

Horváth Gábor

## A helyszíntől független repülőtéri irányítás katonai alkalmazhatóságának vizsgálata a kapcsolódó SESAR-projekt tapasztalatainak tükrében<sup>1</sup>

*A helyszíntől független repülőtéri irányítás (remote tower, rTWR) technológiai koncepciójának polgári megvalósítása során az alkalmazók a különböző repülőtéri funkciók digitalizálásának és integrálásának segítségével leginkább a költséghatékonyságra, valamint a teljesítménynövekedésre törekednek. Ezek a törekvések azonban alacsonyabb prioritással szerepelnek azokban a képletekben, amelyek az rTWR-technológiát a katonai alkalmazhatóság szemszögéből vizsgálják, és a fiskális szempontok háttérbe helyezését követően a műveleti körülmények között prognosztizált hatékonyság értékelésére fókuszálnak.*

**Kulcsszavak:** légi forgalmi irányítás, távoli toronyirányítás, helyszíntől független toronyirányítás, SESAR

### 1. Bevezetés

Napjainkban a helyszíntől független repülőtéri irányítással (*remote tower*, rTWR) összefüggő – alapvetően polgári célkitűzéseket megvalósítani szándékozó – kutatás-fejlesztési projektek közül a SESAR<sup>2</sup>-kezdeményezés keretében finanszírozott PJ05 projekt során elért eredmények határozzák meg az iparági trendeket. Ebben a projektben számos nemzetközi kontribútor mellett – katonai légi forgalmi szakértőkkel, valamint a Magyar Honvédség Pápa Bázisrepülőtér teszthelyszíneként való felajánlásával – részt vett a honvédelmi tárca is mint a HungaroControl Magyar Légi forgalmi Szolgálat Zrt. (HC Zrt.) partnere [1].

A projekt polgári szempontú célja egyenél több repülőtér forgalmának egy távoli irányító munkaállomásról (CWP<sup>3</sup>) való passzív üzemű lekövetésének demonstrációja, ezzel párhuzamosan a CWP segítségével biztosított légi forgalmi irányító és repüléstájékoztató szolgáltatásokra vonatkozó előírásoknak való megfelelés vizsgálata, egyben a légi navigációs szolgáltatást támogató integrált toronyirányítói munkakörnyezet elvi felépítésének felvázolása [2].

Emellett a projekt katonai aspektusát a helyszíntől független repülőtéri irányítás katonai alkalmazhatóságának vizsgálata adja, amely – összhangban a NATO vonatkozó állásfoglalásával

<sup>1</sup> Jelen mű „az Innovációs és Technológiai Minisztérium Doktori Program Doktori Hallgatói Ösztöndíj Programjának a Nemzeti Kutatási, Fejlesztési és Innovációs Alapból finanszírozott szakmai támogatásával készült”.

<sup>2</sup> Single European Sky ATM Research.

<sup>3</sup> Controller Working Position.

[3] – kiterjed a béke- és minősített időszakban a hazai, valamint a műveleti körülmények közötti értékelésre, figyelembe véve a biztonsággal, a védelemmel és a szabályozással összefüggő további szempontokat [4].

## 2. A projekt tesztkörnyezete

A projekt úgynevezett első hulláma (W1) 2016 és 2019 között zajlott, ebben az időszakban Budapest Liszt Ferenc Nemzetközi Repülőtér, Debrecen Nemzetközi Repülőtér és MH Pápa Bázisrepülőtér szolgáltatta a tesztkörnyezetet [1]. A 2019 és 2022 közé ütemezett második hullámban (W2) a nemzetközi repülőtereket Nyíregyháza Repülőtér és Győr–Pér Repülőtér váltotta [5].

### 2.1. Budapest Liszt Ferenc Nemzetközi Repülőtér

A Budapest Liszt Ferenc Nemzetközi Repülőtér (ICAO kód: LHBP) Magyarország legnagyobb és legismertebb nemzetközi repülőtere. Forgalmi statisztikai adatai alapján közepes repülőtérnek tekinthető, amit alátámaszt az is, hogy az induló és érkező légi járművek részére két futópálya és viszonylag bonyolult gurulót-hálózat áll rendelkezésre. Emellett éves műveletszáma még járványügyi veszélyhelyzet során is megközelíti az 50 000-et [6], tehát nem tekinthető ideális tesztkörnyezetnek a több repülőteret vizsgáló projekt során. Ennek köszönhetően a W1 ideje alatt a kettő közül csak az egyik futópálya passzív lekötését végezték el, majd azt a W2 keretében egy kisebb forgalmú repülőtérrel helyettesítették. Érdemes megemlíteni, hogy a projekttől függetlenül, de azzal párhuzamosan a HC Zrt. 2017-ben – a sikeres légi közlekedési hatósági hitelesítési folyamat lezárásaként – úgynevezett vészhelyzeti (*contingency*) működési engedélyt kapott az LHBP-n telepített rTWR-konfigurációra [7].

