

NEMZETI KÖZSZOLGÁLATI EGYETEM
HADTUDOMÁNYI ÉS HONVÉDTISZTKÉPZŐ KAR
KATONAI REPÜLŐ INTÉZET
REPÜLÉSIRÁNYÍTÓ ÉS REPÜLŐ-HAJÓZÓ TANSZÉK

A TÁVOLI TORONYIRÁNYÍTÁS (REMOTE TOWER) KONCEPCIÓJA,
KATONAI FELHASZNÁLÁSI LEHETŐSÉGEI ÉS
REPÜLÉSBIZTONSÁGI SZEMPONTBÓL VALÓ VIZSGÁLATA

A témavezető neve, beosztása:

Vas Tímea őrnagy, tanársegéd

Szakfelelős:

Prof. Dr. Kovács László mk. ezredes egyetemi tanár

Készítette:

Setét Alexandra Krisztina honvéd tisztjelölt

Szolnok

2017

Tartalom

1. BEVEZETÉS	3
1.1 Témaválasztás indoklása	3
1.2 A téma aktualitása	3
1.3 Kérdéskör, hipotézis	4
1.4 Módszertan	4
2. A LÉGIFORGALMI IRÁNYÍTÁS EVOLÚCIÓJA.....	5
3. A SESAR KEZDEMÉNYEZÉS KONCEPCIÓJA.....	8
4. A RTWR TECHNOLÓGIA BEMUTATÁSA	13
4.1 Meghatározás.....	13
4.2 A rTWR típusai	17
4.3 A rendszert alkotó technológiák	21
5. A TECHNOLÓGIA ALKALMAZÁSA NEMZETKÖZI ÉS HAZAI VISZONYLATBAN ...	29
5.1. Az rTWR első alkalmazásának színtere- Svédország, Örnköldsvik repülőtér ESNO. 29	
5.2. A technológia hazai megvalósulása – Budapest, Liszt Ferenc Nemzetközi Repülőtér, Ferihegy LHBP.....	32
6. A TECHNOLÓGIA KATONAI MŰVELETEKBEN VALÓ ALKALMAZHATÓSÁGA ...	36
7. KUTATÁSI EREDMÉNYEK	40
ÖSSZEGZÉS.....	46
FELHASZNÁLT IRODALOM	48
ÁBRAJEGYZÉK	51
MELLÉKLET	51

1. BEVEZETÉS

1.1 Témaválasztás indoklása

Negyedéves repülésirányító hallgatóként a szakmai tárgyak megismerése során érdeklődésemet elsősorban a légiforgalmi irányítás, ATC (Air Traffic Control) és annak a légiforgalom szervezés ATM (Air Traffic Management) rendszerében elfoglalt helye keltette fel. A technológiai fejlődés vívmányai, azok implementációja ezen a területen különösen jól megfigyelhetők, nemcsak a polgári, hanem a katonai repülések irányításában. A rendszer igencsak összetett, ami lehetővé teszi a polgári és katonai irányítást, hiszen gyakran eltérő célokkal, eltérő szabályok szerint és nem utolsósorban eltérő repülési profillal rendelkező repülőgépek forgalmi összehangolását igényli az egyre telítettebb európai légtérben.

Kutatásaimat ezért az Egységes Európai Égbolt ATM Kutatások (Single European Sky ATM Researches, továbbiakban SESAR) különböző területeire koncentráltam, annak céljaira és pontosabb megismerésére. Munkám során igazán a távoli toronyirányítás (Remote Tower, továbbiakban: rTWR), mint technológia és lehetőség működése, története foglalkoztatott, ami egyike a már említett SESAR eredményeinek. Mint jövőbeli katonai légiforgalmi irányítót, elsősorban azok a kérdések foglalkoztatnak, hogy mennyiben képes polgári viszonylatban is biztonsággal üzemelni, valamint vajon a r-TWR technológia előnyei mennyiben alkalmazhatók a katonai repülőtereken és vajon ugyanazon elvek mentén implementálható vagy sem, mint a polgári repülőtereken. A polgári légiközlekedésben a kutatás-fejlesztés eddigi eredményei azt igazolják, hogy növeli a repülésbiztonsági faktort, valamint nagyobb gazdasági hatékonyságot biztosít a légiközlekedés területén, elsősorban a repülőtereken. Témaválasztásomat a kíváncsiság, a tudásvágy, és a kutatómunka élvezete jellemzi, valamint a téma iránti elkötelezettségem indokolja.

1.2 A téma aktualitása

Napjainkban a megnövekedett légi forgalom kezelése rendkívüli technológia fejlettséget, human erőforrást, elméleti tudást és tapasztalatot igényel. Ennek kapcsán számos kutatás van folyamatban a világon, az aktuális problémák, valamint a prognosztizálható forgalomművekedés hatásainak, következményeinek megoldására, továbbá a fejlesztések jövőbeni alkalmazásának támogatására.

Ezen fejlesztések egyike, mellyel dolgozatomban foglalkozom, az úgynevezett r-TWR kutatás, amely implementációja előre mozdíthatja a repülésbiztonságot, megkönnyítheti a repülőterek forgalomszervezését, csökkentheti és még tervezhetőbbé teszi a légi forgalom növekedéséből

adódó túlterheltséget a humán erőforrás, a repülőtéri infrastruktúra és a légtérfelhasználás tekintetében. A rTWR eddigi alkalmazására történő kutatások és törekvések a biztonságnövelő és légiforgalom szervezési kérdések megoldása mellett, leginkább annak költséghatékonyságát és gazdaságos üzemelést eredményező sajátosságait részesítik előnyben. Ez annak köszönhető, hogy a technológia lehetővé teszi a légitársaságok számára, hogy olyan távoli és kevésbé forgalmas repülőtereket is felvegyenek célállomásaik közé, melyek eddig a légiforgalmi szolgáltatások alacsony szintje miatt látókörükön kívül voltak.

1.3 Kérdéskör, hipotézis

A dolgozatom célja bemutatni a távoli irányítótorony koncepcióját az alapkutatásokról kezdődően, valamint támogatni vagy elvetni azon hipotézisemet, miszerint a rendszer a polgári alkalmazás eddigi tesztjei és tapasztalatai alapján, hasonló okokból kifolyólag a katonai repülőtereken is sikerrel és biztonságosan alkalmazható. Továbbá elemezni kívánom a rendszer repülésbiztonsági aspektusait, ezeken belül megválaszolni a megváltozott munkakörnyezetből adódó humán tényezőket és a rendszerbiztonsági szempontokat illető kérdéseket.

1.4 Módszertan

Dolgozatom megírásához primer és szekunder forrásokat egyaránt alkalmaztam, könyvtári kutatásokat végeztem, tanulmányoztam a hatályos jogszabályokat, előírásokat, ezzel adva egy alapot a téma feldolgozásához. A személyes konzultációk során információkat gyűjtöttem a légi forgalomirányítási folyamatokról, a légiközlekedési és légiforgalmi kutatásokról, azon belül is a távoli toronyirányítás fogalmáról, a felmerülő kérdésekről, jövőbeni fejlesztésekről. A munkámat egy kérdőív alapú kutatásra alapoztam, mely nagyban hozzájárult a végleges eredményekhez.

A kutatási eredmények hasznára válhatnak a rendszert megismerni kívánó érdeklődőknek, átfogó képet kaphatnak az alkalmazás körülményeiről, előnyeiről és hátrányairól, a katonai alkalmazás kérdéseiről és felmerülő akadályairól, valamint a repülésbiztonság tekintetében kialakult, esetlegesen az előzőleg fel nem fedezett hiányosságok kiküszöbölésében.

2. A LÉGIFORGALMI IRÁNYÍTÁS EVOLÚCIÓJA

Ahhoz, hogy az olvasó átfogó képet kaphasson a témáról, szükséges ismertetni magát a légi forgalomirányítás jelentőségét, annak történetét, fejlesztéseit. Ennek oka, hogy a későbbiekben párhuzamot vonhassunk a kezdeti rendszerek és az új fejlesztések között, valamint az olvasóban kitisztulhasson a kép a repülőtéren folyó eljárások, a repülőtéri légiforgalom irányítás mikéntjéről.

Hazánkban a rendszeres polgári légiközlekedést az első postajárat elindítása jelentette 1920. május 12-én Albertfalváról Szegedre tartó útvonalon. Ekkor az alapvető repülésbiztonságot szavatoló szabályt a „látni és látszani” elv jelentette, ami biztosította a körzetben repülő forgalom elkerülését, és vizuális észleléssel garantálta az elkülönítést. Ez azt jelentette, hogy a pilóták csak olyan időjárási körülmények között repülhettek, amelyek lehetővé tették a másik légitármű észlelését. Az elv alapján tehát csak felhőmentes égbolt esetén, 3 tengeri mérföldes¹ látástávolság meglétével hajthatták végre a repülést. Ennek az elvnek a mai továbbfejlesztett változata a látvarepülési szabályok² (továbbiakban VFR) alkalmazása, ami repülési magasságtól függő látótávolságot és felhőtől való távolságot ír elő³. Az Egyesült Államok vonatkozásában az 1930-as évektől kezdődően érezhetően megnövekedett a polgári repülések száma, de még a légitárművek alacsony sebessége miatti reakcióidő lehetővé tette a másik körzetben repülő légitármű észlelését és elkerülését, ebből adódóan a pilóták nem igényeltek külső segítséget az elkülönítés fenntartásához. Azonban az idő előrehaladtával megjelentek az éjszakai repülésre valamint korlátozott látással járó időjárási körülmények közt is üzemelni képes légitárművek. A repülőgépeket elkezdtek műszerekkel felszerelni, ami magával hozta a földi telepítésű rádió navigációs berendezések (ground-based radio navigation aids - nav aids) alkalmazását. Mivel minden egyes légitármű céllal repült, egyik repülőtérrel a másikra, a leszállás folyamata, a besorolás sorrendje, a leszállás irányának meghatározása kezdett problémát jelenteni, ha egyszerre több repülőgép is megjelent egy repülőtér közelében.

A pilótáknak saját maguknak kellett felmérni a leszállás előtti helyzetet, olyan módon, hogy átrepültek a repülőtér felett, észlelték a helyi szélirányt, a repülőtéri forgalmat és a futópályát⁴

¹ 1 tengeri mérföld (1 nautical miles) = 1852 m, 3 nm = 5556 m

² VFR: A látvarepülési szabályok szerint történő üzemeltetés jelzésére használt rövidítés. ICAO Annex 2. Repülési szabályok 1. fejezet, Meghatározások

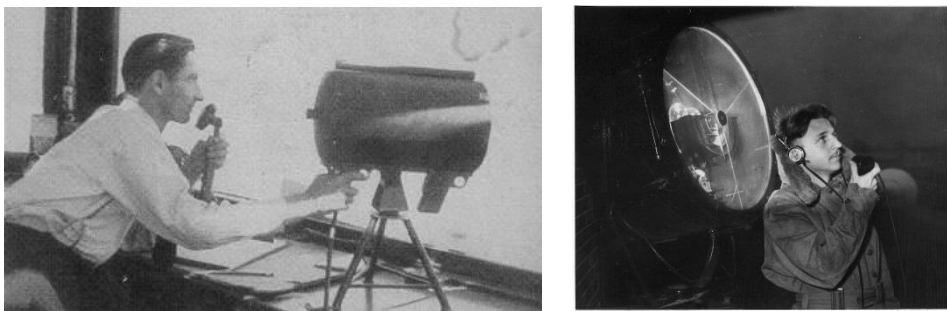
³ SERA.5001 szakasz a közös repülési szabályok és a léginavigációs szolgáltatásokra és eljárásokra vonatkozó működési rendelkezések meghatározásáról, valamint az 1035/2011/EU végrehajtási rendelet és az

1265/2007/EK, az 1794/2006/EK, a 730/2006/EK, az 1033/2006/EK és a 255/2010/EU rendelet módosításáról

⁴ Futópályák: Egy szárazföldi repülőtéren légitárművek fel- és leszállására előkészített, meghatározott méretű, derékszögű terület. [1.-4 oldal]

kondícióit, majd ezen információk alapján döntöttek a leszállás irányáról. Szelesebb napokon nagy gondot okozott a leszállás kivitelezése, hiszen több repülőgép pilótája igyekezett végrehajtani a landolást vagy a felszállást, ugyanabból az irányból, és ez együttműködésre kényszerítette az egy időben a levegőben lévő forgalmat. Nyugodtabb napokon minden irányból lehetett látni felszállást és leszállást egyaránt. Ezek a körülmények indokolták, hogy kialakuljon egy kezdetleges légi forgalomirányítás, ami csökkentheti az addig megtörtént repülésbiztonságot veszélyeztető események számát.

A kezdeti légiforgalmi irányítási eljárások úgy zajlottak, hogy a légi forgalom irányítására kijelölt személy kiment a repülőtér egy levegőből is jól látható részére, onnan színes zászlók jelzései segítségével adott iránymutatásokat a pilóták számára a le- és felszállások biztonságos végrehajtásához. Érdekesség, hogy a színek használata a mai közúti forgalom irányításához hasonló instrukciókat jelentett. A vörös/piros zászló azt jelentette, hogy a pilótáknak tartani kellett a pozíciójukat, mindaddig, amíg a légi helyzet (körülmények) nem vált alkalmassá a repülés folytatáshoz. A zöld zászló lengetése esetén már az eljárást véghez lehetett vinni, legyen szó felszállásról vagy leszállásról. Amerikában az első légiforgalom irányítót a St. Louis-i Missouri repülőtéren alkalmazták, akit Archie League-nek hívtak. (ld: 1. ábra)



1. ábra Archie League munka közben

Mivel az irányító mindig a futópálya leszállás felőli végén (approaching end of runway) állt, az onnan a felszálló légijárművekre összpontosított, így a pilóták a leszállási szakaszon nehezen tudták az irányító helyzetét beazonosítani és elhatározásra jutni a leszállási irányt és az utasításokat illetően.

Ha több légijármű kívánt leszállni, nehézséget jelentett az instrukciók kiadása, a leszállás sorrendjének meghatározása. Mindemelllett a légiforgalom irányító számára nem volt egyértelmű, hogy a pilóták vették-e az utasításokat, nem volt visszajelzés, hogy értették az instrukciókat. Ezeket a problémákat orvosolva jelentek meg az úgynevezett fénypuskák. Ezek az eszközök tették lehetővé, hogy az irányító nagy intenzitású színes fénysugarakat szűk keresztmetszeten

továbbíthasson a légijármű részére. Ez a folyamat garantálta, hogy a fénysugár egy adott repülőgépnél jelentsen utasítást. Ezt követően, hogy pontosabb jelzéseket adhassanak, egy hangár tetejéről üzemeltették ezeket az eszközöket, amit már irányító toronynak (control tower) neveztek. A fénypuskákat a mai légiforgalmi irányítói eljárásokban is alkalmazzák, abban az esetben, ha a rádióösszeköttetés megszakad a repülőgép pilótájával, fényjelzésekkel kommunikálnak a fedélzettel a biztonságos leszállások végrehajtása érdekében.

Az amerikai légiforgalom irányítás első komolyabb rendszere Ohio-ban, a Cleveland repülőtéren született meg az 1930-as években. Egy régi hangár tetejére telepítettek egy irányító tornyot, rádió adó-vevő eszközökkel. Ezek 15 wattos eszközöket jelentettek, amik megközelítőleg 15 tengeri mérföldes távolságban voltak képesek sugározni a pilóták számára. Ennek a rendszernek a segítségével a légi forgalmi irányítók képesek voltak forgalmi tájékoztatásokat és utasításokat adni, a pilóták pedig válaszadás segítségével tudták nyugtázni a kapott utasítások megértését, vételét. Mivel nem minden légijármű rendelkezett a rádiókommunikációs eszközökkel, az irányításnak maradtak kiaknázatlan területei. Már ezekben az időkben kialakult a rádiókommunikáció során kötelezően alkalmazott kifejezések. Eleinte nehézkesen folyt a kommunikáció, hiszen sok pilóta nem rendelkezett megfelelő tudással, így gyakran nem értették az irányító által adott utasításokat [2. 4-36 oldal].

A légitársaságok fejlődésével, az új generációs repülőgépek megjelenésével szükségessé vált az irányító tornyok modernizálása, már emelt szintű műszerezettséggel kerültek kifejlesztésre, majd gyártásra. Ezek az eszközök biztosították, hogy a pilóták bármely napszakban és időjárási körülmény között képesek legyenek a repülés végrehajtására. Innentől kezdve a légitársaságok gépei képesek voltak mérföldeken keresztül ködben, felhőben vizuális tájékozódási pontok azonosítása és a földfelszín láthatósága nélkül repülni.

Azokat a repülési szabályokat, amikor a pilóták a fedélzeti navigációs berendezések segítségével tájékozódnak az útvonalon, műszeres repülési szabályoknak (IFR- Instrument Flight Rules) nevezzük, ezeket akkoriban kizárólag műszeres időjárási körülmények között alkalmazták (Instrument Meteorological Conditions – IMC)⁵. Az 1930-as évek végére a repülőterek egyre zsúfoltabbá váltak, a körzetükben lakó emberek féltek a levegőben felettük esetlegesen bekövetkező légi balesetektől, a sérült légijárművekről lehulló daraboktól. A lakosság a félelem

⁵ IMC: Műszeres időjárási körülmények: Látástávolsággal, felhőzettől mért távolsággal és felhőalappal kifejezett időjárási körülmények, amelyek a látás utáni időjárási körülményekre meghatározott minimum értékeknél alacsonyabbak. ICAO Annex 11. 1.fejezet, Meghatározások

csökkentése érdekében szorgalmazta az állami és helyi szerveknél, hogy intézkedéseket vezessenek be a repülések korlátozására ezen területek felett. A magyar repülőtereken már ebben az időben hasonló feladatokra szolgálatokat jelöltek ki. Például a repülőtéri gondnoksági feladatokat a csendőri különítmények látták el a repülőtéri állami vagyon, állami érdek és az érvényben lévő jogszabályok védelme mellett. A repülőtérrend meghatározásával igyekeztek az alábbi pontoknak eleget tenni:

- „a repülőtér nappali és éjszakai őrszolgálat kinevezése;
- a légijárművek személyzetének a repülőtéri Csendőrparancsnokság által történő eligazítása;
- a légijárműveknek a földön és a levegőben követendő magatartása;
- a repülőtér tűzvédelmi utasítása; stb.” [3.-3 oldal]

Szemben az amerikai légi forgalommal, az Európában lebonyolított repülések száma ekkor még nem indokolt annyira fejlett légiforgalmi irányító rendszereket. Ettől függetlenül 1933-tól már hazánkban is megjelentek a földi telepítésű iránymérő rendszerek, ami a forgalom ellenőrzésének és irányításának alapját jelentette, és amelyeket a Légügyi Hivatal üzemeltetett egészen 1938-ig [3.-9 oldal].

Fenti rövid történeti áttekintésből kiderül, hogy a megnövekedett légiforgalom volt az, ami elsősorban indokolta mind az Egyesült Államokban, mind Európában, a repülőtereken felállított légiforgalmi irányító szolgálat létesítését, valamint azt is, hogy a repülőtéri irányító torony egyfajta szimbólumává válhasson a repülőtéren nyújtott szolgáltatásnak és fontos támpontot jelentsen a földön és levegőben lévő repülőgépek pilótái számára.

