

**ZRÍNYI MIKLÓS NEMZETVÉDELMI EGYETEM
BOLYAI JÁNOS KATONAI MŰSZAKI KAR
KATONAI MŰSZAKI DOKTORI ISKOLA**

Kissné Akli Mária

**Katonai légi rádiónavigációs rendszerek és a
digitális televízió műsorszórás elektromágneses
kompatibilitásának vizsgálata**

Doktori (PhD) értekezés

Témavezető: **Prof. Dr. Zsigmond Gyula**
egyetemi tanár

2009. BUDAPEST

ELŐSZÓ

Szakmai szempontból azon szerencsés emberek közé tartozom, akik a földfelszíni digitális televíziózás magyarországi bevezetésének mind a hazai, mind a nemzetközi vonatkozásait felölelő előkészítésében szinte a kezdetektől részt vehetett, és jelentős részt vállalhatott.

A frekvenciagazdálkodás területén több mint tízéves tevékenységem és jelenlegi munkahelyemen a hálózattervezés gyakorlati megvalósításához kapcsolódó feladatok folyamatosan szükségessé tették a naprakész nemzetközi és hazai szakmai anyagok és előírások tanulmányozását, pontos ismeretét és alkalmazását. A munkám során gyakran szembesültem azzal a ténnyel, hogy a rádiós eszközök közötti zavarmentesség biztosítása kötelezően alkalmazandó elv a műsorszóró hálózatok bővítése során, ugyanakkor a zavarmentesség meghatározásának műszaki kritériumai hiányosak, vagy egyáltalán nem léteznek. Mindezen akadályok arra ösztönöztek, hogy ne csak feltárjam a tisztázatlan kérdéseket, hanem megoldásokat is keressek.

Az értekezés többéves szakmai tapasztalat és kutatómunka eredményét tartalmazza, összegyűjtve és rendszerezve a kapcsolódó irodalmat, a hazai és nemzetközi mérések eredményeit, feltárva a gyakorlati hálózattervezés során felmerülő problémák egy részét, rávilágítva néhány megoldandó kérdésre és lehetséges megoldásra.

Kutatásaim során elsősorban az általánosítható, statisztikailag jellemző összefüggéseket kerestem, különös tekintettel az analóg televízió-hálózatok és katonai rendszerek számára biztosítandó zavarmentes működésre, valamint a digitális hálózatok jövőbeni bővítésének műszaki kritériumaira, de kitértem egyedi esetek bemutatására is, ahol a várt eredmények ezt szükségessé tették.

Szeretnék köszönetet mondani Dr. Zsigmond Gyulának, aki témavezetőmként segített, irányította kutatásaimat.

Szeretnék köszönetet mondani továbbá a Zrínyi Miklós Nemzetvédelmi Egyetem, a Nemzeti Hírközlési Hatóság, az Antenna Hungária dolgozóinak, és mindazoknak, akik segítségemre voltak az értekezés elkészítésében.

a szerző

TARTALOMJEGYZÉK

BEVEZETÉS	5
A TÉMA AKTUALITÁSA	5
A TUDOMÁNYOS PROBLÉMA MEGFOGALMAZÁSA	5
KUTATÁSI CÉLKITŰZÉSEIM	7
KUTATÁSI HIPOTÉZISEIM MEGFOGALMAZÁSA	8
KUTATÁSI MÓDSZEREIM	8
AZ ÉRTEKEZÉS FELÉPÍTÉSE	9
1. FEJEZET	10
AZ UHF TELEVÍZIÓ SÁVRA VONATKOZÓ FREKVENCIAFELHASZNÁLÁS SZABÁLYOZÁSA..	10
1.1 RÁDIÓFREKVENCIÁS SZOLGÁLATOK ZAVARMENTES EGYÜTTÉLÉSÉNEK SZABÁLYOZÁSI KERETEI	11
1.1.1 Szabályozó testületek	11
1.1.2 Szabályozó dokumentumok.....	13
1.2 AZ UHF MŰSORSZÓRÓ SÁV SÁVHASZNÁLATI SZABÁLYAI	16
1.2.1 A Nemzetközi Rádiószabályzatban	16
1.2.2 A hazai Frekvenciasávok Nemzeti Felosztási Táblázatában.....	17
1.3 A 470-862 MHz SÁVRÉSZBEN ÜZEMELŐ ELSŐDLEGES MŰSORSZÓRÓ ÉS KATONAI SZOLGÁLATOK MŰKÖDÉSI FELTÉTELEINEK ÁTTEKINTÉSE	18
1.3.1 Az első európai UHF sávi műsorszóró értekezlet	18
1.3.2 45 év a digitális tervezői értekezletig	21
1.3.3 Az RRC04/06 Körzeti Rádiótávközlési Értekezlet	25
1.3.4 Út a digitális jövőhöz.....	32
KÖVETKEZTETÉSEK	34
2. FEJEZET	36
RÁDIÓFREKVENCIÁS SZOLGÁLATOK ZAVARMENTES KÖZÖS SÁVHASZNÁLATÁNAK MŰSZAKI FELTÉTELEI A TELEVÍZIÓ MŰSORSZÓRÓ SÁVBAN	36
2.1 AZ EMC MEGHATÁROZÁSAI	36
2.2 A KÁROS ZAVARÁS MEGHATÁROZÁSA ÉS KAPCSOLÓDÓ FOGALMAK	36
2.2.1 Az RR-ben található meghatározások a zavarra.....	37
2.2.2 Kompatibilitás vizsgálat	38
2.2.3 Térerősséget befolyásoló tényezők.....	38
2.2.4 A térerősség meghatározása	39
2.2.5 Helykorrekciós tényezők	41
2.2.6 Rádióállomások által létrehozott jelszintek meghatározása	41
2.2.7 Összetett jelek, jelösszegző eljárások	44
2.2.8 Kompatibilitási kritérium	45
2.2.9 Alkalmazott kompatibilitási kritériumok.....	45
2.2.10 Tipizált vételi paraméterekkel jellemzett tervbejegyzések védelmi viszonyai	46
2.2.11 Tipizált adási paraméterekkel jellemzett tervbejegyzések várható interferenciája.....	47
2.2.12 Zavartatás vizsgálat menete	49
2.2.13 Kizárótávolság	50
2.3 AZ ALKALMAZOTT KOMPATIBILITÁSI KRITÉRIUMOK ÁTTEKINTÉSE	53
2.3.1 Kompatibilitási kritériumok a GE06 Megállapodásban	53
2.3.2 4. cikkely: A terv módosítása	54
2.3.3 5. cikkely: bejelentés az ITU-hoz	54

2.3.4	Hiányzó kompatibilitási kritériumok.....	55
2.3.5	Az UHF TV sávra vonatkozó EMC vizsgálatokkal összefüggő dokumentumok .	56
2.3.6	Kompatibilitási kritériumok egyéb műsorszóró megállapodásokban és hazai előírásokban.....	57
	KÖVETKEZTETÉSEK.....	60
3.	FEJEZET.....	61
	VIZSGÁLATI EREDMÉNYEK ÉS ÉRTÉKELÉSÜK	61
3.1	A VIZSGÁLAT SORÁN FIGYELEMBE VETT MŰSORSZÓRÓ ÉS EGYÉB ELSŐDLEGES SZOLGÁLATOK ADÓI	61
3.2	AZ OKOZOTT ZAVAR MÉRTÉKÉNEK SZEMLÉLTETÉSE.....	62
3.2.1	Kompatibilitási kritériumok tipizálása	63
3.2.2	A zavaró hatás és az ellátott terület kapcsolata	65
3.3	KOMPATIBILITÁSI KRITÉRIUM AZ ANALÓG TELEVÍZIÓADÓK VÉDELME.....	77
3.3.1	A digitális adók kiválasztása	77
3.3.2	A potenciálisan zavart analóg adók kiválasztása.....	77
3.3.3	Megengedett ERP-k kiszámítása	78
3.3.4	A vizsgálatok kiterjesztése tetszőleges kompatibilitási kritériumra.....	80
3.3.5	Javaslat a kompatibilitási kritériumra.....	82
3.4	KATONAI RENDSZEREK MŰKÖDÉSÉNEK KIHATÁSA A DVB-T BEVEZETÉSÉRE	83
3.4.1	A magyarországi mérésekkel meghatározott paraméterek	84
3.4.2	A felhasznált védelmi paraméterek	85
3.4.3	A kizáróterületek meghatározása.....	86
3.4.4	A védendő térerősség választásának hatása a kizárótávolságra	86
3.4.5	Kompatibilitás vizsgálat a védett bejelentett állomásokra	88
3.5	A DIGITÁLIS TERV BŐVÍTÉSI LEHETŐSÉGEI AZ ÁTMENETI IDŐSZAK UTÁN.....	99
3.5.1	Megengedett maximális ERP	99
3.5.2	A tervezett adó távolsága a legközelebbi azonos csatornás allotment határától .	102
3.5.3	Szükséges minimális ERP	105
3.5.4	Zavartűrőbb DVB-T üzemmódok választása	109
	KÖVETKEZTETÉSEK	109
	ÖSSZEGZETT KÖVETKEZTETÉSEK.....	111
	A KUTATÁSI TEVÉKENYSÉG ÖSSZEGZÉSE	111
	ÖSSZEFOGLALÓ VÉGKÖVETKEZTETÉSEK	112
	ÚJ TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEK.....	113
	AJÁNLÁSOK, A KUTATÁSI EREDMÉNYEK GYAKORLATI FELHASZNÁLHATÓSÁGA	114
	A TÉMAKÖRBŐL KÉSZÜLT PUBLIKÁCIÓIM.....	114
	FOLYÓIRATBAN MEGJELENT CIKKEK	114
	IDEGEN NYELVŰ KIADVÁNYBAN MEGJELENT CIKKEK.....	115
	KONFERENCIA KIADVÁNYBAN MEGJELENT ELŐADÁS	115
	EGYÉB SZAKMAI ANYAGOK	116
	FELHASZNÁLT IRODALOM	117
	FOGALMAK ÉS RÖVIDÍTÉSEK MAGYARÁZATA.....	123
	FÜGGELÉKEK/MELLÉKLETEK	125

BEVEZETÉS

A TÉMA AKTUALITÁSA

2008. július 26-a mérföldkő a magyarországi földfelszíni televíziózásban. Az öt országos földfelszíni digitális televízió-hálózat üzemeltetésére, s a hozzá tartozó frekvenciák használatára a 2008 márciusában kiírt pályázatnak kihirdették a győztesét [1]. A pályázati [2] és szerződési [3] feltételek szerint a nyertes pályázónak¹ 2008. november 1-ig kellett kiépíteni a 2008-ra vállalt lakossági ellátottságot biztosító digitális televízió-hálózatokat. Az öt hálózatot a vállalási feltételek ütemében 2013-ig kell befejezni [4] [5].

Nagy kihívást jelent a digitális földfelszíni műsorszórás 2015 előtti bevezetése frekvenciagazdálkodási és hálózat kiépítési, megvalósítási tekintetben egyaránt. A digitális állomások üzembe helyezése során figyelembe kell venni azt a korlátozó tényezőt, hogy **analóg televízióadók és katonai rendszerek**² is üzemelnek 2015-ig a közös műsorszóró sávban. A pályázati kiírás szerint [2] *„Az analóg-digitális átmeneti időszakban³ Magyarországon és a környező országokban is védelmet élveznek az analóg televízióadók és bizonyos csatornákon üzemelő nem polgári berendezések.”*⁴

A WRC07⁵ döntése értelmében a 790-862 MHz sáv rész 2015-től (sőt külön lábjegyzetben foglalt országokban korábban is) mobil szolgáltatásra is felhasználható a jövőben. Amennyiben Magyarországon vagy a szomszédos országokban mobil szolgáltatások is fognak működni a műsorszóró sávban, a digitális terv bővítése során a zavarmentes működést ezen szolgáltatások számára is biztosítani kell. A közös sávhasználat műszaki feltételeinek kidolgozása már meg is kezdődött különböző nemzetközi munkacsoportokban⁶ [6], melyre vonatkozó döntés a WRC12⁷ Konferencián várható.

Az üzemeltetési jogosultság 12 évre, 2020-ig szól függetlenül attól, hogy az adók mikor és milyen feltételekkel, korlátozásokkal helyezhetők üzembe. Tekintve, hogy öt hálózat kiépítése nem egyik napról a másikra történik, a szolgáltató beruházási terve optimalizálható, ha idejében ismertek azok a feltételek, amelyek korlátozhatják az elnyert frekvenciák használatát, illetve a digitális hálózatok további bővítését.

A TUDOMÁNYOS PROBLÉMA MEGFOGALMAZÁSA

A digitális televízió-hálózatok megvalósítása során felmerülő és megválaszolendő kérdés, hogy a feltételként állított **védelmeket milyen kritériumok alapján kell biztosítani**, illetve

¹ Lásd még: engedélyes, szolgáltató, Antenna Hungária ZRt., AH ZRt.

² Lásd. még: nem polgári berendezések, nem polgári rádiós eszközök, egyéb elsődleges szolgáltatások, haditechnikai eszközök, katonai légi rádió navigációs eszközök

³ Átmeneti időszak 2006. június 17-én kezdődött és 2015. június 17-én ér véget [2][8].

⁴ Pályázat öt digitális televízió műsorszóró hálózat üzemeltetési jogosultságának megszerzésére, pályázati kiírási dokumentáció, NHH, 2008, 34. oldal. Online: (<http://www.nhh.hu/dokumentum.php?cid=16371>).

⁵ WRC07: World Radiocommunication Conference 2007; 2007-es Világ Rádiótávközlési Értekezlet

⁶ Például az Nemzetközi Távközlési Egyesület JTG 5/6 nevű munkacsoportjában

⁷ WRC12: World Radiocommunication Conference 2012; 2012-es Világ Rádiótávközlési Értekezlet

azok alkalmazása **milyen mértékben korlátozza a digitális hálózatok megvalósítását. Üzemelnek-e még** Magyarországon és a védelem szempontjából érintett környező országokban **védelmet igénylő nem polgári berendezések a műsorszórási sávban**, és ha igen, meddig. **Az alkalmazandó kritériumok megfelelően biztosítják-e** jelenleg és a digitális jövőben azon állami, szolgáltatói, lakossági és uniós célkitűzést, hogy „... **a rádióspektrum**, mint fontos nemzetgazdasági erőforrás társadalmilag **hatékony kiosztása** és elosztása a versengő alkalmazások és felhasználók között”⁸ [7] megvalósuljon.

A pályázati kiírás nem tartalmaz implicit módon műszaki előírásokat a hálózatok tervezésére, az elektromágneses összeférhetőségi⁹ (EMC¹⁰) vizsgálatokra. Követelmény azonban a 2006-os Körzeti Műsorszórási Értekezlet Záródokumentumában (GE06¹¹ Megállapodás¹²) foglalt műszaki keretek betartása [8].

A GE06 Megállapodás részletes tanulmányozása alapján megállapítottam, hogy a digitális televízióadók implementálásának eljárási szabályai részletes kidolgozásra és elfogadásra kerültek. Az eljárás során alkalmazandó műszaki alapok, fogalmak, technikai paraméterek mindenre kiterjedően belekerültek a dokumentumba, de az **összeférhetőségi kritériumok csak részben találhatók meg a GE06 Megállapodásban**. A Megállapodáshoz tartozó digitális tervben lévő elvi állomások üzembe helyezéséhez alkalmazandó megfelelőségi vizsgálat pontosan megszabja a többi digitális adó védelmét szolgáló műszaki feltételeket, azonban **az analóg televízióadók védelmét meghatározó kritériumok** ajánlás vagy információs jelleggel **sem kerültek be az Egyezménybe**. Az **egyéb elsődleges szolgálatoknál ismert**, hogy a terv elkészítése során milyen kritériumot alkalmaztak a **földi állomások** védelmére, melynek alkalmazása lehetőség, de nem kötelezettség a terv bővítése során. A **fedélzeti vevőeszközök**re vonatkozóan csak annyit mond az Egyezmény, hogy szabadtéri terjedést kell feltételezni a zavarítás vizsgálatokban. **A digitális terv módosításakor vagy új digitális adók üzembe helyezésekor megkövetelt koordinációs eljárásban alkalmazandó összeférhetőségi kritériumok szintén kimaradtak a Megállapodásból**.

Az analóg televízióadások, valamint a még üzemelő katonai eszközök zavartalan működése, a digitális televíziózás mielőbbi gyors bevezetése és elterjedése, a hatékony sávfelhasználás [9] mind-mind olyan preferált állami és uniós célkitűzés, melyeket úgy kell megvalósítani, hogy csorbát egyik se szenvedjen. Ennek egyik eszköze a gondosan kidolgozott, nemzetközileg elfogadott paraméterek és módszerek alapján végzett elektromágneses összeférhetőségi vizsgálat. Amennyiben ilyenek nincsenek vagy hiányosak, kiegészítő vagy pótló műszaki kritériumokat ajánlatos kidolgozni és két- vagy többoldalú megállapodásokkal elfogadtatni. Ha műszaki alapon nyugvó megállapodások nem jönnek létre, évekig elhúzódó vagy sikertelen egyeztetési folyamatokra lehet számítani, ami meggátolja a digitális adók üzembe helyezését. Az analóg televíziózásban sok példával találkoztam hasonló esetekre.

⁸ Spektrum stratégia. NHH, 2006, 4. oldal.

⁹ Az elektromágneses összeférhetőségről szóló (EMC) 89/336/EGK irányelvet a 31/1999. (VI. 11.) GM-KHVM együttes rendelet vezette be a magyar jogrendbe. A rádióberendezésekre és a távközlő végberendezésekre a rendelet 3. §-át, 5. §-ának (1)-(2) bekezdését, valamint az 1. és 3. számú mellékletét kell alkalmazni.

¹⁰ EMC: Electromagnetic Compatibility; Elektromágneses összeférhetőség

¹¹ GE06: Geneva Agreement and Plan, 2006; 2006. évi Genfi Digitális Műsorszórási Megállapodás és Terv

¹² Lásd még: GE06, GE06 Egyezmény, GE06 Megállapodás és Terv

Mindezekre tekintettel azt feltételezem, hogy elősegítheti a magyar digitális hálózatok implementálását és fejlesztését a

1. **digitális televízió és analóg televízió**
2. **digitális televízió és katonai szolgálatok**
3. **digitális televízió és digitális televízió**

közötti létező **összeférhetőségi kritériumok feltárása, alkalmazási korlátainak meghatározása, hiányzó kritériumok definiálása, a különböző kompatibilitási kritériumok hatásának bemutatása** mind a védett, mind a potenciális zavaró szolgálatra, az **eredmények megismertetése** az érdekelt felek számára annak érdekében, hogy elfogadásuk és alkalmazásuk kölcsönösségi alapon megvalósuljon.

KUTATÁSI CÉLKITŰZÉSEIM

1. **Rendszerezni és ismertetni** az UHF¹³ műsorszóró sáv használatára, az analóg és digitális televízióadók, valamint a nem polgári rádióeszközök védelmének biztosítására vonatkozó nemzetközi és hazai szabályozási környezetet. **Feltárni** a szabályozás esetleges ellentmondásait vagy hiányosságait. **Felkutatni** azokat a szabályozási kereteket, amelyek lehetőséget biztosíthatnak hiányzó vagy módosított összeférhetőségi kritériumok elfogadtatására.
2. **Felkutatni és ismertetni** a rádióberendezések közötti káros zavarás kritériumára vonatkozó meghatározásokat, mérési eredményeket, valamint számítási módszereket. **Megvizsgálni**, hogy vannak-e az UHF televízió sávban üzemelő elsődleges szolgálatok közötti káros zavarásra számszerűsített kritériumok meghatározva és elfogadva. **Összehasonlítani** a megismert kompatibilitási kritériumokat, és **következtetéseket levonni** alkalmazhatóságukra a digitális televíziózás területén.
3. **Kiválasztani** a műsorszóró televízió állomásoknak egy olyan jellemzőjét, melynek változásán keresztül jól mérhető és megítélhető az alkalmazott kompatibilitási kritérium hatása a védett szolgálatra. Vizsgálati **módszert kidolgozni**, és annak megfelelően **számításokat végezni** a kompatibilitási kritérium és a választott adójellemző közötti kapcsolat feltárása érdekében. Az **eredményeket a matematikai statisztika segítségével feldolgozni, összefüggéseket feltárni, matematikai modellt létrehozni**.
4. **Számításokat végezni**, és a **vizsgálati eredmények alapján bemutatni**, hogy az analóg televízió-hálózatok és katonai eszközök védelmére alkalmazható különböző összeférhetőségi kritériumok és ismert védelmi értékek milyen mértékben korlátozhatják a digitális frekvenciák használatát 2015-ig.
5. **Analizálni és szintetizálni** a GE06 Digitális Terv bővítési lehetőségeit. Vizsgálati **módszert kidolgozni**, és annak megfelelően **számításokat végezni** új DVB-T¹⁴ állomások lehetséges **sugárzási paramétereinek a meghatározására**. Számszerűsített eredményekkel **bemutatni**, hogy a különböző összeférhetőségi kritériumok alkalmazása hogyan befolyásolhatja a digitális hálózatok bővítését, a DVB-T adók ellátottsági területét.

¹³ UHF: Ultra High Frequency; Ultra nagy frekvencia

¹⁴ DVB-T: Digital Video Broadcasting Terrestrial; Földfelszíni digitális televízió műsorszórás

KUTATÁSI HIPOTÉZISEIM MEGFOGALMAZÁSA

1. **Feltételezem**, hogy nemzetközi megállapodások és hazai jogszabályok a televízió műsorszóró sávban üzemelő elsődleges szolgálatok összeférhetőségi vizsgálataira tartalmazznak olyan megoldásokat és feltételeket, melyek megfelelő adaptálással a digitális hálózatok megvalósításánál is alkalmazhatók, más lehetőségek vizsgálatát szükségtelenné teszik.
2. **Feltételezem**, hogy létezik a televízió műsorszóró állomásoknak olyan jellemzője, melynek az alkalmazott kompatibilitási kritériumtól függő változása szemléletesen mutatja a zavaró adó hatásának mértékét.
3. **Feltételezem**, hogy a digitális hálózatok átmeneti időszakban történő sikeres bevezetéséhez nem elegendő az analóg televízióadók védelmére számszerűen meghatározott kompatibilitási kritériumok kölcsönös elfogadása és alkalmazása.
4. **Feltételezem**, hogy a műsorszóró sávban üzemelő légi rádió navigációs rendszerek repülésbiztonsága szempontjából nem szükséges a vevőérzékenységből levezethető védelem megkövetelése. Feltételezem továbbá, hogy az impulzus feldolgozó egységeket is magában foglaló teljes rendszer lényegesen kisebb érzékenysége alapján megállapított védendő térerősségből levezethető védelem kellő biztonságot ad, ugyanakkor lényegesen csökkenti a digitális adóállomások sugárzási paramétereire vonatkozó várható korlátozások mértékét az átmeneti időszakban.
5. **Feltételezem**, hogy a digitális televízió-hálózatok bővítési lehetőségeit, az új állomások lényeges paramétereit, - mint ERP¹⁵ vagy ellátottsági terület -, jelentősen befolyásolhatja a konszenzussal elfogadott és alkalmazott kompatibilitási kritérium.

KUTATÁSI MÓDSZEREIM

1. A vonatkozó nemzetközi és hazai szakirodalom **felkutatása, feldolgozása**, az ismeretek **rendszerezése, következtetések levonása**.
2. Rádióberendezések közötti káros zavarás kritériumára vonatkozó meghatározások **ismertetése** a történeti módszer segítségével. **Összehasonlító kritikai elemzéssel** alkalmazhatóságuk **vizsgálata** a magyarországi digitális terv implementálása során.
3. **Szintézis** és **matematikai statisztika** módszerével az összefüggések **feltárása**.
4. Elméleti és gyakorlati tapasztalatok összevetése, következtetések levonása a káros interferencia küszöbszintjének a meghatározásához az analízis és szintézis módszerének alkalmazásával.
5. Részvétel a **nemzetközi munkacsoportok** munkájában. A munkacsoportok által kidolgozott anyagokban foglaltak **elemzése, analógia feltárása** a kutatott területen.
6. Káros zavarás eseteinek modellezése az UHF műsorszóró sávban, általánosítható **következtetések levonása, matematikai modell(ek) kidolgozása**.

¹⁵ ERP: Effective Radiated Power; Effektív kisugárzott teljesítmény

AZ ÉRTEKEZÉS FELÉPÍTÉSE

Az **első fejezetben bemutatom** a rádiófrekvenciák, különösen a műsorszóró frekvenciák felhasználásához kapcsolódó műszaki szabályozás nemzetközi és hazai rendszerét. Kutatom azokat a szabályozási eszközöket, amelyekkel műszaki előírások kötelezővé tehetők. Megvizsgálom azokat az egyezményeket és az azokhoz vezető utat, melyek az analóg és digitális televízió, valamint az egyéb elsődleges szolgálatok közös sávhasználatát adminisztratív és műszaki eszközökkel lehetővé teszik, ezzel keretbe foglalva a GE06 Megállapodást. Bemutatom a műsorszóró sávban üzemelő elsődleges szolgálatokat, elemzem a GE06 Megállapodáshoz tartozó terveket, kiemelem azokat a mérföldköveket, amelyek a magyarországi digitális műsorszórás elindulásához vezettek.

A **második fejezetben** összefoglalom az elektromágneses kompatibilitás vizsgálattal összefüggő fogalmakat, összefüggéseket. A GE06 Megállapodás részletes tanulmányozása kiterjed a hálózattervezés műszaki hátterére, valamint annak kutatására, hogy milyen kötelező vagy ajánlott hálózattervezési módszereket tartalmaz az adott szolgálatok zavartalan működésének biztosításához. A konklúzió alapján tovább kutatom, rendszerezem és összehasonlítom azokat a módszereket, amelyeket más szabályozási dokumentumokban javasolnak vagy műsorszóró megállapodásokban meghatároznak a kompatibilitás biztosításának kezelésére.

A **harmadik fejezetben** a GE06 analóg és digitális televízió tervekből, valamint az ITU¹⁶-hoz bejelentett egyéb elsődleges szolgálatok adatbázisából kiválasztom, és műszaki jellemzőik alapján elemzem azokat az elsődleges rádiószolgálatokat, amelyek zavartatás vizsgálatok szempontjából Magyarországot érinthetik. A második fejezetben feltárt kompatibilitási kritériumok között matematikai kapcsolatot keresek. Számításaim eredményeit felhasználva megvizsgálom az összefüggést a műsorszóró állomásokat jellemző ellátottsági terület és az azt befolyásoló kompatibilitási kritérium között. Analizálom, hogy az ismert kompatibilitási kritériumok alkalmazása milyen hatással lenne az átmeneti időszakban koordináció köteles digitális adók sugárzási lehetőségeire, hogyan befolyásolná a digitális műsorszórás bevezetését. Meghatározom az egyéb elsődleges szolgálatok védelmére javasolt GE06 védelmi paraméterek, valamint a Magyarországon végzett mérésekkel megállapított értékek alkalmazásának hatását a magyar digitális adók üzembe helyezésére. Analizálom a GE06 digitális tervet arra vonatkozóan, hogy milyen lehetőségeket biztosít a terv további bővítésére. Számításaim eredményeit táblázatban összefoglalva bemutatom, hogy a különböző kompatibilitási kritériumok milyen teljesítményű és ellátottsági sugarú új állomások tervezését teszik lehetővé.

Azokat az ábrákat és táblázatokat, amelyeknél a forrás nincs feltüntetve, a szerző készítette.

¹⁶ ITU: International Telecommunication Union; Nemzetközi Távközlési Egyesület

1. FEJEZET

AZ UHF TELEVÍZIÓ SÁVRA VONATKOZÓ FREKVENCIAFELHASZNÁLÁS SZABÁLYOZÁSA

A katonai alkalmazású komplex villamos rendszerek, vagy általánosabban a komplex villamos rendszerek jellemzője, hogy adott berendezés működését szolgáló, funkcionálisan összekapcsolt villamos alrendszerek alkotják. Az alrendszerek felosztására vonatkozóan nem egységes az irodalom. A kategóriákat és elnevezéseket többnyire az határozza meg, hogy milyen berendezésről van szó, illetve a vizsgálat a villamos rendszerek milyen széles területére terjed ki. Példaként említhetők az erősáramú, gyengeáramú és irányítástechnikai alrendszerre bontás [10], vagy a részletesebb energetikai, elektronikai, irányítástechnikai, hírközlő és informatikai alrendszerek kategóriák [11].

Polgári felhasználók figyelme elsősorban azokra a katonai alkalmazású komplex villamos rendszerekre, azon belül is alrendszerekre összpontosul, amelyek befolyásolhatják a polgári alkalmazású komplex villamos rendszerek működését, működtetését. A **645-862 MHz tartományban működő légi rádió navigációs szolgálat rádiós hírközlő alrendszerét** képező berendezések éppen ilyenek. Már az 1961-es stockholmi analóg televízió tervezői értekezleten (ST61¹⁷) [12] szembesülni kellett azzal a ténnyel, hogy a katonai alkalmazások zavarmentes működésének – valójában eltúlzott mértékű – biztosítása érdekében a televízió műsorszóró sáv egy jelentős része televíziózásra hosszú távon nem használható a volt Varsói Szerződés országaiban és további érintett szomszédos országokban.

A különös szigor – a titkosságon túl - többek között a rádiós hírközlő alrendszerek speciális működési zavarával magyarázható. A különböző rendeltetésű katonai villamos rendszerek feladatainak maradéktalan ellátása csak akkor lehetséges, ha minden alrendszer megfelelően működik. A nem megfelelő működés az alrendszerek funkciójától függően más és más módon jelentkezik. A rádiós hírközlő alrendszerrel például egy zavart rádiós csatornán érkező digitális jel vételekor nincs megfelelő információ annak eldöntésére, hogy a dekódolt jel valóban egyezik-e az eredeti jellel, és hogy a vételi oldalon minden valóban az eredeti szándék szerint működik-e. A rádiós rendszerek megfelelő működése magának az alrendszernek a fizikai működésével nem mérhető le, ezért sokszor tudatában sincs a felügyeletét végző személy, hogy éppen működési rendellenesség áll fenn. Ebből következően a megfelelő működési környezet biztosítása rendkívüli körülményt kíván.

A légi rádió navigációs eszközöknél a zavarmentes működés biztosításának szükségessége sem régen, sem most nem kérdőjelezhető meg, mert ez repülésbiztonsági kérdés. Felvetődő kérdés azonban, hogy a zavarmentesség biztosításának vajon csak a tiltás az egyetlen eszköze, vagy **megfelelően szabályozott feltételek teljesítésével az együttélés is lehetséges.**

A helyzet 1996-tól vált különösen kényessé a volt Varsói Szerződés tagállamaiban. A hagyományos analóg televízió és egyéb nem polgári szolgálatok mellett újabb szolgálatnak, a földfelszíni digitális televíziózásnak is helyet kellett biztosítani az – e nélkül is zsúfolt - UHF televízió sávban. Egyre nagyobb volt a szorítás a polgári felhasználók részéről, hogy - a

¹⁷ ST61: Stockholm Agreement and Plan, 1961; 1961. évi Stockholmi Analóg Műsorszóró Megállapodás és Terv

korábbi gyakorlattal szakítva - az indokoltnál nagyobb mértékben ne foglalják a közös használatú frekvenciasávot. A probléma kezelése az elmúlt több mint tíz évben folyamatosan napirenden van, melynek során jelentős eredmények születtek. A műsorszóró szolgálatok - mint a tárgyalt légi rádiónavigációs rendszerek lehetséges zavarforrásai - frekvencia-felhasználása azonban kisebb-nagyobb mértékben jelenleg is korlátozott.

Hazánkban a kérdés 2008-ban újra aktualitást kapott azzal, hogy megkezdődött a földfelszíni digitális televízió-hálózatok üzembe helyezése. A nyertes szolgáltató azzal a feltétellel nyerte el az öt digitális hálózat üzemeltetési jogosultságát, hogy legkésőbb 2015-ig az üzemelő analóg televízió állomások mellett a katonai szolgálatok zavarmentességét is biztosítani kell.

A potenciális zavarforrások¹⁸ egyben potenciálisan zavart szolgálatok is, melyek zavarmentes működése elvárt követelmény nézői, műsorszolgáltatói és hatósági oldalról egyaránt. Ennek vizsgálata szintén részét képezi az értekezésnek.

1.1 Rádiófrekvenciás szolgálatok zavarmentes együttélésének szabályozási keretei

A frekvencia-felhasználás szabályozása összetett és egymásra épülő rendszer, mely eljárási és műszaki kérdéseket egyaránt magában foglal. A szabályozás nemzetközi és hazai szervezetek összehangolt munkája révén kötelező vagy ajánlás szintű szabályozó dokumentumok figyelembe vételével valósul meg.

