



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

Yulia Fomicheva

**Využití jednoho pracoviště TWR pro více letišť**

Bakalářská práce

**2016**



**K621**..... **Ústav letecké dopravy**

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

Jméno a příjmení studenta (včetně titulů):

**Yulia Fomicheva**

Kód studijního programu a studijní obor studenta:

**B 3710 – LED – Letecká doprava**

Název tématu (česky): **Využití jednoho pracoviště TWR pro více letišť**

Název tématu (anglicky): Using One TWR for More Airports

**Zásady pro vypracování**

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

- Analýza možností
- Popis technických prvků potřebných pro provoz velkých, středních a malých letišť
- Vytvoření vzoru provozu
- Zhodnocení proveditelnosti a finanční náročnosti

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: Letecké předpisy řady L  
www.eurocontrol.int  
www.saabgroup.com

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Jakub Kraus**

Datum zadání bakalářské práce: **24. října 2014**  
(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: **25. srpna 2016**  
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. Stanislav Szabo, PhD. MBA  
vedoucí  
Ústavu letecké dopravy

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

Potvrzuji převzetí zadání bakalářské práce.

Yulia Fomicheva  
jméno a podpis studenta

V Praze dne..... 30. prosince 2015

## Poděkování

Ráda bych poděkovala všem, kteří mi poskytli informace a podklady k vypracování, zejména pánovi Ing. Milanu Kropáčovi, řediteli sekce prodeje ve společnosti Saab AB. Zvláště děkuji vedoucímu této bakalářské práce Ing. Jakubovi Krausovi za spolupráci, konzultace, odborné rady a připomínky, kterými přispěl k vypracování bakalářské práce. Mé velké poděkování patří také Zdeňku Proskeovi, za cennou pomoc, díky které mohla být tato bakalářská práce sepsána v českém jazyce. V neposlední řadě děkuji své rodině, za poskytovanou morální a materiální podporu během celé doby mého studia.

## Prohlášení

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

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

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

V Praze dne 24. srpna 2016



.....

Yulia Fomicheva

# ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

## FAKULTA DOPRAVNÍ

### VYUŽITÍ JEDNOHO PRACOVIŠTĚ TWR PRO VÍCE LETIŠŤ

bakalářská práce

srpen 2016

Yulia Fomicheva

#### ABSTRAKT

Předmětem bakalářské práce „Využití jednoho pracoviště TWR pro více letišť“ je vytvoření vzoru provozu jedné řídicí věže pro řízení několika letišť na základě konceptu Remote Tower a zhodnocení jeho proveditelnosti. Práce se také věnuje posuzování daného systému z hlediska bezpečnosti, organizace personálu, technických požadavků a z ekonomického hlediska.

*Klíčová slova: vzdálená věž, řízení letového provozu, centrum vzdáleného řízení, multiple tower*

#### ABSTRACT

The bachelor thesis „Using One TWR for More Airports“ is aimed at the creating of a model of single tower operation for multiple airports based on Remote Tower principles and its evaluation. Evaluation of the systém in terms of safety, staff management, technical requirements and economical factors is also in the scope of this thesis.

*Key words: remote tower, air control, remote tower center, multiple tower*

## Obsah

Seznam použitých zkratk	6
1 Úvod	9
2 Analýza možností	11
2.1 Ekonomické aspekty	11
2.1.1 Náklady	12
2.1.2 Přínosy	13
2.2 Technické aspekty	14
2.2.1 Technické požadavky	14
2.2.2 Konfigurace	14
2.3 Bezpečnostní aspekty	17
2.4 Organizační aspekty	18
3 Popis komponentů systému Remote Tower	20
3.1 Popis jednotlivých prvků	20
3.1.1 Kamerový systém	20
3.1.2 Mikrofon	21
3.1.3 Světelné dělo	22
3.1.4 Meteorologické senzory	23
3.1.5 Systémy integrované s věží (světla, alarm, navigační prostředky)	23
3.1.6 OTW obrazovky	23
3.1.7 Systém pro přehrávání audio signálu (reproduktory)	24
3.1.8 Systém zpracování letových dat (FDP)	24
3.1.9 Nástroje pro zlepšení kvality obrazu (Image enhancement)	25
3.1.10 Modul r-TWR	25
3.1.11 Systém zpracování radarových dat (RDP)	26
3.1.12 Automatická meteorologická stanice (AWOS)	26
3.1.13 Systém vzdáleného monitorování (RCMS)	27
3.1.14 Elektronický systém průběhu letu (e-Strip)	28
3.1.15 Subsystém zpracování dat (IDP)	29
4 Vytvoření vzoru provozu	30
4.1 Popis situace	30
4.2 Krosspolární lety	31
4.3 Současná situace a charakteristiky letišť	33
4.3.1 Letiště Norilsk (ICAO: UOOO, IATA: NSK)	33
4.3.2 Letiště Igarka (IATA: IAA, ICAO: UOII)	34
4.3.3 Letiště Turuchansk (IATA: THX, ICAO: UOTT)	34
4.4 Potřebné technické vybavení	35

4.5	Provozní postupy .....	35
5	Zhodnocení proveditelnosti .....	40
6	Závěr .....	42
7	Použité zdroje .....	45
8	Záznam obrázků .....	51
9	Záznam tabulek.....	51
10	Záznam příloh.....	51
	Příloha 1 Mapa Krasnojarského kraje .....	52

## Seznam použitých zkratk

A-SMGCS	Advanced Surface Movement Guidance and Control System
ADS-B	Automatic Dependent Surveillance – Broadcast (Závislý kooperující sledovací systém)
AFIS	Letová informační služba
AFISO	Aerodrome Flight Information Services Officer (Dispečer letové informační služby)
AFTN	Letecká pevná telekomunikační síť
AMAN	Arrival Manager (Systém pro plánování příletů)
An	Antonov (značka letadla)
APP	Přibližovací stanoviště řízení
ATC	Air Traffic Controller (Řídící letového provozu)
ATR	Značka letadla
ATS	Air Traffic Service (Řízení letového provozu)
AWOS	Automated Weather Observation System (Automatická meteorologická stanice)
CFMU	Central Flow Management Unit (Středisko řízení toku letadel)
DMAN	Departure Manager (Systém pro plánování odletů)
DME	Navigační zařízení
ECA	European Cockpit Association (Evropská asociace združení)



	pilotů)
FDP	Flight Data Processing (Zpracování letových dat)
FIR	Flight Information Region (Letová informační oblast)
GND	Stanoviště řízení pozemního provozu
GNSS	Globální družicový polohový systém
HD	Vysoké rozlišení
IATA	Mezinárodní asociace leteckých dopravců
ICAO	Mezinárodní organizace pro civilní letectví
IDP	Information Data Processing (Zpracování informačních dat)
IFR	Pravidla létání podle přístrojů
Il	Iljušin (značka letadla)
ILS	Instrumental Landing System (Přístrojový přistávací systém)
Jak	Jakovlev (značka letadla)
LFV	Luffatsverket (Švédsky národní poskytovatel leteckých navigačních služeb)
MLAT	Multilaterační systémy
NDB	Nesměrový radiomaják
OTW	Out of Window (Pohled z okna)
PSR	Primární přehledový radar

PTZ	Pan-tilt-zoom (Panoráma-náklon-zoom)
RDP	Radar Data Processing (Zpracování radarových dat)
RCMS	Remote Control Monitoring Systém
RCA	Remote Controlled Airport (Vzdáleně řízené letiště)
RTC	Remote Tower Center (Centrum vzdáleného řízení)
RWY	Vzletová a přistávací dráha
r-TWR	Vzdálená věž
ŘLP	Řízení letového provozu
SESAR	Single European Sky ATM Research (Společnost pro technologický výzkum programu „Jednotné evropské nebo“)
SSR	Sekundární přehledový radar
Tu	Tupolev (značka letadla)
TWR	Stanoviště věže
UHF	Ultra High Frekvency (Ultra krátké vlny)
USA	Spojené státy americké
VHF	Very High Frekvency (Velmi krátké vlny)
VOR	Vysokofrekvenční všesměrový maják
WAN	Wide Area Network (Rozsáhlá síť)

# 1 Úvod

Současný svět, ve kterém globalizace propojila ty nejvzdálenější kouty planety, si není možné představit bez letectví. Tento druh dopravy je nejrychlejší, ale zároveň je jedním z nejdražších. Poptávka po letecké dopravě pořád roste, budují se nová letiště, rekonstruují se stará. Ale nákladná infrastruktura a vybavení letišť mají negativní vliv na cenu přepravy, stejně jako služby řízení letového provozu ovlivňují výši nákladů na leteckou dopravu.

Poskytovatelé leteckých služeb a samotná letiště pořád hledají možnost redukování výdajů. Hlavním požadavkem na navrhovaná řešení je zachování bezpečnosti služeb na stejné nebo dokonce vyšší úrovni, proto řešení, jako omezení poskytování služeb ŘLP, nebo zachování neřízeného prostoru na letišti, nehledě na rostoucí počet pohybu, nejsou vhodná.

Jedním z průkopnických způsobů snížení nákladů na služby ŘLP je systém vzdálené věže. Koncepce je jednoduchá: aby se snížily náklady na řízení letového provozu na jednom nebo více letištích, budou se řídit vzdáleně z jiného místa, kde poskytování služeb ŘLP bude ekonomicky výhodnější. Vzdálené řízení letišť může vyřešit problémy týkající se bezpečnosti na neřízených letištích bez vybudovaného pracoviště TWR. Řídicí bude mít k dispozici kompletní data o situaci na letišti a výhled z okna nahradí velké obrazovky, na které se bude živě promítat obraz z letiště. Tento nápad byl poprvé prezentován v roce 2005 ve Švédsku.

Vzdálená věž je zcela nový koncept, proto některé aspekty nejsou stále dostatečně prozkoumané vzhledem k nedostatku dat z oblasti využití v praxi. Obzvlášť se to týká využití vzdálené věže pro řízení dvou a více letišť zároveň (Multiple tower). Momentálně je uveden do provozu systém vzdálené věže jen pro jedno letiště, aplikace tohoto systému na více letišť je ve fázi vývoje. Otázka poskytování služeb ŘLP několika letištím z jednoho pracoviště TWR dosud nebyla náležitým způsobem popsána. Takové instituce a projekty, jako ICAO a SESAR, pracují na bezpečnostních pokynech, posuzují vliv způsobu práce na schopnosti řídicího a hodnotí možná rizika.

Cílem této práce je aplikace dostupných informací pro vytvoření vzoru provozu Multiple tower na reálných letištích a zhodnocení proveditelnosti tohoto řešení v podmínkách zvolených letišť.

Pro dosažení cíle je potřeba sjednotit všechny dostupné informace o využití vzdálené věže, podrobně prozkoumat daný systém a detailně popsat jednotlivé elementy systému. Dále se musí ohodnotit jeho silné a slabé stránky z ekonomického hlediska, z hlediska bezpečnosti, technických požadavků a organizace personálu. Pro vytvoření vzoru provozu systému vzdálené věže na letištích je nutné vyhodnotit současnou situaci na každém z nich a také

podrobně popsat provozní postupy. Aby bylo možné posoudit jeho proveditelnost, je potřeba na základě dostupných údajů přibližně stanovit pořizovací cenu tohoto systému.

Zatím neexistují zřetelné a přesné pokyny potřebné k využití Multiple tower. Přínos dané práce je v tom, že poskytuje souhrnné informace o systému, který v blízké budoucnosti bude mít velké využití, a na příkladu skutečných letišť ukazuje proveditelnost tohoto systému.

## 2 Analýza možností

System vzdálené řídicí věže (dále „vzdálená věž“ nebo „Remote Tower“) představuje zcela nový koncept, který umožňuje poskytovat služby řízení letového provozu na dálku. Je to integrace několika subsystémů, které poskytují přehled o situaci na řízeném letišti a zajišťují dálkové ovládání všech letištních systémů z řídicího centra (RTC).

Daný koncept vznikl ve Švédsku v roce 2005. Po tom, co byla vyhodnocena realizovatelnost a ekonomický přínos daného konceptu, začala v roce 2008 stavba testovací vzdálené věže v Malmö za technické podpory společnosti SAAB Group. Již v roce 2009 proběhlo demonstrativní řízení letiště umístěného 100 km od RTC. V dnešní době se vzdálená věž buduje nebo už je v provozu na několika letištích po celém světě. [2]

V této kapitole jsou podrobněji popsány ekonomické, technické, bezpečnostní a organizační aspekty daného systému.



