

# Rádiófrekvenciás mérések végzése drónok segítségével

BODZSÁR KRISZTIÁN, EGYED PÉTER, PATAKI PÉTER

Nemzeti Média- és Hírközlési Hatóság  
{bodzsar.krisztian; egyed.peter; pataki.peter}@nmhh.hu

Kulcsszavak: UAV, UAS, spektrum monitoring, rádiófrekvenciás mérés, műsorszórás, zavarckerés

**A 21. században a rádiófrekvenciás kommunikáció kulcsszerepet játszik hétköznapjainkban.**

**Ahhoz, hogy mindenki számára megfelelően használható legyen ez a korlátos nemzeti erőforrás, kiemelten fontos a frekvenciasávok és az üzemelő rádiószolgálatok szabályozása, felügyelete beleértve a folyamatos monitoringtevékenységet is.**

**Szerencsére a kommunikációs technológiák fejlődése mellett a mérés technika is folyamatosan fejlődik, így újra és újra lehetőség van meglévő eljárásokat, illetve mérési módszereket újra gondolni, fejleszteni. A drónokkal végzett rádiófrekvenciás mérések új lehetőségeket nyitnak meg a vezeték nélküli kommunikációs rendszerek ellenőrzésében, a zavarjelenségek felderítésében és megszüntetésében, valamint a mérési adatszolgáltatásban is.**

## 1. Bevezetés

Magyarországon a hatósági rádiófrekvenciás mérésekért az elektronikus hírközlésről szóló 2003. évi C. törv. alapján a Nemzeti Média- és Hírközlési Hatóság (NMHH), ezen belül is a Mérésügyi Igazgatóság a felelős. A mérések által lehetőség nyílik a valóság objektív megismerésére a frekvenciafelhasználást illetően.

Ennek alapján a Hatóság ellenőrzi a rádióadók műszaki paramétereit, kiszűri a nem megfelelő vagy illegális frekvenciahasználatot, valamint felderíti és megszünteti a rádiófrekvenciás zavarokat és a rádiórendszerek között felmerülő elektromágneses összeférhetőségi (EMC) problémákat. A törvényi kötelezettségből adódó feladatok mellett a méréseket elsősorban a hatóság polgári és nem polgári frekvenciagazdálkodási területeiről (tervezés, koordináció, engedélyezés) érkező igények alapján, valamint nemzetközi (ITU, CEPT) mérési kampányok szerint végzi. A mérések jelenleg elsősorban az országos spektrum monitoring hálózat (SIMON) segítségével, illetve helyszíni vizsgálatok keretében zajlanak.

Rendszeresen felmerülő igényként jelentkezik például a földfelszíni (URH-FM-, VHFIII- és UHF-sávú) műsorszóró adók engedélyben szereplő paramétereinek vizsgálata annak ellenőrzésére, hogy az adott adó üzemeltetője minden szerződésben előírt műszaki követelményt betart.

A méréseinket jelenleg az erre vonatkozó CEPT (*ECC Recommendation 12(03)*<sup>1</sup>, *ECC Recommendation 54-01*<sup>2</sup>) vagy ITU-R (például *SM.378-7*<sup>3</sup>, *SM.443-4*<sup>4</sup>, *SM.1268-5*<sup>5</sup>, *SM.1708-1*<sup>6</sup>, *SM.1880-2*<sup>7</sup>, *Spectrum Monitoring Handbook*<sup>8</sup>) ajánlások alapján végezzük, amelyek elsősorban földfelszínről történő mérésekhez adnak útmutatást. A rádiófrekvenciás spektrum hatékony felügyeletéhez azonban nélkülözhetetlen, hogy a hatóság képes legyen – a közismert mondásnak megfelelően – földön, vízen, levegőben is méréseket végezni. Ezek közül a levegőből történő mérés már a múlt század vége fele megjelent igényként, ami alapvetően napjainkban is fennáll. A cikk elsősorban a Hatóság levegőből végezhető méréseinek megvalósításának folyamatát, jelenét és jövőjét ismerteti.

## 2. Levegőből történő mérések

Egy adóberendezés számára kiadott engedély meghatározza az antenna, vagy adott esetben antennarendszer sugárzási irányát és a különböző irányokba engedélyezett maximális kisugárzott teljesítmény (ERP) értékét. Egy adó engedélye szimulációk és számítások alapján készül, viszont előfordulhat, hogy az adó engedélyében szereplő antennakarakterisztika a valóságban valamilyen oknál fogva eltér az elvárt értékektől. A karakterisztika, illetve kisugárzott teljesítmény földfelszínről történő ellenőrzése esetén a tereptárgyakból adódó kitakarások