Az NHH¹⁹ 2006-ban kidolgozott spektrumstratégiájában kiemeli, hogy a frekvencia korlátos erőforrás, amelynek hazai felhasználását behatárolják a nemzetközi szabályozási és műszaki előírások, valamint megállapodások. Ennek alapján „*A frekvenciagazdálkodás egyik fő feladata a frekvencia felhasználás műszaki és eljárási harmonizációja, mivel ezek elsődlegesen meghatározzák a használat lehetőségeit. Feladatai ellátása során a hatóságnak figyelembe kell vennie a nemzetközi szakmai környezetet, politikájában tekintettel kell lennie a világ és Európa irányzataira és törekvéseire. A rádiótávközlés rohamos fejlődése következtében nélkülözhetetlen, hogy a rádiófrekvenciás spektrum nemzetközi szinten tervszerű, rendezett és hatékony módon kerüljön használatra.*”, „*A hatóság szorosan együttműködik a nemzetközi szervezetekkel, amelyek a frekvenciagazdálkodás eljárásait és a frekvenciahasználatot világ, régió és európai szinten, illetve két és többoldalú, országok közötti megállapodásokkal szabályozzák.*”²⁰ [7].

1.1.1 Szabályozó testületek

Marconi 1895-ös első sikeres rádióadása megnyitotta az utat a rádióhullámot mint közvetítő közeget használó szolgáltatások és eszközök alkalmazása előtt. Az egyre szélesebb körű felhasználás (pl. tengeri) rávilágított arra, hogy a frekvenciák szabályozatlan használata zavarokat okozhat a rádióadások vételében, ami akár katasztrófákhoz is vezethet. Szükségessé vált tehát a frekvencia-felhasználást mind nemzetközi, mind nemzeti szinten szabályozni [13].

¹⁸ Itt lásd. analóg és digitális televízió szolgálatok

¹⁹ NHH: National Communication Authority; Nemzeti Hírközlési Hatóság

²⁰ Spektrum stratégia, 15. oldal

A rádióspektrum világméretű felhasználását az Nemzetközi Távközlési Egyesület (ITU) szabályozza. Regionális szinten Európában az Európai Postai és Távközlési Igazgatások Konferenciája (CEPT²¹) foglalkozik a frekvencia-felhasználási kérdésekkel, és képviseli a regionális érdekeket az ITU világértekezletein. A szervezetek adminisztrációs feladatokat ellátó intézményei a Rádiótávközlési Iroda (BR²²) és az Európai Rádiótávközlési Hivatal (ERO²³). A katonai szakfeladatok harmonizálása, a szövetségi frekvenciaigények kielégítése, illetőleg a szövetségi frekvenciahasználat védelme céljából az Észak-Atlanti Szerződés Szervezete (NATO²⁴) Polgári-Katonai Frekvenciagazdálkodási Albizottsága (FMSC²⁵) dokumentumba foglalt állásfoglalásokat dolgoz ki, melyeket a CEPT, illetve az ITU munkacsoportjaiban, értekezletein képvisel. A Nemzetközi Polgári Repülési Szervezet (ICAO²⁶) keretein belül megkötött nemzetközi egyezmények, előírások szintén fontos részét képezik a nemzetközi szabályozásnak.

Az Európai Bizottság (EC²⁷) a spektrumpolitikával foglalkozó munkacsoportja (RSPG²⁸) támogatásával igyekszik befolyását növelni a rádióspektrum felhasználását illetően. Az Európai Műsorszolgáltatók Szövetsége (EBU²⁹) különböző munkacsoportokban dolgozza ki szakmai állásfoglalását a más szervezetek által hozzá intézett kérdésekben, illetve a tagországok által felvetett aktuális műsorszolgáltatást (ezen keresztül műsorszóró frekvenciákat) érintő technikai témákban. A szabványok kidolgozása tekintetében európai szempontból az Európai Távközlési Szabványosítási Intézeté (ETSI³⁰) a meghatározó szerep. Az ETSI szabványok és egyéb dokumentumok sokszor más szervezetekkel együttműködve, mint például az EBU-val és a CENELEC³¹-kel kerülnek kidolgozásra. A gyártók, ahol csak lehet, képviselik magukat, hogy saját érdekeik szerint befolyásolhassák a frekvenciahasználatot és a szabványok előírásait.

Mindezek a szervezetek azonban csak a keretet adják a működéshez, hiszen a tagjaik, elsősorban az igazgatások azok (a szabványosítási szervezetet kivéve), akiknek a kompromisszumos megállapodása biztosítja a nemzeti szabályozás alapját képező nemzetközi távközlési szabályok felállítását, egyezmények elfogadását. A nemzetközi szervezetek adminisztratív feladatait ellátó irodáinak nincs jogköre kötelező előírások meghozatalára, kivéve, ha erre az igazgatásoktól felhatalmazást kapnak.

²¹ CEPT: European Conference of Postal and Telecommunications Administrations; Postai és Távközlési Igazgatások Európai Értekezlete

²² RB: Radio Bureau; Rádiótávközlési Iroda

²³ ERO: European Radicommunication Office; Európai Rádiótávközlési Hivatal

²⁴ NATO: North Atlantic Treaty Organisation; Észak-Atlanti Szerződés Szervezete

²⁵ NATO FMSC: NATO Civil/Military Frequency Management Subcommittee; NATO Polgári Katonai Frekvenciagazdálkodási Albizottság

²⁶ ICAO: International Civil Aviation Organization ; Nemzetközi Polgári Repülési Szervezet

²⁷ EC: European Commission; Európai Bizottság

²⁸ RSPG: Radio Spectrum Policy Group; Európai Bizottság frekvenciagazdálkodási tanácsadó szervezete

²⁹ EBU: European Broadcasting Union; Európai Műsorszolgáltatók Szövetsége

³⁰ ETSI: European Telecommunication Standardization Institute; Európai Távközlési Szabványosítási Intézet

³¹ CENELEC: European Committee for Electrotechnical Standardization; Európai Elektronikai Szabványosítási Bizottság

Magyarországon a frekvenciagazdálkodás általános szabályait és a szabályozó testületek működésének jogi alapjait az Elektronikus Hírközlési Törvény (Eht.³²) tartalmazza.

Eszerint a szabályozó hatóság a Nemzeti Hírközlési Hatóság (NHH). A frekvenciagazdálkodás állami feladatait az NHH Hivatala látja el szoros együttműködésben a nem polgári célú frekvenciagazdálkodási feladatokat ellátó hatósággal, a Kormányzati Frekvenciagazdálkodási Hatósággal (KFGH³³), valamint más szervezetekkel (Gazdasági Versenyhivatal, fogyasztóvédelmi hatóság). [14]

A nem polgári célú frekvenciagazdálkodási hatóság szervezetét a 27/2004. (II. 26.) Korm. Rendelet³⁴ [15] határozza meg, mely többek között kiterjed a Kormányzati Frekvenciagazdálkodási Hatóság és Tanács feladat- és hatáskörére, és a nem polgári célú frekvenciagazdálkodás rendjére. A NATO a Nemzeti Rádiófrekvencia Hivatalon (NARFA³⁵) keresztül biztosítja a katonai felhasználási célú frekvenciákat.

Az 1996-ban kiadott Média törvény³⁶ értelmében az ORTT³⁷-nek is komoly jogköre van nemcsak médiapolitikai, hanem műsorszórást érintő frekvenciagazdálkodási kérdések befolyásolására is [16]. A jogalkotók felismerve ezt az anomáliát, a digitális műsorszórásra vonatkozóan már nem ruházták fel ilyen jogkörrel az ORTT-t.

1.1.2 Szabályozó dokumentumok

1.1.2.1 A sávfelhasználás nemzetközi szabályozása

1903-ban hívták össze az első rádió világerőkezesletet előkészítő konferenciát, majd 1906-ban Berlinben aláírták a frekvencia-felhasználás legelső elfogadott szabályait. A rádióspektrum használatának a szabályozása azóta is a Rádió Világerőkezesleteken (WRC) a résztvevő országok döntéseinek és határozatainak összefoglalásával, megállapodással jön létre [17].

A Rádió Világerőkezesletek záródokumentuma a Nemzetközi Rádiószabályzat (RR³⁸), ami a körülbelül három évenként megrendezett Rádió Világerőkezesleteken az aktuális felhasználási igényeknek megfelelően módosul, kiegészül [18][19]. Az RR-ben a rádióalkalmazások rádiószolgáltatokba vannak csoportosítva és frekvenciasávokba vannak rendezve, melyeket a felosztási táblázat tartalmaz. **Az egyes frekvenciasávokhoz egy vagy több rádiószolgálat is tartozhat**, melyek zavarmentes működését szabályozási és műszaki eszközökkel biztosítják. A szolgálat alapú frekvencia allokáció keretén belül **az igazgatások maguk egyeztetik a közös frekvenciasávban, illetve szomszédos sávokban üzemelő különböző rendszerek zavarmentes működését biztosító feltételeket**, sugárzási paramétereiket.

A rádiószolgáltatok közti interferenciák csökkentését szolgálja az egyes szolgáltatokhoz rendelt prioritás is. Valamely rádiószolgálat elsődleges, másodlagos vagy harmadlagos prioritással rendelkezhet. Zavar védelem szempontjából a magasabb prioritású szolgálat élvez előnyt. **Azonos prioritással rendelkező szolgálatok esetén az az alkalmazás rendelkezik**

³² Eht.: Az elektronikus hírközlésről szóló 2003. évi C. törvény

³³ KFGH: Governmental Frequency Management Authority; Kormányzati Frekvenciagazdálkodási Hatóság

³⁴ 279/2001. (XII. 23.) Korm. rendelet a nem polgári célú frekvenciagazdálkodásfeladatait ellátó hatóság szervezetéről, valamint a nem polgári célú frekvenciagazdálkodás rendjéről

³⁵ NARFA: National Radio Frequency Agency; Nemzeti Rádiófrekvencia Hivatal

³⁶ A rádiózásról és televíziózásról szóló 1996. évi I. törvény

³⁷ ORTT: National Radio and Television Commission; Országos Rádió és Televízió Testület

³⁸ RR: Radio Regulations; Nemzetközi Rádiószabályzat

elsőbbséggel a többivel szemben, amelynek a bejelentése korábban történt az ITU-hoz vagy a társigazgatáshoz.

A lábjegyzetekben egyes országok vagy országcsoportok az általánostól eltérő rádiótechnikai megoldásokra, felhasználásra kapnak lehetőséget, mely az országok közötti kompromisszumos megállapodások egyik realizálási lehetősége.

A rádiószolgálati felosztás sok frekvenciasávban a Föld egészére kiterjed, de vannak régióként eltérőek is az eltérő rádióhasználati igények és elvárások szerint. A Föld három régiója közül Magyarország az 1. régióhoz tartozik a többi európai országgal, Oroszországgal és még néhány afrikai és közel-keleti országgal együtt.

Az interferencia mentességet biztosító hatósági technikák serkenthetik azoknak az **új technológiai megoldásoknak** a kifejlesztését, melyek **kisebb hatást gyakorolnak az interferenciás környezetre**. Azt is lehetővé tehetik, hogy **a sávot már korábban elfoglaló szolgálat mellett ugyanabban a sávban kerülhessenek alkalmazásra úgy, hogy káros zavarást a már üzemelő szolgálat(ok)nak ne okozzanak** [17].

A rádiófrekvenciás felhasználás szabályozásának kiinduló és meghatározó dokumentuma az RR, mely pontosan rögzíti a frekvenciasávok felhasználási szabályait, előírja a szolgálatok zavarmentes működését. Az RR azonban nem tartalmaz műszaki előírást a rádiószolgálatok közötti zavartatási kritériumokra, azok kiküszöbölésére.

Az európai országok az ITU, illetve a CEPT tanulmányi csoportjainak munkáján alapuló dokumentumokat használják a frekvencia-felhasználás nemzeti szabályozásának kialakításához, melyek alapja a Nemzetközi Rádiószabályzat. Ezek a dokumentumok többnyire Ajánlások, melyeket az igazgatások szakértőiből álló bizottságok alkotnak. Az **Ajánlások elfogadása nem kötelező** az egyes országok számára, de alkalmazása esetén egymáshoz igazított harmonizált rádióhasználatok jöhetnek létre.

Az Európai Közösséget Létrehozó Szerződés³⁹ vonatkozó cikkelyei alapján a közösségi jog direkt vagy indirekt módon befolyásolja a rádiófrekvenciák használatát az EU-n belül. Az EU rendeleteket, határozatokat és irányelveket ad ki. A spektrum felhasználással kapcsolatban az irányelvek és határozatok a meghatározók, melyek fő jellemzője, hogy **konkrét műszaki előírásokat nem tartalmaznak**, főleg szabályozási kérdésekre koncentrálnak.

Az Európai Unióban a szabványok nem kötelezőek. A káros interferenciák elkerülése érdekében azonban fontos bizonyos szabványok vagy azok főbb előírásainak a figyelembe vétele. Ezért **a CEPT határozatokban írja elő egyes szabványok lényeges paramétereinek a használatát** [17]. A határozatokhoz csatlakozás nem kötelező, de csatlakozás esetén azok betartása kötelező. A digitális műsorszórással kapcsolatos ETSI szabványokat például az EU-tagországok nemzeti szabványügyi szervezetei nemzeti szabványokként honosítják.

1.1.2.2 A frekvencia-felhasználás hazai szabályozása

A magyar rádiótávközlési szabályozás alapvető és a rádiósávok összességére vonatkozó legmagasabb szintű dokumentuma a Frekvenciasávok Nemzeti Felosztási Táblázata

³⁹ Official Journal of the European Communities, C 325/33 Consolidated version of the Treaty Establishing the European Community)

(FNFT⁴⁰), ami kormányrendelet⁴¹ formájában jelent meg [20]. Az egyes sávok használatának részletes jogi szabályozását miniszteri rendeletek tartalmazzák külön a polgári (IHM⁴² rendelet⁴³) [21] és külön a nem polgári (HM⁴⁴) célú frekvencia-felhasználásra vonatkozóan [22]. A nemzetközi megállapodások a sávhasználatot szabályozó rendeleteken keresztül épülnek be a magyar jogrendbe.

Az FNFT a Nemzetközi Rádiószabályzathoz hasonló módon tartalmazza a Magyarországra érvényes frekvencia felosztást, valamint azt, hogy egy-egy sávban milyen rádiószolgálatok vannak polgári, kormányzati, továbbá közös polgári-kormányzati használatban. Az FNFT-ben a nemzetközi lábjegyzetek mellett nemzeti lábjegyzetek is találhatóak, melyek a konkrét magyarországi felhasználást, korlátozásokat írják elő.

A 35/2004. (XII. 28.) IHM rendelet tartalmazza a frekvenciasávokhoz rendelt rádióalkalmazásokat, az egyes frekvenciasávok általános felhasználási szabályait. A mellékletekben található a Rádióalkalmazási Táblázat (RAT⁴⁵), valamint a rádiórendszerekre vonatkozó, kötelező és részletes frekvenciagazdálkodási követelmények és jellemzők. Az előírások nemzetközi és hazai szabályozó és szabványosító szervezetek dokumentumaira való hivatkozással, speciális hazai frekvenciagazdálkodási követelmények és sávhasználati feltételek formájában fordulnak elő. A RAT felsorolja azokat a nemzeti és európai szabványokat, amelyek alkalmazása nem kötelező, azonban útmutatást adnak az alkalmazható rádióberendezések és rádiórendszerek műszaki jellemzőiről. A RAT nem határoz meg új felhasználási szabályokat, csupán kiegészítése az FNFT-nek a szabályok könnyebb és egyértelmű értelmezéséhez.

A tárgyalt dokumentumok az RR-hez hasonlóan nem tartalmazzak műszaki előírást a rádiószolgálatok közötti zavartatási kritériumokra, azok kiküszöbölésére.

Magyarországon a szabványra vonatkozó szabályozás jelenlegi rendszere a 2001. évi CXII. törvény (Nszt.) [23] hatályba lépésével alakult ki, mely megszüntette a kötelező szabvány kibocsátásának lehetőségét. Bár a szabványok nem kötelezőek, a digitális átállással összefüggően például „alapvető igazodási pontokat jelentenek”⁴⁶ [23].

Az NHH a szabványosításban is jelentős szerepet játszhat. **A hatóságnak ugyanis lehetősége van egyedi kötelezettségek széles körének megállapítására** a szolgáltatókkal szemben a Keretirányelv [25] 17. cikk (4) bekezdése alapján [23]. **Ily módon keletkeznek a műsorszórás területén jellegzetes műszaki előírások és tervezési követelmények.** Ez utóbbiban foglaltak **betartása kötelező.** A dokumentumokban a konkrét műszaki részletek leírásánál pontos utalás van az adott specifikus szolgálatra vonatkozó ITU, CEPT vagy egyéb nemzetközi műszaki szabályozó dokumentumra.

Magyarországon vonatkozó törvények, kormány és miniszteri rendeletek, határozatok, valamint a hatóságok által meghatározott irányelvek és követelmények képezik a

⁴⁰ FNFT: National Frequency Allocation Table; Frekvenciasávok Nemzeti Felosztási Táblázata

⁴¹ A Kormány 346/2004. (XII. 22.) Korm. rendelete a frekvenciasávok nemzeti felosztásának megállapításáról

⁴² IHM: Ministry of Informatics and Communication; Informatikai és Hírközlési Minisztérium

⁴³ Informatikai és hírközlési miniszter 35/2004. (XII. 28.) IHM rendelete a frekvenciasávok felhasználási szabályainak megállapításáról.

⁴⁴ 29/2005. (VII. 27.) HM r. A nem polgári célú frekvenciagazdálkodás egyes hatósági eljárásairól és a nem polgári célú frekvenciasávok felhasználási szabályairól

⁴⁵ RAT: Table of Radio applications; Rádióalkalmazási Táblázat

⁴⁶ A Digitális Átállás Stratégiája (A)DÁS - a konzultációs észrevételek alapján véglegesített cél-, eszköz és feltételrendszer a 2007-2012-es időszakra - Budapest, 2007. február, 39. oldal.

frekvencia-felhasználás szabályozásának eszközeit a nemzetközi szabályozás rendszeréből kiindulva a magyarországi célok és érdekek figyelembe vételével.

1.1.2.3 Nemzetközi külön megállapodások

Az RR a frekvencia sávok általános felhasználási szabályait tartalmazza, de nem rendelkezik a frekvenciák konkrét kiosztásával. Ehhez a két- vagy többoldalú nemzetközi megállapodások biztosítják a keretet. Ilyen többoldalú egyezmények írják elő például, hogy milyen esetben kell a szomszédos országoknak egymással egyeztetni a rádióhasználatot. Kétoldalú egyezmények létrejöhetnek a nemzetközi megállapodások kiterjesztéseként, például attól enyhébb vagy szigorúbb előírások elfogadásával, illetve más frekvenciahasználattal összefüggő kérdésben, ha az más országok frekvenciahasználatát nem befolyásolja. Magyarország hét országgal szomszédos, de egyes szolgálatoknál egyeztetési kötelezettség szempontjából további három is annak tekinthető. Az, hogy az országhatártól milyen távolságon belül kell koordinációt végezni, függ az adott rádióalkalmazástól és a frekvenciasávától. **Magyarország esetében számos rádióalkalmazásnál, de különösen a műsorszóró és műsorszóró sávban üzemelő egyéb alkalmazásoknál az országnak nincs olyan pontja, ahol valamely szomszédos országgal ne kellene egyeztetni. Két- vagy többoldalú egyezmények lehetőséget biztosíthatnak a káros zavarás elkerülését szolgáló műszaki kritériumok elfogadására és kötelező alkalmazására.**

1.2 Az UHF műsorszóró sáv sávhasználati szabályai

1.2.1 A Nemzetközi Rádiószabályzatban

A Nemzetközi Rádiószabályzat az ITU 1. régiója számára már az ötvenes évektől három összefüggő, egymástól elkülönülő sávban teszi lehetővé elsődleges prioritással⁴⁷ a földfelszíni televízió műsorszórást, melyből az első kettőt röviden VHF⁴⁸, a harmadikat UHF televíziós sávnak nevezik. Az UHF televíziós sáv a 470-862 MHz frekvencia tartományt foglalja magában. Az RR a sávhasználatot nem köti technológiához, így ez a sáv rész ma már analóg és digitális televíziózásra egyaránt használható.

Az RR a megfelelő lábjegyzetekben foglalt területi és egyéb feltételekkel további szolgálatok, mint állandóhelyű, mozgó, **légi rádió navigációs**, műholdas műsorszóró szolgálatok működését is engedélyezi szintén elsődleges jelleggel a sávon belüli meghatározott sávrészekben. Ezeknek a szolgálatoknak az összefoglaló neve egyéb szolgálatok (OS⁴⁹) a - sávfelhasználást alapvetően meghatározó - műsorszórástól eltérő szolgálatokra utalva. Másodlagos prioritással⁵⁰ - mint rádiócsillagászat, helymeghatározó rádióberendezések, földi mozgó szolgálatok (SAP⁵¹/SAB⁵²), stb. - valamint harmadlagos prioritással - mint

⁴⁷ RR 5.23-5.33 cikkelyek

⁴⁸ VHF: Very High Frequency; Nagyon nagy frekvencia

⁴⁹ OS: Other Services; Egyéb szolgálatok

⁵⁰ RR 5.23-5.33 cikkelyek

⁵¹ SAP: Services Ancillary to Programme-making; Műsorkészítéshez kapcsolódó kiegészítő szolgáltatások

⁵² SAB: Service Ancillary to Broadcasting; Műsorszolgáltatáshoz kapcsolódó kiegészítő szolgáltatások

rádiómikrofonok -, további szolgálatok működése is engedélyezett, melyek azonban védelmet nem igényelhetnek az elsődleges szolgálatokkal szemben, és zavart sem okozhatnak nekik.

1995 előtt a Nemzetközi Rádiószabályzat 694. sz. lábjegyzete szerint a Varsói Szerződés (VSz⁵³) országai számára a 645-862 MHz frekvenciasávot megengedett jelleggel a légi rádió navigáció számára is kiosztották. Ez a felosztás a WRC95 után automatikusan elsődleges jellegűvé vált az S5.132 lábjegyzetben foglaltaknak megfelelően. A lábjegyzetben felsorolt országok korábban valamennyien a VSz tagállamai voltak, és nyilvánvaló, hogy a sávban nem polgári eszközök számára biztosítottak védelmet [26].

A Nemzetközi Rádiószabályzat lehetővé teszi a 790-862 MHz sávban állandó helyű szolgálatok üzemeltetését is. Magyarországon ilyen szolgálatok nincsenek allokálva, de szomszédos országokban erre is találunk példát.

A WRC07 döntése értelmében a 790-862 MHz sáv rész 2015-től (sőt külön lábjegyzetben foglalt országokban korábban is) mobil szolgálatokra is felhasználható⁵⁴[27] [28].

1.2.2 A hazai Frekvenciasávok Nemzeti Felosztási Táblázatában

Magyarországon a vizsgált sáv részben a különböző szolgálatok az RR-en alapuló FNFT szerint üzemelhetnek. Az UHF műsorszóró sáv elsődlegesen használható műsorszórásra, ami a televíziózást foglalja magában. A 90-es évek közepéig azonban a sáv műsorszórási célú felhasználása korlátozott volt. A 790-862 MHz sáv részét egyáltalán nem lehetett műsorszórásra használni, és a 645-790 MHz sávban is jelentős korlátozások voltak.

A digitális műsorszórás elősegítésének hazai megnyilvánulása már 1997-ben, az FNFT módosításában megjelent. Az analóg műsorszórásra addig nem használt 790-862 MHz sáv rész „digitális műsorszórásra tervezett” státuszt kapott, és csak különleges esetekre engedélyezték az analóg frekvenciák kijelölését ebben a sáv részben. Az FNFT ezt követő módosításai tovább bővítették a digitális használatra vonatkozó lehetőségeket, míg végül a 2007. évi kiegészítés már a teljes UHF sávra biztosítja a frekvenciakijelölést⁵⁵ digitális televízió műsorszóráshoz, miközben az analóg műsorszórásra új frekvenciakijelölés csak a földfelszíni digitális műsorszórás bevezetését szolgáló frekvenciacsere céljából adható ki.

Magyarországon a nem polgári célú légi rádió navigáció szolgálat részére a frekvenciakiosztást⁵⁶ szintén az aktuális Frekvenciák Nemzeti Felosztási Táblázata tartalmazza. A 90-es évek elején a 49 UHF sávi TV csatornából 18-t nem lehetett Magyarországon televíziózásra használni. Mára a helyzet sokat változott az érintett szomszédos országokhoz hasonlóan. A jelenleg érvényben lévő FNFT-nek [20] a H112-es lábjegyzete szerint:

⁵³ VSZ: Warsaw Pact; Varsói Szerződés

⁵⁴ The provisions of Resolution 224 (Rev.WRC-07) and Resolution 749 [COM4/13] (WRC-07), S5.316B

⁵⁵ Adóállomások, melyeket a sugárzási és földrajzi paramétereik határoznak meg.

⁵⁶ Egy adott frekvenciának - itt műsorszóró - tervebe való beírása abból a célból, hogy azt az illetékes igazgatás rádiótávközlési szolgálata számára felhasználja.

„A 734–758 MHz, 798–814 MHz, 830–846 MHz, 862–864,1 MHz, 869–873 MHz, 878–880 MHz, 914–919 MHz és a 921–935 MHz sávokban a nem polgári célú légi rádió navigáció szolgálat keretében elsődleges jelleggel felismerő, valamint földi telepítésű és légi jármű-fedélzeti rádió navigációs eszközök részére jelölhető ki frekvencia. Ezek az eszközök várhatóan 2015-ig üzemelhetnek. Újabb berendezésekkel létesített állomás részére frekvenciakijelölés nem adható ki.”⁵⁷

A sávban a rádiócsillagászat másodlagos jelleggel megengedett, de lényegében ilyen felhasználás Magyarországon nincs. A sáv rész egy jelentős részében állandó helyű szolgálat keretében másodlagos jelleggel, területi korlátozással rádió- és televízió-hírvagy (SAP/SAB) átvitelére szolgáló változó telephelyű kisteljesítményű adóállomások részére is kijelölhető frekvencia (H110, H111). Magyarországon jelenleg kevés olyan esemény van, mint például a Forma 1 vagy az úszó EB, melyet nagyszámú televíziós társaság szeretne közvetíteni. Évente 1-2 olyan alkalom van, amikor nagyon sok kérelem érkezik, területileg nagyon kis helyre koncentrálva SAP/SAB, illetve SRD⁵⁸ típusú (egyedi engedélyhez kötött) eszközök engedélyeztetésére.

A sávban megengedett másodlagos, illetve harmadlagos szolgálatok szintén lehetséges zavarforrások a katonai légi rádió navigációs rendszereknek. Kis teljesítmény- és sávigényűk, valamint többnyire időben és földrajzilag korlátozott felhasználási igényük miatt a közös sávhasználat, szigorúbb összeférhetőségi kritériumok sem okoznak komoly működési problémát. Ezeknek a szolgálatoknak a további vizsgálata nem tárgya az értekezésnek. A sávra vonatkozó FNFT előírást az **1. melléklet** tartalmazza.

1.3 A 470-862 MHz sáv részben üzemelő elsődleges műsorszóró és katonai szolgálatok működési feltételeinek áttekintése

1.3.1 Az első európai UHF sávi műsorszóró értekezlet

A televíziózás hosszú utat járt be a kezdetektől a digitális televíziózás bevezetéséig mind nemzetközi, mind hazai vonatkozásban [29]. Az első televízióadás után (Berlin, 1935) számos nemzeti televíziós szabványt fejlesztettek, melynek eredményeként 1952-ben megszületett a “modern” televízió. A televízióadások nézőkhöz való eljuttatásának akkori egyetlen módja a földfelszíni sugárzás volt, melyhez frekvenciákat kellett biztosítani. Az UHF sávra fejlesztett analóg televízió rendszerek Európában egységes 8 MHz-es csatornát foglaltak/foglalnak el.

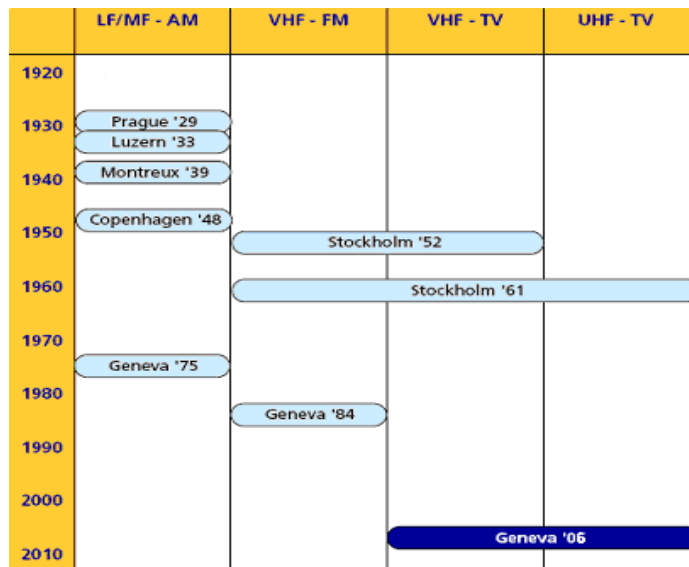
Az 1920-as években üzembe helyezett első hosszú-, illetve középhullámú rádió műsorszóró állomások számának növekedésével megjelenő vételi zavarok rávilágítottak arra, hogy a műsorszórásban elengedhetetlen az országok közötti frekvenciaegyeztetés. A műsorszórás jellegzetessége, hogy a műsorszórásra kijelölt sávokban a frekvenciák szétosztására tervező értekezletet hívnak össze és a spektrumhoz való egyenlő hozzáférés elve alapján műsorszóró tervet készítenek és fogadnak el.

Tervező értekezleten dolgozzák ki a tervbővítés eljárási és műszaki szabályait, mely alapján levelezés útján egyeztetik további igényeiket. Az eljárási szabályok tartalmazhatják azokat a kötelező vagy csak ajánlott kompatibilitási kritériumokat, amelyek teljesüléséhez kötik a

⁵⁷ 346/2004. (XII. 22.) Korm. Rendelet, 5. melléklet, 17. oldal.

⁵⁸ SRD: Short Range Devices; Kis hatótávolságú eszközök

javasolt módosítást vagy új adó elfogadását. A tervek és megállapodások közös jellemzője az, hogy a tervben szereplő frekvencia pozíciók időkorlát nélkül állnak az országok rendelkezésére. Függetlenül tehát attól, hogy a nemzeti stratégiának megfelelően mikor helyezik üzembe az adókat, a terv életbelépésétől kezdve teljes védelmet élveznek. A nemzetközi műsorszóró megállapodások jellegzetessége, hogy lehetővé teszik a megadott kritériumnál enyhébb vagy szigorúbb szabályok alkalmazását az érintett igazgatások között két- vagy többoldalú megállapodásaikba foglalt feltételek szerint [31].



Forrás: EBU Technical review- 2002 április, J. DOVEN

1. ábra. Az ITU 1. régiójára vonatkozó eddigi műsorszóró egyezmények

Ezen elvek és célok érdekében rendezték meg 1952-ben a VHF, 1961-ben az UHF sávra vonatkozó analóg televízió tervezői értekezletet Stockholmban (**1. ábra**) a főleg európai országokat felölelő ITU 1. régióját érintően (ST52 és ST61).

Az ST61 Egyezmény kb. 2-3 országos analóg televízió-hálózathoz biztosított frekvenciát országonként az UHF sávban. Az elfogadott koordinációs eljárás alapján lehetőség volt a terv módosítására vagy új frekvenciák hozzáadására (sikeres nemzetközi koordinációt követően).

Az ST61 műsorszóró értekezleten az UHF televízió sávban egyéb szolgáltatásokat üzemeltetők is képviselték érdekeiket. A NATO ellensúlyozására 1955-ben a Szovjetunió javaslatára létrejött Varsói Szerződés tagországai egységes álláspontot képviseltek rendszereik védelmére.

A hatalmi viszonyokat, valamint a többi ország gazdasági és addigi fegyverkezési színvonalát figyelembe véve nem volt meglepő, hogy szovjet fejlesztésű katonai eszközökkel szerelték fel a tagországokat is. Ez alól nem voltak kivételek a katonai alkalmazású légi rádió navigációs eszközök sem. A 645-862 MHz-es tartományban öt különböző légi rádió navigáció szolgálatra fejlesztettek és állítottak üzembe eszközöket [32] [37].