### 2.2. Debrecen Nemzetközi Repülőtér

Az ország keleti felében található Debrecen Nemzetközi Repülőtér (ICAO kód: LHDC) elrendezését tekintve hasonlít a ma is aktív katonai repülőterekhez, amelyeket alapvetően a vadászrepülőgépek kiszolgálásának igényeihez igazítottak. Ennek megfelelően egy aktív – és egy használaton kívüli – futópályával, illetve ehhez kapcsolódó egyszerűnek tekinthető gurulót-hálózattal rendelkezik, éves műveletszámát tekintve kis forgalmú repülőterek közé sorolható, és így a projekt keretében ideális tesztkörnyezet, ennek ellenére csak a W1 fázisban vett részt. Érdemes megemlíteni, hogy 2018-ban a HC Zrt. közbeszerzési felhívást tett közzé, amelyben távoli toronyirányításhoz kapcsolódó rendszerelemek debreceni kiépítésére keresett kivitelezőt, és ezzel megnyílt az elvi lehetősége annak, hogy a repülőtér forgalmát egy távoli (budapesti) toronyirányító központból kezeljék, ez azonban nem valósult meg, csak a projekt keretében, passzív üzemű lekötésre került sor [8].

### 2.3. Nyíregyháza Repülőtér

Méreteit tekintve a Nyíregyháza Repülőtér (ICAO kód: LHNY) az eddigi felsorolás legkisebb repülőtere, érdemi nemzetközi forgalom nem érinti, így utasforgalma elenyésző, regionális szinten viszont meghatározó szerepet tölt be. Közzétett műveletszáma alapján – bizonyos időszakokban – LHDC-nél is nagyobb forgalmat kezel, amit nagyban köszönhet az egyetem által nyújtott – több szimulátorral támogatott – pilótaképzésnek [9]. Egyetlen, viszonylag rövid futópályával és több ahhoz kapcsolódó gurulóúttal rendelkezik, így méreteihez képest elrendezése bonyolultnak tekinthető, összességében azonban a projektben való részvételre alkalmasnak minősíthető, szerepet csak a W2-ben kapott.

### 2.4. Győr–Pér Repülőtér

A Győr–Pér Repülőtér (ICAO kód: LHPR) a közepes turbulenciakategóriába eső légi járművek kiszolgálására is alkalmas modern kisrepülőtérnek tekinthető, légi forgalmát és rentábilis fenntartását nagyban meghatározza a közelben települt autógyár németországi bázisával való légi összeköttetés lehetőségének szavatolása. Mindezek eredményeként egy viszonylag hosszú futópályával rendelkezik, amelyhez – a korábban bemutatott repülőterektől eltérően – egyetlen gurulót csatlakozik, így a projekt legideálisabbnak tekinthető résztvevője, szerepet csak a W2-ben kapott [10].

### 2.5. MH Pápa Bázisrepülőtér

Az MH Pápa Bázisrepülőtér (ICAO kód: LHPA) hazánk egyik leggazdagabb repülőtörténelmi hagyattal rendelkező katonai légitámaszpontja, amelynek jelenét és jövőjét leginkább a NATO-államok által finanszírozott stratégiai légi szállítási képességet biztosító C-17-es teherszállító flotta jelenti. Ezenkívül arról sem feledkezhetünk el, hogy a kecskeméti JAS-39 Gripen harcászati repülőgépek állandó kiterő repülőtere, valamint a Nyugat-Magyarországot biztosító honvédségi kutató-mentő helikopterbázisa [11]. Ennek megfelelően forgalma általában elenyésző, műveletszámát alapvetően azok az időszakok növelik meg, amelyek során a repülőtér NATO-gyakorlatok bázisrepülőtereként szolgál, viszont ekkor kifejezetten komplex légi forgalmi helyzetek is előfordulhatnak. Egyetlen hosszú futópályájával rendelkezik, amelyhez három gurulót csatlakozik, forgalmi előterei nagy számú légi járműnek biztosítanak parkolási lehetőséget, a projekt egyetlen repülőtere, amely a W1-ben, majd a W2-ben is részt vett.

#### 2.5.1. A telepített eszközök és az adatkapcsolati sajátosságok ismertetése

A projekt keretében LHPA vonatkozásában csak kamerarendszert építettek ki, rTWR CWP-t a bázison – vagy más katonai létesítményben – nem létesítettek. A konfigurációt nyolc darab, fix állásszöggel rendelkező kamera alkotja, amelyek – az alkalmazó által megadott specifikációk alapján – maximálisan 2 pixel per szögperc felbontásra képesek, és a tesztek során alkalmazott mozgóképet is ezzel az értékkel állították elő. Szintén a kamerarendszer vonatkozásában

fontos hangsúlyozni, hogy – megfelelő megjelenítő eszköz mellett – képes horizontálisan ~210, vertikálisan ~70 fokos látómezőt szolgáltatni, miközben a célpontkövetést egy – szintén hasonló felbontást nyújtó – PTZ<sup>4</sup>-kamera teszi lehetővé (1. ábra).