1 *ECC Recommendation (12)03* – <https://docdb.cept.org/download/1792>

2 *ECC Recommendation 54-01* – <https://docdb.cept.org/document/842>

3 *SM.378 : Field-strength measurements at monitoring stations* – <https://www.itu.int/rec/R-REC-SM.378-7-200702-1/en>

4 *SM.443 : Bandwidth measurement at monitoring stations* – <https://www.itu.int/rec/R-REC-SM.443-4-200702-1>

5 *SM.1268 : Method of measuring the maximum frequency deviation of FM broadcast emissions at monitoring stations* – [https://www.itu.int/rec/R-REC-SM.1268/\\_page.print](https://www.itu.int/rec/R-REC-SM.1268/_page.print)

6 *SM.1708 : Field-strength measurements along a route with geographical coordinate registrations* – [https://www.itu.int/rec/R-REC-SM.1708/\\_page.print](https://www.itu.int/rec/R-REC-SM.1708/_page.print)

7 *SM.1880 : Spectrum occupancy measurement and evaluation* – <https://www.itu.int/rec/R-REC-SM.1880/en>

8 *Handbook on Spectrum Monitoring* – [https://www.itu.int/dms\\_pub/itu-r/opb/hdb/R-HDB-23-2011-PDF-E.pdf](https://www.itu.int/dms_pub/itu-r/opb/hdb/R-HDB-23-2011-PDF-E.pdf)

és reflexiók miatt a mérési bizonytalanság jelentősen megnövekedhet. A mérési bizonytalanság csökkentése érdekében egy bevett módszer lehet az adóantenna helikopterre telepített mérővevővel és vevőantennával történő körbeprepülése. Ezt a lehetőséget számos országban már korábban felismerték, így sok esetben a nagyobb műsorszóró „gerincadók” antennakaraktisztika-méréseit telepítésük után ilyen módszerrel ellenőrizték.

Ennek következményeként 2006-ban a levegőből történő antennakaraktisztika-mérések okán született egy ITU-R jelentés (SM.2056-1<sup>9</sup>), ami összegezte a különböző országok tapasztalatait a témában. A dokumentum részletesen leírja a levegőből történő antennakaraktisztika-mérések tapasztalatait, viszont sokáig ezeket a méréseket csak igen költséges módon, helikopter által szállított mérőeszközök és személyzet segítségével lehetett végrehajtani.

A méréstechnika gyors fejlődése, illetve a pilóta nélküli légi járművek térnyerése okán időközben feltűnt a lehetősége a korábban csak helikopterrel kivitelezhető mérések átültetésére költséghatékonyan és rugalmasan kezelhető drónokra. A feladat már csak a megfelelő mérőeszközök és légi jármű megtalálása volt. Az NMHH Mérésügyi Igazgatósága emiatt már 2017-ben célul tűzte ki egy pilóta nélküli légi mérőrendszer kifejlesztését. Az antennakaraktisztika és kisugárzott teljesítmény mérése mellett még két másik terület tűnt ígéretesnek, az elektromágneses kitétség (EMF) mérése, illetve a zavarkeresés támogatása. Az elektromágneses kitétség – vagy hétköznapi néven „elektroszmog” – mérése során az egészségügyi határértékek betartásának ellenőrzése a cél. Az ilyen jellegű mérések eredményét a vizsgált terület környezete jelentősen befolyásolhatja, így bizonyos helyzetekben nehezebben kaphatunk valós képet a kitétségről. A legtöbb útvonalregisztrációs mérést – a mérést végző gépjármű korlátai miatt – például jó eséllyel ki lehet váltani drónnal, aminek a segítségével már akár különböző magasságokban, akár épületek homlokzata mentén is elvégezhető az ilyen jellegű vizsgálatok.

Zavarkeresési feladatok esetén, klasztrikus módon gépjárművek segítségével határoljuk be a zavarok forrását, de a forrás közelében szinte mindig szükség van kézi iránymérő műszeres mérésre is. A drónokkal megjelenő új lehetőségeket kihasználva könnyebben, rugalmasabban mozoghatnak a légteret kihasználva, felgyorsítva magát a zavarelhárítást, ami például kritikus infrastruktúrát érintő zavar esetén kiemelten fontos.