A saját - és a volt szövetséges – katonai repülőeszközök légvédelmi célú felismerését (azonosítását) a titkos szovjet katonai szabványoknak megfelelő KREMNYIJ-2M rendszer földi kérdező radarjai (NRZ) és repülőgép fedélzeti válaszadói (SZRO), illetve az elfogó vadászrepülőgépek kérdező válaszadói (SZRZO) biztosítják [38]. A repülőgépek saját-idegen felismerő (IFF) rendszerei a 44-46. TV csatornákat (f_1) foglalják el (**2-3. ábra**). A saját repülőgép felismeréséhez a földi kezelő személyzet kérdező jelek sugárzását kezdeményezi,

amelyet a fedélzeti vevő (SZRO vagy SZRZO) vesz, és válasz impulzusokat sugároz. A földi vevőkkel veszik a jeleket, dekódolják, melynek alapján eldönthető, hogy barát vagy idegen egységtől érkezik-e a jel. A fedélzeten elhelyezett SZRZO, az NRZ-hez hasonlóan szintén tud kérdező jeleket küldeni, és a válaszokat kiértékelni saját fedélzeti egysége számára [39].

A vadászpilóták rávezetését és a repülőter körzeti irányítását a szekunder rádiolokációs rendszer segíti. Aktív üzemmódban a fedélzeti válaszadó válaszjeleit a repülőter diszpécser lokátorok (RSZP-10) kérdőkódjai és a felderítő lokátorok (P-37) térletapogató impulzusai váltják ki, melyeket a radarok aktív válasz vevői vesznek [38]. A válaszadók a 730-750 MHz sávot (54-56. TV csatornákat) (f_3) használják. Az aktív válaszadó rendszer célja a kereső radarok képességeinek növelése. A fedélzeti válasz három diszkrét frekvencia valamelyikén sugározható ki (730/740/750 MHz). A földi kereső radar frekvenciája (f_5) jelentősen különbözhet a fedélzeti válaszadó frekvenciájától [39] [40].

Az RSzBN segítségével a hatótávolságon belüli repülőgépek meghatározhatják térbeli helyzetüket a földi egységhez képest. A közelnavigációs rendszerek közül a szovjet típusú RSzBN rendszer működik a műsorszóró sávban [41], melynek távolság meghatározó alrendszeréhez a 770-812.8 MHz (f_4) sávban osztották ki a frekvenciákat 4 MHz-ként. A 4 különböző kód 10 különböző frekvencián sugározható [41]. A Varsói Szerződés tagállamai részére ezen belül egy frekvenciatablázat szerinti kiosztás jött létre. Ezek a csatornák országanként nem változtathatók meg önkényesen. Magyarország számára a 800-808 MHz-es sávot osztották ki, melyek a 62-63 TV csatornákat érintik [39].

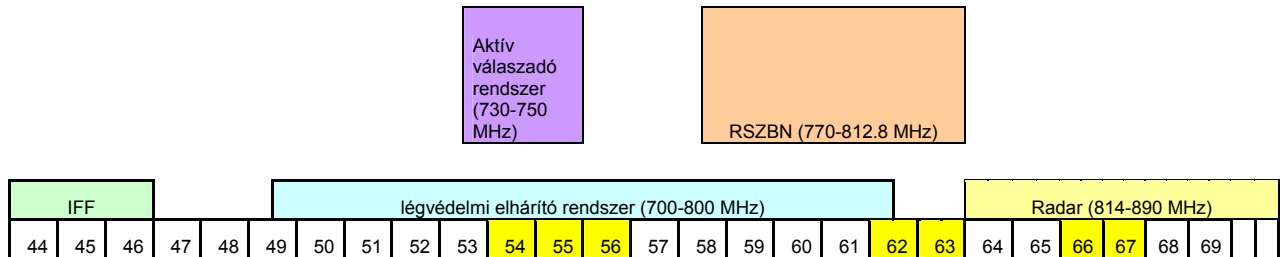
A légvédelmi rádiolokátorok sok fajtája lett rendszerbe állítva (például P-15, P-19, RSZP-7, RSZP-10, KASZTA). A működési sávon belül a passzív üzemmódu földi radarok és az aktív üzemmódu radarok fedélzeti vevői (SZO-69) a 814-890 MHz sávot foglalják el (f_5) [38], melyen belül lehetőség van frekvenciaváltásra. Békeidőben erre ritkán van szükség. A rádiolokátorok országos hálózatot alkotnak. Zavarvédeltségi képességük alacsony [39] [40] [43]. „...RSZP-10-MN típusú szekunder radarok alkalmasak lennének a szovjet, illetve a KGST szabványoknak megfelelően, a repülőeszközök egyedi azonosító kód és repülési magasság szerinti követésére, azonban a megfelelő fedélzeti válaszadók (SZO-69) hiányában ezek lehetőségei kihasználhatatlanok”⁵⁹ [38].

A légvédelmi elhárító rendszerek a 700-800 MHz (Magyarországon az 52, 54, 55, 57 és 60-as TV csatornákat) (f_2) sávot foglalják. Légvédelmi rakétarendszereknél kereső és célkövető radarok segítségével (f_5) számítógép határozza meg az irányt és az elevációs szöveget a légvédelmi rakéta tüzelő rendszere számára. Mivel nagyon sokféle légvédelmi rakétarendszer állítható üzembe különböző távolságokban egymástól, az egymás zavarásának elkerülése céljából a szomszédos légvédelmi rakétarendszerekhez különböző frekvenciákat rendeltek. Üzem közben nem a teljes sáv, hanem néhány frekvencia használatos [39].

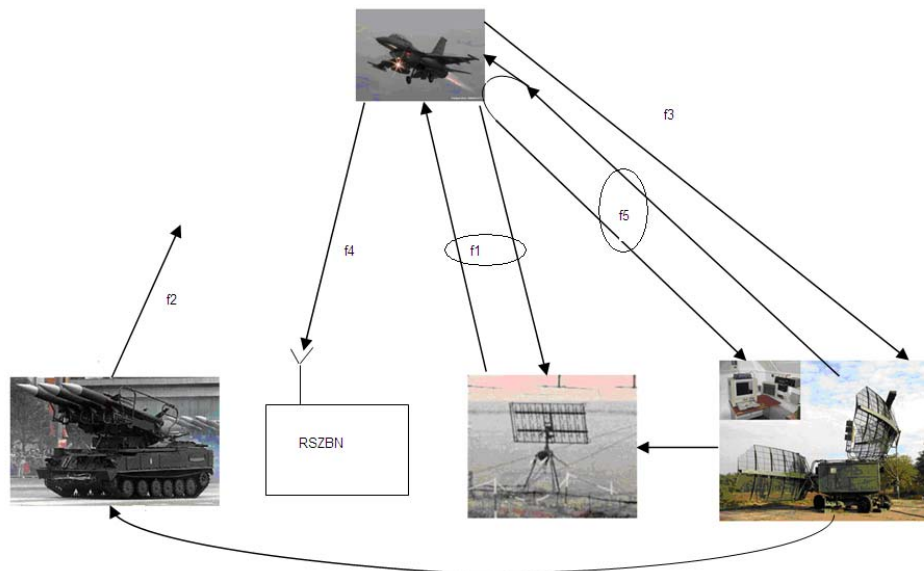
Annak ellenére, hogy az UHF műsorszóró sávban a VSz országai csak megengedett jelleggel használhatták a műsorszóró frekvenciákat, az ST61 Tervezői Értekezleten elért eredményekkel, még ha hallgatólagosan is, de sikerült a katonai rendszereik teljes védelmét biztosítani.

⁵⁹ Seres György: A Magyar Köztársaság légterének biztonsági kérdései, <http://drseres.com/publik/pdf/bhkk.pdf>, 3. oldal

A VSz országai az ST61 Tervben eleve nem kértek vagy nem kaptak frekvenciakiosztást a 790-862 MHz sáv részben a katonai felhasználás miatt. Biztosították továbbá, hogy a 645-862 MHz sávba eső műsorszórási frekvenciákat a nem VSz országok is 1000 km sugarú körön belül koordinálják a VSz országaival [12].



2. ábra. Katonai berendezések által használható frekvenciasávok a TV csatornákkal összevetve (forrás:[39])



3. ábra. Légi rádió navigációs szolgálatok az UHF műsorszórási sávban (képek forrása: <http://www.hmarzenal.hu>, <http://www.radartutorial.eu/19.kartei>)

1.3.2 45 év a digitális tervezői értekezletig

Az értekezletet követően a fejlesztések tovább folytatódtak a televíziózásban. Az egységes európai fekete-fehér televízió szabvány alkalmazása, a képminőség javítása, a színes televíziózás, a teletext bevezetése egy-egy újabb mérföldkövet jelentett [29]. Mindezek azonban nem érintették a frekvencia-felhasználást. A Stockholmban kiosztott frekvenciák évtizedeken keresztül elegendőnek bizonyultak. A 90-es évekig a szocialista országokban jellemzően két országos hálózat működött. Helyi, illetve kereskedelmi televíziózásra nem volt lehetőség. A helyi televíziózás Magyarországon 1994-ben kezdődhetett el, melyekhez a frekvenciák biztosítása kis teljesítményigényük miatt nem jelentett különösebb problémát.

A magyarországi frekvenciamoratórium 1996-os feloldását követően egy harmadik országos hálózat megpályáztatása és kiépítése lett a cél. A VSz felbomlása, valamint a kereskedelmi televíziózás iránti robbanásszerű igény hatására megkezdődtek a 645-862 MHz-es sáv

hatékonyabb felhasználására irányuló kezdeti hazai lépések. A légvédelmi rakétarendszerrel kapcsolatos műszaki adatok ugyan titkosak voltak, de a 90-es évek végétől megfigyelhető volt, hogy az országok nagy része a sáv bizonyos, vagy békeidőben akár a teljes részét átengedte más szolgáltatóknak (műsorszórásnak). A feltétel annyi, hogy távkapcsolókkal kell felszerelni a televízióadókat, melyek szükség esetén egy központi helyről azonnal lekapcsolhatók. Magyarország ez utóbbi megoldást alkalmaz(t)za. Ez lehetővé tette egy harmadik hálózat részbeni megvalósítását. Egy „salamoni” döntés eredményeként a második hálózatból is vettek el frekvenciákat, így 1997 végén elindulhatott a két kereskedelmi hálózat kb. 85-85 %-os lakossági ellátottsággal [44].

Míg Magyarországon az analóg hálózatfejlesztések folytak, a világ a digitális televíziózás megteremtésén dolgozott. A hangrögzítés, a képrögzítés, a távbeszélés digitalizációját követően a digitális forradalom a 90-es évek közepére érte el a televízió műsorszórást. Az MPEG-2 képtömörítési eljárásnak köszönhetően megvalósulhatott az analóg televízió csatorna sávjában több digitális televízió program, egyéb adatok és szolgáltatások átvitele. 1995-ben el is kezdődtek az első digitális műholdas és kábeles adások, melyeket három évvel később, 1998 novemberében a földfelszíni digitális televíziózás is követett. A földfelszíni televíziózásban Európa mindegyik országa a DVB-T szabványt választotta, de Ázsiában, Afrikában és az amerikai földrészen is alkalmazott ez a technológia. Az USA az ATSC⁶⁰, Japán az ISDB⁶¹, Kína a DMB-T/H⁶² szabványt fejlesztette ki, melyeket néhány más ország is alkalmaz [18] [29] [30].

Bár digitális műsorszóró értekezletet nem rendeztek, ennek ellenére a Chester'97 (CH97⁶³) Megállapodást [45] aláíró 32 CEPT tagországnak már 1997-től lehetősége volt frekvenciák koordinálására digitális televízióadói számára. A megállapodás egyben visszavonhatatlan elkötelezettséget is jelentett a DVB-T műsorszóró szabvány választása mellett. A 470-862 MHz sávot is felölelő műszaki kritériumokat és koordinációs elveket rögzítő megállapodás analóg környezetben teremtette meg a digitális televíziózást. Digitális frekvenciatervet azonban nem tartalmazott. A megállapodáshoz tartozó műszaki melléklet biztosította a csatlakozó európai országok számára, hogy egységes elvek és paraméterek alapján tervezzék meg digitális televízió-hálózataikat és a 4. Cikkelyében leírt koordinációs eljárás sikeres lefolytatása révén biztosítsanak új DVB-T csatornákat, illetve módosítsák meglévő digitális állomásaik paramétereit [46]⁶⁴.

Már az értekezlet előkészítése során felmerült a légi rádió navigációs katonai eszközök számára foglalt frekvenciák kérdése. Ennek hatására az érintett országok már a CH97 Megállapodásban kötelezettséget vállaltak a televízió állomások nemzetközi koordinációs kérelmeinek kompatibilitási számításra alapuló elbírálására. Ez merőben új szemléletet hozott az országok közötti koordinációs eljárásokban. A megállapodás tartalmazta azokat az eljárási szabályokat és műszaki kritériumokat - még ha hiányosan is -, melyeket a katonai

⁶⁰ ATSC: Advanced Television Systems Committee; Fejlett Televízió Tanács (USA)

⁶¹ ISDB: Integrated Service Digital Broadcast; Integrált szolgáltatású digitális műsorszórás

⁶² DMB-T/H: Digital Multimedia Broadcasting Terrestrial/Handheld; Hordozható digitális multimédia műsorszórás

⁶³ CH97: The Chester 1997 Multilateral Coordination Agreement, Chester, 25 July 1997; 1997. évi Chesteri Többoldalú Koordinációs Megállapodás, 1997. július 25

⁶⁴ 358-361. oldal

berendezéseket is magába foglaló egyéb elsődleges szolgálatok berendezéseinek védelme érdekében alkalmazni kellett. A megállapodás aláírásakor azonban kevés információ állt rendelkezésre a katonai eszközök védelmi követelményeivel kapcsolatban. Ezért olyan nem véglegesnek tekinthető műszaki paraméterek (védendő térerősség, védelmi értékek) kerültek be a megállapodásba, melyek felülvizsgálatára, pontosítására, illetve kiegészítésére vonatkozóan a CH97 Megállapodás 3. Határozata adott iránymutatást. Az interferencia szintek meghatározásának módszerére és az inkompatibilitás kritériumára vonatkozóan szintén további vizsgálatokat írt elő a 3. Határozat.

Az értekezlet előkészítésében és az értekezleten Magyarország mind polgári (akkori HÍF), mind kormányzati (KFGH) frekvenciagazdálkodó szakemberei részt vettek. Mindez lökést adott ahhoz, hogy a hazai katonai frekvencia-felhasználást felülvizsgálják, és hatékony felhasználását megvalósítsák. 1996-ban a KFGH keretein belül végzett vizsgálatok rámutattak [41], hogy a rendszerváltás előtti évtizedekben Magyarországra került, alapvetően szovjet eredetű haditechnikai eszközök az egyre szűkösebbé váló frekvencia vagyonnal igen pazarlóan bánnak, de működési feltételeiket kivonásukig így is biztosítani kell. Igen fontos megállapításnak tekinthető, miszerint az 1996-os rádiózásról és televíziózásról szóló törvény [16] következményeként a polgári kereskedelmi és közszolgálati médiák fokozódó igényeiből adódó robbanásszerű frekvenciaigény csak úgy biztosítható a haditechnikai eszközök számára, ha a NATO Egyesített Frekvencia Egyezménynek megfelelő haditechnikára való átállásig csupán garantált működésükhöz fizikailag elengedhetetlenül szükséges frekvenciatartomány kerül biztosításra. Az azonban sejtethető volt, hogy az ország teljesítő képességének függvényében igen elhúzódó folyamatra lehet számítani.

A CH97 Megállapodásba bekerült, közelítő számításokon alapuló adatok pontosítása, részben a katonai rendszerek korábban titkosan kezelt műszaki adatainak a megismerésével, másrészt mérésekkel volt elérhető. Ezen feladat megoldása mélyreható elméleti vizsgálatokat és gyakorlati méréseket igényelt. Ezen a területen Magyarország úttörő szerepet vállalt [47]. 1997 és 1999 között a műsorszóró sávban üzemelő összes haditechnikai eszköz és analóg, valamint digitális televízió szolgálatok közötti kompatibilitási mérés elvégzésére sor került a haditechnikai eszközök védelmét biztosító együttes működés feltételeinek megállapítására. A mérésekkel a szükséges védelmi értékek meghatározásra kerültek, ezáltal a katonai eszközök reális védelme biztosíthatóvá vált. A mérési eredmények alapján az ún. kizárótávolság⁶⁵ figyelembe vételével olyan televíziós csatornákon és földrajzi területeken nyílt meg a lehetőség televízióadók, elsősorban digitális televízióadók üzembe helyezésére, amelyek korábban „tiltott” frekvenciák voltak. Mindez jótékony hatással volt Magyarországra és a környező országokra is. Az RSZBN rendszerre vonatkozóan Lengyelországban, valamint nemzetközi szakértő csapat részvételével ismét Magyarországon további mérések is történtek (6. melléklet). A mérések nem terjedtek ki a műsorszóró szolgálatok védelméhez szükséges paraméterek megállapítására. A mérési eredmények alapján, azok gyakorlati alkalmazásával a magyarországi katonai berendezések által elfoglalt sáv jelentősen csökkent. Az eredmények nemzetközi elfogadtatásában is igen jelentős eredmények születtek.

A hatékony frekvencia-felhasználás gyakorlati alkalmazása mellett egyéb folyamatok is segítették a műsorszóró frekvenciák felszabadítását. A volt Varsói Szerződés országai ugyanis

⁶⁵ Kizárótávolság az a minimális távolság, aminek a védett és zavaró állomás között kell lenni, hogy a potenciális zavaró adó a védett állomásnak zavart ne okozzon.

mind a szovjet típusú IFF saját idegen felismerő rendszert használták pontosan egyforma paraméterekkel, ezért nem volt alkalmas az országok egyedi megkülönböztetésére [38]. A Varsói szerződés felbomlásával, majd néhány ország NATO-hoz való csatlakozásával ez tarthatatlanná vált. A NATO-hoz csatlakozó országok áttértek a NATO kompatibilis barát-idegen felismerő rendszerek használatára, ami a 44-46. TV csatornák felszabadulásával járt. A környező országok közül ma már csak Ukrajna használja, melynek védelmét továbbra is biztosítani kell.

Újabb lehetőségek nyíltak meg a volt VSz országokban a televízió-hálózatok fejlesztésére. A digitális műsorszórás sok előnyös tulajdonságait felismerve azonban már nem az analóg hálózatok fejlesztése lett a fő cél. Sok ország kifejezetten le is állította további analóg frekvenciák kiadását. Helyette a digitális műsorszórás felé nyitották meg az utat, hiszen a spektrumfelhasználás hatékonyságán túl további előnyökkel is rendelkezik. Ezeket az előnyöket a nézők, műsorszolgáltatók, a gazdasági élet egyéb szereplői élvezhetik.

Ennek a folyamatnak a részeként 1997-ben Magyarország csatlakozott a CH97 Megállapodáshoz, mely egyben a DVB-T szabvány melletti elkötelezettséget is jelentette. Ez volt az első magyarországi lépés a televíziózás digitalizálásához. 1999-ben az ORTT felkérte az akkori Hírközlési Főfelügyeletet 3 DVB-T multiplex hálózat tervének elkészítésére és koordinálására a CH97-ben elfogadott eljárásnak megfelelően. A 20 telephelyen összesen 60 adót tartalmazó MFN⁶⁶ hálózat [48] [49] tervezése során fontos követelmény volt, hogy mindegyik telephelyen legalább egy csatorna „rövid időn belüli” felhasználása hazai korlátozásba (katonai felhasználás miatt) ne ütközzön [46]⁶⁷.

1998-ban a hírközléspolitikáról szóló 1071/1998.(V 22) kormányhatározat előírja a digitális rádió- és televízió-műsorszórás bevezetési feltételeinek vizsgálatát.⁶⁸ [50]. Ennek a programnak a végrehajtása csak egy tájékoztató elkészítését eredményezte 2000-ben, a digitális műsorszórásnak zöld utat adó támogatásra kormány-előterjesztés, illetve kormányhatározat nem született.

1999-ben, majd 2002-ben eredményes nemzetközi egyeztetést követően Budapesten, illetve Kab-hegyen kísérleti DVB-T sugárzás indult.

Magyarországon már 1999-ben a HTE⁶⁹ égisze alatt működő DVB⁷⁰ Kör megkísérelte az illetékes szervek, minisztériumok, valamint személyek érdeklődését felkelteni a digitális technológia mielőbbi bevezetése érdekében, azt remélve, hogy az információs társadalom megvalósításának ezen fontos területén is elindul az a folyamat, ami a magyarországi digitális műsorszórási stratégia és akcióterv mielőbbi kidolgozásához vezet [51]. Miközben a szabályozási kérdések késve és lassan rendeződtek, a digitális műsorszóráshoz szükséges frekvenciák biztosításának az előkészületeiben és realizálásában 2006-ra igen nagy

⁶⁶ MFN: Multi Frequency Network; Többfrekvenciás Hálózat

⁶⁷ 365-373. oldal

⁶⁸ A hírközléspolitikáról szóló 1071/1998. (V.22.) Korm. határozat, 2. számú melléklet, A kormány Cselekvési Programja 6., Magyar Közlöny, 1998/42. szám, Budapest, 3479. oldal, 1998.

⁶⁹ HTE: Scientific Association for Infocommunications Hungary; Hírközlési és Informatikai Tudományos Egyesület

⁷⁰ DVB: Digital Video Broadcasting; Digitális televízió műsorszórás

előrelépés történt. Az átmeneti időszakra már korábban megtervezett 3 multiplex hálózat adóinak egyeztetése levelezés és számos kétoldalú értekezleteken tovább folyt, megkezdődtek a frekvenciák digitális jövőre történő egyeztetésének nemzetközi előkészületei is [52].

2005-ben a Kormány határozatot adott ki a földfelszíni digitális televízió-műsorszórásra való átállás elsődleges kormányzati feladatairól [53], melynek értelmében oly módon kell rövid időn belül a szabályozási környezetet módosítani, hogy az lehetővé tegye a jogszabályi háttér kidolgozását digitális televízió műsorszórás elterjedéséhez. Továbbá olyan bizottság felállítását rendelte el, amely a televízió műsorterjesztés digitális technológiára való átállásának és az átállás társadalmi, valamint szociálpolitikai hatásainak koordinálására hivatott.

1.3.3 Az RRC04/06 Körzeti Rádiótávközlési Értekezlet

A digitális technika nyújtotta frekvenciagazdálkodási lehetőségek kihasználásához és a digitális televíziózás széleskörű elterjedésének elősegítéséhez az európai országok részéről felmerült az igény egy új, a digitális televízió műsorszórásra optimalizált európai frekvenciatervre és a frekvencia-felhasználás további lehetőségeit szabályozó egyezményre. A CEPT országok kezdeményezésére az ITU az 1185.sz. Határozata alapján Körzeti Rádiótávközlési Értekezlet (RRC) összehívásáról döntött. A konferencia elsődleges célja egy olyan egyezmény és hozzá kapcsolódó földfelszíni digitális televízió frekvenciaterv elfogadása volt a 174-230 (VHF sáv) és a 470-862 MHz (UHF) frekvenciasávokban az ITU 1. és 3. Körzetének érintett országai számára, mely az átmeneti állapotot - az analóg és digitális televíziózás együttlését, majd az analóg televíziózás befejezését - követően a „teljesen digitális jövő”-ben biztosítja a digitális televíziózást minden aláíró ország számára a spektrumhoz való egyenlő hozzáférés elve alapján [54] [55] [31] [56][57].

A tervezés két fázisban történt. Az első tervezési értekezletre 2004 májusában (RRC04) [57] [59], a másodikra 2006-ban (RRC06) került sor Genfben. Az értekezletek végén a résztvevő országok delegátusai aláírták a műszaki szabályokat tartalmazó határozatot és az eljárási szabályokkal is kiegészített Megállapodást [61] [8].

Bár nem feltételezhető, hogy a felgyorsult technológiai fejlődésben az új megállapodás és hozzá kapcsolódó digitális terv az ST61-hez hasonlóan legalább 45 évig fogja szabályozni a földfelszíni televíziózást, de mindenképpen egy több évtizedre kiható szabályozási környezet nemzetközi meghatározása volt a tét az érintettek számára.

Az RRC értekezleteken 101 ország több mint 1000 küldötte, regionális nemzetközi szervezetek, az Európai Unió és az európai, valamint afrikai műsorszóró egyesületek képviselői vettek részt. A Kormány Határozata alapján a magyar igazgatást az akkori Informatikai és Hírközlési Minisztérium, a Nemzeti Hírközlési Hatóság (NHH) és a Kormányzati Frekvenciagazdálkodási Hivatal (KFGH) kijelölt szakemberei képviselték.

A GE06 Megállapodás és Terv tartalmazza [8] [31] [60]:

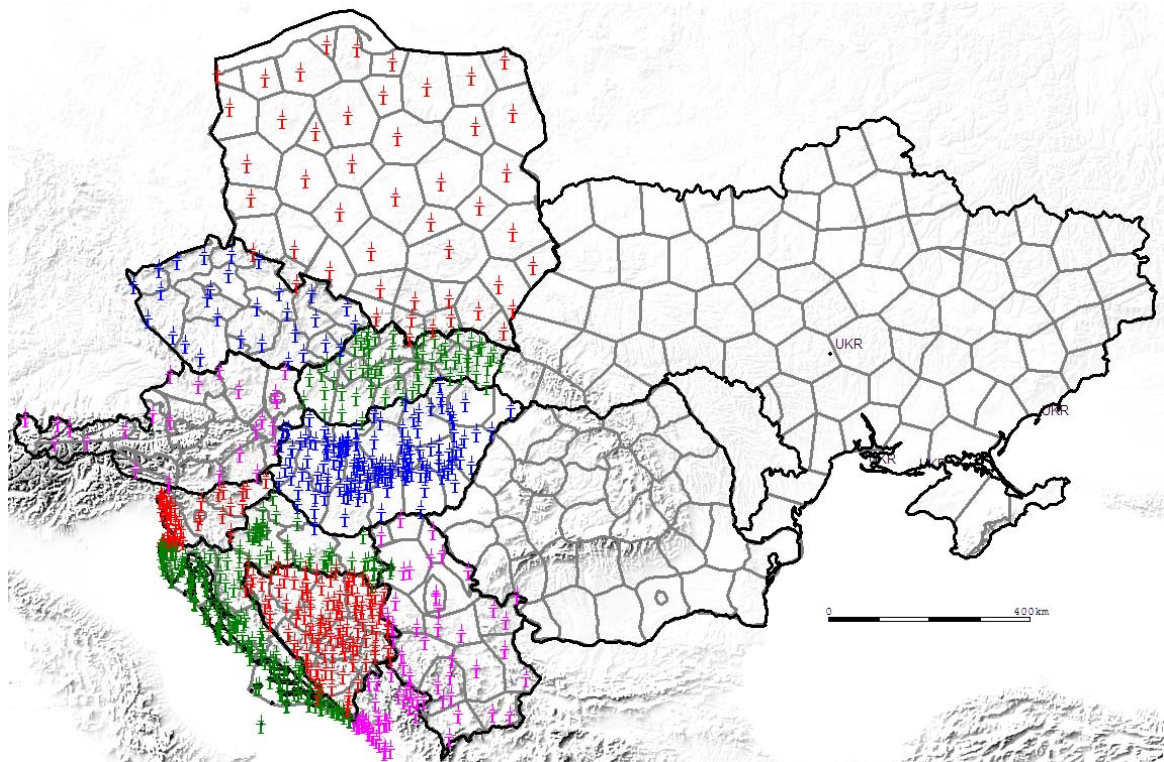
- a jövőbeni digitális és analóg műsorszóró állomások és egyéb szolgálatok nemzetközi koordinációs és bejelentési eljárásainak szabályait, a kapcsolódó műszaki feltételekkel együtt,
- a földfelszíni digitális műsorszórás tervét,
- a nemzetközileg lekoordinált analóg televízió műsorszóró állomások tervét és
- a műsorszóró sávokban nemzetközileg lekoordinált egyéb elsődleges szolgálatok tervét/listáját.

1.3.3.1 A GE06 digitális terv

Két év alatt több szomszédos országgal folytatott közel húsz többoldalú értekezleten sikerült 7 multiplex hálózat előegyeztetése, majd elfogadtatása az UHF sávban az RRC06 konferencián. A digitális terv jellegzetessége, hogy az analóg műsorszórással ellentétben nemcsak frekvenciakijelöléseket tartalmaz, hanem frekvenciakiosztásokat is, amiket röviden tervbejegyzéseknek nevezünk. Az országok többsége – Magyarország is – mindkét típusú tervbejegyzésre nyújtott be igényt [52] [61][62] [63].

A digitális hálózatok lehetnek többfrekvenciás, azaz MFN (Multi Frequency Network) hálózatok, melyek különböző rádiófrekvencián (TV csatornán) egymástól függetlenül üzemelnek. Ha egy nagy vagy közepes nagyságú területet ugyanazzal a műsorral kell ellátni, lehetőség van egyfrekvenciás hálózat kialakítására. SFN⁷¹ (Single Frequency Network) hálózatban mindegyik adó ugyanazon a rádiófrekvencián, ugyanazt a műsort továbbítva, egymás hatását figyelembe véve üzemel, közös ellátottságot biztosítva [49] [87].

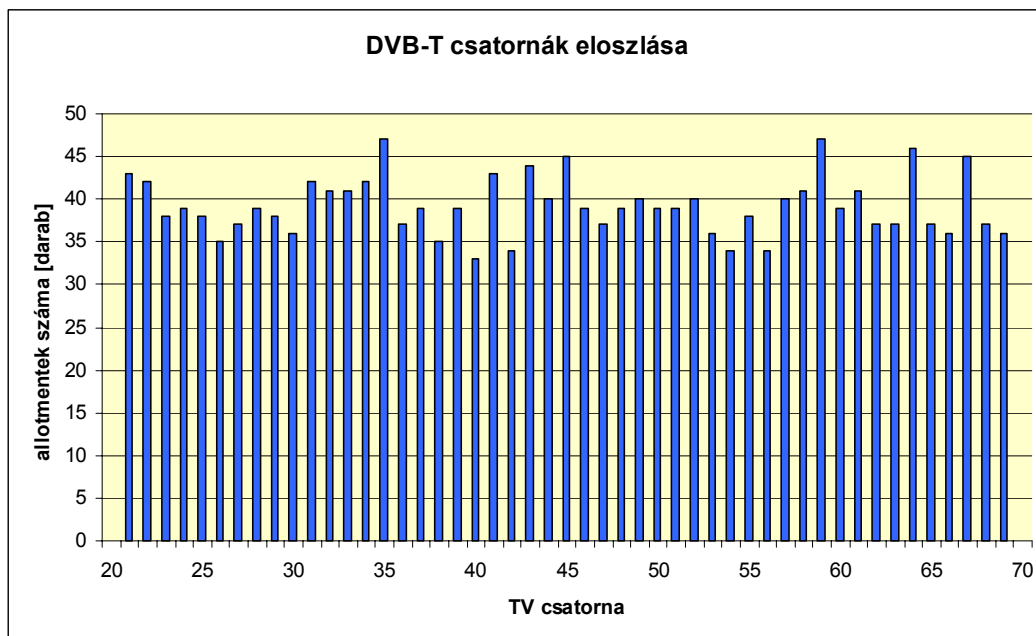
Az RRC06-on elfogadott terv Magyarország számára az UHF sávban 97 DVB-T frekvenciakiosztást (idegen szóval allotmentet) [54] és 535 DVB-T frekvenciakijelölést⁷² (idegen szóval assignmentet) biztosít [36], ami – más országokhoz hasonlóan – hét országos hálózat kiépítését teszi lehetővé [62]. Koordinációs szempontból érintett országok tervbejegyzéseinek földrajzi elhelyezkedését a **4. ábra** szemlélteti. A DVB-T allotmentek csatornánkénti eloszlását Magyarországon és az említett 10 szomszédos országban az **5. ábra** mutatja.



4. ábra. A DVB-T adók és allotmentek földrajzi elhelyezkedése

⁷¹ SFN: Single Frequency Network; Egyfrekvenciás Hálózat

⁷² Adóállomások, melyeket a sugárzási és földrajzi paramétereik határoznak meg



5. ábra. A DVB-T frekvenciosztások csatornánkénti eloszlása

Az allotment típusú tervbejegyzésekhez csatorna, választott Referencia Hálózat (RN⁷³) és Referencia Tervezési Konfiguráció (RPC⁷⁴) [54], valamint az allotment területét határoló kontúr úgynevezett tesztelési pontjai vannak megadva. Az assignment típusú tervbejegyzés tartalmazza a kijelölés összes földrajzi és sugárzási adatait, mint csatorna, ERP, polarizáció, koordináta, h_{eff}^{75} , antenna magasság és karakterisztika, választott RPC, stb. [8] [64].

