



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta dopravní
Ústav letecké dopravy

**Analýza faktorů ovlivňujících efektivitu CT RTG v procesu
bezpečnostní kontroly**

**Efficiency Analysis of CT X-ray Technology Implementation in
Security Screening**

Bakalářská práce

Studijní program: Technika a technologie v dopravě a spojích

Studijní obor: Letecká doprava

Vedoucí práce: Lukáš Popek, MSc.

doc. Ing. Andrej Lališ, Ph.D.

Roman Marhold

Praha 2022



K621.....Ústav letecké dopravy

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE (PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení studenta (včetně titulů):

Roman Marhold

Studijní program (obor/specializace) studenta:

bakalářský –LED– Letecká doprava

Název tématu (česky): **Analýza faktorů ovlivňujících efektivitu CT RTG v procesu bezpečnostní kontroly**

Název tématu (anglicky): **Efficiency Analysis of CT X-ray Technology Implementation in Security Screening**

Zásady pro vypracování

Při zpracování bakalářské práce se řiďte následujícími pokyny:

- Cílem práce je navrhnout možnosti implementace a využití CT zařízení v procesu bezpečnostní kontroly cestujících na letištích a stanovit kritéria pro možnost srovnání a hodnocení jednotlivých návrhů.
- Analyzujte současný stav vybavení bezpečnostní kontroly se zaměřením na kontrolu kabinových zavazadel.
- Stanovte kritéria pro hodnocení technologií v různých konceptech používání.
- Proveďte měření v provozu dle stanovených kritérií.
- Srovnajte jednotlivé výsledky měření a navrhnete možné koncepty provozu.
- Navrhované řešení vyhodnoťte a ověřte.



- Rozsah grafických prací: dle pokynů vedoucího bakalářské práce
- Rozsah průvodní zprávy: minimálně 35 stran textu (včetně obrázků, grafů a tabulek, které jsou součástí průvodní zprávy)
- Seznam odborné literatury: ACI Smart Security, Guidance Document - Explosive Detection Systems for Cabin Baggage Screening, 2019.
ACI Smart Security, Guidance Document - Advanced Cabin Baggage Screening, 2019.
Letecký předpis L17: Bezpečnost - Ochrana mezinárodního civilního letectví před protiprávními činy

Vedoucí bakalářské práce: **Lukáš Popek, MSc.**
doc. Ing. Andrej Lališ, Ph.D.

Datum zadání bakalářské práce: **8. října 2021**
(datum prvního zadání této práce, které musí být nejpozději 10 měsíců před datem prvního předpokládaného odevzdání této práce vyplývajícího ze standardní doby studia)

Datum odevzdání bakalářské práce: **8. srpna 2022**
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 Ústav letecké dopravy



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

Potvrzuji převzetí zadání bakalářské práce.

Roman Marhold
jméno a podpis studenta

V Praze dne..... 8. října 2021



Abstrakt

Na bezpečnostní kontrolu cestujících a jejich zavazadel jsou v souvislosti s rostoucí poptávkou po letecké dopravě kladeny vysoké nároky na efektivitu procesů, komfort cestujících a úroveň zajišťované bezpečnosti. Aby byly tyto požadavky co nejlépe naplněny, implementují se na letištích do procesu bezpečnostní kontroly nové technologie. Nejnovější technologický pokrok v detekční kontrole kabinových zavazadel představují zařízení fungující na principu výpočetní tomografie (CT). Aby byl zajištěn jejich efektivní provoz, je potřeba jejich implementaci důkladně naplánovat a zvážit. Nelze jimi totiž jednoduše nahrazovat stávající rentgenová zařízení pro kontrolu kabinových zavazadel, pokud by byly bez úprav zachovány stávající koncepty provozu. Tato práce proto stanovuje kritéria, na základě kterých lze navrhovat a hodnotit koncepty provozu zařízení CT a určovat nejvhodnější z nich. Podle těchto kritérií poté vyhodnocuje výsledky měření v reálném provozu, porovnává současný stav detekční kontroly zavazadel se stavem po implementaci CT a následně navrhuje možné koncepty provozu, které by maximalizovaly přínos CT zařízení. Tyto koncepty na závěr hodnotí a porovnává.

Klíčová slova: bezpečnostní kontrola, výpočetní tomografie, rentgen, kabinová zavazadla, detekční kontrola, efektivita



Abstract

There are high demands for passenger and baggage security screening with the long-term rising demand for air transport including process efficiency, passenger comfort and security level requirements. New technologies are implemented in the security screening process to meet these requirements well. Computed tomography (CT) is the most recent technological progress in cabin baggage screening. Consideration and planning of CT x-rays implementation are essential to make it effective. It is not possible to simply replace current x-rays for cabin baggage screening with CTs unless concepts of operation are changed. Therefore, this bachelor's thesis determines criteria for CT concept of operation evaluation. It also evaluates results of measurements taken in a real security screening process and compares current cabin baggage screening conditions with conditions when CTs are implemented. In conclusion, possible concepts of CT operation are designed, evaluated and compared while maximizing CT advantages is considered.

Keywords: security check, computed tomography, x-ray, cabin baggage, security screening, efficiency



Poděkování

Tímto bych rád poděkoval vedoucímu své bakalářské práce, Lukáši Popkovi, MSc., za cenné rady, poskytnutí odborných informací a podporu při měření dat potřebných pro vypracování této práce. Za podnětné rady a připomínky také děkuji doc. Ing. Andreji Lališovi, Ph.D. Taktéž bych chtěl poděkovat své rodině za plnou podporu po dobu studia.



Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci s názvem Analýza faktorů ovlivňujících efektivitu CT RTG v procesu bezpečnostní kontroly vypracoval samostatně a použil k tomu úplný výčet citací použitých pramenů, které uvádím v seznamu přiloženém k bakalářské práci.

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 3. srpna 2022


Podpis



Obsah

ÚVOD	14
1. HISTORIE PROTIPRÁVNÍCH ČINŮ V LETECTVÍ	15
1.1. ZÁSADNÍ MILNÍKY V OCHRANĚ CIVILNÍHO LETECTVÍ	15
1.2. ÚTOKY ZA POUŽITÍ NÁSTRAŽNÝCH VÝBUŠNÝCH SYSTÉMŮ	15
1.2.1. VÝBUŠNINY V ZAPSANÝCH ZAVAZADLECH	15
1.2.2. TEKUTÉ VÝBUŠNINY V PŘÍRUČNÍCH ZAVAZADLECH	16
1.2.3. NEDÁVNÉ ÚTOKY S NVS V PŘÍRUČNÍCH ZAVAZADLECH	16
2. LEGISLATIVA V OBLASTI OCHRANY CIVILNÍHO LETECTVÍ PŘED PROTIPRÁVNÍMI ČINY	18
2.1. MEZINÁRODNÍ LEGISLATIVA	18
2.1.1. MEZINÁRODNÍ ÚMLUVY	18
2.1.2. MEZINÁRODNÍ ORGANIZACE PRO CIVILNÍ LETECTVÍ	18
2.2. EVROPSKÁ LEGISLATIVA	18
2.2.1. EVROPSKÁ UNIE (EU)	18
2.2.2. EVROPSKÁ KONFERENCE PRO CIVILNÍ LETECTVÍ	19
2.3. ČESKÁ LEGISLATIVA	19
2.3.1. ZÁKON O CIVILNÍM LETECTVÍ	19
2.3.2. MINISTERSTVO DOPRAVY	19
2.3.3. ÚŘAD PRO CIVILNÍ LETECTVÍ	19
3. ANALÝZA SOUČASNÉHO STAVU BEZPEČNOSTNÍ KONTROLY	21
3.1. TERMINOLOGIE	21
3.1.1. ZAKÁZANÉ PŘEDMĚTY	21
3.1.2. BEZPEČNOSTNÍ A DETEKČNÍ KONTROLA	21
3.2. TŘI PILÍŘE BEZPEČNOSTNÍ KONTROLY	21
3.3. ROZDĚLENÍ PROSTOR LETIŠTĚ PODLE UPLATŇOVANÝCH BEZPEČNOSTNÍCH OPATŘENÍ	22
3.4. ONE STOP SECURITY	22
3.5. CENTRALIZOVANÉ A DECENTRALIZOVANÉ STANOVÍŠTĚ BEZPEČNOSTNÍ KONTROLY	23
3.6. SUBJEKTY ZODPOVĚDNÉ ZA PROVÁDĚNÍ BEZPEČNOSTNÍ KONTROLY	23
3.7. VYBAVENÍ VYUŽÍVANÉ PŘI BEZPEČNOSTNÍ KONTROLE	24
3.7.1. VYBAVENÍ PRO DETEKČNÍ KONTROLU OSOBY	24
3.7.2. RUČNÍ DETEKTOR KOVŮ	25
3.7.3. VYBAVENÍ PRO DETEKČNÍ KONTROLU KABINOVÝCH ZAVAZADEL	25
3.7.4. ZAŘÍZENÍ PRO STOPOVOU DETEKCI VÝBUŠNIN	28
3.7.5. ZAŘÍZENÍ PRO DETEKČNÍ KONTROLU TEKUTIN, AEROSOLŮ A GELŮ	28
3.7.6. PSI KE ZJIŠŤOVÁNÍ VÝBUŠNIN	28



3.8.	PROCES PRŮCHODU CESTUJÍCÍHO STANOVŠTĚM BEZPEČNOSTNÍ KONTROLY	28
3.9.	USPOŘÁDÁNÍ STANOVIŠŤ BEZPEČNOSTNÍ KONTROLY	29
3.9.1.	MANUÁLNÍ A AUTOMATICKÁ TRAŤ	29
3.9.2.	CENTRÁLNÍ VYHODNOCOVÁNÍ SNÍMKŮ (REMOTE SCREENING).....	30
3.9.3.	SÉRIOVÁ A PARALELNÍ PŘÍPRAVA	30
3.9.4.	TRADIČNÍ A SOUČASNÉ NÁVRHY STANOVIŠŤ.....	31
4.	IMPLEMENTACE TECHNOLOGIE CT DO PROCESU BEZPEČNOSTNÍ KONTROLY	32
4.1.	PRINCIP FUNGOVÁNÍ ZAŘÍZENÍ CT.....	32
4.2.	VÝHODY A NEVÝHODY ZAVEDENÍ CT S EDSCB C3.....	33
4.2.1.	BEZPEČNOST.....	33
4.2.2.	KOMFORT CESTUJÍCÍCH A BEZPEČNOSTNÍCH PRACOVNÍKŮ	35
4.2.3.	EFEKTIVITA.....	35
5.	STANOVENÍ KRITÉRIÍ PRO HODNOCENÍ CT TECHNOLOGIE	37
5.1.	IMAGE PER PASSENGER [-].....	37
5.2.	REJECT RATE [%].....	37
5.3.	ČAS ROZHODNUTÍ OPERÁTORA [s].....	38
5.4.	PROPUSTNOST	38
5.4.1.	DÉLKA PROCESU BEZPEČNOSTNÍ KONTROLY PRO JEDNOHO CESTUJÍCÍHO [s/pax].....	38
5.4.2.	DÍLČÍ PROPUSTNOSTI [pax/h].....	38
5.4.3.	PROPUSTNOST TRATĚ [trays/h].....	38
5.4.4.	CELKOVÁ PROPUSTNOST [pax/h].....	39
5.5.	PERSONÁLNÍ OBSAZENÍ	39
5.6.	PROSTOROVÁ EFEKTIVITA [pax/h/m ²].....	39
5.7.	FINANČNÍ NÁKLADY.....	39
6.	MĚŘENÍ DAT PODLE STANOVENÝCH KRITÉRIÍ.....	40
6.1.	KONFIGURACE MĚŘENÝCH TRATÍ.....	40
6.1.1.	STÁVAJÍCÍ ATRS S DVOUPOHLEDOVÝM RTG.....	40
6.1.2.	MANUÁLNÍ TRAŤ S CT S EDSCB C3.....	41
6.1.3.	AUTOMATICKÁ TRAŤ S CT S EDSCB C3	42
6.2.	PROSTOROVÁ NÁROČNOST MĚŘENÝCH TRATÍ	43
6.3.	STROJOVÁ DATA ZÍSKANÁ ZE ZAŘÍZENÍ.....	43
6.4.	DATA MĚŘENÁ V PROVOZU.....	44
6.4.1.	PRVNÍ TYP MĚŘENÍ V PROVOZU.....	44
6.4.2.	DRUHÝ TYP MĚŘENÍ V PROVOZU.....	45
6.4.3.	TŘETÍ TYP MĚŘENÍ V PROVOZU.....	45
6.5.	OBECNĚ PŘEDPOKLÁDANÉ VÝSLEDKY	45
7.	POROVNÁNÍ VÝSLEDKŮ	46



7.1.	VÝCHOZÍ STAV – ATRS TRAŽ S DVOUPOHLEDOVÝM RTG	46
7.1.1.	DATA VYPLÝVAJÍCÍ Z MĚŘENÍ	46
7.1.2.	ZASTOUPENÍ TYPŮ DEKLAROVANÝCH PŘEDMĚTŮ	47
7.1.3.	ZASTOUPENÍ TYPŮ ALARMŮ NA DODATEČNÉ KONTROLE.....	47
7.1.4.	ZÁVISLOST τ_{divest} , $\tau_{reclaim}$ A IPP NA TYPECH DEKLAROVANÝCH PŘEDMĚTŮ	48
7.2.	PRVNÍ ZÁKLADNÍ KONCEPT – CT NA MANUÁLNÍ TRATI.....	50
7.2.1.	DATA VYPLÝVAJÍCÍ Z MĚŘENÍ	50
7.2.2.	STROJOVÁ DATA	50
7.2.3.	VÝPOČET DÍLČÍCH PROPUSTNOSTÍ A CELKOVÉ PROPUSTNOSTI.....	51
7.3.	DRUHÝ ZÁKLADNÍ KONCEPT – ATRS S CT RTG	51
7.3.1.	DATA VYPLÝVAJÍCÍ Z MĚŘENÍ	52
7.3.2.	STROJOVÁ DATA	52
7.3.3.	VÝPOČET DÍLČÍCH PROPUSTNOSTÍ A CELKOVÉ PROPUSTNOSTI.....	53
7.4.	POROVNÁNÍ VÝSLEDKŮ TŘÍ TRATÍ.....	54
7.4.1.	SWOT ANALÝZA MĚŘENÉHO KONCEPTU ATRS TRATI S CT RTG	59
8.	NÁVRH OPTIMÁLNÍHO ŘEŠENÍ.....	61
8.1.	TEORETICKÁ MAXIMÁLNÍ PROPUSTNOST CT RTG	61
8.2.	ELIMINACE SLABÝCH MÍST.....	61
8.2.1.	POKLES IPP	61
8.2.2.	NÍZKÁ DÍLČÍ PROPUSTNOST PŘÍPRAVY	62
8.2.3.	NAVÝŠENÍ DT	62
8.2.4.	OPTIMALIZACE KAPACIT OPERÁTORŮ.....	62
8.2.5.	KAPACITA DOHLEDÁVACÍCH POZIC.....	63
8.3.	NÁVRH KONCEPTU S TŘICETIMETROVOU TRATÍ.....	63
8.3.1.	SWOT ANALÝZA NAVRHOVANÉHO KONCEPTU TŘICETIMETROVÉ TRATI	65
8.4.	NÁVRH KONCEPTU S PĚTADVACETIMETROVOU TRATÍ.....	66
8.4.1.	SWOT ANALÝZA KONCEPTU S PĚTADVACETIMETROVOU TRATÍ.....	68
8.5.	NÁVRH KONCEPTU S DVACETIMETROVOU TRATÍ	69
8.5.1.	SWOT ANALÝZA NAVRHOVANÉHO KONCEPTU S DVACETIMETROVOU TRATÍ ...	72
8.6.	POROVNÁNÍ NAVRHOVANÝCH A MĚŘENÝCH KONCEPTŮ	72
9.	ZÁVĚR.....	74
10.	Citovaná literatura	76



Seznam obrázků

OBRÁZEK 1: ZVEŘEJNĚNÁ FOTOGRAFIE KOMPONENT NVS (METROJET 9268)	17
OBRÁZEK 2: GRAFICKÉ ZNÁZORNĚNÍ ZÁKLADNÍ LEGISLATIVY UPRAVUJÍCÍ OCHRANU CIVILNÍHO LETECTVÍ PŘED PROTIPRÁVNÍMI ČINY	20
OBRÁZEK 3: PŘÍKLAD ZOBRAZENÍ ALARMŮ ZE SSC	24
OBRÁZEK 4: POROVNÁNÍ TYPŮ RENTGENOVÝCH ZAŘÍZENÍ PRO KONTROLU PŘÍRUČNÍCH ZAVAZADEL	26
OBRÁZEK 5: CT RTG HI-SCAN 6040 CTIX OD SPOLEČNOSTI SMITHS DETECTION	27
OBRÁZEK 6: CT RTG CONNECT OD SPOLEČNOSTI ANALOGIC	27
OBRÁZEK 7: SÉRIOVÁ A PARALELNÍ PŘÍPRAVA	30
OBRÁZEK 8: PRINCIP SNÍMÁNÍ ZAVAZADLA CT RTG	32
OBRÁZEK 9: OZNAČENÍ ALARMU EDS PŘI KONTROLE ZAVAZADLA V CT RTG	34
OBRÁZEK 10: SLAB/Slice FUNKCE NA ZAŘÍZENÍ CT	34
OBRÁZEK 11: SCHÉMA BUŇKY SE STÁVAJÍCÍMI AUTOMATICKÝMI TRATĚMI	41
OBRÁZEK 12: SCHÉMA MANUÁLNÍ TRATI S CT	42
OBRÁZEK 13: SCHÉMA AUTOMATICKÉ TRATI S CT	43
OBRÁZEK 14: POROVNÁNÍ SCHÉMAT ČÁSTÍ TRATI PRO BALENÍ ZAVAZADEL.....	57
OBRÁZEK 15: SCHÉMA NAVRHOVANÉHO KONCEPTU S 30M TRATÍ	65
OBRÁZEK 16: SCHÉMA NAVRHOVANÉHO KONCEPTU S 25M TRATÍ	68
OBRÁZEK 17: SCHÉMA NAVRHOVANÉHO KONCEPTU S 20M TRATÍ	71



Seznam tabulek

TABULKA 1: POROVNÁNÍ TYPŮ PŘEDMĚTŮ, KTERÉ NENÍ NUTNÉ DEKLAROVAT, V ZÁVISLOSTI NA STANDARDU EDS.....	33
TABULKA 2: POROVNÁNÍ ZAŘÍZENÍ V ZÁVISLOSTI NA STANDARDECH EDS, KTERÝCH UMOŽŇUJÍ DOSÁHNOUT	33
TABULKA 3: ZÁKLADNÍ ÚDAJE O STÁVAJÍCÍCH TRATÍCH.....	46
TABULKA 4: DATA NAMĚŘENÁ NA STÁVAJÍCÍCH AUTOMATICKÝCH TRATÍCH	47
TABULKA 5: ZÁVISLOST ČASŮ PŘÍPRAVY, RECLAIM A IPP NA DEKLAROVANÝCH PŘEDMĚTECH	49
TABULKA 6: DATA NAMĚŘENÁ NA MANUÁLNÍ TRATI S CT RTG.....	50
TABULKA 7: STROJOVÁ DATA Z CT RTG NA MANUÁLNÍ TRATI	51
TABULKA 8: VYPOČÍTANÉ DÍLČÍ PROPUSTNOSTI MANUÁLNÍ TRATI S CT	51
TABULKA 9: DATA NAMĚŘENÁ NA ATRS S CT RTG	52
TABULKA 10: STROJOVÁ DATA Z CT RTG NA ATRS.....	53
TABULKA 11: VYPOČÍTANÉ DÍLČÍ PROPUSTNOSTI ATRS S CT	53
TABULKA 12: POROVNÁNÍ ZÁKLADNÍCH DAT ZE TŘÍ MĚŘENÝCH KONCEPTŮ.....	54
TABULKA 13: POROVNÁNÍ DAT O PŘÍPRAVĚ Z MĚŘENÝCH KONCEPTŮ	55
TABULKA 14: POROVNÁNÍ DAT O FÁZI RECLAIM Z MĚŘENÝCH KONCEPTŮ	56
TABULKA 15: POROVNÁNÍ RR A DT V MĚŘENÝCH KONCEPTECH.....	57
TABULKA 16: POROVNÁNÍ DAT O DODATEČNÉ KONTROLE ZAVAZADLA	58
TABULKA 17: POROVNÁNÍ DALŠÍCH VYBRANÝCH PARAMETRŮ NA TŘECH MĚŘENÝCH KONCEPTECH ...	58
TABULKA 18: SWOT ANALÝZA MĚŘENÉHO KONCEPTU ATRS S CT RTG	59
TABULKA 19: SWOT ANALÝZA KONCEPTU S 30M TRATÍ.....	66
TABULKA 20: SWOT ANALÝZA KONCEPTU S 25M TRATÍ.....	69
TABULKA 21: SWOT ANALÝZA NAVRHOVANÉHO KONCEPTU S 20M TRATÍ	72
TABULKA 22: POROVNÁNÍ KONCEPTŮ PROVOZU CT RTG	73



Seznam symbolů a zkratk

ZKRATKA NEBO SYMBOL	ČESKÝ VÝZNAM	ANGLICKÝ VÝZNAM
τ	Délka procesu bezpečnostní kontroly pro jednoho cestujícího	Length of the security screening process per passenger
τ_{divest}	Délka přípravy cestujícího	Divest duration
$\tau_{reclaim}$	Délka procesu odebírání a balení zavazadel po detekční kontrole	Baggage reclaim duration
$\tau_{recheck}$	Délka dodatečné kontroly zavazadla	Baggage recheck duration
$\tau_{forreclaim}$	Délka čekání na výdej zavazadel po detekční kontrole	Waiting time for baggage reclaim
$\tau_{forrecheck}$	Délka čekání na dodatečnou kontrolu zavazadla	Waiting time for baggage recheck
3D	Trojrozměrný	Three-Dimensional
CAPEX	Kapitálové náklady	Capital expenditures
CATSA	Kanadský úřad pro bezpečnost v letecké dopravě	Canadian Air Transport Security Authority
CB	Kabinové zavazadlo (příruční zavazadlo)	Cabin baggage (Hand baggage)
CIP	Centrální vyhodnocování snímků	Centralized Image Processing
CT	Výpočetní tomografie	Computed Tomography
DT	Délka rozhodnutí	Decision Time
ECAC	Evropská konference pro civilní letectví	European Civil Aviation Conference
EDS	Systém detekce výbušnin	Explosive Detection System
EDSCB	Systém detekce výbušnin pro kabinová zavazadla	Explosive Detection System for Cabin Baggage
ETD	Stopová detekce výbušnin	Explosive Trace Detection
EU	Evropská unie	European Union
HHMD	Ruční detektor kovů	Hand-Held Metal Detector



ICAO	Mezinárodní organizace pro civilní letectví	International Civil Aviation Organisation
IPP	Počet snímků na cestujícího	Image Per Passenger
KPIs	Ukazatele výkonnosti (klíčové metriky)	Key Performance Indicators
LAGs	Tekutiny, aerosoly a gely	Liquids, Aerosols and Gels
LEDS	Systém detekce kapalných výbušnin	Liquid Explosive Detection System
NPL	Neveřejný prostor letiště	Airside
NVS	Nástražný výbušný systém	Improvised Explosive Device (IED)
OPEX	Provozní náklady	Operating expense
OSR	Řešení (alarmu) na monitoru	On-screen (alarm) resolution
OSS	<i>(bez českého ekvivalentu)</i>	One Stop Security
PAX	Cestující	Passengers
RFID	Identifikace na rádiové frekvenci	Radio Frequency Identification
RR	Podíl přepravek určených k dodatečné kontrole	Reject Rate
RTG	Rentgen	X-ray
SRA	Vyhrazený bezpečnostní prostor	Security Restricted Area
SSc	Bezpečnostní skener (popř. celotělový skener)	Security Scanner
TIP	Promítání nebezpečných předmětů	Threat Images Projection
TSA	Úřad pro bezpečnost v dopravě (USA)	Transportation Security Administration
USA	Spojené státy americké	United States of America
WTMD	Průchozí detektor kovů	Walk-Through Metal Detection Equipment



ÚVOD

Letecká doprava má mezi širokou veřejností pověst nejbezpečnějšího druhu dopravy. Je tomu tak díky vysoké úrovni bezpečnostních standardů, jejichž dodržování je přísně kontrolováno a porušování důsledně prošetřováno. V letectví rozlišujeme dva druhy bezpečnosti. Jednak známe bezpečnost provozní, angl. safety, která se věnuje problematice bezpečnostních incidentů vyplývajících ze samotného provozu letecké dopravy, a dále bezpečnost z pohledu ochrany civilního letectví před protiprávními činy, angl. security.

Ochrana civilního letectví před protiprávními činy, zkráceně též ochrana letectví, se jakožto samostatná disciplína letecké bezpečnosti vyvinula v průběhu historie s rostoucím počtem protiprávních činů namířených proti letecké dopravě. Motivace pachatelů zneužít právě letecké dopravy k dosažení svých cílů může být různá. Zprvu se jednalo o zneužití letadel a cestujících jako prostředků politického boje, neboť únos letadla, na jehož palubě se často nacházejí osoby různých státních příslušností, představuje při vyjednávání o podmínkách propuštění rukojmí možnost působit tlak na více různých států. Později se k únosům přidaly další druhy protiprávních činů a další motivace pro jejich páchaní, například silný mediální zájem o bezpečnostní incidenty v letectví či možnost zneužít letadlo jako zbraň proti jiným civilním a strategickým cílům. Kvůli vysoké motivaci pachatelů zneužít právě letecké dopravy k páchaní protiprávních činů si letectví v průběhu historie oproti jiným dopravním odvětvím vybudovalo vysoké standardy pro svou ochranu. Pro běžného cestujícího je nejviditelnějším opatřením bezpečnostní kontrola na letišti, procedura, která ověřuje, že u sebe cestující nemají nebezpečné předměty zneužitelné k protiprávnímu činu.

Je zcela logické, že zavedení bezpečnostních kontrol bude mít vedle pozitivního výsledku, tj. zvýšení bezpečnosti, i negativní dopady. Jejich provoz vyžaduje finanční, prostorové i personální zajištění a z pohledu cestujících kontroly zvyšují čas strávený na letišti před odletem. Zainteresované subjekty se proto snaží tyto nevýhody eliminovat a udržet propustnost stanovišť bezpečnostní kontroly, tedy počet cestujících, který je dané stanoviště schopné odbavit za jednotku času, co nejvyšší.

Jeden ze způsobů modernizace a dosahování vyšší úrovně bezpečnosti a propustnosti stanovišť představují zařízení fungující na principu výpočetní tomografie (CT, Computed Tomography) pro kontrolu příručních zavazadel. V posledních letech se tato zařízení začínají zavádět po celém světě. Nelze je však implementovat jednoduše bez změn konceptu provozu – prostá výměna stávajících zařízení za CT zařízení metodou „kus za kus“ by plně nevyužila potenciál nové technologie a mohla by vzhledem k potřebě odlišného přístupu snížit propustnost stanovišť bezpečnostní kontroly.