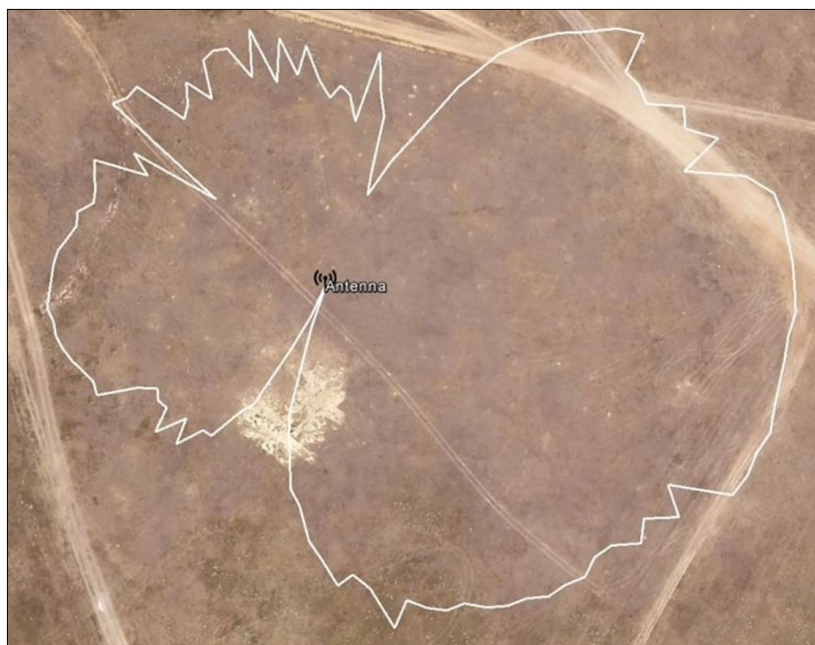
Az NMHH rádiómonitoring hálózatának mérőrendszerei és antennái bizonyos időközönként felülvizsgálatot igényelnek. Ez magában foglalja a vizuális vizsgálatok mellett a mérővevők kalibrációját, rádió-

frekvenciás jelutak ellenőrzését és adott esetben ezek javítását. A hatósági joghatással járó mérésekhez nélkülözhetetlen a kalibrált rendszerek használata, aminek biztosítása és felülvizsgálata költséges és időigényes. Az antennák – elsősorban az iránymérő rendszerek – tesztelése során segítséget jelenthetnek a drónok, melyek egy jeladóval felszerelve meghatározott irányokból és távolságokból közelíthetik meg az antennát, így annak irányérzékenysége és pontossága validálható.

### 3. Első tesztek

A kezdeti tesztheink során elsősorban arra a kérdésre kerestük a választ, hogy a már meglévő műszereink közül melyek azok, amelyek alkalmasak lehetnek levegőből történő rádiófrekvenciás mérések végzésére. A műszer kiválasztása során elsődleges szempont volt annak fizikai mérete, ugyanis a mérőeszköznek kompatibilisnek kellett lennie egy a kereskedelmi forgalomban kapható drónnal. Fontos volt továbbá, hogy a levegőben töltött idő megnövelése érdekében a műszer össztömege lehetőség szerint minél kisebb legyen. A műszer áramellátását egyenáramú feszültségről kellett megvalósítani, mivel a repülés során a tápfeszültség biztosítása csak akkumulátor segítségével volt biztosítható. A műszer szintmérési képessége is fontos szempont volt az eszköz kiválasztása során, ugyanis a precíziós (tipikusan az ERP-, EIRP-) vizsgálatokhoz elengedhetetlenül fontos a nagy pontosságú szintmérés. Végezetül a műszernek rendelkeznie kellett beépített GNSS-vevőegységgel, annak érdekében, hogy a vizsgálatok során a rögzített spektrumadatok mellett az eszköz aktuális pozíciója is eltárolásra kerüljön.

1. ábra  
Az első tesztrepülések eredménye műholdképen ábrázolva



9 SM.2056-1 Airborne verification of antenna patterns of broadcasting stations – [https://www.itu.int/dms\\_pub/itu-r/obj/rep/R-REP-SM.2056-1-2014-PDF-E.pdf](https://www.itu.int/dms_pub/itu-r/obj/rep/R-REP-SM.2056-1-2014-PDF-E.pdf)

Kezdeti próbálkozásaink során egy általunk ideiglenesen beüzemelt adóállomás körül hajtottunk végre tesztrepüléseket. Az adóállomást egy mérőgépjármű árbocának tetejére rögzített antenna, valamint az autóban elhelyezett rádiófrekvenciás jelgenerátor és a kettőt összekötő rádiófrekvenciás jelút alkotta.