Obrázek 1 Řídicí centrum v Sundsvalle, Švédsko. Zdroj:

<http://saab.com/ko/region/india/about-saab/stories/saab-india-stories/2015/third-airport-in-sweden-to-be-operated-by-saab-remote-tower-solution/>

### 2.1 Ekonomické aspekty

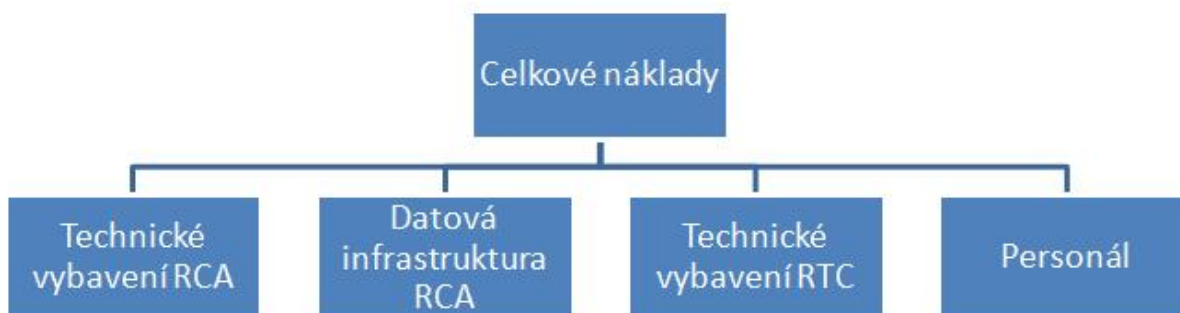
V současné době se mnoho letišť s malým provozem potýká s finančními problémy. Obzvláště se to týká letišť a heliportů v odlehlých oblastech, kde je nízká hustota obyvatelstva a není

ekonomicky výhodné zavádět pravidelný provoz. Jedním z možných řešení je použití systému vzdálené řídicí věže, kdy se několik letišť bude řídit z jednoho pracoviště Remote Tower Center. Tato technologie by mohla pomoci se snížením provozních nákladů letiště, což umožní jeho efektivnější využití. [1]

### 2.1.1 Náklady

Náklady na zavádění systému vzdálené věže jsou závislé na velkém množství faktorů. Největší roli hraje technické vybavení a stav datové infrastruktury na řízeném letišti (RCA). Pod pojmem «technické vybavení» je myšlena přítomnost takových systémů na daném RCA jako: «navigační zařízení (ILS, VOR atd.), primární a sekundární radar, radar pozemního provozu, detektor úlomků a nečistot (kontrola čistoty dráhy) anebo automatické meteorologické stanice.» [2] Jelikož vzdálená řídicí věž je zřídka kdy použitelná bez těchto komponentů. Z finančního hlediska je také důležité, na jakou datovou síť je napojené letiště. Celkové náklady na budování a údržbu tohoto systému lze rozdělit na 4 složky, jak je uvedeno na obrázku 2. [2]

Technické vybavení RTC nebo Remote Tower Control zahrnuje veškeré komponenty, které jsou potřebné v centru řízení vzdálených letišť (jsou podrobněji popsány v kapitole 4). RTC je centrem shromažďování dat ze všech systémů nainstalovaných na řízeném letišti, také se tam nachází pracoviště řídicího letového provozu. Velikost těchto nákladů je individuální, záleží na podmínkách na daném letišti, na počtu řízených letišť, na počtu řídicích letového provozu atd.



Obr. 2 Rozdělení celkových nákladů na zřízení a údržbu systému vzdálené věže. Vlastní tvorba, zdroj dat: [2]

Další významnou složkou jsou náklady spojené s personálem. Zahrnuje to náklady na:

- školení, zaučení a další vzdělávání zaměstnanců (jako například zvyšování kvalifikace)
- mzdy
- zdravotní a sociální pojištění
- zaměstnanecké výhody (rekreace, nadstandardní zdravotní péče, příspěvek na stravování)
- další případné náklady [3]

Týká se to nejen řídicích letového provozu, ale pohotovostních skupin a techniků, kteří se starají o údržbu. Jelikož vzdálená věž je zcela nový koncept, musí být zajištěna vysoká kvalifikace personálu a odpovídající finanční ohodnocení, což přináší značné náklady v této oblasti.

Na druhou stranu, značným problémem pro málo osídlené a odlehlé oblasti s nižší životní úrovní je udržovat dostatečnou kvalifikaci řídicích letového provozu, obsluhujícího personálu a poskytovat jim přiměřenou finanční odměnu. Z tohoto hlediska je výhodnější zřízení vzdálené řídicí věže než budování klasické věže.

### 2.1.2 Přínosy

V porovnání s klasickou letištní věží, zřízení systému Remote Tower může snížit náklady spojené budováním samotné věže, její údržbou, náklady na lidské zdroje. Dalším přínosem je zvýšení flexibility provozu. Ve výsledku se dá očekávat pokles letištních poplatků, poplatků za letové navigační služby a další. Pokles celkových nákladů znamená, že v některých případech bude možné se vyhnout omezení otevírací doby nebo úplnému uzavření letiště. Ve výsledku se dá očekávat získávání nových obchodních partnerů, zvýšení úrovně poskytovaných služeb a větší konkurenceschopnost letiště. [1, 2]

Další velkou výhodou je možnost modernizace malých letišť, v současné době pracujících jen na základě AFIS. Pomocí systému Remote Tower takové letiště bude fungovat jako plně řízené. [6]

## 2.2 Technické aspekty

### 2.2.1 Technické požadavky

Základním požadavkem je napojení letiště na moderní datovou síť dual WAN, která spojí řízené letiště a RTC. Tok informací v obou směrech probíhá právě přes danou síť, která je tvořená zdvojeným optickým kabelem, proto je důležité její zabezpečení a zajištění záložního spojení, které se bude používat v případě poškození hlavního kanálu. Z tohoto důvodu je nutno, aby redundantní kabel byl veden odlišnou cestou. [2]

Při posuzování bezchybnosti a nepřetržitosti daného typu spojení bylo zjištěno následující: „Při dvojnásobném redundantním spojení, s maximálně rozličnou fyzickou trasou, dosahuje kontinuálnost a bezchybnost datového toku 99,999991 % času. Ročně se jedná o přibližně 284 sekund nedokonalého spojení. Při zapojení, v návrhu nepožadované, třetí datové cesty se sníží maximální roční výpadek na 0,85 sekundy.“ [2] Na základě těchto informací se dá usoudit, že se jedná o zanedbatelné chyby a zkreslení dat.

Další nezbytnou složkou systému vzdálené věže jsou radarová data, ze kterých řídicí získává v podstatě veškeré potřebné údaje. Tudíž na potenciálním řízeném letišti mají být k dispozici navigační zařízení, jako VOR a ILS, také primární a sekundární radar.

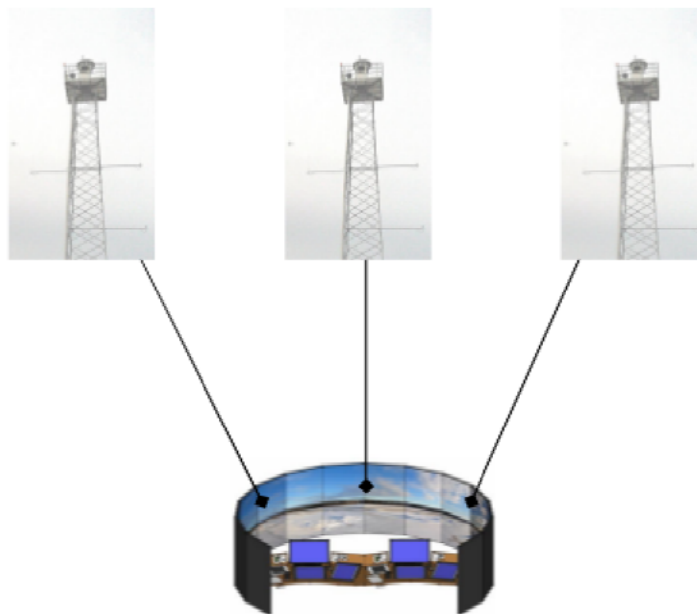
### 2.2.2 Konfigurace

Systém Remote Tower lze používat pro dálkové ovládání jednoho a více letišť. Veškerá data se shromažďují v RTC, kde se nachází pracoviště řídicího – r-TWR modul.

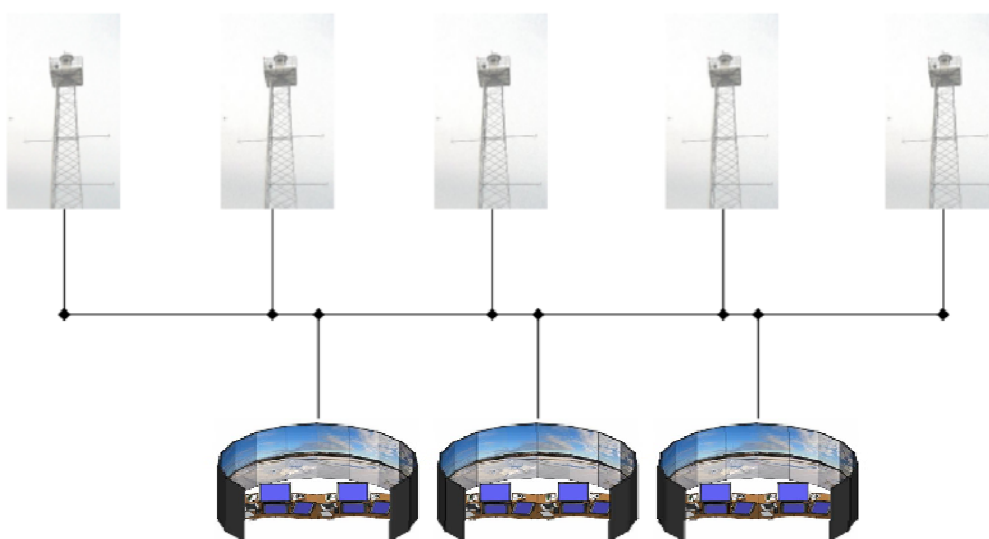
Existují 4 konfigurace systému:

- 1:1 – jeden modul na stanovišti RTC, ze kterého se řídí jedna vzdálená věž na letišti, současně je v provozu na letišti Örnköldsvik ve Švédsku, které je řízeno z letiště Sundsvall
- 1:n (Multiple tower) – jeden modul v RTC a několik r-TWRs na několika řízených letištích (obr. 3)
- n:n (Multiple tower) – z několika modulů se řídí několik různých letišť (obr. 4)
- Contingency tower – jedná se o záložní vzdálenou věž, která se používá v případech, kdy konvenční letištní věž není k dispozici, například při rekonstrukci nebo výpadku z důvodu požáru





. Obrázek 3 Uspořádání konfigurace 1:n. Zdroj: [4]



Obrázek 4 Uspořádání konfigurace n:n. Zdroj: [4]

Ovšem volba konfigurace systému závisí na velikosti letiště, které bude dálkově ovládáno.

- Malé letiště

V případě malých letišť může vzdálená věž plnohodnotně nahradit klasickou věž. Mnoho menších letišť má období s velmi malým nebo dokonce žádným provozem, nebo jsou tam význačné změny objemu provozu v průběhu dne nebo týdne. Zavedení řízení pomocí vzdálené věže by mohlo umožnit lepší využití kapacity takových letišť a pomohlo ušetřit náklady spojené s budováním a údržbou věže.

Například letiště Røst (ICAO: ENRS) na severu Norska se nachází na odlehlém ostrově a obsluhuje průměrně jen 4 pohyby denně. Toto letiště je určené pro obyvatele ostrova a pracovníky ropných plošin. Nedaleko letiště Røst se nachází heliport Værøy (ICAO: ENVR), který také obsluhuje pracovníky ropných plošin. Momentálně tam probíhá testování systému Remote Tower, RTC je umístěno na letišti Bodø, v plánu je obsluhovat více než deset letišť a heliportů v této lokalitě. [2, 4]

- Střední letiště

Vyskytují se případy, kdy jsou letiště s poměrně velkým počtem pohybů denně neřízená, kde by zavedení systému vzdálené věže zajistilo vyšší bezpečnost. Příkladem je Leesburg Executive Airport, Virginia, USA (ICAO: KJYO), které obsluhuje přibližně 265 pohybů denně. Toto letiště je 8 km vzdálené od Dulles International Airport a nemá vybudovanou řídicí věž. V roce 2015 bylo rozhodnuto o testování systému Remote Tower na daném letišti za účelem zvýšení bezpečnosti provozu. [2, 8]

- Velké letiště

System Remote Tower může být také využíván k řízení velkých letišť, v tomto případě se jedná o záložní věž neboli tzv. Contingency tower. Je to vhodný nástroj ke zvládnutí velkého provozu v kritické situaci, např. při výpadku kteréhokoli systému v letištní věži. Pokud na letištní věži dojde k požáru, technickému selhání nebo nastane bezpečnostní problém, řízení převezme vzdálená věž.