Cílem této bakalářské práce je tak analyzovat efektivitu různých konceptů implementace zařízení CT do procesu bezpečnostní kontroly na základě dat naměřených v reálném provozu a navrhnout optimální řešení pro jejich využití.



1. HISTORIE PROTIPRÁVNÍCH ČINŮ V LETECTVÍ

K současnému stavu bezpečnosti v letecké dopravě velkou měrou přispívají reakce na předchozí události. Níže jsou proto uvedeny některé historické činy, z nichž vycházejí současná opatření.

1.1. ZÁSADNÍ MILNÍKY V OCHRANĚ CIVILNÍHO LETECTVÍ

Dějiny ochrany letectví jakožto samostatné disciplíny letecké bezpečnosti se začaly psát v souvislosti s prvními systematickými činy, kterými byly únosy po druhé světové válce. Hlavními ohnisky únosů byla jednak Severní Amerika, kde se únosy letadel mnohdy stávaly prostředkem politického boje mezi Kubou a USA, a jednak Blízký východ, kde únosy souvisely s izraelsko-palestinským konfliktem. V této oblasti se palestinští separatisté často zmocňovali letadel hrozbou střelnými zbraněmi a ručními granáty, čímž se snažili zahájit vyjednávání se západními zeměmi o výměně rukojmí, jimiž byli občané západních zemí, za v těchto zemích vězněné a za terorismus odsouzené Palestince. [1]

Dalším významným milníkem, po kterém se zásadně proměnila ochrana letectví, byly útoky 11. září 2001. Skupina únosců se tento den nad Spojenými státy zmocnila čtyř letounů. K únosu použili hlavně ostré předměty běžné potřeby, které byly přes bezpečnostní kontrolu, jež se s ohledem na dosavadní protiprávní činy soustředila především na střelné zbraně, bez výraznějších problémů proneseny. Únosci poté zabili a zranili několik členů posádky i několik cestujících a zmocnili se řízení. Poté tři z letadel navedli do významných budov v USA a jeden letoun, jehož plánovaným cílem měla být také některá ze strategických budov, byl při pokusu cestujících o odstavení teroristů od řízení naveden do terénu mimo zastavěnou oblast. V reakci na tuto událost došlo k výraznému zpřísnění bezpečnostních kontrol a rozšíření předmětů vyloučených z přepravy na palubě na veškeré větší ostré předměty a předměty zneužitelné jako zbraň. [1] Zásadní také bylo nové pojetí únosu letadla s využitím letadla jako zbraně proti jiným objektům – doposud bylo cílem únosu zejména vyvolat vyjednávání o propuštění rukojmí, nikoliv útok s vysokým počtem obětí na neletecké cíle. [2]

1.2. ÚTOKY ZA POUŽITÍ NÁSTRAŽNÝCH VÝBUŠNÝCH SYSTÉMŮ

Jednou ze zásadních výhod zařízení CT, kterých se týká tato práce, je možnost lepší detekce výbušnin. Proto níže uvádím několik činů spáchaných za použití nástražných výbušných systémů (NVS).

1.2.1. VÝBUŠNINY V ZAPSANÝCH ZAVAZADLECH

Transatlantické lety Air India 182 v roce 1985 a Pan Am 103 v roce 1988 byly tragicky ukončeny explozí NVS v zapsaném zavazadle. V obou případech bylo do zavazadlového prostoru naloženo zavazadlo s NVS, aniž by cestující, který si jej odbavil, nastoupil na palubu. V reakci na tyto útoky byla zavedena tzv. rekonziliace zavazadel. [1; 3] To je



pravidlo, podle kterého nemůže zapsané zavazadlo až na výjimky odletět bez cestujícího na palubě. [4]

V současné době se pro kontrolu zapsaných zavazadel využívají CT zařízení se systémy detekce výbušnin, které jsou schopné takovéto NVS odhalit. [5] Současně řešeným tématem je využití této technologie i při detekční kontrole příručních zavazadel, aby se předcházelo i níže uvedeným útokům s NVS v příručních zavazadlech.

1.2.2. TEKUTÉ VÝBUŠNINY V PŘÍRUČNÍCH ZAVAZADLECH

Velké riziko historicky představují kapalné výbušniny maskované za běžně používané tekutiny – např. nápoje či zdravotní potřeby. Na palubu letu Korean Air 858 z Bagdádu do Soulu v roce 1987 takto pronesli severokorejští agenti dva NVS, jedna z výbušnin byla kapalná výbušnina ukrytá v lahvi od whisky. [3]

V 90. letech byl plánován jeden z největších útoků za použití kapalných výbušnin vůbec, operace Bojinka (též nazývaná Manilský komplot). [2] Jejím cílem byla destruktivní exploze dvanácti Boeingů 747 nad Tichým oceánem. [6] Možnost takovéhoho využití kapalné výbušnin vydané za roztok na kontaktní čočky byla otestována jedním z teroristů na letu Philippine Airlines 434. Jen díky shodě okolností nedošlo k destrukci celého letadla, pachatel byl dopaden a plány na operaci Bojinka byly hlavními aktéry operace transformovány do plánů na útoky 11. září. [7]

Další pokus o destrukci několika letadel současně za použití kapalných výbušnin byl plánován v roce 2006. Tekutiny měly být při bezpečnostní kontrole na několika letech ze Spojeného království do Severní Ameriky vydávány za ochucené nápoje. Útok překazily ve fázi plánování zpravodajské služby. [1] V reakci na tento pokus byla zavedena přísná opatření omezující přepravu tekutin, aerosolů a gelů (LAGs, Liquids, Aerosols and Gels). Cestující může od té doby takovéto látky přepravovat v příručním zavazadle pouze v baleních o maximálním objemu 100 ml, přičemž všechna balení musí být umístěna v jednom průhledném opakovaně uzavíratelném sáčku o maximálním objemu 1 l. Výjimku z této regulace tvoří např. kojenecká strava či léčiva. Veškeré LAGs je navíc nutné před kontrolou vyjmout ze zavazadla a předložit je k další detekční kontrole zvlášť (tzv. deklarovat LAGs). [4; 8] Zmíněné znění této regulace je platné pro země EU, nicméně obdobně platí v řadě dalších zemí.

1.2.3. NEDÁVNÉ ÚTOKY S NVS V PŘÍRUČNÍCH ZAVAZADLECH

V roce 2016 došlo na letu somálské společnosti Daallo Airlines č. 159 k explozi NVS ukrytého v notebooku. Podle záběrů z bezpečnostních kamer byl jednomu z cestujících předán notebook letištním zaměstnancem. Došlo k usmrcení cestujícího, který měl u sebe NVS, a ke zranění dalších dvou osob. [9] K explozi došlo v malé výšce, díky čemuž pravděpodobně neměla exploze tak destruktivní účinek. [10]

Velkou mediální pozornost v roce 2015 přitahoval také útok na let Metrojet 9268 přepravující ruské turisty z Egypta, který ukončila exploze. K útoku se následně

přihlásila teroristická organizace Islámský stát, která zveřejnila fotografii plechovky od nápoje naplněné výbušninou a další komponenty NVS (viz obrázek 1). [11; 12]



Obrázek 1: Zveřejněná fotografie komponent NVS (Metrojet 9268) [12]



2. LEGISLATIVA V OBLASTI OCHRANY CIVILNÍHO LETECTVÍ PŘED PROTIPRÁVNÍMI ČINY

Níže jsou uvedeny základní legislativní předpisy upravující oblast ochrany letectví. Grafické rozčlenění základních právních norem pohledem leteckých subjektů v ČR znázorňuje obrázek 2 na konci této kapitoly.

2.1. MEZINÁRODNÍ LEGISLATIVA

Mezinárodní legislativa upravující ochranu letectví má spíše obecnou povahu. Z historického hlediska vzniklo v reakci na první protiprávní činy nejprve několik úmluv upravujících tuto oblast.

2.1.1. MEZINÁRODNÍ ÚMLUVY

V reakci na únosy v 60. letech byla v Tokiu roku 1963 sepsána mezinárodní dohoda, dnes zvaná Tokijská úmluva, která přisuzuje soudní pravomoc ve věci nezákonných činů spáchaných na palubě letadla zemi registrace letadla. V roce 1970 byla sepsána Haagská úmluva, která klasifikovala zmocnění se letadla jako trestný čin a zavazovala signatáře takovéto činy přísně trestat. Podrobnější definice jednotlivých protiprávních činů pak uvádí Montrealská úmluva z roku 1971.

2.1.2. MEZINÁRODNÍ ORGANIZACE PRO CIVILNÍ LETECTVÍ

Mezinárodní organizace pro civilní letectví (ICAO, International Civil Aviation Organization) upravuje oblast ochrany letectví zejména v dokumentu Annex 17. Ten zavádí základní terminologii a stanovuje obecné povinnosti leteckých dopravců, provozovatelů letišť a členských států, zejména pak povinnost provést bezpečnostní kontrolu cestujících a jejich zavazadel tak, aby bylo předejito zneužití zbraní, výbušnin a jiných nebezpečných zařízení ke spáchání protiprávního činu. Jde tedy spíše o stanovení obecné povinnosti bez konkrétních specifikací metodiky kontroly a dalších detailů.

2.2. EVROPSKÁ LEGISLATIVA

Konkrétní metodiku provádění detekční kontroly a seznamy zakázaných předmětů přináší evropská legislativa.

2.2.1. EVROPSKÁ UNIE (EU)

Základní legislativní normou v oblasti ochrany letectví je nařízení Evropského parlamentu a Rady č. 300/2008, které především vymezuje základní pojmy. Na toto nařízení navazují prováděcí nařízení Komise č. 2015/1998, v němž jsou mimo jiné stanoveny seznamy zakázaných předmětů či definice bezpečnostního vybavení, a rozhodnutí Komise K(2015)8005 upravující metodiku detekční kontroly.



2.2.2. EVROPSKÁ KONFERENCE PRO CIVILNÍ LETECTVÍ

Evropská konference pro civilní letectví (ECAC, European Civil Aviation Conference) vytváří dokument Doc. 30, Part II., který upravuje základní bezpečnostní opatření na úrovni jednotlivých států a jednotlivých letišť.

2.3. ČESKÁ LEGISLATIVA

Vzhledem ke členství ČR v EU a stanovení metodiky kontroly a dalších konkrétních požadavků její legislativou, česká legislativa vychází z této evropské legislativy a do značné míry se na ni odvolává.

2.3.1. ZÁKON O CIVILNÍM LETECTVÍ

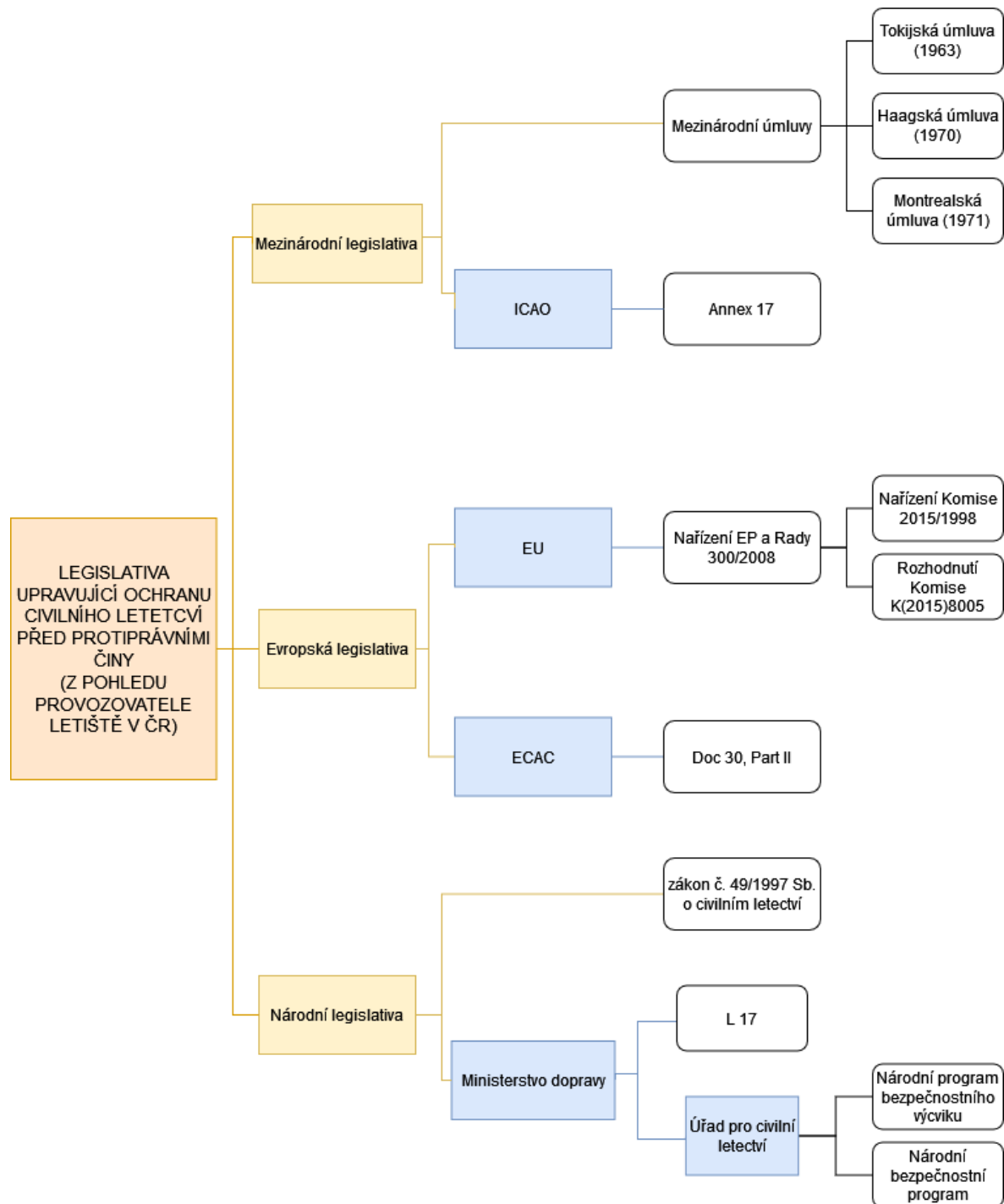
Hlavním dokumentem upravujícím ochranu letectví je zákon č. 49/1997 Sb., o civilním letectví, především jeho část osmá: Ochrana civilního letectví před protiprávními činy. Z pohledu bezpečnostní kontroly jsou podstatné především § 85b, který ukládá všem osobám nacházejícím se v prostorách sloužících k ochraně letectví chovat se tak, aby letectví nebylo ohroženo protiprávním činem; dále § 85c, který ukládá pracovníkům bezpečnostní kontroly pravomoc vydávat příkazy závazné pro všechny osoby a pravomoc vykázat osobu z místa sloužícího k ochraně letectví, a § 85d, který upravuje paritu pohlaví při ruční prohlídce a povinnost zachovávat důstojnost kontrolovaných osob. Neuposlechnutí příkazu bezpečnostních pracovníků, vstup do vyhrazeného bezpečnostního prostoru bez oprávnění, vnesení zakázaného předmětu do vyhrazeného bezpečnostního prostoru či jiné porušení výše uvedených ustanovení je v § 92a definováno jako přestupek fyzické osoby, za který lze uložit pokutu až do výše půl milionu Kč. [13]

2.3.2. MINISTERSTVO DOPRAVY

Ministerstvo dopravy (MD) vydává předpisy řady L, které jsou implementací Annexů ICAO do českého prostředí. Z hlediska ochrany letectví je tedy podstatný předpis L 17, který je českou verzí Annexu 17.

2.3.3. ÚŘAD PRO CIVILNÍ LETECTVÍ

Úřad pro civilní letectví (ÚCL) je úřadem MD ČR zřízeným pro dohled nad civilním letectvím. V oblasti ochrany letectví vydává především neveřejný Národní bezpečnostní program a veřejný Národní program bezpečnostního výcviku v civilním letectví, který stanovuje kvalifikace bezpečnostních pracovníků a podmínky jejich získání a udržení.



Obrázek 2: Grafické znázornění základní legislativy upravující ochranu civilního letectví před protiprávními činy, vytvořeno autorem na základě [4; 13; 14; 15; 16; 17; 18; 19; 20]



3. ANALÝZA SOUČASNÉHO STAVU BEZPEČNOSTNÍ KONTROLY

Tato práce se zabývá zvyšováním efektivity současných procesů bezpečnostní kontroly implementací nové technologie pro kontrolu příručních zavazadel. V následující části je proto současný stav analyzován a popsán.

3.1. TERMINOLOGIE

Níže je definováno několik základních pojmů, které budou dále v této práci zmiňovány.

3.1.1. ZAKÁZANÉ PŘEDMĚTY

„Zbraně, výbušniny či jiná nebezpečná zařízení, předměty nebo látky, které lze použít ke spáchání protiprávního činu, který ohrožuje bezpečnost civilního letectví,“ nazýváme zakázané předměty. [16] Tyto předměty nesmějí cestující či personál vnášet do letadla ani do vyhrazeného bezpečnostního prostoru letiště, případně je jejich letecká přeprava omezená. Pro cestující jsou rozlišovány zakázané předměty u cestujících a v jejich kabinových zavazadlech a zakázané předměty v zapsaných zavazadlech. [4]

3.1.2. BEZPEČNOSTNÍ A DETEKČNÍ KONTROLA

Bezpečnostní kontrolou se rozumí *„použití prostředků, kterými lze zabránit vnesení zakázaných předmětů“*. [16] Detekční kontrola je pak *„použití technických nebo jiných prostředků určených k odhalování nebo zjištění zakázaných předmětů“*. [16] Detekční kontrola je tedy součástí bezpečnostní kontroly.

3.2. TŘI PILÍŘE BEZPEČNOSTNÍ KONTROLY

Na současnou bezpečnostní kontrolu jsou kladeny vysoké nároky ze strany téměř všech subjektů zainteresovaných v letecké dopravě. Na jedné straně existuje snaha o minimalizaci rizika spáchání protiprávního činu a o ochranu bezpečnosti občanů. Z komerčního hlediska je však také vnímána problematika narušení plynulého procesu průchodu cestujících letištěm a nutnost personálního i finančního zajištění při aplikaci jednotlivých bezpečnostních opatření. V neposlední řadě je také nutné vnímat zavedená opatření pohledem cestujících, tedy zákazníka. Ten může některá opatření vnímat jako přílišný zásah do soukromí a jako snížení komfortu.

Z výše uvedeného vyplývají tři základní pilíře, na kterých stojí současná podoba bezpečnostní kontroly. Jde o tři požadavky, které jsou na současnou bezpečnostní kontrolu kladeny různými subjekty. Jsou jimi bezpečnost, efektivita a komfort cestujících. [21]

Je nereálné klást maximální důraz na všechny tři požadavky současně. Z pohledu bezpečnosti, tedy snahy o snížení rizika spáchání protiprávního činu na minimum, by bylo



ideální, pokud by cestující a jejich zavazadla byli podrobeni co nejdůkladnější kontrole. Taková opatření by ovšem výrazně snížila komfort cestujících, přičemž vyšší nároky na důkladnou kontrolu by současně měly také negativní vliv na propustnost stanovišť bezpečnostní kontroly, tedy na efektivitu. Pokud bychom naopak kladli větší důraz na komfort cestujících a zrušili např. povinnost odkládat svrchní oděvy před provedením kontroly, mohli bychom snížit úroveň bezpečnosti. Je tedy zřejmé, že při navrhování bezpečnostních opatření, postupů, plánování infrastruktury a dalších úkonech je potřeba zajistit optimální vyvážení efektivitu, bezpečnosti i komfortu cestujících.

3.3. ROZDĚLENÍ PROSTOR LETIŠTĚ PODLE UPLATŇOVANÝCH BEZPEČNOSTNÍCH OPATŘENÍ

Se zvyšujícím se počtem protiprávních činů bylo nutné kromě zavedení bezpečnostní kontroly také zamezit volnému pohybu osob v prostorech letiště, které proto byly rozděleny na určité typy, k nimž je různou měrou omezený přístup.

Veřejný prostor letiště představuje „*ty části letiště, přilehlé pozemky a budovy nebo jejich části, které nejsou neveřejným prostorem.*“ [16] Jeho součástí jsou tak například odletové haly s odbavovacími přepážkami, příletové haly, parkoviště atp. Veřejnost k němu má volný přístup a obvykle se v něm může volně pohybovat bez výraznějších omezení.

Neveřejný prostor letiště je „*pohybová plocha letiště, přilehlé pozemky a budovy nebo jejich části, k nimž je vstup omezen.*“ [16] Osobám a vozidlům do něj lze povolit přístup pouze tehdy, mají-li k němu oprávněný důvod. [4] Přístup může mít např. zaměstnanec, který se v daném prostoru pohybuje pro výkon svého povolání, nebo cestující, který z dané části letiště v daný čas odlétá.

Vyhrazený bezpečnostní prostor je „*část neveřejného prostoru letiště, kde jsou kromě omezení vstupu uplatňovány další normy ochrany letectví před protiprávními činy.*“ [16] Zahrnují např. část letiště, do níž mají přístup odletoví cestující podrobení detekční kontrole, či část letiště, kterou mohou procházet zapsaná zavazadla odletových cestujících podrobená detekční kontrole. Na některých letištích musí být v rámci SRA vymezeny ještě kritické části SRA. [4] Hrana SRA tedy prochází stanovišti bezpečnostní kontroly a přes tuto hranu nesmí být pronesen zakázaný předmět.

3.4. ONE STOP SECURITY

Jak již bylo zmíněno výše, mezinárodní legislativa má pouze obecnou povahu. Konkrétní metodika kontroly, používané vybavení či seznam zakázaných předmětů však nejsou na celosvětové úrovni upraveny. Z toho vyplývá, že bezpečnostní kontrola se v detailech může napříč státy lišit, kvůli čemuž je obvyklé na mezinárodních letištích oddělovat toky zkontrolovaných odlétajících a přilétajících cestujících.

Jak již však bylo zmíněno, legislativa upravující tyto detaily je v EU jednotná. Kromě členských států EU existují i další země, pro které je legislativa EU v oblasti ochrany



letectví závazná (Norsko, Island, Lichtenštejnsko, Švýcarsko), a další země či konkrétní letiště, jejichž bezpečnostní kontrola odpovídá standardům EU (např. Kanada, USA, Spojené království, Ben Gurionovo letiště v izraelském Tel Avivu). [4] Díky tomu mohl vzniknout prostor tvořený státy a letišti s jednotnou nebo uznávanou metodikou kontroly, v rámci něž je možné cestující považovat za stále zkontrolované i po přeletu mezi dvěma či více státy. Tento prostor se nazývá One Stop Security (OSS). Díky němu není nutné cestující přestupující na letišti v OSS po příletu z jiného letiště v OSS znovu před odletem podrobovat detekční kontrole. [22]

3.5. CENTRALIZOVANÉ A DECENTRALIZOVANÉ STANOVISŤE BEZPEČNOSTNÍ KONTROLY

Existují dva základní koncepty rozmístění stanovišť bezpečnostní kontroly. U prvního z nich kontrola probíhá bezprostředně před nástupem do letadla nebo vstupem do konkrétní odletové čekárny (gate), takový koncept se nazývá decentralizovaná kontrola, v případě jednoho stanoviště kontroly pro více čekáren bývá též označován semicentralizovaná kontrola. [1; 23] Výhodný je především z hlediska prostorových úspor, hrana SRA se nachází až u odletových čekáren, není potřeba budovat vícepatrové terminály pro oddělení přilétajících cestujících. Nevýhodný je však z hlediska komfortu cestujících, a to kvůli nemožnosti absolvovat časově potenciálně náročnou bezpečnostní kontrolu dříve než před vstupem do čekárny, a efektivity rozdělení pracovních sil a vybavení kvůli většímu množství menších stanovišť. Setkat se s ním lze v ruzyňském terminálu 1, na letišti v Singapuru a do roku 2015 se tento koncept uplatňoval na amsterdamském letišti Schipol. [24; 25; 26]

Většinou využívaný koncept rozmístění stanovišť bezpečnostní kontroly je tzv. centrální bezpečnostní kontrola. V tomto případě dochází k bezpečnostní kontrole ihned po vstupu do neveřejného prostoru letiště. Výhodou takového uspořádání je zvýšení komfortu cestujících a potenciálně i zisků provozovatele letiště z neleteckého obchodu, protože cestující nejprve absolvuje bezpečnostní kontrolu a poté až do nástupu do letadla tráví čas v obchodní zóně. Všichni pracovníci a vybavení jsou navíc soustředěni na jedno místo, což je efektivnější. Nevýhodou je pak nutnost zajistit oddělení přilétajících cestujících od zkontrolovaných odlétajících výstavbou zvláštních koridorů nebo pater, pokud se nejedná o smíselné toky v rámci OSS, a nemožnost diferenciací postupů v závislosti na odbavovaných letech přímo na tomto stanovišti. Toto uspořádání bychom našli např. na londýnském Heathrow, od roku 2015 v Amsterdamu či na Letišti Václava Havla Praha v terminálu 2. [24; 26; 27]

3.6. SUBJEKTY ZODPOVĚDNÉ ZA PROVÁDĚNÍ BEZPEČNOSTNÍ KONTROLY

Subjekty, které samotné provádění bezpečnostní kontroly zajišťují, se v rámci letišť i různých zemí liší. Bezpečnostní kontrolu může provádět státní instituce, např. policie anebo instituce speciálně vytvořená pro tento účel, jako je TSA (Transportation Security Administration, Úřad pro bezpečnost v dopravě) ve Spojených státech amerických nebo

CATSA (Canadian Air Transport Security Authority, Kanadský úřad pro bezpečnost letecké dopravy) v Kanadě. [1; 28; 29] Jinou možností je udělit povinnost zajištění provádění bezpečnostní kontroly provozovateli letišť, tak je tomu i v ČR. Provozovatel letiště následně musí za dodržení legislativních podmínek (metodiky, zakázaných předmětů atp.) provádět kontrolu prostřednictvím svých zaměstnanců nebo si prostřednictvím outsourcingu zajistit bezpečnostní kontrolu u externí bezpečnostní agentury.

