevýhody shrnuje tabulka č. 3:

Tabulka 3: Výhody a nevýhody satelitního terminálu [5]

| Kritérium                       | Možné výhody  | Možné nevýhody  |
|---------------------------------|---|---|
| <b>Letištní provoz</b>          |   |   |
| <b>Veřejná část (landside)</b>  | <ul style="list-style-type: none"><li>• Centralizované odbavování umožňující jednoduchý přístup z veřejné části</li></ul>   | <ul style="list-style-type: none"><li>• Možné přelidnění prostoru satelitu během špičkových hodin</li><li>• Rozšíření satelitu má za následek výraznou modifikaci míst pro stání letadel a přilehlých cest</li></ul>            |
| <b>Neveřejná část (airside)</b> | <ul style="list-style-type: none"><li>• Obvykle poskytuje velmi dobrý přístup k místům pro stání letadel</li><li>• Lineární satelit umožňuje přímé směřování letadel mezi místem pro stání a RWY</li><li>• Efektivní využití prostoru stáním letadel podél celého satelitu</li></ul>                              |   |
| <b>Terminál jako celek</b>      | <ul style="list-style-type: none"><li>• Jednoduše dosažitelná separace cestujících v satelitu z příletu/odletu</li><li>• Umožňuje kontrolovat tok cestujících</li><li>• Různorodé možnosti pro expanzi</li><li>• Nově vybudovaný satelit může být navržen pro obsluhu nových konceptů budoucích letadel</li></ul> | <ul style="list-style-type: none"><li>• Aerolinky musí zajistit i salónky uvnitř jednotlivých satelitů, aby tak uspokojili individuální potřeby VIP zákazníků</li><li>• Požadavek na vyšší počet letištního personálu</li></ul> |

<sup>3</sup> APM – obecný výraz pro systém zajišťující automatickou přepravu cestujících mezi hlavní budovou terminálu a satelitem

| Kritérium                | Možné výhody   | Možné nevýhody  |
|--------------------------|--|---|
| <b>Finance</b>           |  |   |
| <b>Vstupní investice</b> |  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Vysoké vstupní náklady na vytvoření APM mezi hlavním terminálem a satelitem</li> <li>• Vysoké vstupní náklady na vytvoření třídírný zavazadel</li> </ul>   |
| <b>Provoz a údržba</b>   |  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Vysoké náklady na údržbu APM systému</li> <li>• Vysoké náklady na údržbu třídírný zavazadel</li> </ul>   |
| <b>Cestující</b>         |  |   |
| <b>Odbavování</b>        | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Centralizované odbavování cestujících</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Nutnost včasného check-inu a brzkých časů pro uzavření check-inu</li> </ul>  |
| <b>Pěší vzdálenosti</b>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Krátké pěší vzdálenosti (vzdálenost k/od APM)</li> </ul>  |   |
| <b>Orientace</b>         | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Umožňuje relativně jednoduchý systém pro zobrazování letových informací</li> </ul>                    | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Cesta do/ze satelitu obvykle znamená změnu poschodí</li> <li>• Cestující musí porozumět APM</li> </ul>   |
| <b>Transfer</b>          | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Umožňuje krátké přestupy za předpokladu, že přílet i odlet se odbavuje ve stejném satelitu</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Dlouhý přestupní čas, pokud se přílet a odlet odbavují v různých satelitech, protože cestující musí nejdříve porozumět APM systému</li> <li>• Cestující často musí znovu projít bezpečnostní kontrolou v centrálním procesoru</li> </ul> |
| <b>Vybavení</b>          | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Jídlo, nápoje a obchody je možno umísťovat centralizovaně</li> </ul>                                  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Nutnost vybudovat další menší místa s obchody v jednotlivých satelitech</li> </ul>   |

### 3.1.4 Další koncepty

Dalším typem může být transportní terminál. Vzniknul za účelem minimalizace pohybu cestujícího. Ten je přepravován specializovaným autobusem až k letadlu. Výhodou je snížení pohybu letadel na manévrovací ploše, snížení doby pohybu letadla mezi místem pro stání a dráhou. Nevýhodou je zdlouhavé vykládání a nakládání cestujících, což se projeví delším odbavením letadla. Dále je zde vyšší míra rizika poškození letadla letištními odbavovacími vozidly. Typickým představitelem je Dullesovo letiště ve Washingtonu [13].

Jinou variantou je terminál typu „midfield“, který je někdy řazen jako součást satelitního konceptu. Rozdíl mezi nimi je jen ve velikosti budov. „Midfield“ je mnohem větší. Jde o zcela nezávislou budovu a obvykle se nachází mezi dvěma paralelními dráhami. Tvar budovy je obvykle buď lineární, nebo má tvar písmene X. Takovýto terminál lze vidět na letišti v Pittsburgu [12] [13].

Poslední kombinace je hybridní koncept, který představuje kombinaci více možností zmíněných výše a nejlépe tak zohledňuje aktuální požadavky letiště [12] [13].

Zajímavým konceptem je např. letiště v Ammánu – budova terminálu je modulární a lze tak jednoduše terminál rychle a efektivně zvětšit, aniž by se musel nějak zásadně omezit stávající provoz [14].

## 3.2 Kapacita terminálů

Letištní terminály se skládají z několika subsystémů, ve kterých probíhá tok cestujících skrz letištní terminál směrem k letadlu nebo opačným směrem od letadla ven za danou dobu ve stanoveném standardu služeb [5].

### 3.2.1 Rozdělení letištních subsystémů

Rozdělení letištních subsystémů uvádí následující tabulka č. 4:

Tabulka 4: Rozdělení letištních podsystémů terminálu [6]

|                    | Rezervoáry   | Procesory   | Pojítka  |
|--------------------|--|---|--|
| Výstup cestujících | <ul style="list-style-type: none"> <li>Místa bezpečnostní a imigrační kontroly</li> <li>Příletová hala</li> <li>Další haly a místnosti, kde dochází ke shromažďování cestujících</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>Bezpečnostní a imigrační kontrola</li> <li>Zavazadlové pásy</li> <li>Druhotné haly a místnosti</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>Chodby</li> <li>Pojízdné schody</li> <li>Výtahy</li> <li>Pojízdné chodníky</li> <li>Systemy přepravy zavazadel</li> </ul> |
| Nástup cestujících | <ul style="list-style-type: none"> <li>Odletová hala <ul style="list-style-type: none"> <li>prodej letenek</li> <li>odbavovací přepážky</li> </ul> </li> <li>Čekárny (obecně)</li> <li>Místa bezpečnostní kontroly</li> <li>Místa hraniční a celní kontroly</li> <li>Odletové čekárny</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>Přepážky prodeje letenek</li> <li>Odbavení cestujících</li> <li>System odbavení zavazadel na odletu</li> <li>Bezpečnostní kontrola</li> <li>Hraniční a celní kontrola</li> <li>Procesy v odletové čekárně</li> </ul> |  |

Procesy uvnitř terminálu jsou ovlivněny i sezónním vlivem – např. v letním období se zvyšuje počet charterových letů a tím i koncentrace cestujících s jejich zavazadly. Další vliv na počty cestujících mohou mít špičkové dny – pondělky nebo pátky, s tím úzce souvisí špičkové hodiny. To jsou časy během dne, kdy dochází ke zvýšení frekvence letů. Nejčastěji jde o ranní nebo odpolední špičku přilétávajících a odlétávajících letadel. Pro každé letiště je tato variabilita různá a určena jeho převládajícím charakterem provozu [6] [9].

### 3.2.2 Posuzování kapacity terminálů

Pro určení kapacity letištního terminálu využíváme k výpočtům parametry statické, dynamické a ustálené kapacity.

## Statická kapacita

Statická kapacita je množstevním potenciálem daného subsystému. Obvykle vyjadřuje počet lidí, kteří se v daném prostoru nacházejí. Ať už jde o cestující nebo jejich doprovod ve veřejné části terminálu. Statická kapacita je funkcí celkového užitého prostoru a úrovně poskytovaných služeb. Např. volný prostor okolo jednoho cestujícího. Statickou kapacitu lze vyjádřit následujícím vztahem, ze kterého lze určit kapacitu jednotlivých hal a ploch [6].

$$SK = UP/SP, \quad (1)$$

kde proměnné SK, UP a SP vyjadřují:

- SK – statická kapacita [počet cestujících]
- UP – užitého prostor [m<sup>2</sup>]
- SP – standardní prostor [m<sup>2</sup> / počet cestujících]

Výsledek závisí na úrovni poskytovaných služeb. Tuto úroveň tedy můžeme přímo úměrně zvyšovat nebo snižovat s proměnnou SP (standardní prostor). Hodnotu této proměnné lze stanovit z následujících tabulek č. 5 a č. 6:

Tabulka 5: Úroveň služeb pro jednotlivé subsystémy terminálu [6]

| Subsystém                 | Úroveň služeb |     |     |     |     |              |
|---------------------------|---------------|-----|-----|-----|-----|--------------|
|                           | A             | B   | C   | D   | E   | F            |
| Odbavovací přepážky       | 1,8           | 1,6 | 1,4 | 1,2 | 1,0 | Nevyhovující |
| Tranzitní hala            | 2,7           | 2,3 | 1,9 | 1,5 | 1,0 |              |
| Čekárna                   | 1,4           | 1,2 | 1,0 | 0,8 | 0,6 |              |
| Výdej zavazadel           | 2,0           | 1,8 | 1,6 | 1,4 | 1,2 |              |
| Celní a hraniční kontrola | 1,4           | 1,2 | 1,0 | 0,8 | 0,6 |              |

Tabulka 6: Popis jednotlivých úrovní služeb [6]

| Stupeň | Popis  |
|--------|--|
| A      | Vysoká (excelentní) úroveň služeb, bezproblémová, tok cestujících i zavazadel je volný, bez zpoždění, vysoká úroveň komfortu                                       |
| B      | Velmi dobrá úroveň služeb, tok cestujících je stabilní, velmi malá zpoždění, velmi dobrá úroveň komfortu   |
| C      | Dobrá úroveň služeb, stabilní tok cestujících i zavazadel, zpoždění na mírné úrovni, akceptovatelná úroveň komfortu  |
| D      | Nízká úroveň služeb, tok cestujících i zavazadel je nestabilní, dochází ke zpožděním akceptovatelných pouze v krátkých časových intervalech, nízká úroveň komfortu |
| E      | Velmi nízká úroveň služeb, velmi nestabilní tok cestujících, neakceptovatelná zpoždění, velmi nízká úroveň komfortu  |
| F      | Velmi špatná úroveň služeb, dochází k přerušovanému toku cestujících i zavazadel a zhroucení systému, neakceptovatelná úroveň komfortu                             |

## **Dynamická kapacita**

Dynamická kapacita udává množství cestujících procházejících skrz jednotlivé subsystémy terminálu za daný časový okamžik. Tímto časovým okamžikem je hodnota závislá na prováděné operaci. Výpočet dynamické kapacity se provádí podle následujícího vztahu [6]:

$$DK = IOR \cdot MOZ, \quad (2)$$

kde proměnné DK, IOR a MOZ vyjadřují:

- DK – dynamická kapacita [počet cestujících / čas]
- IOR – individuální obslužná rychlost [počet cestujících / čas / obslužné zařízení]
- MOZ – množství obslužných zařízení [kusy]

Výsledkem je dynamická kapacita obslužných zařízení udávající rychlost obslužení za jednotku času – např. dynamická kapacita pojezdových schodů a pásů, rychlost odbavování na odbavovací přepážce nebo rychlost bezpečnostní kontroly cestujících.

Ve špičkových hodinách dochází u těchto bodů s narůstajícím počtem cestujících ke zpomalení procesu odbavování, a tedy ke snížení kvality služeb.

Dynamickou kapacitu lze navýšit zvýšením počtu přepážek, rozšiřováním prostorů, automatizací úkolů nebo provádět některé operace s předstihem – nákup letenky online nebo vytištění palubní vstupenky doma [6].

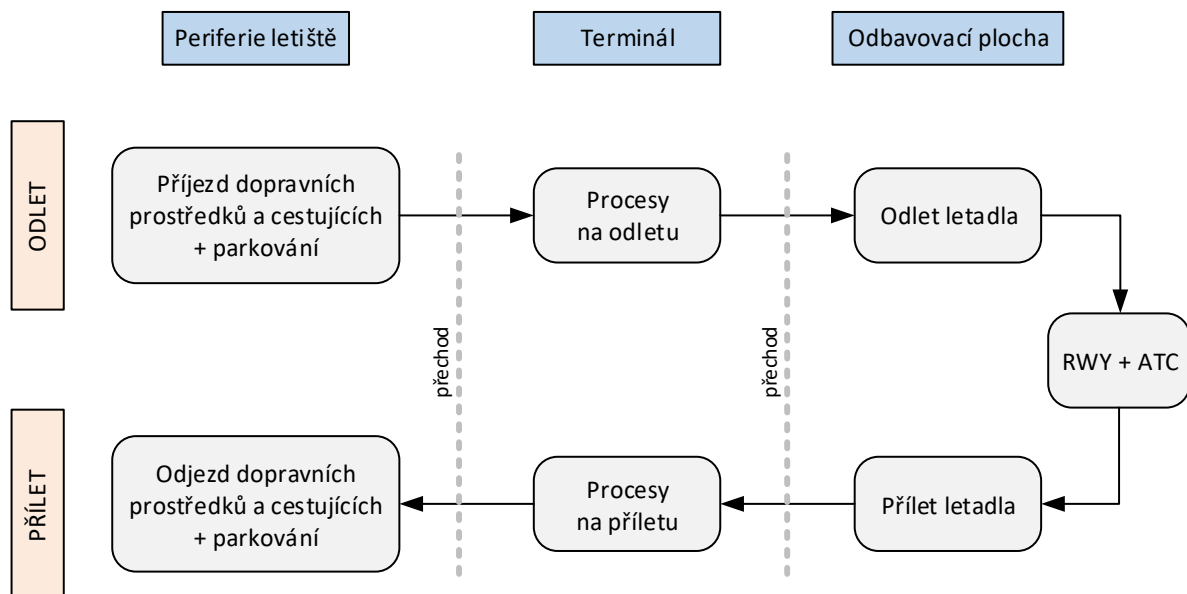
## **Ustálená kapacita**

Kombinací statické a dynamické kapacity letištního terminálu získáme ustálenou (trvalou) kapacitu subsystému. Pomocí ustálené kapacity se určuje kapacita subsystému za určitý časový úsek s dodržением úrovně služeb.

Ani jedna ze zmíněných kapacit nemusí být překročena za předpokladu, že jednotlivé letištní subsystémy jsou dostatečně dimenzovány se stanovenou úrovní služeb [6].

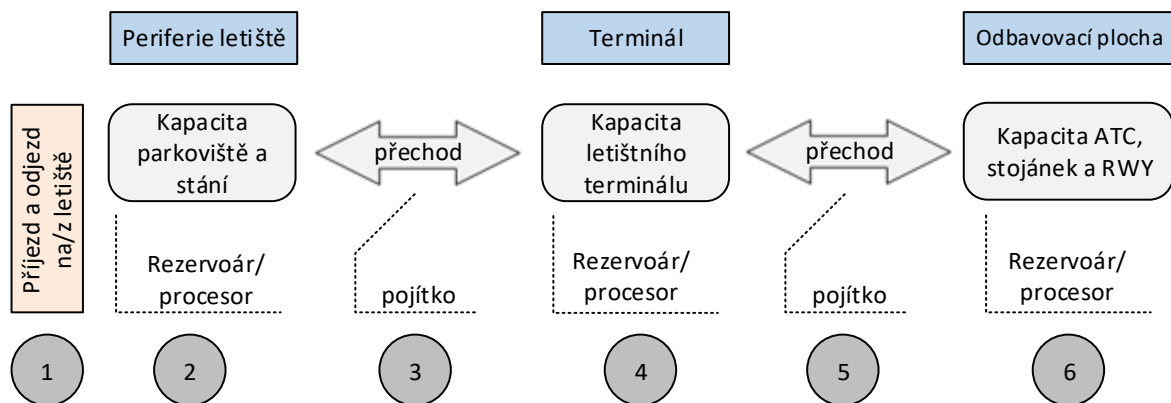
## **Proces toku zavazadel a cestujících**

Na obrázku č. 2 na následující straně je znázorněn diagram reprezentující celkový proces odbavení cestujícího od příjezdu na letiště až po nastoupení cestujícího do letadla a analogicky v opačném pořadí.



Obrázek 2: Proces toku zavazadel a cestujících [6] [15] [vlastní zpracování]

Kapacitní tok cestujících a jejich zavazadel lze zjednodušit do několika bodů. Tuto možnost reprezentuje následující obrázek č. 3. Body 1 a 6 označují vstupy a výstupy z letiště. Body 3 a 5 označují pojítka (chodby) mezi procesory a rezervoáry. Body 2 (kapacita parkoviště před terminálem), 4 (kapacita letištního terminálu) a také 6 (kapacita odbavovací plochy) označují místa s rezervoáry a procesory.



Obrázek 3: Zjednodušené rozdělení toku zavazadel a cestujících [6] [15] [vlastní zpracování]

### 3.3 Způsoby zvyšování kapacity

Výpočet kapacity letištních terminálů je velmi složitá záležitost, která se musí před stavbou terminálu určit. Na tuto kapacitu se pak terminál dimenzuje. K výpočtu této kapacity jsou použity dva hlavní ukazatele:

- hodinová špička a
- hodinová špička upravená.

Oba tyto parametry lze zjistit s použitím statistik nebo průzkumů. Rozdíl mezi nimi je následující – hodinová špička bere v úvahu pohyb pasažérů oběma směry, zatímco hodinová špička upravená bere v úvahu pohyb cestujících pouze jedním směrem. Hodnoty obou uvedených parametrů se dosazují do vzorců, které IATA uvádí v ADR manuálu. Pomocí nich lze následně vypočítat a odhadnout počet přepážek pro odbavení, velikost různých prostorů uvnitř letištních terminálů, dimenzovat veškeré letištní procesy apod [16].

Způsoby, kterými se dá kapacita navýšit, jsou v zásadě dva:

- metodou systémové změny nebo
- stavbou nového terminálu.

### **3.3.1 Metoda systémové změny**

Tato metoda je z ekonomického hlediska levnější variantou zvyšování kapacity letištních terminálů. Právě proto v mnoha případech bude tato metoda vyhledávanější a používanější. Jedná se o změnu konfigurace uvnitř terminálu, tzn. navýšení odbavovacích přepážek, navýšení stanišť hraniční kontroly a stanišť bezpečnostní kontroly. Případně reorganizace uvnitř terminálu takovým způsobem, který umožní zvýšit tok cestujících v daném místě a tím zvýší kapacitu konkrétního místa.

Avšak u této varianty zvýšení kapacity musíme počítat s tím, že problém nedostatečné kapacity terminálu bude vyřešen pouze dočasně. V tom smyslu, že nám to neumožní zvyšovat kapacitu do nekonečna. Případně může nastat i taková varianta, že tato metoda nebude použitelná ve všech případech.

Metoda systémové změny obvykle umožní většinou zvýšit kapacitu pouze o nějaké menší procento objemu přepravených cestujících. Při plánování zvyšování kapacity terminálu touto metodou je velmi nepravděpodobné, že by tato metoda zvýšila kapacitu terminálu o desítky procent vůči aktuálnímu stavu.

Při metodě systémové změny dochází ke zjišťování volné nevyužité kapacity v aktuálním stavu systému. Výstupem je poté následné přeskupení jednotlivých procesorů a stanišť s cílem co nejefektivnějšího využití. V této metodě se často využívá simulace nebo modelování. Umožňuje to například v současné konfiguraci terminálu zkusit různé varianty rozmístění a následně zjišťovat změnu kapacity a tok cestujících pro jednotlivé varianty.

Další možností je například zvyšování počtu určitých procesorů podsystému a zda tomuto navýšení odpovídá i navýšení kapacity daného podsystému. Případně dochází i ke kombinaci



– k různým variantám rozmístění procesorů a k různým změnám počtu procesorů v podsystému.

Pokud měl daný systém ještě nějaké nevyužité kapacitní rezervy, tak nám tato metoda při správném použití pomůže tuto volnou kapacitu odhalit a můžeme tak tuto volnou kapacitu využít. Avšak jestliže nebyly, ani po důkladném namodelování a nasimulování situace, zjištěny žádné volné kapacitní možnosti, zbývá už jen použít ke zvýšení kapacity terminálu možnost technických úprav, tedy výstavbu nového terminálu [16] [17].

### **3.3.2 Výstavba nového terminálu**

Tato varianta zvyšování kapacity terminálů je z ekonomického hlediska výrazně náročnější než metoda systémové změny.

Většinou jde však o jedinou možnou variantu (pokud se ve stávajícím systému nenašly již žádné volné kapacity). Jestliže má letiště k dispozici volné finanční prostředky, odpovídající volné plochy a nutná povolení, může tedy stávající kapacitu terminálu zvýšit výstavbou nové budovy.

Výstavbou nového terminálu se dosáhne výrazného navýšení stávající kapacity ve velkém měřítku. V některých případech to může být řádově i o stovky procent vůči aktuálnímu kapacitnímu stavu. Výstavba nového terminálu řeší kapacitní problém dlouhodobě. Během stavby nové letištní budovy se při plánování vnitřního uspořádání bere zřetel i na efektivní rozmístění jednotlivých podsystémů tak, aby bylo dosaženo maximální kapacity při optimálním využití všech dostupných prostředků.

Některá letiště mohou mít však i s touto variantou problémy. Protože pokud nedisponují dostatečně velkou volnou plochou vhodnou pro další výstavbu terminálu, mají kvůli tomu velmi špatné kapacitní vyhlídky do budoucna. Taková letiště se nebudou moci dále rozvíjet a nebudou tedy časem schopna uspokojovat zvyšující se objem přepravených cestujících [16] [17].

## **3.4 Chování cestujících**

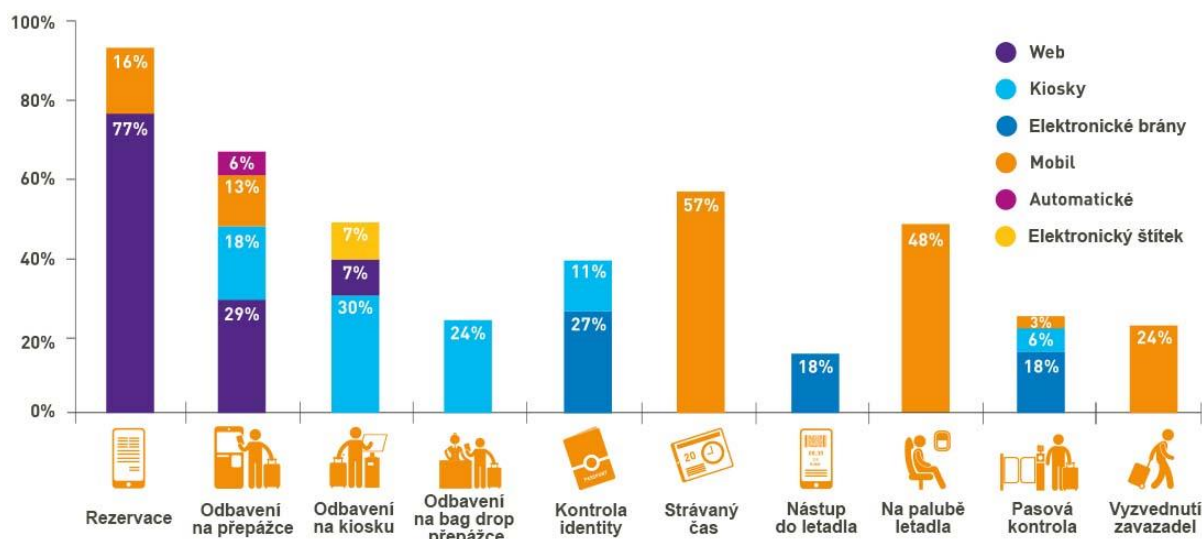
V této kapitole bude rozebráno chování cestujících za účelem správného posuzování kapacity jednotlivých procesních stanovišť.

### **3.4.1 Složení cestujících**

Pro co nejlepší možnou analýzu kapacity při odbavování je dobré vědět přibližnou skladbu cestujících. Cestující mají několik možností odbavení. Mohou se odbavit na tradiční odbavovací přepážce nebo využít samo-odbavovacího kiosku, případně pak ještě bag-drop

přepážky<sup>4</sup>. Jsou zde také ale i ti cestující, kteří zcela tuto fázi odbavení obejdou tím, že se odbaví online přes telefon nebo počítač. Žádné cestovní zavazadlo, které by vyžadovalo odbavení, s sebou neberou a rovnou míří na hraniční nebo bezpečnostní kontrolu.

Tuto studii pravidelně zpracovává společnost SITA, která se primárně zabývá poskytováním informačních technologií a služeb pro leteckou dopravu. V nejnovější studii odborníci zjišťovali preference cestujících z hlediska odbavení. Výsledky jsou na následující obrázku č. 4 [18]:



Obrázek 4: Preference cestujících [18]

Z uvedeného grafu vyplývá, že téměř 42 % cestujících se odbaví online přes web nebo telefon. Z čehož lze usoudit, že zbylých 58 % cestujících se odbaví na letišti buď využitím tradiční check-in přepážky, nebo využitím samo-odbavovacího kiosku a pak případně odloží zavazadlo na bag-drop přepážku.

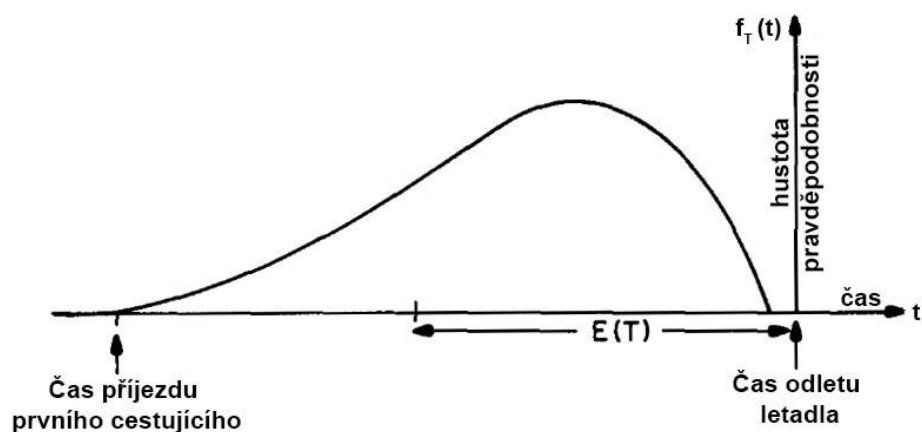
Dalším zjištěným faktem je, že 18 % dotazovaných cestujících preferuje odbavení pomocí samo-odbavovacího kiosku. Z tohoto faktu lze odvodit, že z celé dotazované množiny cestujících:

- 42 % zcela obejde počáteční odbavovací systém na letišti,
- 10 % k odbavení využije samo-odbavovací kiosek a
- 48 % cestujících využije tradiční check-in přepážku.

<sup>4</sup> bag-drop přepážka – klasická odbavovací přepážka bez obsluhy, cestující položí na pás již předem odbavené zavazadlo

### 3.4.2 Příklad cestujících k procesorům

Na obrázku č. 5 na následující straně je nakreslena závislost příchodu cestujících na letišti. Na ose  $x$  je vynesena čas příchodu cestujících k terminálu a na ose  $y$  je vynesena pravděpodobnost toho, zda cestující dorazí k odbavovacímu procesoru na letišti. Z tohoto obrázku plyne, že rozložení příchodu cestujících v čase odpovídá Poissonovu rozdělení [19] [20].



Obrázek 5: Rozložení příchodů cestujících v čase [20]

## 4 Metody zjišťování kapacit a propustností letištních terminálů

Tato kapitola se bude zabývat metodami, kterými lze zjišťovat kapacitu a propustnost letištních terminálů.

### 4.1 IATA Level of Service (LoS)

Mezinárodní organizace sdružující letecké dopravce publikuje ve svém manuálu ADRM koncept „level of service“ (v překladu úroveň služeb poskytovaných cestujícím). Tento manuál poskytuje lidem, kteří se zabývají vývojem letištních terminálů, pokyny ke vhodnému dimenzování jednotlivých částí terminálu jako jsou odbavovací přepážky, bezpečnostní kontroly atd. V textu se bude dále využívat zkratka LoS.

LoS bere v úvahu prostorové uspořádání daného místa a dobu nutnou pro provedení dané operace (např. velikost odbavovací přepážky a dobu, kterou cestující stráví odbavením) s cílem dosáhnout ekonomicky nejvýhodnějšího řešení, které vyhovuje a dostatečně uspokojuje poptávku aerolinií a jejich pasažerů [21].

#### 4.1.1 Definice LoS

Narozdíl od ostatních elementů letištní infrastruktury se kapacita letištních terminálů pro cestující neřídí pevně danými a předdefinovanými pravidly, ale spíše pečlivým plánováním. LoS je základním plánovacím nástrojem, který poskytuje užitečný rámec pro podporu návrhu a rozšiřování letištních terminálů a umožňuje monitorování kapacity již existujících terminálů.

Parametry, které definují kapacitu letištních terminálů, jsou přímo spjaty se zkušeností cestujících a komfortním faktorem, který je možné kvantifikovat. Z tohoto důvodu LoS bere v úvahu využívaný prostor, maximální dobu zdržení v daném místě, počet dostupných sedaček v daném místě a jejich obsazenost.

LoS poskytuje pokyny pro plánování prostoru pro [21]:

- veřejné odletové haly,
- odbavování cestujících zahrnující tradiční odbavovací přepážky, samo-odbavovací kiosky s vlastní „bag-drop“ přepážkou,
- bezpečnostní kontrolu cestujících a jejich příručních zavazadel,
- hraniční kontrolu na odletu,
- odletové brány a salónky,

- hraniční kontrolu na příletu,
- vyzvednutí zavazadel,
- celní kontrolu a
- veřejnou příletovou halu.

IATA LoS metodologie určuje čtyři kategorie k určení úrovně služeb uvnitř letištních terminálů pro cestující. Tyto čtyři úrovně poskytovaných služeb zní následovně [21]:

- nedostatečná,
- neoptimální,
- optimální,
- předimenzovaná.

V každé kategorii se posuzují dva parametry – požadovaný prostor pro cestujícího a čas strávený odbavením v daném místě [21].

První dvě kategorie indikují prostor a úroveň poskytovaných služeb, které z hlediska dostupného prostoru, čekacích časů v daném místě nebo přeplněnosti daného místa nesplňují optimální kritéria. Poslední kategorie indikuje využívání zbytečně velkého prostoru, nadměrné poskytování služeb a celkově předimenzovanost daného místa, které se z ekonomického hlediska nevyplatí stavět a provozovat.

Tabulka č. 7 shrnuje úrovně poskytovaných služeb v jednotlivých úrovních:

Tabulka 7: IATA úrovně služeb [5]

| Úroveň služeb  | Prostor   | Čas  |
|----------------|---|--|
| Předimenzovaná | Velké prostory, přebytečné nevyužívané prostory           | Nadměrné poskytování zdrojů                    |
| Optimální      | Dostatečně komfortní prostor uspokojující potřebné služby | Akceptovatelné procesní a čekací časy          |
| Neoptimální    | Prostor nemusí vyhovovat optimální úrovni                 | Procesní čas nemusí vyhovovat optimální úrovni |
| Nedostatečná   | Přeplněný nekomfortní prostor                             | Neakceptovatelné procesní a čekací časy        |

IATA doporučuje projektantům, aby striktně směřovali k optimální kategorii poskytování služeb v každé části letištního terminálu. Cílem je zajistit dostatečnou kapacitu uvnitř letištního terminálu a dosáhnout rozumné rovnováhy mezi úrovní poskytovaných služeb cestujícím a ekonomickými náklady. Optimálně projektovaný prostor poskytne cestujícím dobrou

zkušenost a zároveň akceptovatelné zdržení a čekací fronty bez toho, aniž by letiště muselo vynaložit nadměrné kapitálové a provozní náklady [21].

Při plánování terminálu se volí optimální úroveň služeb pro předpokládaný tok cestujících v čase, ve kterém očekáváme využití této kapacity. Z tohoto důvodu, jakmile se terminál uvede do provozu, bude úroveň poskytovaných služeb dočasně předimenzovaná [5].

#### 4.1.2 Prostorové a časové parametry

Jak už bylo zmíněno v předchozí podkapitole, LoS využívá dvou parametrů – času a prostoru. Cestující se před procesorem hromadí v prostoru určeném pro čekání, který rozměrově odpovídá úrovni poskytované služby. A s tím souvisí maximální akceptovatelný čas, po který je cestující ochoten čekat.

|                      |                | PROSTOR                             |   |  |
|----------------------|----------------|-------------------------------------|---|--|
|                      |                | Předimenzovaný                      | Optimální   | Neoptimální                            |
|                      |                | Předimenzovaný nebo prázdný prostor | Dostatečný prostor umožňující správnou funkci terminálu | Přeplněný a nepohodlný prostor         |
| MAXIMÁLNÍ ČEKACÍ ČAS | Předimenzovaný | Předimenzovaná                      | Optimální   | Neoptimální (Zvážit úpravy)            |
|                      | Optimální      | Optimální                           | Optimální   | Neoptimální (Zvážit úpravy)            |
|                      | Neoptimální    | Neoptimální (Zvážit úpravy)         | Neoptimální (Zvážit úpravy)                             | Nedostatečná (Nutnost zvýšit kapacitu) |

Obrázek 6: Časový a prostorový parametr kapacity [22]

Tento koncept je tedy využit k určení převládající úrovně služeb při posuzování kapacity procesorů a rezervoárů uvnitř letištního terminálu. Obrázek č. 6 ukazuje tuto posuzovací problematiku. Na horizontální ose je zobrazen prostorový parametr, který definuje dostupný možný prostor pro cestujícího. Zatímco na vertikální ose je zobrazen časový parametr, který definuje maximální akceptovatelný čas, po který cestující čeká do doby, než na něj přijde řada. Uprostřed je znázorněna výsledná kapacita [5].

Pokud průsečík prostoru a času ukazuje optimální úroveň služeb, pak lze vyvodit závěr, že daný procesor poskytuje akceptovatelnou úroveň služeb cestujícímu. Avšak pokud jeden

z parametrů pracuje v režimu nižší úrovně služeb, pak je žádoucí navýšit kapacitu v daném místě terminálu. K navýšení kapacity nemusí být nutně žádoucí budovat novou infrastrukturu nebo měnit tok cestujících (fyzické navýšení kapacity), řešením může být například navýšení počtu letištního personálu nebo zlepšení odbavovací rychlosti (provozní navýšení kapacity).