3. A SESAR KEZDEMÉNYEZÉS KONCEPCIÓJA

A következőkben az Egységes Európai Égbolt és az ahhoz kapcsolódó, a SESAR-t, kutatásokat szeretném ismertetni, hiszen ez a téma jelenti egyik kiindulópontját dolgozatom lényegének, a távoli toronyirányítás fogalmának.

A légiközlekedés népszerűsége világszerte töretlen, legyen szó utas vagy éppen áruszállításról. A légi közlekedést igénybe vevő utasok száma folyamatos növekedést mutat, ami egyre nagyobb leterheltséget jelent a repülőterek, légterek és a repülést kiszolgáló szakszemélyzet számára. Európa szummázott légiforgalmi előrejelzései alapján is növekedés figyelhető meg. A 2. ábrán látható a légi mozgások számának előrejelzése, ahol magas (H), alap (B) és alacsony (L) növekedési ráta alapján jelenítik meg a mutatókat. A Eurocontrol (European Organization for

the Safety of Air Navigation) előrejelzései az úgynevezett ESRA08 (Eurocontrol Statistical Reference Area- ami az említett szervezet irányítása alatt álló statisztikai alapként szolgáló országok, területek) adatai alapján készülnek. A repülések száma alatti rubrika mutatja a növekedések százalékos arányát. Levonhatjuk a következtetést, hogy jelentős növekedés lesz tapasztalható, miszerint a 2012-es adatok alapján az előrejelzések szerint 2019-ig a légi forgalom 3,4%-al meg fog növekedni Európában.

ESRA08		2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	AAGR 2019/ 2012
IFR Flight Movements (Thousands)	H	-	-	-	-	-	9,559	9,924	10,358	10,835	11,222	11,658	12,079	3.4%
	B	10,083	9,413	9,493	9,784	9,548	9,424	9,689	9,975	10,298	10,576	10,885	11,195	2.3%
	L	-	-	-	-	-	9,276	9,409	9,517	9,690	9,815	9,969	10,132	0.9%
Annual Growth (compared to previous year)	H	-	-	-	-	-	0.1%	3.8%	4.4%	4.6%	3.6%	3.9%	3.6%	3.4%
	B	0.4%	-6.6%	0.8%	3.1%	-2.4%	-1.3%	2.8%	3.0%	3.2%	2.7%	2.9%	2.8%	2.3%
	L	-	-	-	-	-	-2.9%	1.4%	1.2%	1.8%	1.3%	1.6%	1.6%	0.9%

2. ábra 2008–2019 előrejelzések az európai IFR forgalom tekintetében

Gazdasági tekintetben fontos megemlíteni, hogy az Európai Unió 27 nemzete közel 60 légiforgalmi irányító központot üzemeltet, ez egyrészt nagyszámú kiképzett szakszemélyzetet igényel, másrészt széttagoltságot eredményez az európai légtérben, ami a növekvő számú légiforgalom mellett a biztonságot is veszélyeztetheti.

Végül, de nem utolsó sorban, a központok üzemeltetése anyagi erőforrásokat von el a légiközlekedésből származó bevételektől, melyek egyéb iránt fejlesztésekre is fordíthatók lennének. Ezek a központok az illetékességi területükön belül felelősségi körzeteket szolgálnak ki, melyek légtére további, 650 irányítói szektorra tagolódik. Ezen szektorok úgy kerültek kialakításra, hogy az ország államhatárain belül kijelölt légteret, vagy légtereket, mint repüléstájékoztató körzeteket (továbbiakban FIR⁶) tagolják további részekre a forgalom sűrűsége, repülőterek elhelyezkedése, szomszédos országokkal kötött együttműködési megállapodások függvényében. Ezekre a gazdasági alapon nyugvó kihívásokra kezdeményezte az Európai Unió a Eurocontrol szakmai segítségét igénybe véve az Egységes Európai Égbolt⁷ tervezetét a 2000-es évek elején. A „keret rendeletnek” is nevezett 549/2004/EK⁸ európai parlamenti és tanácsi keretrendelet, azt tűzte ki célul, hogy lehetővé tegye az európai légtér fokozottabb integrációját, csökkentse a légtér felaprózottságát a tagállamok

⁶ FIR- Flight Information Region

⁷ SES- Single European Sky

⁸ <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/HU/TXT/PDF/?uri=CELEX:32004R0549&qid=1505991122075&from=HU>

között, és egy-egy tagállamon belül, valamint fontos eredménye lett a polgári és katonai együttműködés keretében erősítse a légtér, mint erőforrás optimális felhasználását. A költséghatékonyságra törekedve, azonban a biztonság erősítésével együtt a megvalósítást erősítő végrehajtási rendeletek születtek meg. Elsőként az 550/2004/EK⁹, léginnavigációs szolgálati rendelet, melynek célja, hogy megállapítsa a léginnavigációs szolgálatok Európai Közösségen belüli biztonságos és hatékony ellátásának közös követelményeit. A léginnavigációs szolgáltatók ennek érdekében felkérhetnek nemzetközileg elismert technológiai fejlesztésekre szakosodott cégeket, és szervezeteket, hogy ellenőrizzék, megfelelnek-e az Európai Unió követelményeknek. Másrészt kössenek a szomszédos léginnavigációs szolgálatokkal együttműködési megállapodásokat, valamint reagáljanak a légtérfelhasználók változó igényeire. A keret másik végrehajtási pillére, az 551/2004/EK¹⁰ rendelet, ami „légtérrendelet” néven ismert, és az európai légtér újra szervezését tűzte ki célul. Ide tartozik egyrészt a létező páneurópai útvonalhálózat újragondolása, valamint a magaslégtér újjászervezése, ami egy országhatárokon keresztül nyúló, illetve azok figyelembe vétele nélküli szektorkialakítást kezdeményezett. Ez a szektorizáció FAB-ként (Functional Airspace Block) vagyis funkcionális légtérblokkként vált ismertté, a már létező együttműködési megállapodások figyelembevételével.

„a funkcionális légtérblokk: a működési követelményeken alapuló, az államhatároktól függetlenül kialakított légtérblokk, ahol a léginnavigációs szolgálatok és a kapcsolódó tevékenységek teljesítményalapúak és optimalizáltak, annak érdekében, hogy valamennyi funkcionális lég-térblokkban a léginnavigációs szolgáltatók között fokozott együttműködés vagy adott esetben egy integrált szolgáltató jöjjön létre”¹¹ (lásd: 3. ábra)



3. ábra FAB Central Europe

⁹ <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/HU/TXT/PDF/?uri=CELEX:32004R0550&rid=1>

¹⁰ <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/HU/TXT/PDF/?uri=CELEX:32004R0551&rid=1>

¹¹ <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/HU/TXT/PDF/?uri=CELEX:32009R1070&rid=1>

Az Európai Légiforgalmi Szolgáltatási Hálózat átjárhatóságáról szóló 552/2004/EK rendeletet, ami a harmadik végrehajtási pillért jelenti, lehetővé teszi a harmadik országokkal való együttműködés lehetőségét és a léginavigációs szolgáltatások területein, mint a légtérgazdálkodás (ASM – Airspace Management), áramlásszervezés (ATFM – Air Traffic Flow Management), légiforgalmi szolgáltatások (ATS - Air Traffic Services) közös követelményeket és teljesítményalapú szolgáltatási szintet¹² állapít meg. Ami azt jelenti, hogy a légtérfelhasználók igényeire reagálva, a tervezett forgalom mennyisége, áramlásának iránya vagy annak változásai, a légtérben érvényben lévő korlátozások (időjárás, vulkánkitörés, sztrájk, katonai gyakorlat) figyelembevételével előtaktikai és taktikai szinten átszervezhető legyen a légiforgalom áramlása, a késések elkerülésének érdekében.

Ezek a növekvő igények ösztönzik a fejlesztéseket, és egy effektívebb európai légi közlekedési infrastruktúra kivitelezését szorgalmazzák. A kutatásokat és fejlesztéseket az egységes európai égbolt kezdeményezéséből kiindulva kívánja megvalósítani az Európai Bizottság, együttműködve a Eurocontrollal és az érdekelt felekkel [4.-35 oldal].

Az érdekelt felekhez tartoznak a repülőterek, a légitársaságok üzemeltetői, a léginavigációs szolgáltatók, a légijármű gyártók és az ő igényeiket tudományos kutatásokkal és eszközökkel megvalósító vállalatok, kutató bázisok. Az említett résztvevők érdekei ugyanazt a célt szolgálják, hogy a dinamikusan növekvő légiforgalmat a legrövidebb úton, a károsanyag kibocsátás csökkentésével, legkisebb késések mellett, megnövelt biztonság alkalmazásával juttassák el a célállomásukra. A légiforgalom szervezésének és áramlásának legszűkebb és korlátozott kapacitással rendelkező egysége maga a repülőtér. Ahhoz, hogy a repülőtér a megnövekedett forgalmat időben, túlszűfolttság nélkül tudja kezelni, folyamatos együttműködésre van szüksége az ANSP (Air Navigation Service Provider, továbbiakban: ANSP¹³)-vel és ezen belül az áramlásszervező részleggel, légiforgalmi irányítással a magaslégtérben és a repülőtér körzetében egyaránt. Mivel a repülőterek kapacitása bizonyos határokon túl már csak további terjeszkedéssel elérhető, amire helyszükében nem mindig van lehetőség, ezért a légi társaságok előszeretettel használják a kisebb repülőtereket is. Azonban ezeket a kisméretű repülőtereket is el kell látni a nélkülözhetetlen infrastruktúrával, légiforgalom szervezési szolgáltatásokkal, kapcsolatokkal, melyek bekötik őket a légiforgalom áramlásába.

¹² <http://www.europarl.europa.eu/atyourservice/hu>

¹³ ANSP: Air Navigation Service Provider- Léginavigációs Szolgáltató- az általános légiforgalom számára nyújt léginavigációs szolgálatot. Lehet állami, vagy magán-szervezet. Jelenleg Magyarországon ezt a feladatkört a HungaroControl Magyar Légiforgalmi Szolgálat Zrt (HungaroControl Air Navigation Services Pte. Ltd., a HC) tölti be.

Tekintve a légitársaságok üzemelését, köztudott, hogy minél olcsóbb üzemelésre törekszenek, minél nagyobb bevételek mellett. Céljuk olyan repülőterek igénybevétele, ahol megoldhatóvá válik alacsony költségek mellett a szükséges szolgáltatások igénybevétele. Alapvetésük, hogy a bevételeik fedjék a kiadásokat, tehát ezért is fontos a megfelelő gazdasági potenciállal rendelkező és megfizethető szolgáltatásokat nyújtó repülőterek megtalálása, kihasználása, ami gyakran a kis forgalmú repülőterekre korlátozódik (50 000 mozgás/év). Ezek a repülőterek egyébként nagy általánosságban nincsenek távol a kedvelt úticéloktól, népszerű célállomásoktól.

Költségeiket a nagyobb forgalmú repülőterek esetén, egyrészt a résidő¹⁴ kiosztás jelenti, másrészt a repülőtéri infrastruktúra használatának díja¹⁵, a repülőtér navigációs rendszereinek használati díja¹⁶, melyek sokkal drágábban vehetők igénybe, mint a kis forgalmú, résidő nélküli társaik. Maga a résidőkiosztási folyamat a repülőtéri túlszűfoltág megszüntetésének és a forgalom zavartalan áramlásának érdekében került létrehozásra.

A növekvő kihasználtsággal egyre nagyobb nyomás nehezedik a léginavigációs szolgáltatókra, hogy a fenntartási költségeik optimalizálása mellett, erőforrásaik kihasználásával a költségeik drasztikusan ne emelkedjenek, és képesek legyenek fenntartani és kiterjeszteni a légiforgalmi szolgáltatás szintjét a közepes és a kis forgalmú, távoli repülőterekre is. Ezekből a gazdasági és nem elhanyagolható légiforgalomszervezési és korszerűsítési okokból kifolyólag valósul meg a fejlesztések között a rTWR koncepció lényege annak számos érdekes technikai megoldásával.

Az előzőekben felvázolt adatokat, kutatásokat és tervezeteket szükségesnek tartottam bemutatni ahhoz, hogy az olvasóban átfogó kép alakulhasson ki, hogyan is működik az európai légiközlekedés rendszere és ebben milyen szerepe van a SESAR kezdeményezésnek. Ezeknek az összefüggéseknek a láttatása mentén juthatunk el a légiközlekedési rendszer egyik sarokpontjához, magához a repülőtérhez és az ottani rTWR jelentőségének megismeréséhez. A kutatási és fejlesztési eredmények jelenleg már néhány európai repülőtéren alkalmazásra kerültek vagy még validálási fázisban vannak. A rTWR koncepció bemutatása során is jól látszik, hogy ebben a rendszerben minden mindennel összefügg, a légtérgazdálkodás, a légiforgalomszervezés, a repülésbiztonság, a rendszerbiztonság és a légiközlekedés védelmi vonatkozásai a gazdasági mutatók optimalizálása mellett.

¹⁴ A repülőtéri résidő a futópályák és a terminál használatára vonatkozó engedélyt jelenti, amelynek értelmében egy bizonyos napon egy meghatározott időpontban egy túlterhelt repülőtérre, illetve repülőtérrel légi járat működtethető.

¹⁵ 61/2011. (XI. 25.) NFM rendelet a kereskedelmi repülőtér légi jármű által történő igénybevételeért fizetendő díj megállapításának elveiről és módszereiről;

¹⁶ <http://eurlex.europa.eu/legalcontent/HU/TXT/PDF/?uri=CELEX:32006R1794&qid=1505999752469&from=HU>

4. A RTWR TECHNOLOGIA BEMUTATÁSA

Az előző részekből láthatjuk, hogy a SESAR kezdeményezés rengeteg pozitív változást hozott a légközlekedés szakterületén. A dolgozatom következő szakaszában a rTWR technológiát fogom részletesen bemutatni.

4.1 Meghatározás

Mint előzetesen már említettem, a kutatás rTWR-re vonatkozó része azért is jelent mérföldkövet a légközlekedésben és a légiforgalmi irányításban, mert a költséghatékonyságra alapoz. A távoli irányítás során az ATS létesítményeket olcsóbb fenntartani, és képes hosszútávú működésre, alacsonyabb személyi költségeket generál a csökkentett operatív állomány miatt, gondolkodunk itt a központosított erőforrás készletekre.

Ezek az előnyök csökkentik a kényszert a hagyományos irányító tornyok fenntartására, aminek felújítása és működtetése hatalmas többletköltségeket eredményezne. A gazdasági többletköltségeket jelentő tényezők minimalizálása maga után vonja a bevételek növekedését, és azok optimális felhasználását. Ezt többnyire a technikai fejlesztésekre, személyzetek képzésére, a repülésbiztonságot célzó további kutatások támogatására vagy akár a repülőtéri forgalmi kapacitást előrejelző rendszerek fejlesztésére (A-CDM- Airport Collaborative Decision Making¹⁷) fordítják. Ez utóbbi különösen előnyös a repülőtér felhasználók számára, mert kiszámíthatóvá és még tervezhetőbbé teszi a repülőtér igénybevételét befolyásoló tényezőket, de közvetett módon helyi és regionális szinten is valamint az európai gazdaság számára is előnyökkel szolgál. [5.-2.oldal] Ahhoz, hogy a légi forgalomszervezés hatékonyságát fokozni tudják, a légiforgalmi irányítói szolgáltatások delegálását célozzák meg. Ez az a konszolidációs folyamat, amit már az előzőekben is említettem a légiforgalmi irányító központok csökkentésével kapcsolatban. Az elgondolás alapján egyharmaddal csökken a légi forgalmi irányító központok száma, például az Amerikai Egyesült Államokban 20 irányítói körzet látná el a feladatokat. Mivel a légiforgalmi szolgálatok delegációjának alapfeltétele, hogy a jelfeldolgozás és felhasználás földrajzilag elszeparált helyén történjen, kijelenthető, hogy a rTWR koncepciónak egyik alapkövét jelentheti [6.-149 oldal]. Ez azt eredményezi, hogy a nemzetközi ANSP-k a lokális infrastruktúra és humán erőforrás alkalmazását célozzák meg, amit a rTWR elgondolása megváltoztathat. Fontos alapvetése a távoli toronyirányítás alkalmazásának, hogy olyan repülőtereken is megvalósulhat a légiforgalmi szolgáltatások nyújtása, ahol jelenleg nem elérhető, vagy nehézkes kivitelezni, mindemellett körülményes

¹⁷ <http://www.eurocontrol.int/sites/default/files/publication/files/airport-cdm-manual-2017.PDF>

és nem költséghatékony a forgalmat kiszolgáló állomány fenntartása. Ez a tény főként a kis forgalmú, elszigetelt és távoli repülőterekre igaz. A hagyományos, toronyból végrehajtott légiforgalom irányítás az 57/2016 (XII. 22) a légiforgalmi szolgálatok ellátásának és eljárásainak szabályairól szóló NFM rendeletben az alábbi pozíciók által kerül lebonyolításra:

„a) a repülőtéri légiforgalmi irányító, aki a futópályán lévő forgalom és a repülőtéri irányító torony illetékességi körzetében üzemelő légi járművek működéséért felelős,

b) a gurító irányító, aki a munkaterület forgalmáért felelős, a futópályák kivételével,

c) az engedélyt továbbító – ahol ilyen munkahelyet létesítettek –, aki az induló IFR forgalom részére a hajtómű indítási és ATC engedélyek továbbításáért felelős. ”¹⁸

A napjainkban alkalmazott legmodernebb légiforgalmi technológiák közül a rTWR lehetővé teszi, hogy a légiforgalmi szolgálatok a repülőtereken kialakított toronytól távol hajtsák végre az irányítást úgy, hogy a folyamat minden egyes repülést kiszolgáló és biztonságot garantáló alapkövetelménynek megfeleljen.

A hagyományos repülőtéri irányítói körzetben és a hozzá tartozó légtereket igénybe vevő forgalom (érkező, induló és átrepülő) növekedése, valamint összetettsége és különböző típusaik napjainkban egyre bővítik a légtérfelhasználók sorát (IFR/VFR/GAT¹⁹/OAT²⁰). Ez magával hozta a légiforgalmi szolgálatok kapacitásának növekedését is, ami a követelményeknek megfelelően beépítésre kerül a távoli irányítás rendszerébe. A repülésbiztonság, melyet a rendszer garantál, a későbbiekben kerül tárgyalásra. A távoli irányítás elve, hogy lokális vagy akár több, földrajzilag távolabb elhelyezkedő repülőterek forgalma is könnyedén és biztonságosan irányítható legyen egy központi környezetből. A repülőtéri technológiák digitalizálásával a földrajzi helyzettől függetlenített irányításról beszélhetünk. Az irányítás, mint olyan nem csak a repülőtéri forgalomra értendő, hanem a vezérlés fogalmában különböző funkciók üzemeltetésére van lehetőség.