Mind két típusú tervbejegyzéshez kapcsolódik három megjegyzés is, melyeknek jelentős szerepe van [61]. Az I. számú megjegyzésben található az országok, amelyekkel koordinációt kell lefolytatni a digitális adó implementációját megelőzően, a felsorolt országok analóg adói védelmének biztosítása érdekében. A koordinációs kötelezettség 2015. június 17-ig, az analóg adók védelmének végső határidejéig terjed ki. A II. megjegyzésben azok az országok találhatóak, amelyekkel koordinációt kell lefolytatni a digitális adó implementációját megelőzően, a felsorolt országok digitális adói védelmének biztosítása érdekében. Ez viszonylag kevés tervbejegyzést érint (Magyarország esetén csak az Ukrajnát érintő esetekben). Az igazgatások ezt a megoldást elsősorban akkor választották, ha az értekezlet rövid ideje alatt nem sikerült a pontos technikai részletekben megegyezni, de alapvetően nem emeltek kifogást a tervbejegyzés ellen. A III. megjegyzésben azok az országok találhatóak, amelyekkel koordinációt kell lefolytatni a digitális adó implementációját megelőzően, a felsorolt országok egyéb elsődleges szolgálatainak védelmének biztosítása érdekében 2015 után is. Magyarországot érintően ilyen megjegyzés nem található. Oroszország, Nagy-Britannia, Irán, Franciaország, stb. akik a legtöbb megjegyzést tették ebben az oszlopban [8][31].

⁷³ RN: Reference Network; Referencia Hálózat

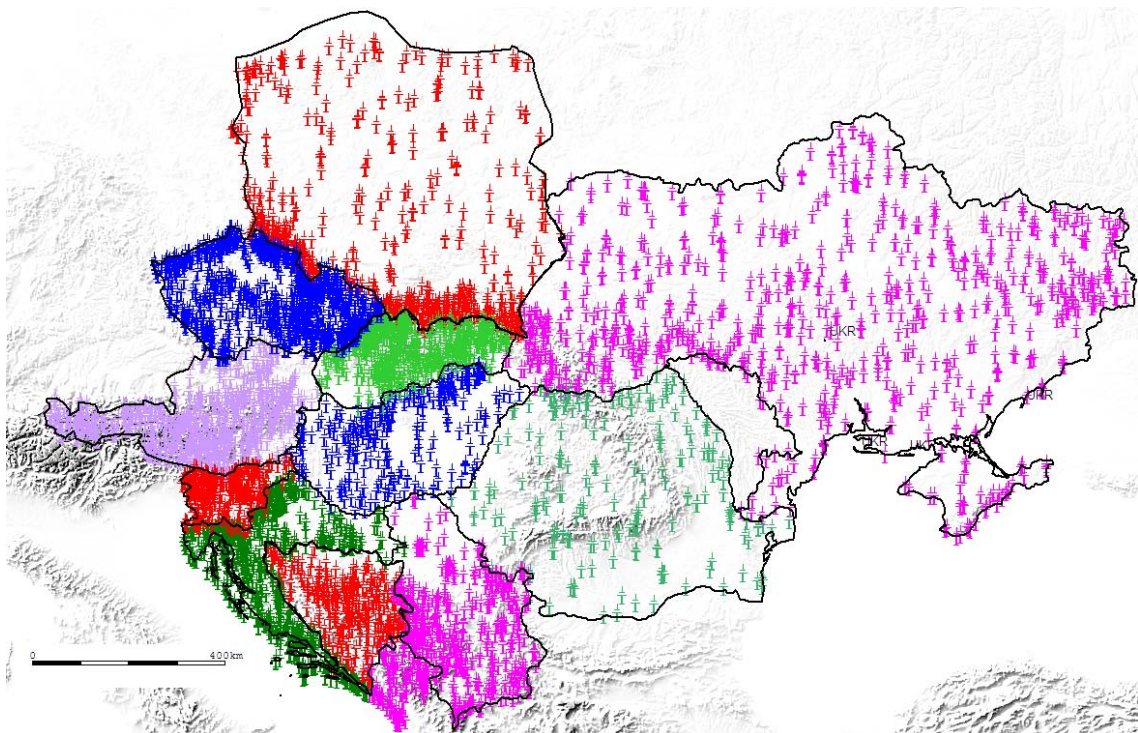
⁷⁴ RPC: Reference Planning Configuration; Referencia Tervezési Konfiguráció

⁷⁵ heff: Effective Antenna Height; Effektív antenna magasság

1.3.3.2 A GE06 analóg terv

A digitális terv az analóg tervekkel közös sávban készült, melynek alapján felmerült az igény 2006-ban az RRC06-on az analóg televízió tervek felülvizsgálatára is. Az ST61 Megállapodás és Terv felülvizsgálatának eredményeként az analóg terv 2006. május 16-ai állapotának megfelelő III-V. TV sávi adói kerültek be a GE06 Analóg Tervbe. Döntöttek továbbá arról, hogy június 17-től az analóg adók koordinációs eljárásait a GE06 Tervben foglaltaknak megfelelően kell lefolytatni. Az RRC06 döntése értelmében az átmeneti időszak végéig a nemzetközileg sikeresen egyeztetett III-V. TV sávi analóg televízió állomások, ha arra az országok igényt tartanak, teljes zavarvédelmet élveznek [59][8].

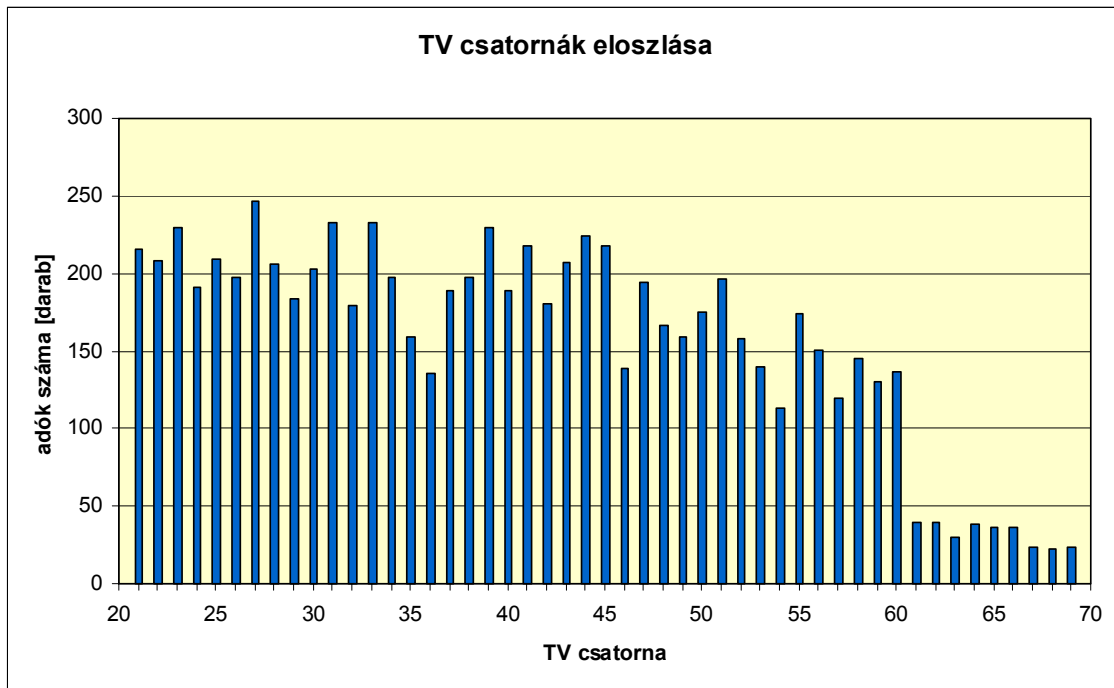
Magyarország és a koordinációs övezetbe tartozó szomszédos országok analóg tervben lévő adóinak földrajzi elhelyezkedését és csatornánkénti eloszlását a **6. és 7. ábra** szemlélteti.



6. ábra. Az analóg adók földrajzi elhelyezkedése

Hazánkban jelenleg három országos analóg televízió-hálózat üzemel. A hálózatokhoz rendelt frekvenciáknak körülbelül a kétharmada a vizsgált UHF sáv részben van kijelölve, melyhez 33 nagyteljesítményű gerincadó és 189 kisteljesítményű átjátszóadó tartozik. Jelenleg 47 helyi műsorszolgáltatónak van sugárzási engedélye az UHF sávban. [65].

A fentiek alapján látható, hogy csak Magyarország viszonylatában közel 8000 analóg adónak okozott zavart kell megvizsgálni, és szükség esetén a zavarmentességet biztosítani a digitális adók műszaki tervének elkészítése során.



7. ábra. Az analóg adók csatornánkénti eloszlása

1.3.3.3 Műsorszóró sávokban üzemelő egyéb szolgálatok terve

A több ezer analóg adó védelme mellett fontos kérdés, hogy valójában mely országokban és mely csatornákat érintően működnek még jelenleg is védelmet igénylő egyéb nem polgári szolgálatok.

Az egyéb szolgálatok védelmével kapcsolatos kérdések váltották ki a legtöbb vitát az RRC04-en, hiszen a tervezési régióhoz tartozó országok különböző érdekeket képviseltek. A megválaszolásra váró kérdés az volt, hogy a tervezett műsorszóró sávokban üzemelő egyéb elsődleges szolgálatok védelme hogyan, és milyen mértékben biztosítható. [66].

Ezekben a kérdésekben az európai országok közös javaslatokat dolgoztak ki, amelyeket Magyarország is aláírt, azonban az értekezlet során új javaslatok születtek. Így például az egyéb szolgálatok védelme érdekében olyan szigorú értékeket javasoltak, amelyek egyes televízió csatornák felhasználását akár 400 - 1000 kilométeres körzetben is lehetetlenné tehetnék. További problémát jelentett az is, hogy hogyan lehet olyan katonai berendezéseket figyelembe venni a tervezés során, amelyek adatairól eddig nem lehetett információt szerezni. Mivel a katonai szolgálatok és a műsorszóró adók együttélésére vonatkozóan nem volt megfelelő szabályozás, a szükséges egyeztetési eljárásokat a két értekezlet közötti időszakra tervezték. Döntés született arról, hogy az egyéb szolgálatokra vonatkozó védelmi igényeket és a szükséges adatokat 2005 őszéig terjesztik be az érintett országok [59].

Végül az RRC úgy döntött, hogy az az ország, amelyik műsorszóró sávot foglal egyéb szolgálatokra, és azt védeni is kívánja a Tervben, tudomásul kell vennie, hogy kevesebb spektrumot használhat digitális műsorszórásra. Ha egy ország egyéb szolgálatainak védelme nagyobb mértékű korlátozáshoz vezet, mintha digitális műsorszórás lenne teljes mértékben a sávban, akkor az egyéb szolgálatokat védő ország digitális műsorszórási igényeit olyan mértékben kell csökkenteni, hogy az érintett szomszédok számára biztosítható DVB-T

frekvencia-felhasználás ne csökkenjen [66]. Igen nagy a jelentősége ennek a döntésnek, hiszen válaszut elé kerültek az egyéb szolgáltatókat üzemeltető országok.

2004-ben a CEPT (ERO) által kiküldött kérdőíveken az európai igazgatásoknak nyilatkozni kellett a műsorszóró sáv további katonai célú felhasználását illetően [26] [67]. Az **1. táblázat** összefoglalja a koordinációs szempontból érintett szomszédos országok katonai frekvencia-felhasználására adott válaszait. Lengyelország azóta bejelentette, hogy 2017-ig védi a légi rádió navigáció szolgáltatót.

A Nemzetközi Rádiószabályzat bár 1995-től elsődleges prioritással biztosítja a légi rádió navigációs eszközök működését, az abban foglalt eljárási szabályok szerint csak az ITU-hoz bejelentett szolgáltatók kaphatnak védelmet. A szocialista országok egységes hozzáállása, elsősorban titkossági szempontok miatt az volt, hogy egyetlen egy bejelentést sem tettek az ITU-hoz. Szembesülni kellett tehát azzal a ténnyel, hogy a volt VSz országai eszközeinek egy része nemzetközileg nem védett frekvenciákon üzemel. Ezekben az években néhány környező országban megkezdődött a katonai eszközök kivonása a műsorszóró sávból NATO kompatibilis berendezésekkel helyettesítve.

1. táblázat. Átmeneti időszakban védett egyéb elsődleges szolgáltatók (forrás: [67])

Igazgatás	470 – 862 MHz				
	Rádiószolgáltatás	alsáv ⁷⁶ (MHz)	Védelmi igény		A védelmi igény határideje ⁷⁷
			A digitális terv megvalósítása során ⁷⁸	Átmeneti időszakban ⁷⁹	
Csehország	Légi rádió navigáció szolgáltató RR 5.312	798-814	N	Y	2007
Magyarország	Légi rádió navigáció szolgáltató RR 5.312	734-758	N	Y	31.12.2012
		798-814	N	Y	
		830-846	N	Y	
Lengyelország	Légi rádió navigáció szolgáltató RR 5.312	646-686	N	Y	
		734-750	N	Y	
		790-814	N	Y	
		830-838	N	Y	
		846-862	N	Y	
	Fix szolgáltató	824-830	N	Y	2012
Románia	Rádió navigáció szolgáltató RR 5.312	766-862	N	Y	-
Szlovákia	Légi rádió navigáció szolgáltató RR 5.312	790-806	N	Y	31.12.2005
		806-814	N	Y	31.12.2005
		838-862	N	Y	2015
Ukrajna	Légi rádió navigáció szolgáltató RR 5.312	645-862	N	Y	
	Fix szolgáltató	824-862	N	Y	2018

Magyarország az RRC04-t követően úgy döntött, hogy ameddig a technikai eszközök rendszerben maradnak, szükséges, hogy a frekvenciagazdálkodók nemzetközi és itthoni fórumokon tudják képviselni a műszakilag alátámasztható magyar, illetve kormányzati

⁷⁶ Egyéb szolgáltatók által használt alsáv

⁷⁷ Egyéb szolgáltatók működésének befejezési határideje

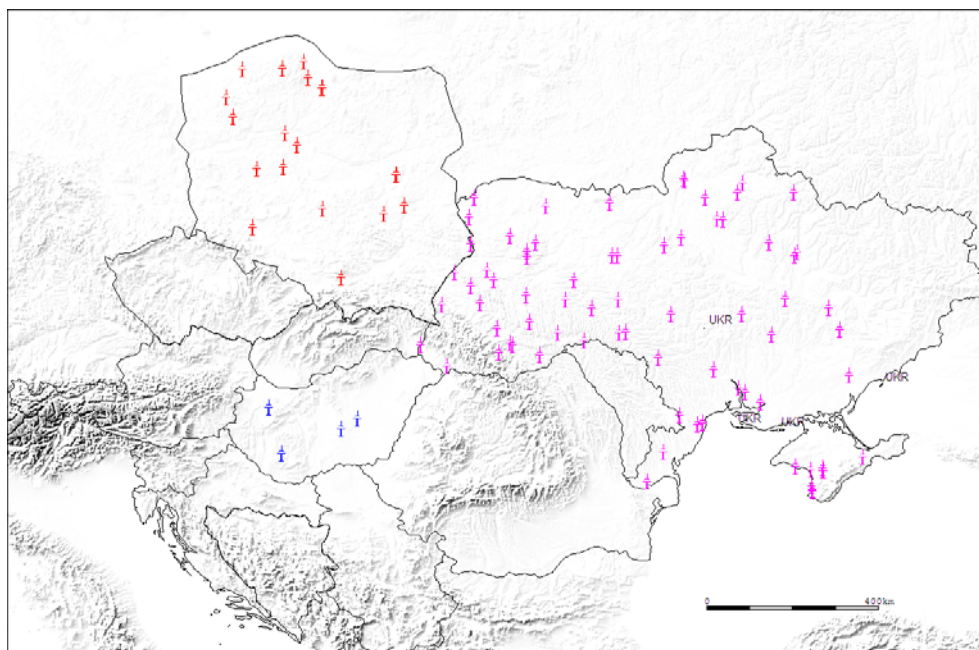
⁷⁸ Igényelnek-e védelmet a Digitális Terv implementációja során (Yes/No)

⁷⁹ Igényelnek-e védelmet az átmeneti időszakban (Yes/No)

érdekeket, ezáltal a polgári és az MH rádiótechnikai eszközei részére biztosítani a zavarmentes üzemelést. E cél érdekében szükségessé vált az MH rádiótechnikai eszközei védelmi arányának az összes műsorszóró vagy polgári alkalmazású rádiósugárzásokkal szembeni meghatározása [41] mellett az ITU-hoz történő bejelentés is. Erre 2005-ben került sor 19 állomás bejelentésével [68].

Hasonlóan járt el Ukrajna, Oroszország és Lengyelország is azzal a különbséggel, hogy Ukrajna és Oroszország több száz katonai frekvencia koordinációját és bejelentését kísérelte meg. Végül 1746 ukrán, 32 lengyel és több ezer orosz sikeres bejelentés történt. A többi volt szocialista ország nem tett lépéseket katonai frekvenciáik legalizálására. Az ukrán bejelentések jelentős része fix szolgálat, azonban légi rádió navigációs vevőegységből is mintegy 200 körül található, melyek védelmét biztosítani kell [68] (8-9. ábrák).

Az RRC04 döntése volt az is, hogy az ITU még az RRC06 előtt közzéteszi azoknak az egyéb elsődleges szolgálatoknak a listáját, melyeket az igazgatások külön kérésére a tervezés során figyelembe kell venni és a védelmet biztosítani kell 2015 után is, az analóg műsorszórás befejezésének végső dátumát követően. Az egyéb szolgálatok frekvencialistája része a GE06 Tervnek. Nagy-Britannia például több mint ötezer, Oroszország is több ezer kijelölését védi ily módon. A spektrumhoz való egyenlő hozzáférés elve alapján ezek az igazgatások kevesebb digitális műsorszórási lehetőségre számíhattak. A felmerülő inkompatibilitásokat két- és többoldalú megállapodásokkal kellett rendezni. Az új Terv a zavarmentességet biztosítja a bejelentett állomásokra.

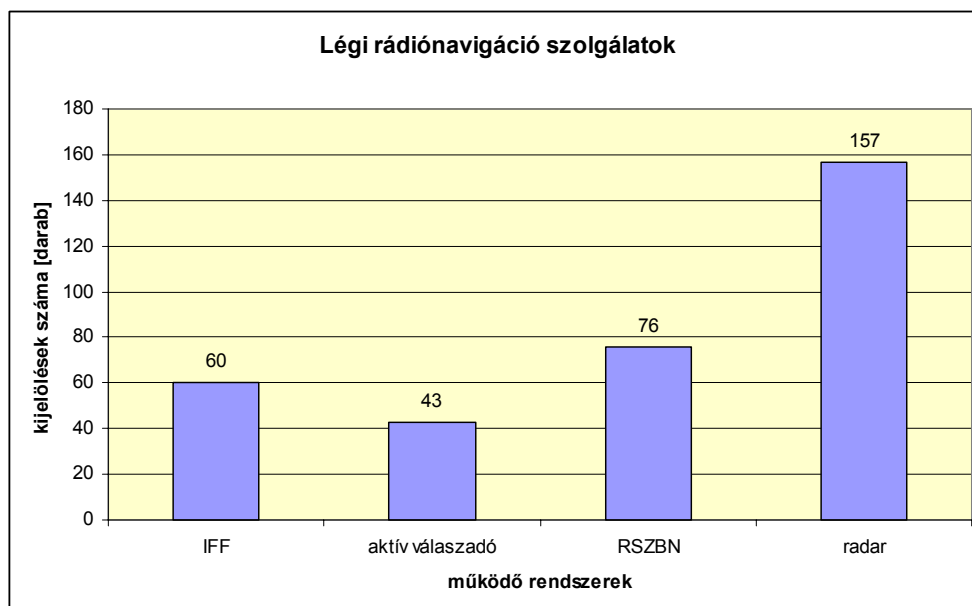


8. ábra. 1000 km-en belül található bejelentett légi rádió navigációs katonai szolgálatok földrajzi elhelyezkedése (adatok forrása: ITU BR-IFIC)

Annak ellenére, hogy Magyarországon és a szomszédos volt szocialista országok mindegyikében üzemeltek még katonai berendezések 2006-ban a műsorszóró sávban, egyik ország sem kérte ezek védelmét a digitális tervben.

Azok az egyéb szolgálatok, melyek a GE06 tervben ugyan nem szerepelnek, de korábban sikeresen koordinálták őket, az átmeneti időszakban teljes zavarvédelmet élveznek a digitális terv adóival szemben, amennyiben arra az országok igényt tartanak. Ez a védelem biztosított a

régió országai közül Magyarország, Szlovákia, Csehország, Lengyelország, Ukrajna és Románia katonai eszközeire a megállapodásokban foglalt időpontig és feltételekkel.



9. ábra. A bejelentett légi rádió navigációs katonai rendszerek szolgálatonkénti eloszlása (adatok forrása: ITU BR-IFIC)

2004 óta azonban sokat változott a helyzet. Csehország és Szlovákia teljes mértékben megszüntette védelmi igényét. Románia a gyakorlatban határon túli felhasználási korlátozásokat nem alkalmaz.

Az RRC06 Záródokumentumában foglalt és mintegy 120 ország által elfogadott koordinációs eljárás tanulmányozása alapján elmondható, hogy új légi rádió navigációs eszközök bejelentése nehezebbé vált, bármelyik ország valós indokok nélkül is elutasíthatja a kérelmet. Tekintettel azonban arra, hogy a katonai légi rádió navigációs eszközök más frekvenciasávban működő eszközökre történő lecserélése várható a közeljövőben a még érintett országokban is, újabb nagyobb számú bejelentés nem feltételezhető. Mindezeket összevetve megállapítható, hogy hosszabb-rövidebb ideig még osztozni kell a sávon a digitális televízióknak más elsődleges szolgálatokkal. Három országban működnek tehát még olyan rendszerek, amelyek korlátozhatják saját és szomszédjaik digitális műsorszórási lehetőségeit akár 2018-ig is. Eddig az időpontig tehát a védelmet kétoldalú megállapodásokkal biztosítani szükséges.

1.3.4 Út a digitális jövőhöz

A GE06 Digitális Terv, a környező országokban tapasztalt felgyorsult digitalizálódás, illetve az EU által kiadott közlemények[69] [69] Magyarországon is felgyorsította az eseményeket.

A sikeres koordinációs folyamatnak köszönhetően 2006 végére az átmeneti időszakban felhasználható frekvenciák 50-90%-os ellátottságú három hálózat elindításához már rendelkezésre álltak hazánkban.

A CH97 Megállapodást 2007. július 4-én az RRC06-t követően visszavonták, amely hiányosságai ellenére is 10 éven keresztül jól szolgálta az európai országok digitális koordinációs eljárásaiban a zavartatási viszonyok kiértékelését, nagyszámú digitális televízió állomás sikeres koordinációját, és elindította az egyéb szolgáltatók ésszerűbb frekvenciagazdálkodási elveken alapuló frekvencia-felhasználását [76].

A kormányhatározat [53] és a GE06 eredményeként megkezdődött „a műsorterjesztés és a digitális átállás szabályairól szóló” röviden Dtv. törvénytervezet kidolgozása, melynek vitája – a törvényjavaslat visszavonása ellenére is – nagymértékben segítette a koncepcionális kérdésekkel kapcsolatos különböző álláspontok közeledését. Emiatt az Informatikai és Hírközlési Minisztérium (IHM) 2006 első félévében kidolgozta a televíziózás és rádiózás digitális átállására vonatkozó javaslatot (DÁS) [23], melyet többfordulós konzultációt követően 2007 februárjában fogadtak el a televíziózás és a rádiózás digitális átállásának kormányzati feladatairól szóló 1014/2007. (III.13.) Kormányhatározattal [77].

A kormányhatározat kimondta: „*ki kell dolgozni a televíziózás és rádiózás digitális átállás stratégiájának végrehajtását lehetővé tevő törvényjavaslatot, jogszabályokat és jogszabályok módosítását*” „*elő kell készíteni a televízió és rádió műsorszórásra rendelkezésre állófrekvencia hálózatok üzemeltetésére és használatára vonatkozó pályázat jogszabályi kereteit,*” „*a műsorterjesztés szabályozását és a műsorterjesztés digitális átállását tartalmazó törvényt;*”⁸⁰

2007. június 26-án kihirdették a Dtv-t. A törvény megalkotása és elfogadása mintegy tíz éves erőfeszítés eredményének tekinthető, mely utat nyitott Magyarországon is a földfelszíni digitális műsorszórás bevezetéséhez. A törvény céljai között szerepel a műsorterjesztésre használt rádiófrekvenciákkal való hatékony gazdálkodást lehetővé tevő digitális átállás és a rugalmas frekvenciagazdálkodás megteremtése.

A Magyar Köztársaság Kormánya az Európai Bizottságnak „Az analógról a digitális műsorszórásra történő áttérés felgyorsításáról” elnevezésű közleményét [69] a 1014/2007. (III. 13.) Kormányhatározattal magára nézve kötelezőnek fogadta el, ennek megfelelően az irányadó engedélyezési feltételekkel összhangban lehetővé tette, hogy megvalósulhasson Magyarországon a digitális átállás.

Szolgáltatói oldalon is folytatódott a felkészülés a digitális műsorszórás elindítására. Az Antenna Hungária ZRt. 2007-ben mobil televízió kísérleteket kezdett Budapesten. A 2008-as olimpia kezdetére pedig HDTV kísérleti adásokkal indult el az m1 és m2 programok sugárzásával.

Az NHH a fentieknek megfelelően 2008. március 25-én öt digitális televízió műsorszóró hálózat üzemeltetési jogosultságának megszerzése tárgyában pályázatot írt ki abból a célból, hogy a jelenleg működő analóg rendszerről való átállás a szolgáltatás nyújtásával megvalósulhasson. A 75 napos elbírálási procedúrát követően kihirdette az NHH a győztes pályázót (a kettő közül), mellyel hatósági szerződést kötött [2] [1] [3].

A nyertes pályázónak az érvényes európai és magyar szabályozási feltételek figyelembe vételével digitális televízió műsorszóró szolgáltatást kell nyújtania. A szolgáltatást 2008.

⁸⁰ 1014/2007.(III. 13.) Korm. Hat. a televíziózás és a rádiózás digitális átállásának kormányzati feladatairól, 1. o.

december 1-ig kellett elindítani a pályázatban vállalt telephelyeken és feltételekkel [4]. Az AH három telephelyen 56%-os lakossági ellátottsággal 2 multiplexben kezdte el a DVB-T műsorok sugárzását. 2009 végére további 9 telephelyről vehetők a műsorok. A szolgáltatónak az adók paramétereinek megtervezésénél figyelembe kellett vennie a határon belül és kívül üzemelő analóg televízióadókat és egyéb nem polgári szolgáltatásokat, melyek zavartalan működését biztosítani kell.

A fejlesztések a további kapacitás növelés (MPEG4 szabvány), a mobilitás, hordozhatóság, multimédia és nem utolsósorban a konvergencia szolgáltatások irányában az RRC06 után is lendületesen folytatódnak a világban [71]. Például 2006-ban megkezdődött a DVB-T2 szabvány kidolgozása is [72], mely kb. 30% adatátviteli kapacitás növekedést tesz majd lehetővé.

A földfelszíni televíziózásban az analóg-digitális átállás 2009 őszéig 6 országban már befejeződött, 37 országban megkezdődött és különböző fázisainál tart a digitális televíziózás bevezetése [70] [73] [74]. 2012-re Európa számos, 2015-re az összes országában lezárul az analóg korszak. Az UHF sávban még az afrikai országok is befejezik az analóg televízió műsorszórását. Ma már nem tűnik túlzásnak világ jelenségként "digitális jelen"-ről beszélni a televízió műsorszórásban sem.

KÖVETKEZTETÉSEK

A frekvenciasávok használatára vonatkozó nemzetközi kötelezettségeket csakis az igazgatások által elfogadott és aláírt nemzetközi szerződésekbe, harmadik ország interferencia viszonyait nem befolyásoló két- vagy többoldalú megállapodásokba, illetve hazai jogszabályokba lehet foglalni.

A rádiószolgálatok zavarmentes működésének biztosítását, a műsorszóró sávra vonatkozó sávhasználati feltételeket az RR, illetve az arra támaszkodó FNFT írja elő. A szomszédos országok közötti kötelező egyeztetés (koordináció) feltételeit egyéb nemzetközi egyezmények szabályozzák.

Az UHF műsorszóró sávban jelenleg három elsődleges prioritással rendelkező szolgálat működhet. Az analóg és egyéb elsődleges szolgálatok elsőbbséget élveznek a 2006-ban megtervezett és elfogadott digitális tervbejegyzések implementációja során, ezért mindkét korábban bejelentett szolgálat adóinak zavarmentes működést kell biztosítani az átmeneti időszakban.

A GE06 Megállapodás tartalmazza a koordinált analóg, digitális és egyéb szolgálatok tervét, melyet az átmeneti időszakban és a digitális jövőben védeni, módosítani és bővíteni lehet. Nem tartalmazza azoknak az egyéb szolgálatoknak a listáját, amelyek kétoldalú megállapodások alapján az átmeneti időszakban védelmet élveznek.

Tekintettel arra, hogy Magyarországon és Magyarországot érintő szomszédos országokban az analóg műsorszóró hálózatok bővítése gyakorlatilag befejeződött, a műsorszóró sávban üzemelő szovjet típusú katonai eszközök lecserélése elkezdődött vagy befejeződött, ezen két szolgálatnál újabb koordinációs kérelmek nem, vagy csak elenyésző mértékben várhatók.

A digitális terv implementálása, illetve új digitális műsorszóró állomások egyeztetése már most aktuális kérdés, melyeknél a zavarmentesség biztosítás objektív feltételeinek ismerete és közös alkalmazása megkerülhetetlen feladat.

Mindezeket összegezve megállapítottam, hogy

- rádióállomások közötti új vagy módosított összeférhetőségi feltételeket két- vagy többoldalú nemzetközi megállapodásokkal, illetve más országot nem érintő hazai jogszabályokkal lehet kötelezővé tenni.
- A magyar digitális terv implementálása (251 nagyteljesítményű DVB-T adó), illetve új digitális műsorszóró állomások (nem becsülhető mennyiségű) egyeztetése során a már bejelentett analóg televízióadóknak (Magyarországot érintően mintegy 8000-nek), illetve egyéb elsődleges szolgálatoknak (Magyarországot érintően mintegy 200-nak) védelmet kell biztosítani.
- A GE06 Egyezményvel elfogadott, a három elsődleges szolgálatra vonatkozó tervek várható bővítési tendenciáit figyelembe véve
 - az analóg televízió és DVB-T
 - a katonai szolgálatok és DVB-T
 - DVB-T és DVB-T

szolgálatok közötti zavarmentes működés feltételeit kell elsősorban biztosítani, melyekhez a hiányzó összeférhetőségi kritériumok kidolgozására és elfogadására van szükség.

2. FEJEZET

RÁDIÓFREKVENCIÁS SZOLGÁLATOK ZAVARMENTES KÖZÖS SÁVHASZNÁLATÁNAK MŰSZAKI FELTÉTELEI A TELEVÍZIÓ MŰSORSZÓRÓ SÁVBAN

2.1 Az EMC meghatározásai

Rejtő Ferenc könyvismertetője [78] szerint „Az EMC (Electro Magnetic Compatibility, azaz elektromágneses összeférhetőség) a különféle zavarvédelmek jelentős részeredményeit is felhasználó, de ezek összegzésen túlnyúló, manapság egyre fontosabbá váló új tudományág. Sajátos szemlélettel (ezt nevezhetjük preventív, környezettudatos gondolkodásnak) és stratégiával, a legújabb technikai eredmények felhasználásával, nemzetközi előírásokkal igyekszik megteremteni a legkülönbözőbb villamossággal működő eszközök, berendezések, létesítmények „békés” és biztonságos egymás mellett működését.”⁸¹

A meghatározás szerint az EMC vizsgálat a legkülönbözőbb villamossággal működő eszközökre kiterjed. Ezt támasztja alá a 31/1999. (VI. 11.) GM-KHVM együttes rendelet⁸² az elektromágneses összeférhetőségről is [79], melynek hatálya „azokra a berendezésekre terjed ki, amelyek elektromágneses zavart okozhatnak, vagy amelyek működését ilyen zavarok befolyásolhatják”. „Elektromágneses zavar: minden olyan kis- vagy nagyfrekvenciás elektromágneses jelenség, amely ronthatja egy eszköz, berendezés vagy rendszer működőképességét. Az elektromágneses zavar lehet elektromágneses zaj, nem kívánt jel vagy magának a terjedési közegnek a megváltozása.”⁸³

A rendelet meghatározása szerint:

„elektromágneses összeférhetőség (EMC): valamely berendezésnek vagy rendszernek az a képessége, hogy elektromágneses környezetben kielégítően működik anélkül, hogy környezetében bármi számára elviselhetetlen elektromágneses zavarást idézne elő.”⁸⁴

Az értekezésben csak a rádióberendezések által okozott rádiófrekvenciás zavarok vizsgálatával foglalkozom, ezért a továbbiakban az EMC fogalmat erre leszűkítve használom. Az EMC rendelet is külön paragrafusban tárgyalja a rádióberendezésekre vonatkozó előírásokat. Az EBU által 1998-ban készített összefoglaló tanulmánykötet [80] szintén csak a rádióállomásokra vonatkozó EMC problémák kezelésével foglalkozik az EU irányelveket figyelembe véve.