Pokud oba parametry pracují v režimu nižší úrovně služeb, tak dané místo je z hlediska kapacity nedostatečné a kapacita musí být co nejdříve navýšena [5].

### 4.1.3 Tři důležité faktory

Plánování a budování letištních terminálů pro cestující je složitý, komplexní a náročný proces. Proto principu LoS musí být před použitím správně porozuměno a celý proces velmi pečlivě posouzen. Existuje několik kriticky důležitých aspektů ke zvážení před aplikací LoS [21]:

- odbornost tohoto nástroje,
- typický rušný den a
- datum návrhu.

#### Odbornost

Úspěšné a správné použití LoS vyžaduje znalosti a odbornost. Z tohoto důvodu by pro účel projektování letištních terminálů měli být najímáni kvalifikovaní profesionálové, kteří jsou schopni vhodně pomoci konkrétnímu letišti při implementaci LoS.

#### Typický rušný den

LoS by mělo být aplikováno ve specifickou periodu provozu letištního terminálu. Existuje několik definic typického rušného dne, např.:

- IATA rušný den,
- FAA rušný den,
- 40. nejvytíženější hodina a
- 95. percentil.

IATA definuje rušný den jako druhý nejrušnější den v průměrném týdnu během měsíce s nejvyšší špičkou. Pro každé letiště by měla být zvolena nejvhodnější možnost a pomocí tohoto dne by měla být určena časová perioda, při které se bude uplatňovat LoS [21].

Tato časová perioda se nikdy nesmí rovnat absolutní špičce v roce. V opačném případě bychom letištní terminál předimenzovali a výsledkem LoS by bylo nadprůměrné poskytování úrovně služeb cestujícím po zbytek roku.

Hlavním výsledkem analýzy nejrušnější periody je identifikace „nejrušnější hodiny“, která je určena z analýzy „nejrušnějšího dne“ [21].

Nápor cestujících obvykle kolísá na základě sezóny, dne v týdnu nebo konkrétní hodiny v daném dni. Tudíž LoS bude také kolísat. Projektanti toto musí zohlednit a stanovit LoS na takovou úroveň, která bude reprezentovat optimální úroveň na jednotlivých místech uvnitř letištního terminálu.

Projevem vhodně zvolené optimální úrovně LoS tedy bude následek dvou situací. Během nejvyšší špičky bude LoS nedostatečná, zatímco během období s nižším provozem cestujících, než je doba nejrušnějšího dne, bude LoS předimenzovaná a bude spadat do nejvyšší kapacitní kategorie přebytečná [21].

### **Datum návrhu**

Návrh letištního terminálu by měl být vyvíjen pro předpokládanou „rušnou hodinu“ a měl by poskytovat takovou kapacitu, která bude umožňovat mít LoS na optimální úrovni pro požadovanou budoucí periodu.

Do doby, než letiště dosáhne této budoucí periody, tedy do doby, než se provoz na letišti zvýší, bude letištní terminál fungovat s vyšší úrovní služeb LoS, než je optimální úroveň. Nové letištní terminály u letišť s očekávaným nadprůměrným nárůstem provozu v době uvedení do provozu fungují prvních několik let (odhadem v průměru zhruba od 5ti do 10ti let) s LoS v nejvyšší kategorii. Avšak předimenzování je důležité strategické rozhodnutí, které je obvykle konzultováno mezi vedením letiště a jeho případnými akcionáři za účelem vyjasnění si tohoto rozhodnutí. Protože pokud letištní terminál nedosáhne své plánované kapacity v průměru do 10 a více let, pak takovýto letištní terminál bude velmi předimenzovaný a náklady na provoz budou značně vysoké [21].

### **4.1.4 Použití LoS**

Tento základní plánovací nástroj je možné použít pro řadu různých účelů, jako například k posouzení současného stavu a následným návrhům k vylepšení současného stavu na vhodnější řešení. Nebo čistě jen analyzovat nebo navrhovat terminál [21].

#### **Změření současného stavu a návrhy ke zlepšení**

První možností je analyzovat stav současného letištního terminálu, identifikovat nejvíce vytížená místa a prozkoumat potenciální možné zlepšení.

LoS je možné použít ke skutečnému změření kapacity existujících odbavovacích míst uvnitř terminálu a stanovit tak vztah mezi aktuální a očekávanou odbavovací kapacitou. Tato měření



pak pomohou přesně identifikovat místa s nízkou kapacitou uvnitř terminálu. U těchto míst pak navýšíme potřebnou kapacitu za účelem dosažení optimální úrovně LoS.

LoS by měla být měřena ve vhodné časové periodě s přihlédnutím k nárokům současné kapacity a nárokům, které se předpokládaly v době uvedení terminálu do provozu – datum návrhu. Zanedbáním by došlo k zavádějícím závěrům a nesprávné interpretaci výsledků [21].

### **Analýza kapacity letištního terminálu**

Analýzou kapacity letištního terminálu se rozumí teoretické cvičení s cílem identifikace kapacity jakékoli části terminálu – ať už existující nebo teprve plánované části, s využitím matematických rovnic, simulačního modelu nebo prostým přibližným odhadem.

Poté se zjišťuje vztah jednotlivých podsystémů uvnitř letištního terminálu se současnými a předpovídanými nároky na kapacitu.

Definici kapacity pro jakýkoli subsystém terminálu pro cestující nelze pochopit bez kvantifikovatelné míry zkušeností a pohodlí cestujícího. Proto je LoS vyžadován k určení příslušných parametrů pro jakoukoli analýzu kapacity terminálového subsystému nebo budovy [21].

### **Navrhování nových terminálů**

Metodologie pro navrhování nových částí letištních terminálů se liší od jednoduchých metod prostého odvozování a používání běžných matematických kapacitních rovnic do mnohem sofistikovanějších úrovní jako je využívání specializovaných softwarů modelujících průchod cestujících skrz letištní terminál. Avšak i tyto metody potřebují použít LoS k určení základních vstupních parametrů [21].

## **4.1.5 Shrnutí**

IATA vytvořením konceptu LoS, který publikuje ve svém manuálu ADRM poskytuje návod a postupy, kterými lze analyzovat současnou kapacitu letištních terminálů, identifikovat přetížená místa a u těchto míst pak kapacitu navýšit.

Je velmi důležité, aby byl LoS aplikován přesně podle postupů, zmíněných v ADRM – vzít do úvahy typický rušný den, nejvytíženější období v roce a plánované datum uvedení do provozu.

Dále by proces zavedení LoS měli dělat pouze kvalifikovaní profesionálové a před samotným zavedením by celý proces měl být diskutován s požadavky aerolinií a s požadavky samotného letiště.

LoS je určen pouze pro posouzení prvků terminálů zmíněných v kapitole č. 4.1.1. LoS nelze aplikovat pro chodby spojující jednotlivé části terminálů, schodiště spojující jednotlivá patra, maloobchody uvnitř terminálů nebo sociální zařízení.

Tento koncept neposkytuje návod k dalším technickým částem terminálu z pohledu architektury a stavby – výšky stropů, vybavení, úpravy a použitý materiál. Ačkoliv i toto by mělo být na začátku celého procesu posouzeno, protože v konečném důsledku má toto vše vliv na konečné náklady.

Metodu LoS lze také použít čistě jen k monitorování aktuální kapacity jednotlivých částí terminálů a využít jej jako spouštěč k identifikaci přetíženého uzlu a nutnosti zvýšit kapacitu tohoto uzlu.

Na obrázku č. 7 a 8 (na další straně) IATA stanovuje parametry jednotlivých částí terminálu pro optimální úroveň poskytovaných služeb. Prvním parametrem je čas, který cestující stráví daným úkonem. A druhým parametrem je prostor, ve kterém se cestující pohybuje. Některé základní údaje shrnuje následující tabulka č. 8:

Tabulka 8: Optimální úroveň poskytovaných služeb dle IATA [23] [vlastní zpracování]

| Procesor  | Čas [min]                                    | Prostor [m <sup>2</sup> ]                                     |
|---|--|---|
| Odbavovací přepážka s obsluhou  | 10 až 20                                     | 1,3 až 1,8  |
| Samo-odbavení <ul style="list-style-type: none"> <li>• kiosky</li> <li>• bag-drop přepážka</li> </ul>                     | 1 až 2<br>1 až 5                             | 1,3 až 1,8  |
| Bezpečnostní kontrola   | 5 až 10                                      | 1,0 až 1,2  |
| Hraniční kontrola (přílet i odlet) <ul style="list-style-type: none"> <li>• s obsluhou</li> <li>• automatická</li> </ul>  | 5 až 10<br>1 až 5                            | 1,0 až 1,2  |
| Vyzvednutí zavazadel <ul style="list-style-type: none"> <li>• úzkotrupé letadlo</li> <li>• širokotrupé letadlo</li> </ul> | (první cest./poslední cest.)<br>0/15<br>0/25 | 1,5 až 1,7  |
| Celní kontrola  | 1 až 5                                       | 1,3 až 1,8  |
| Čekárna v odletové bráně<br>(50 až 70 % cestujících usazeno)  |  | 1,8 až 2,2 (místo pro sezení)<br>1,2 až 1,5 (místo pro stání) |



| Procesor uvnitř terminálu                           | Prostorové normy pro čekací plochu [m <sup>2</sup> /cestující] |           |           |                    |                    | Standardní čekací doba pro procesory [min] |           |           |                    |                    | Standardní čekací doba pro procesory [min] |           |           |                    |            | Podíl sedících cestujících [%] |           |                    |                    |   |
|---|--|-----------|-----------|--------------------|--------------------|--|-----------|-----------|--------------------|--------------------|--|-----------|-----------|--------------------|------------|--------------------------------|-----------|--------------------|--------------------|---|
|   | A  | B         | C         | D                  | E                  | A  | B         | C         | D                  | E                  | A  | B         | C         | D                  | E          | A                              | B         | C                  | D                  | E |
| Úroveň služeb<br>ADRM 9. verze<br>ADRM 10. verze    | Přebytečná   | Optimální | Optimální | Částečně optimální | Částečně optimální | Přebytečná                                 | Optimální | Optimální | Částečně optimální | Částečně optimální | Přebytečná                                 | Optimální | Optimální | Částečně optimální | Přebytečná | Optimální                      | Optimální | Částečně optimální | Částečně optimální |   |
| Veřejná odletová hala                               | >2.3   | 2.3       | <2.3      |                    |                    |  |           |           |                    |                    |  |           |           |                    |            |                                |           |                    |                    |   |
|   | >1.8   | 1.3 - 1.8 | <1.3      |                    |                    | 0  | 0-2       | >2        |                    |                    | 0  | 0-2       | >2        |                    |            | 0                              | 0-2       | >3                 |                    |   |
| Samo-odbavovací kiosky                              |  |           |           |                    |                    |  |           |           |                    |                    |  |           |           |                    |            |                                |           |                    |                    |   |
|   | >1.8   | 1.3 - 1.8 | <1.3      |                    |                    | 0  | 0-5       | >5        |                    |                    | 0  | 0-3       | >3        |                    |            | 0                              | 0-3       | >3                 |                    |   |
| Bag-drop desk (šířka řady 1,4 - 1,6 m)              |  |           |           |                    |                    |  |           |           |                    |                    |  |           |           |                    |            |                                |           |                    |                    |   |
|   | >1.8   | 1.3 - 1.8 | <1.3      |                    |                    | <10  | 10-20     | >20       |                    |                    |  |           |           |                    |            |                                |           |                    |                    |   |
| Odbavovací přeprážka (šířka řady 1,4 - 1,6 m)       |  |           |           |                    |                    |  |           |           |                    |                    |  |           |           |                    |            |                                |           |                    |                    |   |
|   | >1.2   | 1.0 - 1.2 | <1        |                    |                    |  |           |           |                    |                    |  |           |           |                    |            |                                |           |                    |                    |   |
| Emigrace - bezpečnostní kontrola (šířka řady 1,2 m) |  |           |           |                    |                    |  |           |           |                    |                    |  |           |           |                    |            |                                |           |                    |                    |   |
|   | >1.2   | 1.0 - 1.2 | <1        |                    |                    | <5   | 5-10      | >10       |                    |                    | <5   | 0-3       | >3        |                    |            | 0                              | 0-3       | >3                 |                    |   |
| Pasová kontrola (šířka řady 1,2 m)                  |  |           |           |                    |                    |  |           |           |                    |                    |  |           |           |                    |            |                                |           |                    |                    |   |
|   | >1.2   | 1.0 - 1.2 | <1        |                    |                    | <5   | 5-10      | >10       |                    |                    |  |           |           |                    |            |                                |           |                    |                    |   |
| Sedící cestující                                    |  |           |           |                    |                    |  |           |           |                    |                    |  |           |           |                    |            |                                |           |                    |                    |   |
|   | >1.7   | 1.5 - 1.7 | <1.5      |                    |                    |  |           |           |                    |                    |  |           |           |                    |            |                                |           |                    |                    |   |
| Odlětová čekárna                                    |  |           |           |                    |                    |  |           |           |                    |                    |  |           |           |                    |            |                                |           |                    |                    |   |
|   | >1.2   | 1.0 - 1.2 | <1        |                    |                    |  |           |           |                    |                    |  |           |           |                    |            |                                |           |                    |                    |   |
| Imigrace - bezpečnostní kontrola (šířka řady 1,2 m) |  |           |           |                    |                    |  |           |           |                    |                    |  |           |           |                    |            |                                |           |                    |                    |   |
|   | >1.2   | 1.0 - 1.2 | <1        |                    |                    | <10  | 10        | >10       |                    |                    | <5   | 5         | >5        |                    |            | <5                             | 5         | >5                 |                    |   |
| Transfery   |  |           |           |                    |                    |  |           |           |                    |                    |  |           |           |                    |            |                                |           |                    |                    |   |
|   | >1.2   | 1.0 - 1.2 | <1        |                    |                    | <5   | 5         | >5        |                    |                    |  |           |           |                    |            |                                |           |                    |                    |   |
| Vyzvednutí zavazadel                                |  |           |           |                    |                    |  |           |           |                    |                    |  |           |           |                    |            |                                |           |                    |                    |   |
|   | >1.7   | 1.5 - 1.7 | <1.5      |                    |                    |  |           |           |                    |                    |  |           |           |                    |            |                                |           |                    |                    |   |
| Úzkotrupé letadlo                                   |  |           |           |                    |                    |  |           |           |                    |                    |  |           |           |                    |            |                                |           |                    |                    |   |
|   | >1.7   | 1.5 - 1.7 | <1.5      |                    |                    |  |           |           |                    |                    |  |           |           |                    |            |                                |           |                    |                    |   |
| Širokotrupé letadlo                                 |  |           |           |                    |                    |  |           |           |                    |                    |  |           |           |                    |            |                                |           |                    |                    |   |
|   | >1.7   | 1.2 - 1.7 | <1.2      |                    |                    |  |           |           |                    |                    |  |           |           |                    |            |                                |           |                    |                    |   |
| Veřejná příletová hala                              |  |           |           |                    |                    |  |           |           |                    |                    |  |           |           |                    |            |                                |           |                    |                    |   |
|   | >1.7   | 1.2 - 1.7 | <1.2      |                    |                    |  |           |           |                    |                    |  |           |           |                    |            |                                |           |                    |                    |   |
| CIP salóňky   |  |           |           |                    |                    |  |           |           |                    |                    |  |           |           |                    |            |                                |           |                    |                    |   |
|   |  | 4.0       |           |                    |                    |  |           |           |                    |                    |  |           |           |                    |            |                                |           |                    |                    |   |

Obrázek 8: IATA, koncept LoS [5]

## 4.2 Kapacitní simulační modely

Pro stanovení kapacitních požadavků pro tok cestujících a zavazadel skrz letištní terminál lze využít i matematicko-stochastické simulační modely. Tyto modely lze využívat už při projekci letiště a zároveň během provozu k posouzení kapacity jednotlivých subsystémů letištního terminálu.

### 4.2.1 Historie kapacitních modelů

První studie s možností využívat modely sahají už do 80. let minulého století, jmenovitě např.:

#### **Hamzawi model (1992)**

Tato studie pojednává o potřebě mít řešení pro terminál, který je přeplněn z důvodu nedostatečné kapacity. Argumentuje se zde, že pokud nebudou včas aplikována nápravná opatření, můžeme očekávat v konečném důsledku až kompletní selhání celé letištní infrastruktury.

V praxi je většina nápravných opatření realizována formou drahých projektů na rozšíření kapacity, protože během počáteční stavby nebyl k dispozici dostatek zdrojů, který by určil správnou predikci vývoje poptávky cestujících do budoucna. Je tedy žádoucí tento stav minimalizovat.

Ze studie plyne závěr, že významného a dlouhodobého zvyšování kapacity letištních terminálů lze dosáhnout pouze výstavbou nových vhodných terminálů, které jsou navrženy tak, aby se v budoucnu daly jednoduše rozšiřovat, protože to umožní jejich koncepcí. Návrh terminálu by měl být dostatečně efektivní a flexibilní, aby byl připraven na všechny předpokládané scénáře v letecké dopravě [24].

#### **Saffarzadeh & Braaksma model (2000)**

Většina studií zkoumá problém kapacity z pohledu optimálního návrhu letištního terminálu. Tyto studie obvykle obsahují jednorázový přístup založený na předpovědi poptávky cestujících během jednoho krátkého období a následný tok cestujících skrz terminál.

Použitím tohoto konceptu vytvořili Saffarzadeh a Braaksma model, který minimalizuje finanční náklady zabráněním tomu, aby byl terminál zbytečně poddimenzován nebo předimenzován [25].

#### **McCullough & Roberts model (1979)**

Jde o kapacitně analytický model založený na studii pohybu cestujících uvnitř terminálu během diskretních časových intervalů. Model předpokládá pouze jednu řadu cestujících procházejících skrz terminál [26].

### **McKelvey model (1989)**

Stejný model jako předchozí, který ale navíc implementuje více paralelních řad cestujících, kteří procházejí skrz terminál. Model analyzuje délku, kterou cestující stráví odbavením v terminálu z hlediska času [27].

### **Jim & Chang model (1998)**

Modely pracující s paralelními řadami cestujících mohou být dobře použity k analýze toku cestujících. Avšak využívají ustáleného stavu, kdy se počet cestujících nemění. Tyto modely proto nemohou být vhodně použity pro letištní terminál z důvodu velké variability v počtu příletů a odletů během typického dne, kdy se počet cestujících mění.

Vzhledem k tomu, že tok cestujících v letištním terminálu je velice komplexní a náhodný, je nutné toto zohlednit. Z tohoto důvodu většina studií zahrnuje ve svých modelech simulaci náhodného toku cestujících. Výsledky těchto simulací jsou pak použity k určení požadované kapacitní úrovně terminálu.

S těmito předpoklady pracuje model, který vytvořili Jim a Chang. Jedná se o simulační model navržený k zhodnocení několika alternativních návrhů letištních terminálů k určení vhodné kapacity [28].

### **Solak & Clarke & Johnson model (2009)**

Tento model předpokládá, že úroveň služeb letištního terminálu je měřena celkovým časem, který pasažér stráví uvnitř terminálu. Tedy časem stráveným vstupem do terminálu, pěší cestou na přepážku, samotným procesem odbavení, pěší cestou k bezpečnostní kontrole, procesem bezpečnostní kontroly, pěší cestou k odletové bráně a odbavením u odletové brány.

Model využívá dvě časové funkce k aproximaci maximálního zpoždění cestujícího:

- zpoždění ve spojovacích chodbách terminálu a
- zpoždění způsobené odbavením na odbavovací přepážce, na bezpečnostní kontrole a u odletové brány.

Použitím těchto funkcí lze navrhnout stochastický model, který optimálně zohlední požadovanou kapacitu terminálu s přihlédnutím k maximálnímu možnému zpoždění cestujících ve špičkových hodinách.

Výstupem modelu je optimální kapacita ve spojovacích chodbách terminálu a optimální kapacita v místech, kde probíhá interakce pasažéra s letištním personálem – odbavovací přepážka, bezpečnostní kontrola a odbavovací brána. To vše v různých časových intervalech.

Dále je také výstupem optimální doporučení, jakým způsobem vhodně rozšířit kapacitu terminálu.

Model se tedy zaměřuje na paralelní tok cestujících skrz letištní terminál a využívá časové funkce, které aproximují maximální možné zpoždění cestujících uvnitř terminálu, ve kterém neexistuje ustálený tok cestujících. Tento model může být využit i pro další typy terminálů, ať už lodních, vlakových nebo autobusových. Ale také obecně pro problémy zabývající se náhodným paralelním tokem cestujících uvnitř budov.

Na základě tohoto modelu je formulován stochastický problém zabývající se rozšířením nedostatečné kapacity terminálu a výstupem je návrh nejefektivnějšího řešení, které umožní navýšit kapacitu [29].

### **Shrnutí**

Žádný z dnes existujících modelů řešících kapacitu letištních terminálů není schopen zcela přesně předpovědět požadovanou kapacitu z důvodu obtížnosti modelovat náhodný tok cestujících v letištních terminálech, zejména v těch se složitou organizační strukturou.

## **4.2.2 Dnešní simulační modely**

### **ArcPORT**

Kanadská společnost Transoft Solutions s několika pobočkami po celém světě nabízí celou sadu simulačních programů zaměřených na schopnost simulovat kompletně celý provoz letiště od příjezdu dopravních prostředků na letiště až po odlet letadla z odletové dráhy. Jedním z těchto programů je ArcPORT.

Jedná se o simulační software zaměřený na analýzu cestujících a zavazadel v letištních terminálech a dalších zařízeních pro přepravu cestujících. Tento software nabízí pokročilé funkce pro modelování, simulaci a hodnocení provozu, efektivity a kapacity celých terminálů nebo jednotlivých subsystémů terminálu jako jsou odbavovací haly, bezpečnostní a imigrační kontroly nebo čekací salonky.

Mezi hlavní funkce patří simulace a vizualizace procesů uvnitř terminálů, analýza kapacity, vytváření scénářů ve smyslu – „co kdyby?“, optimalizace provozu terminálu, stanovení výkonnostních indikátorů, analýza nových návrhů rozšiřujících terminál, posouzení největších kapacitních omezení uvnitř celé infrastruktury, prezentace zjištěných závěrů, které lze využít k zjištění možných benefitů a minimalizaci nákladů [30].

### **CAST Terminal**

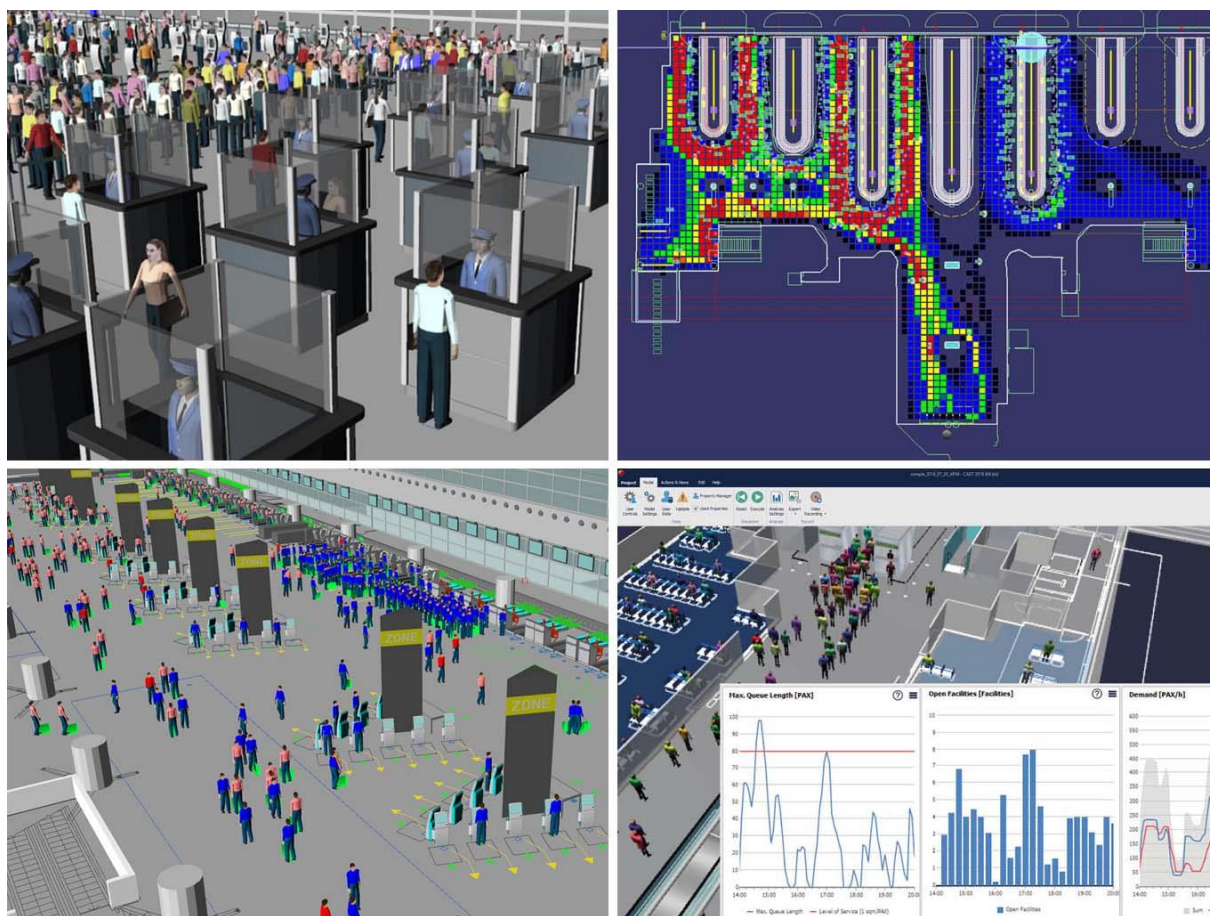
Německá společnost ARC (Airport Research Center) je globálním poskytovatelem v poradenství optimalizace investic a snižování provozních nákladů v leteckém průmyslu.

Také je schopna simulovat kompletně celý provoz daného letiště od příjezdu cestujícího na letiště až po samotný pohyb letadla na provozní ploše. Jedním z nabízených programů je CAST Terminal.

Jedná se o software simulující tok cestujících, jejich zavazadel a všech procesů s tím spojených skrz letištní terminál. Používá se k určení kapacitních požadavků na subsystemy terminálu a k ověření nových návrhů uvnitř terminálu s cílem dosáhnout maximální spolehlivosti při plánování.

Dále také poskytuje možnost zhodnotit a optimalizovat stávající rozložení terminálu a simulovat různé provozní scénáře pomocí jednoduché vizualizace všech procesů probíhajících uvnitř terminálu, zabývá se snižováním investičních nákladů a rizik, testováním scénářů ve smyslu – „co kdyby?“, urychlováním a standardizováním procesu modelování a plánování letištního terminálu, řešením případných nejistot a předvídáním dopadu budoucích selhání a budoucích změn a vyhýbáním se chyb při plánování [31].

Na následujícím obrázku č. 9 jsou ukázány snímky obrazovky z jednotlivých simulačních programů. Na levé straně ArcPORT, na pravé straně CAST Terminal.



Obrázek 9: Snímky obrazovky ze simulačních programů [30] [31]



## **5 Aktuální stav kapacity Terminálu 1 na Letišti Václava Havla Praha**

Tato kapitola si klade za cíl popsat aktuální stav letiště a zanalyzovat aktuální kapacitní možnosti Terminálu 1 na Letišti Václava Havla v Praze.

### **5.1 Historie letiště**

Letiště Václava Havla Praha je největší mezinárodní letiště v České republice, vzniklo ve 30. letech 20. století a již v této době bylo hodnoceno odborníky z celého světa jako jedno z nejlepších letišť v Evropě. Vůbec první letadlo přistálo na letišti v roce 1937 a touto událostí byl oficiálně zahájen provoz pražského letiště.

Po druhé světové válce bylo letiště postupně modernizováno, byly prodlouženy vzletové a přistávací dráhy, doplněn systém pojezdových drah a vybudován světelný zabezpečovací systém pro noční provoz. V roce 1947 byla zahájena výstavba paralelní dráhy ve směru SV-JZ, tedy dnešní RWY 06/24.

V šedesátých letech byl postaven dnešní Terminál 1 s kapacitou 2,3 milionů cestujících ročně a systém vzletových a přistávacích drah byl dále rozšířen až na výslednou délku 4,3 km. Ke konci 80. let byla dokončena rekonstrukce původní odbavovací haly z 30. let – dnešní Terminál 4, který slouží primárně pro VIP lety a státní návštěvy.

V devadesátých letech začala výstavba dnešního Terminálu 2 s kapacitou 4,8 milionů cestujících ročně, dále také dnešní Terminál 3 a nákladní terminál. V období 2012 až 2014 došlo k dokončení generální opravy hlavní dráhy 06/24 [32] [33] [34].

V roce 2019 letiště odbavilo 17,8 milionů cestujících. Oproti roku 2018 jde o nárůst zhruba jednoho milionu cestujících. Nejvytíženějším měsícem byl srpen 2019 se 2 miliony odbavenými cestujícími. V nejvytíženější den bylo odbaveno 71 tisíc cestujících. V roce 2019 bylo uskutečněno celkem 154 777 vzletů a přistání, o půl procenta méně ve srovnání s rokem 2018 [3].

#### **Vliv vstupu ČR do schengenského prostoru**

V roce 2007 se Česká republika na plno připojila k ostatním zemím EU a vstoupila do schengenského prostoru. Tento vstup má několik dopadů i na kapacitu letištních terminálů těch evropských států, které jsou součástí schengenského prostoru [16].

Na základě těchto požadavků schengenské legislativy musí být oddělen tok cestujících do destinací v schengenském prostoru od toku cestujících do destinací v ne-schengenském

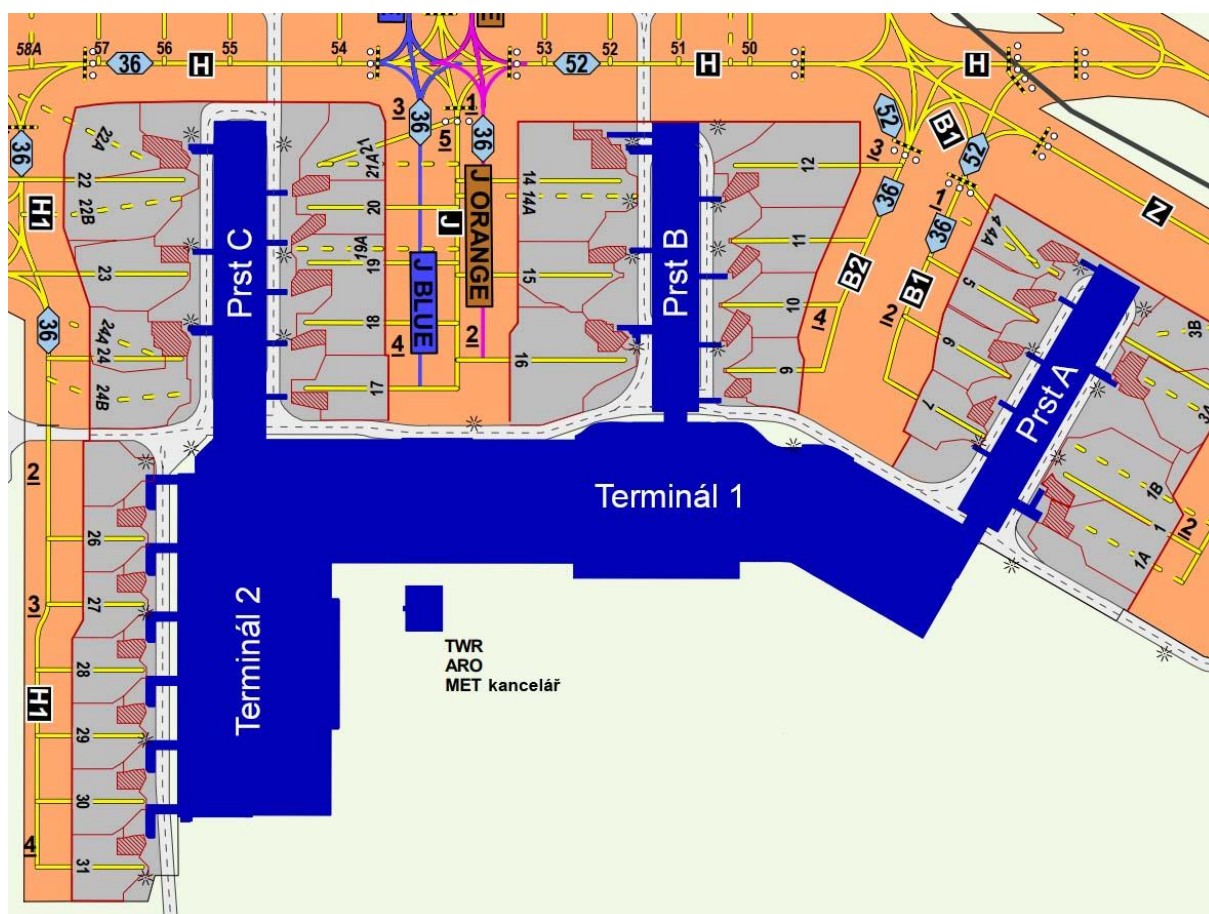
prostoru, a to jak na příletu, tak i na odletu. Faktickým důsledkem tak je vznik letištních terminálů čistě pro cestující mířící do zemí schengenského prostoru [35].

Tento požadavek také definuje skutečnost, že od roku 2007 již nelze kapacitu terminálů využívat s takovou flexibilitou jako v minulosti. Nelze tedy kapacitně navzájem sdílet prostory pro cestující schengenského a mezinárodního provozu.

## 5.2 Konfigurace terminálů

Letiště lze rozdělit na tři části – na OP Sever, Jih a Východ. Celkem Letiště Václava Havla Praha obsahuje čtyři terminály.

Na OP Sever se nachází Terminál 1, který odbavuje obchodní lety do zemí mimo schengenský prostor. Dále je zde také Terminál 2, který odbavuje obchodní lety do zemí schengenského prostoru. Na následujícím obrázku č. 10 lze spatřit konfiguraci těchto dvou přilehlých terminálů. Součástí Terminálu 1 jsou prsty A a B a součástí terminálu 2 je prst C.



Obrázek 10: Konfigurace letištních terminálů na Letišti Václava Havla Praha [36]

Lze konstatovat, že Terminál 2 je lineárního typu s jedním prstem. Hlavní lineární část terminálu obsluhuje stání 26 až 31. Prst označený písmenem C je obklopen z obou stran

stáním 17 až 24. Součástí prstu C jsou i přízemní odletové brány, které obsluhují vzdálená stání 50 až 58, 60 až 64 a 70 až 75 pomocí autobusů [36].