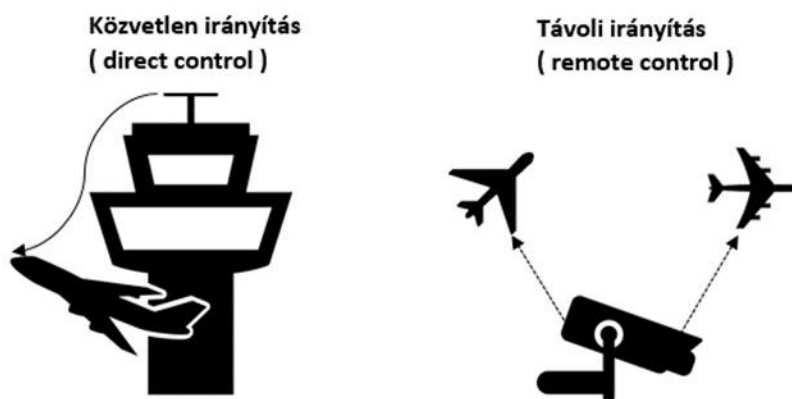
A távvezérlési funkció által üzemeltethető a repülőtér fénytechnikai berendezései és rendszere, ami alapvető tartozéka egy repülőtérnek az éjszakai, valamint a rossz időjárási körülmények közti üzemelés esetén.

¹⁸ 57/2016. (XII. 22.) NFM rendelet 174. § (3)

¹⁹ General Air Traffic: általános légiforgalom, a légi járművek ICAO összhangban végrehajtott mozgásainak összessége [56/2016 (XII.22) NFM rendelet a Magyarország légtérében és repülőterein történő repülések végrehajtásának szabályairól 3. & Értelmező rendelkezések]

²⁰ Operational Air Traffic: olyan légiforgalom, amelyet állami légi járművek a GAT szabályoktól eltérően hajtanak végre [57/2016 (XII.22) NFM rendelet a légiforgalmi szolgálatok ellátásának és eljárásainak szabályairól 3. & Értelmező rendelkezések]

A repüléstudományon kívül, a mindennapokban is megjelenik a távoli irányítás, gondoljunk csak az atomerőművekre, ahol a rendszereket nem közvetlenül üzemeltetik, hanem egy ellenőrző helyiségből. Vagy vegyünk példának egy gyárat, ahol a gyártási folyamat lebonyolításához az előre programozott gépeket üzemeltetik távoli irányítással. [7.-3. oldal]



4. ábra A közvetlen és a távoli irányítás koncepciója

A repülőterek távolról történő irányítását úgy kell érteni, hogy egy központosított helyről (a repülőtér és az ott lévő hagyományos irányító torony konkrét földrajzi elhelyezkedésétől távol) adatkapcsolaton keresztül továbbított információk útján, a monitorokon és egyéb megjelenítő eszközök segítségével teszik láthatóvá és azonosíthatóvá a légi járművek helyzetét. A technológia biztosította előnyökkel a légiközlekedés résztvevői ugyanazon, illetve bizonyos szempontból magasabb biztonsági fokú szolgáltatást kapnak. További előnyként jelenik meg a légi forgalmi szolgáltatók vagyis az ANSP-k részéről, hogy a jelenlegi torony felújítása, modernizálása helyett innovatív informatikai rendszerek kerülnek alkalmazásra, melyek egyébként nemcsak a közvetlen irányítói szolgálat ellátására alkalmasak, hanem a hagyományos torony megtartása mellett kényszerhelyzeti megoldásként tartalék infrastruktúra gyanánt szolgál, ami egyrészt elősegíti a humán erőforrás optimalizációját, másrészt növeli a repülésbiztonsági faktort.

Az új rendszer sikerét bizonyítja, hogy egyre több innovatív fejlesztéssel és kutatással foglalkozó cég fordít figyelmet a légiközlekedési szektornak ezen technológiai fejlődésére és vesz részt a további megoldások kifejlesztésében és tesztelésében. Ezek a folyamatok jelentős tökebefektetéssel járnak a korszerű technológia alkalmazása miatt. [8.-205 oldal] A rTWR megjelenésével az eddigi folyamatok és eljárások alkalmazása mentén újra értelmezik a légiforgalmi irányítás folyamatát, hiszen lehetővé teszi az ATS számára, hogy a repülőtéri berendezésektől és erőforrásoktól függetlenül tevékenykedjen, és akár kettő vagy annál több repülőtér együttes

kiszolgálása is megvalósulhasson ugyanazon irányítói környezetből, munkahelyről. Ez a folyamat, hogy több repülőteret képes lehet egyszerre ellátni, méretgazdaságosságot jelentene és növelné az operatív rugalmasság dimenzióját.

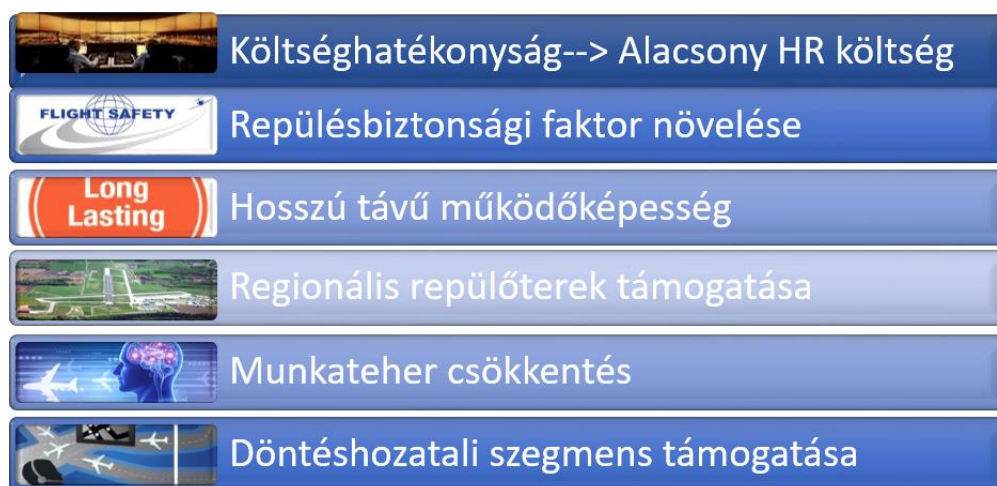
A fejlesztés megjelenésével az emberi munkaerő magas számú alkalmazásának szükségessége csökken, hiszen a technológiai fejlesztés segítségével nincs rá szükség. Az előzőekben már említettem a kis forgalmú repülőtereknél azok pozitív aspektusát kiemelve, ezáltal a helyzetük felértékelődik. Így kissé szabatosan fogalmazva, a repülőtéren üzemelő toronyból a légiforgalmi irányítót kiragadják, aminek köszönhetően a hagyományos repülőtéri forgalomirányításról eddig alkotott kép megszűnik és ez néhány eddig alkalmazott eljárásban is módosításokat eredményez. Ez azt jelenti, hogy az irányító eljárásaiban nem alkalmazhatja közvetlenül az „out-the-window” elvét, ami alapján közvetlenül az ablakon kitekintve vizuális módon azonosítja a repülőtéri forgalmat és követi nyomon a végbemenő mozgásokat a repülőtér munkaterületén és annak körzetében. Ezzel a folyamattal a légiforgalmi irányító ugyanolyan minőségben képes biztosítani az eddigi feladatait, így a tájékoztatások, engedélyek továbbítását vagy a légijárművek azonosítását és megfigyelését.

A technológia kibővítette a vizuális elemek használatát a hagyományos toronyirányítással szemben, hiszen ott vizuális időjárési körülmények közt lehetett látás után esetleg távcső segítségével azonosítani a légijárműveket. A fejlesztésnek köszönhetően azonban a videoképpel együtt integráltan jelenik meg az azonosításhoz szükséges repülési és radaradat, továbbá a vizuális azonosítást és megfigyelést megkönnyíti egy nagyító funkcióval ellátott távcső (optikai zoom) alkalmazás, ami sokkal inkább támogatja a döntéshozatali és preventív folyamatokat. Ahhoz, hogy a szolgáltatók megfelelően tudjanak működni, és hogy a technológia alkalmazása is értelmet nyerjen, figyelembe veszik a repülőterek különböző paramétereit.

Első elgondolásként azon a repülőtéren szükséges és kivitelezhető a fejlesztés alkalmazása, ahol:

- óránként 20 vagy annál kevesebb mozgás van;
- évente kevesebb, mint 20 000 mozgás van;
- tervek vannak egy új torony építésére;
- a napi és heti mozgások szezonálisan nagy mértékben változnak;
- a rendelkezésre álló sáv szélesség, ami az adattovábbítást végzi a RTC (Remote Tower Center) felé, ajánlottan 100 MB/sec. [7.-3 oldal]

Például a Saab²¹, mint a rTWR egyik kivitelezője széles körű biztonsági intézkedéseket tett annak érdekében, hogy a repülőtereket a több ezer kilométerre lévő RTC-hez csatlakoztassa. Az elgondolásuk alapján, távolsági korlátokra való tekintet nélkül kerülhetnek be a preferált repülőterek a rendszerbe és irányításukat egy közös központból látják el. A különböző repülőterek csoportosításának intelligens módja inkább a megfelelő forgalmi minták és az összesített mozgásszám, amit egy óra alatt, a nap adott időpontjában mérnek.



5. ábra A rTWR alkalmazásának néhány előzetesen megállapított előnye

4.2 A rTWR típusai

A SESAR definíciója szerint egy olyan távoli irányító rendszerről van szó, mely légiforgalmi szolgáltatásokat nyújt vizuális megjelenítéssel, kamerák segítségével. Az ATS-t egy távoli irányító modul segítségével biztosítják, ami magában foglalja az operátori munkaállomást (CWP-Controller Working Position, lásd: 6. ábra), az ATM rendszereket és a megjelenítési megoldásokat. A CWP jelenti a fő komponens a rendszerben, hiszen a humán faktorokra alapozva kell megtervezni.

²¹ <http://saab.com/saab-sensis/air-traffic-management/>

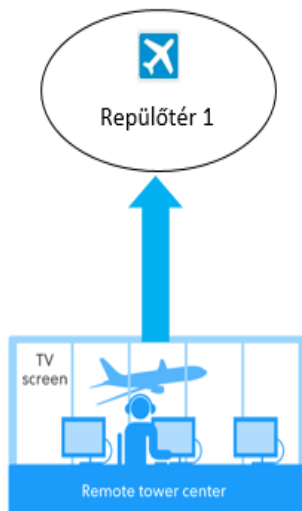


6. ábra A CWP- operátori munkaállomás a rTWR-ben

Tartalmazza a kompakt munkahelyet, a nagy felbontású megjelenítési technológiát és a kombinált vezérlőpaneleket. Ezeket a munkaállomásokat egy adatközpont szolgálja ki és köti össze a rTWR-rel a szélessávú adatkapcsolat segítségével, biztosítva a hang-és adatforgalom zavartalan és biztonságos áramlását [8.-8 oldal]. Maga a távol irányító központ vagyis RTC, egy olyan épületet jelent, ahol egyébként a többi ATS egység is települ és ahonnan a két vagy több repülőtéri forgalom irányítása történik. Ez a központ általában több távoli irányító körzetet és szektort is kiszolgál [8.-4 oldal]. Ennek száma a számát befolyásolja a forgalom mennyisége és sűrűsége, a szomszédos irányítói körzetek szektor komplexitása, földrajzi és akár politikai szempontok és végül, de nem utolsó sorban a területen lévő repülőterek mérete és száma.

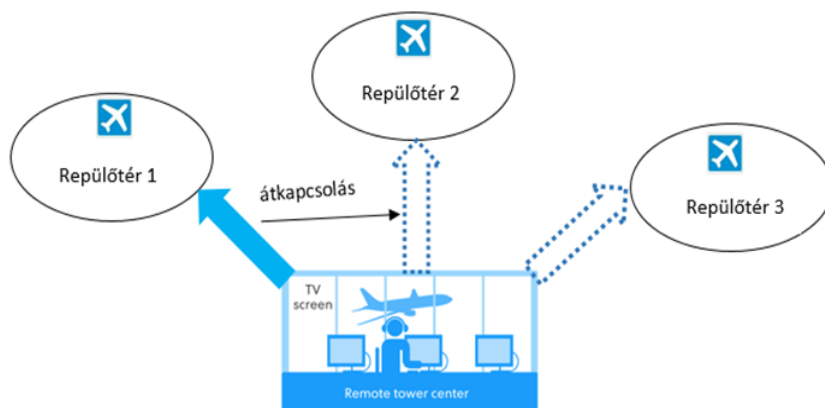
A kutatás során 3 különböző típusú rTWR került meghatározásra. Az egyik az úgynevezett „Single” rTWR, ami tartalmaz egy távoli irányító modult és egy CWP-t ebben az esetben egyetlen egy repülőtér irányítását szolgálják ki a központból. Ez azt jelenti, hogy az ATC csak egy repülőtér kiszolgálásáért felel, nem kell úgymond átkapcsolni egy másik repülőtérre és annak forgalmát is figyelni. A jelenlegi állapotok szerint a rendszer működése megvalósítható és a légiforgalmi irányítási eljárások elfogadhatók és alkalmazhatók, ennek természetesen függvénye, hogy milyen módon sikerül a vizuális funkciókat megvalósítani és tovább fejleszteni a vizuális reprodukciót.

A távoli torony irányítás koncepciója biztonságosnak tekinthető, képes arra, hogy a technológia pozitív alkalmazásával csökkentse az emberi hibákat és növelje az irányítói döntéshozatali szegmenst [9.-2 oldal] (lásd: 7 ábra).



7. ábra „Single” rTWR- Egy repülőtér távoli irányítása

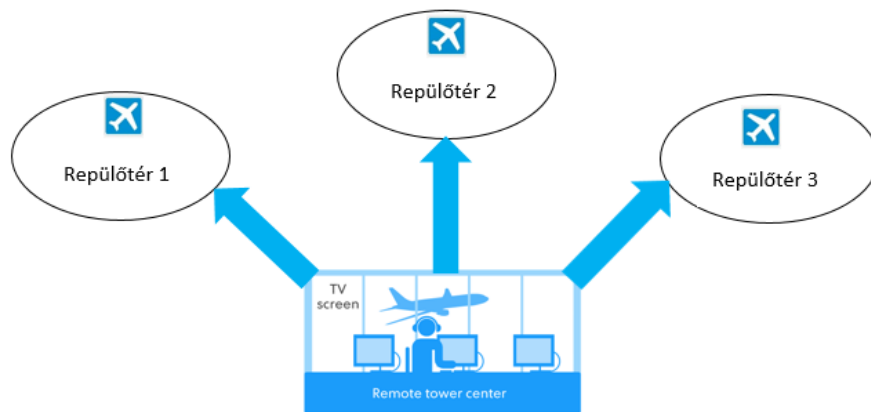
A másik elgondolás, a „Multiple” Sequential Configuration²² rTWR koncepciója arra lett kifejlesztve, hogy egyetlen távoli irányító modulból és CWP-ből irányítsanak több repülőtérre. Az alapelv, hogy több repülőtér csatlakozik egy irányító szegmenshez. Ebben az esetben át lehet kapcsolni egyik repülőtérrel a másikra. Ennek a típusnak az alkalmazása ott a legcélszerűbb, ahol egy koordinált menetrend szerint kezelnek több repülőtérre és egymás után nyitják, és zárják őket. Ez esetben jelenthet segítséget a központosított távoli irányítás, a szekvenciális konfiguráció alkalmazásával. Itt arról van szó, hogy ezeket a repülőtereket meghatározott időközönként, a repülőtéri forgalmat figyelembe véve egymást követve kapcsolják és veszik irányítás alá (lásd: 8. ábra).



8. ábra „Multiple” Sequential rTWR- Több repülőtér távoli irányítása egymás utáni átkapcsolással

²² Szekvenciális konfiguráció- Egymást követő beállítás

A harmadik típus a „Multiple Simultaneous Configuration”, ami a többszörös egyidejű konfiguráció alkalmazására alapoz. Ez úgy néz ki, hogy a szekvenciális konfigurációhoz hasonló módon itt is több repülőtér összpontosul egy centrális irányító szegmenshez, azonban ebben az esetben az ATS már egyidejűleg üzemeltethet egy vagy több repülőteret (lásd: 9. ábra).



9. ábra „Multiple” Simultaneous rTWR- Több repülőtér távoli irányítása egyidejűleg

Természetesen a koncepciók, melyek a több repülőtér egyidejű irányítására vonatkoznak, még igencsak gyerekcipőben járnak. A kutatások, fejlesztések és tesztüzemek folynak (nem a technológia szab korlátot hanem HR és eljárásrend). A „Single” rTWR validálására és publikálására 2014-ben került sor.

A „Multiple” (több repülőteret érintő) variációkat tekintve ez a része a technológiának még nem kerülhetett alkalmazásra, hiszen sem jogszabályi keret nem áll rendelkezésre, illetve a humán faktor korlátai mellett repülésbiztonsági aspektusokat is felvet.

A legfontosabbnak tekinthető a repülésbiztonsági faktor, hiszen kiben nem merülne fel a kérdés, hogy egy irányító milyen hatásokkal és biztonsággal képes akár több repülőtér forgalmát irányítani egy időben. Sajnos a válaszok jelenleg még nem kielégítők, de amíg nincs rá a megfelelő szabályozás, addig nem kerülhet alkalmazásra sem. A technológia maga lehetővé tenné, hogy gyakorlatban működjön, azonban itt már az emberi teljesítőképesség határa a kérdés, maga a humán faktor befolyásoló ereje. A több repülőtér forgalmának irányítására vonatkozó elgondolás alátámasztására nem születtek eljárások és repülésbiztonsági ajánlások sem.

A típusok mellett meg kell említeni az integrált r TWR-t, ami azt jelenti, hogy egy központban több munkaállomás van telepítve, és minden egyes CWP más repülőtér forgalmát irányítja. Első használatként a lipcsei RTC-ben kerülhet sor, ahol a Saarbruckeni repülőtér mellett az erfurti és drezdai repülőterek forgalmát is központosítani kívánják.

A fejlesztésnek van egy úgynevezett vészhelyzeti funkciója, a „contingency” rTWR. Ami azt jelenti, hogy a jelenlegi hagyományos irányító torony funkcióinak felváltására használják, amennyiben az alkalmatlanná válik az irányításra, illetve bizonyos képi megjelenítések alkalmazására és ezzel a hagyományos irányítói eljárásrend erősítésére. Minden egyes repülőtérnek megvan a saját kényszerhelyzeti terve. A megvalósításhoz az ICAO Doc9137-ben találhatóak utasítások és előírások az irányadók. Ez a terv rögzíti az együttműködési elveket a szolgálatok, repülőterek között, egyeztetni a módszereket és megoldásokat. Kényszerhelyzet esetén a távközlési rendszert is alkalmassá kell tenni/tartani, hogy a megfelelő koordináció megmaradhasson az érintett szolgálatok között. Ezekhez az alapelvekhez mérten a rTWR kész megoldást kínálhat kényszerhelyzetek előfordulása esetén. Ez oly módon valósulhat meg, például a földi járművekkel a mentés során segítheti a kommunikációt, a repülőtéri tűzoltó egységek koordinálásához a kamerakép „zoom” funkciója segíthet a probléma pontos helyének feltérképezésére, hogy célirányosan lehessen az adott részhez küldeni őket. Ennek az elgondolásnak alapján fejlesztették ki Londonban a Heathrow nemzetközi repülőtéren alkalmazás alatt álló kamerarendszer nélküli vészhelyzeti munkatervet, a repülőtértől elszeparált és ismeretlen helyen. A terrorfenyegetettség kockázatának minimalizálására és az üzletmeneti folytonossági elvárások indokolták a kiépítését. Ez a rendszer tekinthető az első csökkentett kapacitással rendelkező rTWR-nek.