V současné době v případě výše uvedených problémů na TWR/GND pracovišti nejsou nouzová opatření na některých velkých letištích schopna zajistit pokrytí provozu v plném rozsahu. Podle předpisu ICAO, pokud služby řízení letového provozu nemohou být poskytnuté běžným postupem, je nutné rozeslat NOTAM, který bude obsahovat relevantní informace a bude specifikován očekávaný čas obnovení ATS. Je patrné, že takový způsob není efektivní, proto využití vzdálené věže může být vhodnou alternativou. Umožní to provozování letiště v normálním režimu, což je velkou výhodou. [4, 5]

## 2.3 Bezpečnostní aspekty

Provozování Remote Tower nesmí mít vliv na bezpečnost a plynulost provozu, kromě toho by měla být kvalita služeb vyšší oproti konvenční věži. Na bezpečnost daného systému se kladou velmi přísné požadavky, neboť selhání může mít fatální následky. [9]

Zjistilo se, že potenciální slabá místa daného systému jsou:

- hardware (kamera, subsystemy ve vzdálené věži atd.)
- datové spojení
- nebezpečí nabourávání systému, viry
- riziko špatného vyhodnocení stavu povrchu RWY a počasí řídicím
- lidský činitel (Multiple tower)

Datová infrastruktura se dá zabezpečit relativně jednoduchým způsobem: dvojitě optické spojení, umístěné co nejdál od sebe. Zabezpečení ostatních technických elementů je ovšem složitější. Během testování systému byly ohlášeny případy, kdy hmyz sedící na kamerách bránil ve výhledu. Jakékoli další výpadky kamery nebo obrazovek na pracovním místě řídicího jsou pravděpodobné během provozu, proto je potřeba vytvořit odpovídající bezpečnostní postupy. [6]

Z podstaty samotného konceptu řízení letiště na dálku plyne další riziko, nabourávání systému. Zabránit útokům a případně minimalizovat jeho následky jsou dvě základní bezpečnostní úlohy. Veškeré palubní, pozemní systémy a přenos dat mezi letadlem a zemí musí být řádně zabezpečené proti útokům, virům a manipulaci s daty. [6]

Další problematický aspekt systému Remote Tower je koordinace úkolů řídicího letového provozu. Samotná struktura systému je složitější než v klasické letištní věži, proto existuje riziko toho, že řídicí se bude více koncentrovat na ovládání rozličných systémů, jako například e-Strip, tudíž bude věnovat méně času sledování pohybů na OTW obrazovce. [6]

Jedním z úkolů řídicího je sledování počasí a stavu povrchu vzletové a přistávací dráhy. V případě dálkového ovládání jsou možnosti vizuálního posouzení těchto parametrů poměrně omezené, a proto je nutná instalace patřičných senzorů na letišti. Pokud takové řešení není realizovatelné například z finančních důvodů, musí být zajištěno školení personálu v tomto zaměření. [6]

Co se týká konceptu Multiple Tower (konfigurace 1:n), je to zcela nové řešení, které vyžaduje

určité změny v práci řídicího letového provozu. Momentálně je certifikován a uveden do provozu pouze typ 1:1, jedná se o švédské letiště Örnköldsvik, které je řízeno z letiště Sundsvall vzdáleného 150 km. Konfigurace 1:n je ve stádiu vývoje, tzn. jsou nedostatky ve vyhodnocení toho, jak uvedené zatížení řídicího může ovlivnit bezpečnost provozu. Musí být prozkoumán vliv lidského činitele v daném typu provozu, zjištěné limity zatížení, aby bylo vyloučeno riziko lidské chyby vzhledem k současnému řízení vícera letišť. Během výzkumů se ukázalo, že v případě řízení dvou a více letišť zároveň roste tzv. „head-down time“, neboli čas, kdy se řídicí věnuje ovládní pomocných systémů a nesleduje pohyby letadel. Tento faktor může negativním způsobem ovlivnit bezpečnost. Další rizika jsou rozptýlení, zmatky spojené například s podobou terénu řízených letišť. Veškeré důsledky musí být podrobně prozkoumané před uvedením Multiple Remote Tower do provozu. [2, 6, 7]

Ovšem ve výzkumech lidského činitele Deutsche Flugsicherung (řízení letového provozu v Německu) a German Aerospace Centre (DLR) se ukázalo, že jeden řídicí na jednom letišti je schopen obsloužit 12 letadel za 45 minut a 23 letadel za 45 minut za pomoci druhého řídicího. Kromě toho se zjistilo, že řídicí letového provozu dokáže obsluhovat 3 letiště zároveň z jednoho RTC. Tudiž se potvrzuje realizovatelnost daného konceptu. [9]

## 2.4 Organizační aspekty

Je známo, že kvalita práce řídicího letového provozu přímo závisí na dovednostech a zkušenostech daného jedince. V odlehlých oblastech se vyskytuje problém udržení zručnosti řídicích spojené s nízkým počtem obsluhovaných letů.

Dalším problémem je obtížnost přilákání nových zaměstnanců do regionů s nižší životní úrovní a zajištění jejich finanční odměny. Z tohoto hlediska koncept vzdálené věže přináší řádu výhod. Jednak, řídicí má dostatečné pracovní zatížení, pokud řídí větší letiště nebo více letišť zároveň. Mimo jiné nemusí být fyzicky přítomen na řízeném letišti, tudíž se řeší problém nedostatku personálu v některých regionech.

Další výhodou daného konceptu řízení letiště je efektivnější rozdělení práce. Fakticky se jedná o efektivní využití přestávek a nočních směn. Mohly by se tím ušetřit personální a provozní náklady.

Na druhou stranu, tento systém má nevýhody nejen z technického hlediska, ale i z personálního. Za prvé, existuje riziko ztráty pocitu „skutečnosti“ řídicího při práci se vzdáleným letištem, které může vyvolat postupné neuvědomování si velké zodpovědnosti. [2] Kromě toho některé organizace, jako například ECA, vyslovují negativní názor na

implementaci Multiple Remote Tower. Jejich argumentem je nedostatek výzkumů v oblasti lidského činitele při dlouhodobém provozu daného systému. [6]

### 3 Popis komponentů systému Remote Tower

Veškeré elementy systému vzdálené řídicí věže mají splňovat určité bezpečnostní požadavky, aby nedošlo k poškození z důvodů nepříznivého počasí. Například systém Remote Tower od společnosti SAAB má následující charakteristiky elementů: jsou elektromagneticky kompatibilní, stupeň ochrany krytem všech prvků je IP66, což znamená, že jsou chráněné před nebezpečným dotykem jakoukoliv pomůckou a úplně chráněné proti vniknutí prachu a vody. Maximální rychlost větru, při které je možné využívání systému, je do 120 km/h, při rychlosti 210 km/h již dojde k poškození jednotlivých komponent systému. [20]

Níže v tabulce 1 je uveden přehled základních komponentů systémů Remote Tower, jsou rozdělené na 2 skupiny: prvky na řízeném letišti (RCA) a prvky ve věži (RTC).

Tabulka 1 Přehled základních komponentů systémů r-TWR. Zdroj dat: [15]

RCA	RTC
Kamerový systém	360° projekce obrazu letiště (OTW obrazovky)
Mikrofony	Systém pro přehrávání audio signálu (Airfield stereo sound)
Světelné dělo (Signal light gun)	Modul r-TWR
Meteorologické senzory	Systém zpracování radarových dat (RDP)
Systémy integrované s věží (světla, alarm, navigační prostředky)	Nástroje ke zlepšení kvality obrazu
	Automatická meteorologická stanice (AWOS)
	Systém vzdáleného monitorování (RCMS)
	Systém zpracování letových dat (FDP)
	Elektronický systém průběhu letu (e-Strip)
	Subsystem zpracování dat (IDP)

#### 3.1 Popis jednotlivých prvků

##### 3.1.1 Kamerový systém

Požadavky kladené na venkovní otočnou kameru jsou velmi vysoké, jelikož obraz a jeho kvalita jsou rozhodující pro řízení letiště. Kamery musí mít vysoké rozlišení (Full HD 1980x1080), 30x optický zoom, obrazovou frekvenci 30 fps, redukci šumu, vysokou citlivost a

kompenzaci protisvětla. Dále musí být vybaveny detekcí pohybu v obraze a krytem pro venkovní použití. [4, 12, 20]

Kamerový systém a světelné dělo se nachází v speciálním kamerovém krytu, kterým je proháněn filtrovaný vzduch. Proud vzduchu se užívá z bezpečnostních důvodů, díky vytvořenému přetlaku se zabrání poškození kamer nečistotami, nebo také ptáky a hmyzem. Fotografie kamerového krytu je na obrázku 7. [2, 4]

Také se používají 2 tzv. PTZ (Pan-tilt-zoom – z angl. panoráma-náklon-zoom) kamery, které jsou vybavené speciálním mechanismem, který zajišťuje horizontální záběr kamery 360° a -90° až +90° vertikální záběr. Tento mechanismus je dálkově ovládaný, umožňuje 30x zvětšení kterékoli oblasti záběru. PTZ kamery v podstatě nahrazují pro ATCO/AFISO dalekohledy. Obraz z těchto kamer se promítá na panoramatické OTW obrazovky. [2, 20]

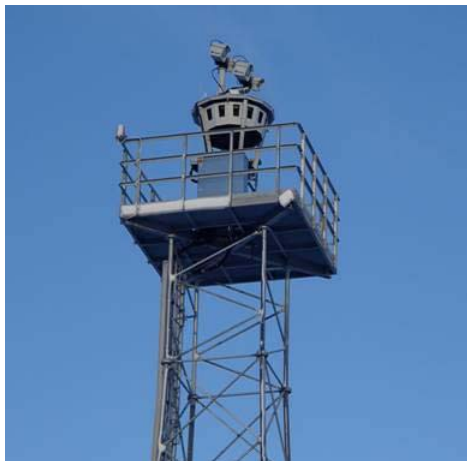
Kromě toho mohou být nainstalované infračervené kamery, které poskytují termografické znázornění dané oblasti. Tohoto rozšíření se využívá jako doplňku kamerového systému v případě nepříznivých okolních podmínek (mlha, tma). Kamery tak zajišťují vyšší bezpečnost řízení, přidávají ATCO/AFISO možnost rozlišovat objekty i za tmy. Situace je ilustrována na obrázku uvedeném níže. [4, 12, 13]



Obrázek 5 Obraz z infračervené kamery. Zdroj [4]

### 3.1.2 Mikrofon

Mikrofon musí být vhodný pro venkovní použití, nízkošumový a v neposlední řadě musí mít vysoké rozlišení. Musí být umístěn mimo kamerový kryt, aby nepřekážel ve výhledu. Standardní počet mikrofonů pro r-TWR je 2. [2]



Obrázek 6 PTZ kamera. Zdroj: [10]. Mikrofony na letišti. Zdroj: [10]

### 3.1.3 Světelné dělo

Světelné dělo umožňuje dávat signály pro letový provoz. Světelné dělo je napojené na PTZ kameru a svítí ve směru natáčení kamery. Je vybaveno zeleným, červeným a bílým světlem, kterého se využívá v závislosti na typu povelu ATC. Přehled používaných signálů je uveden v tab. 2. [4, 11]



Obrázek 7 Světelné dělo napojené na PTZ kameru. Zdroj: [4]. Kamerový kryt. Zdroj: [4]



Tabulka 2 Signály světelného děla. Zdroj [17]

Barva a typ signálu	Letadlo na zemi	Letadlo ve vzduchu
<b>Stálé zelený</b>	Vzlet povolen	Přistání povoleno
<b>Blikající zelený</b>	Pojíždění povoleni	Vrátit se na přistání
<b>Stálé červený</b>	Stop	Dat přednost jinému letadlu a pokračovat po okruhu
<b>Blikající červený</b>	Opustit přistávací plochu v používání	Letiště je nebezpečné, nepřistávat
<b>Blikající bílý</b>	Vrátit se do vychozí polohy na letišti	-----
<b>Střídavý bílý a zelený</b>	Mimořádná výstraha	

#### 3.1.4 Meteorologické senzory

Velmi důležitou roli hrají meteorologické senzory nainstalované na letišti v rámci systému AWOS. Jsou to například senzory, které slouží k měření rychlosti a směru větru, poryvů, teploty vzduchu, rosného bodu, dále k detekci bouřek, blesků. Sestava sady senzorů závisí na typu systému AWOS (viz. Bod 12. AWOS).

#### 3.1.5 Systémy integrované s věží (světla, alarm, navigační prostředky)

Veškeré naváděcí prvky, navigační zařízení (například ILS, VOR, DME) a výstraha jsou ovládané dálkově pomocí tlačítek na jedné z obrazovek modulu r-TWR (obr. 8)

#### 3.1.6 OTW obrazovky

Panoramatické displeje, na které se promítá signál z kamer nainstalovaných na řízeném letišti. Pořadný počet se liší podle počtů kamer na RCA, pohybuje se v rozmezí 8-15 plus 1 záložní. OTW se dá propojit s jinými systémy Remote Tower. Pomocí dodatečné digitální

vrstvy se na displeji bude zobrazovat výstup z PTZ, infračervené kamery a také radarová, nebo meteo data implementovaná do zobrazení letiště. [2, 4]



Obrázek 8 Výstup z PTZ (dole) a sekundárního radaru (nahore) na OTW. Zdroj: [4]

### 3.1.7 Systém pro přehrávání audio signálu (reproduktory)

Sada reproduktorů je rovněž důležitou součástí technického vybavení věže, která doplňuje atmosféru přítomnosti na řízeném letišti, proto musí mít zvuk vysokou kvalitu a také minimální zkreslení. Podle požadavků SESARu minimální počet reproduktorů je 1, maximální není omezen.

### 3.1.8 Systém zpracování letových dat (FDP)

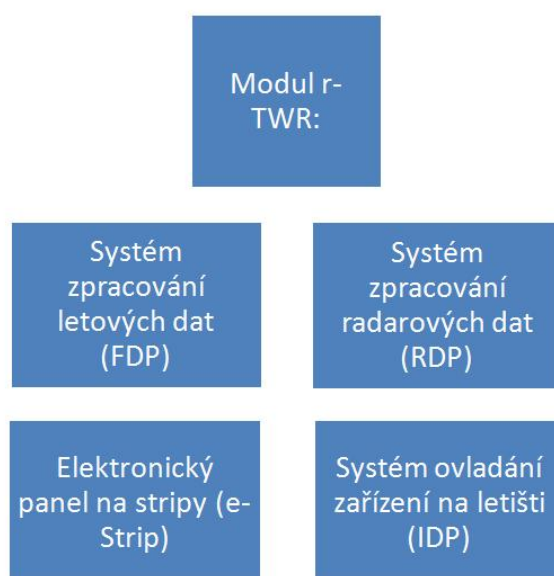
Nástroj pro plánování letů, který generuje, přijímá, aktualizuje, zpracovává a rozesílá letové plány. Byl vyvinut pro zvládnutí velkého množství letových plánů od několika klientů zároveň. FDP spojuje řadu funkcí, například automatické vyhledávání letových plánů, kontrolu formátu ATS zpráv, poskytování dat o stavu počasí. FDP je spojen s několika externími systémy pro sběr a distribuci informací. Informace se sděluje do lokální a vnější sítě (AFTN, CFMU atd.). Díky kontrole příchozích a odchozích zpráv souvisejících s ATS, systém významně zvyšuje rychlost komunikace a snižuje nejen riziko lidské chyby, ale i zátěž pracovníků během špičky. [15, 16]

### 3.1.9 Nástroje pro zlepšení kvality obrazu (Image enhancement)

Tyto nástroje zkvalitní vnímání řídicím vizuálních informací a také zajišťují kvalitní vstupní data pro následující počítačové zpracování.