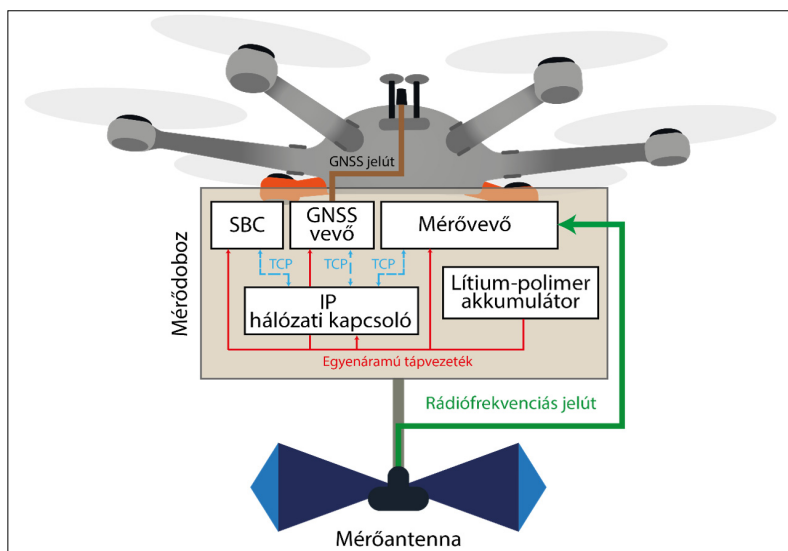
A mérésekhez egy kisméretű spektrum-analizátort használtunk, ami elsősorban úgy tűnt, hogy eleget tesz a korábban részletezett kritériumoknak. A műszer eredetileg az úgynevezett „útvonalregisztrációs” mérésekhez rendszeresített eszköz, mely mérőgépjárműbe telepítve, bekapcsolás után – előre konfigurált módon – folyamatosan rögzíti a mérési eredményeket a 20-6000 MHz közötti frekvenciatartományban. A beépített számítógépnek és háttértárnak köszönhetően képes volt a spektrum adatok és a navigációs adatok egyidejű tárolására.

A tesztrepülések után, az adatok utólagos kiértékelését követően kiderült, hogy az általunk használt mérőeszköz szintmérési képessége nem teszi lehetővé a precíziós mérések elvégzését, továbbá a beépített navigációs rendszer helymeghatározási képessége is alulmúlta az elvárásainkat. Kezdeti tapasztalataink rávilágítottak arra, hogy az akkor rendelkezésre álló mérőeszközeinkkel csak korlátozottan volt lehetséges levegőből történő rádiófrekvenciás mérések végzése.

#### 4. Mérőrendszer-fejlesztés

Az első tesztek során gyűjtött tapasztalatok alapján további hardveres és szoftveres fejlesztésekre, valamint eszközbeszerzésekre volt szükség annak érdekében, hogy a támasztott mérési igényeknek megfelelő mérőrendszer jöhessen létre. Érdemes volt már a mérőrendszer tervezése előtt rögzíteni, hogy pontosan milyen célokat szeretnénk elérni.

Mivel olyan rendszer, ami minden feladatot ugyanolyan magas színvonalon el tudna látni, nem létezik, ezért kiindulásként két fő irányt határoztunk meg. Az első az adók sugárzási karakterisztikáinak mérése, a második pedig a zavarkeresés támogatása volt. A mérési összeállítás mindkét feladat esetében hasonló, de a mérési folyamatokban már vannak jelentősebb különbségek. Legfontosabb eltérés a két feladat között, hogy az adók sugárzási karakterisztikájának vizsgálata az adott csatorna minél precízebb mérését igényli. Ez esetben a csatornateljesítményből származtatott télerősséget kell meghatározunk, aminek szintén több megvalósítási módja lehetséges: a mérővevő beépített csatornateljesítménymérőjével, vagy az FFT-vel leképzett spektrumkép megfelelő mérési pontjainak matematikai összegzésével. A zavarkeresés esetében nem általános ez a megközelítés, ott ugyanis célszerű egyszerre egy nagyobb szeletet vizsgálni a spektrumból, hogy az azon belüli változások könnyebben kiértékelhetők legyenek.