4.3 A rendszert alkotó technológiák

A következőkben érdemes áttekinteni azokat a technológiákat, amelyek lehetővé teszik és támogatják a távolirányító torony segítségével végrehajtott feladatokat. (Remote Tower Operations). Fontos megemlíteni, hogy a rendszert alkotó elemek már piacon lévő fejlesztések sokaságából állnak. Ez azt jelenti, hogy a kereskedelmi forgalomban kapható eszközökkel, azok továbbfejlesztett vagy specifikus változataival alakítják ki a rendszereket. Az informatika tudománya ezt a módszert nevezi COTS-nak (Commercial Off-The-Shelf). Ahhoz, hogy a toronyban szolgálatot ellátó légiforgalmi irányító megfelelő módon, biztonságban végezhesse feladatát, szükséges egy teljeskörű rálátás a környező területekre. Ide tartozik a repülőtér illetékességi területe, a futópálya (RWY) a gurulóutak (TWY), és az előterek (APR) minden egyes kis szeglete. Alapjaiban véve elmondhatjuk, hogy a légiforgalmi irányító elsődleges feladata ellenőrizni, hogy megfelelő-e a rálátás a felelősségi területére (Area of Responsibility), a repülőtérre és az ahhoz tartozó légtérre. A rTWR alkalmazásával lehetőség nyílt a vizuális képalkotás során nagyításra is, a „zoom” funkció használatával (Binocular Function).

A vizuális kép alkotása 180°-ban vagy 360°-ban észlelő kamerák által közvetített képi megjelenítés segítségével történik [10.-54-57 oldal].

Ezek a kamerák az előzőekben említett COTS- rendszerek közé tartozik, hiszen általános kereskedelmi forgalomban kapható kamerarendszerekről van szó. Megfogalmazódik a kérdés, hogy ezek a kereskedelmi technológiák milyen mértékben képesek kiszolgálni a légiközlekedést, valamint a repülésbiztonságot. Fontos leszögezni, hogy ezeket a rendszereket a beszerzés folyamata során és az üzembe állítás előtt tesztelik. Ebből adódóan is, például a katonai alkalmazást tekintve figyelnek erre, és megvárják az előzetes vásárlói véleményeket és a tesztelések eredményeit, majd ezután alapoznak a rendszerekre [11].

A kamerák alkalmazása váltja fel a hagyományos repülőtéri észlelés folyamatát, az „out-the-window” elvét. A videotechnológia nagyban támogatja a repülőtéri légiforgalmi irányítási folyamatokat. A legtöbb megoldás úgy született, hogy a vizuális kameraképre alapoztak, az ismert korlátozásokkal, például gyenge fényviszonyok mellett, közvetlen napsütés vagy rossz idő esetén. Ezek az intelligens, integrált video megoldások feloldják ezeket a korlátozásokat azáltal, hogy infravörös technológiával ellátott kamerákat²³ használnak. Az infravörös kamera segítségével a kritikus földi és légtérfelügyeleti feladatokat látják el, hiszen minden időjárási körülmény esetén használható képet szolgáltat.

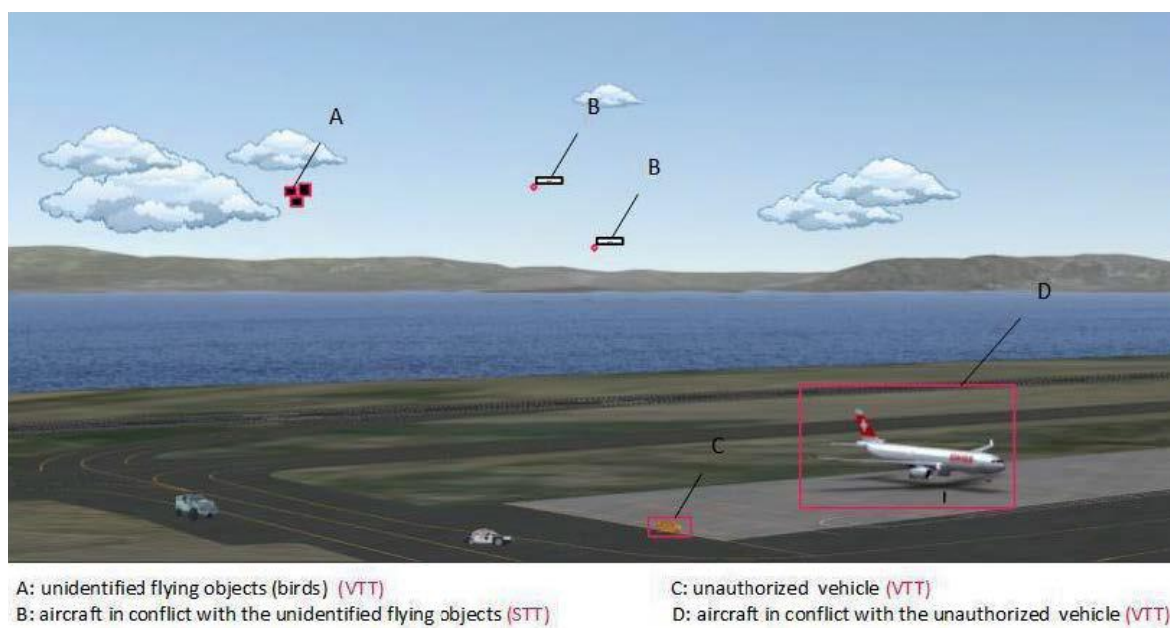
A rendszert kiegészítették észlelési és nyomkövetési (object tracking) algoritmusokkal, hogy az adott tárgyakat megfelelően azonosíthassák, földi mozgás vagy légi üzemelés esetén. Ez az úgynevezett „smart VISION” (intelligens látás) biztosítja a légiforgalmi irányító számára a repülőtér és a terminál területének megismerését, valamint kiegészítő adatokkal szolgál az időjárásról és a támogatási adatokról. Továbbá a „smartVISION” különböző területeken jelent pozitív változást. Használható toronynézeti tovább fejlesztésekre, a kiterjesztett képernyőre, a készenléti megoldások kivitelezésére és tervezésére, valamint a távoli tornyok telepítésének folyamatához.

A képi megjelenítés során lehetőség van például a futópálya kontúr erősítésére, vagy akár a lezárt gurulóutak színekkel való kiemelése az irányítói folyamat segítésére. Ezzel a megjelenítéssel akár a repülőtér fénytechnikai elemeit is ki tudjuk emelni, hangsúlyozni, például a gurulóút szegélyfényeket meg tudjuk jeleníteni, hangsúlyozni.

²³ Infravörös fényképezés/kamera: az elektromágneses spektrumnak a látható fény és hősugárzás között húzódó, közeli infravörösnek nevezett hullámhossztartományában történő képrögzítést jelenti. A kifejezés az esetek túlnyomó részében a közönséges, illetve minimális mértékben módosított fotográfiai eszközökkel és néhány speciális kiegészítővel megvalósítható 700 nm és 1 µm közötti [12]

A „smart VISION” fejlesztés egyik élenjáró vállalata a Frequentis²⁴, a technológiában érdekelt félként van jelen [13].

A rendszer, mint ahogy említettem, a régóta alkalmazásban álló rendszereket integrálja egy egységbe. Mindennek ellenére újítások is megjelentek. Az egyik fő innováció a vizuális célkövetési rendszer (Visual Target Tracking- a továbbiakban: VTT) és a felderítő célkövetési rendszer (Surveillance Target Tracking- a továbbiakban: STT) az előzőekben említett „object tracking” rendszerek. Egyik sem nevezhető teljesen új fejlesztésnek, hiszen a 2D-s algoritmusok és megjelenítés, valamint a radarok alkalmazása már harminc éve jelen van a repülésben. Ez esetben mégis különleges funkciót jelentenek, hiszen lehetőség van hosszabb távon nyomon követni a légijárművet és segítséget nyújtanak a repülőtéri műveletek lebonyolításában. A VTT egy olyan technikai képességet jelent, amely segítségével olyan légijárművek érzékelésére is lehetőség van, melyeket nem lehet ellátni egyéb azonosító rendszerrel, mint pl.: transzponderrel²⁵. A kis forgalmú vidéki repülőtereken a VTT érzékelheti a madarakat, nagyobb testű állatokat, vadakat és akár a mozgó akadályokat is ahogy az a 10. ábrán is látható.



10. ábra A „Visual Target Tracking” funkció biztonság növelő alkalmazása

²⁴ Frequentis: egy osztrák csúcstechnológiai vállalat, amely kommunikációs és információs rendszereket fejleszt ki olyan területeken, mint a légiforgalmi irányítás, a közbiztonság és közlekedés (rendőrség, mentő- és tűzoltóság, parti mentés, vasút, hajózás stb.) A Frequentis az Európai Légiforgalmi Adatállományt működtető GroupEAD Europe SL alapító tagja, az egységes európai égboltra vonatkozó EUROCONTROL nevében, amely az első közös hangkommunikációs rendszer Európában.

²⁵ Transzponder: Vevő/adó berendezés, amely a megfelelő kérésre válasz jelet sugároz ki. A kérdés és a válaszadás más frekvencián történik.

A STT használata a pozíció meghatározására használt szenzorok által működik, ide tartozik az A-SMGCS²⁶ (Advanced Surface Movement Guidance and Control System- Fejlett Földfelszíni Mozgásokat Ellenőrző és Irányító Rendszer) a célok elhelyezkedésének meghatározására.

A rendszer korábbi típusának is meg kellett felelni az ICAO 14-es Annexének. Az alaprendel-tetése a futópályasértések megelőzése, a munkaterületen közlekedő földi és légi járművek ösz-szeütközésének megelőzése és a légiforgalom és a repülőtéri forgalom hatékony irányítása. Ez a funkció főként a nagyobb repülőtereken használható sikerrel, valamint olyan légijárművek esetén jelenthet segítséget, melyek fel vannak szerelve S módú transzponderrel²⁷ [14] Megfelelő fokú rálátást és felderítést biztosít az irányító számára mind a futópálya, gurulóutak, mind állóhelyek tekintetében. Ez a radar lehetőséget nyújt arra, hogy minden látási és időjárási kör-ülmények közt is megfelelő biztonsággal lehessen a légi forgalmat irányítani. A radarkép in-tegrálva van a CWP-be, tehát az irányító azonnali információt kap [13]. Az, hogy az A-SMGCS rendszert milyen szinten alkalmazzák egy adott repülőtéren, nagyban függ az korlátozott látás-viszonyokkal rendelkező napok számától éves szinten [15].

A hagyományos repülésirányítási folyamat során nyomtatott formátumú „strip”-eket, szalago-kat használnak, ami az adott járat repülési adatait, eljárásait, minden egyéb információt tartal-maz az épp pozícióban lévő légiforgalmi irányító számára. (ld. 11. ábra) A papír alapú „strip” használatának sok negatív jellemzője van. Ezek közé tartozik, hogy a munkavégzés megkez-dése előtt nagy darabszámban kell kinyomtatni, ami időt igényel, és rengeteg nyomdafestéket felhasznál. Ezzel a hagyományos módszerrel az információk kizárólag az adott pozícióban lévő légiforgalmi irányító előtt maradnak (az átadás átvételnél, félreértéseket okozhat). A modern vizualizációs és elektronikus rendszerek esetén már ez is túlnőtte magát, hiszen elektronikus „strip”-eket használnak. Ezek más forrásokkal integrálva, mint a repülési adatfeldolgozó rend-szer működnek együtt és biztosítják az általános légihelyzetkép pontosságát, a hatékonyságát és a biztonságot. Segítségükkel a koordinációban részt vevő tornyok könnyen megkaphatják a légijárművekre vonatkozó adatokat, hiszen egy integrált elektronikus rendszeren továbbíthatók.

Az elektronikus „stripek” korszerűek, felhasználó barátok és a rendszerben szabadon mozgatha-tók, előnyük, hogy megőrzésük és archiválásuk jobban megfelel a kor elvárásainak, mint papír alapú társaiké. Ezen felül a felhasználó rendszertámogatást is nyer, hiszen a „strip”-en szereplő

²⁶ ICAO Doc9476 szerint: Az A-SMGCS rendszer tanácsadást nyújt, irányít és szabályoz, mely a légijárművek leszállása után a forgalmi előterekbe (APR) való közlekedését segíti. Hatósugara kiterjed a munkaterületekre (manoeuvring area) és forgalmi előterekre. Az együttes megnevezés a mozgási terület. (movement area)

²⁷ S módú transzponder: bővített felderítő berendezés képesség a légijármű azon képessége, mely a transzponde-ren keresztül légijárműtől származó adatokat továbbít [35.- 6.2.1.3.8.].

repülési adatok megjelennek a videóképernyőn is, itt már mozgathatók, megjelennek bennük a frissített adatok, figyelemfelkeltő jelzések. Lehetőség nyílik az elektronikus rendszerben, hogy az általános munkafolyamatoktól eltérően mozgathassák, küldhessék a „strip”-t, például hasznos lehet ez a funkció az esetlegesen bekövetkezett repülőesemények kivizsgálásánál [16.-2.oldal].

SNO	0016	YSCB	N	100	100	100
CONT	/GPSRNAV					
VLK1443	00	160	CORDO	BUNGO	ENDOR	
0116	DHBC	160	0014	0029	0037	
0005	YSCB	N	160	110	110	
CONT	/GPSRNAV					
RFU	V	00	065	YGLB	LGGN	YSCB
0403	C175	065	0016	0026	0036	
2332	YSCB	N	065	065	065	
CONT						
VLK2132	00	250	35	147	POLLI	HONEY
1615	DHBC	POL35	250	0014	0022	0028
2326	YSCB	N	110	110	110	
CONT	/GPSRNAV					
EVY223	00	240	36	149	YSCB	
0407	CL60	240	0020	0032		

11.ábra Elektronikus strip

1256	CFE62B	S 7430	NO423	9	Rev 01
1245	VAA113	S 5472	NO170	6	Rev 01
RUNWAY 08					HEADING 155
1235	BEEBAH	S 0477	NO305	70	Rev 01

12. ábra Hagyományos,papír alapú strip

A szenzorok és kamerák mennyisége és minősége kimagasló, hiszen az időjárás bármely körülményei között használhatóak, egészen az időjárási minimumok eléréséig. Ezek a modern kamerák és szenzorok magasfokú rálátást biztosítanak a repülésbiztonság szempontjából szenzitív területekre, mint például a pályaküszöb vagy nagy forgalmú gurulóutak kereszteződése. Egy leszállási folyamat során a képi megjelenítés segítségével láthatóvá válnak azok a területek is, amelyek normál esetben, „out-of-the-window” módszerrel történő felderítés során kiesnének a látómezőből. Tehát kijelenthető, hogy a kamerák lehetővé teszik olyan területek és szegmensek feltérképezését (lefedését), melyek egy hagyományos repülőtéri irányító torony rendelkezésre álló látószögéből kiesnek. Emellett pedig azon területek „kimaszkolására” is lehetőség van, ami a repülőtéri irányítás szempontjából nem létfontosságú és inkább csak zavaró lenne.

Az infravörös kamerák implementálása sarkalatos pontját jelenti a fejlesztésnek, az emberi szem által érzékelhető fénytartomány bővítése mellett alacsony látótávolság (low visibility) mellett is képesek reális képet közvetíteni a repülőtéren történő mozgásokról. Mindemellett a szenzorok és a kijelzők információt szolgáltatnak. Az irányítói munkahelyeken ugyanúgy megjelenítésre kerülnek meteorológiai információk (QNH, maximális szélsősebesség, látási viszonyok stb.), repülőtéri információk az elrendezéséről, felépítéséről (fontosabb épületek, futópálya, gurulóutak, minden olyan funkció és alkalmazás, ami az eddigiekben is a repülőtéri irányítás munkahelyeit jellemezte). A klasszikus légiforgalmi irányítói folyamat során a rádiókommunikáció hanganyagát, a „strip”-eket, valamint a belső telefonhívásokat dokumentálják, rögzítik,

hogy az esetlegesen bekövetkező repülőesemények utáni kivizsgálás könnyen végrehajtható legyen, kideríthetővé váljon a hiba eredete valamint a jövőbeni változtatások, biztonsági előírások megtervezését segíti. Ezt nevezzük objektív kontrollnak. A rTWR oly módon növelheti az objektív kontroll hatékonyságát, hogy rögzíthetővé válik a radarkép az aktuális légi helyzetképpel, az integrált videófalon megjelenített kamerakép és integrált adatok, a rádióforgalmazás és a telefonhívások mellett.

A kép-és hangadatok átjátszókon és hálózatokon keresztül a helyi repülőtérre beépülnek az infrastruktúrába. Ezek szolgálnak átjáróként a helyi repülőtér és a rTWR összekapcsolására, amit egy szélessávú hálózat (WAN – Wide Area Network) segítségével továbbítanak. Ez a hálózat és adatkapcsolat jelenti a kulcsát a távoli toronyirányításnak. A hálózattal szemben támasztott alapkövetelmények közé tartozik az állandó rendelkezésre állás és a nagyfokú redundancia, valamint magas áteresztőképességgel, minimális késleltetéssel és alacsony bit hibarárányal kell rendelkeznie az adott hálózatnak. A VPN²⁸ csatornán keresztül vitt hálózati kapcsolat, kábelek egy titkosítási algoritmusokkal védett alagút védelme alatt állhatnak. Ez a hálózat egy zárt csoport részére lett kifejlesztve, biztonságos kommunikációs hálót biztosít. Ez azt jelenti, hogy rendkívül nehéz lenne feltörni a rendszer védelmi hálóját, tehát mondható, hogy nagyfokú biztonságot garantálhat, amennyiben alkalmazták.

A megelőző részekben sokszor megemlítettem a költséghatékonyság fontosságát, amely a rendszer fő erősségét jelenti. A költségek, melyek a repülések lebonyolítása során generálódnak, mind a repülőtéri szolgáltatásokból és a járatokból tevődnek össze. Ezen költségek közé tartoznak a repülőtérien való leszállási díjak és az utasok költségei.

A légiforgalommal együtt ez a két tényező egy lineáris rendszert alkot. Ez azt jelenti, hogy ha a járatok nem indulnak, vagy törlésre kerülnek, akkor egyetlen utas sem hoz bevétele. Azonban tudjuk, hogy a repülőtéri szolgáltatásokat ezekben az esetekben is fent kell tartani, a szolgáltatásokat működtetni kell, legyen szó akár negyedannyi utasról. Az ATS fenntartására szánt költségeket fedező bevételek is a járatok számától függenek, de ezek felhasználását nem mindegy, hogy a szolgáltató mire fordítja. Egy repülőtéri irányító torony fenntartására vagy egy kamerarendszer működtetésére. Ez főként a kis forgalmú távoli repülőterekre vonatkozik. A nagyobb forgalmú repülőtereket tekintve megállapítható, hogy a szolgálatok fenntartási költségei növekednek, hiszen több munkaállomás és szolgáltató szükséges a repülések biztonságos kiszolgálásához.