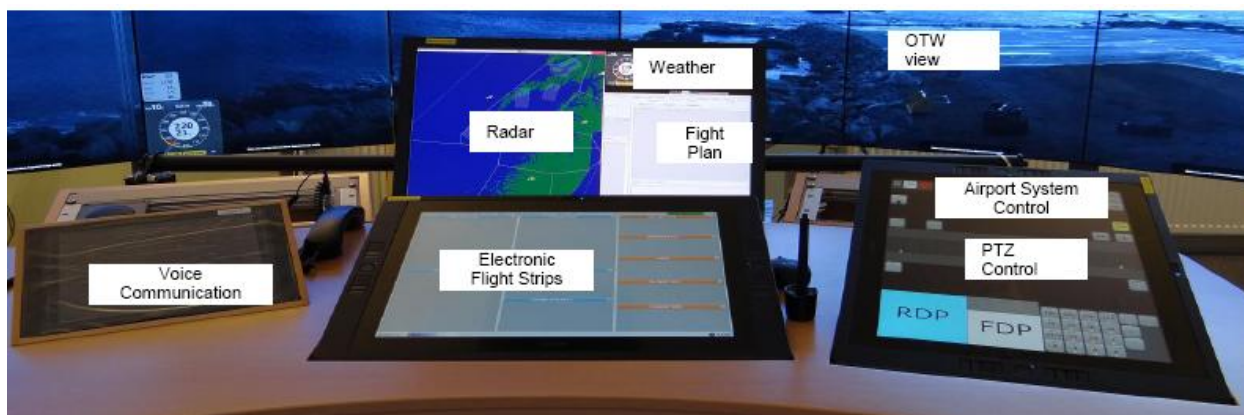
### 3.1.10 Modul r-TWR

Modul r-TWR je pracoviště řídicího, ze kterého je schopen dálkově ovládat veškeré prvky na řízeném letišti. K tomu slouží dotykové ovládací panely ovládané stylusem. Přehled vybavení pracoviště r-TWR je znázorněn na obrázku 9. [2]



Obrázek 9 Schéma vybavení pracoviště r-TWR. Vlastní tvorba. Zdroj dat [12]

Umístění jednotlivých komponent systému je patrné z obrázku 10. Na obrázku 11 je ukázán příklad ovládání prvků na letišti - spuštění alarmu: tlačítka Alert (poplach) a Emergency alarm jsou schovaná za „ochranným sklem“, které řídicí musí nejprve odemknout stylusem a teprve potom může spustit alarm. To zabraňuje náhodnému zmačknutí tlačítek. [4, 12]



Obrázek 10 Uspořádání pracoviště r-TWR. Zdroj [10]



Obrázek 11 Spuštění alarmu. Zdroj [4]

### 3.1.11 Systém zpracování radarových dat (RDP)

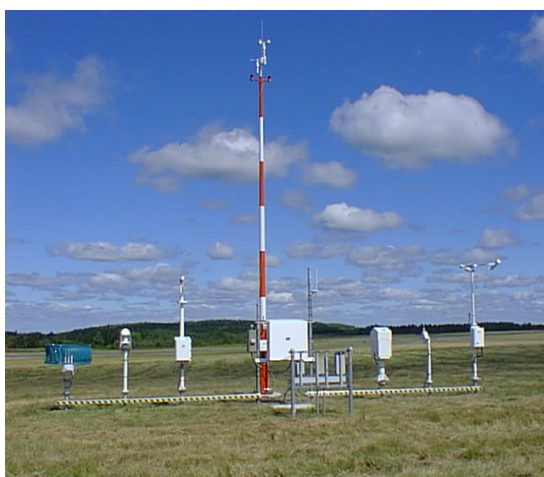
RDP zpracovává radarová data z různých primárních, sekundárních radarů a následně zobrazuje polohu letadla spolu se souvisejícími informacemi, jako například volací značka letadla, nadmořská výška, rychlost vůči zemi, kategorie letadla. Kromě toho RDP spojuje několik funkcí v jednom, jako například manipulace s povolením, koordinace s letovým plánem, ADS-B, informace o počasí. K dalším funkcím patří monitorovací systém a funkce zpětného přehrávání. RDP je kompatibilní s různými typy datových rozhraní, PSR, SSR, MLAT, ADS-B, AMAN, DMAN a dalšími. [16, 21]

### 3.1.12 Automatická meteorologická stanice (AWOS)

Poskytuje informace o aktuálním stavu počasí, měření rychlostí a směru větru, tlaku, teploty na letišti, relativní vlhkost, výšky mraků, viditelnost, detekce blesků a bouřek. Může být

používán zároveň pro několik RWY, má duplicitní senzory. Měření veličiny záleží na typu AWOS, výrobce uvádí, že existuje 6 typů meteorologických stanic:

- AWOS I: Rychlost větru, poryv větru, směr větru, variabilní směr větru, teplota, rosný bod, nastavení výškoměru a nadmořská výška hustoty.
- AWOS II: AWOS I + viditelnost a variabilní viditelnost.
- AWOS III: AWOS II + stav nebe, výška a typ oblačnosti.
- AWOS III-P: AWOS III + aktuální počasí a identifikace srážek.
- AWOS III-T: AWOS III + bouřka a detekce blesku.
- AWOS III-P-T: AWOS III + aktuální počasí a detekce blesku. [11]



Obrázek 12 Systém AWOS. Zdroj: <http://portofpt.com/wp-content/uploads/awos.jpg>.

Uživatelské rozhraní systému AWOS. Zdroj: [14]

Uživatel může prohlížet nejen aktuální údaje získané pomocí systému AWOS, ale také dříve zaznamenaná data. Kromě toho může nastavovat konfiguraci systému, upravovat reporty, sledovat výkon všech částí systému AWOS. Uživatelské rozhraní poskytuje kontrolu kvality údajů, vždy se kontrolují: chybějící data ze senzorů, úplnost údajů pro průměrování, výskyt dat mimo rozsah senzorů. Je-li zjištěn potenciální problém, objeví se výstraha v uživatelském rozhraní. [11, 14]

### 3.1.13 Systém vzdáleného monitorování (RCMS)

Umožňuje efektivní řízení složitých elektronických zařízení (letištní světla, ILS, NDB, VOR, VHF/UHF), systém poskytuje zabezpečení připojených zařízení, je schopen rychle objevovat chyby a nepřesnosti. Kromě toho RCMS systém umožňuje dálkovou údržbu a diagnostické testování v reálném čase. Systém vzdáleného monitorování je vybaven HTML oknem pro čtení dokumentů, hlasovou výstrahou a funkcí předání dat. [15, 16]

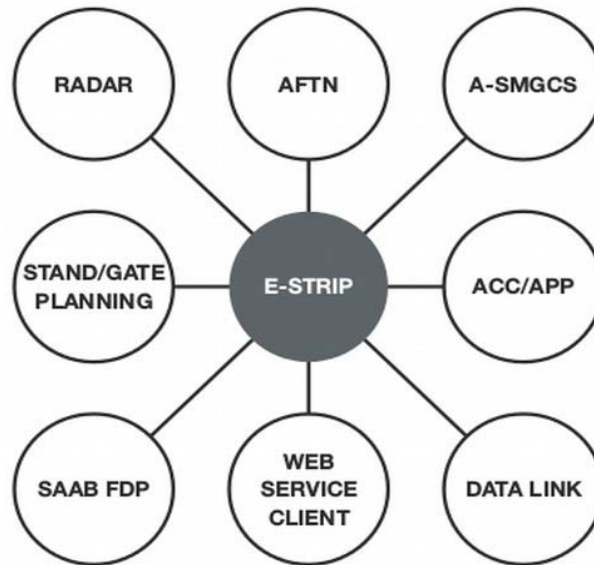
### *3.1.14 Elektronický systém průběhu letu (e-Strip)*

E-Strip je elektronický systém, který je schopen díky své funkčnosti nahradit klasické stripy pro TWR/APP. Klasické papírové stripy mají řadu zřejmých nedostatků: jejich tisk a aktualizace jsou časově velmi náročné, informace, které obsahují stripy, mohou být využívány jen daným řídicím a nakonec možnosti jejich integrace do bezpečnostních sítí jsou velmi omezené. V dnešní době provoz a bezpečnostní požadavky se neustále zvyšují, proto byl vyvinut tento moderní elektronický systém. [16, 18]

E-Strip je snadno konfigurovatelný, lze ho upravit tak, aby vyhovoval řadě různých požadavků daného pracoviště ATC, tento systém může být integrován s ostatními systémy na letišti a ve věži, aby bylo umožněno sdílení informací mezi řídicími. Rozhraní systému e-Strip zajišťuje vykonání veškerých činností stejně jako u papírového stripu, například volný pohyb jednotlivých stripů, přemísťování a psaní poznámek. Kromě toho e-Strip umožňuje dynamické rozdělení/sjednocení rolí a oblastí odpovědnosti mezi jednotlivými pracovišti. Systémem doporučené pohyby stripů budou tedy záviset na roli konkrétního pracoviště. [16, 18]

Tento systém je propojený s dalšími externími systémy, což umožňuje například AFTN/CFMU komunikaci, integraci vydaných povolení, zobrazení dat ze systémů DMAN a AMAN, výměnu, převedení letových plánů a automatické přidělení odstavných ploch. Systém e-Strip také může být integrován A-SMGCS systémem, to umožní interakci letového plánu a radarových dat. [16, 18]

Systém A-SMGCS slouží jako nástroj pro pokročilé navádění, směřování všech letadel a vozidel na letišti, také zajišťuje dohled a kontrolu nad nimi. Data z externích systémů pro sledování letadel, jako je radar, GNSS a MLAT jsou sloučeny a zobrazují se na sensorový displej, každý objekt se zobrazí jako předem nadefinovaný symbol s připojenými dynamickými štítky, přičemž pohyb každého zaznamenaného objektu je korelovaný s odpovídajícím letovým plánem. [16]



Obrázek 13 Rozhraní systému e-Strip. Zdroj [18]

### 3.1.15 Subsystém zpracování dat (IDP)

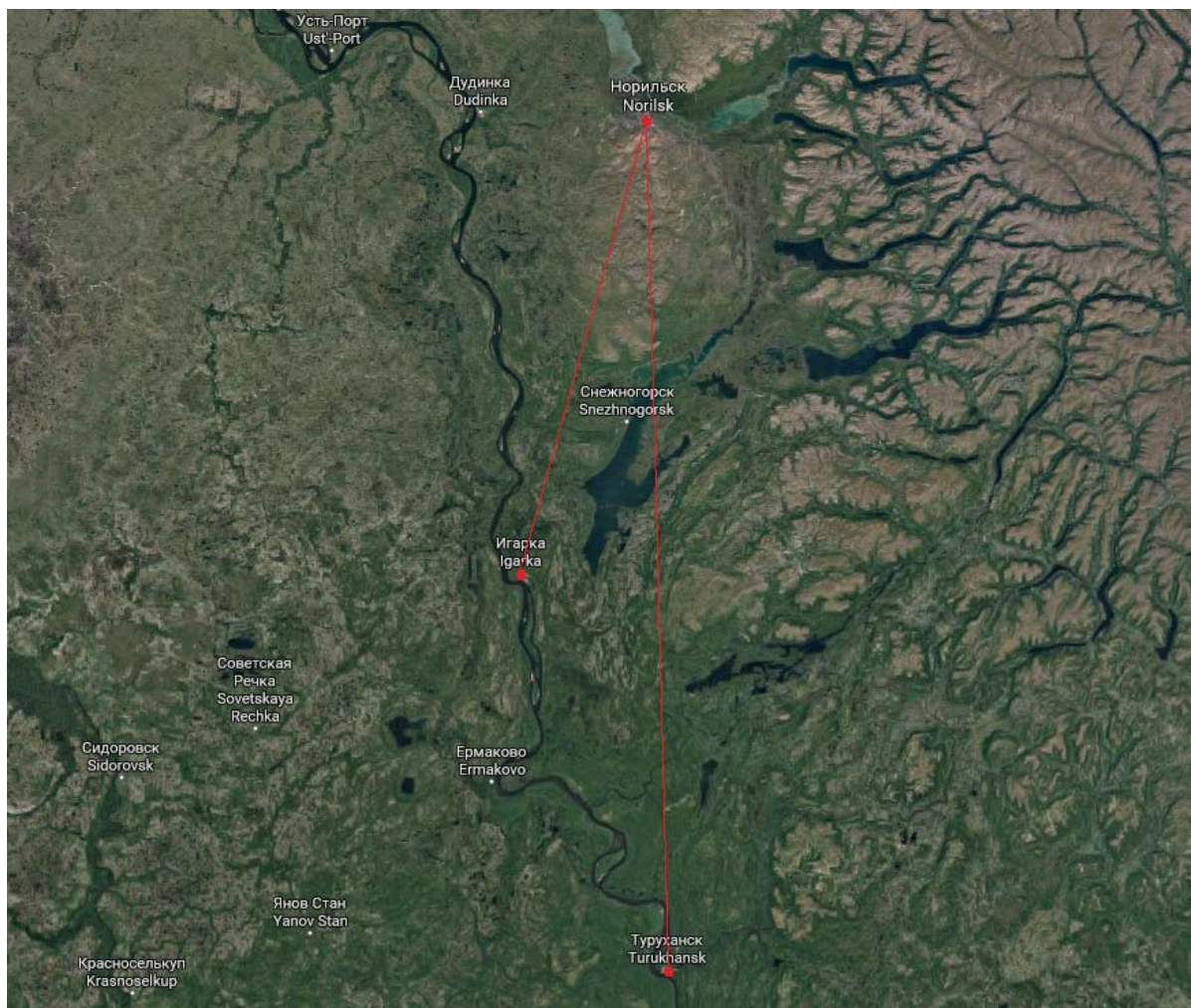
IDP se zaměřuje na 100% věrné zprostředkování vizuálního pohledu tak, aby měl řidič stejný pocit, jako když je na fyzické věži. Tato technologie má název OTW – Out of the Window. Ostatní systémy, jako například RDP, FDP, e-Strip, se integrují do subsystému zpracování dat IDP. Daný subsystém potom poskytuje ovládání a sledování ostatních systémů, umožňuje dohlížet na osvětlení na draze a ovládat jeho. [19]