Terminál 1 je typickým představitelem prstového konceptu s dvěma prsty A a B. Oba tyto prsty z obou stran obsluhují stání 1 až 16. V přízemí obou prstů jsou další odletové brány, které analogicky jako u Terminálu 2 obsluhují identická vzdálená stání pomocí autobusů. Přilehlá stání obou letištních terminálů jsou obsluhována pomocí nástupních mostů [36].

Severovýchodně od Terminálu 1 se nachází terminál pro přepravu nákladu a poštovních zásilek – OP Východ [36].

Na OP Jih se nachází Terminál 3, který obsluhuje soukromé a obchodní lety. A také Terminál 4, který slouží pouze pro státní lety politiků a diplomatů. Je ve správě ministerstva obrany [36].

### Terminál 1



Obrázek 11: Odletové brány Terminálu 1 [37] [vlastní zpracování]

Bezpečnostní kontrola uvnitř Terminálu 1 probíhá až před samotným vstupem cestujícího do prostorů odletových bran – decentralizované odbavování. Z tohoto důvodu se v Terminálu 1 nachází několik bezpečnostních kontrol, za kterými se již nachází SRA zóna.

Terminál 1 obsahuje celkem dva prsty. Prst A celkově obsahuje devět odletových bran A2 až A10. Brány A2 a A5 mají svou vlastní bezpečnostní kontrolu. Bezpečnostní kontrola je sdílená pro brány A8 a A9, pro brány A6 a A7 a dále pro brány A3, A4 a A10.

Prst B je rozdělen na dvě patra. Vrchní patro obsahuje celkem sedm odletových bran značených B1 až B5 a brány B7 a B8. Opět se zde nachází několik bezpečnostních kontrol oddělujících SRA zóny jednotlivých bran od zbytku terminálu. Každá odletová brána B1, B2 a B5 má svou vlastní bezpečnostní kontrolu. Odletové brány B3 a B4 sdílejí společnou bezpečnostní kontrolu. Stejný případ platí pro brány B7 a B8.

Spodní patro prstu B obsahuje celkem sedm odletových bran s označením B10 a B13 až B18. Všechny odletové brány ve spodním patře prstu B mají společnou stejnou bezpečnostní kontrolu. Odletové brány jsou zobrazeny na obrázku č. 11 na předcházející straně.

### **5.3 Skutečná kapacita Terminálu 1**

Jak už zaznělo v kapitole č. 3.2, z hlediska kapacitních možností letištního terminálu se posuzují jednotlivé subsystémy – kapacita odbavovacích přepážek v odletové hale, kapacita míst s hraniční a bezpečnostní kontrolou na odletu, kapacita čekáren u odletových bran. Také kapacita karuselů, kapacita hraniční kontroly na příletu a kapacita příletové haly.

Autor má k dispozici základní rozměry a výkresy celého Terminálu 1. K určení celkové kapacity bude využito konceptu úrovně poskytovaných služeb zmíněných v kapitole č. 4 a využití výpočetních rovnic z ADR manuálu vytvořeného organizací IATA a statistických dat poskytnutých společností Letiště Praha, a. s. a jinými důvěryhodnými organizacemi [5] [38].

ADR manuál vychází ze znalosti známého počtu přepravených cestujících ve špičkové hodině a z tohoto vstupního parametru navrhuje kapacitu jednotlivých procesorů. Jednoduše řečeno, ADR manuál poskytuje instrukce, jak postavit letiště a dimenzovat kapacitu tak, aby odpovídala budoucímu předpokládanému toku cestujících ve špičkové hodině.

Tato práce nevytváří nové letiště, ale zkoumá kapacitu již existujícího letiště. Z tohoto důvodu bude logika obrácená. Vstupním parametrem budou současné počty procesních jednotek uvnitř Terminálu 1 pražského letiště a výstupem bude počet cestujících, které tento procesor zvládá odbavovat.

Pro co nejjednodušší orientaci v této kapitole, bude každá následující podkapitola začínat na nové stránce. Celkem je těchto podkapitol 8 a analyzují kapacitu odletové haly, hraniční kontroly na odletu, bezpečnostní kontroly, kapacitu odletových čekáren, kapacitu hraniční kontroly na příletu, kapacitu karuselů a kapacitu příletové haly.

Poslední osmá podkapitola shrnuje a identifikuje nejslabší místa s ohledem na kapacitu.

### 5.3.1 Odletová hala

V odletové hale známe přesný počet odbavovacích přepážek. Celkem se jich v Terminálu 1 nachází 70. Z provozního hlediska mohou být odbavovací přepážky provozovány ve třech režimech – pro ekonomické cestující, pro obchodní cestující a pro cestující první třídy. Z tohoto důvodu je žádoucí znát procentuální zastoupení jednotlivých tříd cestujících. Protože cestující dané třídy má statisticky přidělenou různou dobu odbavení.

To, v jakém režimu přepážka bude provozována, je v kompetenci handlingové společnosti, která danou přepážku provozuje. Z hlediska letištní infrastruktury jsou všechny odbavovací přepážky stejné. Rozdílnost tříd cestujících bude zohledněna v jednotném odbavovacím času, který procentuálně zastoupí cestující ze všech tříd.

#### 5.3.1.1 Dynamická kapacita - přepážky

Pro určení maximálního objemu cestujících, který je odbavovací přepážka schopna zvládnout využijeme proměnných v následující tabulce č. 9:

Tabulka 9: Proměnné pro výpočet dynamické kapacity odbavovacích přepážek [5]

| Proměnná    | Popis  | Hodnoty               |
|-------------|--|-----------------------|
| CDi (Y/J/F) | přibližný počet odbavovacích přepážek pro cestujícího ekonomické/obchodní/první třídy                                  | -                     |
| PHP         | počet cestujících ve špičce (uvnitř špičkové hodiny)   | hledáme               |
| PK          | špičkový 30minutový faktor (v % z PHP)   | 65 %                  |
| P(J/F)      | podíl obchodních cestujících (a cestujících prvních tříd) z celkového počtu cestujících (v % z PHP)                    | J=4 %                 |
| PT(Y/J/F)   | procesní čas (odbavení) cestujícího ekonomické/obchodní/první třídy u odbavovací přepážky (v sekundách)                | Y=100/J=108/<br>F=108 |
| MQT(Y/J/F)  | maximální doba čekání ve frontě před odbavovací přepážkou pro cestujícího ekonomické/obchodní/první třídy (v minutách) | Y=15/J=4/F=4          |
| Cf(Y/J/F)   | opravný koeficient pro QMAX (viz tabulka č. 10)  | Y=1,01/J=F=1,22       |
| CD          | skutečný počet odbavovacích přepážek   | 70                    |

Tabulka 10: Hodnoty opravných koeficientů Cf a Qf [5]

| Opravný koeficient (Cf) zohledňující náhodný příchod cestujících |      | Opravný koeficient (Qf) pro QMAX |       |
|--|------|----------------------------------|-------|
| MQT  | Cf   | MQT                              | Qf    |
| 3  | 1,21 | 3                                | 0,120 |
| 4  | 1,22 | 4                                | 0,151 |
| 5  | 1,15 | 5                                | 0,183 |
| 10   | 1,06 | 10                               | 0,289 |
| 15   | 1,01 | 15                               | 0,364 |
| 20   | 1,00 | 20                               | 0,416 |
| 25   | 1,00 | 25                               | 0,453 |
| 30   | 1,00 | 30                               | 0,495 |

## Popis a hodnoty proměnných

Celkem je v odbavovací hale pražského letiště 70 přepážek (CD) a šest kiosků. MQT je maximální povolený čas dle optimální úrovně služeb, během kterého cestující čeká nebo může čekat, než na něj přijde řada. Tento čas stanovuje IATA ADR manuál na 15 minut pro ekonomického cestujícího a 4 minuty pro cestujícího obchodní nebo první třídy [5].

Cf je opravný koeficient, který zohledňuje náhodný příchod cestujících k přepážkám během špičkové doby. Je závislý na hodnotě MQT a určuje se z tabulky č. 10.

PT je doba v sekundách, za kterou odbavíme cestujícího ekonomické třídy, obchodní třídy nebo první třídy. Z poskytnutých dat jsou statisticky určeny tyto hodnoty: 100 sekund pro cestujícího ekonomické třídy a 108 sekund pro cestujícího obchodní a první třídy [38].

P je poměr vyjadřující procentuální zastoupení cestujících obchodní třídy a první třídy vůči cestujícím ekonomické třídy. Statisticky jde zhruba o 4 % [38].

PHP představuje počet cestujících za hodinu ve špičce. Jde o kapacitní hodnotu, která říká, kolik cestujících daný procesor zvládá odbavit. PK představuje 30ti minutový interval, během kterého dorazí k odbavovacím přepážkám většina cestujících. Statisticky jde zhruba o 65 % cestujících. CD<sub>i</sub> je teoretický počet odbavovacích přepážek. Jedná se o hodnotu, která není ošetřena opravnými koeficienty.

## Vztahy pro výpočet

Z ADR manuálu použijeme vztahy (3) a (4). Vztahy (5), (6) a (7) vyjadřují váženým průměrem hodnoty PT, MQT a Cf. Jsou zprůměrovány tak, aby zohlednily procentuální zastoupení ekonomických a obchodních cestujících:

$$CD_i = PHP \cdot PK \cdot \frac{PT}{60} \cdot \frac{1}{30+MQT} \quad (3)$$

$$CD = CD_i \cdot Cf \quad (4)$$

$$PT = (1 - P) \cdot PT_Y + P \cdot PT_J \quad (5)$$

$$MQT = (1 - P) \cdot MQT_Y + P \cdot MQT_J \quad (6)$$

$$Cf = (1 - P) \cdot Cf_Y + P \cdot Cf_J \quad (7)$$

## Samotný výpočet

Vzájemným dosazením vztahů (3) a (4) vyjádříme PHP a dostaneme následující vztah:

$$PHP = \frac{1}{PK} \cdot \frac{CD}{Cf} \cdot \frac{60}{PT} \cdot \frac{30+MQT}{1} \quad (8)$$

Do, kterého dosadíme vztahy (5), (6), (7) a hodnoty z tabulky č. 9.:

$$PHP = \frac{1}{0,65} \cdot \frac{70}{1,0184} \cdot \frac{60}{100,32} \cdot \frac{30+14,56}{1} \doteq 2818,222 \text{ cestujících}$$

## Závěr

Závěrem lze říct, že PHP udává maximální počet cestujících za jednotku času (v našem případě za hodinu). Jde o kapacitu, kterou zvládne odbavit odletová hala Terminálu 1. Tato hodnota je přibližně 2 818 cestujících. Je to tedy maximální možná dynamická kapacita odbavovacích přepážek v odletové hale.

### 5.3.1.2 Statická kapacita - přepážky

Před každou odbavovací přepážkou je prostor, ve kterém se cestující hromadí a čekají, než na ně přijde řada. Tento čekací prostor představuje statickou kapacitu. Pro určení této kapacity využijeme proměnných v následující tabulce č. 11:

Tabulka 11: Proměnné pro výpočet statické kapacity odbavovacích přepážek [5]

| Proměnná            | Popis  | Hodnoty           |
|---------------------|--|-------------------|
| QMAX                | maximální počet cestujících čekajících ve frontě   | -                 |
| PHP                 | počet cestujících ve špičce (uvnitř špičkové hodiny)   | 2818              |
| PK <sub>30MIN</sub> | 30ti-minutová propustnost (propustnost=odbavení cestující/procesní čas)  | 0,65 PHP          |
| MQT(Y/J/F)          | maximální doba čekání ve frontě před odbavovací přepážkou pro cestujícího ekonomické/obchodní/první třídy (v min.) | Y=15<br>J=F=4     |
| Qf(Y/J/F)           | opravný koeficient pro QMAX (viz tabulka č. 10)  | Y=0,364/J=F=0,151 |
| SP                  | osobní prostor cestujícího (v m <sup>2</sup> )   | 1,55              |
| A                   | potřebná plocha pro odbavovací přepážky (pro celý procesor)  | hledáme           |
| CDd                 | hloubka odbavovací přepážky (v metrech), včetně vzdálenosti mezi odbavovací přepážkou a frontou cestujících        | -                 |
| CDw                 | šířka jedné odbavovací přepážky (v metrech)  | -                 |
| W                   | šířka koridoru (v metrech)   | -                 |

### Popis a hodnoty proměnných

QMAX určuje maximální počet cestujících čekajících na hraniční kontrolu. Qf je opravný koeficient, který určíme pomocí tabulky č. 10. Dle MQT 15 pro ekonomického cestujícího nebo 4 pro obchodního cestujícího je Qf rovno hodnotě 0,364, respektive 0,151 [5].

PHP představuje počet cestujících za hodinu ve špičce. Jde o kapacitní hodnotu, která říká, kolik cestujících daný procesor zvládá odbavit. PK<sub>30MIN</sub> představuje variabilitu v příchodu cestujících k přepážce. Ve výpočtu budeme předpokládat hodnotu, že k přepážkám dorazí v rámci 30 minut 65 % cestujících.

SP představuje osobní prostor, který je cestujícímu přidělen. Dle optimální úrovně poskytovaných služeb je tato hodnota stanovena v rozmezí 1,3 až 1,8 m<sup>2</sup> [5]. Budeme uvažovat středovou hodnotu 1,55 m<sup>2</sup>. Každý cestující má svůj osobní prostor, kterým se pohybuje po dostupném užitečném prostoru uvnitř terminálu. Užitečným prostorem se myslí

takový prostor, který je určen pro pohyb cestujících. Tzn. z tohoto prostoru jsou vyjmuty sloupy, překážky apod. Také se předpokládá, že asistenti od letiště pomáhající cestujícím nejsou součástí užitečného prostoru. Proměnná  $A$  reprezentuje celý prostor, který odbavovací přepážka jako procesor vyžaduje.  $CDd$  a  $CDw$  určují hloubku a šířku jedné odbavovací přepážky.  $W$  určuje celkovou šířku koridoru mezi přepážkami a prostorem pro čekání cestujících.

### Vztahy pro výpočet

Pro určení optimálního prostoru před samotnou přepážkou, ve kterém cestující čeká, než na něj přijde řada, lze využít následujících dvou vztahů z ADR manuálu:

$$QMAX = Qf \cdot PK_{30MIN} \quad (9)$$

$$A = (QMAX \cdot SP) + (CD \cdot CDd \cdot CDw) + (CD \cdot CDw \cdot W) \quad (10)$$

Koeficient  $Qf$  zprůměrujeme tak, aby zohlednil jak ekonomického cestujícího, tak obchodního cestujícího.

$$Qf = (1 - P) \cdot Qf_Y + P \cdot Qf_J \quad (11)$$

$$PK_{30MIN} = 0,65 \cdot PHP \quad (12)$$

### Samotný výpočet

Vztah (10) je určen součtem třech závorek. První závorka určuje plochu pro hromadění cestujících před samotným odbavením u odbavovací přepážky, druhá závorka určuje plochu samotného procesoru (odstavovací přepážka) a třetí závorka určuje plochu, ve které se cestující hromadí po odbavení a v tomto prostoru opouštějí odbavovací přepážku. Předposlední a poslední součet vypustíme, protože není aktuálně relevantní. Vztah (10) tedy můžeme upravit do následující podoby:

$$A = QMAX \cdot SP \quad (13)$$

Kombinací vztahů (9), (12) a (13) dostaneme vztah:

$$A = Qf \cdot 0,65 \cdot PHP \cdot SP \quad (14)$$

a dosadíme hodnoty z tabulek výše reprezentující parametry odbavovacích přepážek:

$$A = [(1 - 0,04) \cdot 0,364 + 0,04 \cdot 0,151] \cdot 0,65 \cdot 2818 \cdot 1,55 \doteq 1009,26 \text{ m}^2$$

### Závěr

Optimální požadovaný prostor pro hromadění cestujících před odbavovacími přepážkami měří 1 010 m<sup>2</sup>. Dostupný prostor před přepážkami v Terminálu 1 měří 1 030 m<sup>2</sup>. Prostoru před přepážkami je tedy dostatek.



### 5.3.1.3 Dynamická kapacita - kiosky

Analogicky provedeme stejný postup pro výpočet dynamické kapacity samo-odbavovacích kiosků. Všechny proměnné shrnuje následující tabulka č. 12:

Tabulka 12: Proměnné pro výpočet dynamické kapacity kiosků [5]

| Proměnná    | Popis  | Hodnoty |
|-------------|--|---------|
| SSi (Y/J/F) | přibližný počet samo-odbavovacích kiosků             | -       |
| PHP         | počet cestujících ve špičce (uvnitř špičkové hodiny) | hledáme |
| PK          | špičkový 30minutový faktor (v % z PHP)               | 65 %    |
| PT          | procesní čas (odbavení) cestujícího (v sekundách)    | 70      |
| MQT         | maximální doba čekání ve frontě (v minutách)         | 1       |
| Cf          | opravný koeficient pro QMAX (viz tabulka č. 10)      | 1,21    |
| SS          | skutečný počet samo-odbavovacích kiosků              | 6       |

#### Popis a hodnoty proměnných

Průměrný čas PT, kterým cestující stráví proces odbavení u kiosku, je 70 sekund [38]. Dle optimální úrovně poskytovaných služeb je maximální doba čekání MQT, než se kiosek uvolní předchozím cestujícím, 1 minuta. Tomu odpovídá opravný koeficient Cf 1,21. [5] Celkem je v Terminálu 1 šest kiosků (SS).

PHP a PK ( $PK_{30MIN}$ ) bylo popsáno v předchozí kapitole. SSi vyjadřuje teoretický počet kiosků bez opravných koeficientů.

#### Vztahy pro výpočet

Opět z ADR manuálu využijeme následných dvou vztahů:

$$SSi = PHP \cdot PK \cdot \frac{PT}{60} \cdot \frac{1}{30+MQT} \quad (15)$$

$$SS = SSi \cdot Cf \quad (16)$$

#### Samotný výpočet

Vzájemným dosazením vztahů (15) a (16) získáme následující vztah (17), do kterého dosadíme hodnoty z tabulky výše:

$$PHP = \frac{1}{PK} \cdot \frac{SS}{Cf} \cdot \frac{60}{PT} \cdot \frac{30+MQT}{1} \quad (17)$$

$$PHP = \frac{1}{0,65} \cdot \frac{6}{1,21} \cdot \frac{60}{70} \cdot \frac{30+1}{1} \doteq 202,7 \text{ cestujících}$$

#### Závěr

Samo-odbavovací kiosky zvládnou odbavit 202 cestujících za hodinu, pokud předpokládáme optimální úroveň poskytovaných služeb cestujícím.

### 5.3.1.4 Statická kapacita - kiosky

Pokud cestující chtějí využít samo-odbavovací kiosky, hromadí se na ploše okolo kiosku a tato plocha reprezentuje statickou kapacitu. Pro určení této kapacity využijeme proměnných v následující tabulce č. 13:

Tabulka 13: Proměnné pro výpočet statické kapacity kiosků [5]

| Proměnná            | Popis  | Hodnoty  |
|---------------------|--|----------|
| QMAX                | maximální počet cestujících čekajících ve frontě                                 | -        |
| PHP                 | počet cestujících ve špičce (uvnitř špičkové hodiny)                             | 202      |
| PK <sub>30MIN</sub> | 30ti-minutová propustnost (propustnost=odbavení cestující/procesní čas)          | 0,65 PHP |
| MQT                 | maximální doba čekání ve frontě (v minutách)                                     | 1        |
| Qf                  | opravný koeficient pro QMAX (viz tabulka č. 10)                                  | 0,120    |
| SP                  | osobní prostor cestujícího (v m <sup>2</sup> )                                   | 1,55     |
| A                   | potřebná plocha pro samo-odbavovací kiosky (pro celý procesor)                   | hledáme  |
| SSa                 | potřebná plocha pro jeden samo-odbavovací kiosk (v m <sup>2</sup> )              | -        |
| AA                  | koeficient upravující plochu pro jeden samo-odbavovací kiosk (v m <sup>2</sup> ) | -        |
| CAF                 | koeficient upravující plochu potřebnou pro pohyb cestujících (v %)               | 35 %     |

#### Popis a hodnoty proměnných

QMAX určuje maximální počet cestujících čekajících na odbavení pomocí kiosku. Qf je opravný koeficient, který určíme pomocí tabulky č. 10. Dle MQT 1 pro cestujícího je Qf rovno hodnotě 0,120.

SP představuje osobní prostor, který je cestujícímu přidělen. Dle optimální úrovně poskytovaných služeb je tato hodnota stanovena v rozmezí 1,3 až 1,8 m<sup>2</sup>. Budeme uvažovat středovou hodnotu 1,55 m<sup>2</sup> [5].

Proměnná A reprezentuje celý prostor, který slouží pro kiosky. SSa je plocha jednoho kiosku. AA je koeficient, který zvyšuje plochu kiosku za účelem poskytnutí většího prostoru cestujícímu, protože kiosk je rozměrově poměrně malý. CAF je koeficient, který dodatečně zvyšuje prostor kolem kiosku za účelem lepšího pohybu cestujících skrz prostor kolem kiosku. Statisticky je jeho hodnota 35 % [39].

PHP a PK (PK<sub>30MIN</sub>) bylo popsáno již v předchozí kapitole.

#### Vztahy pro výpočet

Pro určení optimálního volného prostoru okolo samo-odbavovacích kiosků lze využít následujících třech vztahů z ADR manuálu:

$$QMAX = Qf \cdot PK_{30MIN} \quad (9)$$

$$A = [(SS \cdot SSa \cdot AA) + (QMAX \cdot SP)] \cdot (1 + CAF) \quad (18)$$

$$PK_{30MIN} = 0,65 \cdot PHP \quad (12)$$

### Samotný výpočet

Vztah (18) obsahuje součin dvou závorek. První závorka obsahuje součet procesní plochy kiosku a prostoru pro čekání cestujících, kteří chtějí kiosek využít, ale musí počkat, dokud se neuvolní. První součet vypustíme, protože není aktuálně relevantní. Vztah tedy můžeme upravit do následující podoby:

$$A = (Q_{MAX} \cdot SP) \cdot (1 + CAF) \quad (19)$$

Kombinací vztahů (9), (12) a (19) dostaneme nový vztah (20), do kterého dosadíme hodnoty z tabulek výše reprezentující parametry kiosků:

$$A = Q_f \cdot 0,65 \cdot PHP \cdot SP \cdot (1 + CAF) \quad (20)$$

$$A = 0,120 \cdot 0,65 \cdot 202 \cdot 1,55 \cdot (1 + 0,35) \doteq 32,97 \text{ m}^2$$

### Závěr

Požadovaný prostor kolem kiosků měří 33 m<sup>2</sup>, dostupný prostor před kiosky měří 44 m<sup>2</sup>, z toho lze usoudit, že kiosky mají kolem sebe dostatek prostoru.

#### 5.3.1.5 Shrnutí

Celkovou kapacitu odbavovací haly Terminálu 1 shrnuje následující tabulka č. 14. Požadovaný prostor je plošné vyjádření místa určeného pro hromadění cestujících v odbavovací hale před samotnou přepážkou nebo kioskem. Tomuto prostoru odpovídá určitý počet cestujících, které je možné do tohoto prostoru umístit.

Dostupný prostor zobrazuje aktuální volný prostor před přepážkami/kiosky v hale Terminálu 1. Dostupný prostor je větší než požadovaný prostor, lze tedy říct, že odbavovací přepážky i kiosky disponují dostatečnou statickou kapacitou.

V konečném součtu je odbavovací hala Terminálu 1 schopna maximálně odbavit 3 020 cestujících za hodinu, pokud předpokládáme optimální úroveň poskytovaných služeb. Kapacita může být vyšší, pokud snížíme úroveň poskytovaných služeb.

Tabulka 14: Kapacita odbavovací haly Terminálu 1 [vlastní zpracování]

| Odbavovací hala        | Dostupný prostor [m <sup>2</sup> ] | Požadovaný prostor [m <sup>2</sup> ] | Počet kontrolních stanišť | Hodinová kapacita |
|------------------------|------------------------------------|--------------------------------------|---------------------------|-------------------|
| Odbavovací přepážky    | 1030                               | 1010                                 | 70                        | 2818              |
| Samo-odbavovací kiosky | 44                                 | 33                                   | 6                         | 202               |
|                        |                                    |                                      | <b>Součet:</b>            | <b>3020</b>       |

## 5.3.2 Hraniční kontrola na odletu

Terminál 1 má jednu centralizovanou hraniční kontrolu, kterou procházejí všichni cestující po odbavení na přepážkách a až poté absolvují bezpečnostní kontrolu těsně před nástupem do letadla. Hraniční kontrola Terminálu 1 obsahuje dva procesory – automatickou samo-odbavovací kontrolu nebo stanoviště s fyzickou přepážkou, kde doklady cestujícímu zkontroluje pracovník hraniční kontroly.

Z provozního hlediska je nutné zmínit, že kontaktní přepážky jsou obsazovány pracovníky hraniční stráže. Nejedná se o zaměstnance letiště. Pokud se tedy kapacita navyšuje zvyšováním počtu kontaktních přepážek, je nutné zajistit, aby hraniční stráž jako státní orgán dodala dostatečný počet vyškolených pracovníků.

### 5.3.2.1 Dynamická kapacita

Dynamická kapacita hraniční kontroly je určena proměnnými v následující tabulce č. 15:

Tabulka 15: Proměnné pro výpočet dynamické kapacity hraniční kontroly na odletu [5]

| Proměnná        | Popis  | Hodnoty |
|-----------------|--|---------|
| $PK_{30MIN}$    | 30ti-minutová propustnost (propustnost = zkontrolovaní cestující / procesní čas) | hledáme |
| $PD_i$          | přibližný počet přepážek s hraniční kontrolou                                    | -       |
| $MQT$           | maximální doba čekání ve frontě před přepážkou (v minutách)                      | 7,5     |
| $C_f$           | opravný koeficient pro $Q_{MAX}$ (viz tabulka č. 10)                             | 1,105   |
| $PT_{PD\ MAN}$  | procesní čas (kontrola) cestujícího u kontaktní přepážky (v sekundách)           | 59      |
| $PT_{PD\ SELF}$ | procesní čas (kontrola) cestujícího u nekontaktní přepážky (v sekundách)         | 21      |
| $PD_{MAN}$      | skutečný počet fyzických odletových hraničních přepážek                          | 13      |
| $PD_{SELF}$     | skutečný počet samo-odbavovacích odletových hraničních přepážek                  | 8       |

#### Popis a hodnoty proměnných

Dle optimální úrovně poskytovaných služeb je optimální čekací doba ( $MQT$ ) běžného cestujícího před samotným procesem kontroly v rozmezí 5 až 10 minut. Pro náš výpočet použijeme středovou hodnotu 7,5 minuty [5].

Opravný koeficient  $C_f$  závisí na hodnotě  $MQT$  a jeho hodnota se určí z tabulky č. 10 v kapitole č. 5.3.1.1. Dle  $MQT$  7,5 je  $C_f$  rovno 1,105 [5].

Typický čas pro kontrolu jednoho ( $PT_{PD}$ ) cestujícího při samo-odbavovacím procesu byl společností Letiště Praha, a. s. statisticky stanoven na 21 sekund. Čas vyžadovaný pro kontrolu jednoho cestujícího u fyzické hraniční přepážky byl stanoven na 59 sekund [38].

$PD$  reprezentuje skutečný počet kontaktních a nekontaktních procesorů hraniční kontroly Terminálu 1. Tento počet je známý a celkem obsahuje 13 kontaktních přepážek s hraniční kontrolou a 8 samo-odbavovacích přepážek.

PD<sub>i</sub> představuje teoretický počet hraničních přepážek, jde o hodnotu, která není ošetřena opravnými koeficienty. Proměnná PK<sub>30MIN</sub> je již známa z předcházejících kapitol.

### Vztahy pro výpočet

Postupy ADR manuálu stanovují několik matematických vztahů, které slouží k určení vhodného počtu hraničních přepážek na základě znalosti vstupu maximálního počtu cestujících, které potřebujeme zkontrolovat za jednotku času. Pro potřeby určení kapacity z pohledu této kapitoly jsou důležité tyto dva následující vztahy:

$$PD_i = (PK_{30MIN} \cdot \frac{PT_{PD}}{60}) \cdot \frac{1}{30+MQT} \quad (21)$$

$$PD = PD_i \cdot Cf \quad (22)$$

### Samotný výpočet

Kombinací vztahů (21) a (22) dostaneme vztah:

$$PK_{30MIN} = \frac{PD}{Cf} \cdot \frac{60}{PT_{PD}} \cdot \frac{30+MQT}{1} \quad (23)$$

Po dosazení hodnot odpovídajících konfiguraci hraniční kontroly Terminálu 1 dostaneme následující výsledky:

$$PK_{30MIN} (MAN) = \frac{13}{1,105} \cdot \frac{60}{59} \cdot \frac{30+7,5}{1} \doteq 448,65 \text{ zkontrolovaných cestujících}$$

$$PK_{30MIN} (SELF) = \frac{8}{1,105} \cdot \frac{60}{21} \cdot \frac{30+7,5}{1} \doteq 775,69 \text{ zkontrolovaných cestujících}$$

### Závěr

Stanoviště hraniční kontroly je schopno zkontrolovat za 30 minut 448 cestujících kontaktně a 775 cestujících nekontaktně. Jde o dynamickou kapacitu hraniční kontroly.

#### 5.3.2.2 Statická kapacita

Tabulka 16: Proměnné pro výpočet statické kapacity hraniční kontroly na odletu [5]

| Proměnná            | Popis  | Hodnoty             |
|---------------------|--|---------------------|
| QMAX                | maximální počet cestujících čekajících ve frontě                                 | -                   |
| PK <sub>30MIN</sub> | 30ti-minutová propustnost (propustnost = zkontrolovaní cestující / procesní čas) | MAN=448<br>SELF=775 |
| MQT                 | maximální doba čekání ve frontě (v minutách)                                     | 7,5                 |
| Qf                  | opravný koeficient pro QMAX (viz tabulka č. 10)                                  | 0,236               |
| SP                  | osobní prostor cestujícího (v m <sup>2</sup> )                                   | 1,1                 |
| A                   | potřebná plocha pro hraniční přepážky (pro celý procesor)                        | hledáme             |
| PDd                 | hloubka hraniční přepážky (v metrech)  | -                   |
| PDw                 | šířka hraniční přepážky (v metrech)  | -                   |
| W                   | šířka koridoru za přepážkami (v metrech)   | -                   |

Statickou kapacitu představuje prostor před přepážkami, ve kterém se cestující hromadí, než se na ně dostane řada. Hodnoty proměnných použitých pro výpočet statické kapacity shrnuje tabulka č. 16 na předcházející straně.

### Popis a hodnoty proměnných

$Q_{MAX}$  určuje maximální počet cestujících čekajících na hraniční kontrolu.  $Q_f$  je opravný koeficient, který určíme pomocí tabulky č. 10. Dle MQT 7,5 je  $Q_f$  roven hodnotě 0,236 [5].

$SP$  představuje osobní prostor, který je cestujícímu přidělen. Dle optimální úrovně poskytovaných služeb je tato hodnota stanovena v rozmezí 1,0 až 1,2 m<sup>2</sup>. Budeme uvažovat středovou hodnotu 1,1 m<sup>2</sup> [5].

Proměnná  $A$  reprezentuje celý prostor, který hraniční kontrola jako procesor vyžaduje.  $PDd$  a  $PDw$  určují délku a šířku jedné hraniční přepážky.  $W$  určuje celkovou šířku prostoru za hraničními přepážkami. Analogicky lze toto aplikovat i na nekontaktní hraniční přepážky.

Proměnná  $PK_{30MIN}$  je již známa z předchozích kapitol.

### Vztahy pro výpočet

Pro určení optimálního čekacího prostoru před samotnou hraniční kontrolou lze využít následujících dvou vztahů z ADR manuálu:

$$Q_{MAX} = Q_f \cdot PK_{30MIN} \quad (9)$$

$$A = (Q_{MAX} \cdot SP) + (PD \cdot PDd \cdot PDw) + (PD \cdot PDw \cdot W) \quad (24)$$

### Samotný výpočet

Vztah (24) je určen součtem třech závorek. První závorka určuje plochu pro hromadění cestujících před samotným procesem kontroly, druhá závorka určuje plochu samotného procesoru (hraniční přepážka) a třetí závorka určuje plochu pro hromadění cestujících za hraniční kontrolou. Předposlední a poslední součet vypustíme, protože není aktuálně relevantní. Vztah tedy můžeme upravit do následující podoby:

$$A = Q_{MAX} \cdot SP \quad (13)$$

Kombinací vztahu (9) a (13) dostaneme vztah:

$$A = Q_f \cdot PK_{30MIN} \cdot SP \quad (25)$$

Dosadíme hodnoty z tabulek výše reprezentující parametry hraniční kontroly. Dvakrát, nejprve pro kontaktní hraniční přepážky a podruhé pro nekontaktní hraniční přepážky.

$$A_{MAN} = 0,236 \cdot 448 \cdot 1,1 \doteq 116,30 \text{ m}^2$$

$$A_{SELF} = 0,236 \cdot 775 \cdot 1,1 \doteq 201,19 \text{ m}^2$$

## Závěr

Dostupná čekací plocha Terminálu 1 u kontaktní hraniční kontroly disponuje 205 m<sup>2</sup> a požadovaná plocha činí 117 m<sup>2</sup>. Dostupná čekací plocha u nekontaktní hraniční kontroly měří 37 m<sup>2</sup> a potřebná plocha vyžaduje ideálně 202 m<sup>2</sup>. Obě plochy zohledňují odstup od fyzických přepážek i od nekontaktních přepážek.

### 5.3.2.3 Shrnutí

Celkový pohled na kapacitu hraniční kontroly na odletu shrnuje následující tabulka č. 17:

Tabulka 17: Kapacita hraniční kontroly Terminálu 1 na odletu [vlastní zpracování]

| Hraniční kontrola na odletu | Dostupný prostor [m <sup>2</sup> ] | Požadovaný prostor [m <sup>2</sup> ] | Počet kontrolních stanišť | Kapacita [cestující/30 min] |
|-----------------------------|------------------------------------|--------------------------------------|---------------------------|-----------------------------|
| Kontaktní přepážka          | 205                                | 117                                  | 13                        | 448                         |
| Samo-odbavovací přepážka    | 37                                 | 202                                  | 8                         | 775                         |
|                             |                                    |                                      | <b>Součet:</b>            | <b>1223</b>                 |

Všechny plošné hodnoty v tabulce jsou zaokrouhleny na celé jednotky. Avšak ve výpočtech byla zohledněna vždy přesná hodnota. Lze vidět, že požadovaný prostor u samo-odbavovacích přepážek se jeví jako nedostatečný. V případě většího nárůstu cestujících budou tito cestující nuceni využít fyzickou kontaktní přepážku, protože prostor před samo-odbavovacími přepážkami bude zaplněn.