2.2 A káros zavarás meghatározása és kapcsolódó fogalmak

A GE06 Megállapodásban foglalt tervbővítési és módosítási (analóg és digitális televízió terv, valamint egyéb elsődleges szolgálatok terve) eljárások lehetőségét biztosítanak a konkrét

⁸¹ Rejtő Ferenc: EMC alapok című könyvéhez a kiadó (MEE) által 2006. augusztus 8-án írt könyvismertetőjéből, http://www.mee.hu/files/images/2/emc_konyvismerteto.pdf

⁸² A 89/336/EGK, a 1999/5/EK, a 92/31/EGK és a 93/68/EGK irányelvekkel összhangban megalkotott rendelet

⁸³ 31/1999. (VI. 11.) GM-KHVM együttes rendelet az elektromágneses összeférhetőségről, 1. oldal.

⁸⁴ 31/1999. (VI. 11.), 1. oldal.

földrajzi és sugárzási paraméterekkel jellemezhető egyedi frekvenciakijelölések, valamint virtuális adóállomásokból kialakított referencia hálózattal jellemezhető frekvenciakiosztások bejegyzésére sikeres koordinációt követően. Az egyszerűbb szóhasználat érdekében a továbbiakban összefoglalóan a tervbejegyzés fogalmat használok, ami a szöveggörnyezettől függően jelenthet még vizsgálat alatt lévő, vagy már sikeresen egyeztetett új vagy módosított frekvenciakijelölést vagy frekvenciakiosztást.

Visszaulva az 1. fejezetre, műsorszóró vagy egyéb elsődleges szolgálatok tervbejegyzésének módosításához, illetve új tervbejegyzéshez az érintett szomszédos országok hozzájárulása szükséges. A megállapodásokban általában úgy fogalmazzák meg a hozzájárulás feltételét, hogy ne okozzon a javasolt új vagy módosított tervbejegyzés káros zavarást a már korábban koordinált műsorszóró, vagy a sávban üzemelő egyéb elsődleges szolgálatok tervbejegyzéseinek.

A vizsgált potenciális zavaró tervbejegyzés nem jelenti azt, hogy káros zavarást is okoz. Annak eldöntése, hogy a vizsgált zavaró tervbejegyzés okoz-e káros zavart vagy sem, ismerni kell a káros zavarás kritériumát. Sem a magyar, sem az angol terminológia („káros zavarás”- „harmful interference”) nem utal arra, hogy itt számszerűsített értékekről lenne szó (ellentétben a védelmi értékkel, minimális térerősséggel), amit az FNFT - az RR-ből átvéve - következő meghatározása is alátámaszt.

*„Káros zavarás: olyan zavarás, amely veszélyezteti egy rádió navigáció szolgálat vagy más biztonsági szolgálat működését, vagy komolyan károsítja, akadályozza vagy ismételtelen megszakítja egy – az RR-nek, illetve a nemzeti szabályozásnak megfelelően használt – rádiótávközlési szolgálat működését.”*⁸⁵ [20] [19].

A tanulmányozott dokumentumokban arra kerestem a választ, hogy milyen objektív módszer(ek) van(nak) annak eldöntésére, hogy mi tekintendő káros zavarásnak. Összegyűjtöttem, illetve megalkottam azokat a fogalmakat, melyek későbbi vizsgálataimhoz szükségesek a káros zavarás megítéléséhez, illetve új kritériumok kidolgozásához.

2.2.1 Az RR-ben található meghatározások a zavarra

Az RR a zavarással kapcsolatban még a következő fogalmakat definiálja:

Zavarás: Egy rádiófrekvenciás rendszer vételét befolyásoló, nemkívánatos különböző kisugárzások eredő hatása, ami valamilyen működési rendellenességben vagy információvesztésben nyilvánul meg, és ami nem következne be, ha nem lennének jelen káros sugárzások [19]⁸⁶.

Megengedett zavar⁸⁷: Az a mért vagy számított zavar szint, ami eleget tesz az RR-ben, ITU-R ajánlásban vagy más egyezményben megadott számszerűsített zavar szintnek vagy összeférhetőségi feltételnek [19]⁸⁸.

⁸⁵ A Kormány 346/2004. (XII. 22.) Korm. Rendelete, 8. oldal. Radio Regulations (RR), Published by the International Telecommunication Union, Geneva, Edition of 2008, No. 1.169

⁸⁶ RR No. 1.166

⁸⁷ A “megengedett zavar” és “elfogadható zavar” két ország közötti koordinációs eljárásban használatos fogalmak.

⁸⁸ RR No. 1.167

Elfogadható zavar: Két vagy több igazgatás megállapodása alapján a „megengedett zavar”-nál nagyobb zavar szint elfogadása, amennyiben az más igazgatás rádióállomásaira nincs kihatással [19]⁸⁹.

Amennyiben az igazgatások között nincs Külön megállapodás a megengedett zavartól eltérő elfogadható zavar értékére, akkor a megengedett zavar egyben az elfogadható zavart is jelenti.

2.2.2 Kompatibilitás vizsgálat

Az összeférhetőség vizsgálat, vagy idegen szóhasználattal kompatibilitás vizsgálat kifejezés több releváns irodalomban is előfordul, akár megállapodásokban is, de a fogalom meghatározások között sehol sem szerepel. Az egyértelmű fogalomhasználat miatt a kompatibilitás vizsgálat, illetve azzal analóg összeférhetőség vizsgálat kifejezéseket a továbbiakban a következő értelemben használom.

Ha két rádiófrekvenciás szolgálat üzemel, akkor lehet arra számítani, hogy hatást gyakorolnak egymásra. Két szolgálat akkor kompatibilis egymással, ha az egymásra gyakorolt hatás nem veszélyezteti, akadályozza vagy befolyásolja a megfelelő működésüket, illetve a hatása a megengedett vagy az elfogadható mértéket nem haladja meg. A **kompatibilitás vizsgálat** azt a tevékenységet fejezi ki, aminek a célja annak vizsgálata, hogy a potenciális zavaró tervbejegyzés okoz-e a megengedettnél nagyobb zavart vagy sem más védett szolgálatnak.

2.2.3 Térerősséget befolyásoló tényezők

A kompatibilitás vizsgálatnak az alapja a zavar szint, valamint a hasznos jelszinttel összefüggő küszöbszint meghatározása. A hasznos és a zavaró jelszintek rádiós rendszereknél térerősség szintekkel jellemezhetők. A térerősség értéket nagyon sok tényező befolyásolja. Az adási paramétereken mint **teljesítmény**, **antenna-karakterisztika**, **telephely** és **antenna magasságán** kívül a **távolság**, a hullám **terjedésének az útvonala**, a **hely** és **idő**, stb. (10. ábra) mind jelentős tényezők.

A térerősség **helytől** való **függését** elsősorban a lassú fading jelenség határozza meg, - ami főleg a takarásban lévő vételi pontokban fennálló vételi körülmények következménye -. Egy kisebb, pl. 100x100m-es területen belül a térerősség véletlenszerű, log-normal eloszlást mutat, ami a terep egyenetlenségéből adódik és a dB-ben megadott értéke a következő összefüggéssel írható le [111].

$$p(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma^2}} e^{-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}} \quad (1)$$

ahol

x a tényleges térerősség érték dB-ben,

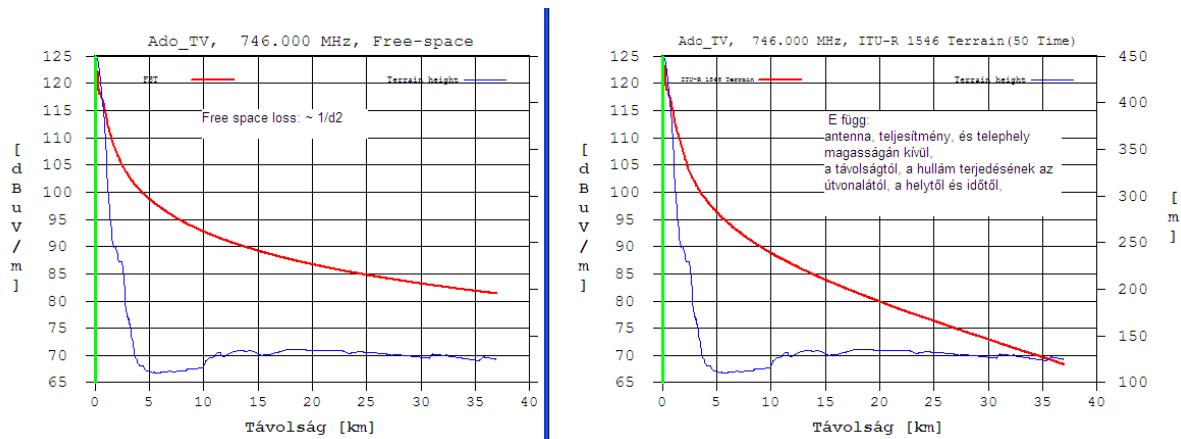
μ az x átlagértéke,

σ az x szórása dB-ben.

σ értékét a vevő környezete határozza meg. μ és σ mérésrel határozható meg.

⁸⁹ RR No. 1.168

Az **időfüggést** hosszabb idejű változások, például évszakok határozzák meg. Ugyanakkor az időjárás hirtelen változása, esőzés jelentős, gyors változást okozhat a térerősség értékében. Meghatározása a kiszámíthatatlanabb tényezők miatt nehezebb, mint például a helyfüggés. Éppen ezért többnyire szigorúbb küszöbértékeket kell választani az időfüggés figyelembe vételére.



10. ábra. A térerősség változása különböző hullámterjedési modellekkel meghatározva

Egyedi jel térerőssége két paraméterrel adható meg, a térerősség várható értékével és a szórással. A térerősség értékeket szokásosan dB μ V/m-ben adják meg (a továbbiakban, ahol nincs a mértékegység kiírva, mindig így értendő). Az, hogy a meghatározott szolgáltatási területen belül milyen valószínűséggel teljesül a megfelelő szolgáltatás biztosítása, az **alkalmazott hullámterjedési modell** mellett a hely- és időfüggés választott százalékától (L és T) függ.

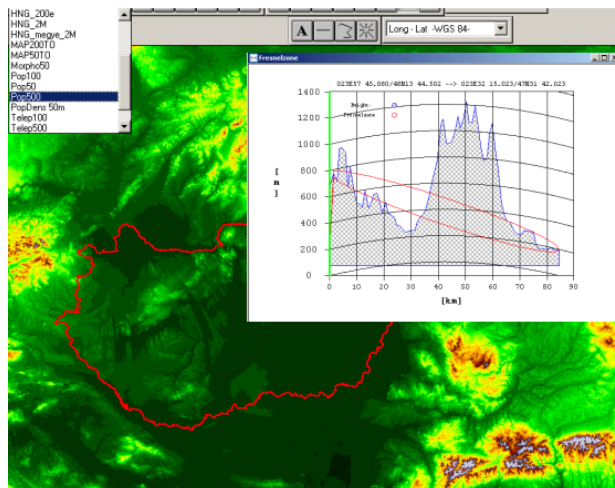
2.2.4 A térerősség meghatározása

Az UHF televízió műsorszórá sávjában a szabadtéri hullámterjedés [81] feltételei csak ritkán adóttak földfelszínen telepített adó és vevőegységek között. Kismagasságú légi vagy földfelszíni összeköttetések esetén a terep különböző mértékű csillapító hatását is figyelembe kell venni egy adott távolságon túl. Ellenkező esetben egyrészt a zavaró térerősségeket túlbecsülve a spektrummal nagyon pazarlóan bánunk, másrészt irreálisan nagy hasznos jelszinteket feltételezve, az összeköttetés meglétét tévesen fogjuk egy adott távolságon túl feltételezni.

Tekintettel arra, hogy a csillapítás mértéke az adó és vételi pont közé eső szakaszon fennálló aktuális terepviszonyok szerint érvényesül, a térerősség meghatározásához szükség van a terepadatok ismeretére is. Terepadatokhoz juthatunk megfelelő papíralapú térképekből, azonban az erre alapozott manuális módszerek hatékonysága és pontossága megkérdőjelezhető. Manapság a megfelelő megoldást a digitális terepmodellek (DTM) (11. ábra) alkalmazása nyújtja [37] [82][83].

A térerősség meghatározására különböző hullámterjedési modellek léteznek, melyek eltérő pontossággal, illetve eltérő szolgálatokra, eltérő frekvenciákra, különböző vételi körülményekre, illetve eltérő terepviszonyokra különböző pontossággal képesek a valóságot közelítő értékek becslésére. A térerősség meghatározására empirikus, determinisztikus vagy féldeterminisztikus modelleket használnak. Univerzálisan azonban egyik módszer sem

használható, mert sokszor egy adott földrajzi terület, ország sajátos domborzati viszonyait figyelembe vevő empirikus elemeket is tartalmaznak. Az adott környezetre és feladatra a valóságot legjobban közelítő módszer megválasztása mindig az összeköttetés tervezést végző szakember feladata. Bár nem létezik „legjobb” térerősség becslő módszer, azt azért elmondhatjuk, hogy ma már elsősorban a DTM-en alapuló módszerek kerülnek alkalmazásra.



11. ábra. Digitális domborzati modell és terepmetszet

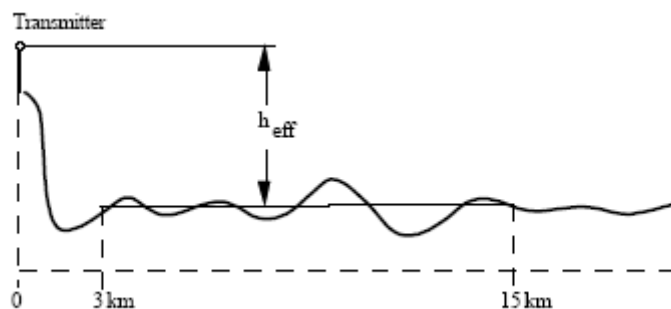
Fontos megjegyezni azonban, hogy nemzetközi frekvenciaegyeztetési eljárásokban nem a DTM alapú, hanem az ún. „site-general” módszerek az elfogadottak. DTM alapú számítások koordinációs zavarszámításokban csak az országok közötti két- vagy többoldalú megegyezések alapján alkalmazhatók.

Az ITU-R P. 1546 Ajánlás egy ún. „site-general”, azaz az adó egy adott környezetében fennálló terepviszonyokból a teljes terjedési útvonalra általánosító térerősség becslő eljárást tartalmaz [35]. A módszer jól alkalmazható, amikor nagyon kevés információ áll rendelkezésre a terjedési útvonal egészére. Nagyszámú útvonalat véve figyelembe, általában nagyon jó eredményt adhat. Tekintettel azonban arra, hogy a tényleges terepviszonyokat csak igen kis mértékben veszi figyelembe, egy konkrét terjedési útvonalra igen jelentős becslési hibát eredményezhet [37].

Az ITU-R P. 1546-os modell [84] az adó 3-15 km-es környezetében lévő terepviszonyokat veszi figyelembe (12. ábra), melyet az **effektív antenna magasság** (h_{eff}^{90}) reprezentál 10 fokként 36 irányban. Azok a terepakadályok, melyek 15 km-nél távolabb esnek a modell alkalmazásakor, nincsenek hatással a számított térerősség értékekre. Ennek az a következménye, hogy a kívül eső nagyobb terepakadályok esetén a modell túlságosan optimista, azaz nagyobb térerősség értékeket eredményez.

A pontosabb értékek meghatározására a **tereptisztasági szög** (Terrain Clearance Angle-TCA) használata biztosít lehetőséget. Ilyenkor az adót a vevővel összekötő, illetve a vevőtől a 16 km-en belül elhelyezkedő legmagasabb terepakadályhoz húzott egyenes által bezárt szöget meghatározva lehet egy korrekciós tényezőt számolni.

⁹⁰ heff: Effective Antenna Height; Effektív antenna magasság



12. ábra. Effektív antenna magasság meghatározása [84]

A modell alkalmazásakor lényegében az adót a vételi ponttal összekötő egyenes mentén az adótól 15 km-ig, és a vevőtől 16 km-ig terjedő szakaszon fennálló terep adataira van szükségünk.

2.2.5 Helykorrekciós tényezők

Bizonyos szolgálatoknál, mint például a DVB-T jelek vételénél a minőség romlása, illetve a vétel megszűnése hirtelen következik be. Ilyen típusú szolgálatoknál a megkövetelt helyvalószínűség (L) lényegesen magasabb, mint a fokozatos minőségromlással jellemezhető szolgálatoknál (analóg televízió) [48]. Ezért a számított hasznos térerősség értékeket korrigálni kell az adott szolgálatnak és vételi módnak megfelelő helyvalószínűség korrekciós tényezővel ($C_1(L)$). A dB-ben megadott $C_1(L)$ a szabványos szórás (σ_h) és a helyszázaléktól függő eloszlási tényező (μ) szorzatából adódik [35].

$$C_1(L) = \sigma_h \cdot \mu \quad (2)$$

Analóg televízióadók és egyéb elsődleges szolgálatok esetén $L=50\%$, DVB-T adók esetén $L=70-99\%$ az alkalmazott helyszázalék. Az ITU-R P. 1546-os görbék $L=50\%$ -ra vannak megadva.

A kombinált helykorrekció tényezőt arra használják, hogy az $L=50\%$ -ra megadott hasznos és zavaró jelszintet olyan értékebe konvertálják át, ami a kívánt szolgáltatás helyszázalékának felel meg. Meghatározása:

$$C_2(L) = \mu \cdot \sqrt{\sigma_h^2 + \sigma_{ni}^2} \quad (3)$$

ahol σ_h a hasznos, σ_{ni} a zavaró jelek szórása [36][8].

2.2.6 Rádióállomások által létrehozott jelszintek meghatározása

2.2.6.1 Hasznos jelszint

Hasznos jelszintnek ($E_h(L, T)$) a védeni kívánt adó által adott vételi pontban létrehozott térerősség szintet nevezik, melynek meghatározása az értekezésben vizsgált szolgálatoknál 50%-os idővalószínűségre történik. A helyvalószínűség szolgáltonként és a megkövetelt szolgáltatási minőségtől függően 50-99% között változhat. Amennyiben a hasznos jel egy SFN több adójától származik, az SFN-t alkotó hálózat adóinak a jeleit összegezni kell valamilyen statisztikus módszer segítségével [37] [35] [87].

2.2.6.2 Minimális térerősség

A **minimális térerősség** (E_{\min}) a hasznos jel térerősségének az a minimális értéke, ami még lehetővé teszi a kívánatos vételi minőség elérését zavarmentes környezetben előírt ellátottsági helyszázaléokra [37] [35] [87]. Meghatározása [8]:

$$E_{\min} = C/N + F + 10 \log_{10} (k T_0 B) - G + 10 \log_{10} (1.64c^2/f^2 4\pi) + L_f + 145.8 \quad (4)$$

ahol

F : a vevő zajtényezője (dB)

k : Boltzmann állandó ($k = 1.38 \times 10^{-23}$ J/K)

T_0 : abszolút hőmérséklet ($T_0 = 290$ K)

B : vevőzaj sávszélessége [Hz]

C/N : a vevő bemenetén a szolgálat által megkívánt RF jel-zaj viszony (dB)

G : félhullámú dipólra vonatkoztatott antennanyereség (dBd)

f : frekvencia (Hz)

c : fénysebesség (m/s)

L_f : kábelcsillapítás (dB)

A vevő zajhatárolt érzékenységevel analóg paramétert jelenti térerősségben kifejezve. SFN hálózatban a minimális térerősség határát a hasznos adók együttes hatása határozza meg. A minimális térerősség szinteket külön ITU ajánlások tartalmazzák. Analóg televízióra az ITU-R BT. 417-5 [85], a különböző digitális rendszerekre az ITU-R BT. 1368-7 Ajánlásban [86] foglaltak a mérvadók.

2.2.6.3 Minimális közepes egyenértékű térerősség

Minimális közepes egyenértékű térerősség ($E_{\text{med}}(50,50)$) a hely és az idő 50%-ára meghatározott térerősség, ami a következő összefüggéssel határozható meg [35] [87].

$$E_{\text{med}}(50,50) = E_{\min}(L, 50) + P_{\text{mmn}} + C_1(L) + L_h + L_b \quad (5)$$

ahol

$E_{\min}(L, 50)$: minimális térerősség a hely L és az idő 50%-ára [dB(μ V/m)]

P_{mmn} : ember által keltett zajból adódó védelem [dB]

$C_1(L)$: L helyszázalékhoz tartozó helykorrekciós tényező [dB]

L_h : 10 m-től eltérő vevőantenna magasság miatti veszteség [dB]

L_b : az épületbehatolás miatti veszteség [dB]

2.2.6.4 Egyedi jel zavaró jelszintje

Tervezéskor szükség van az egyedi zavaró jelek (televízió és más rádiófrekvenciás eszközök) térerősség szintjének a megállapítására is. Ekkor arra vagyunk kíváncsiak, hogy a hasznos adó szolgáltatási területén belül más adók mekkora zavaró jelszintet hoznak létre. A zavaró térerősségek meghatározásához többnyire 1%-10%-os időgörbéket kell használni, de

lehetőség van kölcsönös megállapodás esetén más időszázalék figyelembe vételére is. Az egyedi jel zavaró jelszintje (E_{ni}) meghatározásához szükséges a védelmi érték és antenna diszkriminációs korrekció definiálása [37] [35] [87].

2.2.6.4.1 Védelmi értékek

Védelmi érték (PR) azt a dB-ben kifejezett értéket jelenti, amennyivel a vevő bemenetén mért hasznos jel szintjének minimum meg kell haladnia az ugyanott mért zavaró jelek összegzett szintjét a vevő megfelelő működéséhez [87]. Védelmi értékek az azonos és különböző szolgálatok között a vonatkozó ITU ajánlásokban és vagy Megállapodásokban található.

2.2.6.4.2 Antenna diszkriminációs korrekció

A szolgálat típusától, illetve a vételi módtól függően lehetőség lehet keresztpolarizációs védelem, illetve a vevőantenna irányítottságának is a figyelembe vételére (A_R). Az alkalmazható védelmi értékek vonatkozó ITU ajánlásokban vagy megállapodásokban vannak definiálva.

Műsorszóró adóknál az ITU-R BT. 419 Ajánlás [88] alkalmazandó fix vételi módra. Más vételi módoknál nincs antenna diszkriminációs korrekció figyelembe véve. Egyéb elsődleges szolgálatoknál külön-külön kell megvizsgálni az antenna diszkriminációs korrekció alkalmazásának lehetőségét [35] [87].

2.2.6.4.3 Zavaró térerősség

Zavaró térerősség egy tetszőleges interferencia forrásból származó nemkívánatos jel (zavaró adó) térerőssége a helyek 50%-ára és az idő egy adott T százalékára meghatározva. Az **egyedi jel zavaró jelszintje** (E_{ni}) a **zavaró térerősségének** ($E_i(50,T)$), a megfelelő védettségi szintnek (PR_i), a helykorrekciós tényezőnek ($C_2(L)$) és a vevőantenna irányítottságából/keresztpolarizációból adódó (A_R) védelemnek az összege, mely általánosságban az

$$E_{ni} = E_i(50,T) + PR_i + C_2(L) + A_R \quad (6)$$

képlettel határozható meg, ahol

$E_i(50,T)$: zavaró térerősség a hely 50 és az idő T százalékára [dB(μ V/m)]
 PR_i : védelmi érték [dB]
 $C_2(L)$: helykorrekciós tényező [dB]
 A_R : vevőantenna védelem [dB]

A számításokban a zavaró jelek együttes hatásával kell számolni. A zavaró jelek statisztikus összegzése ugyan olyan módszerekkel történik, mint a hasznos jel összegzése, de aszimmetrikus jellege miatt egyszerűbb összegzési módszerek is alkalmazhatóak [37] [35] [87].

A minimális jelszint, védelmi értékek, antenna diszkrimináció mérések és/vagy számítások alapján meghatározott értékek. Kutató intézetek, szolgáltatók, gyártók, stb. intézmények által

benyújtott, széles körben megvitatott, és többnyire kompromisszumokon alapuló megállapodások eredménye. Ezeknek az értékeknek a megválasztása az analízisekhez külön megfontolást nem igényel. A nehézséget a hasznos és a zavaró adó által létrehozott térerősségek meghatározása jelenti [37].

2.2.7 Összetett jelek, jelösszegző eljárások

A védelmi és ellátottsági vizsgálatokban - extrém esetektől eltekintve - több adótól származó zavaró jeleknek az együttes hatásával kell számolni, melyet alkalmasan választott térerősség összegző módszerrel lehet meghatározni. SFN hálózat működése egy vételi pontban több hasznos jel vételét is jelenti. Az eredő hasznos jelszintet az egyedi jelek kombinációjából lehet meghatározni.

Az alapvető kérdés az, hogyan kell, illetve lehet összegezni SFN hálózatoknál a hasznos, illetve több zavaró jel esetén a zavaró jeleket, és hogyan lehet figyelembe venni a zajt. Tekintettel arra, hogy a jel erőssége statisztikus módszerekkel írható le, ezért jelek összegzésére is alkalmazhatók a statisztikus módszerek. Zavaró jelek összegzésére azonban szinte kizárólag a nem statisztikai módszeren alapuló teljesítmény összegzést (Power Sum) alkalmazzák, míg a statisztikus módszerek inkább a hasznos jelek meghatározásánál szokásos. SFN esetén az egyedi hasznos jelek teljesítményeit összegzik. A módszer a hálózatnyereséget nem tudja figyelembe venni. A módszer elfogadható eredményt ad 50%-os helyszázalékra, de elég pontatlan magasabb értéknél a nem statisztikus jelleg miatt, ezért digitális SFN hálózatok hasznos jeleinek összegzésére ritkán használják. A legismertebb jelösszegző eljárások még a szimuláción alapuló **Monte-Carlo** eljárás, az **egyszerűsített szorzat**, **Log-normal** eljárás [33], a **t-LNM** és **k-LNM módszer** [34] [35] [37] [87].

2.2.7.1 Használható térerősség

A **használható térerősség** (E_u) a hasznos adó által létrehozott térerősségnek a minimális értéke, mely lehetővé teszi a kívánatos vételi minőség elérését meghatározott vételi körülmények, természetes és ember által okozott zaj, illetve több zavaró adó által létrehozott interferencia mellett. A vevő jelhatárolt érzékenységevel analóg paramétert jelenti térerősségben kifejezve [37].

Power Sum teljesítmény összegzési eljárással az együttes zavaró jel az egyedi jel zavaró jelszintjeinek (E_{ni}) és a minimális térerősség teljesítményeinek (a zaj reprezentálása) az összegzéséből adódik. Meghatározása k zavaró adó esetén az

$$E_u = 10 * \lg(10^{E_{med}/10} + \sum_{i=1}^k 10^{E_{ni}/10}) \quad (7)$$

képlettel történik, ahol

- E_u : a használható térerősség [dB(μ V/m)]
- E_{med} : Minimális közepes egyenértékű térerősség (L=50%, T=50%) [dB(μ V/m)]
- E_{ni} : az i -dik egyedi jel zavaró jelszintje [dB(μ V/m)].

A koordinációs számításokhoz használt módszert a megállapodások rendszerint előírják, mely többnyire a Power Sum teljesítményösszegző eljárás alkalmazását jelenti. Nemzeti

tervezésnél az ellátottsági terület meghatározásához tetszőleges módszer választható. Tekintettel arra, hogy az értékezésben a zavaró hatás mértékének a vizsgálata a cél, ezért a többi jelösszegző eljárás részletes ismertetésére nem térek ki.

2.2.8 Kompatibilitási kritérium

A kompatibilitási kritérium (összeférhetőségi követelmény) szintén nem szerepel a fogalom meghatározásokban. A kompatibilitási kritérium kifejezést a továbbiakban a következő értelemben használom.

A kompatibilitási kritérium olyan műszaki paraméterekkel meghatározható mérőszám, amelyhez egy üzembe helyezendő rádiófrekvenciás eszköz által okozott zavarozintet vagy az okozott zavarozint növekedést viszonyítani lehet, s melynek alapján eldönthető, hogy okoz-e a megengedett vagy az elfogadható mértéknél nagyobb zavart vagy sem. Ha a küszöbszintet, a kompatibilitási kritériumot nem lépi túl a tervezett szolgálat zavaróhatása, akkor azt mondjuk, hogy a kompatibilitási kritérium teljesül, a javasolt rádióállomás kompatibilis a vizsgált másik rádióállomással.

A kompatibilitási kritérium teljesülésének vizsgálatához ismerni kell a védelmi kritériumot, a védelmi értéket, a jelhatárolt érzékenységet, és meg kell tudni határozni a hasznos és zavaró térerősségeket. A védelmi értékeket és a minimális hasznos jelszinteket a GE06, illetve az utalt ITU Ajánlások, illetve más dokumentumok tartalmazzák. A hasznos és zavaró térerősségek számítását a tervezés folyamán a kompatibilitási vizsgálatokhoz egyedileg kell elvégezni.

2.2.9 Alkalmazott kompatibilitási kritériumok

Az egyezmények és egyéb műszaki szabályozási dokumentumok tanulmányozása során arra a megállapításra jutottam, hogy a kompatibilitási kritériumok alapvetően két csoportba sorolhatók.

2.2.9.1 Használható térerősség szint-növekedés

A kompatibilitási kritérium úgy van megadva, hogy a használható térerősség szint-növekedés (ΔE_u) nem haladhatja meg az előírt értéket. A használható térerősség szintet meg kell határozni a tervezett adóval ($k+1$ számú adóval), illetve annak figyelembe vétele nélkül (k számú adóval). E két érték különbsége adja a használható térerősség szint-növekedést dB-ben. Az egyezmények többnyire a Power Sum jelösszegző eljárást ajánlják a zavaró jelek összegzésére, mellyel a használható térerősség szint-növekedés a (8) képlettel adható meg.

$$\Delta E_u = 10 * \lg(10^{E_v/10} + \sum_{i=1}^k 10^{E_{ni}/10} + 10^{E_{n(k+1)}/10}) - 10 * \lg(10^{E_v/10} + \sum_{i=1}^k 10^{E_{ni}/10}) \quad (8)$$

ahol

- ΔE_u : a használható térerősség szint-növekedés [dB]
- E_v : a védendő hasznos jelszint [dB(μ V/m)]
- $E_{n(k+1)}$: a $(k+1)$ -dik egyedi jel zavaró jelszintje [dB(μ V/m)]
- E_{ni} : az i -dik egyedi jel zavaró jelszintje [dB(μ V/m)].

Védett hasznos jelszint (E_v) többnyire az E_{med} , de más választott érték is lehet. Analóg szolgálatoknál (műsorszóró vagy egyéb szolgálat) a 2.2.5 fejezetben elmondottak szerint E_{med}

$=E_{\min}$. A továbbiakban az egyszerűbb szóhasználat miatt „minimális térerősség” kifejezés alatt DVB-T állomásokra az E_{med} , egyéb esetben az E_{\min} értendő.

2.2.9.2 Zavartatás függvény

A kompatibilitási kritérium úgy van megadva, hogy az $r_{(L)}$ zavartatás függvény nem haladhatja meg az előírt értéket. Az $r_{(L)}$ zavartatás függvény a tervezett adó egyedi jel zavaró szintjének és a védett hasznos jel szintjének a különbsége a következő összefüggés szerint:

$$r_{(L)} = E_{ni} - E_v(50,50) = E_i(50,T) + PR_i + C_2(L) + A_R - E_v(50,50) \text{ [dB]} \quad (9)$$

ahol

- E_{ni} : az i -dik egyedi jel zavaró jelszintje [dB(μ V/m)]
- E_v : a védendő hasznos jelszint [dB(μ V/m)]
- $E_i(50,T)$: zavaró térerősség a hely 50 és az idő T százalékára [dB(μ V/m)]
- PR_i : védelmi érték [dB]
- $C_2(L)$: helykorrekciós tényező [dB]
- A_R : vevőantenna védelem [dB].