## 4 Vytvoření vzoru provozu

### 4.1 Popis situace

Pro vytvoření vzoru provozu jsem vybrala 3 letiště na severu Krasnojarského kraje: Norilsk, Igarka a Turuchansk, jejichž rozmístění je patrné z obrázku 14. Umístění Norilsku vůči Krasnojarsku je znázorněno na obrázku 1 v Příloze 1. Jelikož letiště jsou situovaná na území, nad kterým vedou krosspolární letecké cesty a mohou sloužit jako záložní, jejich rozvoj se jeví jako perspektivní. Kromě toho, Igarka a Turuchansk jsou odlehlá města s velmi malým počtem obyvatel, kde zřízení systému Remote Tower pomůže vyřešit finanční problémy a problémy tykající se udržování zručnosti řídicích letového provozu.



Obrázek 14 Rozmístění letišť Norilsk, Igarka a Turuchansk. Zdroj:

<https://www.google.cz/maps>



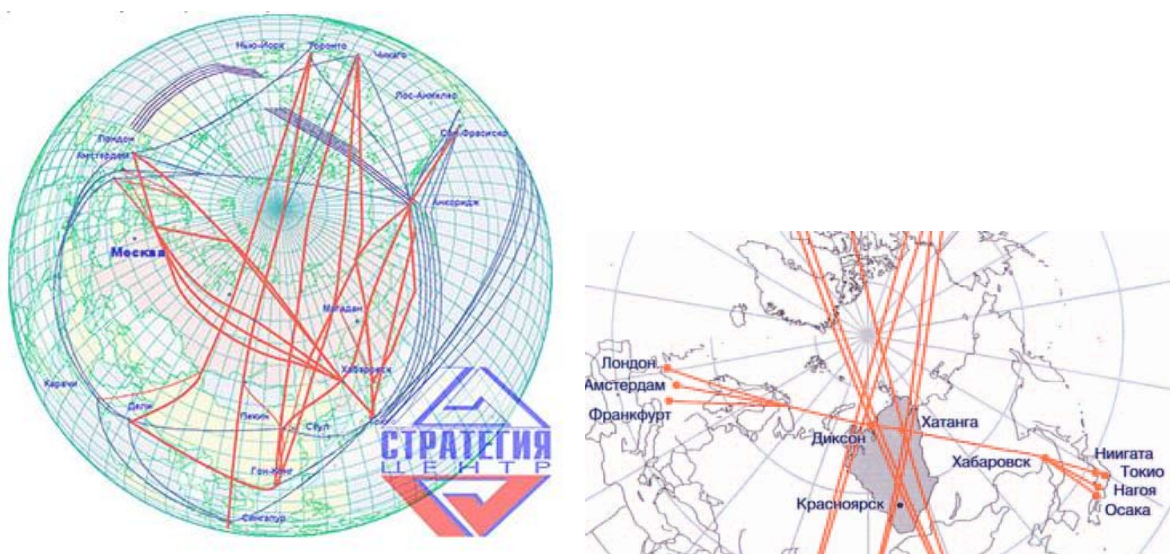
Centrum řízení RTC se rozmístí na letišti v Norilsku, odkud se budou řídit systémy r-TWR na letišti Igarka a Turuchansk. Konfigurace provozu bude tedy 1:2 – dvě vzdálená letiště jsou řízena z jednoho RTC. Vzdálenosti mezi jednotlivými letišti jsou následující:

- Norilsk – Turuchansk: 375 km
- Norilsk – Igarka: 207 km
- Igarka – Turuchansk: 195 km

## 4.2 Krosspolární lety

Krosspolární letecké cesty vedou blízko severního pólu přes Severní ledový oceán a spojují Severní Ameriku s Jižní a Jihovýchodní Asií. Hlavní výhodou těchto cest je snížení nákladů a kratší doba letu. Například doba letu z New Yorku do Hongkongu může být zkrácena z 21,5 hodiny do 15,5 – 16,5 hodin díky přeletu přes severní pól, což ušetří velké množství paliva. [22, 25]

První testovací krosspolární lety začaly v roce 1999. Ruské ministerstvo dopravy nařízením od 21. prosince 2000 zřídilo nad územím Ruské federace 4 krosspolární letecké cesty: Polární 1, 2, 3, 4, z nichž Polární 1 a Polární 2 vedou nad Krasnojarským krajem. Konfigurace cest je uvedena v tabulce 3. Momentálně je jejich počet mnohem větší, viz obrázek 15. [23, 25]



Obrázek 15 Krosspolární cesty nad územím Ruské federace. Zdroj: [38]

V roce 1999 bylo uskutečněno 33 testovacích letů po cestách Polární 2, 3 a 4, letělo se z Chicaga do Hongkongu a z Detroitu do Pekingu. Testovací lety provozovaly 2 američtí letečtí dopravci, kteří nasadili na tyto lety Boeing 747-400. V roce 2000 byl rapidní nárůst testovacích letů, uskutečnilo se jich 332, přičemž se přidala čínská letecká společnost, která na trase Hongkong – Toronto provozovala Airbus A-340. V roce 2001 ruská vláda oficiálně otevřela krosspolární cesty pro zahraniční dopravce. Do 3. čtvrtletí roku 2001 byl pozorován další nárůst počtů letů, ale kvůli událostem 11. září v New Yorku a celkové situaci ve světě počet letů ke konci roku klesl dvojnásobně. [23]

Tabulka 3 Konfigurace základních krosspolárních cest nad územím Ruské federace. Zdroj dat: [23]

Název cesty	Polární 1	Polární 2	Polární 3	Polární 4
<b>1. Počáteční bod</b>	východní a centrální oblasti Severní Ameriky	východní a centrální oblasti Severní Ameriky	západní a centrální oblasti Severní Ameriky	západní a centrální oblasti Severní Ameriky
<b>2. Vstupní bod FIR</b>	ABERI	DEVID	RAMEL	ORVIT
<b>3. Letecká cesta</b>	G489	B480	G491	G494, G495, G496
<b>4. Přes města</b>	Bratsk	Chatanga, Bratsk, Irkutsk	Tixi, Viljujsk, Olekminsk	Čokurdach, Jakutsk, Aldan, Mogoča
<b>5. Bod FIR</b>	SERNA	SERNA	SULOK	SULOK
<b>6. Konečný bod</b>	státy jihovýchodní Asie	Čína, státy jihovýchodní Asie	Čína, státy jihovýchodní Asie	Čína, Tchaj-wan

Využití těchto cest má 3 hlavní výhody:

- zkrácení délky trasy a doby letu
- odpadá nutnost využívání klasických přetížených tras
- slabý nebo skoro žádný protivítr v oblastech kolem pólu. [24]

Existují ale určitá specifika provozu letecké techniky v daných oblastech:

- z důvodu extrémně nízkých teplot vznikají poruchy, které mohou způsobit nehodu, existuje větší riziko vzniku námrazy

- v subpolární zóně se vyskytují poruchy radiového spojení kvůli vstupování radiových vln do ionosférické oblasti, kde je ionizace příliš nízká pro odraz krátkých vln
- satelity na geostacionární dráze nejsou dostupné pro družicovou komunikaci. [24]

Zatím je využití krosspolárních mezinárodních cest v Ruské federaci velmi omezené z důvodu nedostatečně vyvinuté infrastruktury letišť na severovýchodě. Za Uralem jsou pouze 3 letiště, která mají významný počet přepravených osob, nákladů a kde je vybudována moderní infrastruktura.

### 4.3 Současná situace a charakteristiky letišť

#### 4.3.1 Letiště Norilsk (ICAO: UOOO, IATA: NSK)

Letiště Norilsk se nachází na severu Krasnojarského kraje na poloostrovu Tajmyr, je vzdálené 34 km od města Norilsk. Norilsk má více než 177 tisíc obyvatel, hlavním průmyslem je těžba kovů (nikl, platina, kobalt). [26] Letiště Norilsk je federální letiště, které je přidružené k mezinárodnímu z důvodu křížení Transsibiřské a Transatlantické letové cesty. Letiště Norilsk je jedinou spojnici severu Krasnojarského kraje s ostatními regiony, kromě lodní dopravy po řece Jenisej a Severní námořní cesty. [28]



Obrázek 16 Mapa destinačních letišť Norilsk. Zdroj: [http://www.airport-norilsk.ru/karta\\_poletov/](http://www.airport-norilsk.ru/karta_poletov/)

Pět leteckých společností létá z Norilsku do 12 destinací v Rusku. Nejčastější to jsou lety do Krasnojarsku, Novosibirsku, Moskvy, Chatangi a Dixonu, na obrázku 16 jsou vidět další destinace. Podle statistických údajů za rok 2014 počet přepravených osob činil 477 404 osob, množství přepraveného nákladu bylo 15 753,4 tun. [28]

Na daném letišti je k dispozici 1 vzletová a přistávací dráha 3430 m dlouhá a 45 m široká, která má betonový povrch. Letiště odbavuje takové letouny jako Tu-154, Il-76, Airbus A320, Boeing 737, Sukhoj Superjet 100 a všechny typy vrtulníků. [27]

#### 4.3.2 Letiště Igarka (IATA: IAA, ICAO: UOII)

Letiště Igarka je civilní letiště, které se nachází na ostrově ve vzdálenosti 3 km od města Igarka, doprava cestujících a personálu se uskutečňuje trajektem. Počet obyvatel Igarky činí 4975 osob. [26] Na letišti se provozuje regionální doprava, je v provozu 24 hodin denně. Často se využívá jako záložní letiště z důvodu nepříznivého počasí na letišti v Norilsku. [29]

Za rok 2015 byl počet přepravených osob 98 000 a množství přepraveného nákladu 1 500 tun. Převážnou většinu přepravených osob činí pracovníci ropných plošin, jejichž počet v průměru činí 4 500 osob měsíčně, nejčastěji se přepravují z Krasnojarsku. [29]

Na letišti je 1 vzletová a přistávací dráha s betonovým povrchem, její velikost je 2512 x 46 m. Letiště Igarka je schopné obsloužit pravidelné, charterové, výcvikové a zkušební lety. Typy odbavovaných letounů: An-24, Il-76, Tu-134, Tu-154, Jak-42, všechny typy vrtulníků. Dané letiště slouží jako záložní pro všechny typy letounů do 190 tun. Momentálně probíhá oprava RWY, která v budoucnu umožní odbavování kteréhokoli typu letadel. [30]

Na letišti Igarka působí 3 letecké společnosti, které spojují Igarku s Krasnojarskem, Norilskem a Turuchanskem. [29]

#### 4.3.3 Letiště Turuchansk (IATA: THX, ICAO: UOTT)

Turuchansk je obec na severu Krasnojarského kraje, 120 km jižně polárního kruhu. Jeho vzdálenost od Norilsku je 375 km. Počet obyvatel činí 4662. [26] V Turuchansku se nachází pobočka společnosti „Vankorneft“, která se zabývá těžbou ropy a zemního plynu.