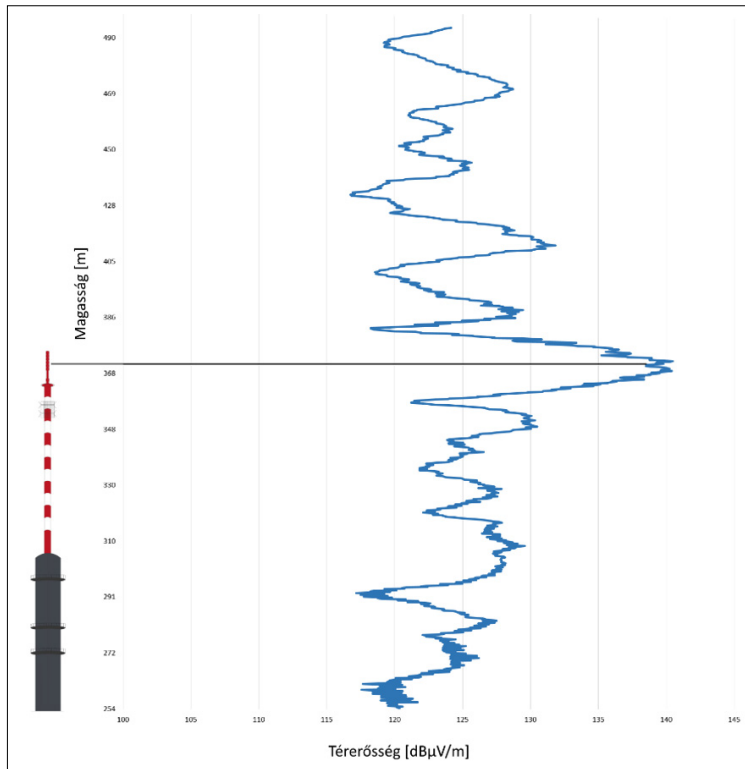


2. ábra  
A mérőrendszer blokkvázlata az UAS-eszközre rögzítve

Azért, hogy legalább ezt a két mérési scenáriót lefedjük, egy moduláris felépítésű rendszer kialakítása volt a cél, aminek segítségével az aktuális feladatnak megfelelően változtatható a rendszer konfigurációja. Az autonóm működés elősegítése érdekében a mérőrendszer működése nem függ a dróntól, egyes moduljai egy egységessített belső IP-hálózatra csatlakoznak, aminek elsődleges célja az eszközök közötti kommunikáció, másodlagos célja az eszközök földi vezérlőállomásról való felügyeletének biztosítása. Mivel a megoldás teljes autonómitást biztosít, így a mérődoboz – a földi állomás nélkül – önmagában is képes működni.

A feladatok központi vezérlését a mérődobozba épített egykártyás számítógép (SBC) végzi. Ez a komponens felel a mérési adatok feldolgozásáért és tárolásáért, a mérővevő vezérléséért és a teljes rendszer működésének felügyeletéért egyaránt. Az SBC-n futtatott saját fejlesztésű célszoftver összefogja az egyes részekből kinyert adatokat és feldolgozás után eltárolja azokat. Amennyiben szükséges, ezeket a mérés során akár adatfolyamként is képes a földi állomás számára továbbítani, ahol egy erre a célra fejlesztett szoftver megjeleníti az aktuális mérési eredményeket. A teljes szoftveres környezet is hasonlóan moduláris megközelítésben készült, mint a mérődoboz, így lehetőség van azt is viszonylag egyszerűen módosítani, hogy szükség esetén az újonnan felmerült igényeket is ki lehessen elégíteni.

A mérési folyamatok az antennakarakterisztika mérése esetében oly módon történnek, mintha egy kézi mérővevővel végeznénk: a csatornák alapvető adatainak (például középfrekvencia, csatorna-sávszélesség, mérési idő, detektor típusa stb.) ismeretében a mérővevőt az SBC-n futó mérésvezérlő szoftver behangolja, majd a mérési eredmények kiolvasása után rögzíti. Minden mérési ponthoz tartoznak pozícióadatok, amikben el vannak tárolva a lokációs adatok (földrajzi szélesség, hosszúság és magasság), illetve a drón mozgásának információi.



3. ábra  
Műsorszóró adó sugárzási súlypontjának meghatározása

Zavarkeresésnél a mérési folyamat hasonló, de itt például már lehetőség van egy irányított antennát rögzíteni a mérődobozra, aminek távolról vezérelt irányítására, mozgatására is lehetőség van egy, a mérődobozra rögzített gimbal segítségével.

### 5. Antenna-karakterisztika mérése

Az NMHH által kiadott rádióengedélyek tartalmazzák az adóantennák kisugárzott teljesítmény szintjeit poláridagramon ábrázolva legalább 10°-os felbontással. Ezek az értékek olyan, a frekvenciaengedélyezési eljárás so-