2.2.10 Tipizált vételi paraméterekkel jellemzett tervbejegyzések védelmi viszonyai

Digitális hálózatoknál, ha a tervezési szakaszban például a vételi mód, DVB-T rendszerparaméterek még nem ismeretesek, akkor a tervbejegyzésekhez rendelt referencia tervezési konfiguráció segítségével lehet a tervezést elvégezni [89]. RPC megadása lehetővé teszi, hogy a több száz kombinációs lehetőséget biztosító digitális rendszer konkrét paramétereit a vételi módra, modulációra, hibajavító kódarányra, stb. majd az implementáláskor felmerülő igények szerint később is meg lehessen választani. Az RPC egy reprezentatív kombinációja a tervezésre használt kritériumoknak és paramétereknek. Mindkét típusú tervbejegyzéshez a három referenciatervezési konfiguráció (RPC1, RPC2 és RPC3) valamelyike választható. A referencia tervezési konfigurációk nem társíthatók valamely adott DVB-T rendszervariánshoz [66][90].

Az egyes RPC-eket a hozzájuk rendelt referencia védendő minimális közepes egyenértékű térerősség ($E_{(\text{med})_{\text{ref}}}$), védelmi érték (PR_{ref}) és helyszázalék (L_{ref}) (**2. táblázat**) jellemzi, mely meghatározza, hogy milyen maximális zavart hozhat létre egy új tervbejegyzés a már elfogadott tervbejegyzések ellátottsági területének kijelölt vizsgálati pontjaiban. A legtöbb szomszédos országgal összhangban Magyarország és a koordinációs övezeten belüli országok egységesen a műszaki paraméterek megválasztásánál a kültéri hordozható vétel biztosítását tűzték ki célul (RPC2 tervezési konfiguráció), így a későbbiekben az erre jellemző védelemre tarthatnak igényt.

2. táblázat. DVB-T referencia tervezési konfigurációk paraméterei (forrás: [64])

RPC	RPC1	RPC2	RPC3
Referencia helyszázalék (L_{ref} [%])	95	95	95
Referencia védelmi érték (PR_{ref} [dB])	21	19	17
Referencia minimális közepes térerősség ($(E_{\text{med}})_{\text{ref}}$ [dB μ V/m] $f_r = 650$ MHz-nél)	56	78	88

Jelen kutatásom szempontjából irreleváns az, hogy milyen megfontolások alapján lehet az RPC-t megválasztani, csak az a lényeges, hogy a választott RPC-hez tartozó védendő

minimális térerősség és védelmi érték mekkora. Mivel az $E_{(med)ref}$ nem feleltethető meg egyetlen tervezési konfigurációhoz tartozó E_{med} értékkel sem, a megfelelő PR értékek is eltérnek bármelyik konkrét tervezési konfigurációhoz tartozótól. A referencia tervezési konfigurációk csak annyiban jelentenek kötöttséget, hogy a valódi hálózat megvalósításakor csak a tervben szereplő RPC-nek megfelelő védelem igényelhető az adott kiosztási körzet határán.

A referencia tervezési konfigurációkra jellemző $E_{(med)ref}$ értékét adott referencia frekvenciára határozták meg, melyeket a frekvencia függvényében korrigálni kell a (10) és (11) képletek szerint.

$$E_{med}(f) = (E_{med})_{ref}(f_r) + C_{kor} \quad (10)$$

ahol

- f: a tényleges frekvencia [MHz]
 f_r : 650 MHz
 $(E_{med})_{ref}(f_r)$: Minimális közepes egyenértékű térerősség (L=50%, T=50%) 650 MHz-en [dB(μ V/m)]
 C_{kor} : $20\log_{10}(f/f_r)$ fix, illetve $30\log_{10}(f/f_r)$ hordozható és mobil vételre [dB](11)

A frekvencia eltérésekből eredő korrekciót digitális műsorszórás esetén a térerősségek és egyéb frekvenciafüggő jellemzők meghatározásánál mindig alkalmazni kell.

2.2.11 Tipizált adási paraméterekkel jellemzett tervbejegyzések várható interferenciája

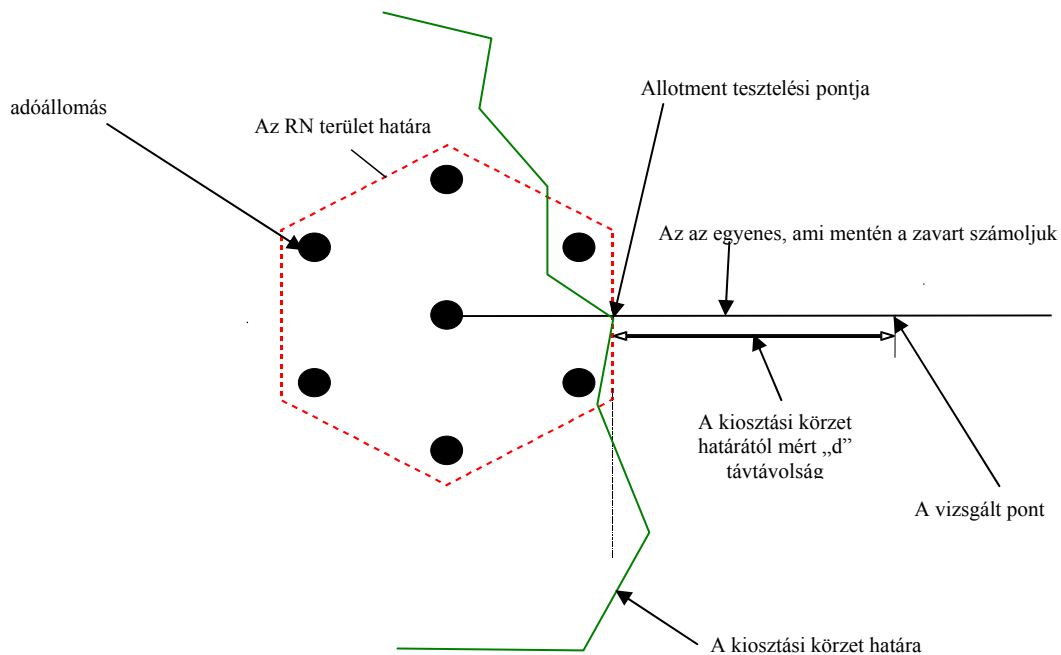
Az allotment típusú tervbejegyzéseknél a tervezési szakaszban az adóberendezések telepítési helye és sugárzási paraméterei még nem ismertek, ezeket akkor kell meghatározni, amikor a frekvenciakiosztást implementálják, azaz egy vagy több kijelöléssé alakítják át. Kiosztási körzetek esetén nincsenek konkrét adóállomások, melyeknek a zavaró jelszintjét meg lehetne határozni, ezért hozták létre a különböző referencia hálózatokat. A referencia hálózat egy segédeszköz annak érdekében, hogy a kompatibilitási számításokat el lehessen végezni [89].

3. táblázat. Az RN 1 paraméterei (nagykiterjedésű SFN) (forrás: [64])

RPC és vételi típus	RPC 1 fix antennás vételre	RPC 2 Hordozható kültéri és mobil vételre	PRC 3 Hordozható beltéri vételre	
Hálózat típus	Nyitott	Nyitott	Nyitott	
A szolgálati terület geometriája	Hatszög	Hatszög	Hatszög	
Adóberendezések száma	7	7	7	
Adóberendezések geometriai elrendezése	Hatszög	Hatszög	Hatszög	
Adók közti d távolság (km)	70	50	40	
Szolgálati terület D átmérője (km)	161	115	92	
Effektív adóantenna magasság (m)	150	150	150	
Adóantenna karakterisztikája	Nem irányított	Nem irányított	Nem irányított	
ERP	IV/V. sáv	42.8	49.7	52.4
Az ERP a IV/V. sávban 650 MHz-re van megadva. Más frekvencián korrekciót kell alkalmazni				

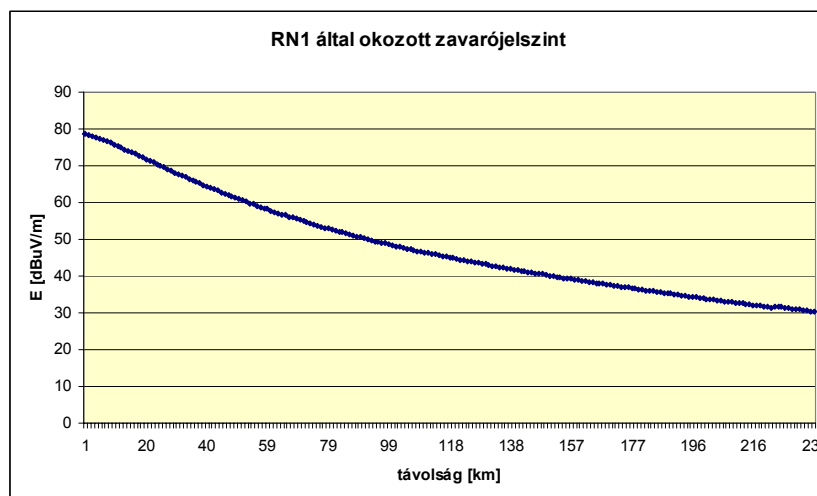
Az okozott potenciális zavaró jelszint a referencia hálózathoz rendelt fiktív adók sugárzási paramétereiből és elrendezéséből (3. táblázat, 13. ábra) [8][64] határozható meg a megfelelő jelösszegző eljárás alkalmazásával azon egyenes mentén, ami a referencia hálózaton kívül van és a referencia hálózat határán kezdődik.

Kiosztási terv tesztpontokból kiadódó kontúrral körbehatárolt területtel (a kiosztási körzettel), hozzá rendelt csatornával, választott referencia hálózattal (RN) és megfelelő vételi paraméterekkel vagy referencia tervezési konfigurációval (RPC) van megadva.



13. ábra. Példa RN1 hálózatra és elhelyezése az allotment zavarának számításához (forrás: [64])

A tervezést megkönnyíti, ha a zavarójel kiszámítását nem kell minden egyes alkalommal külön-külön elvégezni, hanem előre elkészített térerősség görbékből olvasható le, melyre példa a 14. ábrán látható.



14. ábra. RN1 által létrehozott potenciális interferencia RPC 2 esetén

A megadott kiosztási körzeteken belül, a GE06 Egyezményben rögzített zavartatási és védelmi kritériumok tiszteletben tartása mellett a hálózat szabadon megtervezhető (új telephelyek, más típusú hálózat, stb.), illetve tovább bővíthető. A műszaki megvalósítás alapvető feltétele az, hogy a valódi hálózat nem hozhat létre nagyobb zavart saját vagy más ország azonos csatornás kiosztásainak határán, illetve nem igényelhet nagyobb védelmet a tervben szereplő kiosztásokhoz képest. A nemzeti hatóságok országon belüli koordinációhoz előírhatnak, illetve a szomszédos országok bizonyos esetekben külön megállapodhatnak enyhébb vagy szigorúbb zavartatási szintek elfogadásában.

Jelen kutatásom szempontjából irreleváns az, hogy milyen megfontolások alapján lehet az RN-t megválasztani, csak az a lényeges, hogy a választott RN-hez tartozó potenciális zavaró jelszint mekkora. A tervezés során egy adott kiosztási körzethez rendelt referenciahálózat, a későbbi megvalósítás során csak a GE06 tervvel való megfelelés ellenőrzéséhez szükséges.

2.2.12 Zavartatás vizsgálat menete

2.2.12.1 Potenciálisan zavart frekvenciakijelölések vagy frekvenciakiosztások kiválasztása

Potenciálisan zavart frekvenciakijelölésnek vagy frekvenciakiosztásnak a GE06 tervben lévő analóg és digitális televízió és egyéb elsődleges szolgálatok tervbejegyzései, valamint a tervbe még nem bejelentett, de kétoldalú koordinációs eljárásban már elfogadott műsorszóró és egyéb elsődleges szolgálatok frekvenciakijelölései vagy frekvenciakiosztásai értendők. Az összeférhetőségi számításokat tehát adott műszaki paraméterekkel rendelkező önálló adókra, két vagy több ismert telephelyű adóból alkotott SFN hálózatokra, az előző fejezetekben bemutatott RPC-kre, referencia hálózatokra vagy ezek kombinációjára kell elvégezni.

A kompatibilitási számítást rendszerint nem kell az összes tervben lévő tervbejegyzés meghatározni. A vizsgálatok előtt javasolt előszelekciót végezni. Ez rendszerint a frekvencia, illetve a számított egyedi jel zavaró jelszintje alapján történik. Műsorszóró adóknál ez az azonos- és szomszéd-, bizonyos esetekben a tükörcsatornás adók kiválasztását jelenti. Az E_{ni} szerinti leválogatásra csak a CH97 Egyezmény[45], illetve az NHH digitális televíziókra kiadott műszaki irányelve ad iránymutatást, melyek szerint azokat az adókat kell vizsgálni, amelyek a tesztelési pontokban $E_{ni} \geq (E_{med} - 15)$ dB μ V/m zavaró jelszintet hoznak létre. Természetesen ettől eltérő szempontok alapján is lehet válogatni (analóg műsorszóró adóknál elterjedt a 20 legnagyobb zavart elszennvedő adó kiválasztása [91]).

Új vagy módosított tervbejegyzés esetén nem csak az okozott zavar mértéke fontos, hanem az elszennvedett zavar is. Hiába sikeres egy olyan tervbejegyzés egyeztetése, amely nem okoz a megengedettnél nagyobb zavart, ha a már koordinált tervbejegyzések által okozott zavar miatt megfelelő szolgáltatás biztosítására nem alkalmas. Az, hogy mekkora zavar tekinthető elfogadottnak a tervezett adónál azt nemzetközi egyezmények nem szabályozzák, egyedi megfontolásokon alapul. Nem tárgya a kompatibilitási kritériumoknak.

Kompatibilitási kritérium szempontjából a védett tervbejegyzések egyik legfontosabb jellemzője a zavarokkal szembeni érzékenysége, a tervezett tervbejegyzéseknek pedig az okozott interferencia mértéke.

A digitális tervbejegyzések zavarérzékenységét a választott vételi mód, moduláció, hibajavító kódarány vagy az RPC határozza meg. Az analóg tervbejegyzések zavarérzékenységét a választott rendszer, frekvencia és offset befolyásolja. Egyéb elsődleges szolgálatok zavarérzékenysége a szolgálat jellegétől függ.

2.2.12.2 Várható interferencia

Adó vagy adóhálózat várható interferenciája az a zavaró interferencia szint, ami a hálózaton kívül keletkezik. Ha a tervezési folyamat során a hálózat zavaró hatása nem ismert, akkor a referencia hálózattal számolt értéket (2.2.11 fejezet) kell figyelembe venni, mint a valós hálózatot reprezentáló várható zavar.

A kijelölések által létrehozott interferenciát/zavart az adó sugárzási paramétere (ERP, h_{eff} , antenna-karakterisztika), valamint a távolság határozzák meg. Egy SFN hálózatnál, amennyiben ismertek az SFN-t alkotó adók, a zavarforrást jelentő hálózatban található összes adó jelének az összegzésével állapítható meg az okozott zavar mértéke.

A kompatibilitási számításoknál fontos információ az is, hogy mely pontokban kell a kompatibilitási kritériumot vizsgálni. A szolgálattól, a tervbejegyzés típusától és az alkalmazandó kompatibilitási kritériumtól függően az elv változhat.

Műsorszóró szolgálatoknál frekvenciakijelölések esetén az E_{med} -del, illetve az E_u -val jellemzett minimális térerősség, illetve ellátottság határán 10 fokként 36 (esetleg 30 fokként 12) tesztelési pontban, vagy két pontban, az adókat összekötő egyenes mentén a legközelebbi és legtávolabbi pontban történhet. Az egyéb elsődleges szolgálatoknál rendszerint koordinátákkal adják meg a vizsgálatokhoz szükséges egy, bizonyos esetekben több (rendszerint 36) tesztelési pontot. Ha az ellátottsági határ átnyúlik szomszédos ország területére, a számításokat azokban az irányokban az országhatáron kijelölt pontokra kell végezni. Kisteljesítményű adók esetén sokszor elegendő egyetlen pontban, az adó telephelyén meghatározni a zavartatást. Frekvenciakiosztások védelmét a kiosztási körzetet határoló tesztelési pontokban kell biztosítani.

A tesztelési pontokban a térerősség értékeket különböző terjedési modellek alkalmazásával lehet kiszámítani. Az RRC06 értekezlet határozata alapján földi szolgálatokra a zavaró jelek térerősségének kiszámítását az ITU-R P. 1546 Ajánlásban található terjedési modellek alapján, terep figyelembe vétele nélkül kell elvégezni a hely 50%-ára, valamint az idő 1%-ára műsorszóró adóknál, 10%-ára légi rádió navigáció szolgálatnál. Lehetőség van azonban két- vagy többoldalú megállapodás alapján pontosabb modellek alkalmazására, akár a 1546-os alkalmazására terepadatokkal, akár más, a terjedési útvonal jellemzőit a teljes szakaszra figyelembe vevő modelleket. Egyéb szolgálatok fedélzeti vevőinél szabadtéri terjedéssel kell számolni a rádió horizontig. Azon túl zavart nem feltételezünk.

A tesztelési pontokban az előírt kompatibilitási kritériumnak megfelelően a ΔE_u , illetve $r(L)$ értékét a (8) és (9) képletek felhasználásával lehet meghatározni.

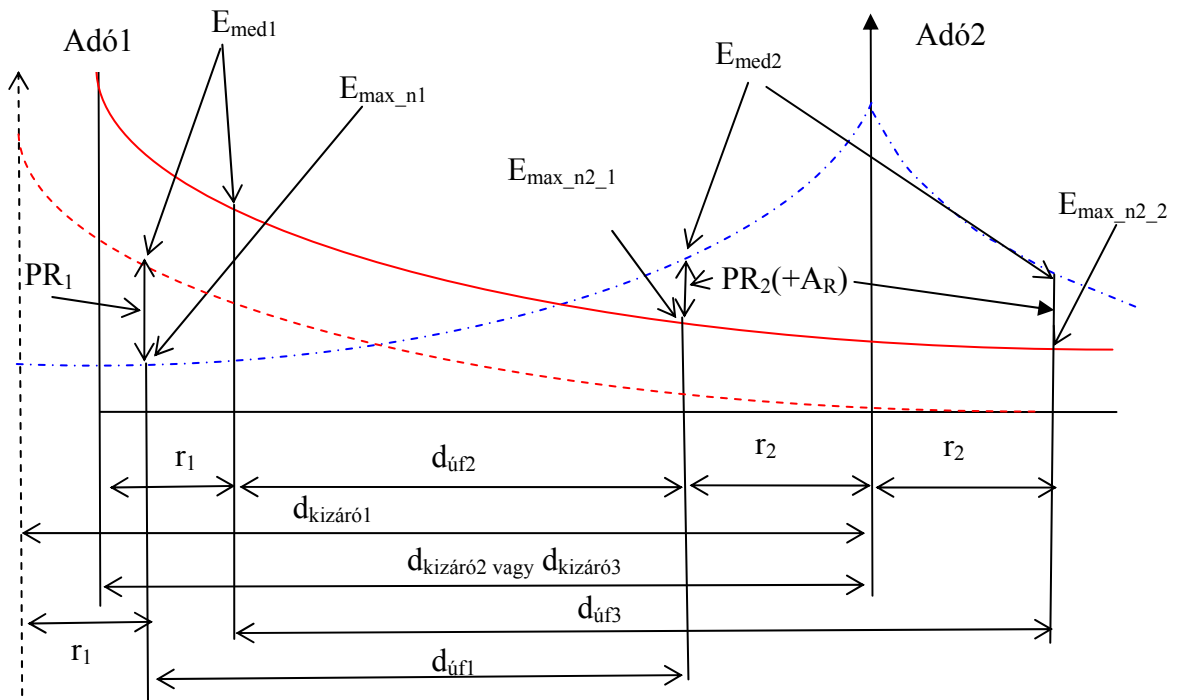
2.2.13 Kizárótávolság

A kompatibilitás vizsgálatok elvégzését a kizárótávolságok alkalmazása megkönnyítheti [47]. Kizárótávolság az a minimális távolság, aminek a védett és zavaró állomás között kell lenni, hogy a potenciális zavaró adó a védett állomásnak zavart ne okozzon. Ha a védendő szolgálatnál antennavédelem nincs figyelembe véve, akkor a védelmi vizsgálatot az ellátottsági kontúr (jellemzően műsorszórás) zavaró adóhoz legközelebbi pontján vagy a legközelebbi kijelölt tesztelési pontban (jellemzően egyéb szolgálatok) kell csak elvégezni. Ha a védendő szolgálatnál antennavédelem figyelembe van véve (például tetőantennás televízió vételnél), akkor a védelmi vizsgálatot az ellátottsági kontúr zavaró adóhoz legközelebbi ($E_{max_n2_1}$) és legtávolabbi pontján ($E_{max_n2_2}$) is el kell végezni. A közelebbi pontban antennavédelemmel, a távolabbi pontban anélkül kell a zavaró jel szintjéből a

megengedett zavaró térerősséget, abból pedig a szükséges távolságot (a példában E_{\max_n1} -ből a $d_{\text{úf}1}+r_2-t$, $E_{\max_n2_1}$ -ből a $d_{\text{úf}2}+r_1-t$, $E_{\max_n2_2}$ -ből a $d_{\text{úf}3}+r_1-t$) meghatározni. A különböző E_{ni} zavaró jel szinteket a (6) képlet felhasználásával lehet meghatározni.

Amennyiben a védelem biztosítását mindkét irányban vizsgálni kell, akkor a számított kizárótávolságok közül a legnagyobb a tényleges kizárótávolság. A **15. ábra** műsorszóró adók kizárótávolságának a meghatározását mutatja. A kizárótávolság az újrafelhasználási távolságokból ($d_{\text{úf}}$)-ból és az ellátottsági sugarakból határozható meg.

Adó1'



15. ábra. Kizárótávolság

$$d_{\text{kizáró}} = \max(d_{\text{kizáró}1}, d_{\text{kizáró}2}, d_{\text{kizáró}3}) \text{ [km]}, \quad (12)$$

ahol

$$d_{\text{kizáró}1} = d_{\text{úf}1} + r_2 + r_1 \text{ [km]} \quad (13)$$

$$d_{\text{kizáró}2} = d_{\text{úf}2} + r_1 + r_2 \text{ [km]} \quad (14)$$

$$d_{\text{kizáró}3} = d_{\text{úf}3} + r_1 - r_2 \text{ [km]} \quad (15)$$

Amennyiben valamelyik vagy mindkét állomás olyan, hogy kijelölt tesztelési pontokban kell a védelmet biztosítani, akkor a számítás menete ugyanez, de az adott szolgáltatásra vonatkozóan $r=0-t$ kell behelyettesíteni.

A vizsgálatok során az alábbi esetek feltételezhetők:

1. Két ismert állomás (kijelölt telephely) tekintetében kell eldönteni, hogy a köztük lévő távolság nagyobb-e a kizárótávolságnál vagy sem.

2. Ismert a védett állomás, de nem konkrét potenciális zavaró adóállomás üzembe helyezési lehetőségeit kell megvizsgálni, hanem általánosságban kell a lehetőségeket és korlátokat feltérképezni.

3. Ismertek a potenciális zavaró adó paraméterei (helye, magassága, teljesítménye, stb.) és az a kérdés, hogy a potenciális zavaró adó okoz-e a megengedettnél nagyobb zavart védett állomásoknak, illetve milyen korlátozások esetén teljesül a kompatibilitás.

Első esetben a **15. ábra** és a kapcsolódó gondolatmenet alapján lehet a kizárótávolságot meghatározni és dönteni.

A második és harmadik esetben érdemes a kizárótávolság helyett a „kizáróterület”-et bevezetni, hiszen egy pontból sok pontra, vagy sok pontból egy pontra vonatkozóan kell „végtelen sok kizárótávolságot” meghatározni az első esetre ismertetett módon.

Második esetben a védendő szolgálat telephelye körül lehet kijelölni azt a területet, amelyen belül adott ERP és h_{eff} értékek mellett új állomást (potenciális zavaró állomást) nem lehet üzembe helyezni. Kizáróterületen azt a területet értem (rendszerint kör, de lehet szabálytalan alakzat is a vevőantennától, tereptől, stb. függően), amelyen belül a védendő szolgálat vevőantennája helyezkedik el, és amelyen belül az interferenciát okozó állomás nem üzemelhet a védett szolgálatnak okozott káros zavarás miatt (**16. ábra**). A számítás alapja az, hogy a zavaró adó által a védett szolgálat vevőantennájának közelében létrehozott E_{ni} zavaró térerősség nem lehet nagyobb a védelmi kritériummal csökkentett védendő térerősségnél (E_v).

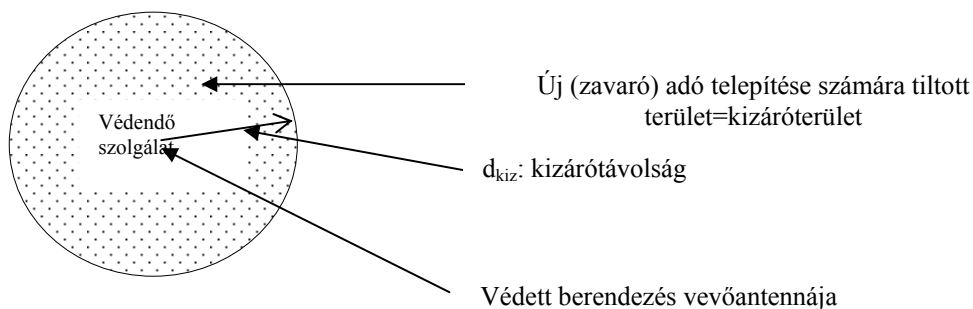
$$E_{ni} \leq E_v - RZJ(\Delta E_u) \quad (16)$$

ahol

E_{ni} : az i-dik egyedi jel zavaró jelszintje [dB(μ V/m)]

E_v : a védendő hasznos jelszint [dB(μ V/m)]

$RZJ(\Delta E_u)$: a maximális megengedett zavaró jel szintjének relatív értéke [dB]

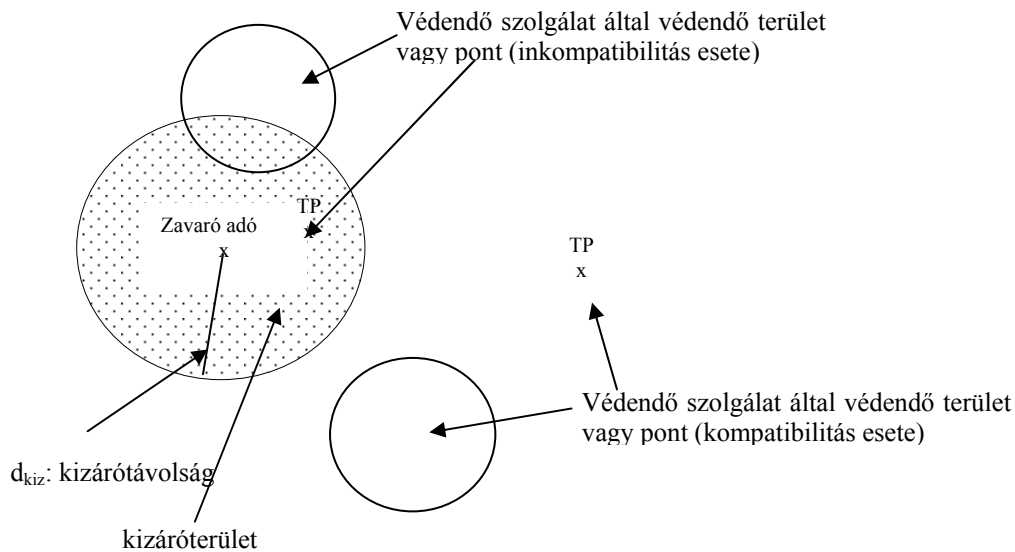


16. ábra. A kizárótávolság és kizáróterület szemléltetése (1)

A kizáróterület kontúrját az egyenlőség teljesülése határozza meg.

Harmadik esetben praktikusán kizáróterületen azt a potenciális zavaró adó köré rajzolt alakzatot értem, amelynek kontúrján a (16) képletből számított egyedi jel zavaró jelszintjére (E_{ni-re}) az egyenlőség teljesül. Ha ezen a kontúron belül vannak olyan kijelölt pontok, amelyekre a védendő szolgálatnak a szükséges védelmet biztosítani kell, akkor a kompatibilitás nem teljesül. Ebben az esetben a zavaró adó teljesítményét addig kell

csökkenteni, amíg az összes védendő pont kívülre nem kerül (vevő helye, vevő körül megadott körön, vagy más kontúron megadott pontok).



17. ábra. A kizárótávolság és kizáróterület szemléltetése (2)

2.3 Az alkalmazott kompatibilitási kritériumok áttekintése

Egy digitális tervbejegyzés implementálása azt jelenti, hogy a Tervben lévő kiosztási vagy kijelölési tervbejegyzést olyan valós adóparaméterekkel valósítják meg, melyek csatornáit megegyeznek, egyéb lényeges adóparaméterei, mint földrajzi elhelyezkedés, okozott interferencia nem lépik túl a megengedett határértéket.

Magyarországi műsorszóró állomások vagy frekvenciakiosztások tervezésekor, illetve üzembe helyezésekor figyelembe veendő műszaki kritériumokhoz az NHH honlapján megtalálható műszaki irányelvek [64][91] és tervezési követelmények [92][93] adnak útmutatást, illetve kötelezően betartandó előírásokat, amiknek a GE06 Megállapodás az alapja. Az egyéb elsődleges szolgálatokra vonatkozó műszaki előírások, védelmi paraméterek az előírásokban nem szerepelnek. Azokban a kérdésekben, amelyekre a magyar szabályozás nem tér ki vagy nem részletez, a GE06 [8] előírásait kell figyelembe venni.

2.3.1 Kompatibilitási kritériumok a GE06 Megállapodásban

Az újfajta (digitális) terv új egyezményvel párosult, az „allotment” típusú tervezés eredményeképpen új szabályozási elvek kerültek kidolgozásra és elfogadásra. Az analóg tervekhez képest új vizsgálati módszereket fogadtak el az országok [31]. A GE06 Megállapodás 4. és 5. cikkelye szabályozza a tervek módosításának eljárási szabályait. A tervek módosítása magában foglalja a meglévő bejegyzések paramétereinek változtatását, új adóállomás vagy allotment hozzáadását a tervhez, illetve a tervben lévő pozíciók visszavonását (törlését).

A 4. és 5. cikkely struktúrája hasonló a korábbi műsorszóró megállapodásokéhoz, tartalmát tekintve azonban lényegesen megváltozott. Például az igazgatások közötti közvetlen kommunikáció helyett az ITU BR-en keresztüli egyeztetésre helyeződik a hangsúly, azaz az ITU feladatköre megnő. Változott a részlejárások időtartama, így például több idő áll egyes

igazgatások rendelkezésére álláspontjuk végleges kialakítására. A digitális tervre jellemző új elem az allotment-assignment konverzió megfelelési vizsgálata.

2.3.2 4. cikkely: A terv módosítása

A 4. cikkely szerinti eljárás pontosan definiálja, mely esetekben és milyen eljárás lefolytatásával kell koordinációt végezni. A 4. cikkely eljárása két részre különül el. Az első az analóg és a digitális műsorszó tervek módosítására vonatkozik, beleértve assignmenteket, allotmenteket, illetve az allotmentek konverzióját. A második az egyéb, tehát nem műsorszó állomások frekvenciatervének módosítási eljárását tartalmazza. Néhány sajtóságos elemről eltekintve a két eljárás hasonló. A műsorszóra vonatkozó eljárás lépéseit a **2. melléklet**ben látható folyamatábra tartalmazza.

Amikor egy igazgatás meg akarja valósítani a konkrét digitális hálózatát, azaz a Terv szerinti **kiosztását** át akarja **konvertálni kijelölésekké**, vagy módosítani kívánja egy már meglévő digitális adó paramétereit (kijelölés módosítása), az Egyezmény 4. mellékletének II. szakaszában definiált **megfelelési vizsgálatot** kell elvégezni. Míg a korábbi megállapodások csak azt mondták ki, hogy már koordinált adó esetén nem kell újabb koordinációt lefolytatni, ha a módosítás olyan jellegű, ami a káros zavarás mértékét csökkenti, addig a GE06 ezt megállapító, vagy cáfoló teljesülését **jól definiált műszaki vizsgálattal** meg is adja [8][31].