1. ábra  
LHPA rTWR kamerakonfiguráció [a szerző felvétele]

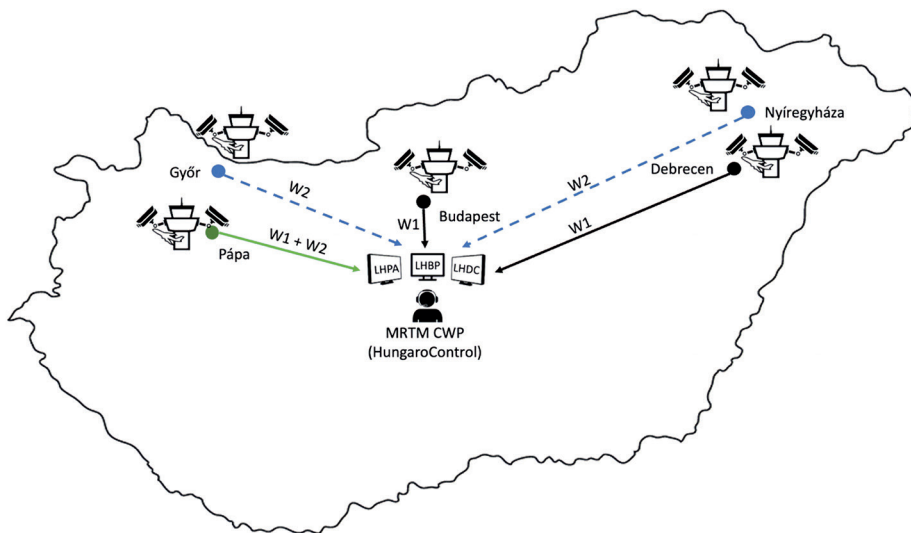
A konfiguráció által szolgáltatott nyers képinformációk feldolgozására, valamint a panorámakép összefűzésére nem a helyszínen, hanem a budapesti központban került sor. Az adatkapcsolatot egyetlen – nem redundáns – vezeték nélküli hálózat biztosította, amely tökéletesen elégségesnek bizonyult a projekt hatókörébe helyezett passzív forgalomkövetés szükségletének kielégítésére, de tényleges légi forgalmi irányító tevékenység biztosításához már nem megfelelő ez a konfiguráció. Ez a nem megfelelő értékelés elsősorban abból fakad, hogy a redundancia a légi forgalmi szolgáltatásokra vonatkozó egyik legfontosabb alapkövetelmény [12], amelyvel kapcsolatban azt is hangsúlyoznom kell, hogy a valós irányítói tevékenység érdekében a képfeldolgozást és az adatkonvertálást az adott telepítési helyszínen kell megoldani, aminek eredményeként érdemben csökken a továbbítható mozgókép-információk mérete, így a rendelkezésre álló sávszélesség optimalizálható, és ennek köszönhetően a redundancia biztosítása is egyszerűbbé válik [13].

## 2.6. A tesztkörnyezet áttekintése

A 2. ábrával szemléltetett tesztkörnyezet alapján arra lehet következtetni, hogy a több repülőtérrel kiszolgáló rTWR-konfiguráció (MRTM<sup>5</sup>) leginkább egy adott ország kis forgalmú légi-kötőinek minőségfejlesztését és költségoptimalizációját szolgálhatja [4], [14], [15], hiszen a légi forgalmi szolgáltatásokat egy centralizált távoli központból lehetne biztosítani, ami – optimális esetben – csökkentheti a technikai, valamint a humán erőforrás-szükségletek anyagi terheit.

<sup>4</sup> Pan, Tilt, Zoom – forgatható, dönthető, nagyítható.

<sup>5</sup> Multiple Remote Tower Module.



2. ábra

A SESAR PJ05 W1 és W2 fázis szemléltetése [a szerző]

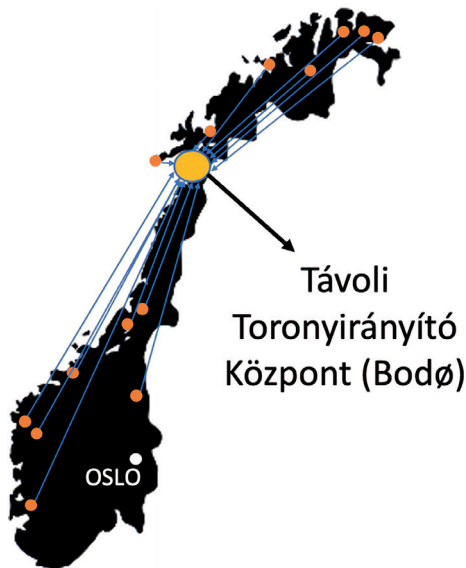
## 2.7. Aktuális helyzetet elemző nemzetközi kitekintés