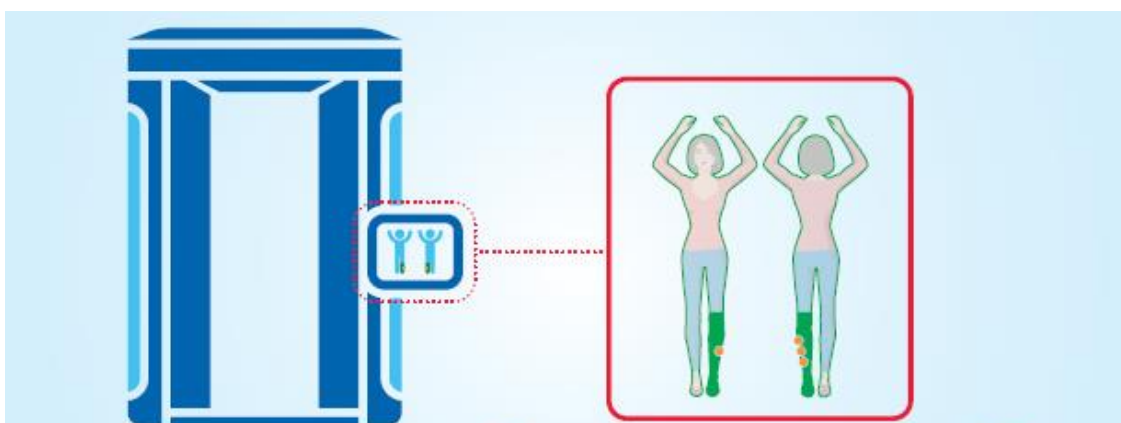
3.7. VYBAVENÍ VYUŽÍVANÉ PŘI BEZPEČNOSTNÍ KONTROLE

Při bezpečnostní kontrole je kromě ruční prohlídky či vizuální kontroly využívána celá řada technických prostředků. Níže je uvedeno některé základní, legislativou definované vybavení.

3.7.1. VYBAVENÍ PRO DETEKČNÍ KONTROLU OSOBY

Pro primární detekční kontrolu osoby se využívá průchozí detektor kovů (WTMD, Walk-Through Metal Detection Equipment), což je „zařízení schopné odhalit a pomocí poplachového signálu označit přinejmenším specifikované kovové předměty, a to jednotlivě nebo společně“. [4]

V posledních letech se na některých letištích pro detekční kontrolu osoby využívají bezpečnostní skenery (též celotělové skenery, zkr. SSc z angl. Security Scanner). To jsou systémy schopné „detekovat kovové i nekovové předměty odlišné od lidské pokožky, nošené na těle nebo jako součást oblečení“. [4] Pracují buď na principu ionizujícího záření nebo na principu zdravotně bezpečnějšího neionizujícího záření – milimetrových vln, které se odrážejí od těla kontrolované osoby a vytvářejí snímek postavy bez oblečení. Ten může být vyhodnocován lidským posuzovatelem anebo algoritmem automatické detekce zobrazujícím podezřelá místa na anonymizované siluetě, jak lze vidět na obrázku 3. [30; 31]



Obrázek 3: Příklad zobrazení alarmů ze SSc [31], upraveno autorem



3.7.2. RUČNÍ DETEKTOR KOVŮ

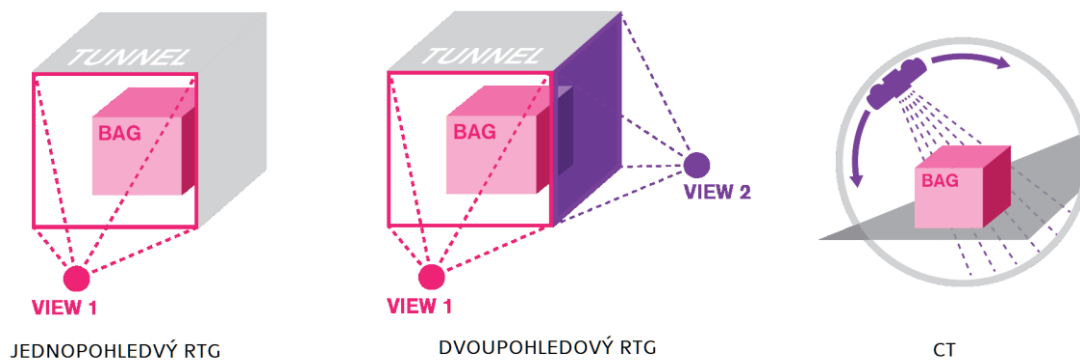
Ruční detektor kovů (HHMD, Hand-Held Metal Detector), je zařízení schopné odhalit předměty ze železných a neželezných kovů. V EU jsou využívány jako doplňkový prostředek kontroly osoby. [4]

3.7.3. VYBAVENÍ PRO DETEKČNÍ KONTROLU KABINOVÝCH ZAVAZADEL

V současné době je zařízením používaným pro primární detekční kontrolu kabinových zavazadel a předmětů určených ke kontrole jako kabinová zavazadla, např. svrchních oděvů, obvykle rentgen (RTG). Jedná se o zařízení využívající rentgenového záření, což je elektromagnetické záření o vysoké frekvenci, které prochází většinou látek, přičemž různé látky toto záření různou měrou pohlcují. Zařízení poté měří, v jakých místech došlo k jaké míře absorpce záření, na základě čehož se operátorovi rentgenu zobrazí snímek vnitřku zavřeného zavazadla s tvary předmětů rozlišenými na základě různého látkového složení těchto předmětů. [32]

První rentgeny využívané pro kontrolu kabinových zavazadel byly jednopohledové. Snímaly zavazadlo horizontálně jedním zdrojem energie během jeho průjezdu tunelem rentgenu a výstupem byl snímek zavazadla z jednoho úhlu. Původně byl využíván monoenergetický zdroj, který zobrazoval snímek zavazadla v odstínech šedé, kde různé odstíny značily různé materiály. Pro zvýšení rozlišovací schopnosti operátorů rentgenů začaly být později používány pseudobarevné snímky, kde byly jednotlivým odstínům šedé přiřazeny různé barvy. Posledním vylepšením jednopohledových rentgenů bylo vysílání dvou svazků rentgenových paprsků o různé energii, čímž bylo zajištěno rozlišení mezi organickými (obvykle zobrazovanými oranžově), neorganickými (obvykle zobrazovanými zeleně) a kovovými (obvykle zobrazovanými modře) materiály. [33]

Modernější jsou dvoupohledové rentgeny, které zavazadlo snímají ze dvou stran. Operátorovi se tyto dva snímky zobrazují obvykle vedle sebe, díky čemuž má možnost porovnávat podezřelá místa ve dvou podobách. Existují i vícepohledové rentgeny, které zavazadlo snímají z více úhlů. [33] Nejmodernějším zařízením pro kontrolu kabinových zavazadel je CT RTG, kde zdroj záření rotuje kolem snímaného předmětu, vytváří tak velké množství jednotlivých snímků, z nichž je následně výpočetní technikou vytvořen a operátorovi zobrazen trojrozměrný snímek zavazadla včetně jeho obsahu. [5] Porovnání jednopohledového, dvoupohledového a CT RTG podle principu snímání zavazadla je patrné z obrázku 4.



Obrázek 4: Porovnání typů rentgenových zařízení pro kontrolu příručních zavazadel [33], upraveno autorem

Vyhodnocování výstupů z RTG (tzv. snímků, kdy jeden snímek terminologicky představuje výstup ze snímání jednoho zavazadla, ačkoliv se u dvoupohledových, více pohledových a CT RTG skládá z více jednotlivých snímků [33]) provádí vyškolený bezpečnostní pracovník. Ten musí mít dobrou prostorovou orientaci, barvocit a znalost podoby zakázaných předmětů v různých možnostech natočení. Vzhledem k široké škále podob a různému materiálovému složení zakázaných předmětů a jejich komponent, velikosti zavazadel a vyžadované přesnosti nalezení zakázaných předmětů je vyhodnocování rentgenových snímků náročné. Na průběh detekční kontroly pomocí RTG jsou kladeny přísné legislativní nároky. Operátor nesmí strávit nepřetržitým přezkoumáváním snímků více jak 20 minut, poté nemůže snímky vyhodnocovat po dobu minimálně 10 minut. Ze zavazadla musí být také vyjmuty všechny předměty, jejichž hustota pracovníkovi znemožňuje analyzovat obsah zavazadla, a tyto předměty musí být podrobeny rentgenové kontrole zvlášť. Dále je nutné ze zavazadla již před započítáním detekční kontroly vyjmout rozměrnější elektroniku (např. počítač, tablet atp.), neboť ta na snímku zakrývá část zavazadla a neumožňuje řádnou kontrolu ani daného elektronického zařízení, ani dané části zavazadla. Stejně tak musí být ze zavazadel vyjmuty veškeré LAGs, neboť je nutné je podrobit další kontrole v závislosti na legislativě. [4]

V současnosti se také využívají různé podpůrné a doplňkové funkce, např. automatické upozornění na oblast, kde může být vyhodnocení snímku složitější kvůli vyšší hustotě materiálu, či promítání imaginárních zakázaných předmětů do skutečných zavazadel (obrazové promítání nebezpečných předmětů, threat image projection, TIP), které má za cíl udržet pozornost a motivaci operátora při vyhledávání zakázaných předmětů. [33]

Novým trendem v oblasti detekční kontroly kabinových zavazadel je jejich primární kontrola zařízením CT. To totiž na rozdíl od dvoupohledových rentgenů umožňuje implementaci systému detekce výbušnin s nejvyšším standardem, který umožňuje ponechání LAGs i elektroniky v zavazadlech, aniž by došlo k narušení bezpečnosti. [34] Příklady CT RTG pro kontrolu příručních zavazadel od různých výrobců zobrazují obrázky 5 a 6.



Obrázek 5: CT RTG HI-SCAN 6040 CTiX od společnosti Smiths Detection [35]



Obrázek 6: CT RTG ConneCT od společnosti Analogic [36]

Systém detekce výbušnin (EDS, Explosive Detection System) je zařízení schopné „odhalit a pomocí poplachového signálu označit stanovené a vyšší jednotlivé množství výbušného materiálu obsaženého v zavazadle či jiných zásilkách“, přičemž „detekce nesmí záviset na tvaru, poloze nebo orientaci výbušného materiálu“. [4] Jedná se v podstatě o algoritmy schopné identifikovat předměty v zavazadlech, které by mohly být výbušninami. Je možné je implementovat do dvou pohledových i více pohledových rentgenů a CT RTG v závislosti na úrovni standardu EDS. [34]



3.7.4. ZAŘÍZENÍ PRO STOPOVOU DETEKCI VÝBUŠNIN

Zařízení pro stopovou detekci výbušnin (ETD, Explosive Trace Detection) je zařízení, které je „schopno sbírat a analyzovat stopová množství částic či výparů na kontaminovaném povrchu nebo z obsahu zavazadel nebo zásilek a pomocí poplachového signálu označit přítomnost výbušnin“. [4] Používá se ke kontrole osob, zapsaných i kabinových zavazadel, nákladu a dalších předmětů. Jedná se obvykle o doplňkovou metodu kontroly.

3.7.5. ZAŘÍZENÍ PRO DETEKČNÍ KONTROLU TEKUTIN, AEROSOLŮ A GELŮ

Zařízení pro detekční kontrolu tekutin, aerosolů a gelů (LEDS, Liquid Explosive Detection System) jsou zařízení schopná „odhalit a pomocí poplachového signálu označit stanovené a vyšší jednotlivé množství nebezpečného materiálu v tekutinách, aerosolech a gelech“. [4] V praxi jsou využívána především pro kontrolu těch tekutin, které mají výjimku z regulace o objemu tekutin (např. léčiva), protože umožňují pouze kontrolu jednotlivých balení a jejich využití pro všechny přepravované tekutiny by mohlo snížit propustnost stanoviště.

3.7.6. PSI KE ZJIŠŤOVÁNÍ VÝBUŠNIN

Psi ke zjišťování výbušnin (EDD, Explosive Detection Dog) jsou psi vycvičení ke zjištění a označení stanoveného a vyššího individuálního množství výbušného materiálu, přičemž označení musí být pasivní reakcí. Využívají se na některých letištích jako doplňkový prostředek kontroly osob, vnášených předmětů a zavazadel. [4]

3.8. PROCES PRŮCHODU CESTUJÍCÍHO STANOVŠTĚM BEZPEČNOSTNÍ KONTROLY

Průchod cestujícího stanovištěm bezpečnostní kontroly obvykle začíná ověřením oprávněnosti vstupu do této části SRA, obzvláště u centralizovaných stanovišť, kde obvykle současně dochází i ke vstupu do NPL, a to pomocí automatických validátorů palubních vstupenek anebo vizuální kontrolou bezpečnostním pracovníkem. Následně cestující pokračuje do prostoru nazývaného queue management (doslova řízení fronty). Ten slouží k efektivnímu prostorovému usměrňování fronty před samotným prostorem detekční kontroly a bývá doplněn informačními tabulemi a prostory pro možnost prvotní přípravy na bezpečnostní kontrolu.

Po průchodu touto částí stanoviště cestující přichází k přípravné pozici. Zde připraví na detekční kontrolu jak sebe sejmutím svrchních oděvů a kovových předmětů, vyjmutím obsahu kapes a případně dalších předmětů, tak i své zavazadlo vyjmutím elektroniky a tekutin, aerosolů a gelů podle požadavků daného stanoviště. Na správné provedení přípravy (angl. divest) obvykle dohlíží bezpečnostní pracovník. Cestující odtud následně odešle své zavazadlo do zařízení určeného pro primární kontrolu zavazadel, obvykle v k tomu určených přepravekách (angl. trays) a sám pokračuje k zařízení pro kontrolu osoby. Pokud toto zařízení vyvolá alarm, je obvykle následně podroben ruční prohlídce bezpečnostním pracovníkem. Poté může pokračovat do prostoru za zařízením pro



kontrolu zavazadel určeného pro odebrání zkontrolovaných zavazadel a osobních předmětů a jejich opětovnému balení (angl. reclaim).

V případě, že operátor zařízení pro kontrolu zavazadel určil jeho zavazadlo k dodatečné kontrole, pokračuje cestující k prostoru určenému pro dodatečnou kontrolu zavazadla (angl. recheck). Po jejím provedení a shledání zavazadla způsobilým ke vnesení do SRA, opouští cestující stanoviště bezpečnostní kontroly a pokračuje dále letištěm.

3.9. USPOŘÁDÁNÍ STANOVIŠŤ BEZPEČNOSTNÍ KONTROLY

V současné době se při návrhu stanovišť bezpečnostní kontroly vlivem snahy odbavit co nejvíce cestujících při stávajících nebo zvyšujících se úrovních bezpečnosti a komfortu cestujících a při zachování nebo snížení provozních, personálních a prostorových nákladů klade důraz na co nejefektivnější uspořádání výše zmíněného vybavení a co nejefektivnější zapojení tohoto vybavení do procesu bezpečnostní kontroly. Vlivem vývoje nových technologií a využívání nových přístrojů (ETD, SSc, CT s EDS atp.) dochází k odklonu od tradičního konceptu uspořádání a jednotlivé návrhy se v rámci světových letišť individualizují podle potřeb místní legislativy a typu místního provozu. [37]

3.9.1. MANUÁLNÍ A AUTOMATICKÁ TRAŤ

Samotný dopravníkový pás rentgenu bývá obvykle příliš krátký na to, aby pokryl potřebnou kapacitu přepravek. Jeden cestující obvykle v závislosti na umístění letiště a ročním období mívá hned několik takovýchto přepravek – pro zavazadlo, pro odložení svrchních oděvů, předmětů z kapes, deklarovaných tekutin, vyjmuté elektroniky atp. Před a za pás rentgenu se proto návazně umísťují další plochy a pásy, na kterých je možno vytvořit řadu přepravek čekajících na detekční kontrolu, potažmo čekajících na vyzvednutí cestujícím po kontrole. Na těchto plochách obvykle probíhá i příprava cestujících na bezpečnostní kontrolu. Celá soustava takovýchto ploch a pásů se nazývá rentgenová trať. V případě, že je přepravka na rentgenové trati posouvána převážně ručně, jedná se o tzv. manuální trať.

Modernější tratí s vyšší propustností je tzv. automatická trať, též nazývaná trať s automatickým vracením přepravek (angl. Automatic Tray Return System, zkr. ATRS). Na těchto tratích je přepravka posouvána automaticky, přičemž během jejího pohybu po trati je jednoznačně identifikovatelná pomocí RFID štítku, na jehož základě jsou přepravky za rentgenovým zařízením automaticky rozdělovány obvykle prostřednictvím tzv. diverteru na zavazadla vpuštěná do SRA určená ke zpětnému odběru cestujícím a zavazadla určená k dodatečné kontrole bezpečnostním pracovníkem. Za RTG se proto automatická trať dělí na dvě podélné poloviny, z nichž jedna představuje trať se zavazadly určenými k odběru cestujícími a druhá, oddělená část představuje trať se zavazadly určenými k dodatečné kontrole, která vede k části stanoviště určené k dodatečné kontrole zavazadla (též zvané recheck). [37]

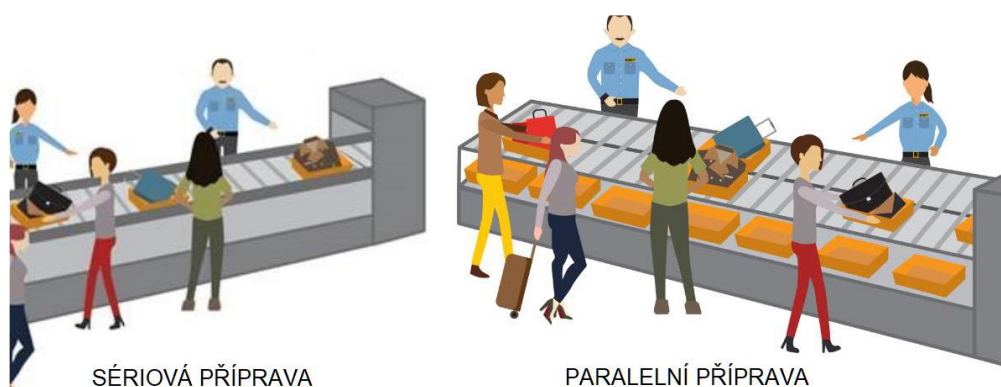
3.9.2. CENTRÁLNÍ VYHODNOCOVÁNÍ SNÍMKŮ (REMOTE SCREENING)

Na automatických tratích jsou zavazadla určená k dodatečné kontrole vyřazována od těch určených k odběru cestujícími automatickým diverterem. Proto není potřeba, aby operátor RTG seděl přímo u trati. I v případě, že se stanice operátora s monitorem a dalším zázemím pro vyhodnocování snímků nachází přímo u trati, mívá u automatické trati operátor obvykle pouze malý fyzický a vizuální kontakt s přepravkami na trati. Díky tomu je možné zavést takzvané centrální vyhodnocování snímků (CIP, Centralized Image Processing, též nazývané Remote Screening neboli dálková detekční kontrola). CIP přináší výhody v oblasti efektivity, snímky z různých tratí může vyhodnocovat kterýkoliv dostupný pracovník, pracovníci proto nejsou přiřazeni k žádné konkrétní trati. Zároveň je možné prostor pro CIP umístit zcela mimo stanoviště, pracovníci tak nebudou ovlivněni ruchem stanoviště a mohou mít větší klid a soustředění na náročné vyhodnocování snímků. [38]

3.9.3. SÉRIOVÁ A PARALELNÍ PŘÍPRAVA

Existují dva základní typy přípravy cestujících. Sériová příprava se nejčastěji pojí s manuálními tratěmi. Současně se může připravovat jeden nebo více cestujících, přičemž jejich zavazadla jsou posunuta ke kontrole do detekčního zařízení vždy v závislosti na rychlosti cestujícího před nimi. U sériové přípravy tedy může dojít k situaci, kdy prvnímu cestujícímu trvá příprava delší dobu než cestujícím za ním, avšak ti nemohou posunout svá zavazadla na trať dále, neboť jim v tom brání zavazadla prvního cestujícího.

Aby se eliminovala tato situace a cestující s rychlejším časem přípravy mohl pokračovat bez zdržení způsobeným cestujícím, kterému příprava trvá déle, vznikly tratě s tzv. paralelní přípravou. Při ní mohou cestující odesílat zavazadla k detekční kontrole nezávisle na sobě. [37] Při paralelní přípravě je tedy obvykle přípravných míst hned několik. U automatických tratí je obvykle používána především paralelní příprava. Porovnání obou typů příprav je zobrazeno na obrázku 7.



Obrázek 7: Sériová a paralelní příprava [37], upraveno autorem



3.9.4. TRADIČNÍ A SOUČASNÉ NÁVRHY STANOVIŠŤ

Část stanoviště, která se skládá z jedné či dvou tratí a prostoru pro kontrolu osob, se nazývá buňka. Stanoviště bezpečnostní kontroly se obvykle skládá z několika takových buněk. V minulosti i dnes je hojně využívaným konceptem buňky umístění WTMD mezi dvě manuální RTG tratě. [37] Jak však již bylo uvedeno výše, v souvislosti s vývojem požadavků dochází k tvorbě nových konceptů zapojujících SSc i CT. Právě řešením optimálního zapojení technologie CT s EDS pro kontrolu kabinových zavazadel se zabývá hlavní část této práce.

4. IMPLEMENTACE TECHNOLOGIE CT DO PROCESU BEZPEČNOSTNÍ KONTROLY

V současné době řeší provozovatelé letišť, subjekty provádějící bezpečnostní kontroly, úřady a další organizace problematiku implementace technologie CT do procesu bezpečnostní kontroly. Není totiž možné jednoduše nahradit současně většinou používané jednopohledové či dvoupohledové rentgeny CT RTG s vidinou vyšší efektivity a bezpečnosti prostou výměnou ve stejném počtu a stejné konfiguraci. Potřeba specifického přístupu k vyhodnocování snímků a specifických alarmů algoritmu EDS předurčuje implementaci CT s EDS pro kabinová zavazadla se standardem C3 (tzv. EDSCB C3) k podrobení důkladnějšímu plánování a zvážení všech výhod a nevýhod tak, aby bylo možné nastavit nahrazování stávajících RTG optimálně a aby došlo k co nejefektivnějšímu využití CT zařízení v konkrétním typu provozu bezpečnostní kontroly – tj. s ohledem na specifika daného letiště nebo daného stanoviště.

4.1. PRINCIP FUNGOVÁNÍ ZAŘÍZENÍ CT

Tato technologie využívá, podobně jako konvenční rentgeny, rentgenového záření a principu různé míry pohlcování tohoto záření různými látkami, na jehož základě se zobrazují různé materiály různými barvami. Namísto snímků rentgenovaných předmětů z jednoho nebo dvou úhlů však vytváří CT RTG trojrozměrný snímek kontrolovaného předmětu, v podstatě 3D model zavazadla včetně jeho obsahu. 3D snímek se skládá z mnoha dvourozměrných snímků pořízených při rotaci zdroje záření v tunelu CT kolem snímaného předmětu. Následně jsou snímky zařízením poskládány tak, aby se operátorovi zobrazil 3D model snímaného předmětu. [33] Princip snímání objektu pomocí CT je naznačen na obrázku 8.



Obrázek 8: princip snímání zavazadla CT RTG
[33], upraveno autorem



Jak již bylo zmíněno výše, CT umožňuje na rozdíl od jednopohledových či dvoupohledových rentgenů implementovat algoritmus EDS na takové bezpečnostní úrovni, že je kontrolovaným osobám umožněno ponechat tekutiny bez omezení objemu i elektroniku uvnitř zavazadla, aniž by došlo ke snížení bezpečnosti. Minimální úroveň EDS standardu, která toto umožňuje, se v prostředí EU/ECAC nazývá C3. Nižší standardy vynucující vyjmout ze zavazadla alespoň některé předměty se nazývají C1 a C2. [34] Vyšší standard se nazývá C4. Žádný EDS se standardem C4 však doposud nebyl certifikován. [39] V tabulce 1 je uveden přehled standardů EDS podle typů předmětů, které je možno ponechat v zavazadle. Tabulka 2 pak přináší přehled typů zařízení, která umožňují implementaci EDS jednotlivých standardů.

EU/ECAC STANDARD:	C1	C2	C3/C4
Ponechání LAGs v zavazadle	NE	NE	ANO
Ponechání větší elektroniky v zavazadle	NE	ANO	ANO

Tabulka 1: Porovnání typů předmětů, které není nutné deklarovat, v závislosti na standardu EDS (zpracováno autorem na základě [34])

EU/ECAC STANDARD:	C1	C2	C3/C4
Jednopohledový RTG	NE	NE	NE
Dvoupohledový RTG	ANO	NE	NE
Vícepohledový RTG	ANO	ANO	NE
CT RTG	ANO	ANO	ANO

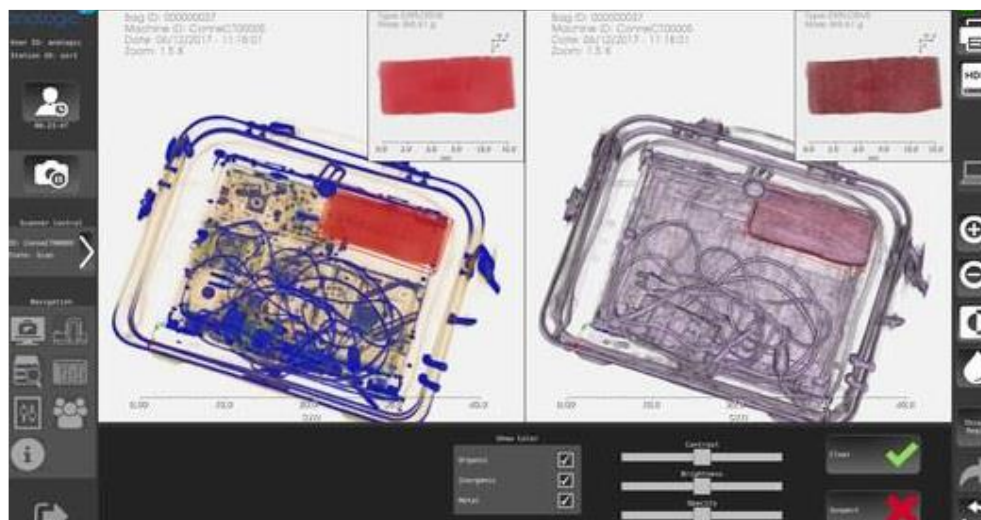
Tabulka 2: Porovnání zařízení v závislosti na standardech EDS, kterých umožňují dosáhnout (zpracováno autorem na základě [34])

4.2. VÝHODY A NEVÝHODY ZAVEDENÍ CT S EDSCB C3

Níže je uveden základní přehled výhod a nevýhod CT RTG s EDSCB C3 oproti konvenčním jednopohledovým či dvoupohledovým RTG.