Csak akkor kell koordinációs egyeztetést folytatni, ha a megfelelés feltételei nem teljesülnek, illetve ha a II. megjegyzésoszlop alapján ez szükséges. A megfelelési vizsgálatban előírt kompatibilitási kritérium úgy fogalmazható meg, hogy a konkrét frekvenciakijelölés(ek) összegzett zavaró jelszintje nem haladhatja meg a digitális Tervben lévő kiosztáshoz vagy kijelöléshez tartozó legrosszabb eset szerinti zavaró jelszintet. Ily módon előírt kompatibilitási kritérium tehát abban az esetben alkalmazható, ha **van egy referencia zavaró jelszint**.

Új adó üzembe helyezésének kérelme esetén koordinációs eljárás lefolytatására van szükség, ha az adó paramétereiből meghatározott koordinációs távolság az Egyezmény 4. mellékletének I. szakasza alapján végzett vizsgálat szerint túlnyúlik az országhatáron [8][64]. Műsorszó állomások (analóg és digitális) közötti koordinációs eljárás lefolytatását igénylő esetekre azonban **kompatibilitási kritérium vizsgálata nem szerepel** az eljárási folyamatban. Ennek egyik oka lehet, hogy a megállapodás műszaki előkészítése során a káros zavarás kritériumának definíciója nem került be a műszaki előírásokba (ennek pontos oka nem ismert). Az eljárás a kérdést úgy rendezi el, hogy a megkeresett igazgatás megítélésére bízta a kompatibilitás meglétének elbírálását. Elutasítás esetén lehetőség van az ITU Irodájának közbenjárását kérni, de várhatóan ez csak adminisztratív tevékenységre fog kiterjedni, konkrét műszaki vizsgálatok nélkül.

2.3.3 5. cikkely: bejelentés az ITU-hoz

A Nemzetközi Rádiószabályzat (RR) 11. cikkelye alapján az adóállomásokat (ez a cikkely allotmentekre nem vonatkozik) üzembe helyezés előtt be kell jelenteni az ITU-hoz. Azokat az adóállomásokat lehet bejelenteni, amelyek a GE06 Terv részét képezik vagy amelyeket a megállapodás 4. cikkelye alapján sikeresen lekoordináltak az egyezményt aláíró érintett országokkal. A bejelentett adóállomásokat az ITU megjelenti a Master International

Frequency Register-ben (MIFR). Az ITU BR megvizsgálja, hogy a GE06 4. mellékletének II. szakaszában lefektetett műszaki kritériumoknak eleget tesz-e az adóállomás. Szintén vizsgálat tárgyát képezi, hogy az üzembe helyezés nincs-e feltételhez kötve a tervben lévő digitális és analóg televízió állomások, illetve egyéb szolgálatok tekintetében, illetve ezek a feltételek teljesülnek-e. Ha bármelyik kritérium nem teljesül, az ITU kéri a bejelentést tevő igazgatást a paraméterek módosítására.

2.3.4 Hiányzó kompatibilitási kritériumok

Az RRC04 konferencián hozott határozatok között szerepel, hogy a tervező értekezleten a digitális terv elkészítéséhez milyen kompatibilitási kritérium kerül alkalmazásra. A kompatibilitási kritérium megfogalmazására bevezették a „protection margin” (PM) „védelmi határ” definíciót, ami a használható térerősség szint és E_{med} különbsége dB-ben kifejezve, ahol mindig csak a vizsgált zavaró adó van figyelembe véve. [94]. Megállapítható, hogy ez a használható térerősségszint-növekedéséhez (ΔE_u) hasonló paraméter, ahol a viszonyítási szint mindig az E_{med} . Az RRC04 konferencián elfogadott elvek szerint a javasolt tervbejegyzés kompatibilis, ha $PM \leq 0.5$ dB bármelyik szolgálatra nézve [59]. A két értekezlet közötti időszakban az EBU által végzett tervezési gyakorlatok eredményei azt mutatták, hogy az igazgatások igényeit az elfogadott tervezési paraméterekkel nem lehet kielégíteni [95] [96]. A lehetséges javasolt megoldások között szerepelt a kompatibilitási kritérium enyhítése [97], melyet az igazgatások $PM \leq 3$ dB értékkel a műsorszóró szolgálatokra (analóg és digitális) el is fogadtak. Eszerint $PM \leq 3$ dB teljesülése esetén nem került bejegyzés az I. megjegyzéshez, vagyis ilyen esetekre nem írja elő a terv a koordináció szükségességét az átmeneti időszakra az analóg adók védelmének biztosítására. Annak ellenére, hogy a nagyszámú analóg és digitális televízió tervbejegyzést érintett a terv elkészítéséhez elfogadott kompatibilitási kritérium, az RRC06 értekezleten résztvevő országok mégsem emelték be a GE06 Egyezménybe, mint kötelező, de akárcsak ajánlott kompatibilitási kritérium a jövőbeni tervbővítésekhez.

Egyéb **földi telepítésű** elsődleges szolgálatok és műsorszóró állomások közötti koordinációt igénylő eljárásokra szintén nincs kompatibilitási kritérium előírva. A Megállapodás 4. Mellékletében azonban megtalálható az a kompatibilitási kritérium, amelyet a **Terv elkészítésekor alkalmaztak**. Eszerint a digitális tervbejegyzés zavaró jelszintje az egyéb földi telepítésű elsődleges szolgálatokhoz rendelt tesztelési pontokban nem lehetett nagyobb, mint az egyéb földi telepítésű elsődleges szolgálatokra megadott védelmi térerősség (E_v) mínusz 6 dB. ΔE_u -ban is meg van fogalmazva a kritérium, miszerint nem lehet 1 dB-nél nagyobb a használható térerősségszint-növekedés az E_v -hez viszonyítva.

Érdekessége az egyezménynek, hogy az egyéb földi telepítésű elsődleges szolgálatok által digitális tervbejegyzésnek okozott ΔE_u növekedés kritériumát is tartalmazza, miszerint nem lehetett 1.25 dB-nél nagyobb. Ugyanezeknek a kritériumnak az alkalmazása a terv módosítása vagy bővítése során ajánlott, ha másképpen nem egyeztek meg az igazgatások, de nem kötelező.

A tervezést és koordinációt segítő műszaki adatok és ajánlott módszerek a megállapodás mellékletét képezik. A GE06 Megállapodás nem tartalmaz minden műszaki részletet, helyette más szabályozó dokumentumok kötelező, illetve ajánlott figyelembe vételét írja elő, a megfelelő ajánlás vagy szabvány számára utalással. Fontos kérdés tehát, hogy a hiányzó kompatibilitási kritériumokra van-e kötelező vagy ajánlott érték a hivatkozott, vagy más szabályozási dokumentumokban.

2.3.5 Az UHF TV sávra vonatkozó EMC vizsgálatokkal összefüggő dokumentumok

2.3.5.1 ITU ajánlások

A GE06 hivatkozott ajánlásai a már említetteken kívül (ITU-R BT. 1368-7[86], ITU-R BT. 655-7 [98], ITU-R BS. 1660-2 [99], ITU-R BT. 1306-3 [100], ITU-R BS. 1114-5 [101]) röviden összefoglalva az analóg és digitális televízióra, illetve T-DAB-ra vonatkozó védelmi paramétereket, főbb rendszerjellemzőket, E_{\min} , antenna nyereség értékeket, különböző korrekciós tényezőket tartalmaznak. Az ITU-R SM. 851 Ajánlás [102] az UHF műsorszóró sávban a műsorszóró, illetve az állandóhelyű és/vagy a mozgószolgálat közötti sávmegeosztás védelmi értékeit foglalja össze. Az ajánlásban közvetlenül nincsenek zavarhatási számításokkal összefüggő adatok. A választott rendszerparaméterek azonban alapvetően meghatározzák a rendszer zavarokkal szembeni zavartűrő képességét. Az ITU-R BT. 1368 ajánlásban lévő táblázatokból a rendszerparaméterek alapján kell a megfelelő védelmi értéket kiválasztani. Az okozott zavar mértékét nem befolyásolják a választott paraméterek.

2.3.5.2 A DVB-T rendszerre vonatkozó legfontosabb szabványok

Az MSZ ETSI EN 300 744 szabvány [103] a digitális földi televízió keretszerkezetét, csatornakódolását és modulációját írja le. Mivel a rendszert olyan digitális földi televíziós szolgáltatások céljaira tervezték, melyek a jelenleg működő analóg adások számára kiosztott VHF- és UHF-frekvenciatartományokban működnének, követelmény, hogy az megfelelően védett legyen a más szolgáltatásoktól származó nagyszintű azonos és szomszéd csatornás interferenciával szemben. További követelmény, hogy a rendszer a legnagyobb spektrumhatékonyságot nyújtsa mind az UHF-, mind a VHF-sávokban; ez a követelmény az egyfrekvenciás hálózatok (SFN) használatával érhető el. Az MSZ EN 302 296 harmonizált szabvány [104] DVB-T adóberendezésre vonatkozó műszaki jellemzőket, előírásokat tartalmaz. Vizsgálatunk szempontjából az adóberendezés kimeneti karakterisztikájára vonatkozó előírás lényeges, melynek a szomszédos csatornákon üzemelő szolgálatoknak okozott zavartatás mértékére van hatása.

A CENELEC által készített prEN 50413 szabvány [105] a 0 Hz-300 GHz frekvenciájú elektromos, mágneses és elektromágneses terek lakosságra vonatkozó egészségügyi határértékeit adja meg, valamint a több frekvencián sugárzó forrásokból származó jelek összehatására vonatkozó, összefüggéseket számításokat. Magyarországon a szabvány betartása rendelettel [106] lett kötelezővé téve az egészségügyről szóló 1997. évi CLIV. Törvény felhatalmazása alapján. A szabványban, illetve rendeletben foglaltak teljesítése igen nagy hatással lehet a hálózat kiépítésére vonatkozóan, hiszen korlátozást jelenthet az alkalmazott adóteljesítményre a tervezetthez képest.

Az ETSI közreműködésével kiadott ETSI TR 101 190 dokumentum [107] útmutató a DVB-T rendszerek implementálásához. A dokumentum Az ITU-R BT. 1306 és 1368 Ajánlásainak, illetve a CH97 Megállapodásban foglaltaknak az összefoglalása olyan információkkal kiegészítve, mely megkönnyíti a megfelelő DVB-T rendszer kiválasztását. Kérdés felvetéssel és arra adott válaszokkal, iránymutatással segíti a hálózattervezés és implementálásnál felmerülő problémáinak megoldását.

2.3.6 Kompatibilitási kritériumok egyéb műsorszóró megállapodásokban és hazai előírásokban

Levonva azt a következtetést, hogy sem a GE06 Terv, sem egyéb kapcsolódó szabályozási dokumentumok nem határozzák meg a koordinációs eljárásokat segítő kompatibilitási kritériumokat, a következő kérdésekre keresem a választ. Hogyan kezelték a korábbi műsorszóró egyezmények a kompatibilitás kérdését? Mi alapján koordináltak az igazgatások a több tízezer műsorszóró adót? Hogyan üzemelhettek zavar nélkül katonai rendszerek vagy más egyéb elsődleges szolgálatok az UHF műsorszóró sávban?

A megvizsgált műsorszóró egyezményeknek (ST61, GE89⁹¹, GE84⁹², CH97, GE06) nagyon sok közös vonása van, elsősorban a koordináció eljárási rendjét tekintve [12][108][109][45][8]. Nagy változatosságot mutatnak azonban a kompatibilitási kritérium előírására és konkrét értékeire vonatkozóan.

2.3.6.1 ST61 Megállapodás

A Stockholm 1961 Egyezmény és kiegészítő részei tartalmazzák azokat a műszaki alapokat, mellyel a hálózat megtervezhető és az okozott és elszenvedett interferencia kiértékelhető, de nem határozza meg azokat a kompatibilitási kritériumokat, melyek lehetővé tennék annak eldöntését, hogy a tervezett adó okoz-e egy elfogadható szintnél nagyobb zavart az üzemelő hálózatok adóinak. Külön érdekesség, hogy a műsorszóró sávot közösen használó egyéb szolgálatok koordinációjával kapcsolatos eljárás, és a figyelembe vehető védelmi értékek bekerültek a műszaki mellékletbe, ezek azonban a VSz országainak katonai rendszereire nem vonatkoztak, ugyanis a titkossági okokból semmilyen műszaki információt nem bocsátottak rendelkezésre. Mivel a televízió műsorszórás számára „tabu” csatornákon üzemelő katonai alkalmazások és a sávot közösen használó többi szolgálat között elektromágneses összeférhetőségi vizsgálatokat nem végeztek, egyszerűen a szükségesnél is nagyobb sávban tiltották a polgári felhasználást.

2.3.6.2 GE84 Megállapodás

Az FM rádiózásra vonatkozó GE84 Egyezményt azért érdemes áttekinteni, mert az ST61 televízió műsorszóró egyezménnyel ellentétben tartalmaz egzakt kompatibilitási kritériumot a koordinációs kérelmek elbírálásához. A kompatibilitási kritérium lényege, hogy nem abszolút szinthez, azaz a minimális térerősség szinthez viszonyítja a megengedett zavar mértékét, hanem a relatív zavarnövekedést, a használható térerősség szint maximális megengedett emelkedését írja elő. Az egyezmény káros zavarásra megadott kritériuma szerint akkor tekinthető a zavar az elfogadhatónál nagyobb mértékűnek, ha a használható térerősség szint-növekedés 0.5 dB-nél nagyobb.

⁹¹ GE89: Geneve Agreement and Plan, 1989; 1989. évi Genfi Analóg Televízió Műsorszóró Megállapodás és Terv

⁹² GE84: Geneve Agreement and Plan, 1984; 1984. évi Genfi Analóg Rádió Műsorszóró Megállapodás és Terv

2.3.6.3 GE89 Megállapodás

A GE89 az ST61-nek megfelelő analóg televíziós koordinációs megállapodás és műsorszórási terv azzal a különbséggel, hogy az ITU 3. régiójának országaira, főleg Afrikára vonatkozik és mintegy 28 évvel később fogadták el. A megállapodás létrejöttének dátuma és érintettei közötti alapvető különbségek a benne foglaltakban is jelentkeznek.

A technikai vizsgálatokhoz sokkal több részletet tartalmaz, és megadja sávonként azokat a kompatibilitási határértékeket, aminek teljesülése esetén a kérelem elfogadottnak tekintett, és bekerül a tervbe. Abban az esetben, ha túllépi a kompatibilitási minimumkövetelmény határértékét a javasolt adó által létrehozott zavaró térerősség, akkor részletesebb vizsgálatokat is kell végezni a zavarás mértékének megállapítására. A kompatibilitási minimum követelmény a sávonként megállapított minimális térerősség értékektől 3 dB-lel alacsonyabb zavaró térerősség szint (nuisance), melyeket a minimális térerősség határvonalán kell vizsgálni zavart analóg televízió állomások esetén.

Az egyezmény az egyéb elsődleges szolgálatokkal való kompatibilitás kérdését is részletes műszaki alapokra helyezi az analóg televíziókkal szemben. Meghatározza a különböző típusú egyéb szolgálatokkal szemben alkalmazandó kiértékelési kritériumokat. Az egyezményben pontosan definiáltak a védendő minimális térerősség szintek, védelmi értékek a frekvenciakülönbségek függvényében, alkalmazandó hullámterjedési modellek, korrekciós tényezők és időszázalékok. Megjegyzendő azonban, hogy a megadott értékek nem a katonai léginavigációs berendezések alapján lettek meghatározva. Érdekessége a megadott értékeknek, hogy 12 dB-lel alacsonyabb védendő minimális térerősség szinteket ad meg az egyezmény, mint az analóg televízióadók közötti kompatibilitási vizsgálatoknál.

2.3.6.4 CH97 Megállapodás

A CH97 függelékei kifejezetten műszaki kérdéseket ölelnek fel, tartalmazzák a DVB-T koordinálása során alkalmazandó műszaki kritériumokat, a koordináció érdekében közlendő alapvető jellemzőket, a kompatibilitási elemzéseket, a DVB-T és a műsorszórástól eltérő szolgálatok közötti kompatibilitás értékelésének módszereit és kritériumait, az analóg – digitális átalakítás szabályait, valamint a koordinációs távolságok táblázatait.

A CH97 Megállapodás a DVB-T különböző relációiban tartalmazza azokat a kritériumokat, aminek alapján a kompatibilitás fennállása eldönthető. Fontos megjegyezni azonban, hogy ezek a kompatibilitási kritériumok csak információs célt szolgáltak, nem képezték részét az egyezménynek. Alkalmazásuk tehát ajánlott volt, de nem kötelező. A gyakorlat azonban azt mutatta, hogy az igazgatóságok mégis szívesen figyelembe vették, vagy legalább is mankóként használták. Nagyon fontos tényező ez, hiszen a ST61 analóg megállapodásban ilyen nem szerepelt, elfogadott kompatibilitási kritérium nélkül folyt az egyeztetések.

A koordinációs eljárás részét képezi a kompatibilitási elemzés, melynek során a védendő szolgálatokra vonatkozóan kell eldönteni, hogy a koordinálandó állomás okoz-e a védendő állomás ellátott területét képviselő tesztelési pontokban, valamint az érintett ország határán kijelölt tesztelési pontokban az elfogadhatónál nagyobb mértékű interferenciát. Az ellátott területet képviselő tesztelési pontok száma legfeljebb 36 lehet, melyeket az adó körül kellett kijelölni. 5 km-nél keskenyebb ellátott területtel rendelkező állomások esetében elég volt egyetlen tesztelési pont meghatározása az adó helyén.

Egyéb szolgálatok és DVB-T közötti kompatibilitás vizsgálat során használt tesztelési pontok a műsorszórási állomásokra az adott ellátottsági helyszázaléktól függő ún. minimális közepes

egyenértékű térerősség határán kellett kijelölni, és az E_{med} értéket kellett védeni. Az egyéb szolgálatok állomásainak tesztelési pontjait és a védendő térerősség értékét a CEPT által létesített egyéb szolgálatok adatbázisában kellett megadni. Ismereteink szerint ennek az adatbázisnak a létrehozásában az igazgatások csak kis mértékben működtek közre.

Koordináció szükségessége esetén, egy adott digitális állomás vagy SFN elfogadhatóságát bármely érintett állomás vagy SFN ellátottságát képviselő tesztelési pontokon megvalósuló interferencia növekedésének kiszámításával kellett értékelni.

Az analóg és a digitális állomások tesztelési pontjaiban mérsékelt interferencia-növekedés általában elfogadható volt, ugyanis a kompatibilitási kritérium szerint, ha a megnövekedett használható térerősség kisebb, mint a vételhatár (E_{min}), az új vagy módosított állomás(ok) általában elfogadhatók. Továbbá a használható térerősség normál esetben elfogadható növekedése a referenciaértékhez viszonyítva 0.3 dB bejelentésenként. A 0.3 dB-t meghaladó növekedés esetén a külön megállapodás lehetőségét is nyitva hagyta az igazgatások számára, hogy más kritériumok használatában (általában enyhébb) megegyezzenek például a

- térerősség meghatározás
- kisteljesítményű adók koordinációja
- a 0.3 dB kritérium teljesülése, vagy nem teljesülése tekintetében.

Külön problémát jelentett a műsorszóró sávban üzemelő egyéb szolgálatok védelme. Sajnos a CH97 Megállapodás sem biztosított megnyugtató megoldást a jogtalan elutasítások orvoslására. A kompatibilitási kritérium igen egyszerű volt. Az igazgatások által megadott tesztelési pontban, az igazgatások által megadott minimális térerősség szinteket nem lehet túllépni a tervezett új vagy módosított digitális adónak. A védelmi értékeket és egyéb korrekciókat meglehetősen hiányosan tartalmazza az egyezmény. A CH97 határozata szerint a CEPT munkacsoportjaiban ezeket ki kell dolgozni.

2.3.6.5 Hazai műsorszórás előírásai

A digitális televízióra vonatkozó, 2008 februárjában kiadott műsorszóró szolgálat műszaki irányelvei kiadványban semmilyen hazai sajátosság nem lelhető fel, teljes mértékben összhangban van a GE06 előírásaival. Ebből az is következik, hogy csak a tervben lévő kiosztási körzetek vagy frekvenciakijelölések konverziójára vonatkozó megfelelés vizsgálatok Magyarország szempontjából releváns eljárásai vannak részletesen taglalva. A koordinációs eljárást igénylő esetekre vonatkozó kritérium nincs előírva [64] [92].

Analóg televíziózásnál a zavartatás vizsgálatára vonatkozó magyar előírások az NHH által kiadott és kötelezően betartandó műszaki irányelvben [91] és tervekészítési követelményben [93] találhatóak. Az analóg műsorszóró adók implementálását úgy kell megvalósítani és számításokkal alátámasztani, hogy a tervezett televízió műsorszóró adóállomás ne okozzon nagyobb mértékű zavart egyetlen hazai és külföldi adónak sem, mint az adatszolgáltatásban átadott műsorszóró adóállomás. A vizsgálatokat jól definiált 36 tesztelési pontban kell végezni, melyek az országhatáron és az adó körüli 100 km-es sugarú körön helyezkednek el. A térősség értékeket az idő $T = 1$ %-ában és a helyek, $L = 50$ %-ában kell meghatározni. A fenti feltétel azonban csak már koordinált frekvenciakijelölés konvertálására vonatkozik. Amennyiben a konvertálás feltételei nem teljesülnek, vagy új adó üzembe helyezése tervezett, koordinációt kell kezdeményezni, de ennek kompatibilitási kritériumai, összhangban az ST61 felülvizsgálataként keletkezett GE06 megállapodással, a jelenleg érvényben lévő 2008-as irányelvekben nem rögzítettek. Ha a GE06 előtti 1997-es tervekészítési követelmény

megnézzük [110], abban található kritérium a koordinációs kompatibilitás megállapítására. Eszerint meg kell határozni a zavartatás függvényét ($r(L)$) az összes hazai és külföldi potenciálisan zavart adóra, (a már üzemelő, illetve védelmet igénylő tervezett és nemzetközileg lekoordinált adók).

Az egyedi zavartatás számítás értékelése a következők szerint történt.

- $r(L) > 0$ dB Zavar várható a vizsgált zavaró adótól
- $r(L) \leq 0$ dB A zavar a vizsgált zavaró adótól a megengedett szint alatt van
- $r(L) \leq -20$ dB A zavar a vizsgált zavaró adótól elhanyagolható

Az előírás szerint az új tervezett adó kompatibilis, ha a meghatározott zavartatás mértéke nem haladhatja meg a -20 dB-t a már lekoordinált nagyteljesítményű adó minimális térerősségének határán, illetve a 0 dB-t kisteljesítményű adóknál.

A magyar igazgatás ugyanezt a kritériumot használta külföldi koordinációs kérelmek elbírálásánál is, függetlenül attól, hogy a partner országokkal nem voltak erre vonatkozó megállapodások, sem információk az általuk alkalmazott módszerre.

KÖVETKEZTETÉSEK

A releváns műszaki dokumentumok tanulmányozása alapján megállapítottam, hogy kompatibilitási kritériumok vizsgálatának kiindulási feltétele a **minimális közepes egyenértékű térerősség (E_{med})**, valamint az egyedi jel **zavaró jelszintjének (E_{ni})** meghatározása. A különböző megállapodásokban, dokumentumokban a meghatározásukhoz megadott összefüggések nem általánosítva, hanem az adott szolgálat tulajdonságait figyelembe véve szolgálat specifikusan találhatóak.

A 2.3 fejezet megállapításai szerint annak ellenére, hogy nagyszámú analóg és digitális televízió tervbejegyzést, illetve egyéb elsődleges szolgálatot érintett a terv elkészítéséhez elfogadott kompatibilitási kritérium, az RRC06 értekezleten résztvevő országok mégsem emelték be a GE06 Egyezménybe, mint kötelező, vagy ajánlott kompatibilitási kritérium az átmeneti időszakban kötelező koordinációs eljárásokhoz, illetve a jövőbeni tervbővítésekhez. A hiányzó műszaki feltételekre vonatkozó megállapodások elfogadására az 1. fejezet megállapításai szerint az országoknak két- vagy többoldalú megállapodásokban, illetve megfelelő feltételek esetén hazai előírásokban van lehetősége. A megállapodásoknak tartalmaznia kell a közös megegyezésen alapuló kompatibilitási kritériumot. Kutatási célkitűzésemnek megfelelően megvizsgáltam, hogy milyen kompatibilitási kritériumokat alkalmaznak a műsorszórás területén jelenleg a gyakorlatban

A jelen fejezethez kapcsolódó kutatásaim és elemzéseim alapján

- a kompatibilitás vizsgálatokhoz használt összefüggéseket - a megfelelő paraméterek behelyettesítése esetén - mindhárom szolgálatra alkalmazható általános formában adtam meg.
- feltártam a digitális televízió állomások nemzetközi egyeztetéséhez szükséges, de még hiányzó összeférhetőségi kritériumokat.
- levontam a következtetést, hogy a tárgyalt, egyéb műsorszóró megállapodásokban ajánlott változatos kompatibilitási kritériumok között **univerzálisan használható „legjobb módszer” nincs**, amit a GE06 Terv implementálásához választani lehetne.

3. FEJEZET

VIZSGÁLATI EREDMÉNYEK ÉS ÉRTÉKELÉSÜK

A 2. fejezet következtetéseit figyelembe véve arra keresem a választ, hogy az ismert, illetve lehetséges kompatibilitási kritériumuk milyen befolyást gyakorolhatnak a digitális televízióadók sugárzási jellemzőire az átmeneti időszakban. Melyik módszer segítené jobban elő a digitális műsorszórás mielőbbi bevezetését és elterjedését, illetve a digitális jövőben minél több további adó üzembe helyezését úgy, hogy a korábban elfogadott műsorszóró hálózatoknak és egyéb elsődleges szolgáltatásoknak a megengedettnél/elfogadhatónál nagyobb mértékű zavart ne okozzanak.

A vizsgálat során a magyar digitális adók implementálásának kérdésére koncentráltam, de a vizsgálati eredmények általános érvényűek azzal a megjegyzéssel, hogy az egyes országok földrajzi sajátosságai, az analóg és digitális műsorszóró hálózatok adóinak száma, stb. kismértékű különbséget eredményezhetnek.

3.1 A vizsgálat során figyelembe vett műsorszóró és egyéb elsődleges szolgáltatások adói

A vizsgálatokban az ITU adatbázisa alapján a **4. táblázat**ba foglalt országok összes UHF sávi műsorszóró és bejelentett katonai rádióállomásait vettem figyelembe. Az adók száma szolgálatonként, teljesítmény kategóriák szerint, valamint az átmeneti időszakban koordináció köteles DVB-T adók szerint (a digitális terv I. megjegyzése) szintén a táblázatban láthatók.

A vizsgálat az összes olyan szomszédos ország adójára kiterjedt, melyek a GE06 Megállapodásban megadott koordinációs távolság számítás alapján Magyarország viszonylatában érintett lehet. Fontos tény, hogy az átmeneti időszakban koordináció köteles 1601 DVB-T adó közül csak 46 adónak kisebb az ERP-je 1 KW-nál, tehát valójában a nagyteljesítményű digitális adók üzembe helyezési lehetőségeit érinti az, hogyan sikerül az átmeneti időszak zavarás és védelem szempontjából felmerülő nehézségeit kezelni.

A **4. táblázat** szerint a GE06 Tervben lévő vizsgált nagyteljesítményű DVB-T adóknak több mint a fele csak az analóg adók védelmét biztosítva, a szomszédos országok hozzájárulásával helyezhető üzembe 2015 előtt. Ennek alapján feltételezhető, hogy a koordináció nélkül üzembe helyezhető adók (Magyarország esetén 108) megfelelő lehetőséget biztosíthatnak a sikeres digitális műsorszórás elindításához. További elemzés azonban azt mutatja, hogy jelentős részben azokat az adókat nem kell koordinálni, amelyek a jelenlegi analóg adók frekvenciájával azonos frekvenciájúak, vagyis az analóg adók konverziójaként⁹³ kerültek be a tervbe. Ilyen adóknál az üzembe helyezésnek nemcsak a sikeres koordináció (amennyiben az szükséges), hanem az analóg adók kikapcsolása is a feltétele. Tudjuk azonban, hogy a digitális átállás a legtöbb országban, így Magyarországon sem egyetlen éjszaka alatt valósul meg, hanem egy hosszabb-rövidebb, jellegzetesen 6-18 hónapos úgynevezett simulcast⁹⁴-ot követően, amikor az analóg és digitális hálózatok párhuzamosan üzemelnek.

⁹³ Analóg konverzióknak tekintjük azokat az eseteket, amikor az analóg adó telephelyét magában foglaló, vagy annak közelében lévő allotmenthez, és az abban elhelyezkedő egy vagy több DVB-T frekvenciakijelöléshez az analóg frekvenciakijelöléssel azonos frekvencia kerül felhasználásra.

⁹⁴ Ugyanazt a műsort sugárzó analóg és digitális televízió-hálózatok egyidőben történő sugárzása

4. táblázat. Vizsgált rádióállomások országonkénti és szolgálatonkénti eloszlása

szolgálat	analóg TV		DVB-T			katonai
	ERP<10kW	ERP≥10kW	ERP<1kW	ERP≥1kW	átmeneti időszakban nemzetközi egyeztetés szükséges	
ország						
Magyarország	549	61	284	251	143+2	19
Ausztria	1115	110	5	153	92	0
Bosznia-Hercegovina	467	24	128	111	95	0
Csehország	970	81	0	260	217	0
Horvátország	1252	58	1417	618	283	0
Lengyelország	231	79	0	331	145	32
Románia	126	94	0	0	0	0
Szerbia	792	108	123	465	187	0
Szlovákia	404	42	0	400	189	0
Szlovénia	705	29	257	335	248	0
Ukrajna	279	91	0	0	0	1746
	6890	777	2214	2924	1599+2	
14602	7667		5138			1797

Ez azt is jelenti, hogy a jelenleg analóg műsorszórásra használt frekvenciák a digitális műsorszórás bevezetésekor nem használhatók. Az, hogy pontosan hány olyan DVB-T frekvenciakijelölés van a GE06 Tervben, ami analóg adók konverziójából származtatható, arra nincs statisztika. A magyarországi adókra elvégzett vizsgálatom eredménye az 5. táblázatban látható.

5. táblázat. Koordinációt nem igénylő nagyteljesítményű magyar DVB-T adók

nem analóg konverzió	analóg konverzió	
	nem üzemelő adó	üzemelő adó
50	16	42

Elég nagy tehát annak a tétje, hogy milyen feltételekkel, milyen kompatibilitási kritériumban tudnak az érintett országok megegyezni az átmeneti időszakban koordináció köteles DVB-T adók tekintetében. Az analóg televízió (potenciálisan 7667 adó) és egyéb elsődleges szolgálatok (potenciálisan 1797 frekvenciakijelölés) védelmét biztosítva hány DVB-T adót és milyen korlátozásokkal (mind teljesítmény, mind antenna-karakterisztika tekintetében) lehet még 2015 előtt üzembe helyezni. Mindhárom szolgálat tervbejegyzéseinek földrajzi elhelyezkedése és frekvencia szerinti megoszlása a 4-9ábrákon tekinthető meg.

3.2 Az okozott zavar mértékének szemléltetése

Kutatásom egyik célja, hogy

- az analóg televízió és DVB-T
- a katonai szolgálatok és DVB-T
- a DVB-T és DVB-T

szolgálatok között a hiányzó kompatibilitási kritériumok pótlására a lehetőségeket feltárjam, alkalmazásuk lehetséges hatásait mind a védett, mind a javasolt szolgálat tekintetében elemezzem, bemutassam és értékeljem. A kitűzött cél megvalósítását a tanulmányozott

szabályozási dokumentumokból feltárt kötelező, vagy ajánlott kompatibilitási kritériumok vizsgálatával kezdtem. Szerettem volna összehasonlító elemzést végezni az alkalmazott kompatibilitási kritériumokra vonatkozóan, azonban két akadályba is ütköztem. Egyrészt az eltérő jelentésű számszerűsített paraméterek nem összemérhetők. Másrészt az azonos módon előírt kritériumokra megadott értékek is csak azt mutatják, hogy egyik a másikhoz képest szigorúbb vagy sem, de nem mutatja meg, hogy a zavart elszenvedő állomásra vonatkozóan a zavaró hatás pontosan miben nyilvánul meg. A kompatibilitási kritériumra megadott számok tehát nem mutatják szemléletesen, hogy annak módosítása milyen pozitív vagy negatív mértékű változást eredményez a védett állomásnál.

3.2.1 Kompatibilitási kritériumok tipizálása

Az első akadállyal szembesülve adódott az a kérdés, hogy van-e a kompatibilitási kritériumok között kapcsolat, és ha van, milyen matematikai összefüggéssel lehet azt leírni.