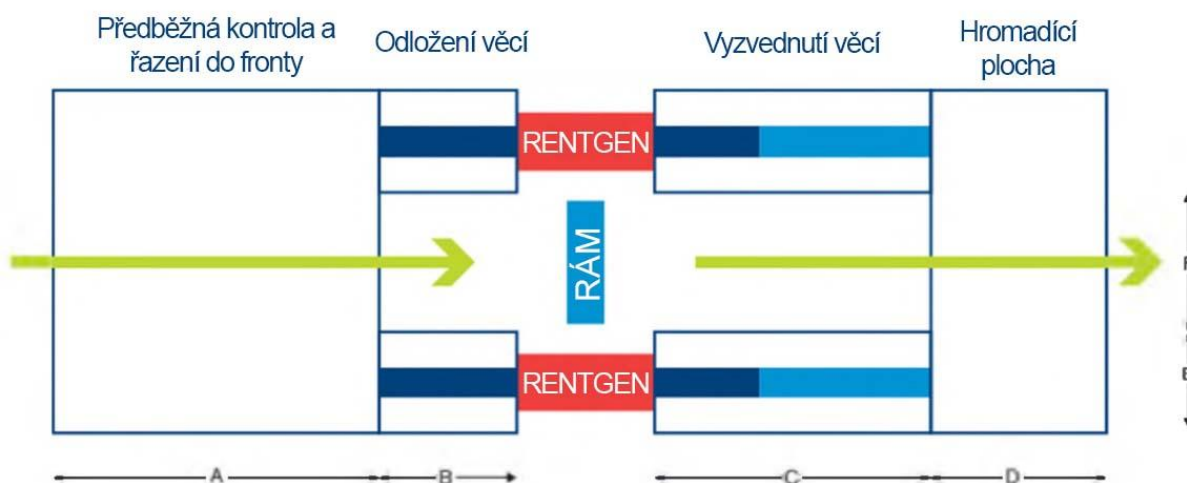
Z celkového pohledu je požadován prostor s rozměrem 319 m<sup>2</sup> a k dispozici je prostor s rozměrem 242 m<sup>2</sup>. Z celkového pohledu se tedy prostor jeví jako nedostatečný, pokud předpokládáme optimální úroveň služeb pro cestující. V případě maximálního vytížení prostoru před hraniční kontrolou dojde k poklesu osobního prostoru pro cestujícího na hodnotu 0,85 m<sup>2</sup>. Minimální optimální hodnota je 1,0 m<sup>2</sup>. Dostáváme se tak do nedostatečné úrovně a úroveň poskytovaných služeb cestujícím klesá.

Poslední sloupec uvádí dílčí kapacitu obou stanišť. Jde o kapacitu cestujících na odletu, kterou zvládne odbavit hraniční kontrola Terminálu 1 za 30 minut, pokud předpokládáme optimální poskytovanou úroveň služeb cestujícím. Tato maximální kapacita je 1 223 zkontrolovaných cestujících za 30 minut.

### 5.3.3 Bezpečnostní kontrola

Tato kapitola analyzuje kapacitu bezpečnostních kontrol uvnitř Terminálu 1. Jak již bylo řečeno, bezpečnostní kontrola Terminálu 1 je decentralizovaná. Každá odletová brána, případně sekce odletových bran, má svou vlastní bezpečnostní kontrolu. Celková kapacita bezpečnostních kontrol je dána součtem jednotlivých bezpečnostních kontrol.

Pro výpočet kapacity stanoviště s bezpečnostní kontrolou využijeme znalostí ADR manuálu:



Obrázek 12: Stanoviště s bezpečnostní kontrolou [5]

Oblast A na obrázku č. 12 zahrnuje prostor, ve kterém se cestující hromadí před samotným procesem bezpečnostní kontroly. Oblast B zahrnuje prostor, ve kterém cestující odevzdá všechny své věci, které poté putují rentgenem a v oblasti C si je cestující vyzvedne zpět. Oblast D zahrnuje plochu, ve které se cestující hromadí po bezpečnostní kontrole – např. čekají, až celá jejich rodina projde bezpečnostní kontrolou.

#### 5.3.3.1 Dynamická kapacita

Dynamická kapacita bezpečnostní kontroly je určena proměnnými v následující tabulce č. 18:

Tabulka 18: Proměnné pro výpočet dynamické kapacity bezpečnostní kontroly [5]

| Proměnná            | Popis  | Hodnoty |
|---------------------|--|---------|
| PK <sub>30MIN</sub> | 30ti-minutová propustnost (propustnost = zkontrolovaní cestující / procesní čas) | hledáme |
| SEC <sub>i</sub>    | přibližný počet kontrolních řad  | -       |
| PT <sub>SEC</sub>   | procesní čas cestujícího u bezpečnostní kontroly (v sekundách)                   | 30      |
| MQT                 | maximální doba čekání ve frontě před bezpečnostní kontrolou (v minutách)         | 7,5     |
| SEC                 | skutečný počet kontrolních řad   | 2       |
| C <sub>f</sub>      | opravný koeficient pro QMAX (viz tabulka č. 10)                                  | 1,105   |



## Popis a hodnoty proměnných

Optimální doba čekání (MQT) pro běžného cestujícího se pohybuje v intervalu 5 až 10 minut. Pro náš výpočet použijeme středovou hodnotu 7,5 minuty. Pro určení hodnoty koeficientu  $C_f$  musíme nahlédnout do tabulky č. 10 v kapitole č. 5.3.1.1. Dle MQT 7,5 je  $C_f$  rovno 1,105 [5].

Čas ( $PT_{SEC}$ ) vyžadovaný na kontrolu jednoho cestujícího je v průměru 30 sekund [38]. SEC reprezentuje skutečný počet řad, ve kterých se cestující hromadí před samotným procesem kontroly. SEC<sub>i</sub> reprezentuje teoretický počet řad, jde o hodnotu, která není ošetřena opravnými koeficienty. Proměnná  $PK_{30MIN}$  je již známa z předcházejících kapitol.

## Vztahy pro výpočet

ADR manuál pro určení celkového počtu řad s bezpečnostní kontrolou využívá několik matematických vztahů. Pro účel této kapitoly jsou důležité následující dva vztahy:

$$SEC_i = PK_{30MIN} \cdot \frac{PT_{SEC}}{60} \cdot \frac{1}{30+MQT} \quad (26)$$

$$SEC = SEC_i \cdot C_f \quad (27)$$

## Samotný výpočet

Ze vztahu (26) a (27) dostaneme vztah:

$$PK_{30MIN} = \frac{SEC}{C_f} \cdot \frac{60}{PT_{SEC}} \cdot \frac{30+MQT}{1} \quad (28)$$

Po dosazení hodnot z tabulky výše (pro příklad jsou použité hodnoty pro bezpečnostní kontrolu u odletové brány A2) dostáváme:

$$PK_{30MIN} = \frac{2}{1,105} \cdot \frac{60}{30} \cdot \frac{30+7,5}{1}$$

$$PK_{30MIN} \doteq 135,75 \text{ cestujících}$$

## Závěr

Výsledek prakticky znamená, že stanoviště bezpečnostní kontroly u odletové brány A2 Terminálu 1 je schopno za 30 minut zkontrolovat až 135 cestujících při dodržení optimální úrovně služeb.

### 5.3.3.2 Statická kapacita

Jako statickou kapacitu můžeme označit prostor A a D, jak je vidět na obrázku č. 12. Prostor D, kde se cestující hromadí po bezpečnostní kontrole, nemá smysl moc zkoumat – vzhledem k tomu, že stanoviště bezpečnostní kontroly přímo sousedí s prostorem čekárny odletové brány, kde se cestující mohou hromadit.

Avšak, co se týče prostoru A, který je určen pro hromadění cestujících před samotnou kontrolou, tam už smysl má se kapacitou zabývat. Proměnné a jejich hodnoty použité pro výpočet statické kapacity shrnuje následující tabulka č. 19:

Tabulka 19: Proměnné pro výpočet statické kapacity bezpečnostní kontroly [5]

| Proměnná            | Popis  | Hodnoty |
|---------------------|--|---------|
| QMAX                | maximální počet cestujících čekajících ve frontě                                 | -       |
| PK <sub>30MIN</sub> | 30ti-minutová propustnost (propustnost = zkontrolovaní cestující / procesní čas) | 135     |
| MQT                 | maximální doba čekání ve frontě (v minutách)                                     | 7,5     |
| Qf                  | opravný koeficient pro QMAX (viz tabulka č. 10)                                  | 0,236   |
| SP                  | osobní prostor cestujícího (v m <sup>2</sup> )                                   | 1,1     |
| A                   | potřebná plocha pro stanoviště bezpečnostní kontroly                             | hledáme |
| SECd                | hloubka jedné kontrolní řady (v metrech)   | -       |
| SECw                | šířka jedné kontrolní řady (v metrech)   | -       |
| W                   | šířka koridoru za bezpečnostní kontrolou (v metrech)                             | -       |

### Popis a hodnoty proměnných

QMAX určuje maximální počet cestujících čekajících na bezpečnostní kontrolu. Qf je opravný koeficient, který určíme pomocí tabulky č. 10. Dle MQT 7,5 je Qf roven hodnotě 0,236 [5].

Optimální prostor (SP) dle LoS pro cestujícího čekajícího na bezpečnostní kontrolu je v rozmezí 1,0 až 1,2 m<sup>2</sup>. Pro náš výpočet použijeme středovou hodnotu 1,1 m<sup>2</sup>. Proměnná PK<sub>30MIN</sub> je již známa z předcházejících kapitol [5].

Proměnná A reprezentuje celý prostor, který bezpečnostní kontrola jako procesor vyžaduje. SECd a SECw určí délku a šířku řady, ve které se cestující pohybují během samotné kontroly. W určuje celkovou šířku prostoru za bezpečnostní kontrolou.

### Vztahy pro výpočet

ADR manuál pro výpočet celé plochy, kterou bezpečnostní stanoviště potřebuje, využívá následující dva vztahy:

$$QMAX = Qf \cdot PK_{30MIN} \quad (9)$$

$$A = (QMAX \cdot SP) + (SEC \cdot SECd \cdot SECw) + (SEC \cdot SECw \cdot W) \quad (29)$$

### Samotný výpočet

Vztah (29) je určen součtem třech závorek. První závorka určuje plochu pro hromadění cestujících před samotným procesem kontroly, druhá závorka určuje plochu samotného procesoru (bezpečnostní řady, rámy a skenery) a třetí závorka určuje plochu pro hromadění cestujících za bezpečnostní kontrolou. Předposlední a poslední součet vypustíme, protože není aktuálně relevantní. Vztah tedy můžeme upravit do následující podoby:

$$A = Q_{MAX} \cdot SP \quad (13)$$

Kombinací vztahu (9) a (13) dostaneme vztah:

$$A = Qf \cdot PK_{30MIN} \cdot SP \quad (25)$$

Do tohoto vztahu (25) dosadíme hodnoty z tabulek výše reprezentující parametry bezpečnostní kontroly u odletové brány A2:

$$A = 0,236 \cdot 135 \cdot 1,1 \doteq 35 \text{ m}^2$$

### Závěr

Dostupná čekací plocha před bezpečnostní kontrolou u brány A2 disponuje 29 m<sup>2</sup>. Avšak dle optimální úrovně služeb cestujícím je potřeba mít plochu o rozměru 35 m<sup>2</sup>. V celkovém pohledu tedy vychází, že kapacita bezpečnostní kontroly u brány A2 je 135 cestujících za 30 minut a úroveň služeb v čekacím prostoru s příchodem dalších cestujících se může postupně snižovat.

Stejnou metodikou je spočítána kapacita dalších bezpečnostních kontrol a vše je shrnuto v následující kapitole.

### 5.3.3.3 Shrnutí

Tato kapitola shrnuje kapacitní možnosti všech bezpečnostních kontrol celého Terminálu 1 v následující tabulce č. 20. Konfiguraci Terminálu 1 lze spatřit na obrázku č. 10 a č. 11 v kapitole č. 5.2.

Tabulka 20: Kapacita bezpečnostních kontrol Terminálu 1 [vlastní zpracování]

| Bezpečnostní kontrola         | Dostupný prostor [m <sup>2</sup> ] | Požadovaný prostor [m <sup>2</sup> ] | Počet kontrolních řad | Kapacita [cestující/30 min] |
|-------------------------------|------------------------------------|--------------------------------------|-----------------------|-----------------------------|
| A2                            | 29                                 | 35                                   | 2                     | 135                         |
| A3+A4+A10                     | 0                                  | 70                                   | 4                     | 271                         |
| A5                            | 12                                 | 35                                   | 2                     | 135                         |
| A6+A7                         | 22                                 | 53                                   | 3                     | 203                         |
| A8+A9                         | 29                                 | 35                                   | 2                     | 135                         |
| B1                            | 18                                 | 35                                   | 2                     | 135                         |
| B2                            | 10                                 | 35                                   | 2                     | 135                         |
| B3+B4                         | 11                                 | 53                                   | 3                     | 203                         |
| B5                            | 16                                 | 35                                   | 2                     | 135                         |
| B7                            | 73                                 | 35                                   | 2                     | 135                         |
| B8                            | 59                                 | 35                                   | 2                     | 135                         |
| B10 až B18<br>(celkem 7 bran) | 161                                | 70                                   | 4                     | 271                         |
|                               |                                    |                                      | <b>Součet:</b>        | <b>2028</b>                 |

V prvním sloupci je seznam všech bezpečnostních kontrol Terminálu 1. Červeným obrysem a podbarvením je znázorněno stanoviště s možným kapacitním nedostatkem. Oranžovým obrysem a podbarvením je znázorněno stanoviště, která má také kapacitní nedostatek, avšak vhodné umístění této bezpečnostní kontroly má tu výhodu, že je tento kapacitní nedostatek kompenzován jiným prostorem. Více v detailnějším rozboru dále v této kapitole.

Plošné hodnoty v tabulce jsou zaokrouhleny, avšak pro výpočty se bere v úvahu přesná hodnota. Dostupný prostor vyjadřuje plochu, která je určena pro hromadění cestujících před samotným procesem bezpečnostní kontroly. Jde o plochu A vyjádřenou na obrázku č. 12. Plocha byla získána měřením ve výkresech poskytnutých společností Letiště Praha, a. s.

Požadovaný prostor je plocha, která je vyžadována z hlediska optimální úrovně služeb poskytovaných cestujícím. Dostupný prostor je plocha, která je v prstech Terminálu 1 před bezpečnostní kontrolou dostupná. Pokud se dostupný prostor jeví jako nedostatečný, tak mohou nastat dvě možnosti. Cestující se budou hromadit na menším prostoru a poklesne tak úroveň poskytovaných služeb nebo se cestující začnou hromadit v halách prstů a mohou tak blokovat průchod ostatním cestujícím. Zde už pak záleží na konkrétním místě.

Pokud požadovaný prostor překračuje dostupný prostor dvojnásobně, je číselná hodnota znázorněna červenou barvou, v opačném případě oranžovou barvou. Pokud je požadovaný prostor dostatečný, je číselná hodnota černá.

Sloupec počet kontrolních řad reprezentuje počet řad cestujících u každého bezpečnostního stanoviště. Pro každou odletovou bránu jde o rozdílnou hodnotu.

Dynamická kapacita každé jednotlivé bezpečnostní kontroly je zapsána v posledním sloupci. Jde o počet cestujících, které dokáže bezpečnostní stanoviště odbavit za 30 minut. Tato hodnota je zaokrouhlena dolů na celé jednotky. Jedná se o celkový počet cestujících, které je možné kapacitně pojmout na daném bezpečnostním stanovišti s optimální úrovní služeb.

### **Stanoviště A3+A4+A10**

Bezpečnostní kontrola u odletových bran A3, A4 a A10 prakticky nedisponuje žádným čekacím prostorem. Pokud dojde k zahlcení dynamické kapacity tohoto stanoviště, čekající cestující se mohou a budou hromadit uvnitř haly prstu A. Mohou tak blokovat volný prostor pro průchod ostatním cestujícím mířícím k jiné odletové bráně. Zde tedy může vznikat kapacitní problém při větším provozu.

### **Stanoviště A5 a A6+A7 a A8+A9**

Dvojice bezpečnostních stanovišť A6+A7 a A8+A9 jsou z kapacitního hlediska posuzovány nezávisle. Avšak v případě individuální potřeby mohou svou kapacitu navzájem sdílet, pokud

si to tak aktuální provoz bude žádat – flexibilní využívání prostoru. Statická kapacita se jeví jako nedostatečná. Avšak toto stanoviště se nachází na konci prstu A, cestující se tak mohou hromadit na konci haly prstu A, kde nebudou překážet ostatním cestujícím.

Statická kapacita stanoviště A5 se také jeví jako nedostatečná, avšak jako v předchozím odstavci se tato bezpečnostní kontrola nachází na konci prstu A a cestující se tak mohou hromadit na konci haly prstu A a nikomu tak překážet nebudou.

### **Stanoviště A2**

Dostupný prostor je mírně nedostačující, při vysokém zatížení této bezpečnostní kontroly se s přibývajícím počtem čekajících cestujících bude čekací prostor zaplňovat a případný zbytek cestujících bude nucen čekat uprostřed haly prstu A. Ve špičkových hodinách se tedy může stát, že čekající cestující budou blokovat průchod ostatním cestujícím.

### **Stanoviště B1, B2 a B5**

Každá odletová brána je obsluhována individuální bezpečnostní kontrolou. Dle IATA metodiky v ADR manuálu všechny tyto bezpečnostní kontroly mohou trpět nedostatkem dostupného čekacího prostoru během vyššího provozu. Cestující se tedy ve špičkových hodinách budou hromadit v hale prstu B a mohou tak blokovat průchod ostatním cestujícím. Může zde tedy docházet ke kapacitnímu problému.

### **Stanoviště B3+B4**

Tyto odletové brány sdílejí jednu bezpečnostní kontrolu. Dostupný čekací prostor se jeví jako nedostatečný. Ve špičkových hodinách se čekající cestující budou hromadit v hale prstu B a mohou tak blokovat průchod ostatním cestujícím. Může zde tedy docházet ke kapacitnímu problému.

### **Stanoviště B7+B8**

Bezpečnostní kontrola je sdílená pro obě odletové brány. Tato bezpečnostní kontrola nemá k dispozici žádný čekací prostor pro hromadění cestujících, avšak z logického hlediska za tento prostor lze označit zadní plochu haly prstu B, která sousedí s tímto bezpečnostním stanovištěm. Čekající cestující se zde mohou hromadit a nikomu již neblokují průchod, protože odletové brány B7 a B8 jsou umístěny v samotném konci prstu B – tak jak je vidět na obrázku č. 11. Z tohoto důvodu z kapacitního hlediska zde není žádný problém.

### **Spodní část prstu B**

Ve spodní části prstu B se nachází celkem sedm odletových bran – B10, B13, B14, B15, B16, B17 a B18. Všechny mají jednu společnou bezpečnostní kontrolu. Dostupný prostor výrazně

převyšuje požadovaný čekací prostor. Z tohoto důvodu z kapacitního hlediska zde není žádný problém.

### **Závěr**

Celková maximální kapacita bezpečnostních kontrol Terminálu 1 je dána součtem všech kapacit jednotlivých bezpečnostních stanišť. Tato kapacita je rovna hodnotě 2 028 cestujících za 30 minut – za předpokladu, že uvažujeme optimální úroveň poskytovaných služeb. Jde o dynamickou kapacitu. Vzhledem k tomu, že bezpečnostní kontroly jsou decentralizované, tak každé stanoviště bezpečnostní kontroly musí kapacitně zvládnout odbavit cestující mířící do příslušné čekárny odletové brány.

## 5.3.4 Odletové brány

V této kapitole analyzujeme kapacitu odletových bran Terminálu 1. Jedná se čistě o statickou kapacitu.

### 5.3.4.1 Statická kapacita

Naměřené a spočtené hodnoty shrnuje následující tabulka č. 21:

Tabulka 21: Kapacita odletových bran Terminálu 1 [40] [41] [vlastní zpracování]

| Odletová brána   | Plocha čekárny [m <sup>2</sup> ] | Plocha místa pro stání [m <sup>2</sup> ] | Počet stojících cestujících | Počet sedaček | Celková kapacita [cestujících] | Podíl sedících cestujících | Stání letadla                    | Kritické letadlo [IATA kód] | Kapacita letadla [počet PAX] | Kritická hodnota pro cestující |            |                     |      |
|------------------|----------------------------------|--|-----------------------------|---------------|--------------------------------|----------------------------|----------------------------------|-----------------------------|------------------------------|--------------------------------|------------|---------------------|------|
| A3<br>A4         | 633                              | 501                                      | 455                         | 303           | 758                            | 40 %                       | 1A<br>1B                         | 1                           | 739<br>739                   | 773                            | 220<br>220 | 425                 | 440  |
| A6<br>A7         | 517                              | 400                                      | 363                         | 267           | 630                            | 42 %                       | 3A<br>3B                         | 3                           | 7M9<br>321                   | 380                            | 220<br>220 | 644                 | 644  |
| A9<br>A8         | 257                              | 187                                      | 170                         | 161           | 331                            | 49 %                       | 4A                               | 4                           | 767                          | 739                            | 267        | 220                 | 440  |
| A2               | 280                              | 215                                      | 195                         | 155           | 350                            | 44 %                       |                                  | 7                           |                              | 7M9                            |            | 220                 | 220  |
| A5               | 217                              | 163                                      | 148                         | 138           | 286                            | 48 %                       |                                  | 6                           |                              | 739                            |            | 220                 | 220  |
| A10              | 90                               | 83                                       | 75                          | 15            | 90                             | 17 %                       | 50/60/70                         |                             | 7M8                          |                                | 189        |                     | 189  |
| B1               | 143                              | 111                                      | 101                         | 72            | 173                            | 42 %                       |                                  | 9                           |                              | 32Q                            |            | 240                 | 240  |
| B2               | 183                              | 136                                      | 124                         | 96            | 220                            | 44 %                       |                                  | 10                          |                              | 32Q                            |            | 240                 | 240  |
| B5               | 187                              | 144                                      | 131                         | 100           | 231                            | 43 %                       |                                  | 11                          |                              | 32Q                            |            | 240                 | 240  |
| B7               | 226                              | 156                                      | 142                         | 165           | 307                            | 54 %                       |                                  | 12                          |                              | 764                            |            | 267                 | 267  |
| B8               | 517                              | 411                                      | 373                         | 256           | 629                            | 41 %                       | 14A                              | 14                          | 380                          | 747                            | 644        | 600                 | 644  |
| B4<br>B3         | 379                              | 281                                      | 255                         | 233           | 488                            | 48 %                       |                                  | 15<br>16                    |                              | 739<br>773                     |            | 220<br>425          | 645  |
| B10<br>až<br>B18 | 1197                             | 1026                                     | 932                         | 400           | 1332                           | 30 %                       | 50 až 57<br>60 až 64<br>70 až 75 |                             | 7M8                          |                                | 189        |                     | 1323 |
|                  |                                  |  |                             |               | <b>Součet: 5825</b>            |                            |                                  |                             |                              |                                |            | <b>Součet: 5752</b> |      |

#### Popis tabulky

Plochou čekárny se myslí celá plocha odletové brány, ve které se mohou pohybovat cestující. Jsou z ní vyjmuty případné překážky uvnitř čekárny, vnitřní sloupy a členové letištních asistenčních týmů pomáhající cestujícím apod. Tato plocha byla získána změřením příslušné oblasti ve výkresech poskytnutých společností Letiště Praha, a. s.

Plocha místa pro stání cestujících se získá odečtením plochy, kterou zaujímají sedačky od celkové plochy čekárny. Počet stojících cestujících se získá z následujícího vztahu:

$$\text{počet stojících cestujících} = \text{plocha místa pro stání}/1,1 \quad (30)$$

Hodnota 1,1 m<sup>2</sup> odpovídá optimální hodnotě LoS z obrázku č. 8, která je v rozmezí 1,0 m<sup>2</sup> až 1,1 m<sup>2</sup> pro stojícího cestujícího [5]. Počet stojících cestujících je zaokrouhlen dolů na nejbližší jednotky.

Počet sedaček odpovídá počtu sedaček skutečně umístěných v jednotlivých čekárnách příslušejících dané odletové bráně. Celková kapacita cestujících je pak dána součtem stojících cestujících a počtem sedaček. Podíl sedících cestujících je procentuální vyjádření poměru sedících cestujících k celkové kapacitě a dle optimální úrovně poskytovaných služeb by 50 až 70 % cestujících mělo mít k dispozici sedačku [5]. Hodnota s oranžovou barvou znázorňuje, že v dané odletové čekárně se nachází nízký počet sedaček.

V dalších sloupcích jsou uvedena čísla míst pro stání letadel příslušejících dané odletové bráně (konfiguraci míst pro stání letadel kolem Terminálu 1 lze spatřit na obrázku č. 10 v kapitole č. 5.2). Dalším sloupcem je kritické letadlo odpovídající provozním předpisům daného místa pro stání. Kritickým letadlem je myšleno takové letadlo, které je schopné využít dané místo pro stání a pojme nejvíce cestujících. U úzkotrupých letadel se předpokládá stejná konfigurace sedaček přes celou kabinu, jde tedy o maximální možný počet sedaček v daném typu letadla. U širokotrupých letadel se předpokládá, že jsou provozovány v konfiguraci pro ekonomické a obchodní cestující. Počet sedaček daného letadla je uveden ve sloupci kapacita letadla [40] [41].

Posledním sloupcem je kritická hodnota pro cestující. Jde o maximální možný počet cestujících, kteří se mohou odbavovat v dané odletové bráně. Například odletová brána A3+A4 obsluhuje stání 1A, 1B a 1. Pro stání 1A a 1B je kritickým typem Boeing B737-900 (739) se sedačkovou kapacitou 220 cestujících. A pro stání 1 je kritickým typem Boeing B777-300 (773) se sedačkovou kapacitou 425 cestujících. Kapacitně nejnáročnějším scénářem je paralelní odbavování dvou letounů 739. Kritická hodnota pro cestující je pak dána součtem sedačkové kapacity obou menších typů letadel, tedy 440 cestujících.

Z kapacitního hlediska pro každou odbavovací bránu je tedy vhodné a žádoucí, aby platilo, že celková kapacita cestujících je vyšší než kritická hodnota pro cestující. V opačném případě je kapacita pro největší typ letadla nedostačující a poskytovaná úroveň služeb cestujícím může klesat. V tabulce předpokládáme střední hodnoty z optimálního intervalu LoS – pokud je kritická hodnota překročena, je znázorněna červenou nebo oranžovou barvou.

Oranžová barva reprezentuje překročení kapacity při střední hodnotě z optimálního intervalu LoS. Avšak, pokud použijeme nejnižší hodnotu z optimálního intervalu LoS, pak je kapacita



dostatečná. Červená barva reprezentuje nedostatečnou optimální kapacitu odletové brány. Při výskytu kritického letadla v dané čekárně klesá úroveň LoS.

### **Prst A – detailnější pohled**

Odletová brána A10 je součástí bran A3 a A4. Čekárna A10 se nachází v přízemí a obecně se tato brána využívá minimálně. Prostor se sice jeví jako nedostatečný, ale cestující mají možnost čekat v čekárně bran A3+A4. Brána A10 pomocí autobusů obsluhuje vzdálená stání řady 50, 60 a 70.

Odletové brány A3 a A4 posuzujeme zároveň vzhledem k tomu, že sdílejí celou čekárnu. Obě tyto brány jsou spojeny se stáním 1/1A/1B. Fungují buď nezávisle – brána A3 odbavuje cestující pro stání 1A a brána A4 odbavuje cestující pro stání 1B. Nebo obě tyto brány zároveň odbavují stání 1. Kritickou hodnotou je paralelní nezávislý provoz dvou letadel typu B737-900 nebo B737 MAX9 s maximální kapacitou 220 cestujících v jednom letadle. Tedy až 440 cestujících ve stejný čas.

Analogicky stejný provozní případ se uplatňuje u odletových bran A6 a A7 se stáním 3/3A/3B. Avšak zde je kritickou hodnotou přilet letounu typu A380, který v běžné konfiguraci pojme až 644 cestujících.

Odletové brány A8 a A9 považujeme z hlediska kapacity čekárny za jednu bránu, vzhledem k tomu, že čekárna obou bran je sdílená. Brána A8 obsluhuje stání 5. Brána A9 obsluhuje stání 4 nebo 4A (kritickým typem pro stání 4A je B767 se sedačkovou kapacitou až 267 cestujících ve standardní konfiguraci). Z provozních důvodů je možné provozovat paralelně pouze stání 4 a 5, pro které je kritickým typem B737-900 nebo B737 MAX9.

### **Prst B – detailnější pohled**

Odletové brány B3 a B4 sdílejí společnou čekárnu. Avšak každá brána odbavuje své vlastní stání – 15 nebo 16.

Rozbor odletových bran B7 a B8 – každá brána má svou vlastní čekárnu, svůj vlastní nástupní most (v případě brány B8 více nástupních mostů) a obsluhují vlastní stání. Avšak čekárny obou bran se dají sdílet. Brána B8 obsluhuje stání 14, které je schopné pojmout největší dopravní letadlo Airbus A380. V tomto případě brána B7 zaniká a prostor této čekárny se stává součástí brány B8. Jde o řešení, které umožňuje flexibilně využívat prostor čekáren.

Ve spodní části prstu B se nacházejí brány B10 a B13 až B18. Celkem tedy jde o 7 bran. Všechny navzájem sdílejí víceméně jednu velkou společnou čekárnu, která se táhne celým spodním prstem B. Tyto brány obsluhují vzdálená stání řady 50, 60 a 70. Z kapacitního hlediska předpokládáme 7 funkčních bran v jeden moment a jako kritické letadlo byl zvolen

typ B737 MAX8 – vzhledem k tomu, že pravděpodobně tento typ letadla bude jeden z nejrozšířenějších na světě. A také z toho důvodu, že jej využívají dva nejvýznamnější dopravci na Letišti Praha – skupina Smartwings Group a Ryanair [42].

#### **5.3.4.2 Provozní limity míst pro stání letadel**

Celková maximální teoretická kapacita odletových bran Terminálu 1 činí 5 752 cestujících, pokud předpokládáme parametry, které zohledňují optimální úroveň poskytovaných služeb. Jedná se o součet maximálního počtu cestujících v každé odletové bráně, protože každá brána musí tento počet cestujících pojmout. Avšak z provozního hlediska jde pouze o teoretickou hodnotu, protože pro stání kolem Terminálu 1 platí několik provozních výjimek, které nebyly v tabulce č. 21 zohledněny. Zejména se jedná o tyto limity [38]:

- paralelní provoz letadel na stání 11 a 12,
- paralelní provoz letadel na stání 14/14A a 15,
- limity vztahující se na provoz A380 na stání 3.

První případ, stání 11 nelze využít, pokud se na stání 12 nachází největší schválené typy letadel pro toto stání. V našem případě jde o kritický typ B767-400. Maximální počet přepravených cestujících lze využít pouze následovně:

- 757 jako kritický typ na stání 12 (234 cestujících),
- 32Q jako kritický typ na stání 11 (240 cestujících).

Druhý případ, který se týká stání 14/14A a 15. Pokud je stání 14A obsazeno, nelze využít stání 14 a 15. Mohou nastat dvě možnosti:

- A380 na stání 14A (644 cestujících),
- B747 na stání 14 a B737 MAX9 na stání 15 (dohromady 820 cestujících).

Třetí případ, typ 380 lze provozovat na stání 3, pro odletovou bránu A6+A7 je tedy tento typ kritický z hlediska kapacity. Avšak z celkového provozního pohledu letiště není žádoucí na toto stání zavádět typ 380, z důvodu nemožnosti využívat stání 1/1A/1B po dobu, po kterou se nachází typ 380 na stání 3. Z tohoto důvodu se z hlediska provozu stává kritickým typem 747, který umožní provoz na stání 1/1A/1B. Na stání 3 tedy mohou nastat tyto možnosti:

- 747 jako kritický typ na stání 3 (až 600 cestujících a umožnění provozu stání 1/1A/1B),
- 7M9 nebo 321 paralelně na stání 3A a 3B (dohromady 440 cestujících).

Ostatní provozní problémy na stáních 1A/1B/1 a 4A/4/5 nevyžadují hlubší zkoumání. Různé typy letadel se zde navzájem nevylučují. Nastává kombinace buď paralelního provozu dvou menších letadel, nebo jednoho většího.

Celkovou maximální možnou provozní kapacitu odletových bran shrnuje následující tabulka č. 22:

Tabulka 22: Provozní kapacita odletových bran Terminálu 1 [41] [vlastní zpracování]

| Odletová brána | Stání letadla                    |          | Kritické letadlo [IATA kód] |            | Kapacita letadla [počet PAX] |            | Kritická hodnota pro cestující | Maximální provozní kapacita terminálu |     |
|----------------|----------------------------------|----------|-----------------------------|------------|------------------------------|------------|--------------------------------|---------------------------------------|-----|
|                | 1A                               | 1B       | 739                         | 773        | 220                          | 425        |                                |                                       |     |
| A3<br>A4       | 1A<br>1B                         | 1        | 739<br>739                  | 773        | 220<br>220                   | 425        | 440                            | 1920                                  |     |
| A6<br>A7       | 3A<br>3B                         | 3        | 7M9<br>321                  | 747        | 220<br>220                   | 600        | 600                            |                                       |     |
| A9<br>A8       | 4A                               | 4        | 767                         | 739        | 267                          | 220        | 440                            |                                       |     |
|                |                                  | 5        |                             | 739        |                              | 220        |                                |                                       |     |
| A2             |                                  | 7        |                             | 7M9        |                              | 220        | 220                            |                                       |     |
| A5             |                                  | 6        |                             | 739        |                              | 220        | 220                            |                                       |     |
| A10            | 50/60/70                         |          | 7M8                         |            | 189                          |            | 189                            |                                       | 189 |
| B1             |                                  | 9        |                             | 32Q        |                              | 240        | 240                            |                                       | 240 |
| B2             |                                  | 10       |                             | 32Q        |                              | 240        | 240                            |                                       | 240 |
| B5<br>B7       |                                  | 11<br>12 |                             | 32Q<br>757 |                              | 240<br>234 | 240<br>234                     |                                       | 474 |
| B8             | 14A                              | 14       | 380                         | 747        | 644                          | 600        | 600                            | 820                                   |     |
| B4<br>B3       |                                  | 15<br>16 |                             | 739<br>773 |                              | 220<br>425 | 220<br>425                     | 425                                   |     |
| B10 až B18     | 50 až 57<br>60 až 64<br>70 až 75 |          | 7M8                         |            | 189                          |            | 1323                           | 1323                                  |     |
|                |                                  |          |                             |            |                              |            | <b>Součet:</b>                 | <b>5631</b>                           |     |

Na stání 1A a 1B většího počtu cestujících dosáhneme s paralelním provozem dvou menších typů B737-900 než s jedním typem B777-300. Na stání 3 vychází kapacitně nejnáročněji použití B747 se sedačkovou kapacitou až 600 cestujících. Na stáních 4/4A a 5 opět vychází lépe použití dvou menších typů. Na stání 12 došlo k nahrazení typu 767 typem 757, který umožňuje paralelní provoz na stání 11. Na stání 14/14A došlo k volbě typu 747, protože ten umožňuje paralelní provoz na stání 15.