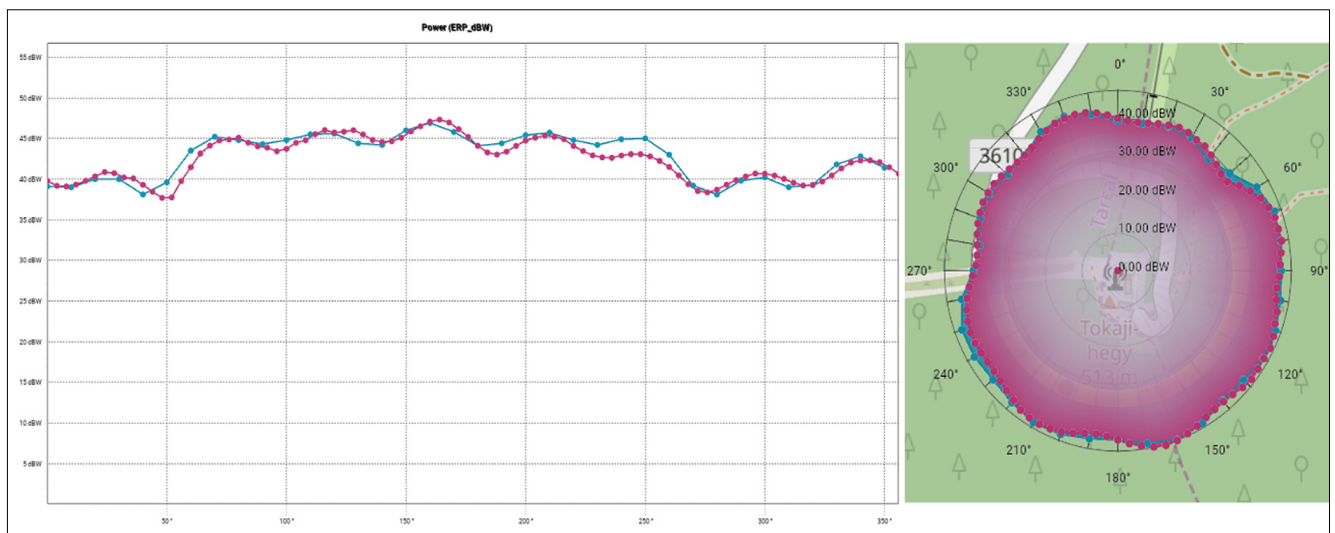
rán készült szimulációs eredmények, amelyek elvi számítások alapján határozzák meg az antenna, vagy antennarendszer ERP-karakteristikáját a terepviszonyok, illetve a szomszédos adók figyelembevételével. Mivel ezen értékek papíron vannak meghatározva, így a valós karakterisztika és kisugárzott teljesítmények ettől eltérhetnek, emiatt az adóállomás paramétereinek pontos ismeretéhez mérések szükségesek. A drónok lehetőségeit kihasználva az antennák által kisugárzott teljesítmény vizsgálata már könnyebbé válhat. A drónok mozgékonyága és programozható röppályája jó lehetőséget biztosít az ilyen jellegű vizsgálatokra. A mai modern drónok sokkal precízebben képesek előre programozott pályákat végigrepülni, mint az eredeti helikopterrel történő mérések esetében a pilóták.

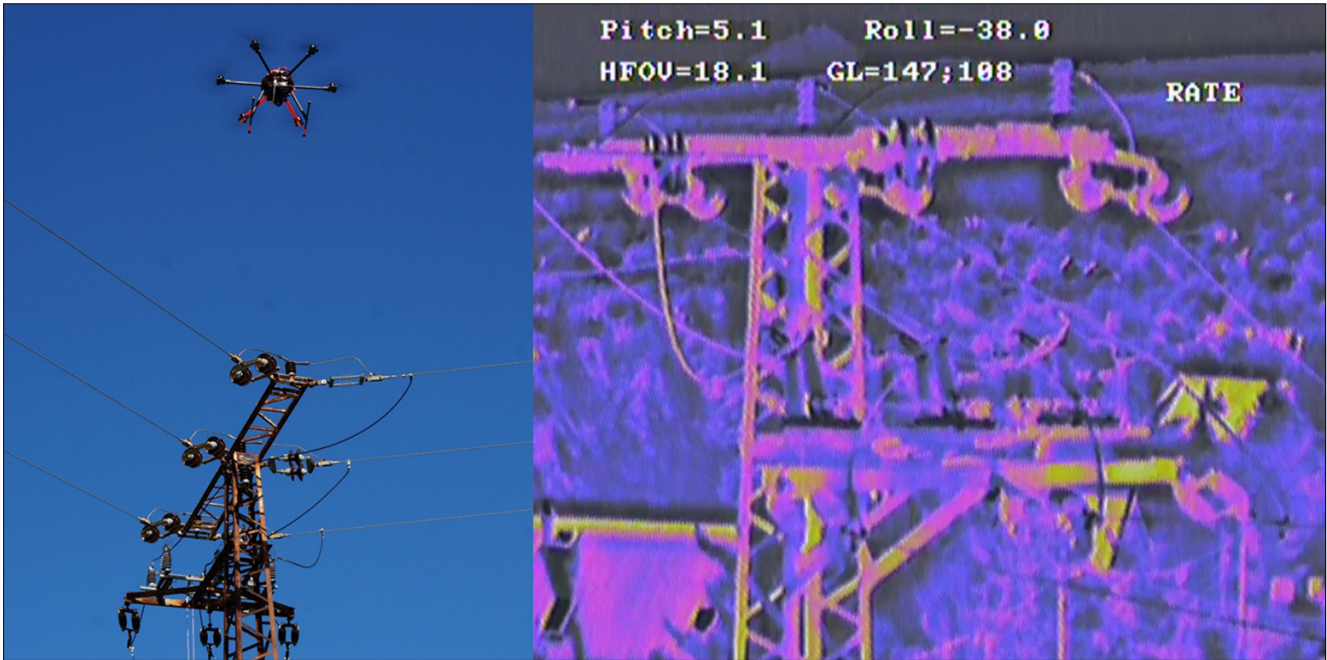
A karakterisztika meghatározásának folyamata a drónra rögzített mérőrendszer segítségével előre meghatározott pályán történik. A pálya adatait meghatározza az adóantenna magassága, kisugárzott teljesítménye, frekvenciája és a repülés tervezett sugarába eső tereptárgyak, települések tulajdonságai. Rádiófrekvenciás mérések végzése előtt minden esetben a távotér határának kiszámítása a kiindulási feladat. Ezt befolyásolja az adóantenna fizikai felépítése és az adó működési frekvenciája. A távotéren kívüli repülési sugar meghatározása után egy olyan pályát határozunk meg a drón számára, aminek középpontjában az adótorony van. Az adó fő sugárzási irányának és az antenna magasságának meghatározását egy függőleges emelkedéssel történő méréssel tudjuk pontosan meghatározni.