Saját, valamint a W1 fázisban gyűjtött nemzetközi tapasztalatokat felhasználva – jelentős tőkebefektetés mellett – a norvég légi navigációs szolgáltató<sup>6</sup> Bodø-ban 2022-ben megnyitotta a világ legnagyobb Távoli Toronyirányító Központját (*Remote Tower Centre*) [16]. Erre elsősorban az ország földrajzi és közlekedési infrastrukturális hálózatának sajátosságai miatt mutatkozott kifejezetten nagy kereslet, mivel szignifikáns a nehezen megközelíthető, távoli kis közösségek légi úton történő elérésének igénye.

A 3. ábra szemléltetésének eredményeként jól megbecsülhető, hogy jelenleg az rTWR-technológia a konvencionális repülőtéri környezettel szakítva mekkora nagyságrendben és milyen távolságban képes egy központból biztosítani a toronyirányítói szolgáltatást.

A Bodø-ban található eddigi legnagyobb léptékű technológiai implementáció egyben arra is enged következtetni, hogy az MRTM alapvetően az olyan repülőterek forgalmi szükségleteinek kielégítését optimalizálhatja, amelyek leggyakrabban kis, vagy ritkább időközönként közepes forgalmat kezelnek, de az általában elmondható ezekről, hogy éves műveletszámuk nem haladja meg az 50 000-et.

<sup>6</sup> Avinor Aviation.



3. ábra  
Az Avinor rTWR központjába integrált repülőterek (2022) [a szerző]

### 3. Validációs tapasztalatok

A projekt keretében a különböző fázisok validációs eljárásai során együttműködő légi forgalmi szolgáltatók, kutatás-fejlesztési szakértők, iparági beszállítók és további érdekelt felek jól körülhatárolható célja az volt, hogy sajátos kompetenciáikkal elősegítsék az MRTM-mel összefüggő technológiai és üzemeltetési standardok meghatározását [2].

Az operatív megoldások tesztelése és fejlesztése érdekében az egyes validációs gyakorlatokat kísérleti jelleggel, valós idejű szimuláció keretében hajtották végre. Ennek köszönhetően számos kockázati tényezőt és potenciális műszaki meghibásodást térképezhettek fel anélkül, hogy a valós légi forgalomra veszélyt jelentett volna a projekt, miközben az egyes megismételhető szimulált forgalmi scenáriók lehetővé tették, hogy a vizsgált funkció vagy tulajdonság (például képréssítési ráta) légi forgalmi irányítóra gyakorolt hatása részleteiben is elemezhetővé váljon, így gyakorlatilag biztosított volt a folyamatos objektív visszacsatolás az MRTM-konceptió megvalósíthatóságával és adaptációjával kapcsolatban.

Mindkét fázis esetében a validációkra valós idejű szimulációs gyakorlatok keretében került sor, majd fázisonként a validációs gyakorlatokat egy-egy tényleges légi forgalmat passzív üzemben lekötető demonstráció zárta. Az 1. táblázat segítségével szemléltetem az egyes gyakorlatok vizsgált aspektusainak egymásra épülését, valamint – késsel kiemelve

a HC Zrt., a Frequentis, illetve a magyar katonai fél együttműködését – a projektben részt vevő csoportok egymást kiegészítő jellegét.<sup>7</sup>

1. táblázat  
A projekt keretében vizsgált aspektusok és a főbb résztvevők együttműködése [a szerző]

	HC-FRQ-HM	ENAV	INDRA	COOPANS	B4
Két repülőtér MRTM-szimulációja		X		X	
Három repülőtér MRTM-szimulációja	X		X		X
Repülőterek felelősségátadásának szimulációja		X	X	X	
Csökkentett üzem szimulációja	X	X	X	X	
Vészhelyzeti szimuláció	X			X	
Futópálya-irányváltás szimulációja	X				
Hálózati szolgáltatásminőség ingadozásának szimulációja	X				
Kommunikációs szimuláció	X	X		X	X
Radarkép-szimuláció	X	X	X	X	X

### 3.1. A W1 fázis katonai tapasztalatai

A katonai légi forgalmi irányítók bevonásával megszervezett validációval egybekötött szimulációs gyakorlatra a DLR<sup>8</sup> kutatóközpontjában, a németországi Braunschweigben került sor. A szimuláció alapját a W1 fázisba bevont három magyar repülőtéren rögzített 4 × 50 perces forgalmi situációk szolgáltatták, amelyeket komplexitástól függően 1-től 4-ig kategorizáltak, majd az operatív állomány számára szimulált légi forgalmi irányítás végrehajtása céljából visszajátszottak. A négy scenárió a 2. táblázatban megadott módon állt össze.