Z provozního hlediska tedy Terminál 1 zvládne kapacitně odbavit maximálně 5 631 cestujících.

### 5.3.4.3 Shrnutí

Čekárny u odletových bran A8+A9, B1, B2 a B3+B4 nesplňují parametry pro optimální LoS. Tyto čekárny tedy mohou trpět nedostatkem optimálního prostoru pro cestující, pokud daná odletová brána bude obsluhována kritickým typem letadla. V tom případě pak klesá poskytovaná úroveň služeb cestujícím z optimální úrovně do nedostatečné úrovně.

Obecně téměř všechny čekárny u odletových bran nevyhovují optimálním parametrům LoS z pohledu počtu nabízených sedaček pro sedící cestující. Zejména jde o čekárny A2, A3+A4, A6+A7, A10, B1 a B8. Je však třeba zmínit, že se zvyšujícím se počtem sedaček se zmenšuje prostor pro stojící cestující a konečným důsledkem je celkové snížení počtu cestujících v čekárně.

Spodní patro prstu B se také jeví jako nevyhovující z hlediska počtu nabízených sedaček. Avšak pravděpodobnost využití najednou všech spodních bran prstu B je malá. Cestující se tedy mohou rozprostřít skrz celý prostor a mají tak šanci najít volnou sedačku.

Celková maximální teoretická kapacita odletových bran Terminálu 1 činí 5 752 cestujících. Celková provozní kapacita odletových bran Terminálu 1 činí 5 631 cestujících. Jde ale o extrémní případy, které by byly dosaženy jen za teoretické situace paralelního odbavování letadel na všech stáních. S předpokladem, že jde o kritické typy letadel a všechna letadla jsou zcela obsazena cestujícími. Tato situace s největší pravděpodobností nikdy nenastane. Pro pražské letiště jsou typická hlavně letadla na střední a kratší tratě jako B737-800 a A320. Kapacita čekáren tak bude po většinu času vždy dostačující a splňující optimální úroveň služeb.

### 5.3.5 Hraniční kontrola na přeletu

Hraniční kontrola Terminálu 1 na přeletu je centralizovaná. Procházejí jí ti cestující, jejichž konečnou destinací po přeletu je Letiště Praha. Hraniční kontrola obsahuje dva procesory – automatickou samo-odbavovací hraniční kontrolu nebo stanoviště s fyzickou přepážkou, kde doklady cestujícímu zkontroluje pracovník hraniční kontroly (pracovník není zaměstnancem letiště).

#### 5.3.5.1 Dynamická kapacita

Jednotlivé proměnné popisuje následující tabulka č. 23. Počet procesorů hraniční kontroly Terminálu 1 je známý a celkem obsahuje 12 kontaktních přepážek a 9 samo-odbavovacích přepážek.

Tabulka 23: Proměnné pro výpočet dynamické kapacity hraniční kontroly na přeletu [5]

| Proměnná              | Popis  | Hodnoty |
|-----------------------|--|---------|
| PHP                   | počet cestujících ve špičce (uvnitř špičkové hodiny)                     | hledáme |
| PC <sub>i</sub>       | přibližný počet přepážek s hraniční kontrolou                            | -       |
| PK                    | špičkový 30minutový faktor (v % z PHP)                                   | 0,65    |
| MQT                   | maximální doba čekání ve frontě před hraniční přepážkou (v minutách)     | 10      |
| C <sub>f</sub>        | opravný koeficient pro QMAX (viz tabulka č. 10)                          | 1,06    |
| PT <sub>PD MAN</sub>  | procesní čas (kontrola) cestujícího u kontaktní přepážky (v sekundách)   | 43      |
| PT <sub>PD SELF</sub> | procesní čas (kontrola) cestujícího u nekontaktní přepážky (v sekundách) | 21      |
| PC <sub>MAN</sub>     | skutečný počet fyzických příletových hraničních přepážek                 | 12      |
| PC <sub>SELF</sub>    | skutečný počet samo-odbavovacích příletových hraničních přepážek         | 9       |

#### Popis a hodnoty proměnných

Typický čas pro kontrolu jednoho (PT<sub>PD</sub>) cestujícího při samo-odbavovacím procesu byl společností Letiště Praha, a. s. statisticky stanoven na 21 sekund. Čas vyžadovaný pro kontrolu jednoho cestujícího u fyzické hraniční přepážky byl stanoven na 43 sekund [38].

Dle optimální úrovně poskytovaných služeb je optimální čekací doba (MQT) běžného cestujícího před samotným procesem kontroly 10 minut [5].

Opravný koeficient C<sub>f</sub> závisí na hodnotě MQT a jeho hodnota se určí z tabulky č. 10 v kapitole č. 5.3.1.1. Dle MQT 10 je C<sub>f</sub> rovno 1,06 [5].

Proměnná PC představuje skutečný počet fyzických hraničních přepážek, kterých je 12 a skutečný počet samo-odbavovacích přepážek, kterých je 9.

Proměnná PC<sub>i</sub> reprezentuje teoretický počet přepážek. Jde o hodnotu, která není ošetřena opravnými koeficienty. Proměnná PK a PHP je již známa z předcházejících kapitol. Avšak PHP zde představuje cestující z přeletu.

## Vztahy pro výpočet

Postupy ADR manuálu stanovují několik matematických vztahů, které slouží k určení vhodného počtu hraničních přepážek na základě znalosti vstupu maximálního počtu cestujících, které potřebujeme zkontrolovat za jednotku času. Pro potřeby určení kapacity z pohledu této kapitoly jsou důležité tyto dva následující vztahy:

$$PCi = PHP \cdot PK \cdot \frac{PT}{60} \cdot \frac{1}{30+MQT} \quad (31)$$

$$PC = PCi \cdot Cf \quad (32)$$

## Samotný výpočet

Kombinací vztahů (31) a (32) dostaneme vztah:

$$PHP = \frac{1}{PK} \cdot \frac{PC}{Cf} \cdot \frac{60}{PT} \cdot \frac{30+MQT}{1} \quad (33)$$

Po dosazení našich hodnot odpovídajících konfiguraci hraniční kontroly Terminálu 1 dostaneme následující dva výrazy:

$$PHP_{MAN} = \frac{1}{0,65} \cdot \frac{12}{1,06} \cdot \frac{60}{43} \cdot \frac{30+10}{1}$$

$$PHP_{SELF} = \frac{1}{0,65} \cdot \frac{9}{1,06} \cdot \frac{60}{21} \cdot \frac{30+10}{1}$$

$PHP_{MAN} \doteq 972,0863$  zkontrolovaných cestujících

$PHP_{SELF} \doteq 1492,847$  zkontrolovaných cestujících

## Závěr

Stanoviště hraniční kontroly na příletu je schopno zkontrolovat za hodinu 972 cestujících kontaktně a 1 492 cestujících nekontaktně. Jde o dynamickou kapacitu hraniční kontroly.

### 5.3.5.2 Statická kapacita

Tabulka 24: Proměnné pro výpočet statické kapacity hraniční kontroly na příletu [5]

| Proměnná | Popis   | Hodnoty  |
|----------|---|--|
| QMAX     | maximální počet cestujících čekajících ve frontě          | -  |
| PHP      | počet cestujících ve špičce (uvnitř špičkové hodiny)      | PHP <sub>MAN</sub> =972<br>PHP <sub>SELF</sub> =1492 |
| PK       | špičkový 30minutový faktor (v % z PHP)                    | 0,65   |
| MQT      | maximální doba čekání ve frontě (v minutách)              | 10   |
| Qf       | opravný koeficient pro QMAX (viz tabulka č. 10)           | 0,289  |
| SP       | osobní prostor cestujícího (v m <sup>2</sup> )            | 1,1  |
| A        | potřebná plocha pro hraniční přepážky (pro celý procesor) | hledáme  |
| PCd      | hloubka hraniční přepážky (v metrech)                     | -  |
| PCw      | šířka hraniční přepážky (v metrech)                       | -  |
| W        | šířka koridoru za přepážkami (v metrech)                  | -  |

Statickou kapacitu představuje prostor před přepážkami, ve kterém se cestující hromadí, než se na ně dostane řada. Hodnoty proměnných použitých pro výpočet statické kapacity shrnuje tabulka č. 24 na předcházející straně.

### Popis a hodnoty proměnných

$Q_{MAX}$  určuje maximální počet cestujících čekajících na hraniční kontrolu.  $Q_f$  je opravný koeficient, který určíme pomocí tabulky č. 10. Dle MQT 10 je  $Q_f$  roven hodnotě 0,289 [5].

$SP$  představuje osobní prostor, který je cestujícímu přidělen. Dle optimální úrovně poskytovaných služeb je tato hodnota stanovena v rozmezí 1,0 až 1,2 m<sup>2</sup>. Budeme uvažovat středovou hodnotu 1,1 m<sup>2</sup> [5].

Proměnná  $A$  reprezentuje celý prostor, který hraniční kontrola jako procesor vyžaduje.  $PC_d$  a  $PC_w$  určují hloubku a šířku jedné hraniční přepážky.  $W$  určuje celkovou šířku prostoru za hraničními přepážkami. Analogicky lze toto aplikovat i na nekontaktní hraniční přepážky.

Proměnná  $PK$  je známa již z předcházejících kapitol.  $PHP$  reprezentuje počet zkontrolovaných cestujících za hodinu. Tato hodnota je známa z předchozí kapitoly.

### Vztahy pro výpočet

Pro určení optimálního čekacího prostoru před samotnou hraniční kontrolou lze využít následujících dvou vztahů z ADR manuálu:

$$Q_{MAX} = Q_f \cdot PK_{30MIN} \quad (9)$$

$$A = (Q_{MAX} \cdot SP) + (PC \cdot PC_d \cdot PC_w) + (PC \cdot PC_w \cdot W) \quad (34)$$

### Samotný výpočet

Vztah (34) je určen součtem třech závorek. První závorka určuje plochu pro hromadění cestujících před samotným procesem kontroly, druhá závorka určuje plochu samotného procesoru (hraniční přepážka) a třetí závorka určuje plochu pro hromadění cestujících za hraniční kontrolou. Předposlední a poslední závorku vypustíme, protože není aktuálně relevantní. Vztah tedy můžeme upravit do následující podoby:

$$A = Q_{MAX} \cdot SP \quad (13)$$

Kombinací vztahu (9) a (13) dostaneme vztah:

$$A = Q_f \cdot PK_{30MIN} \cdot SP \quad (25)$$

Dosadíme hodnoty z tabulek výše reprezentující parametry hraniční kontroly v Terminálu 1. Dvakrát, nejprve pro kontaktní hraniční přepážky a po druhé pro nekontaktní hraniční přepážky.

$$A_{MAN} = 0,289 \cdot 0,65 \cdot 972 \cdot 1,1 \doteq 200,87 \text{ m}^2$$

$$A_{SELF} = 0,289 \cdot 0,65 \cdot 1492 \cdot 1,1 \doteq 308,47 \text{ m}^2$$

## Závěr

Cestující se před samotným procesem hraniční kontroly mohou hromadit před přepážkou ve vymezeném prostoru. Dostupná plocha u kontaktní hraniční kontroly měří 374 m<sup>2</sup>. Z optimálního pohledu poskytovaných služeb je vhodná čekací plocha o rozměru 201 m<sup>2</sup>. Kapacitně je tedy zcela dostačující.

U nekontaktní hraniční kontroly měří dostupná plocha pouhých 37 m<sup>2</sup>. Optimální prostor potřebný pro splnění optimální úrovně služeb cestujícím vyžaduje 309 m<sup>2</sup>. Kapacitně je tedy na první pohled plocha nedostačující. Avšak cestující se mohou hromadit v přilehlém sousedním prostoru haly, která propojuje prst B a prst C.

Obě plochy zohledňují odstup od fyzických přepážek i od nekontaktních přepážek.

### 5.3.5.3 Shrnutí

Celkový pohled na kapacitu shrnuje následující tabulka č. 25:

Tabulka 25: Kapacita hraniční kontroly Terminálu 1 na příletu [vlastní zpracování]

| Hraniční kontrola na příletu | Dostupný prostor [m <sup>2</sup> ] | Požadovaný prostor [m <sup>2</sup> ] | Počet kontrolních stanišť | Hodinová kapacita |
|------------------------------|------------------------------------|--------------------------------------|---------------------------|-------------------|
| Kontaktní přepážka           | 374                                | 201                                  | 12                        | 972               |
| Samo-odbavovací přepážka     | 37                                 | 309                                  | 9                         | 1492              |
|                              |                                    |                                      | <b>Součet:</b>            | <b>2464</b>       |

Všechny plošné hodnoty v tabulce jsou zaokrouhleny na celé jednotky. Avšak ve výpočtech byla zohledněna vždy přesná hodnota. Dostupným prostorem se myslí volný prostor uvnitř Terminálu 1 před hraničními přepážkami. Požadovaným prostorem se myslí prostor, který je z optimálního hlediska potřebný. Dostupný prostor u samo-odbavovací přepážky se jeví jako nedostatečný, avšak cestující mají možnost hromadit se v přilehlém sousedním prostoru haly, která propojuje prst B a prst C. Není to ideální řešení, ale v době vysokého letového provozu může být tato situace běžná.

Poslední sloupec uvádí celkovou kapacitu. Jde o kapacitu cestujících na příletu, kterou zvládne odbavit hraniční kontrola Terminálu 1 za hodinu. Pokud předpokládáme optimální poskytovanou úroveň služeb cestujícím, tak tato maximální kapacita je 2 464 zkontrolovaných cestujících za hodinu.



### 5.3.6 Vyzvednutí zavazadel

Tato kapitola se zaměřuje na určení kapacity prostoru s karusely, na kterých si cestující po příletu vyzvedávají svá zavazadla.

Z praktického hlediska mohou nastat dvě situace. V první situaci se karusel nejdříve zaplní zavazadly od cestujících a až poté dorazí cestující, kteří si zavazadla vyzvednou. V druhé situaci jsou naopak cestující ti rychlejší, kteří dorazí ke karuselům jako první a až poté se karusel zaplní zavazadly. ADR manuál obsahuje několik rovnic pro tuto problematiku a tento problém zohledňuje.

#### 5.3.6.1 Dynamická kapacita

Jednotlivé proměnné popisuje následující tabulka č. 26:

Tabulka 26: Proměnné pro výpočet kapacity karuselů [5]

| Proměnná        | Popis   | Hodnoty            |
|-----------------|---|--------------------|
| PHP             | počet cestujících ve špičce (uvnitř špičkové hodiny)  | hledáme            |
| $PAX_{(NB/WB)}$ | počet cestujících (sedačková kapacita) v letadle (úzkotrupé letadlo / širokotrupé letadlo)                            | -                  |
| $BC_{(NB/WB)}$  | počet karuselů pro úzkotrupé/šírokotrupé letadlo  | 1/0                |
| $CL_{(NB/WB)}$  | obvod karuselu (v metrech)  | 58,5               |
| SP              | délkový rozměr na jednoho cestujícího (v metrech), který si cestující přivlastní během čekání na vyzvednutí zavazadla | 0,85               |
| RR              | míra oběhu jednoho zavazadla na karuselu  | 50 %               |
| PR              | podíl cestujících vyzvedávajících zavazadla   | 70 %               |
| $P_{(NB/WB)}$   | podíl cestujících přilétávajících úzkotrupým/šírokotrupým letadlem  | NB=85 %<br>WB=15 % |
| $OT_{(NB/WB)}$  | průměrná doba obsazení karuselu úzkotrupým/šírokotrupým letadlem (v minutách)   | NB=20<br>WB=45     |

#### Popis a hodnoty proměnných

Terminál 1 disponuje celkem čtyřmi karusely (BC) – dvěma menšími pro úzkotrupá letadla a dvěma většími karusely pro širokotrupá letadla.

Každý tento karusel má svůj obvod (CL), pro náš výpočet postupně použijeme obvod všech čtyř karuselů. Tento obvod u prvního karuselu měří 58,5 m [38]. SP je část tohoto obvodu kolem karuselu, která je vyhrazena jednomu cestujícímu k vyzvednutí jeho zavazadla.

PR je statistické procentuální vyjádření cestujících, kteří měli v letadle odbavené zavazadlo a potřebují si jej vyzvednout. Ze statistických dat poskytnutých společností Letiště Praha, a. s. víme, že zhruba 70 % cestujících cestuje s odbaveným zavazadlem [38]. RR vyjadřuje míru, kolikrát se v průměru jedno zavazadlo otočí na karuselu. Podle společnosti IATA je to zhruba půl otočky karuselu, než si zavazadlo vyzvedne cestující [5].

P vyjadřuje poměr cestujících úzkotrupého letadla nebo širokotrupého letadla vůči celkovému počtu všech cestujících. OT je doba, po kterou je karusel využíván daným typem letadla. IATA statisticky stanovuje 20 minut pro úzkotrupé letadlo a 45 minut pro širokotrupé letadlo [5].

Proměnná PHP je již známa z předcházejících kapitol a definuje počet cestujících, které zvládne karusel obsloužit. Proměnná PAX vyjadřuje počet cestujících, jejichž počtu odpovídá sedačková kapacita letadla.

### Vztahy pro výpočet

Pro naši potřebu výpočtu kapacity PHP jsou nejdůležitější následující dva vztahy:

$$CL_{(NB/WB)} = PAX_{(NB/WB)} \cdot SP \cdot PR \cdot RR \quad (35)$$

$$BC_{(NB/WB)} = (PHP \cdot P_{(NB/WB)} \cdot OT_{(NB/WB)}) / (60 \cdot PAX_{(NB/WB)}) \quad (36)$$

### Samotný výpočet

Vzájemným dosazením vztahu (35) a (36) dostaneme vztah:

$$PHP = CL \cdot \frac{BC}{P} \cdot \frac{60}{OT} \cdot \frac{1}{SP} \cdot \frac{1}{PR} \cdot \frac{1}{RR} \quad (37)$$

Do vztahu (37) následně dosadíme hodnoty z tabulky č. 26 (parametry pro první karusel):

$$PHP = 58,5 \cdot \frac{1}{0,70} \cdot \frac{60}{20} \cdot \frac{1}{0,85} \cdot \frac{1}{1} \cdot \frac{1}{0,50}$$

$$PHP = 693,9357 \text{ cestujících}$$

### Závěr

Závěrem lze tedy konstatovat, že první karusel Terminálu 1 zvládne obsloužit celkem 693 cestujících za hodinu vystupujících z letadel na příletu. Stejnou metodikou z IATA ADR manuálu je určena kapacita zbývajících tří karuselů a výsledky shrnuje následující tabulka č. 27:

Tabulka 27: Kapacita karuselů [vlastní zpracování]

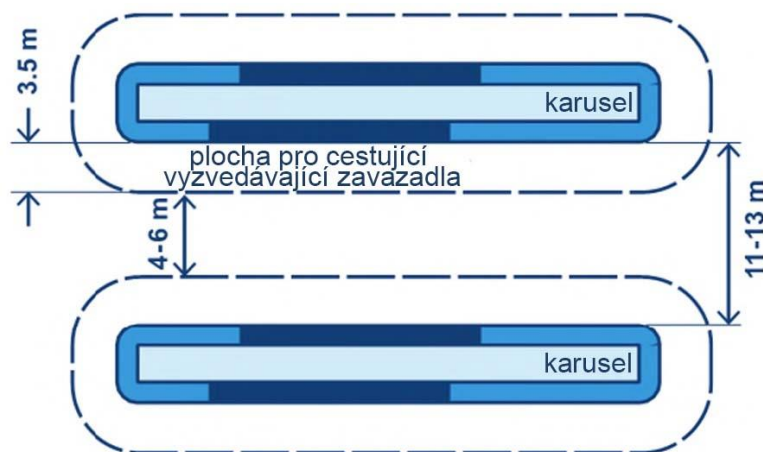
| Karusely        | CL [m]         | Kapacita [cestující/h] |
|-----------------|----------------|------------------------|
| 1. karusel - NB | 58,5           | 693                    |
| 2. karusel - NB | 58,5           | 693                    |
| 3. karusel - WB | 100,5          | 529                    |
| 4. karusel - WB | 113,6          | 599                    |
|                 | <b>Součet:</b> | <b>2514</b>            |

Druhý sloupec obsahuje obvodové hodnoty jednotlivých karuselů a poslední sloupec obsahuje kapacitu jednotlivých karuselů. Celková maximální kapacita karuselů Terminálu 1 je 2 514 obslužených cestujících za hodinu.

Z veřejně dostupných dat se dá nalézt informace, že kapacita třídíren Terminálu 1 na Letišti Praha je zhruba 3 200 přepravených kufrů za hodinu oběma směry – pro cestující na odletu a pro cestující na příletu. S největší pravděpodobností je nejslabším článkem kapacity Terminálu 1 právě třídírna zavazadel [43].

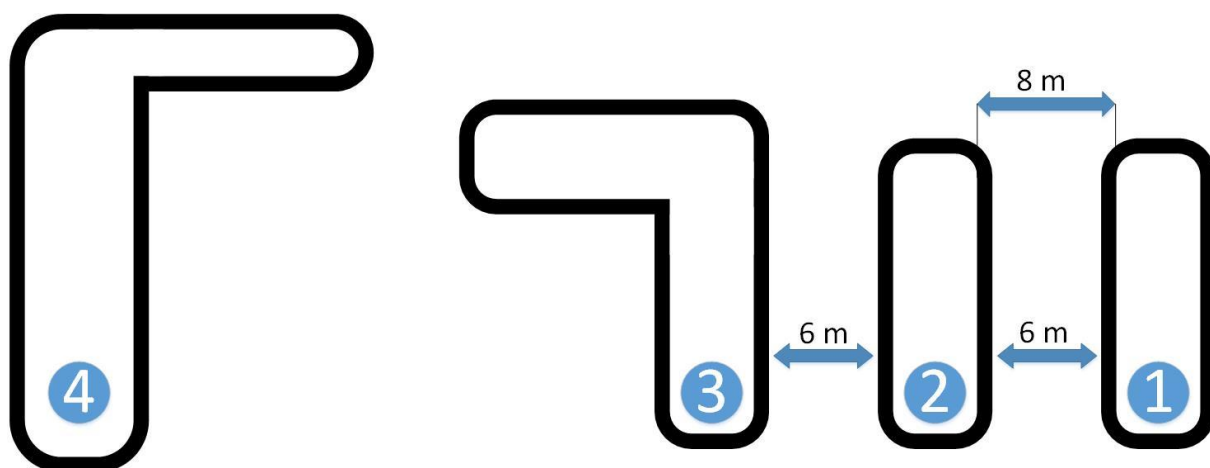
### 5.3.6.2 Statická kapacita

Co se týče rozměrových prostorů kolem karuselů, tak pro ty IATA doporučuje vzdálenosti zobrazené na následujícím obrázku č. 13:



Obrázek 13: Doporučené rozměry pro karusely [5]

3,5 metrů by měl měřit pruh kolem každého karuselu. Tento pruh definuje oblast, která je určena pro cestující vyzvedávající zavazadla. Vzdálenost mezi sousedními karusely by měla být minimálně 11 metrů, ideálně 13 metrů. Z čehož plyne, že volný prostor mezi sousedními karusely by měl měřit minimálně 4 metry, ideálně 6 metrů. Konfigurace karuselů Terminálu 1 je zhruba následující:



Obrázek 14: Přibližná konfigurace karuselů Terminálu 1 [vlastní zpracování]

První a druhý karusel je určený primárně pro menší úzkotrupá letadla, třetí a čtvrtý karusel je určený primárně pro větší širokotrupá letadla. Kolem každého karuselu je volný pruh s ideální

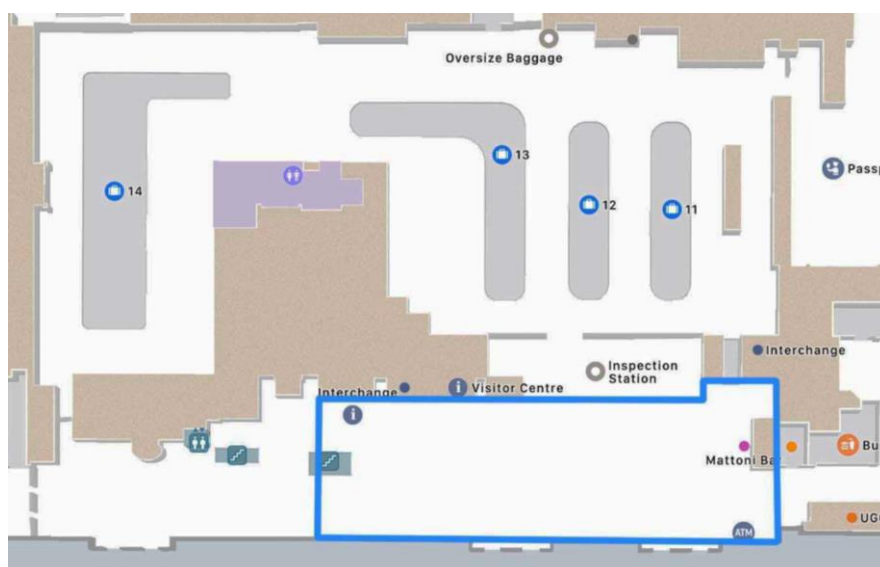
šířkou 3,5 metrů. Avšak první, druhý a třetí karusel jsou navzájem vůči sobě na těsno. Vzdálenost mezi těmito karusely je 6 metrů (IATA doporučuje minimálně 11 metrů).

### **5.3.6.3 Shrnutí**

Ze závěru kapitoly č. 5.3.6.1 vyplývá, že celková dynamická kapacita karuselů je 2 514 obslužených cestujících za hodinu. Ze závěru kapitoly č. 5.3.6.2 vyplývá, že karusely 1, 2 a 3 jsou příliš na těsno vůči sobě a při větším hromadění cestujících může klesat poskytovaná úroveň LoS.

### 5.3.7 Příletová hala

Tato kapitola se zaměřuje na určení kapacity příletové haly Terminálu 1 pražského letiště. Z kapacitního hlediska bude představovat příletovou halu modře vyznačený prostor na následujícím obrázku č. 15. V tomto prostoru se nachází vše podstatné, např. prostor pro hromadění příbuzných čekajících na cestující z příletů. Dále se zde nacházejí sedačky, bankomaty a informační přepážka.



Obrázek 15: Příletová hala [44] [vlastní zpracování]

Vzhledem k tomu, že se v této části terminálu nenachází žádný procesor, tak logicky vyplývá závěr, že se zde dá posuzovat pouze statická kapacita.

#### 5.3.7.1 Statická kapacita

V následující tabulce č. 28 jsou uvedeny jednotlivé proměnné použité ve výpočtu:

Tabulka 28: Proměnné pro výpočet kapacity příletové haly [5]

| Proměnná        | Popis  | Hodnoty          |
|-----------------|--|------------------|
| PHP             | počet cestujících ve špičce (uvnitř špičkové hodiny)                       | hledáme          |
| P               | počet osob přítomných v příletové hale                                     | -                |
| T(P/V)          | délka pobytu cestujícího (P) a doprovodu (V) v příletové hale (v minutách) | P=5<br>V=14      |
| VR              | poměr návštěvníků (doprovodu) na jednoho cestujícího                       | 1                |
| A               | plocha příletové haly (v m <sup>2</sup> )                                  | 1075             |
| A <sub>ST</sub> | plocha příletové haly pro stojící osoby (v m <sup>2</sup> )                | 1054             |
| S               | počet dostupných sedaček   | 53               |
| SR              | podíl sedících cestujících   | -                |
| SP(S/ST)        | prostor pro sedící osobu (S) a pro stojící osobu (ST) (v m <sup>2</sup> )  | S=N/A<br>ST=1,45 |

## Popis a hodnoty proměnných

Proměnná  $P$  určuje celkový počet osob vyskytujících se v příletové hale. Jde o součet cestujících z příletu a dále také součet osob, které čekají v příletové hale jako případný doprovod.  $VR$  stanovuje kolik takových osob (onen doprovod) obvykle čeká na jednoho pasažéra. Předpokládáme, že na jednoho cestujícího v příletové hale čeká jeden doprovod.

Parametr  $T$  stanovuje v minutách dobu, po kterou se cestující a jeho doprovod zdrží v příletové hale. Pro cestujícího ( $T_P$ ) předpokládáme 5 minut a pro doprovod ( $T_V$ ) předpokládáme 14 minut, vzhledem k tomu, že doprovod obvykle dorazí dříve. A to v průměru 9 minut předem. Jde o statistické údaje poskytnuté společností Letiště Praha, a. s. [38].

Proměnná  $A$  určuje celkovou plochu potřebnou pro příletovou halu tak, aby dokázala pojmout všechny cestující a jejich případný doprovod.  $A_{ST}$  určuje plochu, která je určena pro stání cestujících. Rozdíl těchto dvou hodnot určuje plochu, na které jsou umístěny sedačky, jejich počet reprezentuje proměnná  $S$ .  $SR$  vyjadřuje procentuální podíl sedících osob vůči celkovému počtu osob.

Proměnná  $SP_{ST}$  reprezentuje osobní prostor stojící osoby a je určena optimální úrovní poskytovaných služeb v intervalu 1,2 až 1,7 m<sup>2</sup>. Pro tento výpočet použijeme středovou hodnotu 1,45 m<sup>2</sup> [5].

Proměnná  $PHP$  je již známa z předcházejících kapitol a vyjadřuje kapacitní možnosti příletové haly Terminálu 1.

## Vztahy pro výpočet

ADR manuál pro tuto problematiku stanovuje následující dva vztahy:

$$P = PHP \cdot \frac{T_P}{60} + PHP \cdot \frac{T_V}{60} \cdot VR \quad (38)$$

$$A = P \cdot SP_S \cdot SR + P \cdot SP_{ST} \cdot (1 - SR) \quad (39)$$

## Samotný výpočet

Druhý vztah (39) určuje celkovou plochu potřebnou pro příletovou halu, vzorec lze přepsat do následujícího tvaru:

$$P = A \cdot \frac{1}{SP_{ST} \cdot (1 - SR)} + A \cdot \frac{1}{SP_S \cdot SR} \quad (39)$$

První zlomek určuje počet stojících osob uvnitř užitečné plochy, touto plochou je myšlen celkový prostor příletové haly. Druhý zlomek určuje počet osob sedících na sedačkách. Poměr mezi těmito plochami určuje koeficient  $SR$ .

Protože známe celkovou užitečnou plochu (A) příletové haly Terminálu 1, plochu pro stojící osoby  $A_{ST}$ , plochu zastavěnou sedačkami a počet sedaček S, tak můžeme tento vzorec modifikovat do následujícího tvaru:

$$P = A_{ST} \cdot \frac{1}{SP_{ST}} + S \quad (40)$$

Kombinací vztahů (38) a (40) lze vyjádřit následující vztah:

$$PHP = \frac{A_{ST} \cdot \frac{1}{SP_{ST}} + S}{\frac{1}{60}(T_P + VR \cdot T_V)} \quad (41)$$

Do vztahu (41) dosadíme hodnoty z tabulky č. 28.

$$PHP = \frac{1053,6848 \cdot \frac{1}{1,45} + 53}{\frac{1}{60}(5 + 1 \cdot 14)}$$

$$PHP = 2462,145 \text{ cestujících}$$

#### 5.3.7.2 Shrnutí

Závěrem lze tedy konstatovat, že příletová hala Terminálu 1 je schopna kapacitně pojmout až 2 462 cestujících za hodinu, kteří vystoupí z letadel na příletu, a všechny doprovázející osoby. Sedících osob je z celkového počtu 7,3 %, avšak IATA doporučuje minimálně tolik sedaček, aby podíl sedících osob byl alespoň 15 % [5].

### 5.3.8 Shrnutí kapacity

V předchozích kapitolách je zanalyzována kapacita jednotlivých částí Terminálu 1. Bylo zjištěno, kolik cestujících zvládají jednotlivé procesory odbavovat (dynamická kapacita) a zda každý procesor má k dispozici dostatečně velkou čekací plochu, ve které se ve frontě řadí cestující (statická kapacita). Zbývá teď porovnat, zda je v celkovém měřítku kapacita Terminálu 1 dostatečná.

Společnost Letiště Praha, a. s. poskytla autorovi informace o tom, kolik cestujících prošlo Terminálem 1 během typického letního dne roku 2019. Typický letní den vypadá tak, že letový provoz dosahuje provozního vrcholu dvakrát za den – zhruba dopoledne kolem desáté a jedenácté hodiny a poté odpoledne kolem páté hodiny. Z těchto údajů lze zmínit tato čtyři zjištěná fakta během provozního vrcholu:

- v rámci odletu prošlo terminálem 750 cestujících během intervalu 30 minut,
- v rámci odletu prošlo terminálem 1 500 cestujících během intervalu 60 minut,
- v rámci příletu prošlo terminálem 1 200 cestujících během intervalu 30 minut a
- v rámci příletu prošlo terminálem 2 300 cestujících během intervalu 60 minut [38].

Tyto hodnoty následně porovnáme se zjištěnými údaji v předcházejících kapitolách a porovnáním zjistíme, zda je Terminál 1 dostatečně kapacitně dimenzován na tento objem cestujících s optimální úrovní poskytovaných služeb.