4.2.1. BEZPEČNOST

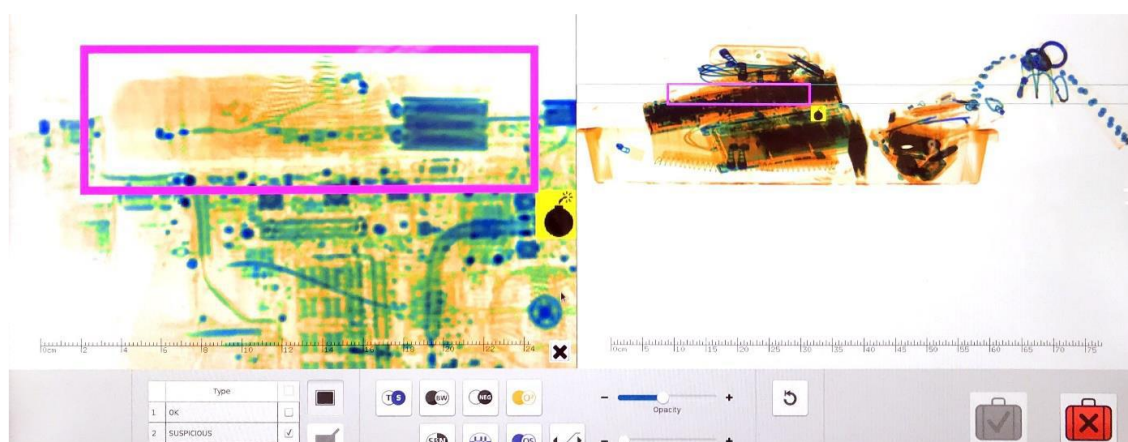
CT RTG umožňují v současnosti jako jediné zařízení pro kontrolu příručních zavazadel implementaci EDS standardů C3 a C4. To zvyšuje automatizaci v detekci nebezpečných materiálů a snižuje riziko selhání lidského faktoru. Příklad automatické detekce látky, která by mohla být výbušninou, zařízením CT je ukázán na obrázku 9.



Obrázek 9: Označení alarmu EDS při kontrole zavazadla v CT RTG [5]

Algoritmy je také možné do budoucna upravovat. Objeví-li se tedy nové hrozby, tj. nové nebezpečné materiály, CT RTG budou schopny se snadno a pružně přizpůsobit potřebě vyhledávat tyto nové hrozby. [5]

Další výhodou jsou funkce umožňující snadnější detekci obtížně viditelných zakázaných předmětů. Mezi tyto funkce patří zejména výstup v podobě 3D snímku a možnost v něm rotovat a zobrazovat si podezřelá místa z více úhlů, díky čemuž má operátor k dispozici více pohledů pro vyhodnocení, zda se jedná o zakázaný předmět. Taktéž se zvyšuje rozlišovací schopnost u překrývajících se předmětů, zejména díky funkcím typu „slice/slab“ (angl. doslova krájet po jednotlivých plátcích – vrstvách), které umožňují snímkem procházet vrstvu po vrstvě. [5] Lze tak zobrazit pouze určitou oblast zavazadla, kterou jinak zakrývají jiné předměty, bez těchto předmětů. Díky tomu může být například detekován zdroj energie NVS v počítači, který byl ponechán v zavazadle a nebyl předložen k detekční kontrole zvlášť, jak je vidět na obrázku 10, kde je vlevo zobrazena virtuálně vyjmutá část zavazadla a vpravo snímek celého zavazadla.



Obrázek 10: Slab/slice funkce na zařízení CT [5]



CT také umožňuje implementaci automatické detekce dalších zakázaných předmětů (např. střelných zbraní, munice, nožů). V současnosti mohou být využity pouze jako podpůrný prostředek pro operátora, nejsou ještě certifikovány pro plné automatické využití. Do budoucna se také uvažuje o zavedení algoritmů, které umožní pomocí maticových systémů nalezení částí zakázaných předmětů, a to i když je ponosou různí cestující. [5]

Určitou nevýhodou EDS v oblasti bezpečnosti je riziko výskytu psychologického fenoménu zvaného cry-wolf effect („efekt volaného vlka“). [40] Jedná se o méně obezřetný přístup k poplachovým stavům zapříčiněný velkým množstvím předcházejících falešných alarmů. Název vznikl z Ezopovy bajky o pastýři, který volával vesničany, aby zachránili jeho stádo ovcí před vlkem, i když žádný vlk nepřicházel. Když však jednoho dne vlk skutečně zaútočil, pastýřovi nikdo na pomoc nepřišel, protože jeho volání již nikdo nevěřil. [41] Obdobně by tak u CT RTG s vysokým počtem falešných EDS alarmů, tedy alarmů, kdy systém označuje jako podezřelou látku i bezpečnou látku kvůli její podobnosti s výbušninou, mohlo dojít k nižší obezřetnosti v důsledku zkušenosti s velkým podílem falešných alarmů i v případě reálné hrozby.

4.2.2. KOMFORT CESTUJÍCÍCH A BEZPEČNOSTNÍCH PRACOVNÍKŮ

Implementace CT RTG s EDSCB C3 přináší také značné výhody v oblasti komfortu cestujících. Ty vycházejí především z možnosti ponechat elektroniku i LAGs v zavazadlech, tedy ze zavazadel ve fázi přípravy vůbec nic nevyjímat. Zároveň je možné v závislosti na místní legislativě ponechat v zavazadlech tekutiny bez omezení objemu, cestující si tak mohou vzít na palubu i tekutiny v baleních o objemu větším než 100 ml. [5]

Ze stejných faktorů jako komfort cestujících vychází také spokojenost bezpečnostních pracovníků. Odpadá totiž nutnost opakovaně vysvětlovat cestujícím postup při vyjímání předmětů, zároveň také odpadá nutnost dodatečných kontrol kvůli nevyjmutým předmětům.

Nárůst spokojenosti pracovníků po implementaci CT však především vyplývá z dostupnosti funkcí pro lepší detekci v problematických oblastech, možností zobrazení z různých úhlů a automatické detekce výbušnin, která jim umožňuje soustředění se na jiné hrozby. [5]

4.2.3. EFEKTIVITA

Při implementaci CT s EDSCB C3 dochází ke snížení času na přípravu cestujících, neboť odpadá nutnost vyjímat LAGs a elektroniku ze zavazadel. Další výhodou v oblasti efektivit je pravděpodobné snížení počtu snímků na osobu (angl. image per person, zkr. IPP): má-li např. cestující tašku s notebookem, při kontrole dvou pohledovým RTG by potřeboval dvě přepravky, jednu na tašku a jednu na vyjmutý notebook, zatímco u CT s EDSCB C3 by mu stačila pouze jedna přepravka, protože by notebook mohl ponechat uvnitř. Operátor tak u tohoto cestujícího vyhodnotí jeden snímek namísto dvou. V závislosti na platné legislativě je také možné při použití EDSCB C3 snížit počet zavazadel



určených k namátkové kontrole např. pomocí ETD či EDD, což může opět pozitivně ovlivnit efektivitu stanoviště. [5]

Nevýhodou však je riziko snížení efektivity v důsledku nového typu alarmů vzniklého činností EDS. Kvůli komplexnosti trojrozměrného snímku oproti stávajícím výstupům dochází také k navýšení času potřebného pro vyhodnocení snímku, což může opět snižovat efektivitu. [5; 33]



5. STANOVENÍ KRITÉRIÍ PRO HODNOCENÍ CT TECHNOLOGIE

Implementace CT do procesu bezpečnostní kontroly kabinových zavazadel je v současné době aktuální téma. Některá evropská letiště začala testovat tuto technologii kolem let 2017–2018 a v současné době na některých z nich již proběhla plná nebo částečná implementace CT s EDSCB C3 anebo je plánována. [5] Zavádění na řadě dalších letišť je tedy očekávatelné. Jak již však bylo zmíněno, nejedná se o jednoduchý proces, je potřeba optimalizovat proces tak, aby tato zařízení přinesla maximální užitek. Letiště se navíc od sebe různě liší, např. objemem provozu, prostorovými možnostmi či investicemi do bezpečnostní kontroly v závislosti na subjektu provádějícím bezpečnostní kontrolu, což znemožňuje vytvoření jednoho naprosto univerzálního konceptu provozu CT RTG.

Tato práce proto nejprve stanoví, jaké ukazatele výkonnosti (KPIs, Key Performance Indicators) jsou pro porovnávání jednotlivých konceptů a rozhodování, který z nich zavést, pro investora důležité. Na základě nich proběhne měření v provozu zaměřené na zjištění těchto KPIs a následně budou dva měřené koncepty provozu CT RTG ohodnoceny a taktéž navrženy další možné koncepty provozu. Níže jsou proto uvedeny základní veličiny, které budou následně použity v rámci měření či výpočtů.

5.1. IMAGE PER PASSENGER [–]

Jedná se o bezrozměrnou veličinu udávající, kolik přepravek průměrně využije jeden cestující. Je ovlivněna počtem příručních zavazadel, svrchních oděvů a předmětů, které cestující vyjímá z kapes či snímá ze svého těla (opasek, hodinky), a množstvím věcí, které cestující musí vyjmout ze zavazadla a předložit ke kontrole zvlášť. Jedna přepravka odpovídá jednomu snímku, který musí vyhodnotit operátor rentgenu. Pro co nejvyšší efektivitu je tedy snahou udržet IPP co nejnižší, jednak pro minimalizaci zátěže operátora a dosažení vyššího počtu cestujících, které jeden operátor zvládne odbavit, a jednak kvůli omezené propustnosti v přepravkách za hodinu samotné rentgenové trati.

IPP je také ovlivněn velikostí přepravek. Příliš malé přepravky způsobí zvýšení IPP a zátěže operátora i dalších pracovníků (např. pracovníků zajišťujících přípravu cestujících či úklid přepravek), příliš velké přepravky však zůstanou částečně nevyužité a zbytečně sníží propustnost trati kvůli prostoru a délce trati.

5.2. REJECT RATE [%]

Reject rate (dále zkráceně RR) představuje podíl přepravek, které byly určeny k dodatečné kontrole, ať už operátorem RTG kvůli podezřelému předmětu, automatickou detekcí, náhodným výběrem pro náhodnou kontrolu, a všech kontrolovaných přepravek.



5.3. ČAS ROZHODNUTÍ OPERÁTORA [s]

Čas rozhodnutí operátora (angl. Decision Time, dále zkráceně DT) je čas, po který operátor RTG vyhodnocuje výstup z RTG a rozhoduje, zda bude daná přepravka podrobena další kontrole, nebo bude vpuštěna do SRA.

5.4. PROPUSTNOST

Propustnost je obvykle jednou z nejdůležitějších veličin pro provozovatele letiště či subjekt zajišťující bezpečnostní kontrolu. Je totiž přímým ukazatelem efektivity stanoviště. Pokud je propustnost příliš nízká, bezpečnostní kontrola představuje úzké hrdlo v procesu průchodu cestujícího letišťem, tedy místo, které narušuje plynulost tohoto procesu a v němž je potřeba optimalizovat lokální procesy pro snížení rizika zpoždění letů a narušení plynulosti provozu. Propustnost lze vyjádřit různými způsoby a v různých jednotkách v závislosti na požadovaném výstupu.

5.4.1. DÉLKA PROCESU BEZPEČNOSTNÍ KONTROLY PRO JEDNOHO CESTUJÍCÍHO [s/pax]

K výpočtu propustnosti slouží jako základní měřená hodnota délka procesu bezpečnostní kontroly pro jednoho cestujícího. Jedná se o průměrný čas, který jeden cestující stráví na bezpečnostní kontrole. Poskytuje tedy informaci, jak dlouho průměrně cestujícímu trvá průchod bezpečnostní kontrolou. Lze ji měřit i jako dílčí, tzn. pouze v určité fázi procesu bezpečnostní kontroly, např. při přípravě. Pro takovýto údaj bude pro účely této práce dále používáno označení τ s případným dolním indexem označujícím, že jde o dílčí τ v určité fázi.

5.4.2. DÍLČÍ PROPUSTNOSTI [pax/h]

Na základě znalosti τ v určité fázi procesu bezpečnostní kontroly a míry simultaneity, tedy údaje, kolik cestujících na dané trati tuto fázi průměrně vykonává souběžně, lze určit dílčí propustnosti v osobách za hodinu, resp. cestujících za hodinu (pax/h), tedy kolik je systém v dané fázi schopen odbavit cestujících za hodinu. Výpočet dílčí propustnosti v dané fázi je daný rovnicí 1.

$$\text{Propustnost}_{\text{dílčí}} \left[\frac{\text{pax}}{\text{h}} \right] = \frac{3600}{\tau \text{ (v dané fázi)}} \cdot \text{míra simultaneity}$$

Rovnice 1: Výpočet dílčí propustnosti v dané fázi bezpečnostní kontroly

5.4.3. PROPUSTNOST TRATĚ [trays/h]

Tento údaj udává, kolik je trať schopná odbavit přepravek za časovou jednotku (obvykle hodinu). Pokud známe IPP, lze na základě podílu propustnosti tratě v přepravkách za hodinu (trays/h) a IPP určit propustnost v cestujících za hodinu (pax/h).



5.4.4. CELKOVÁ PROPUSTNOST [pax/h]

Na základě určení dílčích propustností lze určit nejnižší hodnotu propustnosti ve všech fázích procesu. Ta odpovídá propustnosti trati anebo měřeného celku (buňky, stanoviště).

Lze ji vypočítat i jinými způsoby, např. již zmíněným způsobem z propustnosti tratě anebo způsobem daným rovnicí 1, pokud by se použily míra simultaneity a τ pro celou trať, tj. nikoliv jen pro danou fázi.

5.5. PERSONÁLNÍ OBSAZENÍ

Personální obsazení udává počet bezpečnostních pracovníků nutných pro provoz daného konceptu tratě. Více personálu pro provoz daného konceptu představuje vyšší personální náklady, proto je vhodné tento počet pracovníků porovnávat současně s propustností konceptu jako personální efektivitu s jednotkou propustnost na bezpečnostního pracovníka (angl. passenger per security officer, pax/h/off).

5.6. PROSTOROVÁ EFEKTIVITA [pax/h/m²]

Prostorová efektivita dává do souvislosti plochu, kterou daný koncept trati/buňky/stanoviště zabere, a propustnost tohoto konceptu. Letiště, obzvláště ta s již vystavěnými stanovišti bezpečnostní kontroly, jsou prostorem při navrhování nových konceptů omezena, a tak se budou snažit udržet poměr propustnosti a plochy stanoviště co nejvyšší.

5.7. FINANČNÍ NÁKLADY

V neposlední řadě je nutné zvažovat finanční náklady na pořízení nových zařízení a jejich implementaci. Ty lze rozdělit na kapitálové náklady (CAPEX, capital expenditures) zahrnující náklady na pořízení nových zařízení a jejich implementaci a provozní náklady (OPEX, operating expense). Zatímco CAPEX jsou u CT RTG výrazně vyšší než u jednopohledových či dvoupohledových RTG kvůli vyšší pořizovací ceně CT RTG, pravděpodobné nutnosti přeškolení zaměstnanců či větším nárokům na únosnost podlah kvůli vyšší hmotnosti CT RTG, při vhodně zvoleném konceptu lze díky zvýšení propustnosti očekávat nižší OPEX na stejný počet odbavených cestujících oproti jiným RTG.



6. MĚŘENÍ DAT PODLE STANOVENÝCH KRITÉRIÍ

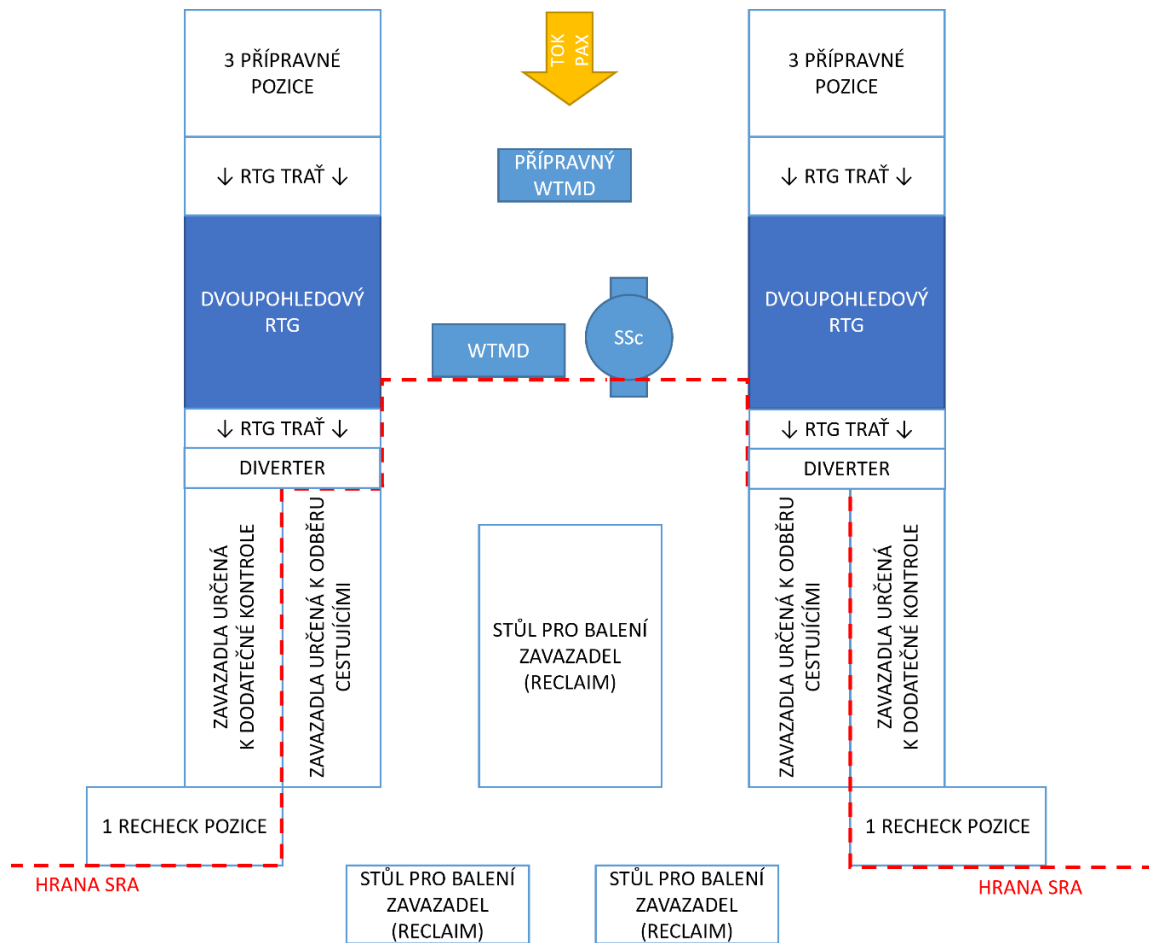
Pro navržení konceptů optimálního a efektivního provozu CT zařízení v procesu bezpečnostní kontroly bylo potřeba získat data z reálného provozu takového zařízení. Za tímto účelem bylo provedeno několik měření v reálném provozu.

6.1. KONFIGURACE MĚŘENÝCH TRATÍ

Měření probíhalo na třech typech tratí: na trati typu ATRS s dvoupohledovým RTG, na manuální trati s CT s EDSCB C3 a na ATRS s totožným typem CT. Data z tratí se stávajícími dvoupohledovými rentgeny byla měřena pro zjištění stávajícího stavu, jehož efektivita má být implementací CT RTG zvýšena.

6.1.1. STÁVAJÍCÍ ATRS S DVOUPOHLEDOVÝM RTG

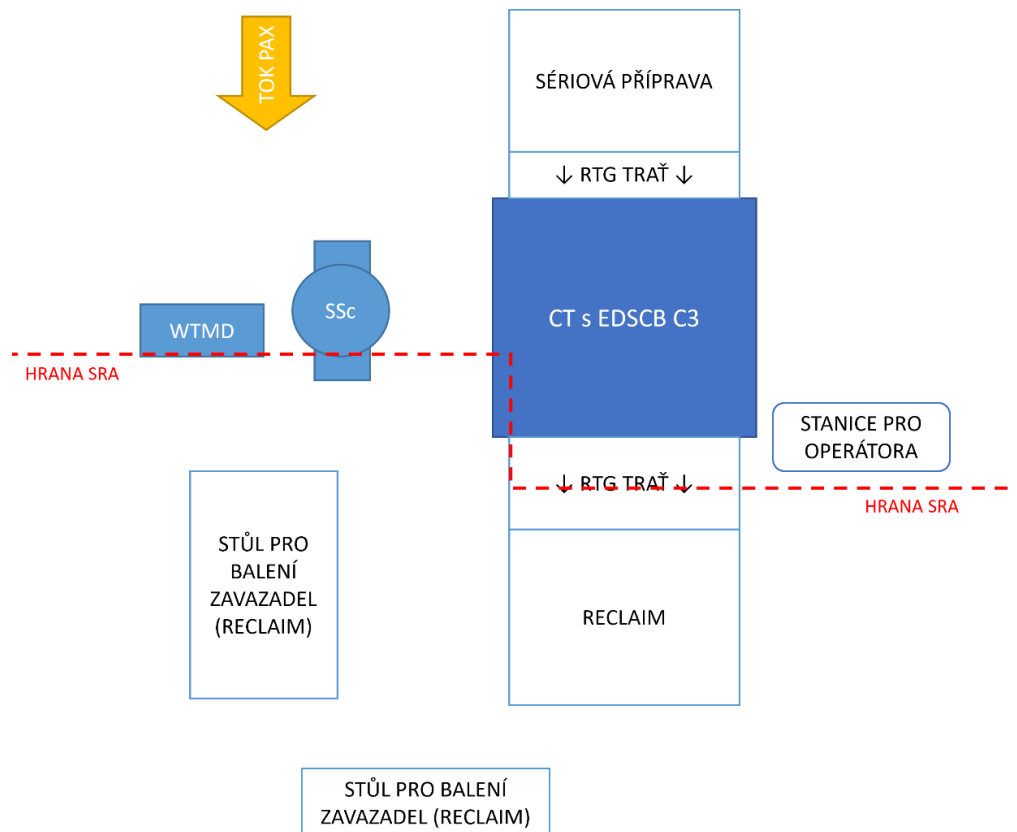
Trať, která je v současné době na stanovišti, na němž probíhala všechna měření, využívána jako primární, je automatickou tratí osazenou dvoupohledovým RTG bez EDS, je tedy nutné ze zavazadel vyjmout LAGs i elektroniku. Buňka se skládá ze dvou takovýchto tratí, každá z nich disponuje třemi přípravnými pozicemi pro paralelní přípravu, mezi tratěmi je prostor pro kontrolu osoby skládající se z přípravného WTMD, který ověřuje přípravu cestujících pro zvýšení efektivitu, a následně primární detekční kontroly osoby pomocí WTMD nebo SSc. V prostoru pro odebírání zavazadel se nachází také několik stolů umožňujících balení zavazadel mimo trať. Dohledávací pozice je pro každou ze dvou tratí v buňce jedna. Obrázek 11 představuje zjednodušené schéma této buňky.



Obrázek 11: Schéma buňky se stávajícími automatickými tratěmi

6.1.2. MANUÁLNÍ TRAŤ S CT S EDSCB C3

Tato manuální trať byla osazena CT s EDSCB C3. Příprava byla sériová. Pro kontrolu osob byl využíván primárně WTMD, jako sekundární kontrola sloužil SSc. Prostor pro odebírání a balení zavazadel byl opět doplněn stoly. Zjednodušené schéma buňky znázorňuje obrázek 12.



Obrázek 12: Schéma manuální trati s CT

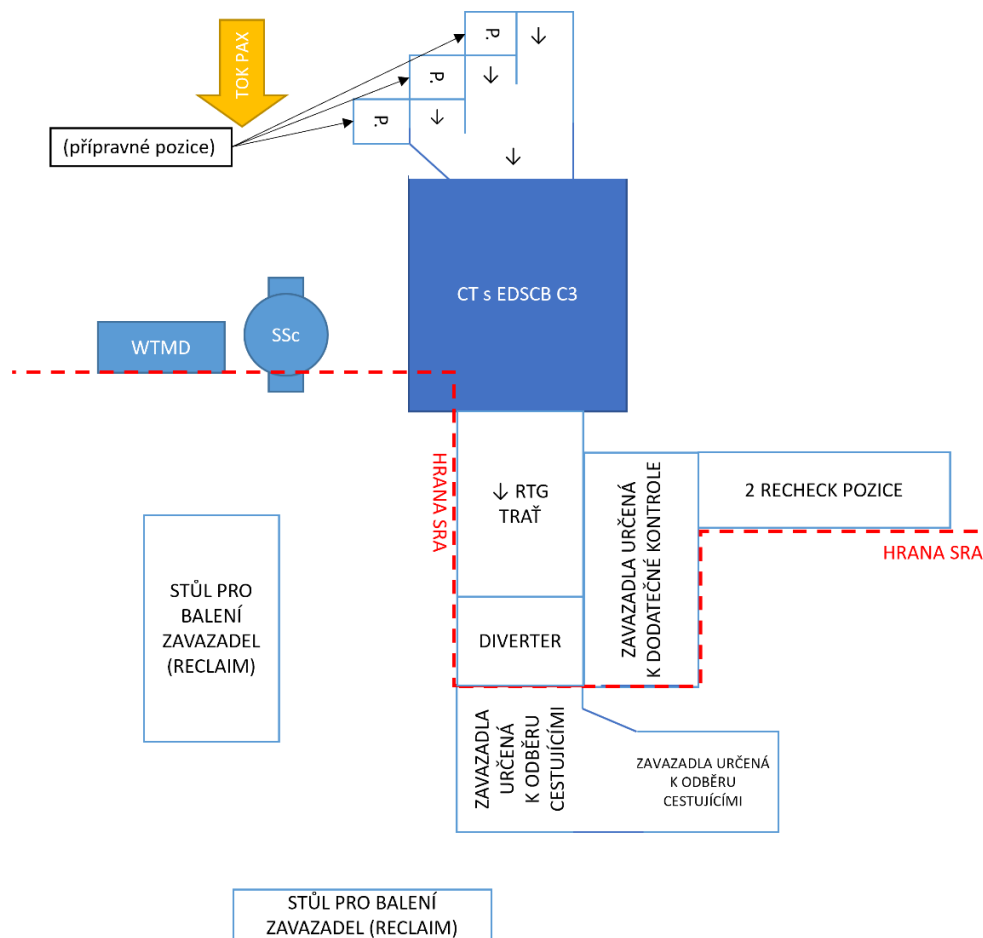
6.1.3. AUTOMATICKÁ TRAŽ S CT S EDSCB C3

Jednalo se o automatickou trať s paralelní přípravou až tří cestujících. Pro kontrolu osob byl opět využíván primárně WTMD a jako sekundární metoda SSc. Patrný je rozdíl v délce tratě mezi samotným zařízením a diverterem, zde je delší než u stávající tratě vzhledem k očekávanému navýšení DT.

Jelikož se jednalo o testovací provoz CT RTG na daném stanovišti, prostorová omezení stanoviště neumožnila ideální uspořádání tratě. Přípravná místa se nacházela v netypickém uspořádání, stejně tak bylo nutné umístit dohledávací pozice po stranách trati namísto za ní jako u stávajících automatických tratí.

Snímky vyhodnocovali dva operátoři a dodatečnou kontrolu zajišťovali dva pracovníci na dvou dohledávacích pozicích.

Zjednodušené schéma této buňky je znázorněno na obrázku 13.