2. táblázat  
A katonai légi forgalmi irányítók bevonásával megszervezett validáció forgalmi scenáriói [a szerző]

ID	Műveletszám	Időjárési körülmények	Forgalomeloszlás	IFR/VFR (%)	Kiegészítés
#1	20/óra	nappal/jó	egyenletes	90/10	szimuláció első felében csak induló, a második felében csak érkező forgalom
#2	20/óra	nappal/jó	egyenletes	80/20	szimultán induló és érkező forgalom, amelyben megjelennek a drónok is
#3	30/óra	nappal/jó	egyenletes	90/10	szimultán induló és érkező forgalom, VFR csak a szimuláció második felében
#4	30/óra	nappal/jó	egyenletes	80/20	szimultán induló, érkező és átrepülő IFR- és VFR-forgalom + földi mozgások kezelése

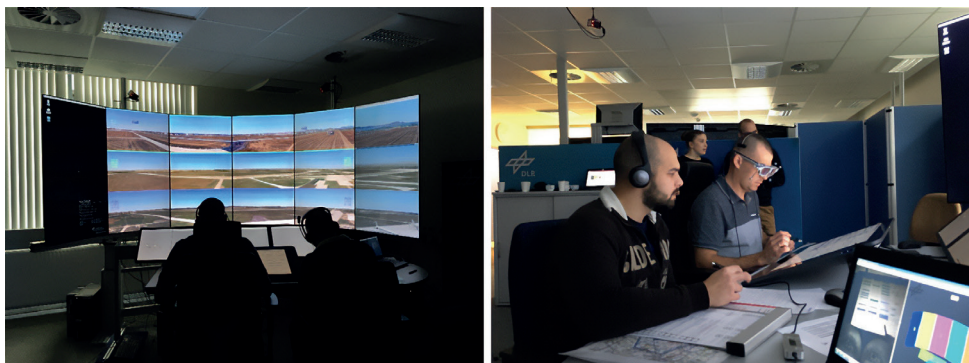
Az általános tapasztalat alapján elmondható, hogy scenáriótól függetlenül lényegében folyamatos rádióhasználatra kényszerült a légi forgalmi irányító, ami már önmagában komoly munkaterhelést jelent. Ez különösképpen megmutatkozott az ID #4 forgatókönyv esetében, mivel a földi forgalomkezeléssel együtt járó rádiókommunikáció már olyan figyelemmegosztást követelt az operátortól, amely nem tette lehetővé a három repülőtér forgalmának

<sup>7</sup> A W2 keretében a HC Zrt. iparági partnert cserélt, így 2019-től a Frequentis helyett az Indrával működött együtt.

<sup>8</sup> Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt.



egyidejű biztonságos monitorozását, illetve kezelését. A figyelemmegosztással összefüggő repülésbiztonságot veszélyeztető aggályok abban az esetben is felmerültek, amikor a forgalom komplexitását az egyes légi járművek különleges kezelését igénylő helyzetek is növelték. Ez utóbbi helyzetre több szempontból jó példa a madárral való ütközés esete, amely jellemzően a fel- vagy leszállást végrehajtó légi járműveket veszélyezteti az egyik legnagyobb koncentrációt igénylő manőver végrehajtása során [17]. Ilyen esetben az irányító fókusza már a madárral való ütközés előtt is az adott légi járműre összpontosul, hiszen az előbb említett manőver biztonságos végrehajtása érdekében folyamatosan figyelemmel kell tartania a futópályát [18], majd a vészhelyzet bekövetkezését követően az elkülönítéssel, illetve a földi kiszolgálással összefüggő további igényeket is kezelnie kell, aminek eredményeként a többi repülőter forgalmára nem, vagy nem kellő mértékben tud odafigyelni.



4. ábra

*A braunschweigi validációs szimulációban részt vevő katonák [a szerző felvételei]*

A projektben részt vevő – 4. ábrán látható – katonai légi forgalmi irányítók tapasztalata alapján kijelenthető, hogy a szimulációból hiányzott a katonai repülőterekre gyakran jellemző spontaneitás, illetve a polgári szabályoktól nagy mértékben eltérő taktikai bejövetelek szimulációjára sem került sor, valamint az ejtőernyős ugrásokkal összefüggő forgalomkezelési sajátosságok begyakorlásának lehetőségét is hiányolták.

### 3.1.1. Az optimális képfrekvencia paradoxona

Katonai légi forgalmi irányítók szimulációba való bevonása nélkül, de a honvédelmi tárca delegált szakértőjének közreműködésével vizsgálták a képfrekvenciával összefüggő kérdéskört a DLR kutatóközpontjában, aminek a technológia műveleti környezetben való alkalmazhatóságának szempontjából komoly relevanciája van.