#### 5.3.8.1 Odbavovací hala a hraniční kontrola na odletu

Tabulka 29: Kapacita odbavovací haly [vlastní zpracování]

| Odbavovací hala        | Dostupný prostor [m <sup>2</sup> ] | Požadovaný prostor [m <sup>2</sup> ] | Počet kontrolních stanišť | Dostupná hodinová kapacita | Požadovaná hodinová kapacita |
|------------------------|------------------------------------|--------------------------------------|---------------------------|----------------------------|------------------------------|
| Odbavovací přepážky    | 1030                               | 1010                                 | 70                        | 2818                       | 1500                         |
| Samo-odbavovací kiosky | 44                                 | 33                                   | 6                         | 202                        |                              |
|                        |                                    |                                      | <b>Součet:</b>            | <b>3020</b>                | <b>1500</b>                  |

Dle metodiky IATA ADR manuálu odbavovací přepážky a kiosky zvládají odbavit za hodinu 3 020 cestujících – jde o celkovou propustnost odbavovací haly. V typickém letním provozu roku 2019 prošlo letištem na odletu zhruba 1 500 cestujících za hodinu. Lze tedy usoudit, že kapacita odletové haly je dostatečná. Také je ale potřeba zmínit, že kiosky na pražském letišti využívají jenom někteří letečtí dopravci, kiosky tedy nejsou obecně použitelné. Pokud je ale cestující využije, tak případné zavazadlo musí odevzdat na odbavovací přepážce.



Tabulka 30: Kapacita hraniční kontroly na odletu [vlastní zpracování]

| Hraniční kontrola na odletu | Dostupný prostor [m <sup>2</sup> ] | Požadovaný prostor [m <sup>2</sup> ] | Počet kontrolních stanišť | Dostupná kapacita za 30 min | Požadovaná kapacita za 30 min |
|-----------------------------|------------------------------------|--------------------------------------|---------------------------|-----------------------------|-------------------------------|
| Kontaktní přepážka          | 205                                | 117                                  | 13                        | 448                         | 750                           |
| Samo-odbavovací přepážka    | 37                                 | <b>202</b>                           | 8                         | 775                         |                               |
|                             |                                    |                                      | <b>Součet:</b>            | <b>1223</b>                 | <b>750</b>                    |

Dle metodiky IATA ADR manuálu zvládá hraniční kontrola na odletu při plném vytížení zkontrolovat 1 223 cestujících v rámci 30 minut. V typickém letním provozu roku 2019 prošlo letištem na odletu zhruba 750 cestujících za hodinu. Lze tedy usoudit, že dynamická kapacita hraniční kontroly na odletu je dostatečná.

Avšak co se týče statické kapacity, tak požadovaný prostor před samo-odbavovacími přepážkami se jeví jako nedostatečný. Při vyšším zatížení zde může klesat poskytovaná úroveň služeb cestujícím. Je ale potřeba zmínit, že automatické průchody nejsou určeny pro všechny cestující. Jsou určeny pouze pro občany EU (+ EEA a CH) od 15 let s biometrickými pasy.

Zásadním faktem, který může ovlivňovat propustnost hraniční kontroly je tedy národnost samotného cestujícího. Pokud se jedná o cestujícího mimo zemi EU, tak ten nemůže využít automatický průchod.

### 5.3.8.2 Bezpečnostní kontroly a odletové čekárny

Bezpečnostní kontroly jsou decentralizované a nacházejí se před vstupem do prostoru odletových čekáren. Z kapacitního hlediska má tedy smysl porovnat, zda bezpečnostní kontrola je schopna zvládnout zkontrolovat skupinu cestujících nastupujících do největšího letadla (z pohledu počtu sedaček v letadle), které může být přistaveno k dané odletové bráně.

Následující tabulka ukazuje místa, kde z kapacitního hlediska může vznikat problém během zvýšeného provozu. Typicky v letním období.

Tabulka č. 31 na další straně je rozdělena šedým sloupcem, na pravé straně od tohoto sloupce se srovnává kapacita jednotlivých odletových čekáren. Sloupec požadovaná kapacita definuje maximální počet cestujících, kteří se v čekárně mohou vyskytnout. Jde o hodnotu závislou na kritickém typu letadla – na maximálním počtu sedaček daného letadla. Ve sloupci dostupná kapacita je uvedena kapacitní hodnota počtu cestujících, která odpovídá rozměrům dané čekárny a optimálním parametrům LoS. Z kapacitního hlediska by dostupná kapacita měla být vyšší než požadovaná kapacita. Čekárna, která se kapacitně jeví jako nedostačující je znázorněna červeně nebo oranžově. Oranžová barva značí, že čekárna je nevyhovující

pro střední optimální hodnotu LoS, avšak na nejnižší optimální hodnotě LoS je čekárna stále vyhovující. Červená barva značí, že čekárna se z pohledu optimální LoS jeví jako nevyhovující. Tzn. při vyšším provozu může docházet k poklesu LoS na nedostatečnou úroveň služeb.

Tabulka 31: Kapacita čekáren a bezpečnostních kontrol [vlastní zpracování]

| Dostupný prostor [m <sup>2</sup> ] | Požadovaný prostor [m <sup>2</sup> ] | Dostupná dynamická kapacita za 30 minut | Požadovaná dynamická kapacita za 30 minut | Bezpečnostní kontrola   | Odletová brána | Dostupná kapacita | Požadovaná kapacita |
|------------------------------------|--------------------------------------|---|---|-------------------------|----------------|-------------------|---------------------|
| <b>Bezpečnostní kontroly</b>       |                                      |   |   | <b>Odletové čekárny</b> |                |                   |                     |
| 29                                 | <b>35</b>                            | 135                                     | <b>143</b>                                | X                       | A2             | 350               | 220                 |
| 0                                  | <b>70</b>                            | 271                                     | <b>286</b>                                | X                       | A3<br>A4       | 758               | 440                 |
|                                    |                                      |   |   |                         | <del>A10</del> | <del>90</del>     | <del>189</del>      |
| 12                                 | <b>35</b>                            | 135                                     | <b>143</b>                                | X                       | A5             | 286               | 220                 |
| 51                                 | <b>88</b>                            | 338                                     | <b>705</b>                                | X                       | A6<br>A7       | 630               | <b>644</b>          |
|                                    |                                      |   |   |                         | A8<br>A9       | 331               | <b>440</b>          |
| 18                                 | <b>35</b>                            | 135                                     | <b>156</b>                                | X                       | B1             | 173               | <b>240</b>          |
| 10                                 | <b>35</b>                            | 135                                     | <b>156</b>                                | X                       | B2             | 220               | <b>240</b>          |
| 11                                 | <b>53</b>                            | 203                                     | <b>419</b>                                | X                       | B3<br>B4       | 488               | <b>645</b>          |
| 16                                 | <b>35</b>                            | 135                                     | <b>156</b>                                | X                       | B5             | 231               | <b>240</b>          |
| 132                                | 70                                   | 270                                     | <b>592</b>                                | X                       | B7             | 307               | 267                 |
|                                    |                                      |   |   |                         | B8             | 629               | <b>644</b>          |
| 161                                | 70                                   | 271                                     | <b>860</b>                                | X                       | B10 až<br>B18  | 1332              | 1323                |

Čekárna A10 je používána jen výjimečně. Prostorově je velmi malá, ale cestující mají možnost využít prostory čekárny A3+A4. Tyto čekárny se totiž nacházejí ve společné SRA zóně.

Nalevo od šedého sloupce se srovnává kapacita decentralizovaných bezpečnostních kontrol. Sloupec požadovaná dynamická kapacita definuje maximální počet cestujících, kteří projdou skrz bezpečnostní kontrolu během 30 minut. Hodnota je závislá na kritickém typu letadla. Platí předpoklad, že za 30 minut je potřeba zkontrolovat 65 % cestujících. Vycházíme z informací obrázku č. 5 v kapitole č. 3.4.2. Sloupec dostupná dynamická kapacita znázorňuje, kolik cestujících je bezpečnostní kontrola schopna zvládnout za 30 minut z hlediska optimální úrovně LoS. Červeně jsou znázorněna místa, která mohou být dynamicky kapacitně

poddimenzovaná, typicky při kontrole cestujících nastupujících do největšího schváleného letadla pro dané místo stání. Oranžově jsou pak znázorněna místa, která se jeví jako částečně poddimenzovaná.

Sloupec požadovaný prostor reprezentuje statickou kapacitu bezpečnostní kontroly. Jde o prostor, který je vyžadován bezpečnostní kontrolou. Tam, kde se jeví tato kapacita jako nedostatečná, je hodnota označena červeně. Oranžově označená hodnota také značí nedostatečnou statickou kapacitu, ale takovou, která je nějakým způsobem kompenzována uvnitř terminálu – např. se k tomuto prostoru dá přičíst prostor haly, která se táhne skrz jednotlivé prsty. Sloupec dostupný prostor reprezentuje prostor, který je před každou bezpečnostní kontrolou možné využít pro hromadění cestujících.

Na závěr je třeba zmínit, že tabulka porovnává extrémní případy jako paralelní odbavování dvou kritických typů letadel apod. Ve většině případů bude kapacita čekáren a bezpečnostní kontroly dostačující. Je ale vhodné konstatovat, že primárně by měly být obsazovány ty odletové brány, které disponují dostatečným čekacím prostorem pro cestující před bezpečnostní kontrolou – nebude tak vznikat dav cestujících uvnitř chodby táhnoucí se prstem A nebo B. Poté by měly být využívány brány na koncích jednotlivých prstů. A v případě paralelního odletu dvou a více větších kritických typů letadel tato letadla odbavovat v odlišných branách – cestující se tak rozloží do různých čekáren, které vzájemně nesdílejí prostory.

### 5.3.8.3 Kapacita na příletu

Kapacitu Terminálu 1 na příletu jsme posuzovali konkrétně pro hraniční kontrolu na příletu, prostor karuselů pro výdej zavazadel a pro příletovou halu. Výsledky pro jednotlivá stanoviště zobrazují následující tabulky č. 32, č. 33 a č. 34.

Tabulka 32: Kapacita hraniční kontroly na příletu [vlastní zpracování]

| Hraniční kontrola na příletu | Dostupný prostor [m <sup>2</sup> ] | Požadovaný prostor [m <sup>2</sup> ] | Počet kontrolních stanovišť | Dostupná kapacita [hodinová] | Požadovaná kapacita [hodinová] |
|------------------------------|------------------------------------|--------------------------------------|-----------------------------|------------------------------|--------------------------------|
| Kontaktní přepážka           | 374                                | 201                                  | 12                          | 972                          | 2300                           |
| Samo-odbavovací přepážka     | 37                                 | 309                                  | 9                           | 1492                         |                                |
|                              |                                    |                                      | <b>Součet:</b>              | <b>2464</b>                  | <b>2300</b>                    |

Dle metodiky IATA ADR manuálu zvládá hraniční kontrola na příletu při plném vytížení zkontrolovat 2 464 cestujících za hodinu při poskytování optimálních služeb cestujícím. V typickém letním provozu roku 2019 prošlo letištěm na příletu zhruba 2 300 cestujících za hodinu. Lze tedy usoudit, že dynamická kapacita hraniční kontroly na příletu je sice dostatečná, ale během letního provozu se blíží svým kapacitním limitům.

Avšak co se týče statické kapacity, tak požadovaný prostor před samo-odbavovacími přepážkami se jeví jako nedostatečný. Při vyšším zatížení může klesat poskytovaná úroveň služeb cestujícím. Cestující se tak mohou hromadit v přílehlé chodbě propojující prst A a prst B, což není úplně ideální řešení, ale tento prostor tam je a cestující se v něm mohou hromadit.

Pro hraniční kontrolu na příletu platí stejná problematika jako u odletové hraniční kontroly – ne každý cestující smí jít na libovolnou hraniční přepážku. Tento fakt tedy může značně ovlivňovat propustnost.

Tabulka 33: Kapacita karuselů [vlastní zpracování]

| Karusely        | Dostupná kapacita [hodinová] | Požadovaná kapacita [hodinová] |
|-----------------|------------------------------|--------------------------------|
| 1. karusel - NB | 693                          | 2300                           |
| 2. karusel - NB | 693                          |                                |
| 3. karusel - WB | 529                          |                                |
| 4. karusel - WB | 599                          |                                |
| <b>Součet:</b>  | <b>2514</b>                  | <b>2300</b>                    |

Co se týče kapacity, kterou poskytují karusely, tak dle výpočtové metody IATA ADR manuálu zvládnou karusely obsloužit až 2 514 cestujících za hodinu při optimální úrovni poskytovaných služeb. Což je více než 2 300 cestujících v rámci jedné hodiny během letního dne roku 2019. Z tohoto pohledu je tedy kapacita sice dostačující, ale již dosahuje svých limitů.

Tabulka 34: Kapacita příletové haly [vlastní zpracování]

| Kapacita příletové haly   |
|---|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Celková kapacita: 2 462 cestujících za hodinu</li> <li>• <b>7,3 %</b> přítomných osob může využít sedačku</li> </ul> |

Příletová hala je dimenzována na 2 462 cestujících za hodinu, což je kapacitně zcela dostačující, protože pro výpočet byl v úvahu vzat prostor zobrazený na obrázku č. 15. Jde o užitečný prostor kolem dveří, kudy se cestující z příletu dostávají do prostoru příletové haly. Příletová hala jako celek je však mnohem větší.

Avšak v daném prostoru příletové haly se nachází malý počet sedaček. IATA doporučuje, aby minimálně 15 % cestujících mělo k dispozici sedačku. Zde je však nutné zmínit, že sedačky jsou k dispozici ve vzdálenějších místech. Ne v prostoru, který byl určen jako užitečný čekací prostor příletové haly [5].

Ve stručnosti lze konstatovat, že největší kapacitní nedostatky se budou objevovat v letních měsících při vyšším letovém provozu. A to primárně u stanovišť s bezpečnostní kontrolou, které budou kontrolovat cestující nastupující do největších schválených letadel pro dané stání. Dále s rostoucím letovým provozem může být v letních letových měsících časem překročena optimální kapacita hraniční kontroly na příletu a kapacita karuselů.

## **6 Výzkum a uskutečnitelné možnosti ke zvýšení kapacity terminálů na Letišti Václava Havla Praha**

V této kapitole rozebereme několik možných scénářů, kterými by šla kapacita Terminálu 1 navýšit s použitím optimální úrovně služeb cestujícím. Předpokládáme metodu systémové změny, protože to je cílem této práce. Nelze tedy očekávat, že výsledkem bude zásadní navýšení kapacity.

### **6.1 Centralizovaná bezpečnostní kontrola**

Terminál 1 dosud využívá decentralizovanou bezpečnostní kontrolu, což prakticky znamená, že před vstupem do prostorů odletové čekárny (SRA zóna) musí cestující projít bezpečnostní kontrolou. Pokud tyto bezpečnostní kontroly odstraníme, získáme tak v prstech Terminálu 1 větší prostor pro cestující čekající na odlet. Zároveň se cestující mohou rozprostřít skrz celý terminál. Tzn., že ve špičkovém provozu lze jako čekací prostor využít kompletně celý prst A nebo B.

Díky tomuto řešení také eliminujeme dílčí SRA zóny, protože SRA zónou se následně stanou prsty A i B a vstup do této zóny bude zajišťovat jediná centralizovaná bezpečnostní kontrola, která se může nacházet v místě za hraniční kontrolou na odletu, kde se dnes nacházejí bezcelní obchody. Tyto obchody je pak možné přesunout do méně využitelných částí prstů A nebo B.

Vstupním parametrem pro určení kapacity bezpečnostní kontroly bude počet cestujících, které potřebujeme zkontrolovat během špičkového intervalu 30 minut.

Pro první případ určíme jako vstupní parametr zhruba 800 cestujících, kteří prošli Terminálem 1 ve směru odlet v typickém letním dnu v rámci intervalu 30 minut. V druhém případě určíme jako vstupní parametr 1000 cestujících, což je kapacitní nárůst o 25 %. V třetím případě určíme počet cestujících tak, aby se výsledná bezpečnostní kontrola rozprostírala v celém zamýšleném prostoru, kde pak bude následně umístěna.

Pro čtvrtý případ určíme vstupní parametr jako součet všech cestujících ze všech letadel, která obsadí všechna místa pro stání v jeden čas. Předpokládejme i provozní omezení a limity jednotlivých míst pro stání. Z kapitoly č. 5.3.4.2 plyne závěr, že v kritickém okamžiku lze očekávat 5 631 cestujících čekajících na odlet. Tento počet bude tedy vstupním parametrem, který musí nebo by měla centralizovaná bezpečnostní kontrola zvládnout. Budeme předpokládat, že během 30 minut musíme zkontrolovat 65 % cestujících, tedy 3 660. Vycházíme z informací na obrázku č. 5 v kapitole č. 3.4.2.

Je to maximální možné využití terminálu s předpokladem, že v jeden moment odbavují všechny odletové čekárny letadla na všech místech pro stání. Tato situace s největší pravděpodobností nikdy nenastane. Ale umožní nám to odhadnout maximální možný limit, kterým by mohla kapacita bezpečnostních kontrol disponovat.

### 6.1.1 Kapacita bezpečnostní kontroly

Kapacita bezpečnostní kontroly je určena proměnnými v následující tabulce č. 35:

Tabulka 35: Navýšení kapacity bezpečnostní kontroly [5]

| Proměnná            | Popis  | Hodnoty |
|---------------------|--|---------|
| PK <sub>30MIN</sub> | 30ti-minutová propustnost (propustnost = zkontrolovaní cestující / procesní čas) | 800     |
| SECI                | přibližný počet kontrolních řad  | hledáme |
| PT <sub>SEC</sub>   | procesní čas cestujícího u bezpečnostní kontroly (v sekundách)                   | 30      |
| MQT                 | maximální doba čekání ve frontě před bezpečnostní kontrolou (v minutách)         | 7,5     |
| Cf                  | opravný koeficient pro QMAX (viz tabulka č. 10)                                  | 1,105   |
| Qf                  | opravný koeficient pro QMAX (viz tabulka č. 10)                                  | 0,236   |
| A                   | potřebná plocha pro stanoviště bezpečnostní kontroly                             | hledáme |
| SEC                 | skutečný počet kontrolních řad   | hledáme |
| SECD                | hloubka jedné kontrolní řady (v metrech)   | 6       |
| SECW                | šířka jedné kontrolní řady (v metrech)   | 3       |
| QMAX                | maximální počet cestujících čekajících ve frontě                                 | hledáme |
| SP                  | osobní prostor cestujícího (v m <sup>2</sup> )                                   | 1,1     |
| W                   | šířka koridoru za bezpečnostní kontrolou (v metrech)                             | 3,5     |

#### Popis a hodnoty proměnných

Proměnná PK<sub>30MIN</sub> je již známa z předcházejících kapitol, určuje propustnost a počet cestujících, které je třeba zkontrolovat během intervalu 30ti minut. Pro první příklad jde o 800 cestujících.

Čas (PT<sub>SEC</sub>) vyžadovaný na kontrolu jednoho cestujícího je z dostupných statistických dat v průměru 30 sekund [38].

Optimální doba čekání (MQT) pro běžného cestujícího se pohybuje v intervalu 5 až 10 minut. Pro náš výpočet použijeme středovou hodnotu 7,5 minuty. Pro určení hodnoty koeficientu Cf a Qf musíme nahlédnout do tabulky č. 10 v kapitole č. 5.3.1.1. Dle MQT 7,5 je Cf rovno 1,105 a Qf je rovno 0,236 [5].

SEC reprezentuje skutečný počet řad, ve kterých se cestující hromadí před samotným procesem kontroly. SECI reprezentuje teoretický počet řad, jde o hodnotu, která není ošetřena opravnými koeficienty.

Proměnná A reprezentuje celý prostor, který bezpečnostní kontrola jako procesor vyžaduje. SECd a SECw určují délku a šířku řady, ve které se cestující pohybují během samotné kontroly. W určuje celkovou šířku prostoru za bezpečnostní kontrolou. Jako hodnoty pro tyto parametry byly vybrány doporučené údaje z IATA ADR manuálu.

QMAX určuje maximální počet cestujících čekajících na bezpečnostní kontrolu. Optimální prostor (SP) dle LoS pro cestujícího, který čeká na bezpečnostní kontrolu je v rozmezí 1,0 až 1,2 m<sup>2</sup>. Pro náš výpočet použijeme středovou hodnotu 1,1 m<sup>2</sup> [5].

### Vztahy pro výpočet

ADR manuál pro výpočet kapacity bezpečnostní kontroly využívá následující vztahy:

$$SECi = PK_{30MIN} \cdot \frac{PT_{SEC}}{60} \cdot \frac{1}{30+MQT} \quad (26)$$

$$SEC = SECi \cdot Cf \quad (27)$$

$$QMAX = Qf \cdot PK_{30MIN} \quad (9)$$

$$A = (QMAX \cdot SP) + (SEC \cdot SECd \cdot SECw) + (SEC \cdot SECw \cdot W) \quad (29)$$

### Samotný výpočet

Všechny výsledné hodnoty ve výpočtu jsou zaokrouhleny nahoru tak, aby se zabránilo poddimenzování daného místa. V prvním kroku vztahem (26) určíme přibližný požadovaný počet bezpečnostních řad (SECi):

$$SECi = PK_{30MIN} \cdot \frac{PT_{SEC}}{60} \cdot \frac{1}{30+MQT} \quad (26)$$

$$SECi = 800 \cdot \frac{30}{60} \cdot \frac{1}{30+7,5}$$

$$SECi = 10,66 \Rightarrow 11 \text{ řad}$$

Ve druhém kroku upravíme hodnotu SEC tak, aby zohledňovala variabilitu v příchozech cestujících:

$$SEC = SECi \cdot Cf \quad (27)$$

$$SEC = 11 \cdot 1,105 = 12,155 \Rightarrow 13 \text{ řad}$$

Ve třetím kroku určíme maximální počet čekajících cestujících v řadě (QMAX):

$$QMAX = Qf \cdot PK_{30MIN} \quad (9)$$

$$QMAX = 0,236 \cdot 800 = 188,8 \Rightarrow 189 \text{ cestujících v řadě}$$

Ve čtvrtém kroku určíme plochu, kterou vyžaduje celý proces pro bezpečnostní kontrolu. Tato plocha obsahuje plochu samotného procesu kontroly (rámy a skenery). Dále také obsahuje plochu, kde cestující čekají, než na ně přijde řada. A také plochu za bezpečnostní kontrolou, kde mají cestující možnost posbírat si všechny věci a přemístit se k dalšímu procesoru.

$$A = (Q_{MAX} \cdot SP) + (SEC \cdot SECd \cdot SECw) + (SEC \cdot SECw \cdot W) \quad (29)$$

$$A = (189 \cdot 1,1) + (13 \cdot 6 \cdot 3) + (13 \cdot 3 \cdot 3,5)$$

$$A = 578,4 \text{ m}^2$$

## Závěr

Závěrem lze tedy konstatovat, že potřebujeme celkem 13 řad u bezpečnostní kontroly. Tato kontrola se bude rozprostírat na ploše 579 m<sup>2</sup>. Takováto kapacita je dostatečná, aby pokryla provoz typického letního dne roku 2019. Následující tabulka č. 36 shrnuje výsledky i pro další diskutované případy:

Tabulka 36: Návrh kapacity centralizované bezpečnostní kontroly [vlastní zpracování]

| Proměnné            | 1. případ | 2. případ | 3. případ | 4. případ |
|---------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| PK <sub>30MIN</sub> | 800       | 1000      | 2300      | 3660      |
| SEC <sub>i</sub>    | 11        | 14        | 31        | 49        |
| SEC                 | <b>13</b> | <b>16</b> | <b>35</b> | <b>55</b> |
| Q <sub>MAX</sub>    | 189       | 236       | 543       | 864       |
| A [m <sup>2</sup> ] | 579       | 716       | 1595      | 2518      |
|                     | Nárůst o: | 25 %      | 188 %     | 348 %     |

PK<sub>30MIN</sub> určuje, kolik cestujících je nutno zkontrolovat během intervalu 30 minut. První případ reprezentuje statistický údaj typického letního dne. Druhý případ předpokládá navýšení provozu o 25 %. Třetí případ předpokládá maximální využití dostupného prostoru 1 600 m<sup>2</sup>, který je určen pro centralizovanou bezpečnostní kontrolu. A čtvrtý případ je čistě teoretický, který předpokládá maximální provozní využití celého terminálu – všech míst pro stání letadel kolem prstů Terminálu 1 v jeden čas.

Prostor, kam lze centralizovanou bezpečnostní kontrolu umístit, disponuje plochou 1 600 m<sup>2</sup>. Je tak možné navýšit kapacitu bezpečnostní kontroly až na úroveň, která odpovídá kapacitě odletové haly – zhruba 3 000 cestujících za hodinu. Čemuž odpovídá zhruba 2 000 zkontrolovaných cestujících za 30 minut, pokud předpokládáme, že až 65 % cestujících je nutno zkontrolovat během špičkového intervalu 30ti minut. Pro takto kapacitně dimenzovanou bezpečnostní kontrolu se v Terminálu 1 najde i místo. Právě v tom místě, kde se dnes nacházejí bezcelní obchody.



## 6.1.2 Kapacita odletových bran

Vzhledem k tomu, že toto řešení odstranilo jednotlivé SRA zóny v prstech Terminálu 1, lze prostor čekáren u odletových bran navzájem sdílet. Tímto řešením lze jednoduše eliminovat kapacitně nedostačující prostory některých odletových čekáren, protože cestující mají možnost se rozprostřít do sousedních prostorů.

Kapacita je pak dána součtem dostupné plochy všech odletových bran a také lze do této hodnoty započítat plochu, která reprezentuje chodbu (halu), která se táhne celým prstem A a nadzemním prstem B.

Celkový pohled na kapacitu pak shrnuje následující tabulka č. 37:

Tabulka 37: Návrh kapacity odletových bran [vlastní zpracování]

|                        | Zkoumané místo | Dostupná plocha [m <sup>2</sup> ] | Plocha místa pro stání [m <sup>2</sup> ] | Počet stojících cestujících | Počet sedaček | Celková kapacita [cestujících] | Podíl sedících cestujících | Maximální provozní kapacita |
|------------------------|----------------|-----------------------------------|--|-----------------------------|---------------|--------------------------------|----------------------------|-----------------------------|
| Prst A                 | Čekárny        | 1994                              | 1549                                     | 1408                        | 1024          | 2432                           | 42 %                       | 2109                        |
|                        | Kontroly       | 628                               | 628                                      | 571                         | 11            | 582                            | 2 %                        |                             |
|                        | Hala           | 1849                              | 1749                                     | 1589                        | 225           | 1814                           | 12 %                       |                             |
| <b>Součet:</b>         |                |                                   |  |                             |               | <b>4828</b>                    |                            |                             |
| Prst B<br>nahore       | Čekárny        | 1635                              | 1239                                     | 1126                        | 922           | 2048                           | 45 %                       | 2199                        |
|                        | Kontroly       | 773                               | 773                                      | 702                         | 0             | 702                            | 0 %                        |                             |
|                        | Hala           | 1860                              | 1756                                     | 1596                        | 255           | 1851                           | 14 %                       |                             |
| <b>Součet:</b>         |                |                                   |  |                             |               | <b>4601</b>                    |                            |                             |
| Prst B<br>dole         | Čekárny        | 1197                              | 1025                                     | 931                         | 400           | 1331                           | 30 %                       | 1323                        |
|                        | Kontrola       | 531                               | 531                                      | 482                         | 0             | 482                            | 0 %                        |                             |
| <b>Součet:</b>         |                |                                   |  |                             |               | <b>1813</b>                    |                            |                             |
| <b>Celkový součet:</b> |                |                                   |  |                             |               | <b>11242</b>                   |                            | <b>5631</b>                 |

Čekárnou je myšlen původní uzavřený prostor odletové brány, kontrolou je myšleno stanoviště bezpečnostní kontroly před jednotlivými čekárnami odletových bran a halou je myšlen prostor nebo také chodba, která se táhne středem prstu A a prstu B (nadzemní podlaží).

Dostupná plocha reprezentuje součet plochy všech čekáren odletových bran nebo součet všech ploch, kterou zabírají stanoviště s bezpečnostní kontrolou. Plocha místa pro stání se získá odečtením plochy, kterou zabírají sedačky od celkové dostupné plochy.

Počet stojících cestujících je dán následujícím vztahem:

$$\text{počet stojících cestujících} = \text{plocha místa pro stání} / 1,1 \quad (30)$$

Hodnota 1,1 m<sup>2</sup> odpovídá optimální hodnotě LoS pro stojícího cestujícího [5]. Počet sedaček odpovídá jejich počtu v jednotlivých místech Terminálu 1 a celková kapacita je tak dána součtem stojících cestujících a sedících cestujících (počtem sedaček). Celková kapacita každého prstu (patra prstu) je pak zobrazena pod příslušnými řádky. Celková kapacita Terminálu 1 je pak zobrazena tučně úplně vespod tabulky.

Předposlední sloupec ukazuje procentuální zastoupení sedících cestujících. Dle LoS by optimální podíl sedících cestujících měl být v intervalu 50 až 70 % [5]. Toto lze jednoduše napravit instalací dodatečných sedaček do příslušných míst.

Poslední sloupec zobrazuje maximální možnou kritickou kapacitu Terminálu 1, která odpovídá provozním limitům míst pro stání letadel kolem terminálu. Tato hodnota by měla být nižší než skutečná celková kapacita. Zcela vpravo dole je vidět maximální provozní kapacita Terminálu 1, tato kapacita 5 631 cestujících je nižší než skutečná kapacita 11 242 cestujících, kterou je Terminál 1 po úpravě schopen zvládnout. Lze tedy konstatovat, že kapacita odletových bran je zcela dostatečná.

Následující tabulka č. 38 ukazuje změny kapacity oproti původnímu stavu.

Tabulka 38: Změny kapacity oproti původnímu stavu [vlastní zpracování]

| navrhovaný stav | Plochy [m <sup>2</sup> ]                | Prst A       | Prst B nahoře | Prst B dole |
|-----------------|---|--------------|---------------|-------------|
|                 | původních čekáren                       | 1994         | 1635          | 1197        |
|                 | čekáren a bezpečnostních kontrol        | 2622         | 2408          | 1728        |
|                 | nárůst o:                               | <b>32 %</b>  | <b>47 %</b>   | <b>44 %</b> |
|                 | čekáren, kontrol a haly uprostřed prstu | 4471         | 4268          | N/A         |
|                 | nárůst o:                               | <b>124 %</b> | <b>161 %</b>  | <b>N/A</b>  |

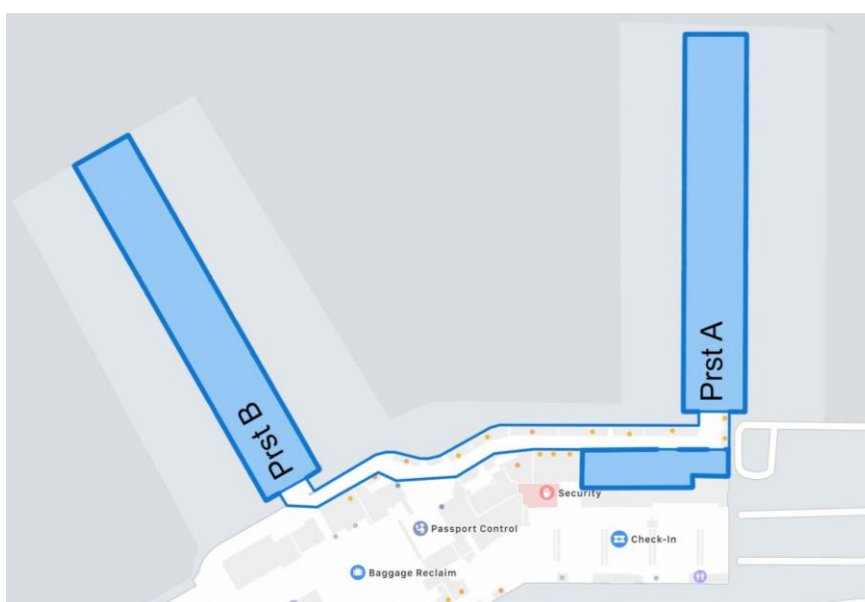
V levém sloupci jsou pojmenovány plochy, jejichž součet je zobrazen zvlášť pro prst A, zvlášť pro prst B (horní patro) a zvlášť pro prst B (spodní patro). Plochy původních čekáren reprezentují součet všech ploch od všech čekáren v daném prstu. Je to tedy aktuální stav Terminálu 1. Plochy čekáren a bezpečnostních kontrol reprezentují součet všech ploch čekáren a jejich přilehlých bezpečnostních kontrol, které byly eliminovány a tato plocha se nově stává plochou čekárny. Podílem lze tedy určit, o jak velký nárůst z hlediska kapacity jde. Plochy čekáren, kontrol a haly uprostřed prstu navíc k předchozí ploše přičítají i plochu chodby táhnoucí se uvnitř prstu, protože návrh centralizované bezpečnostní kontroly předpokládá jednotnou SRA zónu.

Příkladem lze tedy říci, že pokud sloučíme plochy čekáren a bezpečnostních kontrol a vytvoříme zde pouze čekárnu, tak kapacita oproti původnímu stavu se zvedne v prstu A o 32 %, v horním patře prstu B o 47 % a ve spodním patře prstu B o 44 %. Pokud se na to

podíváme z celkového pohledu a začleníme k čekárnám i středovou chodbu uvnitř prstů, tak v prstu A se kapacita zvýší oproti původnímu stavu o 124 % a v horním patře prstu B o 161 %. Ve spodním patře prstu B žádná středová chodba není. Lze spatřit na obrázku č. 11 v kapitole č. 5.2.

### 6.1.3 Shrnutí

Následující obrázek č. 16 ukazuje navrhované změny přechodu od decentralizované bezpečnostní kontroly k centralizované bezpečnostní kontrole. Centralizovaná bezpečnostní kontrola bude umístěna v místě, kde se dnes nacházejí bezcelní obchody (spodní modrá oblast na obrázku). Vše, co je značeno modře se nachází v jednotné SRA zóně, do které se vstupuje právě přes centralizovanou bezpečnostní kontrolu.



Obrázek 16: Návrh centralizované bezpečnostní kontroly [vlastní zpracování] [44]

Pro první počítaný případ má tato centralizovaná bezpečnostní kontrola kapacitu 800 cestujících za 30 minut a rozprostírá se na ploše 579 m<sup>2</sup>. Spodní modrá plocha má k dispozici 1 600 m<sup>2</sup>. Je zde tedy prostor k umístění centralizované bezpečnostní kontroly.

Pro druhý počítaný případ, který počítá s navýšením dynamické kapacity o 25 % má tato centralizovaná bezpečnostní kontrola kapacitu 1 000 cestujících za 30 minut a rozprostírá se na ploše 716 m<sup>2</sup>. Tzn. stále se vejde do požadovaných 1 600 m<sup>2</sup> a zároveň dojde k navýšení kapacity.