²⁸ Virtual Private Network: egy olyan virtuális magánhálózat, amely a telekommunikációs infrastruktúrát, a rendszert a privatizáció mellett fenntartja egy titkosított alagút protokoll és a biztonsági eljárások segítségével. [17]

A repülőtereken az ATS költségei forgalomtól függetlenül állandó ATM költségekből, a repüléseket kiszolgáló teljes személyi állomány költségeiből és az infrastrukturális fejlesztések kiadásaiból tevődik össze. Mindezek mellett fennállnak még repülőtéri irányító torony karbantartási költségek és a képzésekre szánt összegek. A költségek megtakarítására vonatkozó potenciál a szolgáltatási szinten korlátozott, hiszen az Nemzetközi Polgári Repülés Szervezet (ICAO-International Civil Aviation Organization) egyértelmű követelményeket támaszt a léginnavigációs szolgáltatásokkal és eljárásokkal szemben, melyek meghatározására az ICAO Doc 9082-ben került sor. Ebben a hivatalos dokumentumban fogalmazta meg az ICAO a Repülőterek és Léginnavigációs (légiforgalmi) Szolgálatok Költségeiről szóló irányelveket. Arra vonatkozóan, hogy az ATS egységek helyben, a repülőtér vonzáskörzetében legyenek elhelyezve, eddig nem született nemzetközi szabályzó. Annak ellenére, hogy több magasabb szintű szabályzás is létezik, nem követelik meg az irányító torony meglétét ahhoz, hogy légiforgalmi szolgáltatást nyújthassanak. Tehát amíg a rTWR technológia segítségével az ICAO és a nemzetközi közösség által meghatározott szinteken képesek a repülőtéri forgalmat biztonsággal és költséghatékonyan kezelni, elfogadhatóvá válik az alkalmazása. A megtakarítási folyamat létezése a „Single” rTWR esetén is elmondható, igaz, egy irányító csak egyetlenegy repülőtér forgalmát szolgálja ki, de a távvezérlés segítségével rugalmasabban oszthatják ki a szolgálatokat, valamint a váltásparancsnok („supervisor” – a pozícióban lévő repülőtéri irányítók munkáját felügyelő irányító) rugalmasan vehet részt a napi folyamatokban. Sokukban megfogalmazódik a kérdés, hogy a rTWR-re való áttérés során a korábbi épületegyüttesek és infrastrukturális háttér miként kerülhet a továbbiakban is felhasználásra. Jogos kérdés, hiszen ha már a költséghatékonyagra alapoz a rendszer, minden adott lehetőséget ki kell használni. Ezek a létesítmények megmaradhatnak raktároknak, irodáknak, oktatási helyszíneknek, de lebontásukkal akár a repülőtér mozgási területe is bővítésre kerülhetne, újabb állóhelyek, egyéb létesítmények elhelyezésére. A folyamatok és rendszerek centralizálásával nagy megtakarításokkal lehet számolni az alábbi területeken:

- adatközpont és IT (Information Technology – informatikai) területek;
- centralizált műveleti központ;
- adminisztráció (administration) és megfigyelés (monitoring);
- távoli IT támogatás [9].

A rTWR technológia alkalmazásának pozitív vonatkozása a források felhasználásán is megfigyelhető. Több repülőtér erőforrásainak összpontosításával a légiforgalmi irányítók képesek a

menetrendszerinti járatok időtartamai között koordinálni, például egy másik repülőtér szolgáltatásait kezelhetik, igénybe vehetik oktatási és előkészítési célzattal. Ez az úgy nevezett „time shifting”, vagyis optimális gazdálkodás a rendelkezésre álló humán erőforrással és infrastruktúrával. A hagyományos légiforgalom irányítás során minimum két fő felelős egy szektor irányításáért. A rTWR alkalmazásával több repülőtér forgalma egy személy kezében összpontosulhat. Ennek eredményeképpen a légiforgalmi irányító jobban tud koncentrálni a taktikai műveletek végrehajtására és a légi forgalom kiszolgálására mindezt kombinálva a földi mozgás felügyeletével és irányításával.

A rendszer használatával lehetőség nyílt az éjszakai váltások optimalizálására. Kis műveletszámú forgalom esetén egy éjjeli szolgálatban egy irányító akár három repülőtérrel is figyelem alatt tud tartani. Ezek mellett előnyként jelenik meg a „supervisor” tevékenységek központosítása. A hagyományos toronyirányítási folyamatban a három munkahelyes repülőtéri irányító toronyban, a repülőtéri légiforgalmi, földi mozgásokért felelős irányító és repülési adatkezelő munkahelyeket még egy „supervisor” is felügyeli. A távoli irányító környezetben a hagyományos felállás oly módon változna meg, hogy akár egy váltásparancsnok felügyelhetné az összes repülőtérrel és azokon felelős irányítói munkaállomásokat.

A rTWR technológiára való áttérés egyfajta biztonságot is teremt a légi közlekedést kiszolgáló állomány számára, különösen a válságkezelő műveletekben, háború esetén a bombázás alatt álló repülőterek esetén, melyeket támadás ér, ezek ellen a távol létesített légiforgalmi irányító szolgálatok védettséget élveznek. A telepített infravörös kamerák ez esetben is hasznosak lehetnek, szolgálhatják a biztonságot oly módon, hogy a repülőtérrel és környezetét ellenőrizhetik a segítségével.

A technológia első alkalmazására 2015 áprilisában került sor. Az első ezáltal úttörőnek számító repülőtér a svédországi Örnköldsvik volt. 2016 novemberétől a Sundsvall-i ATM központból látják el az előbb említett és az ott található repülőtér távoli irányítását. Az idei évtől kezdődően pedig Linköping repülőtérén is alkalmazásra fog kerülni. A rTWR-re való áttérések előtt tesztüzemek folytak különböző repülőtereken, különböző forgalmi helyzetekben. A tesztelések lebonyolítását Írországban, az Amerikai Egyesült Államokban a Leesburg repülőtérén, az Egyesült Királyság Swanwick Remote Tower Centre-ben, valamint a holland Schiphol repülőtérén végezték [18].

5. A TECHNOLÓGIA ALKALMAZÁSA NEMZETKÖZI ÉS HAZAI VISZONYLATBAN

A következő részben a távoli irányítás gyakorlatban történő alkalmazásáról írok részletesen, a kutatásaim alapján a rendszert immár sikeresen telepített és alkalmazó repülőterek példáin keresztül.

5.1. Az rTWR első alkalmazásának színtere- Svédország, Örnköldsvik repülőtér ESNO²⁹

Svédországban az innováció és a vállalkozói szellem a szaktudással vegyítve hosszú idők óta jelen van az ott élők mindennapjaiban. Az ország elhelyezkedését és klímáját tekintve a személy-és áruszállítás nagy távolságokra terjed ki, melyekre különböző közlekedési lehetőségek állnak rendelkezésre, de a leggyorsabb és legnépszerűbb a légiközlekedés, ami miatt a légiforgalom jelentős. A SESAR kutatás tagjaként az innovatív ATM technológiákat kívánták felhasználni saját légiközlekedésükben.

A távoli irányítás előnyeit elsőként a svédországi irányítók tapasztalhatták meg. Az első rTWR segítségével leszállított gép 2015. április 21-én landolt az Örnköldsvik-i repülőtéren. A Svédország északkeleti részén található repülőtér, amely 1961-ben épült, lett a helyszíne az innováció megvalósulásának. Az egy futópályás repülőtéren való felhasználást elsődlegesen az optimális emberi erőforrás gazdálkodás generálta. Az utasforgalmát tekintve a 2000-es években ért el rekordot, abban az évben 165 172 utas fordult meg. Az ott telepített rTWR rendszer az LFV³⁰ és a SAAB közreműködésével valósulhatott meg. A két svédországi vállalat együttműködése arra alapoz, hogy a műveleti környezetet fejleszthessék és a technológiai megoldásokat megfelelő módon illeszthessék be a távoli irányítás rendszerébe. A távoli irányítás központja az LFV Remote Tower Centre volt Sundsvall repülőtéren (távolirányítás innen folyik), majd a gép az Örnköldsvik repülőtéren hajtotta végre a leszállást.

Olle Sundin, az LFV igazgatója az alábbi nyilatkozatot tette a technológiáról: „A Remote Tower szolgálatok és technológia fontos eredmény számunkra és partnereink számára egyaránt. lehetővé teszi a versenyképességünk fenntartását a szektorban” [19]. Az LFV 2014-ben kapott engedélyt a Svéd Közlekedési hivataltól (Swedish Transport Agency) arra vonatkozóan, hogy működtethesse a távoli irányító tornyokat. Ez az engedély garantálta a rTWR alkalmazásának

²⁹ ESNO: Örnköldsvik repülőtér ICAO kódja

³⁰ LFV: svédországi ANSP, mely ATM és navigációs szolgáltatást nyújt Svédország különböző repülőterein. Az európai légtér kialakításában is érintettek, új szolgálatok kialakításán dolgoznak és egy életképes műveleti környezet kialakításán munkálkodnak. Az LFV megközelítően 1100 alkalmazottat foglalkoztat. [24]

beindítását. Ettől kezdődően az észak-svédországi repülőtér hagyományos irányító tornya üresen maradt, az irányítók a 150 km-el távolabb fekvő Sundsvallból felügyelik és kontrollálják az örnsköldsviki repülőtér forgalmát [20]. A felszerelt kamerák és érzékelők segítségével az előzőekben ismertetett módon, adatkapcsolaton keresztül jut a légiforgalmi irányítóhoz. Az irányító előtt 55 inches³¹ (hüvelyk) képernyők jelenítik meg a forgalmi, radar és meteorológiai adatokat, kameraképet 360°-ban.

Az installált video falon megtekinthető a futópálya teljes hossza (12/30-as futópálya- az elhelyezkedés irányáról dezinálva). A legnagyobb kihívást az jelentette a két svéd vállalatnak, hogy olyan működési környezetet teremtsenek, ami megfelel az elvárásoknak, és ugyanakkora vagy nagyobb biztonságot garantál, mint a hagyományos toronyirányítás. Az előző fejezetben ismertettem a technológiákat, amik alkotják a rTWR rendszerét. Itt, az örnsköldsviki repülőtéren sem különbözik. A kamerák nehéz fényviszonyok és rossz időjárási körülmények esetén is tiszta képet közvetítenek, a rendszer automatikusan állítja be a funkciókat közvetlen napsugárzás vagy fényvisszaverődések esetén.

Lehetőség nyílik arra, hogy nehezített látási körülmények esetén is követni lehessen egy olyan repülőgépet, amely szabad szemmel nehezen lenne kivehető. A képernyőn lehetőség szerint meg lehet jelentetni egyéb adatokat is, például az időjárásra és szélirányra vonatkozóan, vagy akár az irányítás alatt álló repülőgép hívójele, sebessége, magassága is kijelzésre kerülhet beállításától függően. Az örnsköldsviki repülőtéren felállított kamerarendszer a szerény kinézete ellenére a legmodernebb ATM megoldásokat kínálja a felhasználói számára [21]. Az esetlegesen felmerült repülésbiztonságot illető kérdésekre Per Ahl, a SAAB igazgatója válaszolt néhány példával:

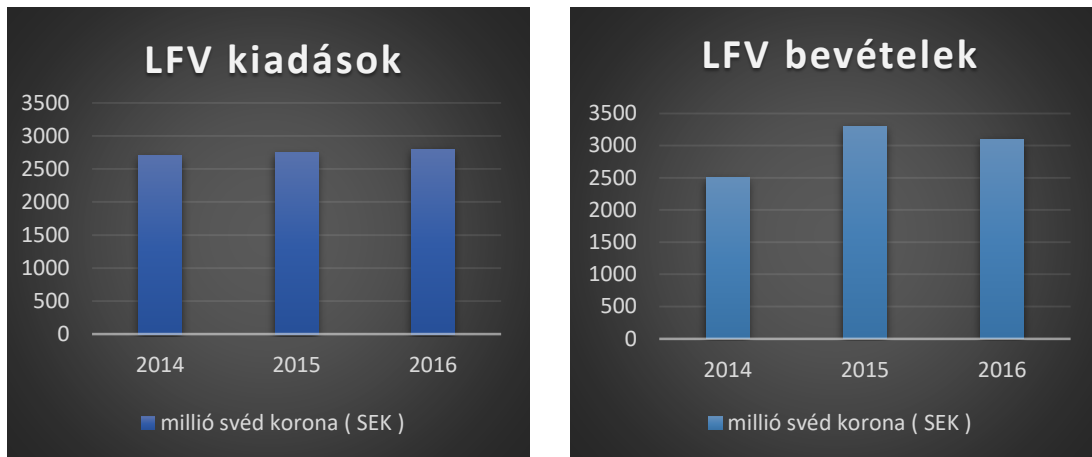
- A kamerák jobb látást biztosítanak éjjel, mint amit hagyományos irányítás során látnak az éppen pozícióban lévő irányítók;
- A korszerű képfeldolgozó rendszer olyan veszélyeket, akadályokat is érzékelhet, amelyeket szabad szemmel nem lehetne észrevenni;
- Target Tracking, a célkövető technológia automatikusan ismeri fel a repülőgépeket a radar és a kamera segítségével;
- A képernyőn megjelenített adatok növelik a repülésbiztonságot, információt nyújtanak az időjárásról, a láthatósági körülményekről, a repülőgépekről és a földi mozgásokról [22];

³¹ 1 inch= 2,54 cm; 55 inch = 139,7 cm

Az üzembe állítás utáni első évben már több mint 4000 mozgást bonyolítottak le és irányítottak a rTWR segítségével. A tapasztalatok alapján az innováció hozza a várt eredményt, hatékonyságot és magasfokú repülésbiztonságot garantál. Továbbá a megoldás sok olyan svédországi repülőtér fennmaradását támogatja, mely kis forgalmú, kevés mozgásszámú és a magas költségek miatt bezárt volna. 2018-ra az LFV már a „Multiple” rTWR kialakítását célozza, ahol egy légiforgalmi irányító kettő vagy több repülőtér forgalmát kezelheti egy időben [23]. A 2016-os évben az LFV és a SAAB a világ első távol irányító rendszeréért megnyerték a SES által alapított díjat.

A működésbe hozatal óta bizonyossá vált a rendszer pozitív jellege, az eredmények a vártak megfelelőek voltak, sőt, még túl is szárnyalta az elképzeléseket. A költséghatékonyság szempontjából való elgondolás is túl nőtte önmagát, a rendszer fokozta a rugalmasságot a repülések kiszolgálása során, mindemellett garantálva a repülésbiztonsági faktor magas szintjét [24]. Kutatásaim során a rTWR általi forgalomirányítási folyamatokban bekövetkezett repülőeseményekről, légi balesetekről nem találtam releváns információt, ami azt jelenti, hogy biztonsági tekintetben is jelentősen növeli a faktort a hagyományos irányítással szemben.

A kétségeket eloszlatva, melyek a rendszerbiztonság tekintetében adódhatnak, megjegyezném, hogy a rTWR hálózatai és telepített rendszerei megfelelő redundanciával rendelkeznek, biztonsági berendezésekkel együtt telepítették őket, valamint tartalékrendszereket is tartalmaznak. Továbbá tartalék adatátviteli hálózatok is rendelkezésre állnak egy esetleges hiba vagy megszakadt kapcsolat esetén. A kommunikáció zavara esetén az irányítók a hagyományos eljárások részét képező fénypuskák segítségével, a színkódok alapján elektronikus úton üzemeltetve jeleznek a légijármű vezető számára. A távoli irányításból adódóan a reakcióidő megduplázódik, tehát számolni kell némi késéssel az adatátviteli sebesség miatt [25]. A kutatásaim alapján megállapítható, hogy a technológia alkalmazásával a svéd ANSP, tehát az LFV bevételei növekedtek, kiadásaik redukálódnak (lásd: 13. ábra). 2016-ban megnövekedett légiforgalmat tapasztaltak a svéd irányítók, tekintettel az összes repülőtérre 726 000 légi mozgást bonyolítottak le. Ez a szám a 2015-ös adatokhoz képest 2%-os növekedést mutat. Ezt azért fontos megjegyezni, hogy láthassuk, hogy a megnövekedett forgalom ellenére a bevételek és kiadások harmonikus rendszerben vannak, a költséghatékonyság megalapozódott. A svéd légiforgalmi szolgáltató rekordnak számító műveletszámot könyvelhet el [26] [27].



13. ábra A svéd légiforgalmi szolgáltató (LFV) bevételei és kiadásai a rTWR technológia alkalmazásának kezdetétől tekintve 2016-ig

5.2. A technológia hazai megvalósulása – Budapest, Liszt Ferenc Nemzetközi Repülőtér, Ferihegy LHBP

A hazánkban található nemzetközi repüléseket is lebonyolító repülőterek közül a legnagyobb-nak tekinthető és a legnagyobb forgalmat lebonyolító a közepes forgalmú Liszt Ferenc Repülőtér, melynek korábbi ismert neve Budapest Ferihegy.



14. ábra Budapest Remote Tower

Az utóbbi évek során a koszovói magaslégtér megnyitása miatt – mely 2014 áprilisában volt- jelentősen megnövekedett a repülések száma (a kutatás alapjának vettem ezt az évet, hiszen a rTWR technológia alkalmazásának kezdeményezései ekkor kezdődtek).

A statisztikai adatok alapján ebben az évben 750 000 légi jármű navigálását hajtották végre a HungaroControl Magyar Légiforgalmi Szolgálat Zrt. (továbbiakban: HC) irányítói. A 700 főt foglalkoztató irányítói szekció éves bevétele meghaladja 100 millió eurót. Ez az összeg a légitársaságok részéről folyik be, hiszen a léginavigációs szolgáltatások ellentéteményeként meghatározott díjakat szednek be. A koszovói magaslégtérben és hazánkba érkező, valamint tőlünk induló nemzetközi repülések összehangolt irányítását végzik. A munkafolyamatok lebonyolításának alapját, mint sok más repülőtéren a repülésbiztonság, a környezetvédelem jelenti [28]. Ezt az is mutatja, hogy a hazánk is részese a SESAR kezdeményezésének. Az európai légteret igénybe vevő járatok száma meghaladhatja az évi 10 milliót is. Előrejelzések szerint a forgalom olyan mértékű növekedése lesz tapasztalható, hogy 2030-ra száma elérheti az évi 17 milliót is. Ez a mértékű prosperáció, valamint a működési környezet változása jelentős odafigyelést, kimagasló szakértelmet és innovatív technológiák alkalmazását szorgalmazza. A nemzetközi követelményrendszerek változásából adódóan, valamint a forgalom növekedése miatt a magyar léginavigációs szolgáltatásnak is lépést kell tartani. Ez meg is történik a világszínvonalú fejlesztései segítségével például a szimulációs rendszerek és a rTWR. A székhelyen található egy olyan szimulációs központ, mely Közép-Európa legnagyobb Kutatás-Fejlesztési és Szimulációs Központja (Centre of Research Development of Simulation – CRDS) Ennek a központnak a szolgáltatáscsomagját a madridi World ATM Congress-en való részvétel során ismertette a szolgáltató. Az itt végzett szimulációk sava-borsa abban rejlik, hogy a nemzetközi léginavigációs szolgáltatók számára is elérhetővé tegyék az Európában kötelező eljárásokat, valamint megismerhessék a HC fejlesztéseit, valamint azok teszteredményeit. Mindezek után biztonsággal alkalmazhatják az általuk kezelt légterekbe. Ezen a kongresszuson a szimulációs eredmények mellett bemutatták a rTWR koncepcióját is, ami alapvetően szimulációs célokat fog szolgálni, valamint vészhelyzeti tartalék irányító rendszerként [29].