Obrázek 13: Schéma automatické trati s CT

6.2. PROSTOROVÁ NÁROČNOST MĚŘENÝCH TRATÍ

Rentgenové tratě obvykle mívají přibližně stejnou šířku, která je daná prostorem mezi nimi potřebným pro další zázemí (zaměstnanci, bezpečnostní vybavení). Zásadně měněným parametrem je však délka trati. V současné době se nejčastěji instalují tratě o délce 14–20 m, pokud to prostory stanoviště dovolují, tak 25 m a více. [37] V zásadě lze říci, že navýšení délky tratě zvyšuje její propustnost, zároveň však zvyšuje i prostorové nároky na stanoviště.

Pro účely této práce bude šířka tratí všech měřených i navrhovaných konceptů považována za 10 metrů. Délka stávající tratě je 18 m, délka manuální trati s CT 14 m a délka automatické trati s CT činila 20 m.

6.3. STROJOVÁ DATA ZÍSKANÁ ZE ZAŘÍZENÍ

Strojová data získaná přímo z RTG zařízení zahrnují data o každém snímku, který byl vytvořen během určitého období. Z těchto dat je proto ideální vyhodnocovat základní charakteristiky, pro jejichž určení je vhodný co největší vzorek dat. Tato data spíše



vypovídají o základním fungování tratě jako celku, proto pro další detailní údaje bude využito dat z dalších typů měření.

6.4. DATA MĚŘENÁ V PROVOZU

Druhým typem dat byla data z manuálního měření v provozu. Ta byla získávána třemi typy měření.

6.4.1. PRVNÍ TYP MĚŘENÍ V PROVOZU

První typ měření byl zaměřen na zjištění τ , a to jak celkového, tak v jednotlivých fázích, na zjištění podílu deklarovaných LAGs a elektroniky a na zjištění IPP. Měření probíhalo na náhodně vytipovaném cestujícím. S ním jsem procházel jednotlivé fáze kontroly a zaznamenával potřebné údaje. Měření začínalo příchodem cestujícího k trati, tedy fází přípravy, a končilo odchodem cestujícího od trati, tedy fází odebírání zavazadel.

Cestující nejprve přišel na přípravnou pozici, zde začalo měření celkového τ i τ v této fázi (τ_{divest}). Zaznamenáno bylo, zda deklaruje LAGs nebo elektroniku, kolik potřebuje přepravek a také zda a na jak dlouho přerušil přípravu. Přerušením přípravy se rozumí obsazení přípravné pozice a neumožnění odbavení následujícího cestujícího na této pozici, avšak nevěnování se aktivní přípravě. K takové situaci často docházelo kvůli pomoci rodinnému příslušníkovi na sousední přípravné pozici, ale také kvůli potřebě zeptat se na další postup bezpečnostního pracovníka či kvůli dezorientaci, kudy pokračovat dále na kontrolu osoby. Počet cestujících přerušujících přípravu tak může vypovídat i o srozumitelnosti procesů na dané trati z pohledu cestujícího.

V další fázi procházel cestující kontrolou osoby. Fáze kontroly osoby nebyla detailněji měřena, neboť tato práce se nezabývá kontrolou osoby. Zaznamenána byla pouze její délka pro určení τ .

Následně cestující pokračoval do prostoru pro odebírání zavazadel. Pokud zde na svá zavazadla čekal, bylo zaznamenáno, že zavazadla cestujícího ještě neprošla kontrolou a cestující na ně čeká, spolu s délkou čekání ($\tau_{forreclaim}$). Následně byla zaznamenána délka procesu odebírání a balení zavazadel ($\tau_{reclaim}$), a to opět se záznamem o případném přerušení tohoto procesu. V této fázi se přidávají další možné důvody tohoto přerušení. Prvním případem jsou cestující, jejichž jedna přepravka byla určena k dodatečné kontrole, a jiná nikoliv, kteří často čekali na výdej další přepravky, se kterou však již bezpečnostní pracovník čekal na dohledávací pozici. Cestujícím tak trvalo nějaký čas se zorientovat. Druhým důvodem přerušení může být situace, kdy cestující měl mezi svými přepravkami přepravky jiných cestujících, které blokovaly trať kvůli jejímu naplnění. Cestující si tak zabalil zavazadla z první přepravky a na druhou čekal, přičemž tento čas byl zaznamenán jako přerušení odebírání zavazadel.

Pokud byla přepravka určena k dodatečné kontrole, byla zaznamenána délka této kontroly ($\tau_{recheck}$). V případě, že na trati nebyla volná žádná dohledávací pozice a cestující



na kontrolu zavazadla čekal, byla zaznamenána délka takového čekání ($\tau_{forrecheck}$). Pro porovnání výsledků byla nakonec využita strojová hodnota $\tau_{recheck}$ poskytnutá přímo z dohledávacích stanic, neboť se jedná o přesnější údaj oproti naměřené hodnotě díky většímu vzorku dat.

6.4.2. DRUHÝ TYP MĚŘENÍ V PROVOZU

Druhý typ měření se zaměřoval na důvody odmítnutí zavazadla, tedy jednotlivé typy alarmů na dohledávacích pozicích u současných tratí.

6.4.3. TŘETÍ TYP MĚŘENÍ V PROVOZU

Třetím typem měření bylo měření simultaneity ve fázích přípravy a odebírání zavazadel u obou typů automatických tratí.

6.5. OBECNĚ PŘEDPOKLÁDANÉ VÝSLEDKY

Na základě znalosti principu kontroly příručních zavazadel CT RTG s EDSCB C3 a jeho předpokládaných výhod i nevýhod lze předpokládat některé trendy, které se po implementaci tohoto zařízení pravděpodobně projeví. Očekává se výrazné snížení IPP, času na přípravu a odebírání zavazadel. Naopak problematické může být zvýšení času na rozhodnutí operátora a zvýšení počtu alarmů kvůli falešným alarmům EDS.



7. POROVNÁNÍ VÝSLEDKŮ

V následující části jsou uvedeny konkrétní výsledky výše uvedených měření.

7.1. VÝCHOZÍ STAV – ATRS TRAŤ S DVOUPOHLEDOVÝM RTG

Tato data vypovídají o výchozím stavu, který má být implementací CT RTG vylepšován. Z dat poskytnutých provozovatelem letiště, který je subjektem provádějícím bezpečnostní kontrolu na stanovišti, na němž všechna měření probíhala, a dále z měření počtu alarmů a celkového počtu kontrolovaných přepravků v rámci druhého typu měření v provozu vyplývají data uvedená v tabulce 3. Jelikož se data během roku liší kvůli objemu svrchních oděvů a sezónní skladbě provozu, propustnost trati kolísá v závislosti na ročním období. Vzhledem k tomu, že měření probíhala v zimním období, bude za výchozí hodnotu propustnosti považována zimní hodnota propustnosti poskytnutá provozovatelem letiště.

PROPUSTNOST TRATI	170 pax/h (zimní hodnota) 220 pax/h (letní hodnota)
RR	12,8 %
PRŮMĚRNÝ DT	5 s

Tabulka 3: Základní údaje o stávajících tratích

Jednou z veličin, které budou využity pro porovnání stávajícího stavu s koncepty s CT RTG, je vedle celkového RR i RR operátora, jehož předpokládaný pokles je jednou ze zásadních výhod CT s EDSCB C3. Celkový RR se skládá z tohoto RR operátora a RR náhodného výběru, tj. podílu zavazadel určených algoritmem náhodného výběru k dodatečné kontrole. Informace o RR náhodného výběru jsou však z bezpečnostního hlediska citlivou informací, proto musel být RR náhodného výběru zvolen pouze orientačně a RR operátora dopočítán na základě této určené hodnoty. Dostupný zdroj uvádí v souvislosti s porovnáváním RR u konvenčních RTG a u CT RTG jako příklad reálných situací dva modely: s RR náhodného výběru 5 % a s RR náhodného výběru 20 %. [34] Pro účely této práce byla na základě tohoto zdroje zvolena hodnota RR náhodného výběru 5 %, a tak v následujících částech bude orientačně považován RR operátora na stávajících tratích za 7,8 %.

7.1.1. DATA VYPLÝVAJÍCÍ Z MĚŘENÍ

V tabulce 4 jsou uvedeny základní KPIs a další naměřená data vycházející z prvního a třetího typu měření v provozu na stávajících tratích.

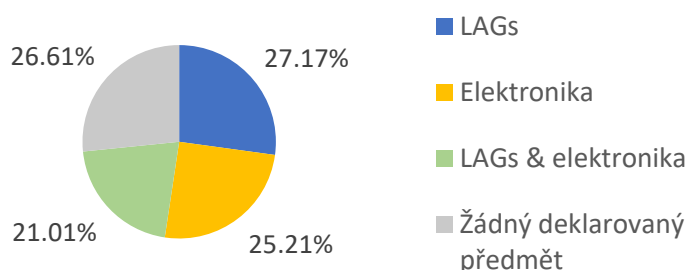


ZÁKL. ÚDAJE	POČET ZMĚŘENÝCH CESTUJÍCÍCH	357
	IPP	1,9
	τ	216 s
PŘÍPRAVA (DIVEST)	τ_{divest}	51 s
	MÍRA SIMULTANEITY NA PŘÍPRAVĚ	2,6
	PODÍL CESTUJÍCÍCH, KTEŘÍ PŘERUŠILI PŘÍPRAVU	4 %
	PRŮMĚRNÁ DÉLKA PŘERUŠENÍ PŘÍPRAVY	16 s
RECLAIM	$\tau_{reclaim}$	64 s
	MÍRA SIMULTANEITY	2,79
	PODÍL CESTUJÍCÍCH ČEKAJÍCÍCH NA SVÁ ZAVAZADLA	79 %
	$\tau_{forreclaim}$	22 s
	PODÍL CESTUJÍCÍCH, KTEŘÍ PŘERUŠILI RECLAIM	6 %
	PRŮMĚRNÁ DÉLKA PŘERUŠENÍ RECLAIM	18 s
RECHECK	$\tau_{recheck}$	92 s
	PODÍL CESTUJÍCÍCH ČEKAJÍCÍ VE FRONTĚ NA RECHECK	5 %
	$\tau_{forrecheck}$	76 s

Tabulka 4: Data naměřená na stávajících automatických tratích

7.1.2. ZASTOUPENÍ TYPŮ DEKLAROVANÝCH PŘEDMĚTŮ

V grafu 1 je uvedeno zastoupení typů deklarovaných předmětů u cestujících. Vyplývá z něj, že vzhledem ke zrušení nutnosti deklarovat LAGs a elektroniku lze po implementaci CT RTG s EDSCB C3 očekávat jednodušší a kratší přípravu u celkem 73,39 % cestujících.

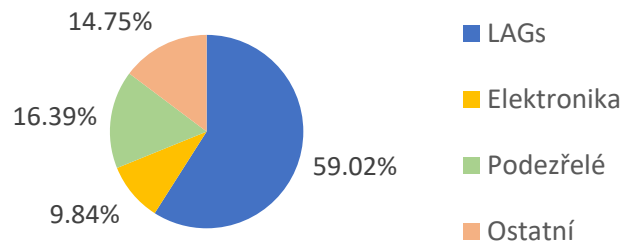


Graf 1: Podíl typů předmětů deklarovaných jedním cestujícím

7.1.3. ZASTOUPENÍ TYPŮ ALARMŮ NA DODATEČNÉ KONTROLE

Z druhého typu měření v provozu, které bylo provedeno na vzorku 103 přepravek určených k dodatečné kontrole na stávajících automatických tratích s dvoupohledovými rentgeny, bylo zjištěno zastoupení důvodů odmítnutí přepravy operátorem zobrazené v grafu 2. Výsledky měření nezahrnují přepravy vyřazené pouze na základě náhodného výběru, jedná se v podstatě o složení pouze RR operátora, neboť RR náhodného výběru je pevně nastaven a pro účely této práce je za modelovou hodnotu považováno 5 %, jak již

bylo uvedeno výše. Stanoveny byly následující kategorie alarmů, tj. odmítaných předmětů: nedeklarované a nadlimitní LAGs, nevyjmutá elektronika, podezření na zakázaný předmět a ostatní alarmy (např. nepřehledné zavazadlo kvůli hustotě materiálů či technická chyba při načítání RFID štítku přepravky v oblasti diverteru atp.).



Graf 2: Složení RR operátora na stávajících ATRS tratích

Z grafu 2 vyplývá, že nadpoloviční většina přepravek vyřazených operátorem obsahovala nadlimitní nebo nedeklarované LAGs. Spolu s nevyjmutou elektronikou tvoří tyto přepravky více než dvě třetiny přepravek vyřazených operátorem. Je tedy zřejmé, že implementace CT RTG s EDSCB C3 redukuje přinejmenším tyto alarmy, tj. 68,86 % alarmů operátora. To při RR operátora 7,80 % představuje 5,37 % všech přepravek. Spolu s redukcí náhodného výběru (5 %) tak u tratí s CT RTG s EDSCB C3 může být vyřazeno přibližně o 10 % přepravek méně. Nutno však podotknout, že ve skutečnosti toto číslo bude jiné kvůli výskytu nového typu alarmů – EDS alarmů.

CT RTG však může redukovat i výskyt dalších zmíněných typů alarmů, část nepotvrzených podezření na zakázaný předmět může být eliminována přímo operátorem díky trojrozměrnému zobrazení zavazadla, stejně tak mohou být eliminovány některé alarmy kvůli hustotě a nepřehlednosti zavazadla, zde řazené mezi ostatní alarmy.

Zároveň z výsledků vyplývá, že nevyjmutá elektronika nefiguruje oproti nevyjmutým či nadlimitním LAGs v tak výrazném množství případů. Z toho vyplývá, že implementace EDSCB C2 by pravděpodobně neměla na RR operátora tak výrazný efekt jako zavedení standardu EDSCB C3.

7.1.4. ZÁVISLOST τ_{divest} $\tau_{reclaim}$ A IPP NA TYPECH DEKLAROVANÝCH PŘEDMĚTŮ

Délka přípravy logicky souvisí s množstvím předmětů, které cestující musí deklarovat. Pokud ze zavazadla cestující musí vyjmout veškeré LAGs a elektroniku, obzvláště má-li jich větší množství anebo pokud nebyl na tento úkon dostatečně připraven, např. kvůli neinformovanosti, obsadí přípravnou pozici na delší dobu než cestující, který tyto předměty nemá anebo má těchto předmětů málo, případně je na jejich vyjmutí ze zavazadla připraven. Obdobným způsobem souvisí s deklarováním předmětů délka odebírání a balení zavazadel, protože se jedná v podstatě o opačný proces přípravy. Cestující s dlouhými časy přípravy snižují propustnost přípravných pozic, toto obdobně platí i pro odebírání zavazadel.



Vyjmuté předměty je také potřeba umístit dostatečně odděleně od zavazadla. Za tímto účelem cestující využívá většího množství přepravek, než by využil bez nutnosti vyjímání tyto předměty. Roste tak tedy IPP.

Z prvního typu měření v provozu vyplývají data v tabulce 5, která dávají do souvislosti deklarované předměty, průměrnou délku přípravy, průměrnou délku odebírání zavazadel a průměrné IPP.

	τ_{divest} [mm:ss]	$\tau_{reclaim}$ [mm:ss]	IPP [-]
CELKOVÝ PRŮMĚR	00:56	01:14	1,90
BEZ DEKLAROVANÝCH LAGs A ELEKTRONIKY	00:38	00:56	1,40
DEKLAROVANÉ POUZE LAGs	01:04	01:18	2,10
DEKLAROVÁNA POUZE ELEKTRONIKA	00:54	01:12	1,90
DEKLAROVANÉ LAGs I ELEKTRONIKA	01:12	01:36	2,34

Tabulka 5: Závislost časů přípravy, reclaim a IPP na deklarovaných předmětech

Z tabulky 5 vyplývá, že cestující, kteří deklarovali elektroniku i LAGs, strávili na přípravné pozici téměř dvojnásobek času než cestující, kteří ze zavazadla nic nevyjímali. Taktéž je evidentní, že déle než vyjmutí elektroniky trvá deklarace LAGs. To lze odůvodnit tím, že cestující často nejsou na deklaraci LAGs plně připraveni, musí vytahovat několik drobnějších lahviček z různých kapes zavazadel, případně je umísťovat do sáčku. Tito cestující pak navyšují průměrný čas v této kategorii. V případě vyjmutí elektroniky pak cestující obvykle vyjímají jedno či dvě větší elektronická zařízení, proto byli cestující deklarující pouze elektroniku rychlejší oproti cestujícím deklarujícím pouze LAGs. Průměrný čas cestujících deklarujících pouze elektroniku je dokonce lehce podprůměrný. Opět se tedy potvrzuje, že zavedení CT s EDSCB standardu pouze C2 nemá oproti zavedení CT s EDSCB C3 z hlediska efektivity takový přínos.

Je zřejmé, že $\tau_{reclaim}$ jsou podstatně delší oproti τ_{divest} , a to ve všech kategoriích. Čas balení zavazadel lze obecně prohlásit za časově náročnější záležitost, protože např. oblečení opasku či uložení notebooku do batohu je časově náročnější operací oproti snímání a vyjímání. Rozdíl mezi naměřenými časy je však výraznější a lze ho interpretovat tak, že cestující část přípravy vykonali již na předpřípravných stolech v queue managementu.

IPP má zcela jednoznačně rostoucí tendenci s rostoucím množstvím deklarovaných předmětů. Překvapivé je, že v případě deklarace pouze LAGs je IPP vyšší než u deklarace pouze elektroniky. Důvodem může být skladba cestujících – LAGs v příručních zavazadlech ve větším množství přepravují cestující, kteří nemají zapsané zavazadlo, tudíž mají více příručních zavazadel či zavazadlo větších rozměrů zabírající celý objem přepravy, což v konečném důsledku navyšuje IPP. Naopak elektroniku často přepravují obchodní cestující, jejichž příručním zavazadlem často bývá pouze taška s notebookem,



kteřá zabere pouze část přepravky a zbytek přepravky může být využit pro další předměty. Opět se tak potvrzuje výraznější výhoda EDSCB C3 oproti EDSCB C2.

Hodnoty, kdy cestující nedeklarují žádné předměty, lze považovat za hodnoty, kterých (anebo nižších) lze s CT s EDSCB C3 dosáhnout. Budou tedy sloužit pro hodnocení konceptů s CT.

7.2. PRVNÍ ZÁKLADNÍ KONCEPT – CT NA MANUÁLNÍ TRATI

Manuální trať je z hlediska efektivity oproti automatické značně nevýhodná. [5] Manuální trať však oproti ATRS může být stále výhodná u specifických konceptů, např. v omezených prostorech a na stanovištích s nízkou požadovanou propustností, kde by pořízení a provoz ATRS nebyly ekonomicky výhodné. V testovacím provozu CT zařízení, kterého bylo využito pro sbírání dat pro účely této práce, bylo smyslem implementace manuální tratě seznámení zaměstnanců s charakteristikami CT RTG v reálném provozu.

7.2.1. DATA VYPLÝVAJÍCÍ Z MĚŘENÍ

V tabulce 6 jsou uvedena naměřená data vycházející z prvního a třetího typu měření v provozu na manuální trati s CT RTG. Vzhledem k tomu, že šlo o sériovou přípravu, nebyla oproti ATRS měřena míra simultaneity, pro účely výpočtu dílčí propustnosti přípravy ji lze položit rovnou jedné. Dále také nebyla měřena simultaneita ve fázi odebírání zavazadel, neboť vzhledem k charakteristikám manuální trati nebude tato fáze s vysokou pravděpodobností představovat vůči ostatním fázím úzké hrdlo, a proto nebude pro tuto fázi dílčí propustnost ani dále vypočítávána. Vzhledem k charakteristikám manuální trati (sériová příprava, dodatečná kontrola se provádí dohledávajícím pracovníkem v přímé koordinaci s operátorem atp.) nejsou uvedeny a dále oproti ATRS vypočítávány zmíněné a některé další parametry. Tato práce se nezabývá kontrolou osoby, proto navrhované ani měřené koncepty nebudou brát z hlediska propustnosti na kontrolu osoby ohled – bude předpokládáno, že kontrola osoby bude při návrhu buňky vždy optimalizována tak, aby měla propustnost stejnou nebo vyšší než trať v buňce.

ZÁKLADNÍ ÚDAJE	POČET ZMĚŘENÝCH CESTUJÍCÍCH	73
	IPP	1,58
	τ	198 s
PŘÍPRAVA	τ_{divest}	31 s
ODEBÍRÁNÍ ZAVAZADEL	PODÍL CESTUJÍCÍCH ČEKAJÍCÍCH NA SVÁ ZAVAZADLA	74 %
	$\tau_{reclaim}$	57 s

Tabulka 6: Data naměřená na manuální trati s CT RTG

7.2.2. STROJOVÁ DATA

Níže jsou v tabulce 7 uvedena data, která byla poskytnuta přímo ze zařízení CT a dohledávacích stanic. Pokud operátor snímek vyhodnocoval příliš dlouho, bylo



zavazadlo automaticky označeno jako zavazadlo k dodatečné kontrole, podíl těchto zavazadel bude dále označován jako RR na základě limitu DT.

VZOREK DAT (POČET SNÍMKŮ)	3366
PRŮMĚRNÝ DT	26,9 s
PRŮMĚRNÝ RR	22,6 %
PODÍL ALARMŮ OPERÁTORA (RR OPERÁTORA)	9,7 %
PODÍL ALARMŮ EDS (RR EDS)	11,8 %
RR NA ZÁKLADĚ LIMITU DT	1,1 %
$\tau_{recheck}$	59 s

Tabulka 7: Strojová data z CT RTG na manuální trati

7.2.3. VÝPOČET DÍLČÍCH PROPUSTNOSTÍ A CELKOVÉ PROPUSTNOSTI

Tabulka 8 přináší přehled vypočítaných dílčích propustností, jejichž výpočty vycházejí z rovnice 1 a dalších uvedených vztahů. Výsledné hodnoty jsou zaokrouhleny na celá čísla dolů, neboť z hlediska určení propustnosti není zaokrouhlování desetinných čísel nahoru logické, počet cestujících musí být celé číslo a hranice propustnosti je vždy dána celým číslem.

DÍLČÍ PROPUSTNOST – PŘÍPRAVA	$\frac{3600}{31} \cdot 1 = 116 \frac{pax}{h}$
KAPACITA JEDNOHO OPERÁTORA	$\frac{3600}{DT} = \frac{3600}{26,9} = 133 \frac{trays}{h}$
DÍLČÍ PROPUSTNOST – OPERÁTOR	$\frac{133}{1,58} = 84 \frac{pax}{h}$
KAPACITA DOHLEDÁVAJÍCÍHO PRACOVNÍKA	$\frac{3600}{59} = 61 \frac{trays}{h}$
DÍLČÍ PROPUSTNOST – DODATEČNÁ KONTROLA	$61 \cdot \frac{100}{22,6} = 269 \frac{trays}{h}$ $\frac{269}{1,58} = 170 \frac{pax}{h}$

Tabulka 8: Vypočítané dílčí propustnosti manuální trati s CT

Z tabulky 8 vyplývá, že nejnižší dílčí propustnost má jednoznačně operátor. Příliš dlouhý DT a skutečnost, že k rozhodování o vpuštění přepravy do SRA či určení k dodatečné kontrole dochází hned za tunelem CT RTG, způsobují úzké hrdlo v celém procesu a omezují celkovou propustnost trati na 84 cestujících za hodinu.

7.3. DRUHÝ ZÁKLADNÍ KONCEPT – ATRS S CT RTG

Níže uvedená data vypovídají o efektivitě implementace CT RTG na automatické trati.



7.3.1. DATA VYPLÝVAJÍCÍ Z MĚŘENÍ

V tabulce 9 jsou uvedena naměřená data vycházející z prvního a třetího typu měření v provozu CT RTG na automatické trati.

ZÁKLADNÍ KPIs	POČET ZMĚŘENÝCH CESTUJÍCÍCH	261
	IPP	1,63
	τ	182 s
PŘÍPRAVA (DIVEST)	τ_{divest}	36 s
	MÍRA SIMULTANEITY	2,45
	PODÍL CESTUJÍCÍCH, KTEŘÍ PŘERUŠILI PŘÍPRAVU	2 %
	PRŮMĚRNÁ DÉLKA PŘERUŠENÍ PŘÍPRAVY	9,9 s
ODEBÍRÁNÍ ZAVAZADEL (RECLAIM)	$\tau_{reclaim}$	38 s
	MÍRA SIMULTANEITY PŘI ODEBÍRÁNÍ ZAVAZADEL	5,50
	PODÍL CESTUJÍCÍCH ČEKAJÍCÍCH NA SVÁ ZAVAZADLA	95 %
	$\tau_{forreclaim}$	46 s
	PODÍL CESTUJÍCÍCH, KTEŘÍ PŘERUŠILI ODEBÍRÁNÍ ZAVAZADEL	23 %
	PRŮMĚRNÁ DÉLKA PŘERUŠENÍ ODEBÍRÁNÍ ZAVAZADEL	11 s
RECHECK	PODÍL CESTUJÍCÍCH ČEKAJÍCÍ VE FRONTĚ NA DODATEČNOU KONTROLU ZAVAZADLA	7 %
	$\tau_{forrecheck}$	36 s

Tabulka 9: Data naměřená na ATRS s CT RTG

7.3.2. STROJOVÁ DATA

Níže jsou v tabulce 10 uvedena data, která byla poskytnuta přímo ze zařízení CT na základě ukládaných údajů o každé snímané přepravce. Patrné jsou především poklesy DT, RR na základě limitu DT a RR operátora, k nimž došlo díky lepší obeznamenosti operátorů s CT zařízením díky nabytí praktické zkušenosti na testovací manuální trati. Pokles podílu alarmů EDS oproti manuální trati způsobila pravděpodobně striktní automatická separace mezi přepravkami na automatické trati. Rozestupy mezi přepravkami jsou pro správnou činnost EDS algoritmu velmi důležité a na manuální trati mohlo mít nedostatečné manuální oddělení přepravek podíl na podstatné části falešných EDS alarmů.



VZOREK DAT (POČET SNÍMKŮ)	24953
PRŮMĚRNÝ DT	10,5 s
PRŮMĚRNÝ RR	9,8 %
PODÍL ALARMŮ OPERÁTORA (RR OPERÁTORA)	2,7 %
PODÍL ALARMŮ EDS (RR EDS)	5,6 %
RR NA ZÁKLADĚ LIMITU DT	0,2 %
$\tau_{recheck}$	82 s

Tabulka 10: Strojová data z CT RTG na ATRS

7.3.3. VÝPOČET DÍLČÍCH PROPUSTNOSTÍ A CELKOVÉ PROPUSTNOSTI

Tabulka 11 přináší přehled vypočítaných hodnot dílčích propustností, jejichž výpočty vycházejí z rovnice 1 a dalších uvedených či již použitých vztahů. Dílčí propustnost kontroly osoby opět nebyla brána v potaz.