A karakterisztika meghatározása több pontban történő csatornateljesítmény-mérésből áll össze. Az így kapott eredményeket – a jelút- és antennakorrekciók figyelembevétele mellett – térerősség formájában használjuk fel a számításoknál és ábrázolásoknál egyaránt. A mérési pontok sokasága a kiértékelés során kirajzol

A karakterisztika meghatározása több pontban történő csatornateljesítmény-mérésből áll össze. Az így kapott eredményeket – a jelút- és antennakorrekciók figyelembevétele mellett – térerősség formájában használjuk fel a számításoknál és ábrázolásoknál egyaránt. A mérési pontok sokasága a kiértékelés során kirajzol

4. ábra Adóállomás sugárzási karakterisztikája





5. ábra Távvezeték-hálózatok meghibásodott csatlakozásai által okozott rádiófrekvenciás zavarok hőkamerás vizsgálatá

egy olyan alakzatot, amit az antenna kisugárzott karakterisztikájának tekinthetünk. A 4. ábrán látható módon a kék görbe az engedélyben szereplő, míg a ciklámen a mért eredményekből kirajzolt antennakarakterisztika-görbét ábrázolja.

## 6. Zavarkeresés támogatása

A legnagyobb kihívást a mérési feladatok között a zavarkeresés okozza. Zavaroknak tekinthetünk minden olyan véletlen vagy szándékos eredetű elektromágneses sugárzást, ami azonos frekvencián egy engedéllyel rendelkező szolgálat működését negatívan befolyásolja. Egy rádiófrekvenciás zavar gyakorlatilag bármilyen eredetű elektromágneses sugárzás lehet. Mivel ezek forrásai az észlelés helyétől – sugárzási tulajdonságaikból adódóan – akár több kilométeres távolságra is lehetnek, így a vizsgálandó terület viszonylag nagy is lehet.

A drónos lehetőség megjelenéséig kizárólag gyalogos, illetve gépjárművel történő mérésekkel történt a zavarok felkutatása. Sokszor korlátot szabnak a gyors zavarelhárításnak az elkerített területek, az utak, a nem járható és az elzárt területek, amelyek drónok használatával leküzdhetők, természetesen szükség esetén a megfelelő jogi szabályozásokat figyelembe véve. Egy ilyen zavarkeresési folyamat során a drónra szerelt mérőeszköz képes meghatározni a levegőből a zavar forrásának irányát, és abba az irányba mozogni. A forrás azonosítása jelenleg a földi állomásról emberi beavatkozás mellett történik, azaz a pilóta a mérőszemélyzet utasításainak megfelelően irányítja a drónt.

A tesztheink során olyan zavarkereséshez kapcsolódó vizsgálatokat folytattunk, amiben adókat helyeztünk ki olyan módon, hogy sem a mérést végző személy, sem a pilóta nem tudta, hol van a céltárgy (a klasszikus rádió-

frekvenciás rókavadászathoz hasonló módon eljárva). A sugárzások irányának több pontból végzett mérésével könnyedén sikerült a drónt eljuttatni a kihelyezett adóhoz. Ezek a tesztek biztatók voltak és további fejlesztési és felhasználási irányokat vetítettek előre.

Körvonalazódott több olyan lehetőség is, hogy mire használható zavarkeresésnél ez a mérési eljárás. A zavar vizsgálatánál jellemzően a zavartatást szenvedett eszköztől indul a keresés és gyakran attól távolodva történik a jelek forrásának felkutatása. Olyan helyeken, ahol a zavartatást szenvedett készülék egy háztetőn vagy víztornyon helyezkedik el, ez a módszer több akadályba is ütközik, de a légi járművek segítségével a mérések ilyen helyzetekben könnyebben megoldhatók. Tipikusan ilyenek az RLAN-eszközök által keltett zavarok felderítése, illetve a mikrohullámú összeköttetések vizsgálatai végezhetőek még hatékonyan drónok segítségével.