Az alapvető probléma, hogy az rTWR-rel összefüggésben a másodpercenként megjelenített optimálisnak értékelt képkockaszám (képfrekvencia, vagy FPS<sup>9</sup>) meghatározása nehezen feloldható paradoxonba ütközik, mivel az FPS nem lehet se túl alacsony, se túl magas, hiszen

<sup>9</sup> Frame-per-second.



az előbbi variáció komoly repülésbiztonsági kockázatot rejt magában, miközben az utóbbi eset drasztikus mértékben megnövelheti az adatátvitelhez szükséges sávszélességi igényt, vagy ronthatja a képfelbontást, ezáltal kompromittálva a rendszerintegritást [19]. Hipotézisem szerint a képfrissítési ráta paradoxona műveleti környezetben hatványozottan jelentkezik, hiszen a nagy sebességű katonai légi járművek számára alacsony FPS-értékű rTWR CWP segítségével nem, vagy csak korlátozott mértékben lehet légi forgalmi szolgáltatást nyújtani, miközben az adatkapcsolat vonatkozásában csak csökkentett sávszélesség áll rendelkezésre, ami komoly korlátok közé szorítja a maximálisan biztosítható FPS-értéket.<sup>10</sup> Mindezekon felül további komoly befolyásoló tényezőt jelent a konvencionális körülményekhez szokott légi forgalmi irányító digitáliskép-alapú mozgáspercepciója, de ezzel összefüggésben megoldást jelenthet az intenzív szimulátoros felkészítés és gyakorlat megszerzése.

### 3.2. A W2-fázis katonai tapasztalatai

A rendszer validációval egybekötött passzív üzemű lekövetésének demonstrációjára Budapesten, a HC Zrt. székhelyén került sor, amelyen a projektbe bevont katonai légi forgalmi irányítók is részt vettek. Ennek során valós légi forgalom és élő adatkapcsolat mellett két légi forgalmi irányító látta el feladatait egy váltásparancsnok (*supervisor*) felügyelete mellett. A demonstráció lehetőséget biztosított az 1. táblázatban megadott hálózati adatkapcsolat-minőség ingadozása miatt bekövetkező, úgynevezett csökkentett üzem vizsgálatára, amely az előzetes műveleti környezeti értékelés szempontjából is fontos inputokat szolgáltatott.



5. ábra

Passzív üzemű demonstráció (bal oldal: MRTM, jobb oldal: adatkapcsolati hiba) [a szerző felvételei]

Az eddigi fázisokban szerzett tapasztalatok alapján állítottam össze az rTWR-technológia katonai-alkalmazói környezetét vázoló 2. táblázatot, amely a későbbi következtetéseim kiindulópontjaként szolgál.

<sup>10</sup> Erre a problémára jelenthet megoldást a tömörítés, amelyet a témával összefüggő további kutatásaim során is vizsgálni fogok.

2. táblázat  
Az rTWR-technológia katonai-alkalmazói környezete [a szerző]

	Fix telepítésű rTWR	Telepíthető rTWR („baráti” terület)	Telepíthető rTWR (műveleti terület)
<b>Alkalmazhatóság</b>	repülőbázisokon, béke- és békétől eltérő időszakban, általános és speciális katonai légi forgalmi igények kiszolgálására	repülőbázisokon kívül, béke- és békétől eltérő időszakban, speciális légi forgalmi igények kiszolgálására (pl. humanitárius segítségnyújtás)	elfoglalt repülőbázisokon, vagy egyéb repülőüzem szempontjából alkalmas elfoglalt területen, általános és speciális katonai légi forgalmi igények kiszolgálására
<b>Vonatkozó előírások</b>	polgári és katonai	polgári és katonai	katonai
<b>Szolgáltatásminőség</b>	ATS és AFIS	AFIS	ATS és AFIS
<b>Fenyegetés észlelése</b>	elvárt	javasolt	elvárt
<b>Redundancia</b>	elvárt	javasolt	javasolt

## 4. Következtetések

A különböző távoli elérésű rendszereket már jelenleg is széles körben adaptálták védelmi és katonai célokra, aminek kapcsán az egyik legkézenfekvőbb példa az UAS,<sup>11</sup> emiatt azt prognosztizálom, hogy az rTWR-technológiát katonai alkalmazásba fogják majd venni. Emellett fontos hangsúlyozni, hogy amíg a polgári alkalmazás alapvetően a repülésbiztonság fokozását, valamint a fiskális racionalizációt és optimális esetben a konvencionális megoldásoknál költséghatékonyabb megoldást remél ettől a technológiától, addig a katonai alkalmazás leginkább emberéletben mérhető haszonnal kecsegtet, mivel a katonai légi forgalmi irányítók a műveletektől távolabb, védett és/vagy biztonságos létesítményből szolgálják ki az általános és speciális katonai légi forgalmi igényeket.