Prsty A a B teď reprezentují jeden společný sdílený prostor, ve kterém cestující čekají na svůj let. Tato konfigurace umožňuje kapacitně pojmout zhruba až 11 000 cestujících. Původní konfigurace Terminálu 1 umožňovala pojmout zhruba 6 000 cestujících. Užitečný prostor pro cestující se tedy výrazně zvětšil, eliminovaly se případné dílčí kapacitní problémy

u jednotlivých bezpečnostních kontrol v případě většího zatížení a celkově se uvnitř terminálu zvýšila propustnost a vzniklo tak dost volného prostoru pro případné obchody apod.

Při tomto režimu provozu je však nutné oddělit tok cestujících na odletu a tok cestujících z příletu. Následkem tedy bude částečné snížení užitečné plochy uvnitř prstů Terminálu 1.

## **6.2 Decentralizovaná bezpečnostní kontrola**

Tento návrh předpokládá původní konfiguraci Terminálu 1, tzn. s decentralizovanými bezpečnostními kontrolami. V prstech A a B tedy zůstanou jednotlivá stanoviště s bezpečnostní kontrolou a jednotlivé SRA zóny.

Při této konfiguraci nemáme moc možností, jak kapacitu navýšit, vzhledem k tomu, že celý prostor je již využit. Avšak můžeme se podívat na potenciálně nejslabší místa a pokusit se snížit možné následky nedostatečné kapacity.

Jako největší problém se jeví hromadění cestujících u těch bezpečnostních stanovišť, u kterých je nedostatečný čekací prostor. A to zejména na začátku prstu A nebo B, kde tito cestující mohou blokovat průchod ostatním cestujícím, kteří míří hlouběji směrem ke konci prstu A nebo B.

V případě prstu A je kapacitní problém nedostatečného čekacího prostoru u brány A3+A4. Pozice a rozmístění jednotlivých odletových bran a bezpečnostních kontrol je možné vidět na obrázku č. 11 v kapitole č. 5.2.

V prstu B se jedná zejména o bezpečnostní stanoviště u odletových bran B1, B2, B3+B4 a B5. Nejkritičtějším místem je bezpečnostní kontrola u brány B1, protože se nachází na počátku prstu B. Poté se jeví jako největší problém bezpečnostní stanoviště u brány B2 a B3+B4.

Možným navrhovaným řešením je ubrat část plochy odletové čekárny a tuto získanou plochu přidělit stanovišti bezpečnostní kontroly, které ji využije jako čekací prostor pro hromadění cestujících během vyššího letového provozu.

Přerozdělení plochy jednotlivých čekáren a bezpečnostních kontrol je popsáno v následujících kapitolách.

### **6.2.1 Bezpečnostní kontrola**

Tabulka č. 39 na následující straně ukazuje původní stav kapacity bezpečnostních kontrol v porovnání s navrhovaným stavem.

Dostupným prostorem se myslí statická část kapacity bezpečnostní kontroly, jde o místo, kde se cestující hromadí, než na ně přijde řada. Požadovaným prostorem se myslí takový prostor, který je z kapacitního hlediska vyžadován dle konceptu LoS. Tam, kde se požadovaný prostor

jeví jako nedostatečný, je hodnota zvýrazněna červeně (dostupný prostor je minimálně 2x menší než požadovaný prostor) nebo oranžově.

Tabulka 39: Návrh konfigurace bezpečnostních kontrol [vlastní zpracování]

| Bezpečnostní kontrola | Dostupný prostor [m <sup>2</sup> ] | Požadovaný prostor [m <sup>2</sup> ] | Rozdíl [m <sup>2</sup> ] | Dostupný prostor [m <sup>2</sup> ] | Požadovaný prostor [m <sup>2</sup> ] |
|-----------------------|------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------|------------------------------------|--------------------------------------|
|                       | Původní stav                       |                                      |                          | Navrhovaný stav                    |                                      |
| A2                    | 29                                 | 35                                   | 6                        | 35                                 | 35                                   |
| A3+A4+A10             | 0                                  | 70                                   | 70                       | 70                                 | 70                                   |
| A5                    | 12                                 | 35                                   | 23                       | 35                                 | 35                                   |
| A6+A7                 | 22                                 | 53                                   | 31                       | 53                                 | 53                                   |
| A8+A9                 | 29                                 | 35                                   | 6                        | 35                                 | 35                                   |
| B1                    | 18                                 | 35                                   | 17                       | 35                                 | 35                                   |
| B2                    | 10                                 | 35                                   | 25                       | 35                                 | 35                                   |
| B3+B4                 | 11                                 | 53                                   | 42                       | 53                                 | 53                                   |
| B5                    | 16                                 | 35                                   | 19                       | 35                                 | 35                                   |
| B7                    | 73                                 | 35                                   | 0                        | Ponechán původní                   |                                      |
| B8                    | 59                                 | 35                                   | 0                        |                                    |                                      |
| B10 až B18            | 161                                | 70                                   | 0                        |                                    |                                      |

Rozdílem se myslí rozdíl těchto dvou prostorů diskutovaných v předchozím odstavci. Je to část plochy, která se odebere čekárně u odletové brány a přidělí se bezpečnostní kontrole. Toto dělat nebudeme u bezpečnostních kontrol bran B7+B8 a u bezpečnostní kontroly ve spodním patře prstu B vzhledem k tomu, že dostupného prostoru je zde dostatek. V pravé části tabulky je pak navrhovaný stav. Je tedy vidět, že dostupný prostor je již dostatečný.

Rozdíl plochy čekáren po úpravě je pak možné spatřit v další kapitole v tabulce č. 40 (nová plocha versus původní plocha).

## 6.2.2 Odletové brány

Tabulka č. 40 na další straně reflektuje požadavek z předcházející kapitoly odebrat část plochy od čekárny, kde tato část je poté přidělena bezpečnostní kontrole.

Původní plochou je myšlen rozměr čekáren v Terminálu 1. Rozdíl určuje, kolik metrů čtverečních potřebujeme odebrat z původní plochy. Nová plocha už zobrazuje konkrétní hodnoty nových navrhovaných čekáren.

U odletových bran A5, A6+A7 a A8+A9 nebyla nová plocha získána odebráním plochy od jednotlivých čekáren, ale byla získána zabráním části koncové chodby prstu A. Není totiž důvod snižovat rozměr čekárny, když lze bez negativních následků zabrat část konce chodby prstu A.

U odletových bran B7+B8 nebylo nutné získat novou dodatečnou plochu, protože již v kapitole č. 5.3.4 byla do původní plochy zahrnuta koncová chodba prstu B, protože bezpečnostní kontrola B7+B8 fakticky nedisponuje žádným volným prostorem.

Tabulka 40: Návrh konfigurace čekáren u odletových bran [vlastní zpracování]

| Odletová brána [čekárna] | Původní plocha [m <sup>2</sup> ] | Rozdíl [m <sup>2</sup> ] | Nová plocha [m <sup>2</sup> ] | Podíl sedících cestujících | Stojící cestující | Sedící cestující | Celková kapacita [cestujících] | Kritická hodnota |
|--------------------------|----------------------------------|--------------------------|-------------------------------|----------------------------|-------------------|------------------|--------------------------------|------------------|
| A2                       | 280                              | -6                       | 274                           | 50 %                       | 137               | 91               | 228                            | 220              |
| A3+A4                    | 633                              | -70                      | 563                           | 50 %                       | 281               | 187              | 468                            | 440              |
| A5                       | 217                              | 0                        | 217                           | 50 %                       | 108               | 72               | 180                            | 220              |
| A6+A7                    | 517                              | 0                        | 517                           | 50 %                       | 258               | 172              | 430                            | 644              |
| A8+A9                    | 257                              | 0                        | 257                           | 50 %                       | 128               | 85               | 213                            | 440              |
| B1                       | 143                              | -17                      | 126                           | 50 %                       | 63                | 42               | 105                            | 240              |
| B2                       | 183                              | -25                      | 158                           | 50 %                       | 79                | 52               | 131                            | 240              |
| B3+B4                    | 379                              | -42                      | 337                           | 50 %                       | 168               | 112              | 280                            | 425              |
| B5                       | 187                              | -19                      | 168                           | 50 %                       | 84                | 56               | 140                            | 240              |
| B7                       | 226                              | 0                        | 226                           | 50 %                       | 113               | 75               | 188                            | 267              |
| B8                       | 517                              | 0                        | 517                           | 50 %                       | 258               | 172              | 430                            | 644              |
| B10 až B18               | 1197                             | 0                        | 1197                          | 50 %                       | 598               | 399              | 997                            | 1323             |

Sloupec podíl sedících cestujících není třeba popisovat. Nejnižší možný optimální podíl 50 % dle LoS byl použit s cílem získat co největší kapacitu čekárny. Dle optimální úrovně LoS platí:

- pro sedícího cestujícího požadovaná plocha v intervalu 1,5 až 1,7 m<sup>2</sup> a
- pro stojícího cestujícího požadovaná plocha v intervalu 1,0 až 1,2 m<sup>2</sup> [5].

Je tedy žádoucí mít co nejvíce stojících cestujících a co nejméně sedících cestujících.

Stojící cestující reprezentují počet stojících cestujících s předpokladem, že jeden stojící cestující zabírá plochu 1 m<sup>2</sup>. Sedící cestující reprezentují počet sedících cestujících s předpokladem, že jeden sedící cestující zabírá plochu 1,5 m<sup>2</sup>. Celková kapacita je pak dána součtem stojících a sedících cestujících.

Kritická hodnota reprezentuje počet cestujících, kteří odpovídají kritickému letadlu, které může danou čekárnu použít. Červenou barvou jsou vyznačeny ty hodnoty, které více než dvojnásobně překračují celkovou kapacitu dané čekárny. Oranžově jsou pak vyznačeny ty hodnoty, které překračují celkovou kapacitu čekárny méně než dvojnásobně. Tam, kde kapacita překročena nebyla, zůstává hodnota černá.

### **6.2.3 Shrnutí**

Tento návrh vyřešil problém nedostatečné statické kapacity u bezpečnostních kontrol a zvýšil tak propustnost cestujících okolo bezpečnostních kontrol. Zejména u bezpečnostní kontroly B1, která se nachází na začátku prstu B. Zabránilo se tak hromadění cestujících při vyšším letovém provozu. Avšak na úkor prostoru v čekárnách. U některých čekáren se tak snížila využitelná plocha.

Nelze navýšit statickou kapacitu zároveň u bezpečnostní kontroly a čekárny. Je nutný kompromis. Buď navýšíme statickou kapacitu bezpečnostních kontrol a při vyšším letovém provozu tak zabráníme hromadění cestujících v chodbách jednotlivých prstů (zejména stanoviště A2 a B1) nebo statickou kapacitu bezpečnostních kontrol navyšovat nebudeme, ponecháme plochu čekárnám a při vyšším letovém provozu se může stát, že prst A nebo B se začne zahlcovat cestujícími před bezpečnostní kontrolou A2 nebo B1.

Tam, kde je kapacita překročena (lze spatřit v tabulce č. 39 a 40) dojde při vyšším letovém provozu k poklesu optimální úrovně LoS.

Z provozního hlediska by se v prstu B odletová brána B1 měla používat až jako poslední možnost. A obecně by mělo být cílem nejdříve využívat kapacitně dostačující čekárny a ty čekárny, které se nacházejí v koncových částech prstu A nebo B. A až poté ostatní čekárny.

Ve srovnání se předpokládalo, že čekárnu využije kritický typ letadla s nejvyšším počtem sedaček. V reálném provozu jsou však čekárny obsluhovány menšími typy letadel jako Boeing 737-800 nebo Airbus řady 320. Prostor v čekárnách by měl být tedy po většinu času dostatečný. Toto řešení ale umožnilo vyřešit případné problémy hromadění cestujících v místech bezpečnostní kontroly s nedostatečnou statickou kapacitou.

## **6.3 Dílčí úpravy**

V této kapitole jsou nastíněny různé dílčí návrhy, které pomohou optimalizovat kapacitu určitých subsystémů terminálu.

### **6.3.1 Hraniční kontrola na odletu**

Hraniční kontrola Terminálu 1 je centralizovaná. Skládá se z fyzických přepážek a samo-odbavovacích přepážek. V kapitole č. 5.3.2 vyplynulo, že jako možný problém se jeví nedostatečný čekací prostor před samo-odbavovacími přepážkami.

Je tedy vhodné změnit konfiguraci tohoto procesoru tak, aby se vyrovnal poměr čekacího prostoru před kontaktními hraničními přepážkami a čekacího prostoru před samo-odbavovacími přepážkami. Změny plošného rozložení zobrazuje tabulka č. 41.

Tabulka 41: Návrh konfigurace hraniční kontroly na odletu [vlastní zpracování]

| Hraniční kontrola na odletu | Dostupný prostor [m <sup>2</sup> ] | Požadovaný prostor [m <sup>2</sup> ] | % rozložení     | Dostupný prostor [m <sup>2</sup> ] | Požadovaný prostor [m <sup>2</sup> ] | % rozložení |
|-----------------------------|------------------------------------|--------------------------------------|-----------------|------------------------------------|--------------------------------------|-------------|
| Původní stav                |                                    |                                      | Navrhovaný stav |                                    |                                      |             |
| Kontaktní přepážka          | 205                                | 117                                  | 85 %            | 89                                 | 117                                  | 37 %        |
| Samo-odbavovací přepážka    | 37                                 | 202                                  | 15 %            | 153                                | 202                                  | 63 %        |
| <b>Součty</b>               | 242                                | 319                                  | 100 %           | 242                                | 319                                  | 100 %       |

V levé části tabulky je původní stav. Požadovaný prostor je prostor, který požadujeme pro čekání cestujících. Dostupný prostor je prostor, který máme k dispozici. Lze spatřit, že požadovaný prostor před samo-odbavovacími přepážkami (červená hodnota) se jeví jako nedostatečný.

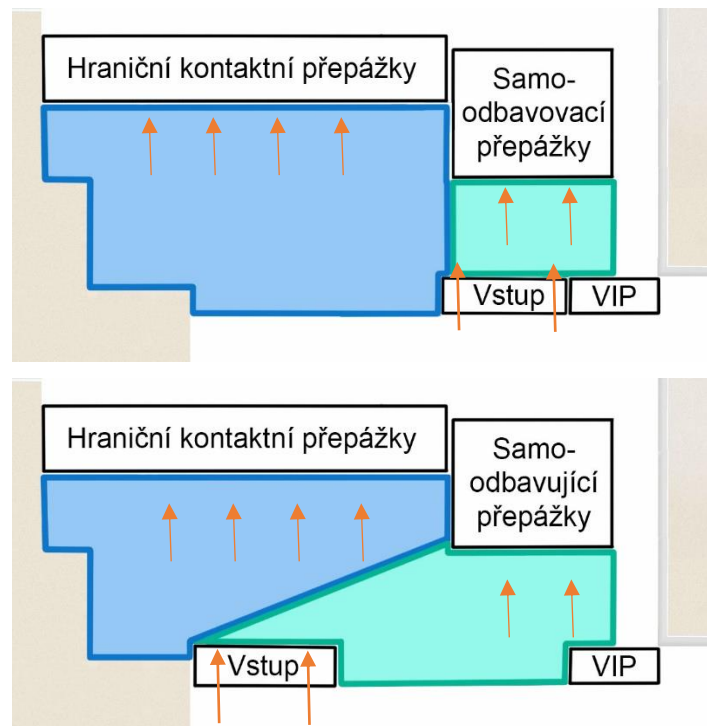
V pravé části tabulky je navrhovaný stav. Lze spatřit, že dostupný prostor před samo-odbavovacími přepážkami se navýšil a zlepšil tak požadavky požadovaného prostoru před samo-odbavovacími přepážkami.

Z původního dostupného prostoru, který se dělil v poměru 85/15 ve prospěch kontaktních fyzických přepážek, je nově tento prostor rozdělen v poměru 37/63 ve prospěch samo-odbavovacích přepážek. Nově toto rozložení odpovídá reálnějšímu požadovanému rozdělení prostoru.

Obrázek č. 17 na následující straně ukazuje rozložení původní konfigurace a ve spodní části návrh rozložení nové konfigurace. Modrá plocha reprezentuje čekací prostor pro cestující využívající fyzickou kontaktní přepážku a tyrkysová barva reprezentuje čekací prostor pro cestující využívající samo-odbavovací přepážku. Obrázek je jen ve formě jednoduchého schématu s podkladem z veřejně dostupných map, protože se jedná o poměrně citlivé místo z hlediska bezpečnosti. Oranžovými šipkami je naznačen tok cestujících.

Nově z návrhu plyne, že cestující si mohou efektivně vybrat z obou možností a při maximálním zatížení bude docházet k rovnoměrnému využívání celého prostoru. Zmíněnou konfiguraci dosáhneme přesunutím vstupních bran, u kterých cestující skenují svou palubní vstupenku a vstupují tak do prostoru hraniční kontroly.





Obrázek 17: Návrh konfigurace hraniční kontroly na odletu [44] [vlastní zpracování]

Je třeba dodat, že návrh předpokládá, že každý cestující má možnost si vybrat způsob kontroly – buď zvolit samo-odbavovací přepážku nebo zvolit kontaktní přepážku. V současné době, ale automatické přepážky pražského letiště umí odbavit pouze cestující ze zemí EU (+ EEA, CH). Při tomto návrhu je tedy vhodné zajistit takové automatické přepážky, které zvládnou kontrolovat i biometrické pasy cestujících z ostatních zemí.

Z celkového pohledu se dostupný prostor jeví jako nedostatečný. Během špičkových letních měsíců tak může docházet ke krátkodobým situacím, kdy osobní prostor cestujícího klesne z optimální úrovně do nedostatečné úrovně a komfort cestujícího se tak zhorší. Z praktického hlediska není nutné tento problém řešit, protože případní čekající cestující by jednoduše počkali před vstupními branami, které oddělují prostor hraniční kontroly a prostor odletové haly Terminálu 1.

Do dalších let lze tuto hraniční kontrolu rozšířit směrem k místům, kde se dnes nacházejí bezcelní obchody. Plocha kolem těchto obchodů měří zhruba 1 600 m<sup>2</sup>.

### 6.3.2 Hraniční kontrola na příletu

Tato hraniční kontrola v Terminálu 1 je centralizovaná. Skládá se z fyzických přepážek a samo-odbavovacích přepážek. Z kapitoly č. 5.3.5 vyplynulo, že jako možný problém se jeví nedostatečný čekací prostor před samo-odbavovacími přepážkami.

Je tedy vhodné změnit konfiguraci tohoto procesoru tak, aby se vyrovnal poměr čekacího prostoru před kontaktními přepážkami a čekacího prostoru před samo-odbavovacími přepážkami. Změny plošného rozložení zobrazuje tabulka č. 42 na následující straně.

Tabulka 42: Návrh konfigurace hraniční kontroly na příletu [vlastní zpracování]

| Hraniční kontrola na příletu | Dostupný prostor [m <sup>2</sup> ] | Požadovaný prostor [m <sup>2</sup> ] | % rozložení | Dostupný prostor [m <sup>2</sup> ] | Požadovaný prostor [m <sup>2</sup> ] | % rozložení |
|------------------------------|------------------------------------|--------------------------------------|-------------|------------------------------------|--------------------------------------|-------------|
|                              | Původní stav                       |                                      |             | Navrhovaný stav                    |                                      |             |
| Kontaktní přepážka           | 374                                | 201                                  | 91 %        | 201                                | 201                                  | 39 %        |
| Samo-odbavovací přepážka     | 37                                 | <b>309</b>                           | 9 %         | 309                                | <b>309</b>                           | 61 %        |
| <b>Součty</b>                | 411                                | 510                                  | 100 %       | 510                                | 510                                  | 100 %       |

V levé části tabulky je původní stav. Požadovaný prostor je prostor, který požadujeme pro čekání cestujících. Dostupný prostor je prostor, který máme k dispozici. Lze spatřit, že požadovaný prostor před samo-odbavovacími přepážkami (červená hodnota) se jeví jako nedostatečný.

V pravé části tabulky je navrhovaný stav. Lze spatřit, že dostupný prostor před samo-odbavovacími přepážkami se navýšil a dostupný prostor před kontaktními fyzickými přepážkami se snížil. Rozložení prostoru teď odpovídá reálnějším požadavkům. Dodatečných 100 m<sup>2</sup> bylo získáno z přilehlého prostoru kolem spojovací chodby prstu A a B.

Z původního dostupného prostoru, který se dělil v poměru 91/9 ve prospěch kontaktních fyzických přepážek je nově tento prostor rozdělen v poměru 39/61 ve prospěch samo-odbavovacích přepážek.

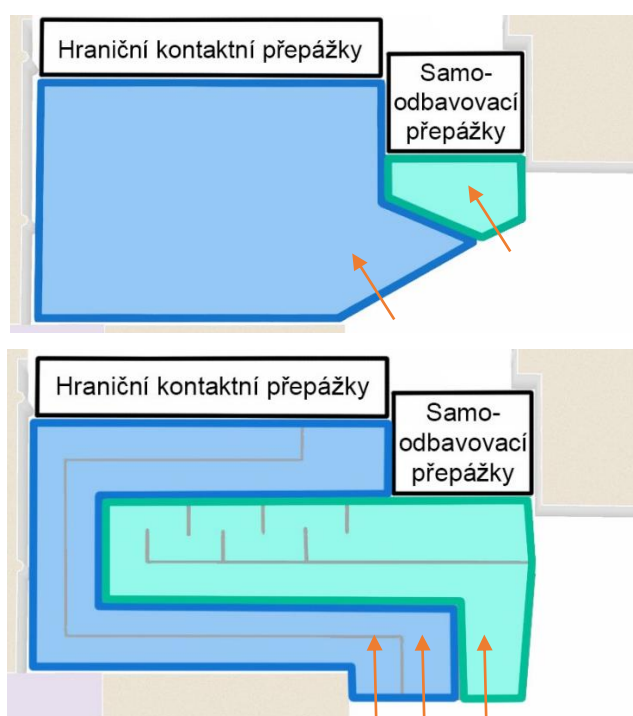
Obrázek č. 18 na následující straně ukazuje rozložení původní konfigurace a ve spodní části možný návrh rozložení nové konfigurace. Modrá plocha reprezentuje čekací prostor pro cestující využívající fyzickou kontaktní přepážku a tyrkysová barva reprezentuje čekací prostor pro cestující využívající samo-odbavovací přepážku.

Nově z návrhu plyne, že prostor je efektivně rozdělen dle kapacitních potřeb mezi fyzické kontaktní přepážky a samo-odbavovací přepážky. Prostor lze takto vymezit pomocí samonavíjecích oddělovacích pásů a vyhradit tak konkrétní prostor konkrétnímu účelu a usměrnit tak tok cestujících. Díky tomuto řešení je možné i tento prostor variabilně měnit během dne nebo sezóny. Kdy při vyšším provozu bude prostor striktně vyhrazen přesně dle kapacitních možností daných hraničních přepážek a během doby, kdy je letecký provoz nižší,

mohou být oddělovací pásy odstraněny a cestující tak mohou jít nejkratší možnou cestou k hraniční přepážce.

Opět je nutné zmínit, že tento návrh předpokládá, že automatické přepážky jsou schopny odbavit všechny cestující. Pokud toto není možné, pak je třeba hlouběji zkoumat, kolik cestujících z příletu má možnost využít automatické přepážky a podle této informace pak vhodněji rozdělit užitečný čekací prostor mezi kontaktní hraniční přepážky a mezi samo-odbavovací přepážky.

Tak jako v předchozím případě, i zde se jedná o poměrně citlivou oblast z hlediska bezpečnosti. Proto je obrázek jen ve formě jednoduchého schématu s podkladem z veřejně dostupných map. Oranžové šipky znázorňují příchod cestujících do prostoru hraniční kontroly.



Obrázek 18: Návrh konfigurace hraniční kontroly na příletu [44] [vlastní zpracování]

### 6.3.3 Ostatní subsystémy terminálu

Odletová hala byla poměrně nedávno modernizovaná a již efektivně využívá svůj potenciál. Není zde prakticky žádná možnost, jak navýšit kapacitu, prostor je již zcela využit.

Navyšovat kapacitu příletové haly nemá smysl, protože příletová hala je zcela dostačující. Co se týče prostoru pro vyzvedávání zavazadel, tak třídírna Terminálu 1 byla opět nedávno modernizována a není zde již moc možností, jak tuto kapacitu navýšit. Statický prostor okolo karuselů je již také využit. Z praktického hlediska zde již není moc reálné vybudovat nový karusel, protože pro něj jednoduše není místo. Z výše uvedených důvodů tedy není prezentován žádný návrh navyšující kapacitu odletové haly, karuselů a příletové haly.

## 7 Výsledky a zhodnocení

Tato kapitola si klade za cíl shrnout navrhované změny, vyzdvihnout pozitivní a okomentovat případné negativní důsledky návrhů zkoumaných v předcházející kapitole. Byly prozkoumány dvě hlavní možnosti.

Prvním návrhem je zavedení centralizované bezpečnostní kontroly uvnitř Terminálu 1. Druhý návrh ponechává původní systém decentralizovaných bezpečnostních kontrol a řeší problematiku co nejlepšího rozdělení prostoru mezi odletovou čekárnou a bezpečnostní kontrolou.

Další dílčí návrhy pak řeší optimalizaci zbývajících subsystémů terminálu.

### 7.1 Zavedení centralizované bezpečnostní kontroly

Zavedení centralizované bezpečnostní kontroly je nejjednodušším a nejefektivnějším způsobem, kterým se dá navýšit kapacita a zlepšit celková propustnost cestujících odlétávajících z Terminálu 1 pražského letiště.

Tento návrh předpokládá odstranění původních individuálních bezpečnostních kontrol před každou odletovou čekárnou a odstranění bariér oddělujících jednotlivé čekárny. Dojde tak k vytvoření jedné SRA zóny pro celý Terminál 1.

Mezi hlavní výhody patří flexibilní využívání prostorů čekáren u odletových bran. Cestující se mohou volně pohybovat přes všechny čekárny a mohou se tak plynule rozložit v celém prostoru. Toto řešení tedy navyšuje poskytovanou úroveň služeb cestujícím, protože výrazně navyšuje jejich komfortní osobní prostor.

Problém čekáren, které se jeví jako nevyhovující z hlediska optimálního poskytování služeb cestujícím během odbavování kritického typu letadla (velký počet cestujících na malém prostoru), je vyřešen sdílením prostoru všech čekáren.

Dochází k celkovému navýšení kapacity čekáren, protože dalším novým prostorem čekárny je původní prostor, na kterém se nacházely jednotlivé bezpečnostní kontroly. Nové stanoviště s centralizovanou bezpečnostní kontrolou bylo umístěno do prostoru, kde se dnes nacházejí bezcelní obchody. Tento prostor je rozměrově zcela dostatečný, aby pojmul nové uspořádání bezpečnostní kontroly. A zároveň je zde dostatek dalšího prostoru pro rozšíření bezpečnostní kontroly, což může hrát roli v dalších letech, až poroste počet přepravených osob. Jednak ať už z důvodu použití kapacitně větších letadel, tak také z důvodu většího zájmu o cestování.

Dále je výhodou flexibilní využívání centralizované bezpečnostní kontroly. Díky tomu, že se nachází na jednom místě, tak veškerý tok cestujících prochází tímto místem. A dle potřeby

a poptávky provozu je možné flexibilně používat nebo odstavit jednotlivé bezpečnostní rámy a skenery. Během provozu se zvýšeným tokem cestujících, tedy obvykle v letních měsících, lze krátkodobý nárůst poptávky rychle řešit použitím odstavených bezpečnostních rámu a skenerů. A během doby se sníženou poptávkou tato zařízení dočasně odstavit.

Jako hlavní nevýhoda se může jevit odstranění dosavadního centralizovaného místa s bezcelními obchody. Letiště záměrně směřuje tok cestujících skrz bezcelní obchody, protože se tak výrazně zvyšuje pravděpodobnost, že cestující budou utrácet za produkty v těchto obchodech. A čím více cestující utrácí, tím více obchodníci chtějí na těchto místech nabízet své produkty a tím více si letiště může říct o větší peněžní sumu, která letišti plyne z pronájmů těchto prostorů.

Hlavním zdrojem příjmů letiště jsou letištní poplatky a příjem právě z pronájmů ploch určených pro bezcelní obchody, restaurace apod. Tento letecký příjem na evropských letištích tvoří v průměru zhruba 40 až 60 % celkových příjmů letiště. Jde tedy o značnou finanční částku, která by se pražskému letišti snížila, protože bezcelní obchody by musely být umístěny jinde. Zejména v prstech terminálu 1, kde by se pro tyto obchody našel prostor. Avšak kolem těchto obchodů by už neprošli úplně všichni cestující [45].

Následkem by tak byla možná ztráta příjmů, kterou by letiště mohlo kompenzovat navýšením letištních poplatků. Letecký dopravce by se mohl rozhodnout tento rozdíl promítnout do ceny letenek a část nákladů přenést na cestujícího nebo leteckou linku zrušit, případně přemístit na jiné letiště s levnějšími poplatky. V nejhorší možné situaci se tak jedná o ztrátu cestujících, případně letecké linky.

Další možnou nevýhodou je nutnost fyzicky oddělit tok cestujících na odletu a na příletu, čímž se sníží užitečný prostor v prstech terminálu na odletu. Dostupného prostoru je zde ale dostatek.

Z celkového pohledu však u tohoto návrhu došlo ke zvýšení propustnosti cestujících odlétávajících z Terminálu 1.

## **7.2 Ponechání decentralizované bezpečnostní kontroly**

Tento návrh předpokládá původní konfiguraci Terminálu 1 s oddělenými čekárnami s vlastními SRA zónami a několika individuálními bezpečnostními kontrolami uvnitř terminálu.

Hlavním cílem byla identifikace kapacitně nejslabších míst. Těmito místy jsou právě bezpečnostní kontroly. Některé z nich nedisponují dostatečným čekacím prostorem, ve kterém se pak vytváří fronta cestujících čekajících na odlet. Negativním důsledkem pak je hromadění těchto cestujících v okolí této bezpečnostní kontroly, a pokud se tato bezpečnostní kontrola

nachází na začátku chodby uvnitř prstů terminálu, tak tito cestující mohou blokovat průchod ostatním cestujícím postupujícím hlouběji do prstu.

Zmiňovaný návrh v této práci řeší rozdělení plošného prostoru mezi čekárnou a bezpečnostní kontrolou. Bezpečnostní kontrola byla upřednostněna a získává další dodatečný prostor, který se vezme od čekárny. Díky tomu bezpečnostní kontrola disponuje dostatečným čekacím prostorem pro cestující, kteří se tak přestanou hromadit uprostřed prstu A nebo B.

Negativním důsledkem je ale zmenšení užitečného prostoru některých čekáren. Tím se zmenšuje osobní prostor cestujícímu a klesá mu tak poskytovaná úroveň služeb. Ve většině případů se však úroveň poskytovaných služeb podaří udržet na minimální hodnotě, která je ještě klasifikována jako optimální úroveň. Avšak v některých případech, kdy čekárna odbavuje největší schválený typ letadla, může dojít k poklesu poskytovaných služeb na nedostatečnou úroveň, protože cestujících je příliš mnoho na malém prostoru.

U některých bezpečnostních kontrol byl dodatečný prostor získán zabráním prostoru chodby uvnitř prstu A nebo B. Jde zejména o ty bezpečnostní kontroly, které se nacházejí v koncových částech prstu A nebo B. Toto řešení bylo provedeno u těch bezpečnostních kontrol, kde přivlastnění si části chodby táhnoucí se uvnitř prstů nebude mít negativní dopad na ostatní procesy uvnitř terminálu.

Z provozního hlediska by letiště mělo primárně využívat čekárny v koncových částech prstů. Protože pokud by byla přetížena kapacita bezpečnostní kontroly před čekárnou, tak tito cestující nebudou blokovat průchod ostatním cestujícím. Dalším doporučením je využívat odletové brány takovým způsobem, aby se využívalo co nejvíce jednotlivých čekáren, protože některé čekárny jsou sdílené pro více odletových bran. A až jako poslední možnost by mělo být využívání čekáren a bezpečnostních kontrol nacházejících se na samém počátku prstu A nebo prstu B.

### **7.3 Hraniční kontroly**

Každé letiště disponuje minimálně dvěma hraničními kontrolami. A to pro cestující na odletu a také pro cestující z příletu. Obě tyto kontroly mají k dispozici fyzické kontaktní hraniční přepážky s příslušníkem hraniční kontroly a také samo-odbavovací přepážky.

Obě místa s hraniční kontrolou uvnitř Terminálu 1 mají dle optimální úrovně služeb nerovnoměrně rozdělený prostor, ve kterém cestující tvoří frontu, než se na ně dostane řada. U obou hraničních kontrol návrh předpokládá rozdělení tohoto prostoru poměrově tak, aby byla část tohoto prostoru určena pro fyzické hraniční přepážky a část pro samo-odbavovací přepážky.

U hraniční kontroly na odletu se jako možný problém jeví poloha vstupních bran do prostoru hraniční kontroly. Brány jsou umístěny na kraji prakticky těsně před samo-odbavovacími přepážkami. Je zde malý prostor. Při větším toku cestujících se budou tito cestující hromadit za vstupními bránami a zároveň před samo-odbavovacími přepážkami. Tok cestujících se tak může zadržet. Případně další cestující budou muset přes tuto čekající skupinu projít směrem k fyzickým přepážkám.

Zmíněný návrh v této práci jako řešení předkládá přemístění vstupních bran do prostoru hraniční kontroly z pravé strany doprostřed. Dosáhne se toho, že cestující budou vstupovat do prostoru hraniční kontroly středem celého užitečného prostoru před hraničními přepážkami. Mohou si tak jednoduše vybrat buď kontrolu u fyzické kontaktní přepážky, nebo zvolit automatickou cestu s pomocí samo-odbavovací přepážky. Výhodou tohoto řešení je, že při větším letovém provozu se cestující budou po vstupu do prostoru hraniční kontroly hromadit uprostřed celého užitečného prostoru. A čím více jich bude, tím lépe se mohou rozprostřít v tomto prostoru.

U hraniční kontroly na příletu je podobná situace. Volný čekací prostor před samo-odbavovacími přepážkami je velmi malý ve srovnání s volným prostorem před fyzickými přepážkami. Návrh jako řešení představuje rozdělení tohoto prostoru úměrně mezi fyzické kontaktní přepážky a mezi automatické přepážky. Dostupný užitečný prostor pro hraniční kontrolu na příletu se z celkového pohledu jeví jako nedostatečný. Návrh předpokládá použití dalšího prostoru, který se vezme částečně z haly, která propojuje prst A a prst B.