## 7. Jogi, szabályozási nehézségek

Magyarországon a 2021. február 10-én hatályba lépett „38/2021. (II. 2.)” Kormányrendelet részletezi a pilóta nélküli állami légi járművek repülésére vonatkozó szabályokat és használati feltételeket. Mivel a hatóság jelenleg nem rendelkezik saját, akár állami légi járműnek minősülő UAS-eszközzel, ezért rendkívül korlátozottak a repülési lehetőségek. UAS-eszközökkel történő rádiófrekvenciás mérésekre jelenleg csak külső partnerrel kötött szerződés keretein belül van lehetőség.

A szerződött partner feladata a légi jármű és a reptetéshez szükséges személyzet biztosítása, valamint a repüléshez szükséges engedélyek beszerzése és a bennük foglalt kötelezettségek betartása. Az UAS-mérőrendszer fizikai méreteiből adódóan, valamint a különleges repülési útvonalak miatt a levegőből történő rádiós mérések

csak nagy teherbírású drónnal és szinte minden esetben csak „speciális kategóriájú UAS-művelet” keretein belül végezhetők. Mivel a mérési, így repülési feladat lakott területeket is érinthet, illetve a repülési magasság meghaladhatja a 120 métert, ezért eseti légtér igénylése is szükséges, ami tipikusan harminc napos átfutási idővel realizálható.

Belátható tehát, hogy a jelenlegi drónokra vonatkozó szabályozás nem teszi lehetővé az NMHH számára az ad-hoc jellegű repülést. Rádiózavar-felderítési igények beérkezése esetén a légtérfoglaláshoz szükséges idő messze túlmutat a zavarjelenségek törvényi keretek közötti elhárítására megadott időn. Adott esetben kritikus infrastruktúrát érintő zavartatás esetén még fontosabb lenne a gyors reakció a probléma elhárítására (például készenléti szolgálatok frekvenciái, légiforgalmi frekvenciák).

## 9. Összefoglaló

Elmondható, hogy a drónok gyors fejlődése miatt a mérés technikában történő alkalmazásuk egyre nagyobb teret nyerhet, ezt az általunk végzett tesztmérések is egyértelműen alátámasztották. Az, hogy a gyakorlatban ez mikor épül be a Hatósági mérési tevékenységébe, az elsősorban a jogi környezet alakulásától függ, mert sajnos jelenleg ez akadályozza leginkább az effektív mérések végzését.

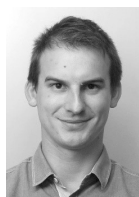
## A szerzőkről



**BODZSÁR KRISZTIÁN** monitoring központ vezető már lassan 15 éve a Nemzeti Média- és Hírközlési Hatóság Rádiómonitoring osztályát erősíti és képviseli Magyarországot a CEPT WG FM22, illetve az ITU WP-1C munkacsoportokban. Részt vett az országos spektrum monitoring rendszer (SIMON) vezérlő szoftverének (SIMI) kifejlesztésében, a mérőállomások rekonstrukciójában, valamint ő szervezi a Monitoring Központ munkáját.



**EGYED PÉTER** villamosmérnök, jelenleg a Nemzeti Média- és Hírközlési Hatóság spektrum monitoring mérnöke. Csaknem tíz év tapasztalattal rendelkezik mérőrendszerek üzemeltetése és fejlesztése terén. Nevéhez fűződik a hazai fix telepítésű rádiómonitoring hálózat rekonstrukciója, valamint a Nemzeti Média- és Hírközlési Hatóság mozgó monitoring gépjárműveinek kezelése, koordinálása és a speciális igényeknek való felkészítése. Eddigi tapasztalatait felhasználva az utóbbi időben a hatósági UAV mérési eljárások kidolgozásával és gyakorlati alkalmazhatóságának vizsgálatával foglalkozik a nemzetközi trendeket figyelembe véve.



**PATAKI PÉTER** spektrum monitoring mérnök, doktorandusz hallgató. 2020-ban végzett a Széchenyi István Egyetemen villamosmérnök szakon, majd ugyanitt szerezte meg MSc-oklevelét. Jelenleg a Nemzeti Média- és Hírközlési Hatóság Rádiómonitoring osztályának mérnöke, valamint tanulmányokat folytat a Széchenyi István Egyetem Multidiszciplináris Műszaki Tudományi Doktori Iskolájában. Szakterülete rádiófrekvenciás mérőrendszerekkel kapcsolatos szoftveres és hardveres fejlesztések végzése, illetve aktívan kutat az elektromágneses hullámterjedés és műholdas kommunikációk mesterséges intelligenciával való vizsgálatán. Munkájának köszönhető az NMHH UAV mérőrendszer szoftveres környezetének kialakítása, az adatrögzítő- és továbbító megoldásainak fejlesztése. Tapasztalatait igyekszik tanársegédként továbbadni a jövő mérnökeinek is a Széchenyi István egyetemen.