A Bodø-ban létrehozott Távoli Toronyirányító Központ alapvetően kijelölte a technológia polgári implementációjának az irányát. Ez azt jelenti, hogy a légi forgalmi szolgáltatások konvencionális biztosításánál optimálisabb rentabilitást feltételeznek az rTWR-megoldások segítségével egy centrumban összekötött, központi területektől távol eső, szinte csak légi úton megközelíthető, általában csekély, esetleg alkalmoszerűen közepes forgalmat kezelő repülőterektől.

Emellett, ahogy az a 2. táblázat alapján is jól látható, az rTWR-technológia katonai felhasználása – alkalmazási területtől függően – eltérhet a polgáritól. Ezek közül a legfontosabb, hogy a műveleti környezetben alkalmazandó – polgárinál rugalmasabban alakítható, feladathoz igazított – katonai előírásokat (például NATO STANAG) az alkalmazó maga határozhatja meg, ami lehetővé teszi a technológiában rejlő potenciál hatékonyabb kihasználását. Ez egyben azt is indikálja, hogy a fix, illetve a baráti területen telepített katonai rTWR-rendszerekre vonatkozó szigorú, sok esetben rugalmatlan és a gyors technológiai változásokat lekövetni képtelen polgári légi közlekedési előírások szintén a műveleti területen alkalmazható megoldások irányába tolják el a védelmi célú vizsgálatok súlyát. Ezek a vizsgálatok ki kell hogy térjenek a rendszer sérülékenységének feltérképezésére, ami magában foglalja a különböző komponensek CIA<sup>12</sup>-elvekre épülő védelmének analizését is.

<sup>11</sup> Unmanned Aircraft System – pilóta nélküli légi jármű-rendszer.

<sup>12</sup> Confidentiality, integrity, availability – bizalmasság, integritás, elérhetőség.

A katonai alkalmazás vonatkozásában szintén fontos megoldásra váró kérdéskör a képfriessítési ráta paradoxona, amellyel kapcsolatban elengedhetetlen a további célirányos kutatások végrehajtása.

Összegezve kijelenthető, hogy az rTWR-technológia katonai célú alkalmazásba vétele kapcsán a telepíthető megoldások vizsgálatát kell prioritizálni, és ennek a megközelítésnek kiváló alapot szolgáltat az egyéb távoli elérést biztosító rendszerekkel, kvázi drónokkal már megszerzett tapasztalat, valamint a SESAR PJ05 Projekt keretében felhalmozott tudás következményeként megvalósuló adaptációk és implementációk gyakorlati eredményeinek további kutatása.

## Felhasznált irodalom

- [1] Final Project Report of PJ05 Remote Tower D1.2. SESAR Joint Undertaking, 2019. november 27. Online: [www.remote-tower.eu/wp/wp-content/uploads/2022/02/D1.2\\_Final-Project-Report\\_PJ05\\_V1.0.pdf](http://www.remote-tower.eu/wp/wp-content/uploads/2022/02/D1.2_Final-Project-Report_PJ05_V1.0.pdf)
- [2] PJ05 Remote Tower for Multiple Airports. Research and Innovation Actions SESAR. IR-VLD.Wave1. SESAR, 2019.
- [3] Initial Position on Remote Tower Services (RTS) concept AC/92WP- (2015) 0001. NATO, 2015.
- [4] Dudás D., Somosi V., Rohács D., „A Remote Tower technológia polgári és katonai alkalmazási lehetőségei,” *Repüléstudományi Közlemények*, 29. évf. 1. sz. pp. 205–217. 2017. Online: [www.repulestudomany.hu/folyoirat/2017\\_1/2017-1-Repulestudomanyi\\_kozlemenyek.pdf](http://www.repulestudomany.hu/folyoirat/2017_1/2017-1-Repulestudomanyi_kozlemenyek.pdf)
- [5] A.2 Summary of the Validation Exercise EXE-2.3.2. INDRA/HungaroControl PSM Validation. INDRA/HC, 2022.
- [6] *Éves zajvédelmi jelentés a Budapest Liszt Ferenc Nemzetközi Repülőtér 2020. évi légi forgalmi műveleteiről és a zajmonitor rendszer mérési eredményeiről.* Budapest Airport Zrt., 2021. január 25. Online: [www.bud.hu/file/documents/4/4206/eves\\_zajvedelmi\\_jelentes\\_2020.pdf](http://www.bud.hu/file/documents/4/4206/eves_zajvedelmi_jelentes_2020.pdf)
- [7] V. Zsóka, „A toronyirányítás jövője – avagy a mirTWR-ről közérthetőbben.” *HungaroControl Blog*, 2021. november 10. Online: <https://blog.hungarocontrol.hu/cikk/a-toronyiranyitas-jovoje-avagy-a-mirtwr-rol-kozerthetobben/>
- [8] Légitforgalom-irányító berendezések telepítése. Ajánlati/részvételi felhívás 2018/S 002-002261. *Ted*, 2018. január 4. Online: <https://ted.europa.eu/TED/notice/udl?uri=TED:NOTICE:2261-2018:TEXT:HU:HTML&src=0>
- [9] *Stratégiai zajtérképek és zajcsökkentési intézkedési tervek készítése Nyíregyháza város közigazgatási területére.* Nemzeti Fejlesztési Ügynökség, 2013. február. Online: [http://varoshaza.nyiregyhaza.hu/lib/zajterkep/130717\\_Nyiregyhaza\\_strategiai\\_zajterkepek\\_muszaki\\_dokumentacioja.pdf](http://varoshaza.nyiregyhaza.hu/lib/zajterkep/130717_Nyiregyhaza_strategiai_zajterkepek_muszaki_dokumentacioja.pdf)
- [10] Repülőtéri Kézikönyv (LHPR). Győr-Pér Airport, 2020. március 12. Online: [http://lhpr.hu/images/pdf/LHPR%20Repülőtéri%20kézikönyv\\_20201215\\_webre\\_alairt.pdf](http://lhpr.hu/images/pdf/LHPR%20Repülőtéri%20kézikönyv_20201215_webre_alairt.pdf)
- [11] Repülőtérrend (LHPA). Magyar Honvédség, 2022. május 19. Online: <https://bit.ly/3kDFmZE>
- [12] Z. Yongli, Y. Zhengning, Z. Liang, „Analysis of Remote Tower System,” in 2020 IEEE 2nd International Conference on Civil Aviation Safety and Information Technology