DÍLČÍ PROPUSTNOST – PŘÍPRAVA	$\frac{3600}{36} \cdot 2,45 = 245 \frac{pax}{h}$
KAPACITA JEDNOHO OPERÁTORA	$\frac{3600}{10,5} = 342 \frac{trays}{h}$ $\frac{342}{1,63} = 209 \frac{pax}{h}$
DÍLČÍ PROPUSTNOST – DVA OPERÁTOŘI	$2 \cdot 209 = 418 \frac{pax}{h}$
KAPACITA JEDNOHO DOHLEDÁVAJÍCÍHO PRACOVNÍKA	$\frac{3600}{82} = 43 \frac{trays}{h}$
DÍLČÍ PROPUSTNOST – JEDNA DOHLEDÁVACÍ STANICE	$\frac{100}{9,8} \cdot 43 = 438 \frac{trays}{h}$ $\frac{438}{1,63} = 268 \frac{pax}{h}$
PROPUSTNOST OBOU DOHLEDÁVACÍCH STANIC SOUČASNĚ	$268 \cdot 2 = 536 \frac{pax}{h}$
DÍLČÍ PROPUSTNOST – ODEBÍRÁNÍ ZAVAZADEL	$\frac{3600}{38} \cdot 5,5 = 521 \frac{pax}{h}$

Tabulka 11: Vypočítané dílčí propustnosti ATRS s CT

Z výsledných dílčích propustností vidíme, že v případě využití pouze jednoho operátora by bylo množství vyhodnocených snímků za hodinu i přes výrazné snížení DT oproti manuální trati stále příliš limitující. Proto byli na této trati využíváni dva operátoři. Stejně tak byly využívány dvě dohledávací stanice, byť se na první pohled může propustnost jedné zdát jako dostatečná. Je však nutné zohlednit skutečnost, že přepravky na automatických tratích nejsou vyřazovány k dodatečné kontrole rovnoměrně, respektive že RR 9,8 % neznámá, že přibližně každá desátá přepravka bude vyřazena. V některých momentech nemusí být např. ze třiceti přepravek vyřazena žádná, z následujících deseti hned tři. Aby se zabránilo tvorbě úzkého hrdla u dohledávacích stanic v takovýchto případech, což by v důsledku znamenalo zpomalení celé tratě kvůli přepravkám čekajícím na dodatečnou kontrolu a blokujícím trať až k diverteru, je žádoucí, aby propustnost dohledávacích stanic byla výrazněji vyšší než požadovaná propustnost trati.



U měřeného konceptu je v tabulce 11 patrné, že další limitující hodnotou je propustnost přípravných pozic, které zvládly odbavit 245 pax/h. Jedna dohledávací stanice s propustností 268 pax/h je příliš blízko této hranici, proto byly v provozu využívány dvě dohledávací stanice současně, aby byla zajištěná dostatečná rezerva propustnosti dohledávacích stanic. Pro účely této práce a návrhy konceptů v následujících částech bude za vhodnou rezervu, tj. za minimální rozdíl mezi dílčí propustností všech dohledávacích stanic celkem a celkovou propustností tratě, považována hodnota 25 % celkové propustnosti tratě.

7.4. POROVNÁNÍ VÝSLEDKŮ TŘÍ TRATÍ

Níže jsou porovnána vybraná data vypovídající o všech třech typech zkoumaných tratí. U manuální trati nejsou některé údaje uvedeny, neboť nebyly měřeny, jak již bylo uvedeno výše, či jejich uvedení postrádá smysl pro porovnávání (např. počet přípravných pozic u sériové přípravy).

TYP TRATĚ:	SOUČAS. ATRS	MANUÁL. TRATĚ S CT RTG	ATRS S CT RTG	ZMĚNA U ATRS S CT OPROTI STÁVAJÍCÍ ATRS
IPP [-]	1,90	1,58	1,63	- 14 %
τ [s]	216	198	182	- 16 %

Tabulka 12: Porovnání základních dat ze tří měřených konceptů

Z tabulky 12 vyplývá, že IPP pokleslo pouze o cca 14 %, ačkoliv byla na stávajících tratích u cestujících bez LAGs a elektroniky naměřena hodnota 1,4, tj. o 26 % nižší než průměr na stávajících tratích. IPP by tedy mělo být dále optimalizováno. Ze subjektivního pozorování provozu během prováděných měření v provozu lze říci, že u ATRS s CT byly okraje přepravek oproti přeprávkám na stávajících tratích příliš nízké, kvůli čemuž občas lehčí předměty, např. svrchní oděvy, vypadly z přepravky a blokovaly trať. Aby pracovníci snížili riziko tohoto problému, požadovali po cestujících umístění lehčích svrchních oděvů do samostatné přepravky, ačkoliv byl v předcházející přepravce se zavazadlem ještě prostor. U manuální trati, kde byly využity stejné přepravky, avšak blokace trati je vzhledem k nižší automatizaci snadněji řešitelná, tato obava pravděpodobně nebyla tak silná, protože zde i IPP nepatrně nižší.

Dále je také zřejmé, že průměrný čas na celkový průchod cestujícího kontrolou je o téměř 16 % nižší. Celková propustnost by tedy měla být minimálně o 16 % vyšší. Pokud bude nižší než tato hodnota, bude to znamenat, že ATRS s CT odbavuje menší počet cestujících současně, tj. že ve všech fázích dohromady je nižší míra simultaneity, pokud vyšší, bude to znamenat, že v jeden okamžik odbavuje více cestujících, což je žádoucí stav.



TYP TRATĚ:	SOUČAS. ATRS	MANUÁL. TRATĚ S CT RTG	ATRS S CT RTG	ZMĚNA U ATRS S CT OPROTI STÁVAJÍCÍ ATRS
τ_{divest} [s]	51	31	36	- 15 s - 29 %
TYP PŘÍPRAVY A PŘÍPADNÝ POČET PŘÍPRAVNÝCH POZIC	paralelní (3)	sériová	paralelní (3)	↔
MÍRA SIMULTANEITY (PŘÍPRAVA) [pax]	2,60	—	2,45	- 0,15 pax
VYUŽITÍ PŘÍPRAVNÝCH POZIC ($\frac{\text{míra simultaneity}}{\text{počet přípravných pozic}}$) [%]	86,50	—	81,67	- 5,58 %
DÍLČÍ PROPUSTNOST PŘÍPRAVY [pax/h]	183	109	245	+ 123 pax + 34 %
PODÍL CESTUJÍCÍCH, KTEŘÍ PŘERUŠILI PŘÍPRAVU [%]	4	—	2	- 50 %
PRŮMĚRNÝ ČAS PŘERUŠENÍ PŘ. [s]	16,4	—	9,9	- 6,5 s - 40 %

Tabulka 13: Porovnání dat o přípravě z měřených konceptů

Z tabulky 13 vyplývá, že čas přípravy jednoho cestujícího dosáhl 36 s, což je hodnota přibližně odpovídající času přípravy cestujících bez LAGs a elektroniky na stávajících tratích (38 s). Na manuální trati s CT byla hodnota τ_{divest} ještě nižší (31 s). Toto snížení o 7 s oproti cestujícím bez LAGs a elektroniky na stávajících tratích může být způsobeno tím, že na stávajících tratích se pracovník na přípravě v případě, že cestující nedeklaruje žádné předměty, aktivně dotazuje, zda je skutečně nemá, a vyjmenovává mu příklady jednotlivých LAGs a elektronických zařízení, které je potřeba vyjmout ze zavazadla. Oproti tomu na trati s CT pouze vydává pokyn k umístění zavazadla do přepravky bez vyjímání čehokoliv.

Příčinou toho, proč na manuální trati s CT trvala příprava v průměru o 5 s méně než na ATRS s CT pak může být jednak větší psychologický tlak od cestujících čekajících za připravujícím se cestujícím na sériové přípravě, kde na rozdíl od paralelní pomalejší cestující způsobuje čekání rychlejších cestujících, a jednak neideálním prostorovým uspořádáním automatické trati a jejích přípravných pozic. Druhému důvodu nasvědčuje i mírný pokles využití přípravných pozic. Při měření bylo pozorováno, že cestující často přehlíželi zejména třetí přípravnou pozici (první pozicí je myšlena pozice nejbližší queue managementu) kvůli jejímu posunutí bokem od trati a její špatné viditelnosti ze směru příchodu cestujících přes ostatní připravující se cestující.

Pozitivní výsledek je pokles počtu cestujících, kteří přerušují přípravu, i průměrné délky tohoto přerušování. Tyto poklesy jsou patrně způsobeny vyšší srozumitelností procesu přípravy při absenci nutnosti deklarovat vybrané předměty a zlepšením informovanosti, neboť na ATRS s CT byly oproti stávajícím tratím před každou přípravnou pozicí umístěny informační cedule shrnující pomocí obrázků a krátkých písemných dvojazyčných pokynů postup při přípravě cestujících.



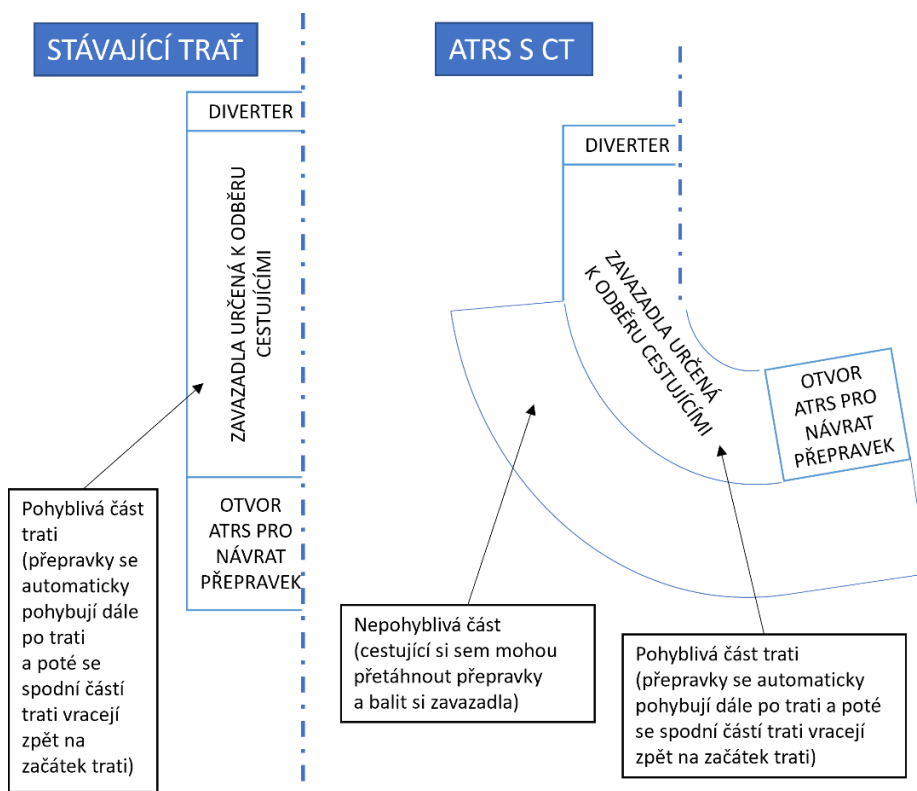
TYP TRATĚ:	SOUČAS. ATRS	MANUÁL. TRATĚ S CT RTG	ATRS S CT RTG	ZMĚNA U ATRS S CT OPROTI STÁVAJÍCÍ ATRS
$\tau_{reclaim}$ [s]	64	43	38	- 41 %
PODÍL CESTUJÍCÍCH ČEKAJÍCÍCH NA SVÁ ZAVAZADLA [%]	79	74	95	+ 20 %
$\tau_{forreclaim}$ [s]	22	57	46	+ 109 %
PODÍL CESTUJÍCÍCH, KTEŘÍ PŘERUŠILI ODEBÍRÁNÍ A BALENÍ ZAVAZADEL [%]	6	—	23	+ 283 %
PRŮMĚRNÝ ČAS PŘERUŠENÍ ODEBÍRÁNÍ A BALENÍ ZAVAZADEL [s]	18	—	11	- 39 %

Tabulka 14: Porovnání dat o fázi reclaim z měřených konceptů

Z tabulky 14 vyplývá, že cestující na ATRS s CT ve fázi reclaim dosáhli $\tau_{reclaim}$ téměř shodného s τ_{divest} . Nevyskytuje se zde tedy již výrazný rozdíl mezi přípravou a balením zavazadel jako na stávajících tratích. Jedná se o překvapivý výsledek, neboť na stávajících tratích nebyl takto nízký čas naměřen ani u cestujících bez LAGs a elektroniky.

Dále z výsledků měření vyplývá zásadní nevýhoda CT RTG: kvůli navýšení DT čeká na svá zavazadla na ATRS s CT oproti stávajícím tratím v průměru o 20 % více cestujících, a to více než dvojnásobně delší dobu.

Podíl cestujících, kteří přerušili odebírání a balení zavazadel, se více než trojnásobně zvýšil, zároveň se však snížil průměrný čas tohoto přerušení. Výrazné zvýšení podílu lze odůvodnit nevhodným umístěním dohledávacích pozic – pokud byla přepravka daného cestujícího určena k dodatečné kontrole, část cestujících trvalo, než se zorientovali, a čekali na její výdej bez dodatečné kontroly, ačkoliv bezpečnostní pracovník již s touto přepravkou čekal na cestujícího na dohledávací pozici. Snížení délky čekání pak patrně zapříčinila možnost posunout své přepravky mimo pohyblivou část trati, která na současné trati není k dispozici. Porovnání schémat částí tratí pro odebírání a balení zavazadel znázorňuje obrázek 14. Díky této možnosti patrně pomalejší cestující neblokovali rychlejší, díky čemuž se snížila zmíněná délka přerušení. Na stávajících tratích se totiž může stát, že cestující si balí svá zavazadla a osobní předměty z přepravky přímo na trati, neboť si nevšimnou vedlejšího stolu pro to určeného a přímo na pohyblivou část trati nenavazuje žádná k tomuto účelu určená nepohyblivá plocha. Pokud se mezi dvěma přepravkami v odebírání a balení zavazadel rychlejšího cestujícího nacházela přepravka pomalejšího cestujícího, mohlo se stát, že pomalejší cestující balící si přepravky přímo na trati zablokoval trať a rychlejší cestující musel přerušit balení zavazadel kvůli čekání na svou druhou přepravku, dokud nebylo možné se k ní dostat po uvolnění trati.



Obrázek 14: Porovnání schémat částí trati pro balení zavazadel

TYP TRATĚ:	SOUČAS. ATRS	MANUÁL. TRATĚ S CT RTG	ATRYS S CT RTG	ZMĚNA U ATRYS S CT OPROTI STÁVAJÍCÍ ATRYS
RR [%]	12,8	22,6	9,8	- 23 %
RR OPERÁTORA [%]	7,8	9,7	2,7	- 65 %
EDS RR [%]	0	11,8	5,6	Nový typ alarmu
DT [s]	5	26,9	10,5	+ 110 %

Tabulka 15: Porovnání RR a DT v měřených konceptech

Z tabulky 15 vyplývá, že RR u automatické trati s CT oproti stávajícím tratím poklesl o 23 %. RR na manuální trati byl výrazně vyšší, a to jak kvůli vysokému RR operátora, který byl patrně způsoben nedostatečnými zkušenostmi pracovníků s vyhodnocováním 3D snímků z CT RTG, tak kvůli vysokému EDS RR oproti ATRYS způsobenému již zmíněnými rozestupy mezi přepravkami. RR operátora na ATRYS s CT oproti stávajícím tratím díky absenci alarmů kvůli nedeklarovaným předmětům výrazně poklesl.

Očekávaným výsledkem byl výrazný nárůst DT. Na manuální trati byl oproti ATRYS s CT RTG opět výrazně vyšší pravděpodobně kvůli nedostatečným zkušenostem pracovníků s CT RTG. Po zavedení ATRYS trati a získání určité zkušenosti pracovníků byl sice snížen, stále je však oproti stávajícím tratím více než dvojnásobný.



TYP TRATĚ:	SOUČ. TRATĚ ATRS	MANUÁL. TRATĚ S CT RTG	ATRS TRATĚ S CT RTG	ZMĚNA U ATRS S CT OPROTI STÁVAJÍCÍ ATRS
$\tau_{recheck}$ [s]	92	59	82	- 11 %
PODÍL CESTUJÍCÍCH ČEKAJÍCÍCH NA DODATEČNOU KONTROLU ZAVAZADLA [%]	5	—	7	+ 40 %
$\tau_{forrecheck}$ [s]	76	—	36	- 53 %

Tabulka 16: Porovnání dat o dodatečné kontrole zavazadla

Z tabulky 16 vyplývá, že průměrná délka dodatečné kontroly se oproti současnému stavu snížila. Na manuální trati trvala průměrně kratší dobu pravděpodobně vzhledem k užší spolupráci mezi dohledávajícím pracovníkem a operátorem. K celkovému snížení u CT oproti dvoupohledovému RTG nejspíše došlo díky přesnější lokalizaci podezřelé oblasti v trojrozměrném snímku a také díky skutečnosti, že na stávajících tratích je nutné často při dodatečné kontrole podrobovat elektroniku a zavazadlo po vyjmutí elektroniky opětovné kontrole RTG (čas potřebný na opětovnou kontrolu RTG byl započítáván do délky dodatečné kontroly) a také je nutné dohledávat v zavazadle různě umístěné nedeklarované LAGs v malých lahvičkách a jiných baleních, což je časově náročnější oproti kontrole předmětu označeného EDS alarmem, což byl převažující typ dodatečné kontroly na trati s CT.

Taktéž lze vidět, že se zvýšil podíl cestujících čekajících na dodatečnou kontrolu, což by nasvědčovalo tomu, že přepravky byly k dodatečné kontrole vyřazovány činností EDS oproti stávajícím tratím nerovnoměrněji v čase. Zároveň se však přibližně o polovinu snížila délka tohoto čekání na dodatečnou kontrolu, což je logické vzhledem ke dvojnásobnému počtu dohledávacích pozic oproti stávajícím tratím.

TYP TRATĚ:	SOUČ. TRATĚ ATRS	MANUÁL. TRATĚ S CT RTG	ATRS TRATĚ S CT RTG	ZMĚNA U ATRS S CT OPROTI STÁVAJÍCÍ ATRS
PROPUSTNOST TRATĚ [pax/h]	170	83	245	+ 75 pax/h + 44 %
PROSTOROVÁ NÁROČNOST TRATĚ [m²]	180	140	200	+ 20 m ² + 10 %
PROSTOROVÁ EFEKTIVITA TRATĚ [pax/h/m²]	0,94	0,59	1,23	+ 31 %
POČET PRACOVNÍKŮ NA TRATĚ [-]	3	3	5	+ 2
PERSONÁLNÍ EFEKTIVITA TRATI [pax/h/off]	56	27	49	- 13 %

Tabulka 17: Porovnání dalších vybraných parametrů na třech měřených konceptech

V tabulce 17 lze jednoznačně vidět neefektivitu CT RTG na manuální trati oproti měřenému konceptu s automatickou tratí. Zároveň je zřejmé zvýšení propustnosti u ATRS trati s CT RTG oproti současnému stavu. Jedná se o pozitivní výsledek, obzvláště vzhledem ke skutečnosti, že testovaný koncept ATRS trati s CT RTG nebyl zdaleka ideálně uspořádán



kvůli prostorovým limitacím stávajícího stanoviště, a propustnost by proto mohla být při efektivnějším uspořádání modulů trati ještě vyšší.

S tím se pojí fakt, že vzhledem k vyšší potřebě personálu se lehce snížila personální efektivita. Ačkoliv došlo ke zvýšení prostorové efektivity, vzhledem k nižší personální efektivitě pravděpodobně nedojde k takovému snížení OPEX, aby jimi bylo možné vyvážit vyšší CAPEX. Zároveň však z výsledků vyplývá, že při lepším nastavení provozního konceptu automatické trati s CT RTG lze pravděpodobně dosáhnout mnohem vyšší propustnosti, tím pádem i vyšší personální a prostorové efektivity a snížení OPEX. V další části práce se proto budu zabývat možností optimalizace tohoto konceptu. Již teď však lze říci, že provozovatelům letišť či jiným subjektům, které mají zájem na zvýšení bezpečnosti a komfortu cestujících i na úkor vyšších CAPEX nekompenzovaným snížením OPEX, může vyhovovat i takovýto koncept provozu CT RTG s EDSCB C3.

7.4.1. SWOT ANALÝZA MĚŘENÉHO KONCEPTU ATRS TRATI S CT RTG

Měřený koncept ATRS s CT RTG byl podroben tzv. SWOT analýze, což je analýza měkkého systému zvažující silné a slabé stránky nově implementovaného systému a příležitosti a hrozby vyplývající z jeho implementace pro případného uživatele (název pochází z anglických výrazů strengths, weaknesses, opportunities a threats, tedy silné stránky, slabé stránky, příležitosti a hrozby).

<p style="text-align: center;">SILNÉ STRÁNKY</p> <ul style="list-style-type: none"> – Automatická detekce výbušnin – Vyšší komfort cestujících – Možnost implementace dalších algoritmů a pružná přizpůsobivost do budoucna – Trojrozměrný výstup a funkce pro lepší rozlišovací schopnosti operátora 	<p style="text-align: center;">SLABÉ STRÁNKY</p> <ul style="list-style-type: none"> – Náročnější vyhodnocování snímků – Falešné alarmy EDS – Oproti stávajícím RTG vyšší CAPEX, hmotnost a rozměry – Nevhodné uspořádání trati kvůli prostorovým omezením – Příliš mělké přepravy
<p style="text-align: center;">PŘÍLEŽITOSTI</p> <ul style="list-style-type: none"> – Snížení RR operátora – Snížení τ díky snížení τ_{divest} a $\tau_{reclaim}$ – Zvýšení celkové propustnosti trati – Zvýšení bezpečnosti díky lepší detekci výbušných materiálů – Zvýšení spokojenosti cestujících – Zvýšení spokojenosti zaměstnanců – Zvýšení prostorové efektivity – Implementace CT RTG i při prostorové limitaci 	<p style="text-align: center;">HROZBY</p> <ul style="list-style-type: none"> – Zvýšení DT oproti stávajícím tratím – Větší nároky na personální obsazení – Snížení personální efektivity – Nižší okraje přepravek (blokace trati, „umělé“ navyšování IPP) – Nedostatečné snížení OPEX (dáno zejména personální a provozní efektivitou) pro kompenzaci vysokých CAPEX

Tabulka 18: SWOT analýza měřeného konceptu ATRS s CT RTG

Ze SWOT analýzy měřeného konceptu (Tabulka 18) je patrné, které oblasti je potřebné optimalizovat pro návržení lepšího konceptu. Především jde o eliminaci hrozeb vycházejících ze slabých stránek – potřeby lépe eliminovat vyšší personální náročnost



tak, aby se dostatečně snížily OPEX a kompenzovaly tak zvýšené CAPEX. Dále je možné ještě více navýšit propustnost při eliminaci navyšování IPP kvůli obavám o blokaci trati zvětšením okrajů přepravek (pořízení hlubších přepravek). SWOT analýza dále potvrzuje tvrzení, že tento koncept již takto přináší zvýšení propustnosti, bezpečnosti a komfortu cestujících, ovšem při vyšších CAPEX bez kompenzace nižšími OPEX. Proto lze tento koncept doporučit k implementaci na letištích, kterým nevadí jeho neideální uspořádání přizpůsobené prostorovým limitacím a s ním spojené vyšší náklady, avšak které ocení výrazné zvýšení bezpečnosti a komfortu cestujících.



8. NÁVRH OPTIMÁLNÍHO ŘEŠENÍ

Měřený koncept ATRS s CT RTG má vyšší propustnost oproti stávajícímu stavu, není však optimální. V následující části proto budu na základě výsledků měření navrhopvat možné tři řešení implementace CT RTG tak, aby byla eliminována slabší místa měřeného konceptu.

8.1. TEORETICKÁ MAXIMÁLNÍ PROPUSTNOST CT RTG

Nejprve je nutné určit hranici, určité maximum propustnosti, na které je možné se dostat modifikacemi tratě a konceptů provozu jako celku. Ta je daná technickou limitací samotného CT RTG. Více přepravek za hodinu, než je tato hranice, nemůže tunelem CT RTG projet. Hranice vychází z rychlosti dopravníkového pásu CT RTG a délkou přepravek. Rychlost pásu CT RTG používaného na měřené trati byla $0,2 \frac{m}{s}$. Délka přepravky činí 60 cm. Mezi přepravkami však pro správnou činnost EDS musí být zachován rozestup minimálně 20 cm, tzn. z hlediska následujícího výpočtu je každá přepravka na obou koncích hypoteticky o 10 cm delší. Teoretický rozměr jedné přepravky včetně předepsaného minimálního rozestupu tedy činí 80 cm, tj. 0,8 m. Průjezd jedné přepravky tak trvá $\frac{0,8}{0,2}$ s, tj. 4 s. Z toho vyplývá, že za hodinu může tunelem CT RTG projet maximálně 900 přepravek. Při IPP 1,63 to odpovídá 552 pax/h.

U měřeného konceptu však dosahovala propustnost pouhých 44 % této hodnoty, což tento koncept předurčuje k další optimalizaci.

8.2. ELIMINACE SLABÝCH MÍST

Z výsledků měření je zřejmé, že některá slabá místa měřeného konceptu potřebují optimalizovat. Níže jsou uvedena některá z nich včetně možných a navrhovaných řešení optimalizace.

8.2.1. POKLES IPP

Z dat letišť, která již CT RTG zavedla anebo testovala, vyplývá, že po implementaci CT RTG s EDSCB C3 klesá IPP až o 30 %. [5] Tato hypotéza byla ověřena i měřením na stávajících tratích, kde u cestujících bez deklarovaných předmětů došlo k poklesu IPP o 26 %. U testovaného konceptu trati s CT byl však zaznamenán pokles pouze o 14 %.

Dalšího snížení IPP je možné dosáhnout zvětšením okrajů přepravek, které, jak již bylo zmíněno výše, byly na měřené trati příliš mělké, či jejich efektivnějším naplňováním. Při optimálním nastavení přepravek je tedy v konceptech s CT na daném stanovišti dosažitelná hodnota IPP 1,4 nebo nižší. Pokud zvětšením okrajů nedochází ke změně délky přepravky, teoretická maximální propustnost CT RTG tak může být nadále považována za 900 přepravek za hodinu. Při snížení IPP na 1,4 můžeme přepočítat tuto hodnotu na teoretickou maximální propustnost 642 cestujících za hodinu.