A rögzített légi helyzetkép és kamerakép segítségével régi valós helyzetek szimulálására is lehetőség adódik, ami nagy segítséget jelenthet például egy adott kényszerhelyzeti eljárás helyes kivitelezésében, tanulva a régebben elkövetett hibákból. A 2013-as évben a régi irányítótornyot felváltotta egy sokkal korszerűbb, új irányító központ, ami a világ egyik legkorszerűbb irányító centrumának tekinthető.

A régi irányítótorony 1983-ban épült, melynek szerkezete az évek során előregedett, az alkalmazott technológiák elavulttá váltak. Ebből kifolyólag egyre nagyobb igény lett a felújításra, azonban ez hatalmas beruházást jelentene. Ennek a nagy beruházás költségeinek csökkentésére, valamint modernizáció szempontjából lett vezérelv a rTWR technológia használata.

A magyar ANSP szerint a rTWR stratégia projekt célja az üzemmenet folytonosság biztosítása a Liszt Ferenc repülőtér irányítási feladatainak ellátásával kapcsolatosan. A nemzetközi közösség színterén is hatalmas sikereket aratott rendszer hazánkban is pozitív változásokkal kecsegtet. A HC része egy hattagú konzorciumnak³², mely során elnyerték a tendert a technológia felhasználására vonatkozóan, először is oly módon, hogy a Dubai Nemzetközi Repülőtér kényszerhelyzeti rTWR-jét („contingency” rTWR) a Ferihegyi repülőtér rTWR tervei alapján valósították meg. A lépés fő oka az volt, hogy egy biztos háttérrel teremthessenek a rendszer vészhelyzeti szituációkban történő alkalmazására, valamint az irányítói kapacitás maximalizálása mellett távoli helyre pozicionálni az irányítás színterét. [30] Dudás Dezső, a HC rTWR projektvezetője az alábbi nyilatkozatot tette a HC bemutatkozó videójában a rendszer alkalmazásáról: „A távoli toronyirányítás során korszerű kameratechnológiát használunk a repülőtéri irányításhoz. A koncepció az, hogy az irányítókat olyan közel tudjuk vinni a forgalomhoz, és ezáltal olyan látványban lehessen részükhöz, amely jelen pillanatban nem elérhető az irányító kabinból.” [31] Hazánkban oly módon jelenthet pozitív változást, hogy olyan repülőterek irányítása is lehetővé válik, ahol jelenleg nincs elérhető légiforgalmi szolgáltatás, vagy túl komplikált és drága a szolgáltatást ellátó állomány elhelyezése. Az alapvetés az, hogy ezekre a kis forgalmú, elszigetelt repülőterekre a repülések idejére (lehet, hogy csak heti 1–2 mozgásszám) delegálják az irányítói munkakört. A rendszer, a tervek szerint hozzájárul ahhoz, hogy például a debreceni és a sármelléki repülőtér irányítása a HC rTWR-ből folyhasson.

A felhasználói igények, a műszaki megvalósíthatóság és a gazdasági elvárások harmóniát mutatnak, ami táptalajt nyújt a koncepció biztonságos alkalmazhatóságára. A ferihegyi repülőtér egyedi sajátosságait szem előtt tartva kell kifejleszteni a rendszer minden apró részletét.

LHBP a távoli toronyirányításnak összetett irányítói rendszerekkel kell kezelni a helyzeteket, mely közepes megterhelést jelent [32]. Szemben az örnsköldsviki repülőtérrel való alkalmazással, itt hazánkban a két futópályás repülőtérrel sajátos módon integrálható be az alkalmazásba. Ezen módon is a hagyományos rendszerek, irányítói munkafolyamatok integrálása válik szükségessé.

³² A Budapest 2.0 projekt keretében egy olyan demonstrációs környezetet alakít ki, ahol a SESAR kutatási-fejlesztési programhoz szorosan kapcsolódó léginavigációs fejlesztések tesztelését és bemutatását végzi majd. A program kifejezetten a kis és közepes forgalmú repülőterek és szolgáltatók működését javító technológiai újítások és eljárások bemutatását tűzte ki céljául, amelyek segítségével hatékonyabban ütemezhető a légi járművek érkezése, mérsékelhető a járatkésések száma, gazdaságosabban üzemeltethetők a repülőgépek és kedvezően befolyásolhatók a környezeti hatások. (Budapest 2.0: nemzetközi kutatás-fejlesztési programban vesz részt a HungaroControl-
http://www.hungarocontrol.hu/sajtoszoba/hirek/budapest_2.0 (megnyitva: 2017.10.22))

Ilyen például a repülés tájékoztató szolgáltatás (FIS – Flight Information Service), a légiforgalmi irányító szolgálat (ATC – Air Traffic Control) és a CNS rendszere, azaz a Communication, Navigation, Suirveillance- (kommunikáció, navigáció, felderítés) [35]. A következő évre vonatkozó tervek alapján a hagyományos torony megszűnik a ferihegyi repülőtéren. Ez azt jelenti, hogy a rTWR-t és a crTWR, azaz a kényszerhelyzeti, tartalék tornyot vonják alkalmazás alá. A hazai rendszer kiépítése a jelenlegi, hagyományos irányítástechnikai rendszerek és munkaeljárások duplikálására alapoz, mely kitolhatja a biztonságos és megfelelő forgalmi kapacitású légiforgalmi irányítói szolgáltatások alkalmazásának idejét. (Az állításom során a vészhelyzeti torony üzemeltetésére gondolok). A hazai alkalmazás alapjait az A-SMGCS, az előző részekben is említett Fejlett Földfelszíni Mozgásokat Ellenőrző és Irányító Rendszer jelentené, melynek segítségével az irányítói döntéshozatali szegmens, valamint a repülésbiztonsági faktor jelentős növekedésnek állhat. Mindemellett a fejlett kamerarendszerek, a video fal és a kapcsolódó technikák is segítik a rendszer megfelelő és pontos működését.

A budapesti repülőtéren történő megvalósításért az Indra Navia és a Searidge Technologies a fő felelős. Az A-SMGCS rendszer telepítésére az előbb említett Indra Navia AS³³ cég szerződött, amikor is megállapodtak, hogy a rendszer 2016 márciusáig működni fog, melyet meg is valósítottak. A kanadai székhelyű Searidge Technologies³⁴ pedig az integrált kamerarendszer telepítéséért volt felelős. Az installált video falon kerül megjelenítésre a Budapest Airport (BUD) mindkét futópályájának képe (31R/13L) valamint az előterekről (apronok-APR) is teljes kép tárul az irányító elé, mindez kiegészülve az A-SMGCS rendszer által származtatható repülési információkkal [33]. Mindezen technológiák együttesen egy zavarmentes radarlefedettséget, testreszabott adattömböket és automatizált funkciókat kínálnak. Az idei évben a próbaidőszak zajlott, melynek során 600 mozgásszámot bonyolítottak le a távoli torony irányítói.

A világon az első olyan rTWR a miénk, mely nagysága és komplexitása ellenére a próbaidő során ekkora mozgásszámot kezelt. A tesztüzemi órák száma meghaladja az 500 órát, amibe bele tartoznak az aktív és passzív üzemi órák is. A tesztelés idején figyelembe vették a működést korlátozásokkal, korlátozások nélkül, a menetrendszerinti forgalom függvényében. A kísérleti időszakban 13 légiforgalmi irányító segítségét kérték. A Searidge Technologies és a HC a tapasztalat-feldolgozás során megállapodtak abban, hogy a video fal megbízható és releváns információkat továbbít, a humán erőforrás tekintetében nem tapasztalható jelentős munkateher változás, mindemellett képesség született a távoli torony létesítményei közötti csúcsforgalom

³³ <https://www.indranavia.com/about/>

³⁴ <https://searidgetech.com/>

kezelésére is a berendezés segítségével. Az új irányítói munkaállomások, a CWP-k hasznos és megbízható információkat biztosítanak és stabil vezérlési struktúrát kínálnak.

A technológia széleskörű alkalmazását tekintve az EASA³⁵ is publikált a rendszer felhasználásáról, valamint egyfajta implementációs útmutatót adott ki. A szervezet deklarálta, hogy a légiforgalmi irányítóknak nem szükséges további képzés, speciális szakszolgálati engedély megszerzése ahhoz, hogy a rendszeren dolgozhassanak. Ez a döntés abból adódik, hogy a felhasznált technológiák a hagyományos irányítási folyamatoknak megfelelő eljárásokat, és szolgáltatási színvonalat biztosítják [34].

6. A TECHNOLÓGIA KATONAI MŰVELETEKBEN VALÓ ALKALMAZHATÓSÁGA

A választott szakmámból kifolyólag a dolgozatom utolsó szegmensében tárgyalom a témakör katonai szempontjából való vizsgálatát. Általános feltételezés, hogy az összes repülőtér funkcióját tekintve hasonló, mindegyik a repülőgépek fel-és leszállását, földi mozgását- gurulását szolgálja ki, legyen az földi vagy vízen telepített. Alapvetően igaz is lehet, azonban ha jobban megvizsgáljuk, a katonai és polgári oldal mégis erőteljesen elkülönül egymástól. Általában a polgári repülőterek nagyobb forgalmat kezelnek, mint a katonai, azonban utóbbi bonyolultsága és komplexitása vitathatatlan a polgári oldallal szemben. Ennek oka pedig az, hogy a katonai repülőtereken katonai légijárművek irányítása zajlik, gyakran katonai műveletekre történő speciális kiképzési elemekkel bővítve. Legyen szó gyakorló-kiképzési repülésekről, összhaderőnemi gyakorlatokról, vagy úgynevezett műveleti repülésekről (katonai személy-és áruszállítás stb.) a katonai légiforgalmi irányítók számos kihívás elé néznek.

A katonai légijárművek típusainak és speciális eljárásainak az ismerete, a forgalom kezelési eljárások elsajátítása és biztonságos alkalmazása komplex feladatot jelent. További kihívást tartogat, hogy gyakran egy időben különböző repülési profillal és sebességgel rendelkező katonai légijármű van jelen a repülőtéren és ezek ráadásul más turbulencia kategóriába tartoznak. A turbulencia kategória szerint három típust különböztetünk meg:

- **L:** Light – ha az engedélyezett maximális felszállótömeg 7000 kg, vagy kevesebb
- **M:** Medium – ha az engedélyezett maximális felszállótömeg több, mint 7000 kg de kevesebb mint 136 000 kg
- **H:** Heavy – ha az engedélyezett maximális felszállótömeg 136 000 kg vagy annál több [35]

A sebesség szerinti kategória a megközelítése sebesség alapján van csoportosítva (approach speed). Ez a kategorizálás A–E betűjelekig van. A polgári repülőtereket igénybe vevő polgári légijárművek nagy általánosságban a C és D kategóriába sorolhatók, ami 224–307 km/h közti sebességet határoz meg. A katonai légijárműveknél szélesebb a paletta, mert a közép és nagy hatótávolságú szállító légijárművek a fent említett C–D-be, míg a helikopterekre a 90–120 km/h közti sebesség jellemző, ami az A és B kategóriába tartozik. A nagysebességű vadászgépeket pedig az E kategóriába sorolják a 307–391 km/h sebességükkel [36].

Ezeket azért fontos megemlíteni, hogy érzékelhető legyen az egyik különbség a katonai repülőterek forgalmában és annak kezelésében, melyek repülőtér körzetében végrehajtott speciális eljárásai is jelen vannak. Ennek tudatában kell elemezni, hogy a rTWR koncepciót és, hogy az milyen mértékben képviselhet hozzáadott értéket a katonai légijárművek irányításában, a speciális katonai eljárások végrehajtásában és a repülőtéri szolgálatok ellátásában. Tekintsük át a katonai repüléseket jellemző eljárásokat:

- Kényszerhelyzeti eljárások (szimulált hajtóműleállás-SFO Simulated Flmr Out);
- Nagy számú VFR és SVFR forgalom;
- Taktikai bejövetelei eljárások (kis-és nagy magasságokon);
- Kötelékrepülés és kötelékoszlatás;
- Fel és leszállások kötelékben;
- Műrepülés;
- NVG repülés;
- Ejtőernyős műveletek (személy-és teher desszant);
- Riasztási eljárások (madár, RPAS [Remote Piloted Aircraft System]);
- Infra zavarótöltet alkalmazása [8][37.-5. oldal].

A polgári területeken történő alkalmazásból adódó pozitív tapasztalatok azt jelenthetik, hogy az állami célú légiközlekedésben is fejlődést jelenthetne a rendszer telepítése. Annak ellenére, hogy a polgári oldalon már széleskörű kutatások, tesztüzemek és már használati fázisok zajlanak, az állami repülőtereken még nem jelentkeztek kiugró kutatások, tesztelések [38]. Az állami célú légi közlekedést a polgári szabályzók mellett katonai előírások is korlátozzák. Hazánk tagja a NATO-nak, ami egy katonai-politikai alapú szövetségi rendszer. A NATO szövetségeként hazánk is részese a kollektív feladatoknak, békefenntartó misszióknak, különböző feladatoknak ahol nagy szerepet tulajdonítanak a légi közlekedésnek, hiszen a feladatok ellátása során a szállításban, harcászati alkalmazásban is részt vállal. Alapvető követelmény, hogy hazánk légi közlekedési aspektusai, a légiforgalmi eljárások, valamint az irányítók szaktudása

illeszkedjen a NATO rendszerébe. A szövetség különböző stratégiai koncepciókat tart fenn, köztük a „smart defence” (intelligens védelem) képességet [38] [39.-5. oldal].

A koncepció kiterjed a légi szállításra, a légvédelemre, a kiber-védelemre, valamint az információs fölény kivívására is. Ez jelenti a tagországoknak az innovációs technikák alkalmazását, mely elősegítheti a biztonságot a műveletek végrehajtása során. Ennek ismeretében kijelenthető, hogy a rTWR rendszere innovatívan szolgálhatná ezt a képességet a tagországok között, jelen esetben hazánkból kiindulva. Mivel katonai alkalmazásról van szó, figyelembe kell vennünk a NATO rendszerén belül létrejött az NATOATMC (Air Traffic Management Committee), ami a NATO légiközlekedés biztonságért felelős szerve. Ez a szervezet biztosítja a tagországok légiközlekedési részének a változó biztonsági környezethez való alkalmazkodását, a modernizációs erőfeszítésekben való részvételt, valamint az új technológiák alkalmazását. Ezekből az információkból megállapítottam, hogy törvényi és szövetséges katonai korlátai nincsenek a rTWR katonai repülőtereken való alkalmazhatóságának. A rendszer habár korlátozásokkal, de szolgálhatná a katonai forgalmat mind békeidőben mind pedig konfliktushelyzetben (háborúban). A speciális manőverek végrehajtása során nehézséget okozna a pontos adattovábbítás, valamint a kamera megfelelő irányba és szögbe való fordítása. Például egy kötelékoszloztatás során a bejövetelnél képtelenség volna a kamerákat olyan nagy szögsebességgel és irányra fordítani, ahogy például a vadászrepülőgépek végzik a bejövetelt. A polgári alkalmazással ellentétben a katonai repülőtereken a rTWR használata elsősorban nem a költséghatékonyságra alapozna, hanem a forgalom gyors és biztonságos kiszolgálására, az eljárások megfelelő kivitelezésére. A katonai telepítés mindemellett szigorúbb követelményeket támaszt, főként a rendszerbiztonság tekintetében, hiszen a katonai műveletek védettsége és zavartalan lefolyásának biztosítása alapvető elvárás. Fontolóra kell venni a hadműveleti környezet elemeit, a műveleti eljárásokat. A katonai repülőtereken alkalmazásban vannak az alapvető navigációs berendezések, de ezek mellett a kizárólagos katonai felhasználású TACAN³⁶ rendszert is működtetik. A katonai légi műveleteket tekintve az általános és alapvető eljárásokat VFR repülési szabályok szerint hajtják végre. A NATO telepíthető ATM komponensei, azaz a NDAB (NATO Deployable Airbase) alapját jelentheti a rTWR. Ez a koncepció a háborús körülmények közti távoli irányításra alapoz. Ez a telepített légi bázis polgári és katonai forgalmat, IFR/VFR, egyaránt kiszolgál, a hét minden napján 24 órában [37].

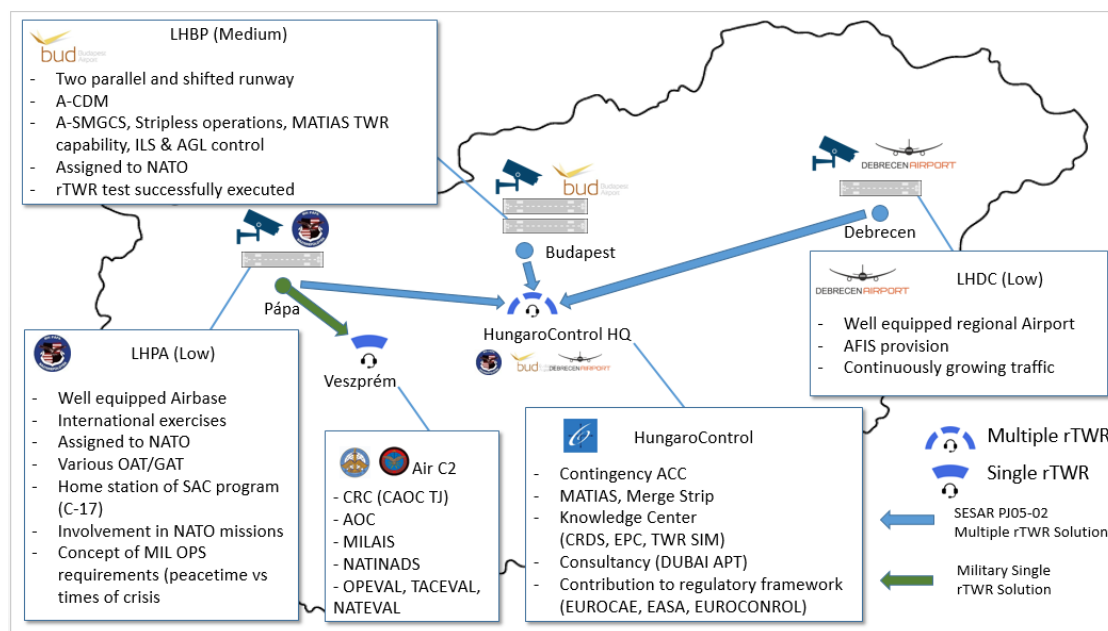
³⁶ Tactical Air Navigation System: taktikai navigációs rendszer, mely a katonai műveletek során nyújt navigációs információkat. (általában VOR/DME-vel együtt telepítik: VORTAC)

Ezen képesség fejlesztésében a Magyar Honvédség a HC-val együttműködésben vesz részt. A SESAR 20 program keretében indított K+F³⁷ alapján a polgári Ferihegyi és debreceni repülőtér, valamint a katonai pápai repülőbázis a projekt célállomása. A megállapodás aláírásakor Dr. Simicskó István honvédelmi miniszter így nyilatkozott: „a haderő a civil szférával közösen, a polgárokkal együttműködve keresi a megfelelő választ arra, miként láthatja el a lehető leghatékonyabban hazánk védelmét” [40]. Ezzel a koncepcióval kifejtés alatt áll egy több repülőtérrel kiszolgáló integrált irányító állomás, valamint egy szimulációs rendszer, ami az irányítók és az irányítás alatt álló repülőterek összehangolt vizsgálatát végzi. A magyarázat arra, hogy a három magyar katonai repülőtér közül miért Pápa lett az innováció helyszíne az, hogy a normál hazai üzemmenet és a nemzetközi összetett gyakorlatok alapján alkalmas arra, hogy a rendszer telepítésre kerüljön és biztonsággal alkalmazható legyen az előzőekben említett speciális katonai eljárások során. Emellett nem elhanyagolható tény, hogy a pápai bázis NATO repülőtér. A rendszer lehetőséget biztosítana a földi kiszolgálással való együttműködés stabilizálására és technológiát alkotó rendszerek tesztelésére. A kommunikáció és együttműködés fejlesztése kiterjedne az illetékes tűzoltó egységekre, az általános repülőtéri karbantartó egységekre, a repülőtér őrzés-védelmére, vagy akár katonai tekintetben a bázis földi légvédelmi egységeire, a repülő alegységekre [8.-213.oldal].