Letiště se nachází 2 km na západ od Turuchansku, využívá se hlavně k regionální dopravě. Během jarní a podzimní sezóny je letecká doprava jediným možným druhem dopravy z důvodu sezónního ukončení plaveb po řece Jenisej, absence silnic a železniční

infrastruktury. [32]

Na letišti je k dispozici 1 RWY s betonovým povrchem, která je 1800 m dlouhá a 30 m široká. Infrastruktura letiště Turuchansk umožňuje odbavovat letouny typu An-24, An-32, An-74, ATR 42, Cessna 208 a všechny typy vrtulníků. [31]

Z Turuchansku jsou zavedené spoje do Igarce, které provozuje UTair a do Krasnojarsku, provozované Nordstar Airlines. [33]

#### **4.4 Potřebné technické vybavení**

Aby bylo možné poskytovat služby ATC na dálku musí být vybudovaná datová infrastruktura mezi RTC a řízeným letišťem. Jelikož zvolená konfigurace systému je 1:2, RTC v Norilsku má být propojené datovým spojením s letišťem v Igarce a v Turuchansku. Z bezpečnostních důvodů se musí zajistit také záložní datové spojení. [2]

Na pracovišti RTC má být zajištěno následující vybavení:

- servery
- displeje OTW
- dotykové ovládací panely (r-TWR + pracoviště supervizora)
- systém pro přehrávání audio signálu

Každé ze dvou řízených letišť bude vybaveno prvky:

- HD kamery
- PTZ kamery
- infračervené kamery
- servery
- mikrofony
- světelné dělo
- meteorologické senzory v rámci systému AWOS

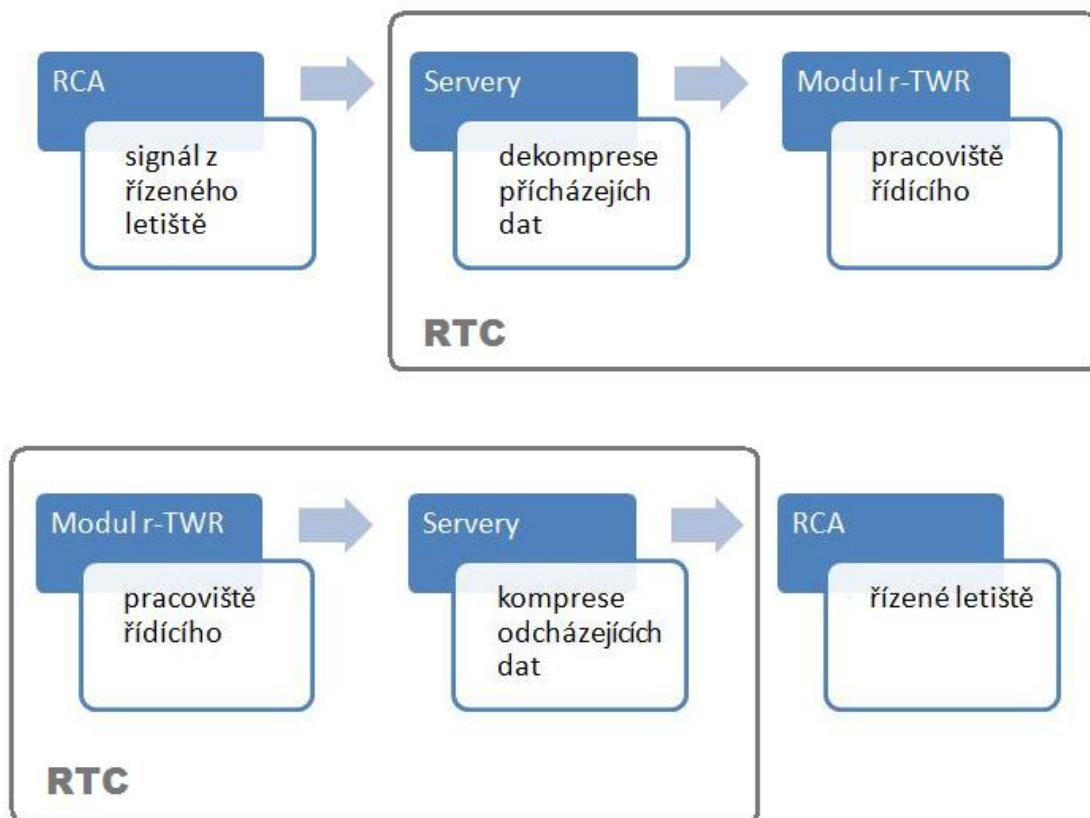
#### **4.5 Provozní postupy**

Centrum řízení RTC se bude nacházet na letišti v Norilsku. V RTC bude nainstalován jeden modul r-TWR, ze kterého se zároveň budou řídit letiště v Igarce a v Turuchansku. V takovém případě se bude jednat o konfiguraci 1:2. Počet potřebných modulů závisí na vytíženosti

řízených letišť. Data o počtech pohybů letadel na daných letištích nejsou dostupná, proto nelze stanovit přesný počet nutných modulů r-TWR. Pokud vytíženost obou letišť bude větší, než kapacita jednoho řídicího, bude nutné přejít na konfiguraci 2:2 a nainstalovat další modul r-TWR.

Princip fungování spojení mezi RTC a řízeným letišťem je zobrazen na obrázku 17.

V RTC se bude nacházet také pracoviště supervizora, který dohlíží na činnost řídicích a jejich pracovní zatížení. Kromě toho je odpovědný za, plánování, koordinaci a monitorování provozu. Na svém pracovišti má k dispozici aktuální data ze všech letištních systémů a také přehled jejich funkčnosti. Supervizor zároveň slouží jako záložní řídicí. [40]



Obrázek 17 Princip výměny informací mezi RCA a RTC. Vlastní tvorba. Zdroj dat: [2]

Řídicí bude získávat veškeré potřebné informace pomocí senzorů, kamer, mikrofónů a dalších systémů nainstalovaných na RCA. Supervizor bude mít také přístup k těmto informacím, aby v případě potřeby mohl zasáhnout.

Fakticky, tok letových dat a hlasové komunikace v systému Remote Tower je stejný jako u

konvenční věže, jediný rozdíl spočívá ve vzdáleném připojení k jednotlivým zdrojům na RCA (čidla, navigační zařízení atd.) a poskytování těchto informací řídicímu prostřednictvím datové infrastruktury. Datová síť je hlavním pilířem systému vzdálené věže, jelikož tento systém funguje na základě vytváření kopií řízeného letiště v RTC a umožňuje jeho řízení v reálném čase. [39]

Výstupy ze všech systémů na každém řízeném letišti se agregují a částečně zpracovávají na letišti, potom se přenášejí přes síť WAN do RTC, kde probíhá dekomprese dat, finální zpracování a následné zobrazení řídicímu. Pro větší přehlednost data z radarů se informace o stavu počasí a mapa letiště zobrazují na displejích OTW a jsou implementované přímo do výstupu z letištního kamerového systému. Informace z centra vzdáleného řízení podléhá obdobné kompresi a přenáší se prostřednictvím WAN na řízené letiště. [2, 39]

V konvenční věži výhled z okna poskytuje informace, na základě kterých se dělají rozhodnutí. Stejný princip platí pro vzdálenou věž, kde řídicí má k dispozici vizuální informace z OTW obrazovek, to znamená, že základní provozní postupy pro řízení letového provozu zůstávají stejné. V případě provozování Multiple tower se musí nadefinovat změny v postupech, týkajících se paralelního řízení dvou letišť jedním řídicím.

V dokumentu ICAO číslo 4444 je uvedeno, že „řídicí musí mít nepřetržitě pod dohledem veškeré operace v okolí letiště, včetně vozidel a obsluhujícího personálu na provozní ploše. Pod dohledem se rozumí vizuální pozorování, které za podmínek nízké dohlednosti musí být rozšířeno o letištní přehledové systémy, pokud jsou k dispozici.“ [41] Na jednu stranu, koncept Multiple tower je v rozporu s tímto předpisem, protože řídicí nemá možnost nepřetržitě dohlížet na jedno letiště, pokud řídí 2 a více letišť zároveň. Na druhou stranu, při omezení dohlednosti řídicího letového provozu z jakéhokoliv důvodu, je jasně daný postup řízení za pomoci letištních přehledových systému. Tudiž pokud je omezení dohlednosti řídicího již „zabudováno“ do konceptu Multiple tower, je možné použít letištní přehledové systémy pro dohled na operace na letišti. [42]

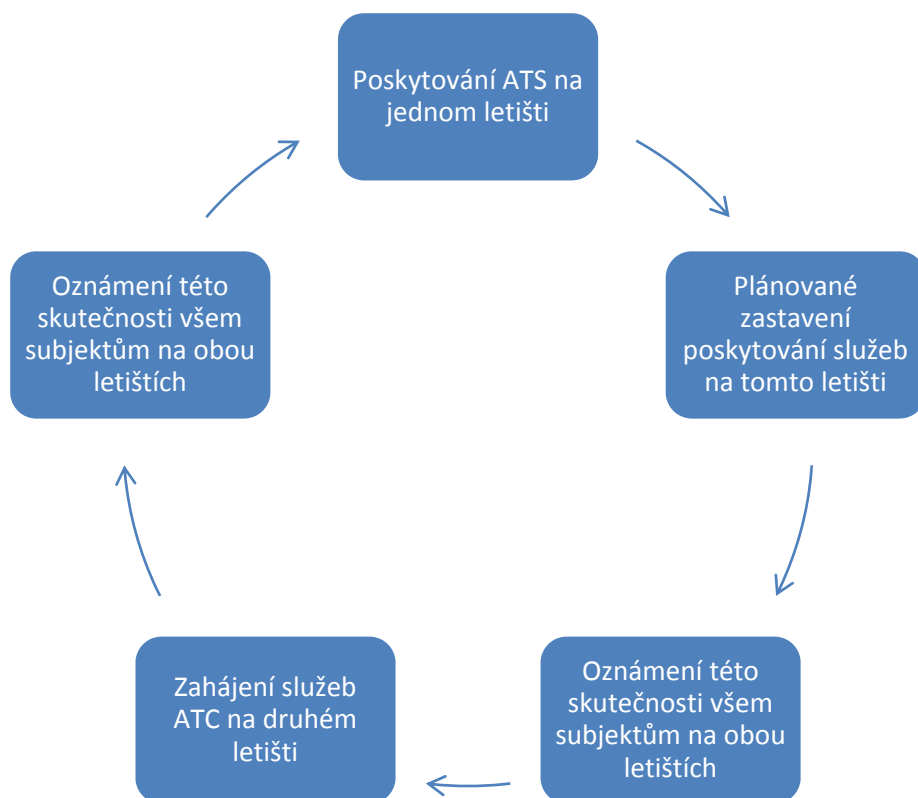
Při řízení dvou letišť najednou musí být přesně koordinován provoz na každém z nich, aby nedošlo k souběžnému pohybu na obou letištích zároveň. Zpoždění letadla na jednom z letišť nesmí ovlivnit provoz na druhém letišti. Pro zamezení takových situací, musí být vyvážená poptávka po ATS a kapacita vzdálené věže. Při plánování je také důležité brát ohled na stav počasí a na neočekávané události, například během špičky. Plánování provozu musí být provedeno nejen z hlediska kapacity jednotlivých letišť, ale i z hlediska kapacity řídicího. Proto je vhodné implementovat Multiple tower především na letištích s relativně malým provozem. [40]

SESAR navrhuje některé postupy, které by mohly odlehčit zatížení řídicího letového provozu v případě provozování Multiple tower.

- seřazení provozu takovým způsobem, aby se vyhnulo řízení více operací najednou (včetně vozidel a obsluhujícího personálu)
- celkové redukování provozu v případě potřeby
- zvýšení počtu řídicích letového provozu v případě potřeby
- rozdělení úkolů (například, řízení pozemních vozidel vykonává jiný řídicí) [42]

Pokud na některém z letišť delší dobu se neočekává provoz (1-2 hodiny pro IFR lety), poskytování služeb ŘLP na daném letišti může být dočasně pozastaveno. [42]

Postup poskytování služeb letového provozu v případě Multiple tower je znázorněn na obrázku 18. Řídicí má možnost v kterýkoliv okamžik se přepnout na jiné letiště. Plánování a koordinace provozu umožní současné řízení dvou a více letišť.



Obrázek 18 Schéma principu poskytování ATS v konfiguraci 1:2. Vlastní tvorba. Zdroj dat:

[40]



Neočekávaná událost na jednom z řízených letišť, která značně zvětší zátěž řídicího, nesmí ovlivnit úroveň bezpečnosti poskytovaných služeb letového provozu. Pokud dojde k takové situaci, jedním z možných řešení je se ujistit, že situace na druhém letišti neohrožuje něčí bezpečnost a dočasně zastavit poskytování ATS na tomto letišti. V případě, že je na druhém letišti provoz a zastavení není možné, další řídicí (nebo supervizor) musí pomoci v poskytování služeb ŘLP. Další možností zvládnutí neočekávané události je předání jednoho ze dvou RCA na jiné pracoviště r-TWR, pokud je k dispozici. [40]

V případě řízení dvou letišť jedním řídicím také existuje riziko zmatení, proto je důležité, aby si řídicí jasně stanovil, které letiště momentálně řídí a se kterými subjekty komunikuje.

## 5 Zhodnocení proveditelnosti

Spojení RTC a řízených letišť má být zajištěno optickým datovým kabelem, standardní optické kabely jsou navrženy pro provoz při teplotě do  $-30^{\circ}\text{C}$ . Jenže v klimatických podmínkách severu Krasnojarského kraje se průměrné teploty v zimě pohybují kolem  $-31^{\circ}\text{C}$  a mohou klesat do  $-53^{\circ}\text{C}$ . Proto je nutno použít speciální kabely a technologii jejich prokládání.