8.2.2. NÍZKÁ DÍLČÍ PROPUSTNOST PŘÍPRAVY

Z výsledků vyplývá, že zatímco dílčí propustnosti dosahovaly ve fázi odebírání zavazadel 521 pax/h, u dohledávacích pozic 536 pax/h s potřebou rezervy kvůli nerovnoměrnému vyřazování přepravek, u operátorů 418 pax/h, u přípravy pouze 245 pax/h. Teoretická hodnota trati, které se lze přiblížit, je při naměřeném IPP (1,63) až 522 pax/h. Fáze přípravy je tedy příliš limitující, je tak vhodné upravit přípravné pozice, aby bylo možné dosáhnout co nejvyšší dílčí propustnosti přípravy. Je možné pokusit se snížit τ_{divest} až na hodnotu měřenou na manuální trati (31 s), a to zvýšením informovanosti cestujících o přípravě a potřebných úkonech. Ještě vhodnějším způsobem navýšení dílčí propustnosti přípravy se jeví zajištění vyššího využívání všech přípravných pozic, tj. využití alespoň 86,5 % jako na stávajících tratích, čehož lze dosáhnout např. zavedením systému pro automatickou výzvu k přípravě, který bude cestující informovat o volných přípravných pozicích a navigovat je k nim.

Především je však vhodné zvýšit počet přípravných pozic. Pokud by se počet přípravných pozic navýšil na 4, míra simultaneity by se při 86,5% využití přípravných pozic zvýšila na 3,46. Díky tomu by se při zachování naměřeného času přípravy zvýšila dílčí propustnost přípravných pozic na 346 pax/h. V případě zvýšení na 7 přípravných pozic by se jednalo o 605 pax/h, tedy hodnotu blízkou se teoretické maximální propustnosti CT RTG, u 8 přípravných pozic by při naměřeném τ_{divest} došlo již k překročení této hodnoty.

8.2.3. NAVÝŠENÍ DT

Navýšení DT a častější a delší čekání cestujících na vydání přepravy může být eliminováno prodloužením části tratě mezi koncem tunelu CT RTG a diverterem, aby se zabránilo časté blokaci tratě při vyčkávání na rozhodnutí operátora o předchozí přepravce. Ne vždy je však toto možné, a proto by bylo potřeba důkladně zvážit konkrétní délku této části tratě, změnu propustnosti v důsledku jejího prodloužení a jejich vazby na prostorovou efektivitu.

8.2.4. OPTIMALIZACE KAPACIT OPERÁTORŮ

Dílčí propustnost na operátora činí 209 pax/h, na dva operátory tedy 418 pax/h. Jelikož je však propustnost u měřeného konceptu limitována přípravou na 245 pax/h, jsou dva operátoři příliš mnoho a způsobují snižování personální efektivity. Jeden operátor by byl naopak nedostačující. Možným řešením tohoto problému je přidělení jedné trati 1,5 operátora, což by znamenalo zavést CIP a následně v rámci něj pro buňku o dvou tratích přidělit 3 operátory. Tak by bylo dosaženo dílčí propustnosti (na 1,5 operátora) 313 pax/h. Při větším počtu tratí a efektivnějšímu CIP lze optimalizovat počet operátorů ještě více a jedné trati přidělit ideálně 1,2 operátora, čímž by dílčí propustnost (na 1,2 operátora) dosáhla hodnoty 250 pax/h. Přidělovat trati 1,2 operátora je však organizačně náročnější, proto u navrhovaných konceptů bude vždy počet operátorů na trať navrhován tak, aby na buňku o dvou tratích vycházel počet operátorů jako celé číslo.



V případě zvažované dílčí propustnosti přípravy 519 pax/h lze obdobným způsobem alokovat 2,5 operátora na trať, čímž bude dosaženo dílčí propustnosti na tento počet operátorů 522 pax/h.

8.2.5. KAPACITA DOHLEDÁVACÍCH POZIC

Jedním z řešení, jak snížit RR a tím pozitivně ovlivnit propustnost dohledávacích stanic, je snížit EDS RR zavedením tzv. „řešení (alarmu) na monitoru“ (OSR, on-screen /alarm/ resolution), což je provozní postup, při kterém může EDS alarm označit za falešný přímo operátor, a tak nemusí následovat dodatečná kontrola zavazadla. Zavedení OSR sice může výrazně snížit podíl falešných alarmů EDS, a tak zvýšit efektivitu, avšak OSR do detekce výbušnin zavádí větší vliv lidského faktoru a může tak snížit úroveň bezpečnosti. Kompromisem může být zavedení OSR při CIP, kdy bude část pracovníků určena ke standardnímu vyhodnocování snímků a část, velmi zkušených pracovníků, kteří dokážou ze snímků z CT RTG dostatečně dobře rozpoznat potenciálně nebezpečné organické látky, bude určena k řešení EDS alarmů pomocí OSR. Pro účely této práce však nebude OSR dále uvažováno, aby byla u porovnávaných konceptů zachována stejně vysoká úroveň bezpečnosti. [34]

Na dohledávacích stanicích lze taktéž optimalizovat počet potřebných pracovníků, a to tak, že jedna dohledávací stanice bude společná pro dvě sousední tratě. Tím bude snížen potřebný počet dohledávajících pracovníků o 0,5 na trať. Sdílení jedné dohledávací pozice pro dvě sousední tratě tak optimalizuje počet potřebných pracovníků obdobně jako přidělení jiného počtu operátorů, než je počet tratí, v režimu CIP, jak je naznačeno výše.

8.3. NÁVRH KONCEPTU S TŘICETIMETROVOU TRATÍ

Cílem této práce je navrhnout možné koncepty provozu CT RTG. Obrázek 15 schematicky (bez měřítka) znázorňuje první navrhovaný koncept s ATRS, který se snažil v maximální možné míře využít výše optimalizovaných řešení na základě výsledků měření. Jedná se o prostorově náročný koncept, nicméně vzhledem k velkému navýšení propustnosti oproti měřenému konceptu lze očekávat nižší OPEX kompenzující vyšší CAPEX. Koncept je navržen tak, aby se co nejvíce přiblížil teoretické maximální propustnosti CT RTG při IPP 1,4, tj. 642 pax/h. Za τ_{divest} byla považována hodnota 31 s. Maximální počet přípravných pozic, jejichž dílčí propustnost nepřesahuje teoretickou maximální propustnost CT RTG, je šest. Při 86,5% využití pozic je dílčí propustnost šesti přípravných pozic 602 pax/h.

Pro odbavení teoretické maximální hodnoty 900 přepravek za hodinu jsou při DT 10,5 s zapotřebí tři operátoři (dílčí propustnost 734 pax/h), 2,5 operátora by odbavilo 612 pax/h.

Aby část trati odebírání zavazadel zvládala odbavit nejméně 642 pax/h, musí zde být s určitou rezervou dosaženo simultaneity 7 cestujících (při $\tau_{reclaim}$ 38 s dílčí propustnost 663 pax/h). To znamená zajistit délku této části trati pro alespoň 10 přepravek, tedy alespoň 6 metrů. Není však vhodné navrhovat délku takto hraniční, neboť v případě, že bude stanovištěm procházet skupina s větším počtem zavazadel, mohlo by dočasně dojít



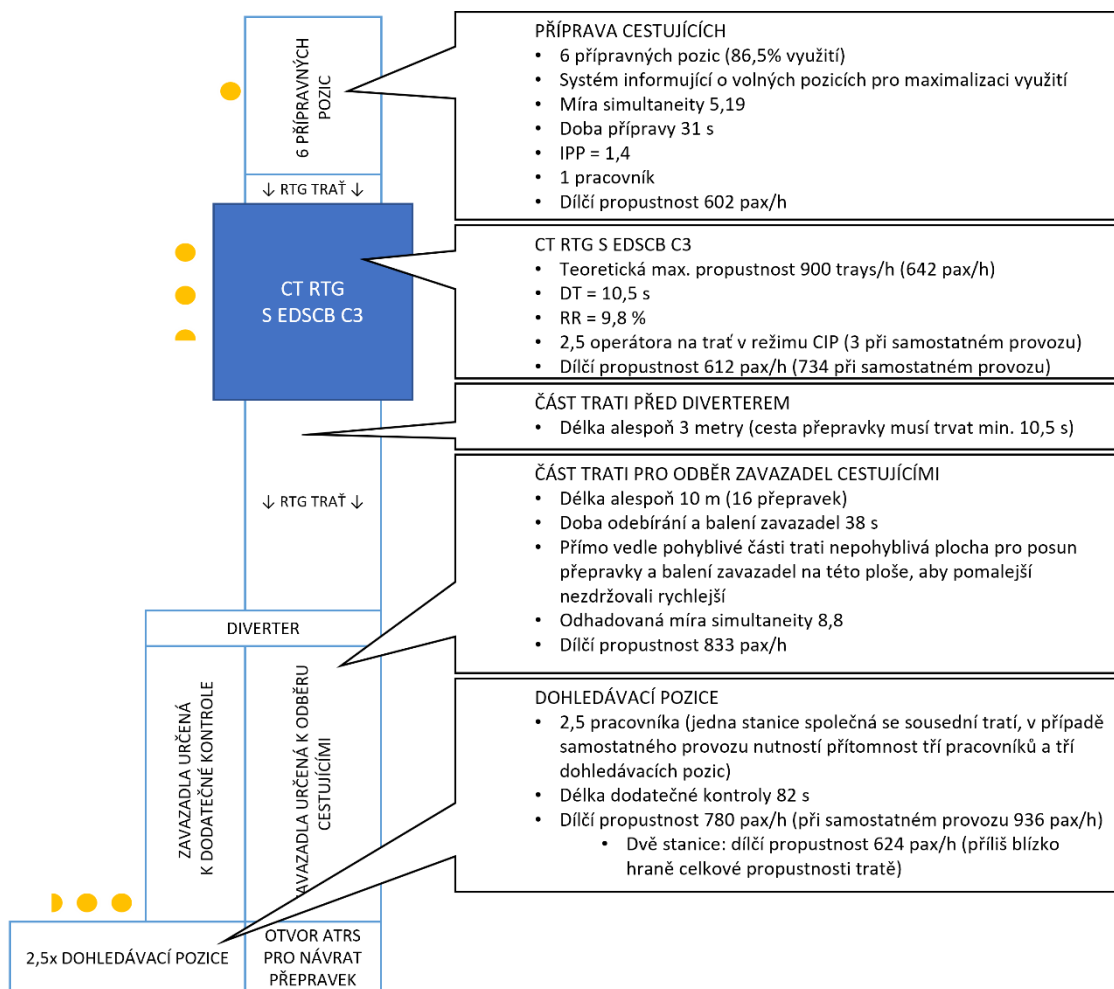
ke snížení dílčí propustnosti. S touto částí tratě také sousedí část tratě určená pro přepravky odeslané k dodatečné kontrole, která musí mít dostatečnou kapacitu, aby v případě jejich vyčkávání na volného dohledávajícího pracovníka nebyla blokována celá trať. Proto část tratě pro odebírání zavazadel bude navrhována s délkou 10 m, tj. pro cca 16 přepravek, což představuje rezervu stanovenou na 60 % minimálního počtu přepravek pro dosažení navrhované propustnosti přípravy. Na tuto část trati se vejde max. 16 přepravek, což odpovídá cca 11 cestujícím. Lze předpokládat, že zavazadla bude odebírat pouze část z nich. Na základě znalosti využití přípravných pozic (okolo 80 %) bude předpokládáno, že odebírání a balení zavazadel se bude věnovat průměrně 80 % cestujících z celkové kapacity této části tratě. Odhadovaná míra simultaneity v této fázi tak činí 8,8.

Za částí tratě pro odebírání zavazadel se nachází ještě prostor pro dodatečnou kontrolu a vracení přepravek, ten na délku zabere minimálně 2 m (pro velikost přepravky a potřebný okolní prostor).

Vzhledem k IPP blížícímu se jedné a absenci nutnosti vyjímát cokoliv ze zavazadel, postačí pro jednu přípravnou pozici prostor pro jednu přepravku doplněný o rozestup od okolních přípravných pozic. Za délku jedné přípravné pozice proto bude považována hodnota 1,5 m, celkem tedy příprava zabere 9 m. Testovaný CT RTG má délku 3,3 m, pro zachování určitého odstupu od přípravných pozic a prostoru pro propojující dopravníkové pásy mezi jednotlivými moduly bude jeho délka považována za 5 m. Následná část mezi tunelem CT RTG a diverterem musí mít takovou minimální délku, aby přepravce posun po této části trati trval nejméně čas rovný DT, což při rychlosti pásu $0,2 \frac{m}{s}$ a DT 10,5 s znamená délku alespoň 2,1 m. Pro omezení blokace trati v provozních časech s častějším výskytem vyšších DT, např. při průchodu skupiny cestujících s rozměrnými či obsahově složitými zavazadly nebo při přítomnosti méně zkušeného operátora, by tato část trati měla mít určitou rezervu, bude tedy činit nejméně 3 m.

Dalšími rozměry jsou délka diverteru (na délku jedné přepravky s určitým rozestupem od ostatních přepravek, cca 1 m) a případně délky dalších ploch a pásů potřebných pro propojení jednotlivých modulů trati. Celková navrhovaná délka tratě proto bude činit 30 m.

U dílčích propustností dohledávacích pozic uvedených ve schématu tohoto konceptu bylo počítáno s již zmíněnou rezervou minimálně 25 % propustnosti tratě.



	OPTIMÁLNÍ PERSONÁLNÍ OBSAZENÍ	PERSONÁLNÍ OBSAZENÍ PŘI SAMOSTATNÉM PROVOZU
CELKOVÁ PROPUSTNOST TRATI	602 pax/h	
PERSONÁLNÍ OBSAZENÍ	6 pracovníků	7 pracovníků
DÉLKA TRATĚ	30 m	
PROSTOROVÁ NÁROČNOST	300 m²	
PERSONÁLNÍ EFEKTIVITA	100 pax/h/off	86 pax/h/off
PROSTOROVÁ EFEKTIVITA	2 pax/h/m²	

Obrázek 15: Schéma navrhovaného konceptu s 30m tratí

8.3.1. SWOT ANALÝZA NAVRHOVANÉHO KONCEPTU TŘICETIMETROVÉ TRATI

Tabulka 19 představuje SWOT analýzu navrhovaného konceptu s 30m tratí.



<p style="text-align: center;">SILNÉ STRÁNKY</p> <ul style="list-style-type: none"> – Automatická detekce výbušnin – Vyšší komfort cestujících – Možnost implementace dalších algoritmů a pružná přizpůsobivost do budoucna – Trojrozměrný výstup pro lepší rozlišovací schopnosti operátora – Vysoká propustnost 	<p style="text-align: center;">SLABÉ STRÁNKY</p> <ul style="list-style-type: none"> – Náročnější vyhodnocování snímků – Falešné alarmy EDS – Oproti stávajícím RTG vyšší CAPEX, hmotnost a rozměry – Oproti stávajícím tratím mnohem vyšší nároky na prostor a personál na jednu trať
<p style="text-align: center;">PŘÍLEŽITOSTI</p> <ul style="list-style-type: none"> – Snížení RR operátora – Snížení τ díky snížení τ_{divest} a $\tau_{reclaim}$ – Výrazné zvýšení propustnosti trati – Zvýšení bezpečnosti díky lepší detekci výbušných materiálů – Zvýšení spokojenosti cestujících – Zvýšení spokojenosti zaměstnanců – Výrazné zvýšení prostorové efektivity – Výrazné zvýšení personální efektivity – Snížení OPEX 	<p style="text-align: center;">HROZBY</p> <ul style="list-style-type: none"> – Zvýšení DT oproti stávajícím tratím – Vyšší prostorové nároky na stanoviště bezpečnostní kontroly – Propustnost navrhována blíží se maximální teoretické propustnosti, pro její udržení musí všechny technické, organizační i lidské faktory fungovat správně – Pro dosažení uváděných hodnot je potřeba udržet IPP, τ a další proměnné na stanovených hodnotách

Tabulka 19: SWOT analýza konceptu s 30m tratí

Ze SWOT analýzy vyplývá, že oproti měřenému konceptu ATRS s CT zde došlo k eliminaci hrozby plynoucí z nedostatečného snížení OPEX pro kompenzaci vysokých CAPEX díky výraznému zvýšení prostorové i personální efektivity. Naopak se zde vyskytuje výrazný problém s nedostatkem prostoru – tento koncept potřebuje pro svůj provoz větší plochu stanoviště, než jaká bývá u stávajících stanovišť obvyklá. Zároveň však zvládne odbavit na stejné ploše vyšší počet cestujících za hodinu. Z toho vyplývá, že v případě využívání tohoto konceptu dochází ke změně prostorového uspořádání stanoviště – oproti současnému stavu spíše než do šířky potřebuje prostor navíc do délky. Zároveň je pro dosažení uváděné vysoké propustnosti, při které se tento koncept vyplatí provozovat, nutné provozovat trať na hraně maximální teoretické propustnosti CT RTG. Není zde tedy přílišný prostor pro případné technické problémy (např. s rychlostí pohybu přepravků, pro případné zvětšení rozestupů mezi přepravkami atp.) a celý systém musí ze strany techniky i personálu fungovat bezchybně, jinak uváděné vysoké hodnoty propustnosti nebude dosaženo.

8.4. NÁVRH KONCEPTU S PĚTADVACETIMETROVOU TRATÍ

Je logické, že prostorově náročný koncept 30m trati nebude možné využít pro provoz bezpečnostní kontroly na všech letištích. Alespoň částečně zkracuje potřebnou délku tratě následující koncept.

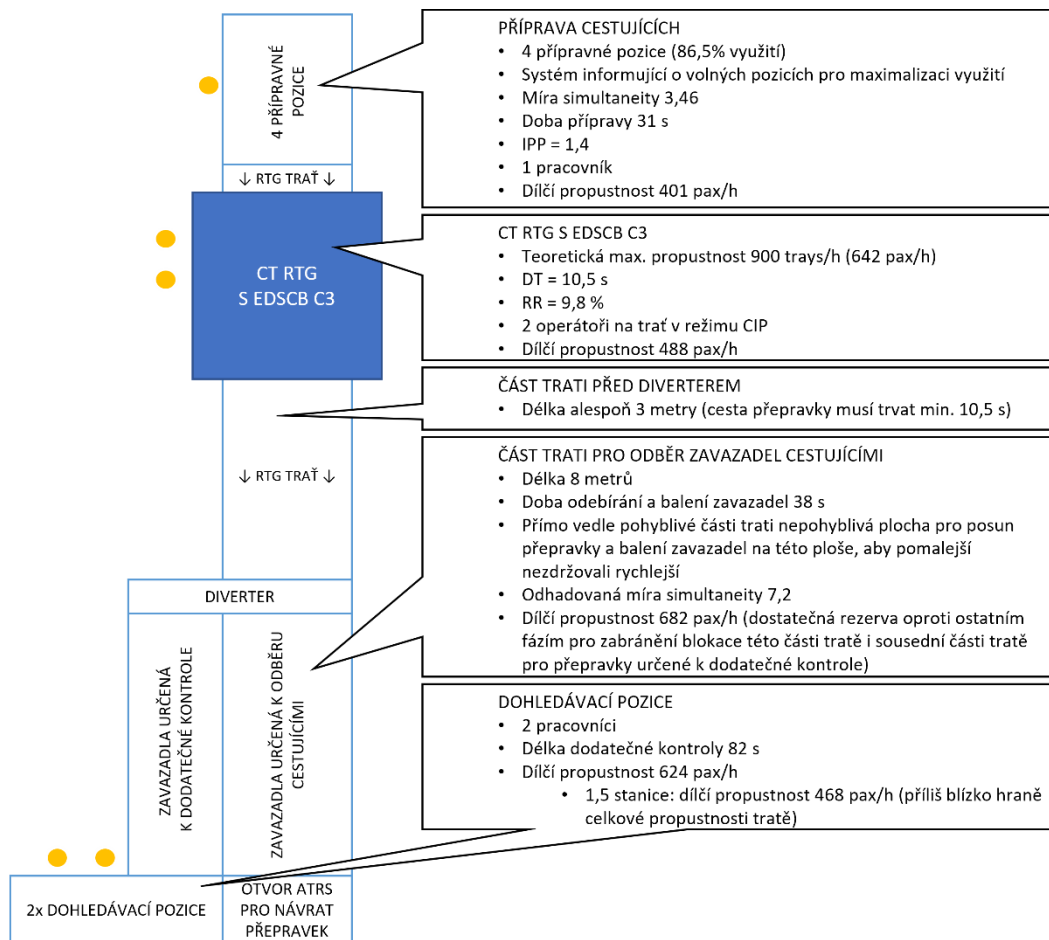
Snížením počtu přípravných pozic na 4 byla omezena propustnost tratě na hodnotu rovnou dílčí propustnosti přípravy, která u čtyř přípravných pozic činí 401 pax/h. Díky tomu lze navrhnout kratší i část tratě pro odebírání zavazadel, neboť celková propustnost



tratě bude touto úpravou snížena o 201 pax/h. Část trati pro přípravu bude tedy snížením počtu přípravných pozic o 2 zkrácena o 3 m.

Snížení celkové propustnosti o 201 pax/h umožňuje snížit požadovanou míru simultaneity ve fázi odebírání zavazadel o 2 cestující v jeden okamžik ($\frac{201}{\frac{3600}{38}}$) na hodnotu 6,8. To umožňuje při IPP 1,4 snížení potřebné délky části tratě pro odebírání zavazadel o délku 3 přepravek, tzn. o cca 2 m, na 8 m, což odpovídá 13 přeprávkám, tzn. 9 cestujícím. Při 80% využití této části tratě se zde současně bude odbavovat 7,2 cestujících (tzn. odhadovaná míra simultaneity na základě délky této části trati je 7,2). Díky tomu lze snížit délku předcházejícího navrhovaného konceptu o 5 m, tj. na 25 m.

Schéma (bez měřítka) tohoto konceptu představuje obrázek 16. Minimální 25% rezerva propustnosti dohledávacích stanic je zachována pouze při 2 dohledávacích pozicích, 1,5 dohledávací pozice představuje dílčí propustnost pouze 468 pax/h. Rozdíl mezi propustností tratě (401 pax/h) a touto dílčí propustností by tak činil pouze 67 pax/h, tj. 17 % propustnosti tratě.



CELKOVÁ PROPUSTNOST TRATI	401 pax/h
PERSONÁLNÍ OBSAZENÍ	5 pracovníků
DÉLKA TRATĚ	25 m
PROSTOROVÁ NÁROČNOST	250 m²
PERSONÁLNÍ EFEKTIVITA	80 pax/h/off
PROSTOROVÁ EFEKTIVITA	1,6 pax/h/m²

Obrázek 16: Schéma navrhovaného konceptu s 25m tratí

8.4.1. SWOT ANALÝZA KONCEPTU S PĚTADVACETIMETROVOU TRATÍ

Tabulka 20 představuje SWOT analýzu navrhovaného konceptu s 25m tratí.



<p style="text-align: center;">SILNÉ STRÁNKY</p> <ul style="list-style-type: none"> – Automatická detekce výbušnin – Vyšší komfort cestujících – Možnost implementace dalších algoritmů a pružná přizpůsobivost do budoucna – Trojrozměrný výstup pro lepší rozlišovací schopnosti operátora 	<p style="text-align: center;">SLABÉ STRÁNKY</p> <ul style="list-style-type: none"> – Náročnější vyhodnocování snímků – Falešné alarmy EDS – Oproti stávajícím RTG vyšší CAPEX, hmotnost a rozměry – Oproti stávajícím tratím vyšší nároky na prostor a personál na jednu trať – Nevyužívá CT RTG plně až k hraně jeho teoretické max. propustnosti
<p style="text-align: center;">PŘÍLEŽITOSTI</p> <ul style="list-style-type: none"> – Snížení RR operátora – Snížení τ díky snížení τ_{divest} a $\tau_{reclaim}$ – Výrazné zvýšení propustnosti trati – Zvýšení bezpečnosti díky lepší detekci výbušných materiálů – Zvýšení spokojenosti cestujících – Zvýšení spokojenosti zaměstnanců – Zvýšení prostorové efektivity – Zvýšení personální efektivity – Snížení OPEX – Díky větší rezervě od max. teoretické propustnosti CT RTG menší riziko nedosažení návrhové propustnosti při nesprávné funkci některých částí systému 	<p style="text-align: center;">HROZBY</p> <ul style="list-style-type: none"> – Zvýšení DT oproti stávajícím tratím – Velký zábor prostoru zvyšující nároky na velikost stanoviště – Pro dosažení uváděných hodnot je potřeba udržet IPP, τ a další proměnné na daných hodnotách

Tabulka 20: SWOT analýza konceptu s 25m tratí

Z této SWOT analýzy vyplývá, že se jedná o určitý kompromis mezi předcházejícím, prostorově náročným konceptem a měřenou tratí. OPEX jsou sníženy díky vysoké personální a prostorové efektivitě, zároveň však stanoviště vyžaduje prostor pouze pro 25 m dlouhou trať, což je o něco realističtější oproti 30m konceptu. Propustnost se zde nepohybuje příliš blízko maximální teoretické propustnosti samotného zařízení, je zde tedy prostor pro případné zpomalení pásu či další modifikace do budoucna, pokud by byly potřeba. Personální i prostorová efektivita je sice oproti 30m konceptu nižší, avšak stále výrazněji vyšší než u měřeného konceptu, což potvrzuje, že toto řešení představuje určitý kompromis mezi 30m a měřenou 20m tratí.

8.5. NÁVRH KONCEPTU S DVACETIMETROVOU TRATÍ

Měřený koncept 20m trati nebyl, jak vyplývá z výsledků měření, zcela ideální. Ne všechna stanoviště, obzvláště ne ta stávající, však umožňují implementaci 25m či 30m tratí kvůli příliš velkým rozměrům a prostorovým omezením. Níže proto navrhuji koncept 20m automatické trati, který by reflektoval potřebné změny a dosáhl vyšší personální a prostorové efektivity než měřený 20m koncept bez nutnosti navyšovat délku na 25 m či 30 m.



Mezi slabá místa uvedená v části 8.2, která lze optimalizovat bez nutnosti navyšovat délku tratě, patří snížení IPP, optimalizace počtu operátorů a počtu pracovníků na dohledávacích stanicích.

Aby propustnost nebyla tolik limitována dílčí propustností přípravných pozic, bude nutné navýšit jejich počet, a to na čtyři přípravné pozice. To představuje délku části tratě s přípravnými pozicemi 6 metrů, ostatní délky vyjma délky části tratě pro odebírání zavazadel, respektive části tratě pro přepravky určené k dodatečné kontrole, budou stejné jako u předchozích konceptů. Na délku části pro odebírání zavazadel a na délku části pro přepravky k dodatečné kontrole tak zbývají pouze 3 metry. To by představovalo prostor pro 5 přepravek, což při IPP 1,4 odpovídá 3 cestujícím. Při 80% využití této části tratě by tak činila odhadovaná míra simultaneity 2,4, což při $\tau_{reclaim} = 38$ s odpovídá dílčí propustnosti této části tratě 227 pax/h. To je nedostatečné.