Az említett K+F programban a honvédelmi tárca együttműködésével lesz lehetőség a rTWR rendszer katonai környezetbe való implementálására a MANS2010 + program keretén belül. A program a jogi keretét a Magyar Honvédség légiforgalom-szervezésének korszerűsítéséről szóló 40/2004. (HK 10.) HM utasítás adja. A program alapvetése a katonai ATM rendszer korszerűsítése, a munkatechnológiai eljárások modernizálása és a polgári rendszerekkel történő harmonizálása. Mindemellett célkitűzése a vonatkozó jogszabályok átalakítása a nemzetközi követelményeknek megfelelően és esetünkben a legfontosabb momentuma, a katonai ATM rendszerek fejlesztése, az eljárások és a munkamódszerek egységesítése, valamint új humánstratégiai koncepció kidolgozása [41] (lásd: 14. ábra). Mindezen célkitűzéseknek kitűnő alapot nyújthat a rTWR telepítése a katonai repülőtereken. A Honvédelmi Minisztérium (továbbiakban: HM) és a HC K+F programját a 21/2017. (V. 24) a távoli toronyirányító rendszerekkel összefüggő kutatás-fejlesztési feladatokról szóló HM utasítás határozza meg. Ez a dokumentum tartalmazza az előzőekben említett három repülőtérrel érintő program leírását, a Program Remotely Provided Air Traffic Services for Multiple Aerodromes K+F projektet.

³⁷ Kutatás-Fejlesztés

Meghatározzák benne, hogy a honvédelmi tárca feladatai közé tartozik a híradó, informatika és információvédelem megfelelő szintű kialakítása, a HC szakállományával történő együttműködés, valamint a rTWR koncepció tanulmányozása, a szakanyagok és ajánlások feldolgozása.



15. ábra A HC és a HM kutatás-fejlesztési programja

7. KUTATÁSI EREDMÉNYEK

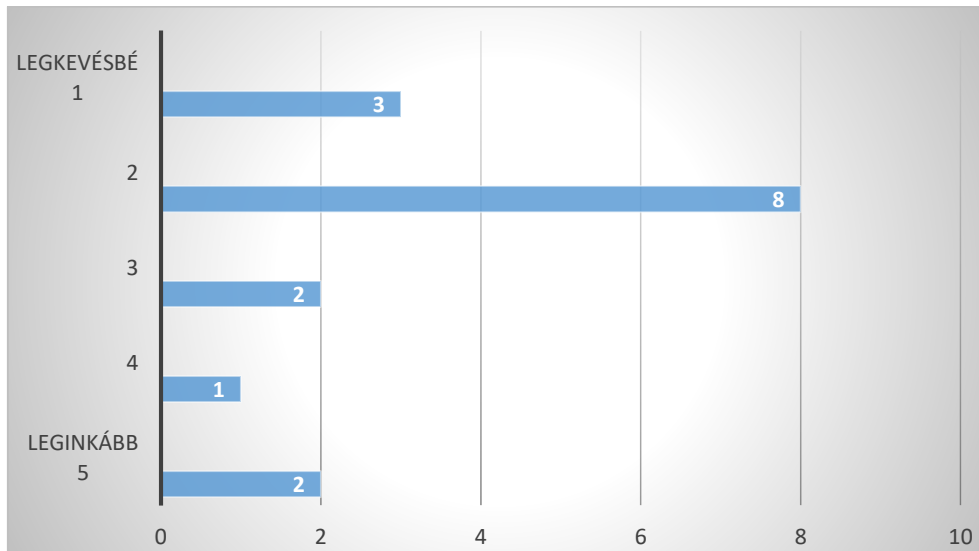
Az alábbi részben a kérdőív alapú kutatási eredményeket fogom ismertetni. A kérdőív tervezete alapján 4 fő szakaszra lett bontva, melyek különböző területek aspektusaira kérdez rá.

1. szakasz: Bemutatkozás, üdvözlő szöveg, kutatás céljának meghatározása;
2. szakasz: Technológia és repülésbiztonság;
3. szakasz: Humán tényező;
4. szakasz: Rendszerbiztonság.

A kutatás célközönsége a polgári oldalról alkalmazói körben tevékenykedő HC állománya, valamint a katonai repülőtérén való rTWR leendő üzemeltetői, a pápai irányítói állomány. Ebben a tárgykörben a kutatás során felmerült legmegosztóbb kérdések kerülnek tárgyalásra, ismertetésre.

1. szakasz → Technológia és repülésbiztonság

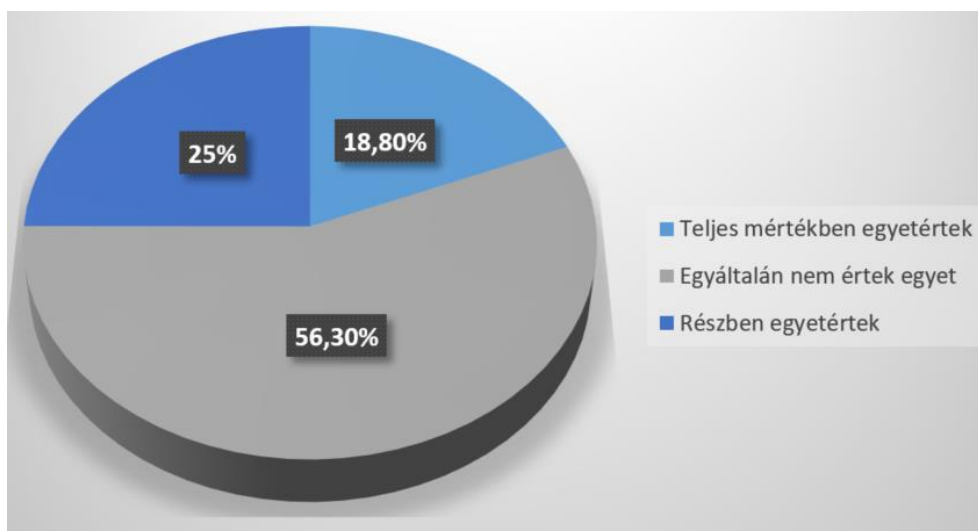
3. kérdés: A repülőtéren található „hot spot”-okat, kiemelt figyelmet igénylő területek megfigyelését milyen mértékben segíti (segítheti elő) a rTWR technológia a hagyományos toronyhoz képest?



16. ábra

Minden egyes repülőtéren fontos elemek a kiemelt figyelmet igénylő pontok, a szenzitív területek, a „hot spot”-ok. A hagyományos toronyirányítási folyamat során a vizuális észleléssel lehet ezeket a területeket ellenőrzés alatt tartani. A rTWR kamerarendszere azonban képes eldugottabb területek feltérképezésére is. A kérdőív ezen kérdése arra vonatkozott, hogy a kutatás célközönsége miként vélekedik arról, hogy a rTWR fejlesztése növelheti a „hot spot”-okra történő rálátást, megfigyelést. A kérdés értékelése minősítési skálán került meghatározásra, a kitöltőknek 1–5-ig kellett értékelniük a fent említett kérdés. Az 1-es a legkevésbé, az 5-ös a leginkább választ jelöli. Az eredmény azt mutatja, hogy a válaszadók 50%-a szerint a távoli toronyirányítás kamerarendszere és egyéb implementációi kevésbé jelenthetnek nagyobb segítséget a klasszikus észlelési folyamatokkal szemben. A kitöltők 18,8%-a úgy véli, a legkevésbé sem segíti a folyamatot, azonban 12,5%-a mondja azt, hogy nagy mértékben segítségére lehet a rendszer a kiemelt területek figyelemmel tartására. Fontos megjegyezni, hogy a katonai légiforgalmi irányítói állomány előzetes véleményezést végzett a kérdőív kitöltése során, hiszen testközelbeli tapasztalattal még nem rendelkeznek a rendszer használatával kapcsolatban.

6. kérdés: Ön milyen mértékben ért egyet az alábbi állítással? „A rTWR rendszere a jelenleg alkalmazott légiforgalmi irányítási rendszerbe beilleszthető és a repülőtéri irányító eljárások a szabványoknak megfelelően alkalmazhatók.”

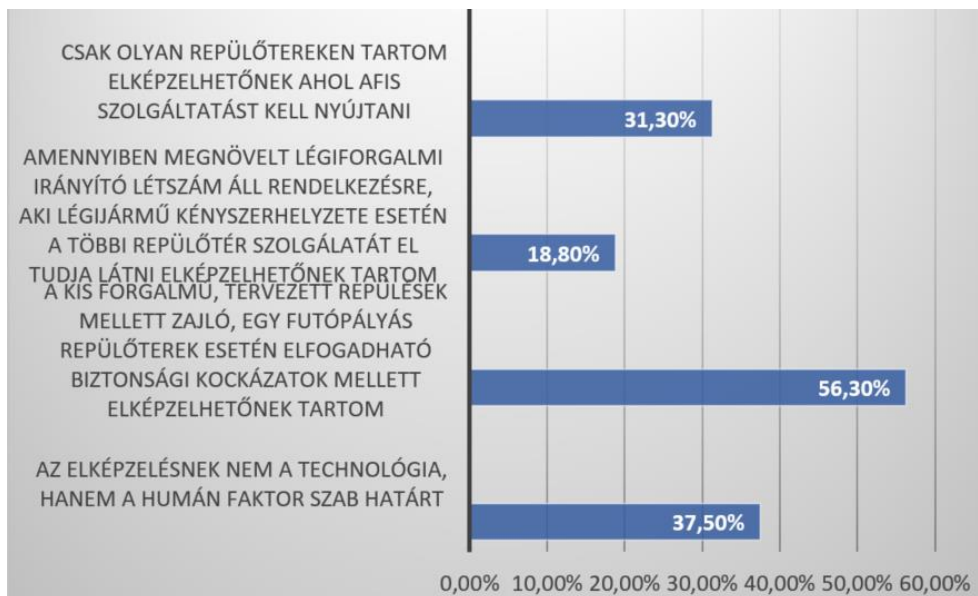


17. ábra

Az alábbi pontot egy állítás nyitja meg, mely az egyetértés fokát méri a válaszadók körében. Az állítás a dolgozatban is tárgyalt szabványok, eljárások és rendszerek beilleszthetőségére vonatkozik a jelenlegi szabályozóknak megfelelően. A kérdőív kitöltők közül 18,80 % értett teljesen egyet azzal, hogy a jelenlegi ATM rendszerébe maradéktalanul beilleszthetők a rTWR technológia vívmányai, eljárásai és szabványai. A válaszadók 25%-a részben egyetértett az állítással, azonban nagy részük, 56,30% egyáltalán nem ért egyet. Ebből az a következtetés vonható le, hogy a jelenlegi tapasztalatok alapján az alkalmazói kör, az irányítói állomány nem tudja maradéktalanul párhuzamban, összeillesztve a két rendszert elképzelni, szabványosítani.

Véleményem szerint ez betudható a technológia „fiatalságának”, a kevés alkalmazói tapasztalatnak stb.

7. kérdés: A „multi rTWR” alkalmazás esetén milyen feltételek teljesülése mellett tartja elképzelhetőnek, hogy egyetlen repülőtéri irányító legyen felelős két vagy több repülőtér légiforgalmi szolgáltatásának biztosításáért egy időben?



18. ábra

A kérdésre több válaszlehetőség megadásával lehetett felelni. A kérdőívet kitöltő irányítók közül a legtöbb válaszadó úgy véli, hogy a több repülőtér egy légiforgalmi irányító által üzemeltető elképzelés, a dolgozat tárgyalásában is bemutatott Multi rTWR akkor lenne leginkább alkalmazható, ha a biztonsági faktor elfogadhatósága mellett, tervezett repülések lebonyolítása történik, de kizárólag kis forgalmú repülőtereken. Ismertettem, hogy a Multi rTWR még csak tervezői fázisban van, azonban az biztonsággal kijelenthető, hogy a humán tényező az, ami nagyban befolyásolhatja a működését. Ezt bizonyítja, hogy a válaszadók 37,50%-a jelölte ezt az opciót.

A kitöltőknek lehetősége volt saját véleményezésre, egyéb tapasztalat megosztására. Az egyik válaszadó úgy vélekedett, hogy csak olyan repülőtereken lehet ezt az újítást alkalmazni, ahol a menetrendszerinti és az azon kívüli forgalom száma kicsi. Egy másik kitöltő úgy gondolta, hogy kizárólag csak olyan egyszerű és kis forgalmat kezelő repülőtereken lehetne alkalmazni, ahol minimális esély van arra, hogy a forgalmi "csúcs" egyszerre jelentkezik, tehát nincs nagy veszélye annak, hogy a pozícióban lévő irányító képtelenné válik a nagy forgalom biztonságos kezelésére.

2. szakasz → Humán tényező

Az alábbi részben az emberi tényező, mint a repülésbiztonságot nagy fokban meghatározó elem került kutatásra állítások formájában. Az állítások alapját a megváltozott munkakörnyezet okozta fordulat hatásai, a légiforgalmi irányítók munkavégzésére ható tényezők jelentik. A legmegosztóbb értékelések az alábbi állításoknál születtek skálás értékelési módszerrel:

- *„A jelenlegi munkakörnyezethez képest pozitív változást jelentett (–ene), mert kényelmes, zajmentes, megbízható rendszernek tartom.”*

A válaszadók 62,5%-a gondolja úgy, hogy a rendszer nem biztosít nagy mértékű pozitív fejlődést a jelenlegi irányítói környezethez képest, nem tartják komfortos és megbízható rendszernek.

- *„Nehezen hagyom (hagynám) el a régi szokásaimat, mint, hogy automatikusan odanézek vagy felállok a munkahelyről és ellenőrzöm a repülőtérnek azt a részét, ahonnan a hívás érkezett”*

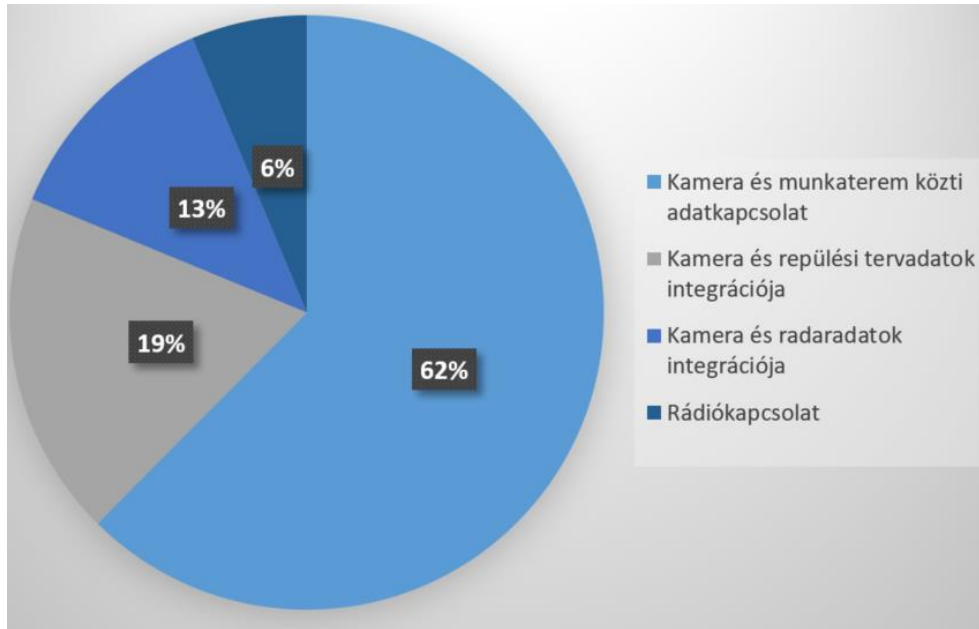
A kitöltők közül a legtöbben úgy vélik, úgy tapasztalták, hogy a régi, megszokott tevékenységeiket, módszereiket és irányítási szokásaikat nehezen tudnák felváltani az új technológia kínálta lehetőségekre. Ezt a válaszadók 43,8%-a gondolta így, miszerint hiányérzetet váltana ki, hogy nem tudnak odapillantani, ahonnan a rádióösszeköttetés felvétele történt.

- *„Fontos számomra a hajtóműzaj, a kerozin szag, az eső kopogása és az egyéb környezeti hatások, mert akkor „élek együtt” a repülőtéri forgalommal.”*

A válaszadók 50%-a azt állítja, hogy fontos számukra, hogy a repülések kiszolgálása és irányítása során testközelből érezhessék a repülőtéri forgalmat, a valós és időszerű képet láthassák a torony ablakaiból kitekintve. A kitöltők 12,5%-a viszont egyáltalán nem érzi számottevő elemnek az alábbiakat. A maradék véleményező egyenlő megosztásban jelölte a két szélsőséghez legközelebb eső értékelést. Tehát összességében a rTWR inkább biztosít egy virtuális valóságban történő irányítást, mintsem egy valós időben és térben végbemenő, testközeleli irányítást.

3. szakasz → Rendszerbiztonság

1.kérdés: Ön szerint a rTWR rendszerében melyik elem a legérzékenyebb rendszerbiztonsági szempontból?