Výrobou takového typu kabelu se v Rusku zabývá dceřiná firma korporace OFS, inovátora v oblasti telekomunikací. Jedním z klíčových procesů při výrobě takového kabelu je správná volba materiálů a speciální technologie výroby. Díky tomu se podařilo dosáhnout malých odchylek v modulu pružnosti vnějšího pláště kabelu pod vlivem velmi nízkých teplot, tím pádem se zachovává elasticita kabelu a je zajištěna stabilita ostatních jeho součástí. Ohybové zkoušky hotového výrobku navíc probíhají při teplotě  $-30^{\circ}\text{C}$  a kabel musí vydržet ohyb na  $90^{\circ}$  během 20 -100 cyklů. [34]

Celkem se musí vybudovat přibližně 582 km datové infrastruktury (375 km od Norilsku do Turuchansku a 207 km od Norilsku do Igarky), proto takové řešení bude dražší než je běžné, ale zajistí bezpečné spojení i při extrémně nízkých teplotách (do  $-60^{\circ}\text{C}$ ). [34]

Dávid Gál ve své bakalářské práci uvádí odhad nákladů na technické vybavení jednoho střediska vzdáleného řízení (dva moduly r-TWR) a dvou řízených letišť **15 545 260 Kč**. [2] Tato částka zahrnuje ceny následujících komponentů:

- HD kamery (21 kusů)
- servery (46 kusů)
- mikrofony (4 kusy)
- PTZ kamery a světelná děla (8 kusů)
- infračervené kamery (1 kus)
- vzduchové kompresory (2 kusy)
- displeje OTW a displeje na pracovišti (24 kusů) [2]

Při srovnání tohoto výčtu elementů s mým seznamem potřebného technického vybavení (viz. Kapitola 5.4 Potřebné technické vybavení) jsem zjistila, že se téměř shodují. V mém seznamu se vyskytují 2 další prvky: systém pro přehrávání audio signálu a meteorologické senzory v rámci systému AWOS. Náklady na reproduktory odpovídající kvality činí přibližně 5000 Kč.

Náklady na systém AWOS se pohybují přibližně v rozmezí 1-10 milionů Kč, v závislosti na

stupni zálohování serverů, čidel a přenosových cest, množství nainstalovaných senzorů atd. Přesná cena se odvíjí také od rozsahu terénních prací (výkopy, sloupy, rozvaděče, betonáž sloupů atd.), proto je velmi obtížné stanovit náklady přesně. [37]

Náklady na rekonstrukce a moderní technické vybavení 1 konvenční věže se pohybují v rozmezí desítek milionů korun. [2] Proto je z ekonomického hlediska výhoda daného systému přímo závislá na počtu řízených letišť. Čím vyšší bude počet RCA, tím větší budou úspory na budování, údržbě a rekonstrukci klasické věže na každém letišti. Ačkoliv podle názoru vedoucího LFV Olle Sundina, může být provozování systému Remote Tower v konfiguraci 1:1 rovněž rentabilní. [37]

Další ekonomická výhoda, kterou přináší systém vzdálené věže, je snížení počtu personálu i personálních nákladů. V tomto případě je velikost úspor přímo úměrná počtu řízených letišť.

Letiště v Norilsku je nově zrekonstruováno, stejně jako letiště Igarka, kde byla rekonstrukce dokončena v roce 2013. Rekonstrukce letiště v Turuchansku je naplánovaná na rok 2020. Z tohoto důvodu by tam byla ekonomicky výhodná instalace vzdálené věže, namísto nákladné rekonstrukce a vybavení konvenční letištní věže. [35, 36]

Jelikož bylo letiště Igarka nedávno zrekonstruováno, vybudování systému vzdálené věže by tam znamenalo další náklady navíc. V tomto případě spočívá ekonomická výhoda v redukování počtu řídicích letového provozu, čímž se dlouhodobě sníží personální náklady. Z důvodu nedostatku dat o personálních nákladech řídicích letového provozu v Krasnojarském kraji, nezahrnuji tyto náklady do hodnocení finanční náročnosti.

Na základě toho se dá usoudit, že zavedení systému vzdálené věže se vyplatí v tom případě, zda potenciální RCA:

- a) jsou napojená na moderní datovou síť
- b) jsou vybavená potřebnými navigačními zařízeními
- c) mají nainstalované senzory počasí
- d) jsou umístěná v odlehlých oblastech, kde je těžší finanční situace a tudíž horší motivace řídicích

## 6 Závěr

Systém vzdálené řídicí věže se jeví jako perspektivní alternativa oproti konvenční letištní věži. Toto tvrzení je zdůvodněno posouzením systému z hlediska rozličných kritérií.

Pokud budeme vycházet z přínosů systému Remote Tower, dá se usoudit, že implementace tohoto systému se kladně projeví na rozvoji malých letišť s nízkým počtem pohybů za rok, dále v odlehlých oblastech s nižší životní úrovní a také v případě neřízených letišť. Nicméně, zřizování vzdálené věže je poměrně drahé a vybraná letiště zpravidla nedisponují velkým rozpočtem, proto bude v některých případech, při zavedení systému Remote Tower, nutná finanční podpora ze strany státu. Flexibilní konfigurace tohoto systému dovoluje jeho účelné využití na letišti jakékoliv velikosti, přičemž se bude v jednotlivých případech vzdálená věž využívat k jinému účelu. Například jako náhrada klasické věže na malém letišti, nebo jako záložní věž na letišti velkém.

Samozřejmě každý sofistikovaný technický systém má své slabé stránky a vzdálená věž není výjimkou. Princip její práce je postaven na přenosu dat z jednoho bodu v prostoru do druhého, proto je jejím nejvíce zranitelným místem datová infrastruktura. Ovšem výrobce počítá s možností poruchy a zajišťuje zabezpečení systému (redundantní vedení kabelu) a také poskytuje dodatečný způsob zabezpečení – přidání dalšího optického kabelu. Ale takové nadstandardní opatření výrazně ovlivní výši nákladů na zřizování systému. Dalším slabým místem systému je riziko nesankcionovatelného zásahu do systému a jeho naborování. Proto je obzvlášť důležité soustředit se na informační bezpečnost daného konceptu a vždy být v tomto směru o krok dopředu.

Z hlediska organizace personálu umožní vzdálená věž efektivnější využití lidských zdrojů a redukování nákladů na zaškolení a trvalé udržování vysoké úrovně kvalifikace. I zde jsou nedostatky, které se ale týkají spíše konfigurace Multiple tower. Jedná se o absenci dat, o vlivu lidského činitele, v dané konfiguraci na bezpečnost řízení letového provozu a také o postupné ztráty pocitu skutečnosti řídicím.

Při podrobném zkoumání jednotlivých elementů systému vzdálené věže bylo zjištěno, že sada základních prvků potřebných pro řízení velkého, středního nebo malého letiště je stejná, může se akorát lišit v doplňkových elementech, které se instalují podle potřeb a finančních možností zákazníka. Jádrem systému Remote Tower je subsystém zpracování dat (IDP), který plní nejdůležitější funkci – zajišťuje řídicímu realistický rozhled a přitom implementuje výstupy z ostatních subsystémů, a také koordinuje všechna přijímaná data.

Pro vytvoření vzoru provozu systému Remote Tower na několika letištích jsem vybrala letiště Norilsk, Igarka a Turuchansk, která se nachází na severu Krasnojarského kraje. Podle mého názoru bude rozvoj letišť v této oblasti aktuální nejen z důvodu jejich blízkosti k ropným nalezištím, ale i kvůli jejich umístění na trase krosspolárních leteckých cest, proto se mohou využívat jako záložní letiště v případě neočekávaných událostí během letů po těchto trasách. To by mohlo napomoci většímu využití krosspolárních cest v Rusku, protože tomu zatím brání slabá dopravní infrastruktura na severu. Investování do této oblasti může v budoucnu přinést Ruské federaci velký zisk z tranzitních poplatků za využití krosspolárních cest na svém území.

Při zhodnocení současné situace na každém z vybraných letišť bylo zjištěno, že jsou dostatečně vybavená pro zavedení systému Remote Tower. Malý provoz na potenciálních řízených letištích v Igarce a Turuchansku vyhovuje požadavkům na implementaci systému Multiple tower. Předpokládaná konfigurace systému v tomto případě bude 1:2 (jeden modul r-TWR a dvě řízená letiště), případně 2:2 (dva moduly r-TWR a dvě řízená letiště) při nárůstu počtu pohybů.

Dále byly zjištěny potřebné elementy pro instalaci na řízených letištích, v RTC a vypracovány provozní postupy. Při zpracování této kapitoly jsem vycházela z bezpečnostních posudků SESAR a technické specifikace systému vzdálené věže. V této kapitole byl také popsán princip toku informací z řídicího centra do řízeného letiště a zpět.

Cílem mé práce bylo zhodnocení proveditelnosti systému Remote Tower v podmínkách zvolených letišť. V této kapitole jsem dospěla k závěru, že přibližnou cenu za zřízení systému vzdálené věže lze určit pouze po inspekci a odborném posouzení stavu jednotlivých letišť. Na příkladu systému AWOS bylo dokázáno, že se cena může pohybovat ve značném rozmezí v závislosti na velkém množství faktorů, jako například rozsah nutných instalačních prací, ceně kabelů, nákladů na budování datové infrastruktury, množství již nainstalovaných senzorů a navigačních zařízení na letištích, které budou následně implementovány do systému vzdálené věže. Z těchto důvodů je velice obtížné zhodnotit přesnou finanční náročnost systému Remote Tower. Proto jsem vycházela ze svých předchozích úsudků a stanovila jsem základní kritéria, kdy bude implementace vzdálené řídicí věže rentabilní.

Také bylo zpracováno zhodnocení proveditelnosti z technického hlediska. Ukázalo se, že hlavním problémem daného systému, v klimatických podmínkách severu, může spočívat v optickém datovém vedení při působení nízkých teplot. Průzkum trhu však v dané oblasti ukázal, že existují technologie, které řeší tento problém a zajišťují vysokou úroveň bezpečnosti datové infrastruktury. Proto je implementace systému vzdálené věže

realizovatelná i v těchto podmínkách.

Věřím, že cíl mé práce byl dosažen a veškeré poznatky, které jsem získala při tvorbě této bakalářské práce, použiji v budoucnu ve své další praxi.

## 7 Použité zdroje

- [1] *SESAR Remote Tower Services* [online]. [cit. 2016-07-26]. Dostupné z: [http://www.sesarju.eu/sites/default/files/documents/reports/SESAR\\_Cards\\_RemoteTowers.pdf](http://www.sesarju.eu/sites/default/files/documents/reports/SESAR_Cards_RemoteTowers.pdf)
- [2] GÁL, Dávid. *Technické, provozní a ekonomické posouzení systému vzdálené řídicí věže*. Praha: ČVUT, 2015. Bakalářská práce. ČVUT v Praze, Fakulta dopravní. Vedoucí práce Ing. Jiří Frynta, Ing. Bc. Jakub Hospodka Ph.D.
- [3] *Čistá mzda tvoří pouhou polovinu nákladů na práci* [online]. [cit. 2016-07-27]. Dostupné z: <http://www.penize.cz/nemocenska/16886-cista-mzda-tvori-pouhou-polovinu-nakladu-na-praci>
- [4] FÄLT, Kari. *SAAB Remote Towers* [online]. [cit. 2016-07-28]. Dostupné z: <http://www.entrypointnorth.com/wp-content/uploads/sites/3/SAAB-Remote-Towers.pdf>
- [5] *REGIONAL ATM CONTINGENCY PLAN TASK FORCE OUTCOMES* [online]., 66 [2016-07-23]. DOI: ATM/SG/2-WP/18. Dostupné z: <http://www.icao.int/APAC/Meetings/2014%20ATMSG2/AI5%20WP18%20Regional%20ATM%20Contingency%20Plan%20Task%20Force%20Outcomes%20with%20attachment.pdf>
- [6] *ECA Position Paper Remote Tower Services* [online]. [cit. 2016-08-07]. Dostupné z: [http://www.eurocockpit.be/sites/default/files/eca\\_position\\_paper\\_rts\\_14\\_1107\\_f.pdf](http://www.eurocockpit.be/sites/default/files/eca_position_paper_rts_14_1107_f.pdf)
- [7] *Multi-Remote Tower Concept of Operation* [online]. [cit. 2016-08-08]. Dostupné z: <http://searidgetech.com/remote-towers/multi-remote-tower-concept-of-operation/>
- [8] *Leesburg Airport To Test Remote Control Tower* [online]. [cit. 2016-08-09]. Dostupné z: <http://www.flyingmag.com/news/leesburg-airport-test-remote-control-tower>