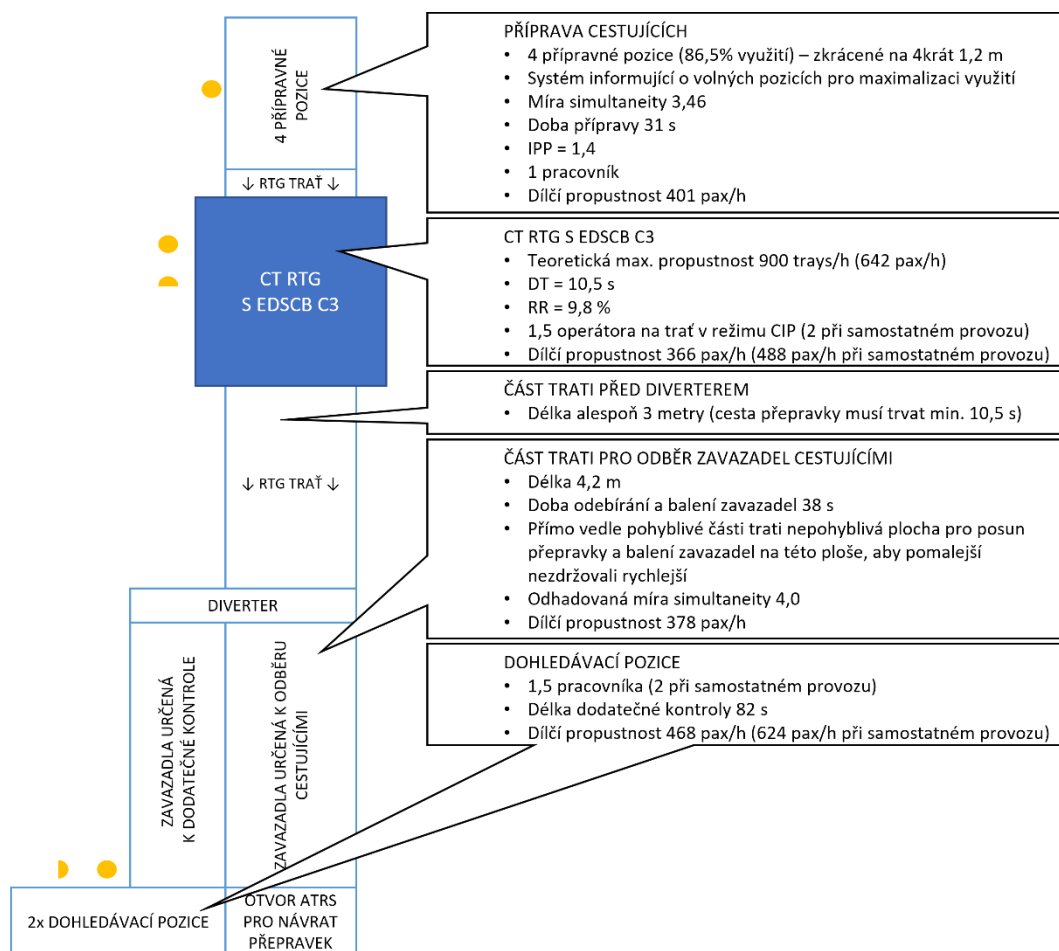
Aby bylo možné dosáhnout délky tratě pouhých 20 m při optimalizovaných podmínkách, je vhodné zmenšit přípravné pozice. Plánovaných 1,5 m představuje vzhledem k délce přepravky 0,6 m, IPP 1,4 a absenci nutnosti vyjímát cokoli z zavazadel poměrně hodně prostoru. Teoreticky totiž u CT RTG s EDSCB C3 není na přípravné pozici kromě plochy pro právě jednu přepravku potřeba dalších ploch – zavazadlo je cestujícím jednoduše vloženo do přepravky a nic se z něj nemusí vyjímát. Větší délka však byla u prostorově velkorysejších konceptů navrhována především kvůli komfortu cestujících, kteří přicházejí k trati s více různými zavazadly či předměty a více prostoru na přípravu podporuje kromě jejich pohodlí i vysoké využití přípravných pozic, se kterým je počítáno. Nicméně u 20m konceptu je vhodné snížit na úkor výše zmíněného velikost jedné přípravné pozice tak, aby byla snížena celková délka trati.

Nejmenší teoretická délka jedné pozice by byla 0,6 m, tj. přesně na délku přepravky. Aby byl ale zajištěn alespoň minimální prostor pro položení přepravek na dvou sousedních pozicích vedle sebe a prostor pro manipulaci cestujícího s příručními zavazadly, pro svlékání svrchních oděvů a další úkony, pro které cestující potřebuje dostatečný prostor respektující cestující na okolních přípravných pozicích, lze za minimální použitelnou délku jedné přípravné pozice považovat hodnotu okolo 1,0–1,2 m. Pro účely konceptu 20m trati bude délka jedné přípravné pozice považována za 1,2 m, celkem tedy příprava zabere 4,8 m z celkové délky trati. To umožní oproti stavu uvažovanému v předchozím odstavci prodloužit část trati pro odebírání a balení zavazadel o 1,2 m. Díky tomu vzroste dílčí propustnost fáze balení a odebírání zavazadel na 378 pax/h, neboť 4,2 m představuje prostor pro 7 přepravek, tj. 5 cestujících. Při 80% využití tak bude činit odhadovaná míra simultaneity, se kterou bude počítáno pro výpočet dílčí propustnosti části tratě pro odebírání a balení zavazadel, 4,0.

Schéma navrhovaného konceptu s 20m tratí (bez měřítka) znázorňuje obrázek 17. Na rozdíl od ostatních navrhovaných konceptů je zde při optimálním personálním obsazení limitující dílčí propustnost operátorů. Pokud by došlo k navýšení počtu operátorů z 1,5 na 2, zvýšila by se propustnost trati pouze o 12 pax/h (další limitující dílčí propustností je propustnost části trati pro odebírání a balení a zavazadel), a došlo by

zároveň k výraznému snížení personální efektivity. Proto bude za optimální počet operátorů považována hodnota 1,5.

Taktěž je patrné, že alespoň 25% rezerva propustnosti dohledávacích stanic zůstala zachována i při počtu 1,5 dohledávací stanice na trať.



	OPTIMÁLNÍ PERSONÁLNÍ OBSAZENÍ	PERSONÁLNÍ OBSAZENÍ PŘI SAMOSTATNÉM PROVOZU
CELKOVÁ PROPUSTNOST TRATI	366 pax/h	378 pax/h
PERSONÁLNÍ OBSAZENÍ	4 pracovníci	5 pracovníků
DÉLKA TRATĚ	20 m	
PROSTOROVÁ NÁROČNOST	200 m²	
PERSONÁLNÍ EFEKTIVITA	91 pax/h/off	75 pax/h/off
PROSTOROVÁ EFEKTIVITA	1,83 pax/h/m²	1,89 pax/h/m²

Obrázek 17: Schéma navrhovaného konceptu s 20m tratí



8.5.1. SWOT ANALÝZA NAVRHOVANÉHO KONCEPTU S DVACETIMETROVOU TRATÍ

Tabulka 21 představuje SWOT analýzu navrhovaného konceptu s 25m tratí.

<p style="text-align: center;">SILNÉ STRÁNKY</p> <ul style="list-style-type: none"> – Automatická detekce výbušnin – Vyšší komfort cestujících – Možnost implementace dalších algoritmů a pružná přizpůsobivost do budoucna – Trojrozměrný výstup pro lepší rozlišovací schopnosti operátora 	<p style="text-align: center;">SLABÉ STRÁNKY</p> <ul style="list-style-type: none"> – Náročnější vyhodnocování snímků – Falešné alarmy EDS – Oproti stávajícím RTG vyšší CAPEX, hmotnost a rozměry – Nevyužívá CT RTG plně až k hraně jeho teoretické max. propustnosti – Využívá menších přípravných pozic za účelem prostorových úspor
<p style="text-align: center;">PŘÍLEŽITOSTI</p> <ul style="list-style-type: none"> – Snížení RR operátora – Snížení τ díky snížení τ_{divest} a $\tau_{reclaim}$ – Zvýšení propustnosti trati oproti stávajícímu stavu – Zvýšení bezpečnosti díky lepší detekci výbušných materiálů – Zvýšení spokojenosti cestujících – Zvýšení spokojenosti zaměstnanců – Zvýšení prostorové efektivity – Zvýšení personální efektivity – Snížení OPEX – Díky větší rezervě od max. teoretické propustnosti CT RTG menší riziko nedosažení návrhové propustnosti při nesprávné funkci některých částí systému 	<p style="text-align: center;">HROZBY</p> <ul style="list-style-type: none"> – Zvýšení DT oproti stávajícím tratím – Pro dosažení uváděných hodnot je potřeba udržet IPP, τ a další proměnné na daných hodnotách – Menší rozměry přípravných pozic zvyšují riziko snižování jejich využití (např. cestující s větším počtem zavazadel může zabrat částečně kromě své přípravné pozice i sousední pozici) – Snížení komfortu cestujících v důsledku snížení rozměrů přípravné pozice – Kvůli návrhu délky jednotlivých částí na hraně potřeb může dojít při nutnosti úprav modulů trati ke snížení propustnosti na úroveň stávajících tratí, tedy k nedostatečné kompenzaci vyšších CAPEX nižšími OPEX

Tabulka 21: SWOT analýza navrhovaného konceptu s 20m tratí

Ze SWOT analýzy vyplývá, že navrhovaný koncept 20m trati sice umožňuje efektivní implementaci CT RTG i v prostorech neumožňujících využít 25m koncept, avšak kvůli snížení délky tratě je zde počítáno s méně komfortní velikostí přípravných pozic, u níž hrozí snížení využití přípravných pozic, tj. snížení jejich dílčí propustnosti. Zároveň je část trati pro odebírání zavazadel nastavena na minimální délku pro dosahování uvedených hodnot propustnosti, což může být riziko v některých situacích, např. při průchodu skupiny s větším počtem zavazadel, tzn. nadprůměrném IPP.

8.6. POROVNÁNÍ NAVRHOVANÝCH A MĚŘENÝCH KONCEPTŮ

Níže v tabulce 22 uvádím vypočítané či naměřené hodnoty pro porovnání měřených a navrhovaných konceptů automatických tratí s CT RTG. Je zde zařazen i současný stav s dvoupohledovými RTG.



TYP TRATĚ:	SOUČASNÁ AUTOMATICKÁ TRATĚ (18 m)	MĚŘENÝ KONCEPT TRATI (ATRS) S CT (20 m)	NAVRHOVANÝ KONCEPT TRATI S CT (20 m)	NAVRHOVANÝ KONCEPT TRATI S CT (25 m)	NAVRHOVANÝ KONCEPT TRATI S CT (30 m)
PROPUSTNOST TRATĚ [pax/h]	170	245	366	401	602
PROSTOROVÁ NÁROČNOST TRATĚ [m ²]	180	200	200	250	300
PROSTOROVÁ EFEKTIVITA TRATĚ [pax/h/m ²]	0,94	1,23	1,83	1,60	2,00
POČET PRACOVNÍKŮ NA TRATĚ [-]	3	5	4	5	6
PERSONÁLNÍ EFEKTIVITA TRATĚ [pax/h/off]	56	49	91	80	100

Tabulka 22: Porovnání konceptů provozu CT RTG

Z tabulky 22 vyplývá, že na provoz stávajících tratí je potřeba nejméně personálu a prostoru. Zároveň však má takovýto koncept zcela jednoznačně nejnižší propustnost, kvůli čemuž dosahuje špatných výsledků v oblasti personální a prostorové efektivity. Taktéž měřený koncept není z hlediska prostorové a personální efektivity vhodný. Z tohoto hlediska se jako nejvhodnější jeví koncept 30metrové automatické trati. Ten je však prostorově velmi náročný, stanoviště s délkou 30 m jsou v současnosti spíše výjimečná, koncept je tedy vhodný spíše pro nově budovaná stanoviště. Konceptem s druhou nejvyšší propustností z uvedených možností je koncept 25m trati. Ten však stále zabírá relativně velký prostor, přičemž oproti navrhovanému konceptu 20m trati nedosahuje takové prostorové efektivity. Navrhovaný koncept 20m trati nabízí oproti konceptu 25m trati také vyšší personální efektivitu, neboť u 25m trati není dostatečný režim 1,5 dohledávací pozice, kdy je jedna pozice společná pro dvě sousední tratě, kvůli stanovené 25% rezervě dílčí propustnosti dohledávacích stanic. Jak však vyplývá ze SWOT analýzy, navrhovaný koncept 20m trati skýtá nevýhody v podobě snížení komfortu cestujících a rizika snížení využití přípravných pozic v důsledku jejich zmenšení. Taktéž je v něm délka části trati pro odebírání zavazadel, jejíž dílčí propustnost limituje celkovou propustnost trati, navržena jako minimální možná, přičemž ji nelze prodloužit, pokud nemá být překročena délka 20 m.

Zároveň je nutné podotknout, že navrhované koncepty počítají s kombinací určitých hodnot IPP, τ_{divest} a dalších hodnot, k jejichž dosažení, jakož i k dosažení uváděných propustností, je potřeba zajištění správné funkce celého systému bezpečnostní kontroly – zajištění dobré informovanosti cestujících, maximalizace využití přípravných pozic, zajištění správné činnosti a spolupráce personálu atp.



9. ZÁVĚR

Z měření, výpočtů a porovnání výsledků v této práci jakožto i ze SWOT analýz jednotlivých konceptů vyplývá potvrzení původní myšlenky a v dostupné literatuře uváděné skutečnosti – CT RTG s EDSCB C3, který nabízí vyšší bezpečnost a komfort, může nabídnout i vyšší efektivitu, a to jak z hlediska celkové propustnosti, tak i z hlediska personální a prostorové efektivity, avšak pro dosažení dobrých výsledků v oblasti efektivity je potřeba zvolit vhodný koncept provozu. Vhodné koncepty se pro různá letiště liší a je potřeba je pro konkrétní implementaci různou měrou individualizovat.

Tato práce navrhla tři koncepty provozu a ohodnotila další dva v reálném provozu využití koncepty, stanovila kritéria pro jejich hodnocení a vyhodnotila, který z těchto konceptů by mohl být nejvhodnější.

Prostorově nejvelkorysejší koncept třicetimetrové automatické trati je vhodný spíše pro nově budovaná stanoviště bezpečnostní kontroly, tedy pro nová nebo rozšiřující se letiště, která plánují odbavovat větší množství cestujících (v řádu tisíců cestujících za hodinu). Díky větší propustnosti na trať bude takovéto stanoviště potřebovat na odbavení stejného počtu cestujících za hodinu jako současná stanoviště méně tratí, a tak bude menší do šířky, jeho délka však bude oproti současnosti vyšší.

Měřený koncept 20m automatické trati může být využit pro stanoviště neumožňující implementaci trati delší než 20 metrů, avšak za předpokladu, že některá slabá místa vyplývající z měření budou optimalizována, jak naznačil navrhovaný koncept 20m trati.

Navrhovaný koncept 25m trati dosahuje oproti navrhovanému konceptu 20m trati mírně horších výsledků v prostorové a personální efektivitě. Stále jsou však tyto výsledky výrazně lepší než u stávajících tratí nevyužívajících CT RTG či u měřeného konceptu 20m trati. Na rozdíl od navrhovaného konceptu 20m trati tento koncept navíc zahrnuje určitou délkovou rezervu jednotlivých částí tratě a zvládne tak dosahovat uváděných propustností i v případě dočasně mírně zhoršených podmínek, např. při dočasném prodloužení průměrného $\tau_{reclaim}$ v důsledku přítomnosti většího počtu rodin s dětmi, pro které je fáze odebírání a balení zavazadel komplikovanější, či v jiných podobných situacích. V případě dostatečných prostorových možností je tedy vzhledem k této skutečnosti vhodnější spíše než navrhovaný koncept 20m trati volit koncept 25m trati. V případě velkých stanovišť s vyšším počtem tratí s vyhodnocováním snímků v režimu CIP lze personální efektivitu tohoto konceptu dále upravit (např. zajistit personální obsazení v podobě 1,2 operátora na trať atp.), a tím dosáhnout s 25m tratí stejných nebo lepších výsledků jako s navrhovaným konceptem 20m trati, avšak bez rizika nedostatečné délkové rezervy tratě pro situace, které jsou z hlediska efektivit nestandardní.

Manuální trať s CT RTG dosahovala relativně nízké propustnosti, její implementace je tedy vhodná spíše na prostorově velmi omezených stanovištích s nízkým provozem, na nichž je ale implementace CT z bezpečnostního hlediska či z hlediska komfortu kontrolovaných osob žádoucí. Těmito případy mohou být např. malá stanoviště bezpečnostní kontroly ve



VIP saloncích, stanoviště ve služebním vchodě pro zaměstnance, případně standardní stanoviště na regionálních letištích s nízkým a občasným provozem.

Koncepty však mohou být upravovány více do detailu – i v rámci jedné délky tratě je možné různě napojovat jednotlivé moduly tratě, případně využívat i šířkového uspořádání a rozmístit přípravné pozice různě i při zvětšení šířky buňky. Díky tomu klesne prostor potřebný pro délku tratě oproti situaci, kdy by byla trať napřímená. Specifika jednotlivých vystavěných či nově stavěných stanovišť a odlišnosti letišť si mohou vyžádat návrhy jiných než uvedených konceptů. Tato práce proto také navrhla kritéria, na základě kterých je možné koncepty hodnotit a případně navrhovat další individualizované koncepty provozu CT RTG.

Relevantnost závěrů této práce byla ověřena při konzultaci a porovnání výsledků se zástupci Letiště Praha, a. s., a nizozemské konzultační společnosti PointFWD.

Z výsledků této práce vyplývá, že CT RTG s EDSCB C3 představují budoucnost detekční kontroly kabinových zavazadel. CT RTG se systémem detekce výbušnin navyšuje úroveň bezpečnosti a má potenciál dalších zlepšování v detekci zakázaných předmětů do budoucna. Zároveň tato zařízení zvyšují komfort pro cestující. Při vhodně zvoleném konceptu navíc může dojít ke zvýšení efektivity stanoviště bezpečnostní kontroly. Případná implementace CT RTG s EDSCB C3 tak může dosahovat pozitivních výsledků v oblastech všech tří požadavků, které jsou na ochranu civilního letectví před protiprávními činy kladeny.



10. Citovaná literatura

1. Koverdinský, Bohdan. *Letecká security – Historie, organizace, standardy a postupy*. Cheb : Nakladatelství letecké literatury Svět křídél, 2014. ISBN 978-80-87567-51-7.
2. Kean, Thomas H., Hamilton, Lee H. a kolektiv. *National Commission on Terrorist Attacks Upon the United States (9/11 Commission)*. [Online] 22. 06. 2004. <http://govinfo.library.unt.edu/911/report/911Report.pdf>.
3. Musil, Lukáš. *Letecké katastrofy a jejich vyšetřování 02*. [editor] Jan Martinec a Otilie Grezlová. 1. Praha : REGIA, s. r. o., 2019. ISBN 978-80-87866-43-6.
4. Prováděcí nařízení Komise (EU) 2015/1998, kterým se stanoví prováděcí opatření ke společným základním normám letecké bezpečnosti. [Online] 2015. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/CS/TXT/HTML/?uri=CELEX:32015R1998&from=CS>.
5. Airport Council International. *ACI Smart Security, Guidance Document: Advanced Cabin Baggage Screening – Computed Tomography (CT)*. 2019.
6. U. S. Department of Transport – Federal Aviation Administration, Office of Civil Aviation Security. *Criminal Acts Against Civil Aviation*. Springfield, USA : National Technical Information Service, U. S. Department of Commerce, 1996.
7. Barnes, Michael. *Mayday: Bomb on Board*. Cineflix Productions, 2015.
8. Letiště Praha, a. s. *Bezpečnostní pravidla: Letiště Václava Havla Praha, Ruzyně – Bezpečnostní pravidla EU v oblasti tekutin, aerosolů a gelů*. [Online] <https://www.prg.aero/bezpecnostni-pravidla>.
9. Air Macau. *Air Macau Limited Presentation on Security Culture*. [Online] <https://www.icao.int/Security/Security-Culture/Presentations1/Air%20Macau%20Limited%20presentation%20on%20security%20culture.pdf>.
10. Bunker, Robert J. *Laptop Bombs and Civil Aviation: Terrorism Potentials and Carry On Travel Bans*. [Online] 2017. <https://trendsresearch.org/insight/laptop-bombs-and-civil-aviation-terrorism-potentials-and-carry-on-travel-bans/>.
11. MI5 – Security Service. *Terrorist Methods – Explosive Devices*. [Online] <https://www.mi5.gov.uk/terrorist-methods>.
12. Hanna, Jason, Martinez, Michael a Deaton, Jennifer. *ISIS publishes photo of what it says is bomb that downed Russian plane*. [Online] CNN, 19. 11. 2015. <https://edition.cnn.com/2015/11/18/middleeast/metrojet-crash-dabiq-claim/index.html>.



13. Zákon č. 49/1997 Sb.; zákon o civilním letectví a o změně a doplnění zákona č. 455/1991 Sb., o živnostenském podnikání (živnostenský zákon), ve znění pozdějších předpisů. [Online] 1997. <https://www.psp.cz/sqw/sbirka.sqw?o=2&T=49>.
14. Úřad pro civilní letectví ČR. Národní programy. *Úřad pro civilní letectví*. [Online] <https://www.caa.cz/ochrana-civilniho-letectvi/narodni-programy/>.
15. European Civil Aviation Conference – Conférence Européenne De L'aviation Civile. *Activities: Security*. [Online] <https://www.ecac-ceac.org/activities/security>.
16. Nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 300/2008 ze dne 11. března 2008 o společných pravidlech v oblasti ochrany civilního letectví před protiprávními činy a o zrušení nařízení (ES) č. 2320/2002. [Online] 2008. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/CS/TXT/HTML/?uri=CELEX:32008R0300&from=CS>.
17. Vyhláška č. 102/1984 Sb., Vyhláška ministra zahraničních věcí o Úmluvě o trestných a některých jiných činech spáchaných na palubě letadla. *Částka 20/1984*. [Online] 1984. <https://www.psp.cz/sqw/sbirka.sqw?cz=102&r=1984>.
18. Vyhláška č. 96/1974 Sb., Vyhláška ministra zahraničních věcí o Úmluvě o potlačení protiprávního zmocnění se letadel. *Částka 17/1974*. [Online] 1974. <https://www.psp.cz/sqw/sbirka.sqw?cz=96&r=1974>.
19. Vyhláška č. 16/1974 Sb., Vyhláška ministra zahraničních věcí o Úmluvě o potlačování protiprávních činů ohrožujících bezpečnost civilního letectví. *Částka 2/1974*. [Online] 1974. <https://www.psp.cz/sqw/sbirka.sqw?cz=16&r=1974>.
20. Ministerstvo dopravy ČR – Úřad pro civilní letectví ČR. Předpis L 17 – Ochrana mezinárodního civilního letectví před protiprávními činy. *Letecká informační služba Řízení letového provozu ČR, s. p.* [Online] https://aim.rlp.cz/predpisy/predpisy/dokumenty/L/L-17/data/print/L-17_cely.pdf.
21. Airport Council International. *ACI Smart Security, Guidance Document: Checkpoint Management*. 2019.
22. Directorate-General for Mobility & Transport of European Commission Official Twitter Account. *Maintaining High EU Standards: Security* (Aviation Strategy of EU). [Online] 2018. https://twitter.com/transport_eu/status/1065883859517091840.
23. ICAO. Module 3: Passenger and Hand Luggage Screening Measures. *ICAO: ICAO/CLAC Workshop on the Course for detection of passengers with suspicious behavior, Lima, Peru, 08 April 2013 to 12 April 2013*. [Online] 2013. <https://www.icao.int/SAM/Documents/DET-SUS-BEAH/M%C3%B3dulo%203trad.pdf>.



24. Amsterdam Airport Schiphol. *Central Security at Schiphol: how does it work?* [Online] Amsterdam Airport Schiphol, 2015. <https://www.youtube.com/watch?v=dmm1pNssf6Q>.
25. Changi Airport Group. *SECURITY: Important information and tips.* [Online] <https://www.changiairport.com/en/airport-guide/departing/security.html>.
26. Letiště Praha, a. s. *Odbavení cestujících: V čem se liší schengenský režim od letů mimo schengenský prostor?* [Online] <https://www.prg.aero/faq-v-cem-se-lisi-schengensky-rezim-od-letu-mimo-schengensky-prostor>.
27. Heathrow. *Plan your journey – Getting around Heathrow: Interactive maps.* [Online] <https://maps.heathrow.com/>.
28. Bates, Joe. *Fraport to take over security duties at Frankfurt Airport. ACI, Airport World.* [Online] 7. 5 2021. <https://airport-world.com/fraport-to-take-over-security-duties-at-frankfurt-airport/>.
29. Canadian Air Transport Security Authority. *About Us. CATSA – ACSTA.* [Online]
30. Airport Council International. *ACI Smart Security, Guidance Document: Passenger Screening.* 2019.
31. Letiště Praha. *Letiště Praha – Bezpečnostní pravidla: Detekční kontrola celotělovými skenery.* [Online] <https://www.prg.aero/sites/default/files/obsah/bezpecnost/Celotelove-skenery.pdf>.
32. Finavia. *Do you know how the X-ray device at airport security screening works? Finavia.* [Online] 2. 11 2018. <https://www.finavia.fi/en/newsroom/2018/do-you-know-how-x-ray-device-airport-security-screening-works>.
33. Airport Council International. *ACI Smart Security, Guidance Document: Cabin Baggage Screening.* 2019.
34. Airport Council International. *ACI Smart Security, Guidance Document: Explosive Detection Systems for Cabin Baggage Screening – Opportunities and Challenges.* 2019.
35. Smiths Detection. *CT scanner gains ECAC and TSA approvals.* [Online] <https://www.smithsdetection.com/insight/aviation/ct-scanner-gains-ecac-and-tsa-approvals/>.
36. Analogic. *ConneCT: The flexible, future-proof solution.* [Online] <https://www.analogic.com/imaging-and-detection/checkpoint/>.



37. Airport Council International. *ACI Smart Security, Guidance Document: Checkpoint design and automation*. 2019.
38. Airport Council International. *ACI Smart Security, Guidance Document: Centralized Image Processing (CIP)*. 2019.
39. European Civil Aviation Conference. *ECAC Common Evaluation Process (CEP) of security equipment: Explosive Detection Systems for Cabin Baggage (EDSCB)*. [Online] 03. 06 2022. https://www.ecac-ceac.org/images/activities/security/ECAC-CEP_Explosive_Detection_Systems_for_Cabin_Baggage_20220603.pdf.
40. CASRA. Science & Security: Issue 25 – Automation Reliability Human-Machine System Performance and Operator Compliance: A Study with Airport Security Screeners Supported by Automated Explosives Detection Systems for Cabin Baggage Screening. *CASRA Newsletter*. [Online] 2021. <https://www.casra.ch/news/>.
41. Breznitz, Sholmo. *CRY WOLF: The Psychology of False Alarms*. New Jersey : Lawrence Erlbaum Associates, Inc., 1984. ISBN 0-89859-296-8.