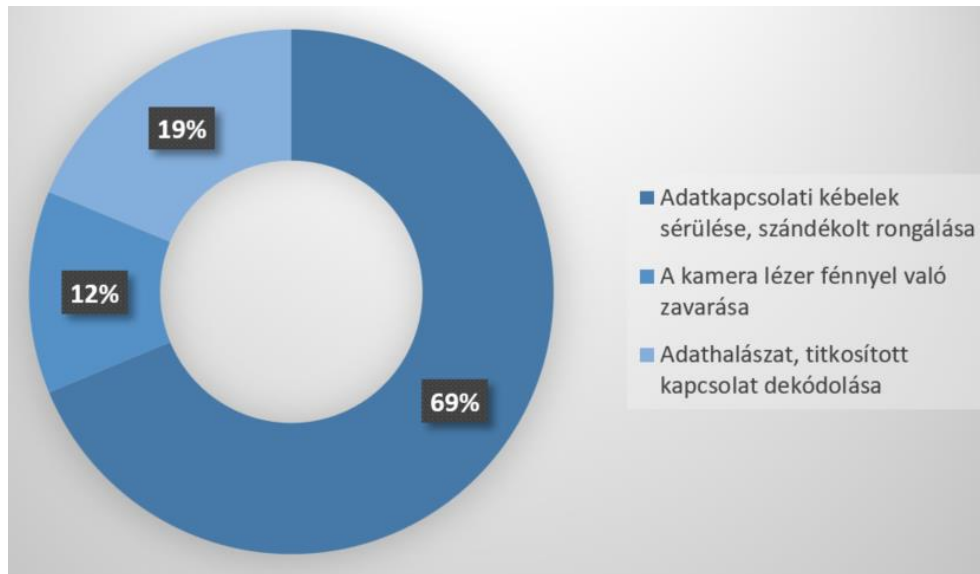


19. ábra

A fentebb látható kördiagram szemlélteti, hogy a válaszadók legnagyobb része, összesen 62%-a szerint a rTWR technológia rendszerének leggyengébb pontját a kamera és a munkaterem közti adatkapcsolat jelenti. Az információbiztonság szempontjából valóban kérdéses lehet, hiszen a kérdőív előző részeiben, melyben a technológiát tárgyaltuk, szó esett arról, hogy mi történik abban az esetben, ha a kameraképet esetleg valami szennyeződés, természeti jelenség, időjárási körülmény zavarja.

A válaszadók véleménye alapján a második legérzékenyebb kapcsolat a kamera és a repülési tervadatok integrációja lehet. Úgy gondolom, ez azért lehet számottevő, mert egy esetleges adatvesztés vagy károsodás esetén téves adatok jelenhetnek meg a képernyőn, integrálva a kameraképpel, ami téves azonosításhoz, ezáltal konfliktushelyzetekhez vezethet.

4. kérdés: Ön szerint melyik jogellenes cselekmény elkövetésének nagyobb a kockázata az ön repülőtérén a rTWR ellen?



20. ábra

Ezt a kérdéskört azért tartottam fontosnak, mert napjainkban a jogellenes cselekmények kihatnak a légiközlekedés ezen területére is. Ebből adódóan fontolóra kell venni az új rendszerek és technológiák redundanciáját, valamint biztonsági fokát az ilyen szándékos támadások ellen. A válaszadók majdnem 70%-a úgy tartja, hogy a rendszer biztonságát veszélyeztető tényezők közül, azon belül is a jogellenes cselekményeket tekintve a legvalószínűbb az adatkapcsolati kábelek sérülése és szándékos rongálása.

ÖSSZEGZÉS

A pályamunkám célkitűzése az volt, hogy a légiközlekedés, azon belül is a légiforgalom irányítás innovatív fejlesztései mentén megvizsgálhassam a rTWR alapvetéseit, előzetes tesztelések és tanulmányok alapján felállított értékelését, alkalmazói körben szerzett tapasztalatok alapján előnyeit, hátrányait. A primer és szekunder forráshalmaz felhasználásával igyekeztem választ találni minden megfogalmazódott kérdésemre a témával kapcsolatban, valamint igyekeztem átfogó képet nyújtani az adott résztémákról. A távoli irányítás alapelve mentén kijelenthető, hogy költséghatékonyság szempontjából abszolút pozitív változást jelent, hiszen az ATS létesítmények fenntartása is költségkímélőbbé válik azáltal, hogy az irányítói központok száma lecsökkenthető a rTWR alkalmazásával. A koncepció egy repülőtérre vonatkozó típusa bizonyítottan, – az előzetes kutatások és a megkérdezettek válaszai alapján – a kis forgalmú repü-

lőtereket biztonsággal kezelheti, valamint az integrált képi megoldásokkal növelheti a döntéshozatali szegmenst. A dolgozatban publikált feltételezés, miszerint a rTWR csökkenti a légiforgalmi irányítók munkaterhelését, erősíti a humán tényezők pozitív aspektusát, a kutatási eredmények megdöntik ezt a tézist. A rendszerben lévő irányítói állomány kétkedve fogadta az új elemek megjelenését, elmondásuk alapján nehezen integrálható be a hagyományos irányítási folyamatokba, az elszeparált művi környezet idegen érzést kiváltva gyakorol nyomást rájuk. Ezek a háttérelmek pedig a munkamorál megromlásához, ezáltal az emberi hibaforrást tekintve a repülésbiztonsági faktor csökkenéséhez vezethet. A döntéshozatali folyamatokat szemlélve előnyt jelenthet a rendszer alkalmazása. A munkám során arra a véleményre jutottam, hogy a rendszer legoptimálisabb felhasználása érdekében fontos az adott repülőtér irányítói által megszabott igények szerinti kialakítás. A kutatás során bebizonyosodott számomra, hogy a leginnovatívabb és leginkább felhasználható implementáció a célkövetési rendszer és az infravörös kamera használata. A meghatározott hipotézisem, miszerint a rTWR technológia a polgári irányítói alkalmazás tapasztalatai mentén katonai környezetben is alkalmazható, megcáfолásra került. Legalábbis a teljes igazságtartalmát nézve, hiszen részben valóban alkalmazható katonai környezetben is, azonban a sajátos műveleti környezet és manőverek lebonyolítása miatt komplex és eltérő atmoszféra jellemző a katonai repülőtereken. A jelenleg kifejlesztett rendszerelemek közül például a kamerarendszer nem nyújthat megfelelő, reális képi megoldást. A legnagyobb gondot például a nagy sebességű bejövetelek jelenthetik, a különböző kötéllékel végrehajtott feladatok, oszoltatás, ejtőernyős ugrás.

A kamera nem teljesen tudná figyelemmel kísérni ezeket a tevékenységeket, az adatkapcsolati késések miatt pedig nőhet a nyomás az irányítón a döntés sürgetett meghozatala végett. A katonai repülőtereken, esetünkben konkrétan a pápai repülőtéren a 360° képi megjelenítést tervezik telepíteni. Az említett bonyolult és összetett katonai manőverek lebonyolításához különösképp fontos az egész repülőtér munkaterületének beláthatósága. Mindemellett fontos tényező a kiemelt figyelmet igénylő területek száma is. Ezekből kifolyólag tervezik ezt a képi megjelenítési formát adaptálni. A rendszer további negatívuma, ami a kutatás során kibukott, hogy irányítói szemszögből a kameraképi megjelenítés nem biztonságos, sok zavar létrejöhet (például szennyeződés, madár, pók vagy időjárási jelenségek). Ez nagyban befolyásolja a munkavégzést, hiszen a repülőtéri irányítás alapfeltétele a vizuális észlelés megléte, a megfelelő képi megjelenítés. Ami a „hot spot”-ok megfigyelését és megjelenítését illeti, a rTWR rendszerelemei közül a legtöbb pluszt a minden egyes „hot spot”-ra vonatkozó külön képi megjelenítés, a riasztási funkció, a „zoom” funkció és a repülőtér különböző elemei kontúrjainak megjelölése jelenti.

Az eddigi kutatásaim és előzetes tanulmányaim alapján állítom, hogy a rTWR egyes elemei az adott irányítói igényeknek megfelelően kialakítva kifogástalanul megfelehetnek a hagyományos eljárások és szabványok rendszerének, valamint pozitív felhasználói tapasztalatokhoz vezethet. Azt gondolom, hogy a rendszer ismérvei és a kutatás során megismert előnye-hátránya alapján a legmegfelelőbbben és leghatékonyabban vészhelyzeti tartalék irányító „torony”-ként – „contingency” rTWR üzemelhetne. Rendszerbiztonsági szempontból az adatvesztés lehetősége, a kábelek sérülékenysége és az egyéb befolyásoló tényezők megléte mellett is kijelenthető, hogy a hagyományos torony rendszereiben sem tapasztalható nagyobb biztonsági felügyelet és tervezet, mint ebben a rendszerben. Azonban ez jó tartalékot jelenthet, valamint kiképzési célokra is alkalmas. Összességében a rTWR technológia már meglévő rendszereket integrál egy halmazba, azonban innovatív elemei is vannak, melyek a légiforgalmi irányítói munkát segíthetik. Úgy vélem, hogy a rendszer infrakamera elemét telepíteni kellene mindahány katonai repülőtérünkre, hiszen rossz időjárási és éjszakai körülmények közt még biztonságosabb irányítást tenne lehetővé. Ez igazán a katonai műveleti és gyakorló repülések lebonyolítása során jelenthetne segítséget, az amúgy is komplex feladatok során. Valamint úgy vélem, a célkövetési (STT, VTT) funkció is kiegészíthetné a katonai repülőtereken irányító állomány munkáját. A legjobb módnak azt tartom a rendszer telepítésével kapcsolatosan, ha minden egyes repülőtér a saját adottságainak és az ott irányító állomány igényeinek megfelelően implementálja a rTWR bizonyos elemeit.

FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] Mudra István: Repülőterek, Budapest 1996. 4. oldal;
- [2] Michael S. Nolan: Fundamentals of Air Traffic Control, ISBN: 0-534-39388-8;
- [3] Dr. Moys Péter: Légiforgalmi irányításunk története, Jegyzet, 2003.;
- [4] Somosi Vilmos: Légiforgalmi irányítói szolgáltatás delegálása lehetőségeinek és feltételeinek általános vizsgálata, Hadmérnök, XI. évf. 4.szám-2016 pp.34-45.;
- [5] SESAR Solution Single Airport Remote Tower- Contextual Note;
- [6] Somosi Vilmos: Gondolatok a légiforgalmi irányítói szolgáltatás delegálásának lehetőségeiről és korlátairól. Műszaki Katonai Közlöny XXVI. évf. 2016.2. szám 149. oldal;
- [7] Csengeri János: Remote Towers I.; Hadtudományi Szemle 2017.X.évf.3. szám pp. 8-25. (2017) ISSN:2060-0437;
- [8] Dudás Dezső, Somosi Vilmos, Rohács Dániel: A Remote Tower technológia polgári és katonai alkalmazási lehetőségei, Repüléstudományi Közlemények; XXIX. szám pp. 205-217;
- [9] WHITEPAPER: INTRODUCTION TO REMOTE VIRTUAL TOWER — THE REMOTE VIRTUAL TOWER CONCEPT http://www.frequentis.com/fileadmin/content/Brochures/ATM/2016/RVT_whitepaper.pdf;

- [10] Raluca Tudorica, Rory Hedman: Remote Tower technologies and safety nets of tomorrow, Hindsight 22, Winter 2015- FROM THE BRIEFING ROOM, 54-57. oldal
<https://www.eurocontrol.int/sites/default/files/publication/Hindsight/hindsight-22-tower-technologies.pdf>;
- [11] Dr. Négyesi Imre: COTS rendszerek alkalmazási lehetőségeinek vizsgálata, Hadtudományi Szemle, Budapest, 2011 4. évfolyam, 4. szám pp.111-116. oldal;
- [12] WIKIPEDIA- Infravörös fényképezés (online) https://hu.wikipedia.org/wiki/Infrav%C3%B6r%C3%B6s_f%C3%A9nyk%C3%A9pez%C3%A9s 2017.09.23 15.25;
- [13] FREQUENTIS REMOTE TOWER/ CONTINGENCY SOLUTIONS (online)
[http://www.frequentis.com/index.php?id=495&L=0&tx_mmcregioncontrol_pi1\[region\]=3](http://www.frequentis.com/index.php?id=495&L=0&tx_mmcregioncontrol_pi1[region]=3) (megnyitva: 2017.09.23);
- [14] SAAB-A-SMGCS- Airport safety and efficiency under all conditions,
<http://saab.com/security/air-traffic-management/air-traffic-management/A-SMGCS/> 2017.10.12;
- [15] EUROCONTROL- Definition of A-SMGCS Implementation Levels, 2003-2010, 1.2-es kiadás, 10. oldal;
- [16] SAAB- ELECTRONIC FLIGHT PROGRESS STRIP E-STRIP, 2. oldal
- [17] VPN Technologies: Definitions and Requirements, VPN Consortium, January 2003 2. rész 1. bekezdés;
- [18] SAAB- DIGITAL AIR TRAFFIC SOLUTIONS http://saab.com/security/air-traffic-management/Digital_Air_Traffic_Solutions/solutions/ 2017.10.11
- [19] LFV <https://www.lfv.se/en/about-us> 2017.10.11;
- [20] SAAB- SWEDEN FIRST IN THE WORLD REMOTELY OPERATED ATM
http://saab.com/security/air-traffic-management/Digital_Air_Traffic_Solutions/media/news/news-list/sweden-first-in-the-world-with-remotely-operated-air-traffic-management2/ 2017.10.11;
- [21] SAAB RTWR TECHNOLOGY RECEIVES FINAL OPERATIONAL APPROVAL FROM SWEDISH TRANSPORT AGENCY- <http://saabgroup.com/Media/news-press/news/2014-11/Saab-Remote-Tower-technology-receives-final-operational-approval-from-Swedish-Transport-Agency/> (megnyitva: 2017.10.12);
- [22] SAAB- REMOTE TECHNOLOGIES IN AIR TRAFFIC MANAGEMENT-
<https://www.youtube.com/watch?v=qQy6cXYx43M> (megnyitva:2017.10.12);
- [23] TWR REVOLUTIONISES AIR TRAFFIC MANAGEMENT http://saab.com/security/air-traffic-management/Digital_Air_Traffic_Solutions/media/news/news-list/remote-tower-revolutionises-air-traffic-management/;
- [24] LFV- RTS, One year in operation, <https://www.lfv.se/en/news/news-2016/rts--one-year-in-operation> (megnyitva: 2017.10.12);
- [25] EUROPEAN COMMISSION- Remote Tower Service, https://ec.europa.eu/transport/modes/air/ses/ses-award/winners/tower_en (megnyitva:2017.10.12);
- [26] THE ECONOMIST- Airport switch to virtual control towers. <https://www.economist.com/news/science-and-technology/21722618-remote-centres-using-video-replace-airfield-edifices-airports-switch-virtual> (megnyitva:2017.10.12);
- [27] LFV- Managed a record number of aircraft movements in 2016,
<https://www.lfv.se/en/news/news-2017/lfv-managed-a-record-number-of-aircraft-movements-in-2016> (megnyitva:2017.10.12);
- [28] HungaroControl cégbemutató videó- <https://www.youtube.com/watch?v=MyV5u8ZN-vc> (megnyitva: 2017.10.22);

- [29] HungaroControl- Legújabb kutatás-fejlesztési és innovációs eredményeit mutatja be a HC Madridban- http://www.hungarocontrol.hu/sajtoszoba/hirek/watmc_2015_madrid (megnyitva:2017.10.25);
- [30] HungaroControl Remote Tower- <http://en.hungarocontrol.hu/knowledge-center/remote-tower> (megnyitva:2017.10.24);
- [31] HungaroControl rTWR 2016 https://www.youtube.com/watch?time_continue=104&v=tuHb_W3Z3rU (megnyitva: 2017.10.22);
- [32] HungaroControl- Távoli toronyirányítás-Budapesti koncepció, Vállalati stratégia 2012-2014- HungaroControl Remote Tower Koncepció – HM DDTBK.pdf 4.dia;
- [33] Searidge Technologies- Airport Solutions: Case Study- Remote Tower Services (RTS) Budapest Airport- <https://searidgetech.com/case-studies/remote-tower-services-rts-budapest-airport/> (megnyitva:2017.10.24);
- [34] EASA- Requirements on Air Traffic Controller licensing regarding remote tower operations-<https://www.easa.europa.eu/document-library/agency-decisions/ed-decision-2015015r> (megnyitva: 2017.11.01);
- [35] 56/2016. (XII.22) NFM rendelet a Magyarország légterében és repülőterein történő repülések végrehajtásának szabályairól; www.njt.hu;
- [36] ICAO 8168 OPS/611 Aircraft Operations- Fifth edition 2006;
- [37] Vas Tímea, Dr Martin Hromádka (szerk.) Remote Tower Specifications in Deployable Airbases Konferencia helye, ideje: Wien, Ausztria, 2016.11.10-2016.11.11. Zilina: Edis Publishing Institution of the University Of Zilina, 2016. 137 p. (INAIR; 1.) 1., INAIR 2016 (ISBN: 978-80-554-1273-3);
- [38] Szegedi Péter: NATO Smart Defence: Nagyobb biztonság kevesebb kiadással. Hadtudományi Szemle 2015. VIII. évfolyam 1. szám (megnyitva: 2017.11.02);
- [39] Vas Tímea, Somosi Vilmos A Magyar Honvédség légiforgalom-szervezési rendszere korszerűsítésének fő irányai repüléstudományi közlemények (1997-TŐL) 2011:(különszám) pp. 1-11. (2011);
- [40] Honvédelem.hu: Stratégiai partnerek- <http://www.honvedelem.hu/cikk/62578> (megnyitva: 2017.11.03);
- [41] HM: MANS program <http://www.kormany.hu/download/7/b3/00000/MANS%20program.pdf> (megnyitva: 2017.11.03);

ÁBRAJEGYZÉK

1. ábra: 1. kép: <https://natca.org/index.php/media-center/other-natca-awards/archie-league-awards> (letöltve: 2017.11.06), 2. kép: http://imansolas.freesevers.com/ATC/short_history_of_the_air_traffic.html (letöltve: 2017.09.16)
2. ábra: https://www.eurocontrol.int/sites/default/files/field_tabs/content/documents/official-documents/forecasts/long-term-forecast-2008-2030.pdf
3. ábra Functional Airspace Blocks (FAB) – New category on Roger-Wilco, <http://www.roger-wilco.net/functional-airspace-blocks-fab-%E2%80%93-new-category-on-roger-wilco/> (letöltve:2017.10.10.)
4. ábra Saját szerkesztés
5. ábra Saját szerkesztés
6. ábra Frequentis: http://www.frequentis.com/fileadmin/content/Brochures/ATM/2016/RVT_whitepaper.pdf)
- 7-9. ábra Saját szerkesztés
10. ábra Hindsight 22, Winter 2015 Raluca Tudorica- Rory Hedman: Remote tower technologies and safety nets of tomorrow, 55. oldal, 7. ábra)
11. ábra Air Traffic Control at Ronaldsway – 2014 The Isle of Man Airport, <http://www.island-images.co.uk/ATC/zRon2014/zRon2014.html> (letöltés: 2017.10.11)
12. ábra Air Services, Working with air traffic control, <http://www.airservicesaustralia.com/flight-briefing/pilot-and-airside-safety/working-with-atc/> (letöltve:2017.10.11)
13. ábra Saját szerkesztés- adatok forrása: LFV Annual Report
14. ábra HungaroControl Remote Tower; http://www.hungarocontrol.hu/sajtoszoba/hirek/tavolrol_vezerelhetik
15. ábra Dudás Dezső, Somosi Vilmos, Rohács Dániel- A rTWR technológia polgári és katonai alkalmazási lehetőségei, Repüléstudományi Közlemények 2017/1
- 16-20. ábra Saját szerkesztés a kutatás eredményeiből

MELLÉKLET

1.példány „A Remote Tower alkalmazásával kapcsolatos tapasztalatok, vélemények kutatása” kérdőívből;