- [9] *Remote Tower Control: Benefits / Concept / Requirements / Equipment / Setup / Success factors* [online]. [cit. 2016-08-15]. Dostupné z: [https://www.dfs.de/dfs\\_homepage/de/Consulting/%C3%9Cber%20uns/News%20&%20Broschh%C3%BCren/Brosch%C3%BCren/RTC.pdf](https://www.dfs.de/dfs_homepage/de/Consulting/%C3%9Cber%20uns/News%20&%20Broschh%C3%BCren/Brosch%C3%BCren/RTC.pdf)
- [10] WILSON, Anna. SWEDISH AIR TRANSPORT SOCIETY. *Remote Tower Concept* [online]. 2011 [2015-07-08]. Dostupné z: [http://www.eesc.europa.eu/resources/docs/anna-wilson2\\_general-secretary\\_-swedish-air-transport-society.pdf](http://www.eesc.europa.eu/resources/docs/anna-wilson2_general-secretary_-swedish-air-transport-society.pdf)
- [11] COASTAL'S AWOS – AUTOMATED WEATHER OBSERVING SYSTEMS – ARE THE MOST ADVANCED AUTOMATED AVIATION WEATHER STATIONS OF THEIR KIND IN THE WORLD. [online]. [16-05-2016]. Dostupné z: <http://www.coastalenvironmental.com/awos.shtml>
- [12] INTEGRATED ATC WORKING POSITION I-TWR. SAAB CORPORATE. *Saab.com* [online]. 2009 [2016-05-12]. Dostupné z: [http://saab.com/globalassets/commercial/security/air-traffic-management-and-airport-security/air-traffic-management-solutions/i-twr/i-twr05\\_proof-red.pdf](http://saab.com/globalassets/commercial/security/air-traffic-management-and-airport-security/air-traffic-management-solutions/i-twr/i-twr05_proof-red.pdf)
- [13] BARROWCLOUGH, Oliver J.D. DEPARTMENT OF APPLIED MATHEMATICS, SINTEF ICT, 1156 OSLO, NORWAY. *Geometric Modellings for 3D Support to Remote Tower Air Traffic Control Operations* [online]. 2015 [2016-05-14]. Dostupné z: [http://www.lr.tudelft.nl/fileadmin/Faculteit/LR/Organisatie/Afdelingen\\_en\\_Leerstoelen/Afdeling\\_C\\_O/Aerospace\\_Management\\_and\\_Operations/ATOS/Papers/2015/CATO2015\\_1\\_2\\_2.pdf](http://www.lr.tudelft.nl/fileadmin/Faculteit/LR/Organisatie/Afdelingen_en_Leerstoelen/Afdeling_C_O/Aerospace_Management_and_Operations/ATOS/Papers/2015/CATO2015_1_2_2.pdf)
- [14] AWOS. AUTOMATED WEATHER OBSERVATION SYSTÉM. *Saab.com* [online]. [2016-05-14]. Dostupné z: <http://saab.com/security/air-traffic-management/air-traffic-management/awos/>
- [15] REMOTE TOWER. *Saab.com* [online]. [2016-05-14]. Dostupné z: <http://saab.com/security/air-traffic-management/air-traffic-management/remote-tower/>
- [16] INTEGRATED AIR TRAFFIC MANAGEMENT SYSTEMS. *Saab.com* [online]. [2016-05-14]. Dostupné z: [http://saab.com/globalassets/commercial/security/air-traffic-management-and-airport-security/air-traffic-management-solutions/i-twr/atm\\_b30006\\_ver3\\_lowres\\_spreads.pdf](http://saab.com/globalassets/commercial/security/air-traffic-management-and-airport-security/air-traffic-management-solutions/i-twr/atm_b30006_ver3_lowres_spreads.pdf)



- [17] *Light Gun Signals* [online]. [2016-07-23]. DOI: 14 CFR 91.125. Dostupné z: <https://www.faa.gov/files/gslac/courses/content/25/181/Light%20Gun%20Signals.pdf>
- [18] *Electronic Flight Progress Strip E-Strip* [online]. [2016-07-23]. DOI: LA-BR-20110216-1. Dostupné z: <http://saab.com/globalassets/commercial/security/air-traffic-management-and-airport-security/air-traffic-management-solutions/e-strip/e-strip-web.pdf>
- [19] KROPÁČ, Milan. SAAB AB. Emailová konzultace: Popis technických prvků systému r-TWR [e-mail]. 2016, 24.7.2016.
- [20] *Saab Remote Tower* [online]. [cit. 2016-07-25]. Dostupné z: [https://onlineexhibitormanual.com/60atcaAnnual/PDF/Brochure\\_exhiReg435926\\_Saab%20Remote%20Tower.pdf](https://onlineexhibitormanual.com/60atcaAnnual/PDF/Brochure_exhiReg435926_Saab%20Remote%20Tower.pdf)
- [21] *Radar Data Processing & Display System (RDPDS), Flight Data Processing System (FDPS) and Simulator System (SIM)* [online]. [cit. 2016-07-25]. Dostupné z: <http://www.cad.gov.hk/english/esd equip.html>
- [22] ROZHKO, M.K. a O.A. KIBALNIKOV. *Vozdushnyi tranzit Rossii: medovyj pryantik ili yabloko razdora? Chast 1* [online]. [cit. 2016-08-21]. Dostupné z: <http://www.aviaport.ru/news/2012/11/19/244031.html>
- [23] GORCHAKOV, Yaroslav Leonidovich. *Krosspolyarnye vozdushnye trassy: analiz dokhodov i investiviy. Izvestiya Irkutskoi gosudarstvennoi ekonomicheskoi akademii* [online]. 2002, (2) [cit. 2016-08-21]. Dostupné z: <http://cyberleninka.ru/article/n/krosspolyarnye-vozdushnye-trassy-analiz-dohodov-i-investitsiy>
- [24] STROKOV, D.E., KISELEV, V.V a A.V. KOCURA. *Aktualnost ispolzovaniya transpolyasnykh vozdushnykh trass. Aktualnye problemy aviacii i kosmonavтики* [online]. 2013, (9) [cit. 2016-08-21]. Dostupné z: <http://cyberleninka.ru/article/n/aktualnost-ispolzovaniya-transpolyarnyh-vozdushnyh-trass>
- [25] GORCHAKOV, Yaroslav Leonidovich. *Ekonomicheskaya effektivnost ispolzovaniya regionalnoi infrastruktury vozdushnogo transporta v mezhdunarodnom tranzite na primere krosspolyarnykh marshrutov* [online]. 2004 [cit. 2016-08-21]. Dostupné z: <http://www.dissercat.com/content/ekonomicheskaya-effektivnost-ispolzovaniya-regionalnoi-infrastruktury-vozdushnogo-transporta>. Dalnevostochnyi Gosudarstbennyi Universitet Putei

soobscheniya. Vedoucí práce B. B. Ignatyev.

[26] Chislennost naseleniya Rossiiskoy Federacii po municipalnym obrazovaniyam. *Federalnaya sluzhba gosudarstvennoi statistiki* [online]. [cit. 2016-08-21].

Dostupné z:

[http://www.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat\\_main/rosstat/ru/statistics/publications/catalog/afc8ea004d56a39ab251f2bafc3a6fce](http://www.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_main/rosstat/ru/statistics/publications/catalog/afc8ea004d56a39ab251f2bafc3a6fce)

[27] *Norilsk (Alykel)* [online]. [cit. 2016-08-21]. Dostupné z:

<http://www.aviapages.ru/airports/81931701010667196.shtml>

[28] Ob aeroportu «Norilsk». *Aeroport Norilsk* [online]. [cit. 2016-08-21]. Dostupné z:

<http://airport-norilsk.ru/about/>

[29] Filial aeroporta Igarka. *FGUP Aviapredpriyatie "Cheremshanka"* [online]. [cit. 2016-08-21]. Dostupné z: <http://www.cheremshanka.ru/page18/>

[30] *Igarka* [online]. [cit. 2016-08-21]. Dostupné z:

<http://www.aviapages.ru/airports/30967851008930840.shtml/>

[31] *Turukhansk* [online]. [cit. 2016-08-21]. Dostupné z:

<http://www.aviapages.ru/airports/252131011100702.shtml>

[32] ISTORICHESKAYA SPRAVKA: Kratkaya istoriya Turukhanskogo rayona. *Turukhanskiy rayon* [online]. [cit. 2016-08-21]. Dostupné z:

<http://www.admtr.ru/content/%D0%B8%D1%81%D1%82%D0%BE%D1%80%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%B0%D1%8F-%D1%81%D0%BF%D1%80%D0%B0%D0%B2%D0%BA%D0%B0>

[33] Onlain-tablo reisov. *NordStar Airlines* [online]. [cit. 2016-08-21]. Dostupné z:

<http://www.nordstar.ru/info/tablo/>

[34] A. SANDALOV, a A. POTYCHKO. Kabeli svyazi: Volokonno-opticheskie kabeli dlya prokladki pri -30°C. *Pervaya milya* [online]. 2012, (4) [cit. 2016-08-21]. Dostupné z:

[http://www.lastmile.su/files/article\\_pdf/3/article\\_3375\\_175.pdf](http://www.lastmile.su/files/article_pdf/3/article_3375_175.pdf)

[35] Zavershem 3-i etap rekonstrukcii aeroporta „Igarka“ (Krasnoyarskii kraj). *Igarka*

*zapolyarnaya* [online]. [cit. 2016-08-21]. Dostupné z:

[http://www.igarka.ru/index.php?option=com\\_k2&view=item&id=97:zavershjon-3-j-etap-rekonstruktsii-aerporta-igarka-krasnoyarskij-kraj&Itemid=268](http://www.igarka.ru/index.php?option=com_k2&view=item&id=97:zavershjon-3-j-etap-rekonstruktsii-aerporta-igarka-krasnoyarskij-kraj&Itemid=268)

[36] Postanovlenie Pravitelstva RF ot 05.12.2001 N 848 (red. ot 29.07.2016) "O Federalnoi celevoi programme „Razvitie transportnoi systemy Rossii (2010 – 2020 gody)“ 15.

Rekonstrukciya aeroportovogo kompleksa (g. Turukhansk, Krasnoyarskii krai).

*KonsultantPlus* [online]. [cit. 2016-08-21]. Dostupné z:

[http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_86305/0e22540a9559114b1cf6cfa06e040257a51b8274/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_86305/0e22540a9559114b1cf6cfa06e040257a51b8274/)

[37] Asset Value. *Air Traffic Management Magazine* [online]. 2015, (2) [cit. 2016-08-22].

Dostupné z: [http://www.think.aero/wp-content/uploads/2015/06/12-13\\_Remote-Towers.at\\_.pdf](http://www.think.aero/wp-content/uploads/2015/06/12-13_Remote-Towers.at_.pdf)

[37] KROPÁČ, Milan. SAAB AB. Emailová konzultáce: Zhodnocení finanční náročnosti systému Remote Tower [e-mail]. 2016, 22.8.2016.

[38] Mezhdunarodnye transportnye koridory (MTK) i mezhdunarodnye transportnye marshruty (MTM). ZAO "*Strategiya - centr*" [online]. [cit. 2016-08-22]. Dostupné z:

<http://strategy-center.ru/page.php?vrub=inf&vparid=487&vid=1123>

[39] Remote Tower Technical Specifications. *SESAR* [online]. [cit. 2016-08-22]. Dostupné z:

[http://www.sesarju.eu/sites/default/files/solutions/6\\_Remote\\_Tower\\_two\\_low\\_density\\_airports\\_TS.pdf?issuysl=ignore](http://www.sesarju.eu/sites/default/files/solutions/6_Remote_Tower_two_low_density_airports_TS.pdf?issuysl=ignore)

[40] Remote Tower - Safety Assessment Report for Multiple Remote Tower. *SESAR* [online].

[cit. 2016-08-22]. Dostupné z:

[http://www.sesarju.eu/sites/default/files/solutions/4\\_Remote\\_Tower\\_two\\_low\\_density\\_airports\\_SAR.pdf?issuysl=ignore](http://www.sesarju.eu/sites/default/files/solutions/4_Remote_Tower_two_low_density_airports_SAR.pdf?issuysl=ignore)

[41] *ICAO Doc 4444: "Procedures For Air Navigation Services - Air Traffic*

*Management*". 15th Edition. 2007.

[42] D35 OSED for Remote Provision of ATS to Aerodromes. *SESAR* [online]. [cit. 2016-08-25]. Dostupné z:  
[http://www.sesarju.eu/sites/default/files/solutions/3\\_Remote\\_Tower\\_two\\_low\\_density\\_airports\\_OSED\\_SPR.pdf?issuusi=ignore](http://www.sesarju.eu/sites/default/files/solutions/3_Remote_Tower_two_low_density_airports_OSED_SPR.pdf?issuusi=ignore)

## **8 Záznam obrázků**

- Obrázek 1 Řídicí centrum v Sundsvalle, Švédsko.
- Obrázek 2 Rozdělení celkových nákladů na zřízení a údržbu systému vzdálené věži.
- Obrázek 3 Uspořádání konfigurace 1:n.
- Obrázek 4 Uspořádání konfigurace n:n.
- Obrázek 5 Obraz z infračervené kamery.
- Obrázek 6 PTZ kamera. Mikrofony na letišti.
- Obrázek 7 Světelné dělo napojené na PTZ kameru. Kamerový kryt.
- Obrázek 8 Výstup z PTZ (dole) a sekundárního radaru (nahore) na OTW.
- Obrázek 9 Schéma vybavení pracoviště r-TWR.
- Obrázek 10 Uspořádání pracoviště r-TWR.
- Obrázek 11 Spuštění alarmu.
- Obrázek 12 Systém AWOS. Uživatelské rozhraní systému AWOS.
- Obrázek 13 Rozhraní systému e-Strip.
- Obrázek 14 Rozmístění letišť Norilsk, Igarka a Turuchansk.
- Obrázek 15 Krosspolární cesty nad územím Ruské federace.
- Obrázek 16 Mapa destinací letiště Norilsk.
- Obrázek 17 Princip výměny informací mezi RCA a RTC.
- Obrázek 18 Schéma principu poskytování ATS v konfiguraci 1:2.

## **9 Záznam tabulek**

- Tabulka 1 Přehled základních komponentů systémů r-TWR.
- Tabulka 2 Signály světelného děla.
- Tabulka 3 Konfigurace základních krosspolárních cest nad územím Ruské federace.

## **10 Záznam příloh**

- Příloha 1 Mapa Krasnojarského kraje

## Пříloha 1 Мапа Krasnojarského kraje



Obrazek 1 Umístění Norilsku vůči Krasnojarsku. Zdroj: google.cz/maps