Vzhledem k umístění fyzických přepážek a automatických přepážek a příchodu cestujících z příletu by pak celý prostor měl být fyzicky rozdělen pomocí oddělovacích stahovacích pásů. Tyto pásy umožní organizovat tok cestujících během vyššího provozu, který nastává obvykle během letních dní nebo po příletu dálkových letadel s větším množstvím cestujících. Během dne, kdy tok cestujících ustane, je pak možnost tyto oddělovací pásy odstranit a nechat tak cestující zvolit nejkratší možnou cestu k přepážce s hraniční kontrolou.

## **7.4 Ostatní subsystémy terminálu**

Odbavovací hala již využívá svého maximálního potenciálu a není zde prakticky žádný prostor rozumným způsobem navýšit kapacitu. Stejně tvrzení platí pro kapacitu karuselů a kapacitu příletové haly.

## **7.5 Zhodnocení**

Jako nejlepší možné řešení se autorovi práce jeví použití centralizované bezpečnostní kontroly.

Odbavovací hala je kapacitně dostačující, řešení s centralizovanou bezpečnostní kontrolou umí navýšit kapacitu tak, aby odpovídala maximální kapacitě odbavovacích přepážek v odletové hale. Prostory čekáren se sdílejí a po odstranění míst po decentralizované bezpečnostní kontrole je zde výrazný nárůst prostoru, který se dá také využít pro obchody a podobné služby.

Celková kapacita a propustnost subsystémů Terminálu 1 na odletu tak může zvládat kapacitu:

- zhruba 3 000 odbavených cestujících za hodinu na check-in přepážkách,
- zhruba 1 200 cestujících na hraniční kontrole za 30 minut,
- zhruba 2 300 cestujících na bezpečnostní kontrole za 30 minut a
- prostor pro více než 10 000 cestujících v prstech A a B.

Ze statistik plyne závěr, že v rámci špičkového intervalu 30 minut lze očekávat zhruba 65 % cestujících z hodinové kapacity odbavovacích přepážek. Největším limitem je v tomto scénáři dynamická kapacita hraniční kontroly. Tu lze do budoucna navýšit dvěma způsoby. Buď nahrazením fyzických kontaktních přepážek automatickými samo-odbavovacími přepážkami, protože ty zvládají kontrolovat cestující mnohem rychleji. Nebo celkově navýšit počet kontaktních přepážek a umístit je do prostoru centralizované bezpečnostní kontroly, kterou zmenšíme a oba tyto procesory tak vybalancujeme.

Pro přehled je vhodné uvést, že typický letní den v roce 2019 znamenal během špičkové doby zhruba 1 500 cestujících v intervalu 60 minut a 750 cestujících v intervalu 30 minut. Kapacitně budou tedy procesory dostatečně dimenzovány [38].

Avšak co se týče kapacitních procesorů na příletu, tak jako největší problém se z kapacitního hlediska do budoucna jeví hraniční kontrola, protože prakticky ve stejný čas dorazí k hraničním přepážkám velké množství cestujících. Hraniční kontrola na příletu již nemá moc prostoru se rozšiřovat. Jediným možným rozumným způsobem je postupné nahrazování fyzických kontaktních přepážek automatickými samo-odbavovacími přepážkami, které zvládají zkontrolovat doklady cestujícím zhruba 2x tak rychleji.

Kapacita karuselů trpí stejným problémem. Není zde již prakticky žádná možnost, jak tuto kapacitu navýšit.

Celková kapacita a propustnost subsystémů Terminálu 1 na příletu tak může zvládat kapacitu:

- zhruba 2 500 cestujících za hodinu na hraničních přepážkách,
- zhruba 2 500 cestujících za hodinu obslouží karusely a



- zhruba 2 500 cestujících za hodinu pojme příletová hala.

Pro představu je vhodné zmínit, že během typického letního dne roku 2019 prošlo Terminálem 1 na příletu během intervalu 60 minut zhruba 2 300 cestujících [38]. Je tedy důležité pravidelně monitorovat kapacitu a vytíženost hraniční kontroly na příletu a prostor kolem karuselů. Z provozního hlediska je pro letiště vhodné rozložit přílety letadel do různých časů během celého dne a co nejvíce minimalizovat dobu, ve kterou by přistávalo najednou větší množství letadel. Bohužel pro Letiště Václava Havla v Praze je však typický letový provoz, který dosahuje během dne dvou špičkových maxim. A to je doba, ve které bude kapacita na příletu dosahovat svých limitů. Po dosažení kapacitních hodnot zmíněných výše začne docházet k poklesu úrovně služeb z optimální úrovně do nedostatečné úrovně.

Co se týče příletové haly, tak její kapacita je dostatečná. V úvahu byl vzat jen přímý prostor okolo vstupu, kterým se cestující dostávají z prostoru s karusely do prostoru příletové haly. Prakticky tak tato hala může pojmout mnohem více cestujících.

Je taky dobré zmínit, že IATA v ADR manuálu již nadále nedoporučuje používání tradičních odbavovacích přepážek [5]. Doporučuje se zaměřit spíše na samo-odbavovací kiosky a bag-drop přepážky. Je ale nutné dodat, že starší generace cestujících nemusí být schopna se odbavit tímto způsobem. Z tohoto důvodu by na letišti vždy měly být v menším počtu tradiční odbavovací přepážky s lidskou obsluhou nebo by se kolem odbavovacích kiosků měli vyskytovat asistenti, kteří by cestujícím pomohli se odbavit. Také ne každá aerolinka umožňuje cestujícím využívat samo-odbavovací kiosky.

IATA také doporučuje primárně využívat centralizovanou bezpečnostní kontrolu pro všechny cestující na jednom místě [5].

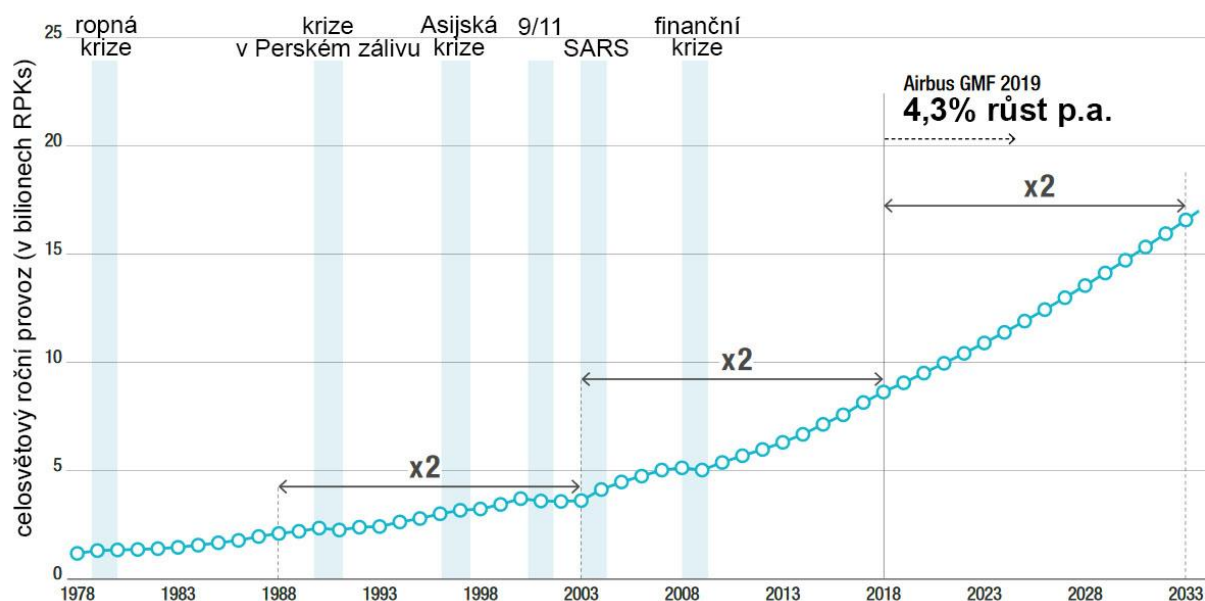
## **7.6 Komentář k současné situaci COVID-19**

V současnosti celý svět zachvátila nová pandemie koronaviru. Naprostá většina států zavedla tvrdá restriktivní opatření, která negativně ovlivňují možnosti lidí se volně pohybovat po světě a cestovat, ať už z důvodu práce nebo za turismem. Toto se tvrdě projevilo na počtu odbavených pasažérů na letištích.

Letiště Václava Havla Praha je touto krizí velmi výrazně postiženo. A to zejména z toho důvodu, že na letišti neoperuje žádný velký síťový dopravce s modelem hub-and-spoke, který by pražské letiště využíval jako přestupní uzel. Letiště slouží primárně jako destinace pro zahraniční klientelu, která míří do Prahy za turismem. V létě také narůstá charterový provoz pro místní českou klientelu. Oba tyto obchodní modely silně negativně ovlivnila pandemie koronaviru, která utlumila provoz leteckých dopravců.

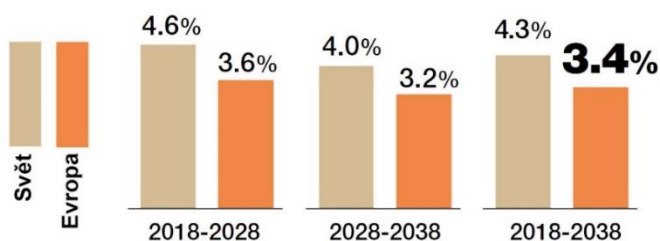
Pokud bude nutné udržovat v nejbližší době fyzické rozestupy mezi cestujícími, tak bude docházet ke snížení úrovně poskytovaných služeb, protože dostupný prostor zůstává rozměrově stejný, ale k osobnímu prostoru cestujícího dle LoS musíme navíc přidat prostor, který zajistí rozestup mezi lidmi – epidemiologický požadavek.

Tzn., že při zachování optimální úrovně poskytovaných služeb cestujícím jsou kapacitní možnosti letiště snižované. Nebo z druhého pohledu. Kapacita zůstává stejná, ale nejsou dodržena epidemiologická opatření.



Obrázek 19: Celosvětová poptávka po letecké dopravě [7]

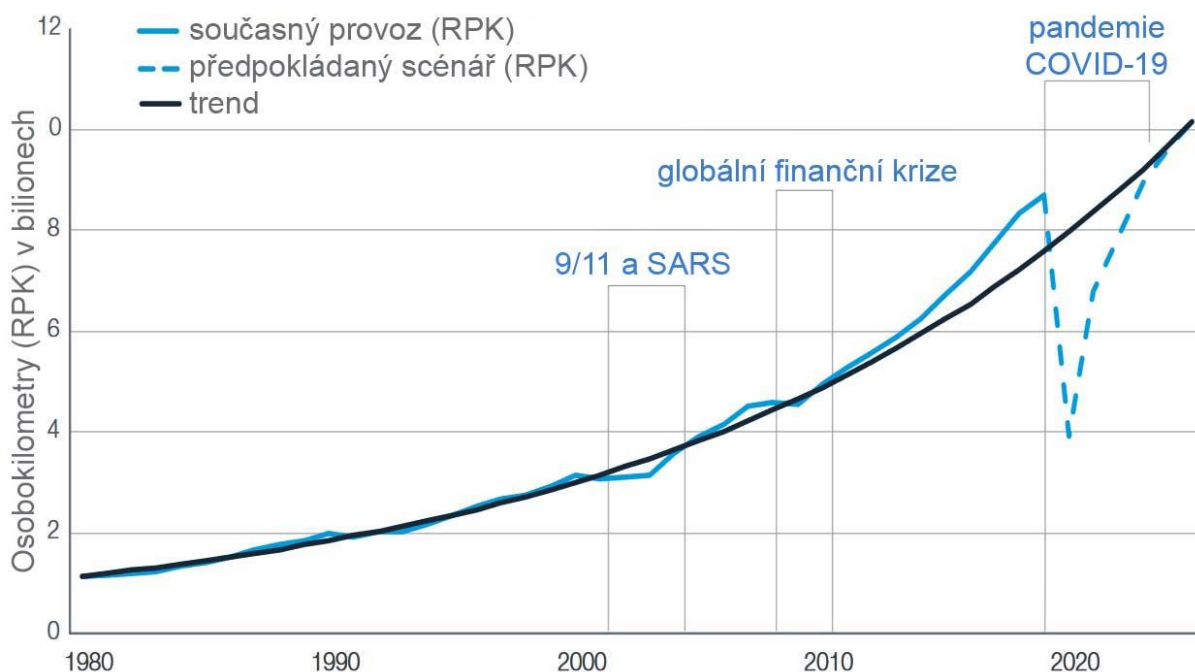
Na tomto obrázku č. 19 lze vidět graf, který vypracovala společnost Airbus ještě před krizí COVID-19. Dle Airbusu se zhruba každých 15 let zdvojnásobí objem letecké dopravy. A také lze tvrdit, že letecká doprava se v minulosti ukázala jako velmi odolná vůči vnějším vlivům, jako byla ropná krize, válka v Perském zálivu, asijská finanční krize, teroristické útoky 11. září, nemoc SARS a celosvětová finanční krize v roce 2008.



Obrázek 20: Poptávka po letecké dopravě v Evropě [7]

Na obrázku č. 20 je zobrazen jednoduchý graf, opět vypracovaný společností Airbus ještě před krizí COVID-19. V něm můžeme vidět, že se předpovídal průměrný růst letecké dopravy v Evropě každý rok o 3,4 %.

Do třetice na obrázku č. 21 je ukázán vývoj letecké dopravy, který již zohledňuje aktuální problémy způsobené nemocí COVID-19. Predikce byla vytvořena společností Boeing, která předpokládá rychlý návrat zpět k původnímu roustoucímu trendu, který je zobrazen černou čarou. Modrou čarou je zobrazena aktuální poptávka přepravených cestujících. A modrou čárkovanou čarou je znázorněn odhad návratu letecké poptávky zpět k původnímu dlouhodobému trendu.



Obrázek 21: Celosvětová poptávka po letecké dopravě zohledňující COVID-19 [8]

Boeing odhaduje, že návrat letecké poptávky se během 3 až 5ti let vrátí zpět a bude nadále pokračovat ve vzestupném trendu.

Závěrem lze konstatovat tento fakt. Základní principy, které poháněly leteckou dopravu za posledních 50 let a pravidelně zdvojnásobovaly objem přepravených cestujících, zůstávají nedotčené. Letecký průmysl už od počátku pravidelně zažíval různé krize, ale vždy se časem vzpamatoval. Ne jinak tomu bude v současné krizi, ačkoliv jde zřejmě o událost, která letecký průmysl ve své historii zasáhla nejvíce a následkem bude zřejmě proměna v jistých ohledech – např. možné povinné nošení roušek nebo zdravotní prohlídky před letem. Návrat k normálnímu provozu nebude jednoduchý.

Letiště Václava Havla v Praze by tedy mělo předpokládat návrat původního počtu odbavených cestujících z roku 2019 v nejbližších letech a nadále uvažovat nad svou expanzí. Metoda systémové změny je pro výraznější navýšení kapacity nedostatečná. Pro výrazné navýšení kapacity je řešením pouze výstavba nového terminálu.

## 8 Závěr

Na letištní infrastrukturu musíme pohlížet jako na systém, ve kterém jsou všechny jeho části pevně propojeny a vzájemně spolupracují podle předem přesně stanovených pravidel a postupů. Letiště jako takové musí při strategickém rozvoji vhodně koordinovat rozvoj jeho jednotlivých částí, aby dosáhlo optimálního výsledku – z pohledu kvalitativního a ekonomického.

Tato diplomová práce měla za cíl prozkoumat kapacitní možnosti Terminálu 1 a navrhnout způsoby, kterými lze tuto kapacitu navýšit. Cíl práce byl splněn. Kapacitu některých subsystémů terminálu se podařilo navýšit. Avšak nejde o dlouhodobé řešení, ale pouze o krátkodobé řešení. Metoda systémové změny dokáže navýšit kapacitu jen částečně. Výrazného navýšení kapacity lze dosáhnout pouze výstavbou nového terminálu.

S ohledem na aktuální situaci a dění ve světě můžeme konstatovat, že Terminál 1 je v současném stavu možné provozovat minimálně dalších několik let se současnou kapacitou a optimální úrovní poskytovaných služeb cestujícím. Největším kapacitním limitem se jeví kapacita procesorů na přiletu.

Mimo úvod a závěr práce obsahuje celkem pět kapitol a je rozdělena na dvě části. První část je teoretická a obsahuje dvě kapitoly, druhá část práce je praktická a obsahuje tři kapitoly. Teoretická část práce popisuje problematiku kapacit terminálů. V dalších kapitolách se popisují možnosti, kterými lze kapacitu letištních terminálů zvýšit. Některé způsoby navyšují kapacitu výrazně, jiné jen částečně a jsou tak jen dočasným řešením. Dále se teoretická část zabývá a zkoumá jakými metodami lze zjišťovat kapacitu a propustnost letištních terminálů. Jsou zde popsány a srovnány různé metody.

Následující kapitoly se zabývají již praktickou aplikací metod popsaných v předcházejících kapitolách. Nejprve je jednou konkrétní zvolenou metodou popsán aktuální stav kapacity všech částí Terminálu 1 na Letišti Václava Havla v Praze a stanovena místa s potenciálně nedostatečnou kapacitou. Kapacitně nejslabší místo určuje celkovou kapacitu terminálu. Také jsou zde zmíněny určité legislativní požadavky na určité části letištních systémů.

Další kapitola se zabývá výzkumem a navrhuje různé možnosti, kterými lze kapacitu Terminálu 1 navýšit. Výsledky jsou pak prezentovány v navazující kapitole.

Předkládaná práce dle zadání zevrubně zmapovala jak metodické zázemí, tak i možné přístupy k problematice, na základě čehož předložila několik návrhů navyšujících kapacitu. Práce tak ve svém závěru představuje exploratorní základ pro další výzkum v dané oblasti, přičemž jednotlivé výsledky mohou sloužit jak dalšímu teoretickému rozvoji, tak mohou nalézt i praktické uplatnění, o čemž je autor na tomto místě přesvědčen.

## 9 Použité zdroje

1. **Amdur, Eli.** Why The Wright Brothers Flew. *Forbes Inc.* [Online] 06. 12 2020. [Citace: 16. 04 2021.] <https://www.forbes.com/sites/eliamdur/2020/12/16/why-the-wright-brothers-flew/>.
2. **Riccardo, Niccoli.** *Historie letectví.* místo neznámé : Rebo, 2003. ISBN: 978-80-7234-307-2.
3. **Letiště Praha, a. s.** Letiště Václava Havla Praha odbavilo za rok 2019 rekordních 17,8 milionů cestujících. [Online] 2020. [Citace: 11. 04 2020.] <https://www.prg.aero/letiste-vaclava-havla-praha-odbavilo-za-rok-2019-rekordnich-178-milionu-cestujicich>.
4. **BALLIAUW, Matteo a ONGHENA, Evy.** *Expanding airport capacity of cities under uncertainty: Strategies to mitigate congestion.* místo neznámé : Journal of Air Transport Management, 2020. ISSN: 09696997.
5. **IATA.** *Airport Development Reference Manual: Forecasting and Planning sections produced in collaboration with ACI. 10th Edition.* Montreal-Geneva : autor neznámý, 2014. ISBN 978-92-9252-226-1.
6. **Kerner, Libor, Sýkora, Viktor a Kulčák, Ludvík.** *Provozní aspekty letišť.* Praha : ČVUT, 2003. ISBN 80-01-02841-0.
7. **Airbus.** Global Market Forecast 2019-2038. *airbus.com.* [Online] 2019. [Citace: 08. 02 2021.] <https://www.airbus.com/aircraft/market/global-market-forecast.html>.
8. **Boeing.** Commercial Market Outlook 2020-2039. *boeing.com.* [Online] 2020. [Citace: 08. 02 2021.] <https://www.boeing.com/commercial/market/commercial-market-outlook/>.
9. **Žihla, Zdeněk.** *Provozování podniků letecké dopravy a letišť.* Brno : Akademické nakladatelství CERM, 2010. ISBN: 978-80-7204-677-5.
10. **Horonjeff, Robert , a další.** *Planning and Design of Airports, Fifth Edition.* New York : McGraw-Hill Education, 2010. ISBN: 9780071446419.
11. **Rodrigue, J-P.** Airport Components and Terminal Configurations. In: The Geography of Transport Systems. *The Geography of Transport Systems.* [Online] [Citace: 19. 01 2021.] <https://transportgeography.org/contents/chapter6/airport-terminals/airterminals-2/>.
12. **Shuchi, Sarah.** ZEIT 3805. *Airport Operations and Systems: Week 6: Airport Terminal Design.* [Online] 29. April 2016. [Citace: 15. 04 2020.] [https://www.slideshare.net/sarah\\_shuchi/airport-terminal-design-lecture-note?from\\_action=save](https://www.slideshare.net/sarah_shuchi/airport-terminal-design-lecture-note?from_action=save).
13. **Ashford, Norman J.** Passenger terminal layout and design . *Britannica.* [Online] 2019. [Citace: 15. 04 2020.] <https://www.britannica.com/technology/airport/Passenger-terminal-layout-and-design>.
14. **Shuchi, Sarah, Drogemuller, Robin a Buys, Laurie.** *Flexibility in airport terminals: Identification of design factors.* *Journal of Airport Management .* 2018. ISSN 1750-1938.
15. **Ščurek, Radomír.** *Studie analýzy rizika protiprávních činů na letišti.* Ostrava : Vysoká škola báňská – Technická universita Ostrava, 2009.
16. **Andrle, Vlastimil.** *Využití simulace pro stanovení optimální kapacity dráhového systému letiště.* Pardubice : Univerzita Pardubice Dopravní fakulta Jana Pernera, 2008.

17. **National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine.** *Air Cargo Facility Planning and Development*. 2015.
18. **SITA.** Passenger IT Insights 2019. *SITA.aero*. [Online] 2019. [Citace: 15. 02 2021.] <https://www.sita.aero/resources/surveys-reports/passenger-it-insights-2019/>.
19. **Anděl, Jiří.** *Základy matematické statistiky*. Praha : matfyzpress, 2005.
20. **Odoni, Armeдео R. a de Neufville, Richard.** Passenger terminal design. *ScienceDirect*. [Online] 1992. [Citace: 27. 03 2021.] <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/0965856492900426>. DOI: 10.1016/0965-8564(92)90042-6.
21. **IATA.** IATA Level of Service (LoS) Best Practice. *IATA.org*. [Online] [Citace: 25. 09 2020.] <https://www.iata.org/contentassets/d1d4d535bf1c4ba695f43e9beff8294f/airport-development-level-service-best-practice.pdf>.
22. —. New Level of Service Concept. *IATA.org*. [Online] [Citace: 26. 03 2021.] <https://docplayer.net/16099703-New-level-of-service-concept-iata-aci-2014-new-airport-level-of-service-concept-1.html>.
23. —. Level of Service Concept . *IATA.org*. [Online] [Citace: 25. 09 2020.] <https://www.iata.org>.
24. **Hamzawi, Salah G.** Lack of airport capacity: Exploration of alternative solutions. *Transportation Research Part A: Policy and Practice* . [Online] 1992. [Citace: 31. 03 2020.] <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/0965856492900448>. DOI: 10.1016/0965-8564(92)90044-8. ISSN 09658564.
25. **Saffarzadeh, Mahmoud a Braaksma, John P.** Optimum Design and Operation of Airport Passenger Terminal Buildings. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board* . [Online] 2000. [Citace: 31. 03 2020.] <http://journals.sagepub.com/doi/10.3141/1703-10>. DOI: 10.3141/1703-10. ISSN 0361-1981.
26. **Mccullough, B.F. a Roberts, F.L.** *Decision tool for analysis of capacity of airport terminal. Transportation Research Record 732, 41–54.* 1979.
27. **Mckelvey, F.X.** *Use of an analytical queuing model for airport terminal design. Transportation Research Record 1199, 4–11.* 1989.
28. **Hee King, Jim a Zeph Yun, Chang.** An airport passenger terminal simulator: A planning and design tool. *Simulation Practice and Theory*. [Online] 1998. [Citace: 31. 03 2020.] <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0928486997000189>. DOI: 10.1016/S0928-4869(97)00018-9. ISSN 09284869.
29. **Solak, Senay, Clarke, John-Paul B. a Johnson, Ellis L.** Airport terminal capacity planning. *Transportation Research Part B: Methodological* . [Online] 2009. [Citace: 31. 03 2020.] <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0191261509000113>. DOI: 10.1016/j.trb.2009.01.002. ISSN 01912615.
30. **TransoftSolutions.** Civil and Transportation Engineering Design Software. [Online] [Citace: 20. 01 2021.] <https://www.transoftsolutions.com/>.
31. **Airport Research Center.** CAST Terminal Simulation. [Online] [Citace: 20. 01 2021.] <https://arc.de/>.

32. **Dudáček, Lubomír.** *Dopravní letiště Prahy*. Praha : MBI, 2012. ISBN: 978-80-86524-16-0.
33. —. *Dopravní letiště Prahy*. Praha : MBI, 2012. ISBN: 978-80-86524-17-7.
34. **Letiště Praha, a. s.** Historie Letiště Václava Havla Praha . [Online] [Citace: 11. 04 2020.] <https://www.prg.aero/historie-letiste-vaclava-havla-praha>.
35. **Ministerstvo dopravy ČR.** Schengen. [Online] [Citace: 16. 03 2021.] <https://www.mdcr.cz/Dokumenty/Letecka-doprava/Pravni-predpisy/Schengen>.
36. **LIS ŘLP ČR, s.p.** AIRCRAFT PARKING / DOCKING CHART - ICAO. *Letecká informační příručka*. [Online] 27. 02 2020. [Citace: 11. 04 2020.] [https://aim.rlp.cz/ais\\_data/aip/data/valid/a2-pr-pdc1.pdf](https://aim.rlp.cz/ais_data/aip/data/valid/a2-pr-pdc1.pdf).
37. **Letiště Praha, a. s.** Mapa terminálu. [Online] [Citace: 27. 01 2021.] <https://www.prg.aero/mapa-letiste>.
38. —. Provozní a statistické informace. Praha : Letiště Praha, a. s., 2021.
39. **GSA.** CIRCULATION: DEFINING AND PLANNING. [Online] GENERAL SERVICES ADMINISTRATION, 11. 05 2012. [Citace: 15. 2 2021.] <https://bit.ly/3eR2ZbC>.
40. **Úřad pro civilní letectví.** *Letecký předpis Letiště L14*. 41/2009-220-SP/4.
41. **DVB Bank SE, Aviation Research (AR).** An Overview of Commercial Aircraft. *DVBBank*. [Online] 2019. [Citace: 28. 02 2021.] <https://www.dvbbank.com/~media/Files/D/dvbbank-corp/aviation/dvb-overview-of-commercial-aircraft-2018-2019.pdf>.
42. **Letiště Praha, a. s.** Údaje o společnosti. [Online] [Citace: 16. 05 2021.] <https://www.prg.aero/udaje-o-spolecnosti>.
43. **Sůra, Jan.** Letiště Praha vrátilo cestující na Terminál 1, skončila hlavní oprava třídílný zavazadel. *Zdopravy.cz*. [Online] 1. 9 2020. [Citace: 14. 11 2020.] <https://zdopravy.cz/letiště-praha-vratilo-cestujici-na-terminal-1-skoncila-hlavni-oprava-tridirny-zavazadel-59474/>.
44. **Apple Inc.** Apple Maps. [Online] <https://www.apple.com/maps/>.
45. **Rozario, Kevin.** Tax-Free Sales, The Traveler Experience, And The Airport Financial Model. *Forbes Inc.* [Online] 09. 03 2021. [Citace: 16. 04 2021.] <https://www.forbes.com/sites/kevinrozario/2021/03/09/tax-free-sales-the-traveler-experience-and-the-airport-financial-model/>.

## 10 Seznam obrázků

|   |     |
|---|-----|
| Obrázek 1: Základní koncepty letištních terminálů [11] [vlastní zpracování].....                      | 11  |
| Obrázek 2: Proces toku zavazadel a cestujících [6] [15] [vlastní zpracování].....                     | 20  |
| Obrázek 3: Zjednodušené rozdělení toku zavazadel a cestujících [6] [15] [vlastní zpracování]<br>..... | 20  |
| Obrázek 4: Preference cestujících [18] .....  | 23  |
| Obrázek 5: Rozložení příchodů cestujících v čase [20].....  | 24  |
| Obrázek 6: Časový a prostorový parametr kapacity [22] .....   | 27  |
| Obrázek 7: IATA, koncept LoS [23].....  | 32  |
| Obrázek 8: IATA, koncept LoS [5].....   | 33  |
| Obrázek 9: Snímky obrazovky ze simulačních programů [30] [31] .....                                   | 37  |
| Obrázek 10: Konfigurace letištních terminálů na Letišti Václava Havla Praha [36] .....                | 39  |
| Obrázek 11: Odletové brány Terminálu 1 [37] [vlastní zpracování] .....                                | 40  |
| Obrázek 12: Stanoviště s bezpečnostní kontrolou [5].....  | 53  |
| Obrázek 13: Doporučené rozměry pro karusely [5] .....   | 72  |
| Obrázek 14: Přibližná konfigurace karuselů Terminálu 1 [vlastní zpracování] .....                     | 72  |
| Obrázek 15: Příletová hala [44] [vlastní zpracování] .....  | 74  |
| Obrázek 16: Návrh centralizované bezpečnostní kontroly [vlastní zpracování] [44] .....                | 88  |
| Obrázek 17: Návrh konfigurace hraniční kontroly na odletu [44] [vlastní zpracování].....              | 94  |
| Obrázek 18: Návrh konfigurace hraniční kontroly na příletu [44] [vlastní zpracování].....             | 96  |
| Obrázek 19: Celosvětová poptávka po letecké dopravě [7].....  | 103 |
| Obrázek 20: Poptávka po letecké dopravě v Evropě [7].....   | 103 |
| Obrázek 21: Celosvětová poptávka po letecké dopravě zohledňující COVID-19 [8].....                    | 104 |



## 11 Seznam tabulek

|  |    |
|--|----|
| Tabulka 1: Výhody a nevýhody lineárního terminálu [5] .....                                | 12 |
| Tabulka 2: Výhody a nevýhody terminálu s prsty [5] .....                                   | 14 |
| Tabulka 3: Výhody a nevýhody satelitního terminálu [5].....                                | 15 |
| Tabulka 4: Rozdělení letištních podsystémů terminálu [6].....                              | 17 |
| Tabulka 5: Úroveň služeb pro jednotlivé subsystémy terminálu [6] .....                     | 18 |
| Tabulka 6: Popis jednotlivých úrovní služeb [6].....                                       | 18 |
| Tabulka 7: IATA úrovně služeb [5] .....  | 26 |
| Tabulka 8: Optimální úroveň poskytovaných služeb dle IATA [23] [vlastní zpracování].....   | 31 |
| Tabulka 9: Proměnné pro výpočet dynamické kapacity odbavovacích přepážek [5] .....         | 42 |
| Tabulka 10: Hodnoty opravných koeficientů Cf a Qf [5].....                                 | 42 |
| Tabulka 11: Proměnné pro výpočet statické kapacity odbavovacích přepážek [5] .....         | 44 |
| Tabulka 12: Proměnné pro výpočet dynamické kapacity kiosků [5].....                        | 46 |
| Tabulka 13: Proměnné pro výpočet statické kapacity kiosků [5].....                         | 47 |
| Tabulka 14: Kapacita odbavovací haly Terminálu 1 [vlastní zpracování].....                 | 48 |
| Tabulka 15: Proměnné pro výpočet dynamické kapacity hraniční kontroly na odletu [5] .....  | 49 |
| Tabulka 16: Proměnné pro výpočet statické kapacity hraniční kontroly na odletu [5] .....   | 50 |
| Tabulka 17: Kapacita hraniční kontroly Terminálu 1 na odletu [vlastní zpracování].....     | 52 |
| Tabulka 18: Proměnné pro výpočet dynamické kapacity bezpečnostní kontroly [5] .....        | 53 |
| Tabulka 19: Proměnné pro výpočet statické kapacity bezpečnostní kontroly [5] .....         | 55 |
| Tabulka 20: Kapacita bezpečnostních kontrol Terminálu 1 [vlastní zpracování].....          | 56 |
| Tabulka 21: Kapacita odletových bran Terminálu 1 [40] [41] [vlastní zpracování].....       | 60 |
| Tabulka 22: Provozní kapacita odletových bran Terminálu 1 [41] [vlastní zpracování] .....  | 64 |
| Tabulka 23: Proměnné pro výpočet dynamické kapacity hraniční kontroly na příletu [5] ..... | 66 |
| Tabulka 24: Proměnné pro výpočet statické kapacity hraniční kontroly na příletu [5] .....  | 67 |
| Tabulka 25: Kapacita hraniční kontroly Terminálu 1 na příletu [vlastní zpracování].....    | 69 |
| Tabulka 26: Proměnné pro výpočet kapacity karuselů [5] .....                               | 70 |
| Tabulka 27: Kapacita karuselů [vlastní zpracování] .....                                   | 71 |
| Tabulka 28: Proměnné pro výpočet kapacity příletové haly [5].....                          | 74 |
| Tabulka 29: Kapacita odbavovací haly [vlastní zpracování] .....                            | 77 |
| Tabulka 30: Kapacita hraniční kontroly na odletu [vlastní zpracování] .....                | 78 |
| Tabulka 31: Kapacita čekáren a bezpečnostních kontrol [vlastní zpracování] .....           | 79 |
| Tabulka 32: Kapacita hraniční kontroly na příletu [vlastní zpracování] .....               | 80 |
| Tabulka 33: Kapacita karuselů [vlastní zpracování] .....                                   | 81 |
| Tabulka 34: Kapacita příletové haly [vlastní zpracování].....                              | 81 |
| Tabulka 35: Navýšení kapacity bezpečnostní kontroly [5] .....                              | 83 |

|  |    |
|--|----|
| Tabulka 36: Návrh kapacity centralizované bezpečnostní kontroly [vlastní zpracování] ..... | 85 |
| Tabulka 37: Návrh kapacity odletových bran [vlastní zpracování] .....                      | 86 |
| Tabulka 38: Změny kapacity oproti původnímu stavu [vlastní zpracování] .....               | 87 |
| Tabulka 39: Návrh konfigurace bezpečnostních kontrol [vlastní zpracování].....             | 90 |
| Tabulka 40: Návrh konfigurace čekáren u odletových bran [vlastní zpracování].....          | 91 |
| Tabulka 41: Návrh konfigurace hraniční kontroly na odletu [vlastní zpracování].....        | 93 |
| Tabulka 42: Návrh konfigurace hraniční kontroly na příletu [vlastní zpracování] .....      | 95 |