- (ICCASIT), Weihai, China, 2020 október. pp. 128–133. Online: <https://doi.org/10.1109/ICCASIT50869.2020.9368521>
- [13] L. Peterson, B. Davie, *Computer Networks—A Systems Approach*. 6. kiad. Elsevier, 2014. Online: <https://titania.eng.monash.edu/netperf/docs/computer-networks-peterson-davie-v6.0.pdf>
- [14] S. D. Van Beek, *Remote Towers: A Better Future for America's Small Airports*. Reason Foundation Policy Brief 143. 2017. július. Online: [https://reason.org/wp-content/uploads/2017/07/air\\_traffic\\_control\\_remote\\_towers-1.pdf](https://reason.org/wp-content/uploads/2017/07/air_traffic_control_remote_towers-1.pdf)
- [15] *Whitepaper: Introduction to Remote Virtual Towers*. Frequentis, 2016. Online: [www.frequentis.com/sites/default/files/support/2018-02/RVT\\_whitepaper.pdf](http://www.frequentis.com/sites/default/files/support/2018-02/RVT_whitepaper.pdf)
- [16] AVINOR, World's Biggest Digital Tower Centre Opens in Norway. atc-network, 2022. június 3. Online: [www.atc-network.com/atc-news/avinor-norway/worlds-biggest-digital-tower-centre-opens-in-norway](http://www.atc-network.com/atc-news/avinor-norway/worlds-biggest-digital-tower-centre-opens-in-norway)
- [17] A. F. El-Sayed, *Bird Strike in Aviation: Statistics, Analysis and Management*. Wiley, 2019. Online: <https://doi.org/10.1002/9781119529835>
- [18] Palik M. szerk., *A repülési irányítás alapjai*. Budapest, Dialóg Campus, 2018.
- [19] V. Garaj, Z. Hunaiti, W. Balachandran, „Using Remote Vision: The Effects of Video Image Frame Rate on Visual Object Recognition Performance,” *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics – Part A: Systems and Humans*, Vol. 40. No. 4. pp. 698–707. 2010. Online: <https://doi.org/10.1109/TSMCA.2009.2036938>

## The Military Applicability Assessment of the Location-Independent TWR Control Based on the Experiences Gained Through Related SESAR Project

*During the civilian implementation of location-independent aerodrome control (remote tower, rTWR), the users basically strive for cost efficiency and performance growth as a result of the digitization and integration of various airport functions. However, these efforts are given a lower priority in the techniques that examine the rTWR technology from military applicability POV, and focus on the evaluation of prognosticated effectiveness in operational conditions while placing the fiscal aspects in the background.*

**Keywords:** *air traffic control, remote tower control, location-independent tower control, SESAR*

<p>Horváth Gábor (MSc) főtiszt Honvédelmi Minisztérium Állami Légügyi Főosztály Légiforgalmi Felügyeleti Osztály <a href="mailto:horvath.gabor3@hm.gov.hu">horvath.gabor3@hm.gov.hu</a> <a href="https://orcid.org/0000-0002-2939-1426">orcid.org/ 0000-0002-2939-1426</a></p>	<p>Gábor Horváth (MSc) Senior ATM Officer Ministry of Defence State Aviation Department ATM Supervisory Division <a href="mailto:horvath.gabor3@hm.gov.hu">horvath.gabor3@hm.gov.hu</a> <a href="https://orcid.org/0000-0002-2939-1426">orcid.org/ 0000-0002-2939-1426</a></p>
--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------