A 2.3.6 fejezet eredményei alapján látható, hogy annak ellenére, hogy a kompatibilitási kritériumok konkrét számértékei igen nagy változatosságot mutatnak, elvét tekintve két típus különböztethető meg. Az egyik esetben konkrét védendő télerősség szinthez viszonyítva van a megengedett zavaró télerősség szint meghatározva ($r(L)$, $E_{\min}-3\text{dB}$, stb.). Másik kategóriába a megengedett E_u növekedés előírása tartozik ($\Delta E_u < 0.3$, $\Delta E_u < 0.5$, stb.). Tekintve, hogy az E_u növekedés viszonylag összetettebb számítást igényel, egyszerűsíthetné a további vizsgálatokat, ha az $r(L)$ számításához hasonló formájú kritériummá lehetne konvertálni. A (8) képletet felhasználva legyen

$$a=10^{E_v/10}, b = \sum_{i=1}^k 10^{E_{mi}/10}, c=10^{E_n(k+1)/10}. \quad (17)$$

Ekkor

$$\Delta E_u = 10 * \lg(a+b+c) - 10 * \lg(a+b) \quad (18)$$

$$\Delta E_u = 10 * \lg \frac{a+b+c}{a+b} \quad (19)$$

$$10^{\Delta E_u/10} = \frac{a+b+c}{a+b} \quad (20)$$

$$c = (a+b)(10^{\Delta E_u/10} - 1) \quad (21)$$

$$10 * \log c = 10 * \lg(a+b) + 10 * \lg(10^{\Delta E_u/10} - 1) \quad (22)$$

Visszahelyettesítéssel

$$E_{n(k+1)} = E_u + 10 * \lg(10^{\Delta E_u/10} - 1) \quad (23)$$

$$E_{n(k+1)} - E_u = 10 * \lg(10^{\Delta E_u/10} - 1) \quad (24)$$

összefüggés adódik, ahol

ΔE_u : a használható télerősségszint-növekedés [dB]

E_v : a védendő hasznos jelszint [dB($\mu\text{V/m}$)]

$E_{n(k+1)}$: a (k+1)-dik egyedi jel zavaró jelszintje [dB(μ V/m)]
 E_{ni} : az i-dik egyedi jel zavaró jelszintje [dB(μ V/m)].

A (24) képletben a baloldali kifejezés azt mutatja, hogy mennyivel haladja meg az új (k+1)-dik adó zavaró jel szintje ($E_{n(k+1)}$) a használható térerősség szintet (E_u -t), ha a ΔE_u használható térerősségszint-növekedés ismert.

Megállapítható, hogy az összefüggésben E_u helyett más referenciaszint is használható. Az összefüggés, - ha a fizikai jelentéstől eltekintünk - bármilyen $a+b>0$ értékre ugyanazt az eredményt adja. A kompatibilitási kritériumokban azonban a $10 \cdot \lg a \geq E_{med}$, illetve $b \geq 0$ feltételeknek teljesülni kell. $b=0$ esetén a védett térerősség szintjéhez viszonyított megengedett relatív zavaró jelszintet adja az összefüggés, ami $E_v = E_{med}$ esetén pontosan az $r(L)$ értelmezésével azonos.

Ha a kompatibilitási kritérium megengedett használható térerősségszint-növekedésben ismert, akkor a (24) összefüggésből kiszámítható, hogy maximum mennyivel lehet nagyobb a zavaró jel szintje a védett jel szintjétől, vagyis a kifejezés a maximális megengedett zavaró jel szintjének relatív értékét adja, amit jelöljön $RZJ(\Delta E_u)$.

$$RZJ(\Delta E_u) = (E_{n(k+1)} - E_u), \quad (25)$$

ahol

$RZJ(\Delta E_u)$: a maximális megengedett zavaró jel szintjének relatív értéke [dB]

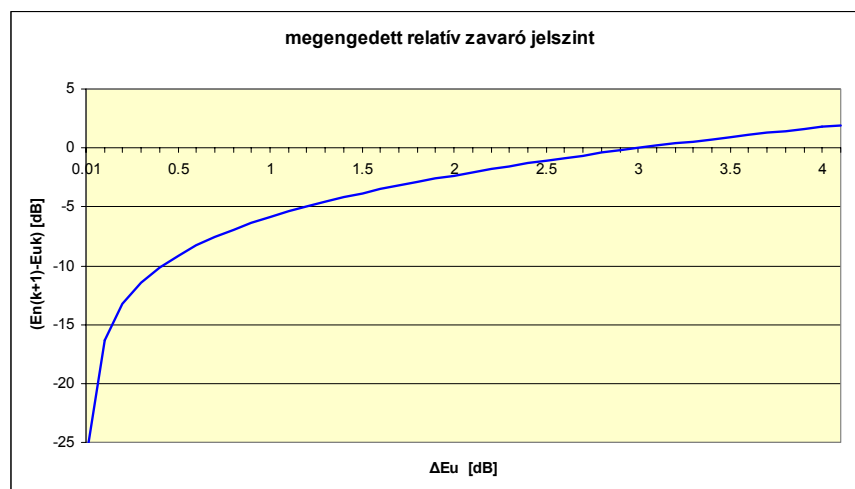
$E_{n(k+1)}$: a (k+1)-dik egyedi jel zavaró jelszintje [dB(μ V/m)]

E_u : a használható térerősség [dB(μ V/m)]

A (24) kifejezésbe ΔE_u -t 0.1 dB-es lépésenként 4 dB-ig behelyettesítve, az eredmények a **6. táblázat**ban, illetve a **18. ábrán** láthatók.

6. táblázat. Megengedett relatív zavaró jelszint a ΔE_u függvényében

ΔE_u [dB]		0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1	1.1	1.2	1.3	1.4
$(E_{n(k+1)} - E_u)$ [dB]	RZJ [dB]	-16.3	-13.3	-11.5	-10.2	-9.1	-8.3	-7.6	-6.9	-6.4	-5.9	-5.4	-5.0	-4.6	-4.2
ΔE_u [dB]		1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	2	2.1	2.2	2.3	2.4	2.5	2.6	2.7	2.8
$(E_{n(k+1)} - E_u)$ [dB]	RZJ [dB]	-3.8	-3.5	-3.2	-2.9	-2.6	-2.3	-2.1	-1.8	-1.6	-1.3	-1.1	-0.9	-0.6	-0.4
ΔE_u [dB]		2.9	3	3.1	3.2	3.3	3.4	3.5	3.6	3.7	3.8	3.9	4		
$(E_{n(k+1)} - E_u)$ [dB]	RZJ [dB]	-0.2	0.0	0.2	0.4	0.6	0.7	0.9	1.1	1.3	1.5	1.6	1.8		



18. ábra. Megengedett relatív zavaró jelszint a ΔE_u függvényében

A következőkben elegendő tehát a megengedett relatív zavaró jelszintet (a továbbiakban RZJ [dB]) meghatározni, hiszen a táblázatból kiolvasható a hozzá tartozó ΔE_u , illetve ha ΔE_u -ban van a kritérium megadva, könnyen kiolvasható, hogy ez milyen relatív zavaró jelszintet jelent. A 2. fejezetben feltárt gyakorlatban alkalmazott kompatibilitási kritériumokat mindkét típusú kritériummal kifejezve a **7. táblázat**ban gyűjtöttem össze.

7. táblázat. Műsorszóró egyezményekben és műszaki előírásokban alkalmazott kompatibilitási kritériumok ΔE_u és RZJ kritériummal megadva

kritérium	ΔE_u [dB]	RZJ [dB]	Vonatkoztatási szint
Egyezmény			
GE84	0.5	-9.1	E_u
CH97 műsorszóró	0.3	-11.5	E_u
CH97 egyéb szolgálat	3	0	E_v
CH97 DVB-T egyéb szolgálattal szemben		0	$E_{med}=E_{min}$
GE89 műsorszóró	~ 1.8	-3	$E_{med}=E_{min}$
GE89 egyéb szolgálat	~ 0.3	-12	$E_{med}=E_{min}$
NHH (korábbi) kisteljesítményű	3	0	$E_{med}=E_{min}$
NHH (korábbi) nagyteljesítményű	<0.1	-20	$E_{med}=E_{min}$
GE06 Terv DVB-T védelme egyéb szolgálattal szemben	1.25	-4.8	E_{med}
GE06 Terv egyéb szolgálat védelme DVB-T-vel szemben	1	-5.9	E_v
GE06 Terv analóg védelme DVB-T-vel szemben	3	0	$E_{med}=E_{min}$
GE06 Terv DVB-T védelme DVB-T-vel szemben	3	0	E_{med}

A **7. táblázat**ba foglalt eredményeket értékelve megállapítottam, hogy a

- 0.3, illetve a 0.5 dB használható térerősségszint-növekedés kritérium teljesítményben kifejezve közel kétszeres, míg a 0.5 dB és 3 dB közel tízszeres különbséget jelent.
- kisteljesítményű adóknál a GE84, illetve a CH97 ΔE_u kritériuma mintegy 10 dB-lel szigorúbb előírás az RZJ-re, mint a magyar gyakorlatban alkalmazott $r_{(L)}$ kritérium, ha az E_u értéke közel van az E_{med} -hez. Minél jobban eltér az E_u az E_{med} -től, annál inkább közeledik az RZJ kritérium a magyar $r_{(L)}$ előíráshoz.
- Nagyteljesítményű adók esetén éppen ellenkezőleg, a magyar $r_{(L)}$ előírás kb. 10 dB-lel szigorúbb.
- Az RRC06 Tervező Értekezleten az analóg és digitális adók védelmére alkalmazott kritérium kisteljesítményű adóknál közel azonos, nagyteljesítményű adók esetén kb. 20 dB-lel enyhébb megkötést jelent a korábbi magyar előíráshoz viszonyítva.

A fenti megállapítások egyben felvetik a kérdést, hogy a teljesítményszint szerinti kettébontása az adóknak, s ennek alapján az enyhébb vagy szigorúbb kritérium alkalmazása valóban megfelelően reprezentálja az adók fontosságát. Szükség van-e egyáltalán az adók megkülönböztetésére az adók védelmének biztosítása során, vagy egységes ΔE_u kritérium, vagy azzal analóg RZJ kritérium megfelelő. A vizsgálataimat az analóg adókra terjesztettem ki, de a következtetések a digitális műsorszóró szolgálatra is érvényesek az UHF sávban.

3.2.2 A zavaró hatás és az ellátott terület kapcsolata

Műsorszóró szolgálatoknál egyik legfontosabb követelmény, hogy a kijelölt célterületen a műsorok megfelelő minőségű vétele biztosítva legyen (terület típusú védelem). Katonai földi vevőknél általában tesztelési pontokkal megadott vételi pontokban írják elő a védendő térerősség szintjét. Fedélzeti vevők esetén az adó telephelye körül adott sugárral és vételi magassággal jellemzett területen belül kell a védelmet biztosítani. Akár fedélzeti, akár földi

állomásról legyen szó, a vizsgálati tesztpontokban (egyedileg megadott pontokban vagy a kör területén felvett, például 36 pontban) az határozható meg, hogy a vizsgált zavaró jel hatására a védendő térerősséghez képest kellene-e nagyobb hasznos jelszintet létrehozni a biztonságos működés fenntartásához (használható térerősségszint-növekedés).

Arra a következtetésre jutottam, hogy műsorszóró szolgálatoknál a zavarás hatásának vizsgálatára, mértékének megítélésére és jellemzésére a szolgáltatási terület nagyságának változása sokkal szemléletesebb paraméter, mint a használható térerősségszint-növekedés. Azzal az előnyös tulajdonsággal is rendelkezik, hogy nem hálózattervező szakemberek számára is könnyen megítélhetővé teszi a vizsgált zavaró adó által okozott interferencia mértékét. Azt feltételeztem, hogy az alkalmazott kompatibilitási kritérium és a terület változás mértéke között van összefüggés, melynek bizonyításához tipikusnak tekinthető, statisztikus elemzéshez elegendő számú esetre végeztem számításokat és statisztikai elemzéseket.

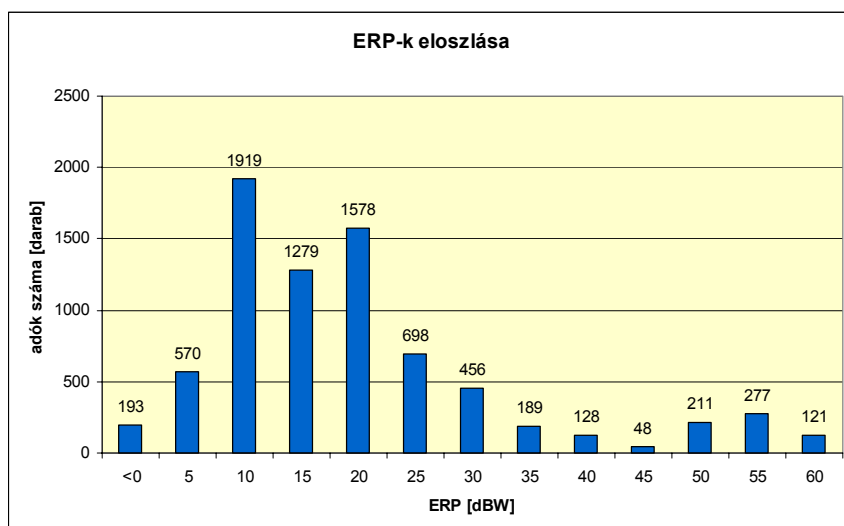
Az ellátott területet az adó sugárzási jellemzői és földrajzi helyzete (mennyire emelkedik ki a környezetéből) határozzák meg elsősorban. A sugárzási jellemzők közül a kompatibilitási vizsgálatokban a kisugárzott effektív teljesítménynek (ERP), az antenna karakterisztikájának és a sugárzási frekvenciának van szerepe. A földrajzi elhelyezkedést és az antenna magasságát együttesen a h_{eff} értékek jellemzik.

Az ellátottsági terület határát a minimális térerősség határozza meg, illetve zavaró adók jelenlétében a használható térerősség. Adott térerősség szint adótól való távolsága az ITU görbékből [84] történő meghatározás esetén az irányonkénti ERP-től és h_{eff} -től egyaránt függ, mindkét értékre monoton növekvő, de nem egyenes az arányosság. (Az UHF sávban analóg adók esetén a frekvenciafüggést két diszkrét értékkel kell figyelembe venni az E_{min} meghatározásánál. [88])

3.2.2.1 Analóg adók jellemző ERP és h_{eff} értékei

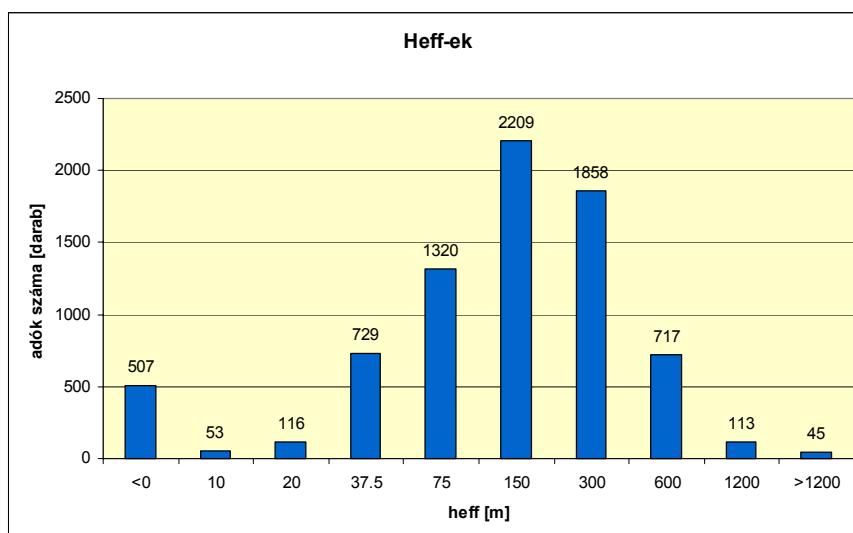
Ahhoz, hogy képet alkothassunk arról, hogy jellemzően milyen ellátott terület tartozik az analóg tervben elfogadott televízió adóállomásokhoz, ismerni kell azok ERP és h_{eff} értékeit. Annak ellenére, hogy a pontos ellátottságot és a zavart is az irányonkénti ERP és h_{eff} értékek határozzák meg, nagyon sokszor csak az adó maximális ERP és maximális h_{eff} értéke ismert, illetve csak ezekkel történnek a számítások. Az adatbázisokban is ezek az értékek adhatók meg a különböző leválogatásokhoz. A továbbiakban a műsorszóró adókra vonatkozó vizsgálataim is ezeknek a paramétereknek a figyelembe vételével történnek. (Megfigyeléseim szerint az adatbázisban lévő adók többségének körben azonosak a megadott ERP és h_{eff} értékei.)

A hazai és a koordinációs övezeten belüli GE06 Analóg Tervben található adók maximális effektív kisugárzott teljesítményének 5 dBW-onkénti gyakoriság eloszlását a **19. ábra** szemlélteti [111][112]. Műsorszórásban gyakori az adók kategorizálása kis- és nagyteljesítményű adók szerint [91]. A vizsgált adókra megállapítható, hogy az adók több mint 60%-a csak 50-200 W ERP_{max} értékkel sugároz, valamint az, hogy az adóknak kevesebb, mint 10%-a esik a nagyteljesítményű kategóriába.



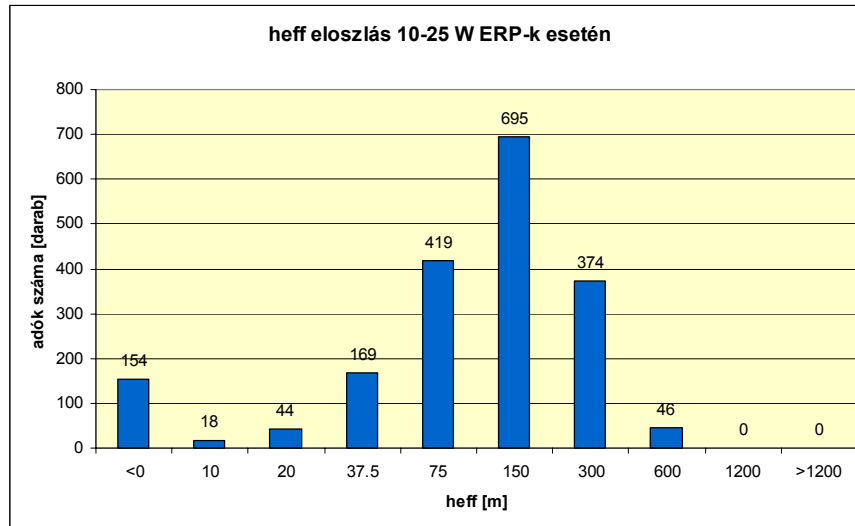
19. ábra. A maximális ERP-k eloszlása a vizsgált analóg televízió adatbázisban

A hazai és a koordinációs övezeten belüli GE06 Tervben található analóg adók h_{effmax} szerinti gyakoriság eloszlását a **20. ábra** szemlélteti.

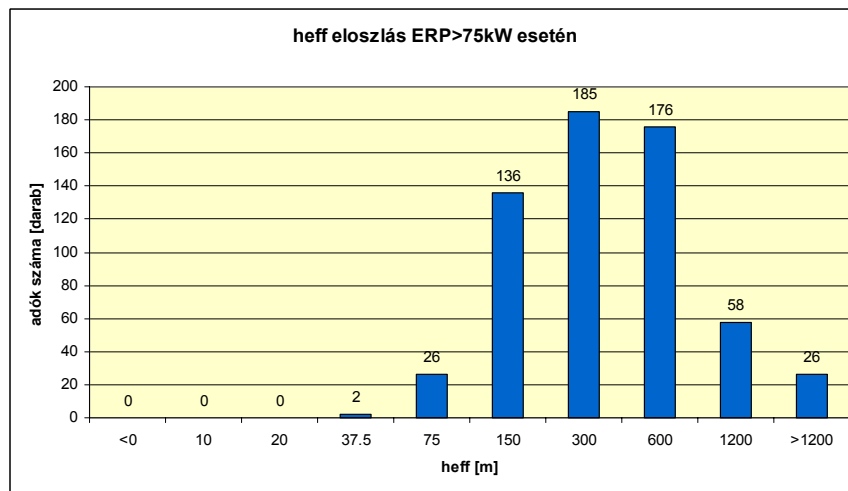


20. ábra. A maximális heff-ek eloszlása a vizsgált analóg televízió adatbázisban

Az ERP_{max} -k és h_{effmax} -k külön-külön vizsgált peremeloszlásából nem vonható le következtetés az ellátottsági területek nagyságának alakulására. A **3. melléklet**ben található statisztikák ugyanis azt mutatják, hogy a valóságban bármilyen ERP_{max} és h_{effmax} értékpárok előfordulhatnak adott értékészleten belül. Azt is mutatják azonban, hogy az egészen kis teljesítményű adók többnyire a földrajzilag kevésbé kiemelkedő helyekre vannak telepítve, a nagyon nagy teljesítményű adók (gerincadók) pedig a környezetből jobban kiemelkedő helyeken találhatóak. Példát a legjellemzőbb ERP-kre (10-25W) a **21. ábra**, a gerincadók kategóriába sorolható ERP-kre a **22. ábra** mutat.



21. ábra. h_{eff} -ek alakulása kis ERP-knél



22. ábra. h_{eff} -ek alakulása nagy ERP-knél

Az eredmények alapján elmondható, hogy csak a teljesítmények alapján nem lehet az adók „fontosságát” lemérni. Kis h_{effmax} esetén „nagy teljesítményű” adónak is lehet viszonylag kis ellátottsági területe, és fordítva (8. táblázat). Jellemzően azonban a nagy teljesítményű (különösen a 100 kW feletti) adókhöz „nagy” h_{effmax} -k is tartoznak, és igen nagy területen biztosítanak vételt. Mindezek alapján **indokoltnak látom a „nagy” adókat a kisebbekhez képest jobban védeni**, mint ahogy az a korábbi hazai előírás szerint is történt.

8. táblázat. Ellátottsági sugarak (km) különböző ERP_{max} és h_{effmax} párokra

h_{effmax} [m]	ERP_{max} [dBW]				
	10	20	30	40	50
10	1.6	3.1	5	8.1	13.1
37.5	2.6	4.9	7.8	14.0	22.5
75	3.3	6.5	10.9	19.6	30.8
150	4.5	9.1	15.6	27.5	40.9
300	6.4	13.7	23.1	38.2	53.4
600	7.5	19.3	35.2	53.3	70.7
900	10	24.7	45	64.9	86.3
1200	11.3	30.3	55	78.0	98.6

3.2.2.2 Analóg adók ellátottság beszűkülésének vizsgálata zavaró adók hatására

Tapasztalati tény, hogy a különböző kompatibilitási kritériumok alkalmazása eltérő mértékben hat a védeni kívánt adók ellátott területének változására, csökkenésére. A megfelelő kompatibilitási kritérium kiválasztásához egyfajta szempont lehet, hogy alkalmazása esetén milyen mértékben csökken az ellátott terület. Az alkalmazott kompatibilitási kritérium és a hozzátartozó ellátott terület csökkenés közötti összefüggés feltárására különböző sugárzási és földrajzi jellemzőjű vizsgált védendő analóg adókat és különböző távolságban elhelyezkedő digitális zavaró adókat választottam a **9. táblázat** szerint. A digitális adók zavaró hatását az okozott használható térerősségszint-növekedés jellemzi. A védendő analóg adóknál a különböző ERP_{max} és h_{effmax} kombinációknál az E_{med} -re végzett számítások mellett olyan eseteket is megvizsgáltam, amikor több (20) más zavaró adó hatása is érvényesül, illetve, amikor az E_{med} -től különbözik a védett térerősség (70, 75 $dB\mu V/m$). Az ERP-ket 10-től 50 dBW-ig 10 dB-es lépésekben, a h_{eff} -ket az ITU görbék jellegzetes értékei szerint (10, 37,5 ... 1200 m) választottam. A vizsgált analóg adók antennája körkarakterisztikájú, a h_{eff} körben azonos, a választott TV csatorna a 32-es. A zavaró digitális adók 200, 100 és 50 km távolságra vannak elhelyezve. A h_{eff} értékét úgy választottam, hogy $\Delta E_u=0.3$ dB-nél megengedett legnagyobb zavarok alapján kiadódó megengedett maximális ERP-k (a CH97 kompatibilitási kritérium szerint) a gyakorlatban használatos értékek közelében legyenek (1-53 dBW).

Az analóg adatbázis alapján készített **21-22. ábra** statisztikáit figyelembe véve csökkentettem a vizsgálati esetek számát, hiszen bizonyos ERP_{max} és h_{effmax} kombinációk nem fordulnak elő a valóságban, vagy csak kis valószínűséggel (sárgával jelölt sorok).

Kivettem továbbá azokat az eseteket, amelyeknél a két adó közötti távolság az adójellemzők figyelembe vételével kisebb a kizárótávolságnál (**9. táblázat** „o”). A kizárótávolságokat a 2.2.13 fejezetben elmondottak figyelembe vételével határoztam meg, feltételezve, hogy $E_v=E_{med}$. A megengedett legnagyobb zavar szint meghatározásához a megfelelő E_{med} , PR és A_R értékek a vonatkozó ITU ajánlásokban találhatóak [85] [98].

Analóg adóknál azt is figyelembe vettem, hogy tetőantennás vételre történik a számítás, és ennek megfelelően a digitális adóhoz közelebbi vételi pontban antenna diszkriminációval is kell számolni. A **15. ábra** jelöléseit felhasználva és RZJ maximális megengedett relatív zaj szintet feltételezve a (6) képlet alapján az E_{ni} -kből a digitális adó maximális megengedett zavaró térerőssége (E_i) felírható, és a kizárótávolság az ITU görbékből meghatározható.

$$E_{max_2_1}(50,T)=65-34+16+ RZJ = 47+ RZJ \quad (26)$$

$$E_{max_2_2}(50,T)=65-34+0+ RZJ =31+ RZJ \quad (27)$$

ahol

$E_{max_2_i}(50,T)$: maximális megengedett zavaró térerősség [$dB(\mu V/m)$]

RZJ: a maximális megengedett zavaró jel szintjének relatív értéke [dB]

Az analóg adókkal ellentétben a digitális adók ellátottsági sugarát (használható térerősség határát) és E_{med} értékét nemcsak az ERP, h_{eff} és frekvencia határozza meg, hanem a választott rendszerjellemzők [90] és vételi mód is. Elméletben több száz kombináció lehetséges, melynek választásától függően a szükséges minimális térerősség 35-85 $dB\mu V/m$ között

változhat. Adott ERP és h_{eff} esetén több tíz, de akár közel 100 km különbséget is jelenthet az ellátottsági sugárban.

9. táblázat. Különböző h_{eff} és ERP értékekhez tartozó kizárótávolságok ($\Delta E_u=1.5$ dB)

analóg adó jellemzői		kizárótávolság [km]				adók közötti távolság [km]		
h_{effmax}	ERP _{max}	analóg	analóg	digitális	digitális	200	100	50
[m]	[dBW]	$h_{effdig}=300m$	$h_{effdig}=100m$	$h_{effdig}=300m$	$h_{effdig}=100m$	$h_{effdig}=300m$	$h_{effdig}=300m$	$h_{effdig}=100m$
10	10	57.5	26.0	18.3	12.3	x	x	x
37.5	10	56.8	25.2	22.1	16.1	x	x	x
75	10	56.1	24.6	25.6	19.6	x	x	x
150	10	54.9	23.4	30.8	24.8	x	x	x
300	10	53.0	21.5	38.9	32.9	x	x	x
600	10							
1200	10							
10	20	56.3	24.8	22.8	16.8	x	x	x
37.5	20	54.5	23.0	29.5	23.5	x	x	x
75	20	52.9	21.4	35.6	29.6	x	x	x
150	20	50.3	20.7	44.2	38.2	x	x	x
300	20	45.7	25.3	56.6	50.6	x	x	o
600	20							
1200	20							
10	30							
37.5	30	51.6	20.1	41.8	35.8	x	x	x
75	30	48.5	22.5	51.7	45.7	x	x	x
150	30	43.8	27.2	65.0	59.0	x	x	o
300	30	50.3	34.7	81.9	75.9	x	x	o
600	30	62.4	46.8	104.6	98.6	x	o	o
1200	20							
10	40							
37.5	40							
75	40	46.7	25.6	78.5	57.7	x	x	o
150	40	54.6	31.1	95.8	72.5	x	x	o
300	40	65.3	39.0	116.3	89.8	x	o	o
600	40	80.4	49.7	142.8	110.3	x	o	o
1200	40	105.2	64.8	180.8	136.8	x	o	o
10	50							
37.5	50							
75	50	58.0	42.4	123.1	117.1	x	x	o
150	50	68.1	52.5	143.0	137.0	x	o	o
300	50	80.5	64.9	166.4	160.4	x	o	o
600	50	97.9	82.3	196.0	190.0	x	o	o
1200	50	125.7	110.1	236.2	230.2	x	o	o

Tekintettel arra, hogy elsődleges célja a kutatásaimnak annak feltárása, hogy milyen kompatibilitási kritérium lenne megfelelő a GE06 tervben elfogadott digitális adók átmeneti időszakban történő implementálására, így két szempontot mérlegelve választottam meg az E_{med} értékét a vizsgálatok elvégzéséhez. Egyik szempont az volt, hogy a GE06 Egyezmény Magyarország és szomszédjai számára RPC2-re biztosít védelmet (de azt nem mondja meg, hogy milyen kompatibilitási kritérium alkalmazásával), azaz

$$E_{med}(f)=(78+30*\lg(f/650)) \quad (28)$$

ahol

$E_{med}(f)$: a frekvenciafüggő minimális közepes egyenértékű térerősség [dB(μ V/m)]
f: frekvencia [MHz]

Vevőantenna irányítottságból adódó, vagy polarizációs védelem nincs. A vizsgálatokat a 32. TV csatornán végeztem. Az előzőleg leírtakhoz hasonlóan az analóg adó maximális megengedett zavaró térerőssége (E_i) felírható, és a kizárótávolság az ITU görbékből meghatározható

$$E_{max_1}(50,T) = 76.1 - 5 - 12.8 - 0 + RZJ = 58.3 + RZJ \quad (29)$$

ahol

$E_{max_1}(50,T)$: maximális megengedett zavaró térerősség [dB(μ V/m)]
RZJ: a maximális megengedett zavaró jel szintjének relatív értéke [dB]

Másik szempont az volt, hogy Magyarországon 64QAM⁹⁵-re ($CR^{96} = 3/4$) és fix vételi módra történik az implementálás. Frekvenciától függően 54-60 dB μ V/m között változik az E_{med} értéke. Fix vételnél vevőantenna irányítottságból adódó védelmet is figyelembe kell venni. A fentiekhez hasonlóan

$$E_{max_1_1}(50,T) = 56 - 12 - 12.8 + 16 + RZJ = 47.2 + RZJ \quad (30)$$

$$E_{max_1_2}(50,T) = 56 - 12 - 12.8 - 0 + RZJ = 31.2 + RZJ \quad (31)$$

ahol

$E_{max_1_i}(50,T)$: maximális megengedett zavaró térerősség [dB(μ V/m)]
RZJ: a maximális megengedett zavaró jel szintjének relatív értéke [dB]

Függetlenül attól, hogy a nemzetközi egyeztetéseken valójában csak a GE06 által RPC2-re biztosított védelmet lehet érvényesíteni (bár kétoldalúan más feltételekben is meg lehet egyezni), a kizárótávolság meghatározásánál a valós körülményeket, azaz a fix vétel biztosítását vettem figyelembe.

A kizárótávolságot az analóghoz hasonló elven lehet meghatározni. Tekintettel arra, hogy nagy ellátottsági sugarakról van szó (40-60 km), ezért az ITU görbékből kiolvasható, hogyha a (30) feltétel teljesül, akkor $2 \times (40-60)$ km távolságban az $E_{i2_anal}(50,T)$ zavaró térerősség is kisebb lesz a megengedett értéktől, tehát a kizárótávolságot a (30) feltétel teljesítése fogja befolyásolni. A kizárótávolságokra meghatározott értékek a **9. táblázat**ban találhatók.

A (29) és (30) összefüggésből látható, hogy 11 dB különbség van a két kritérium között, tehát az RPC2-re végzett kizárótávolság kritérium jóval enyhébb, mint a fix vételre is alkalmazható a feltételezett digitális rendszerjellemzők mellett.

Következő kérdés az, hogy RZJ-re mekkora érték engedhető meg digitális zavart adók esetén. Tekintettel arra, hogy most csak a lehetséges ERP- h_{eff} kombinációk előszelekciójához szeretném a kizárótávolságot közelítőleg megbecsülni, valamint feltételezem, hogy a digitális adót implementáló szolgáltató szeretné akár kompromisszumok árán is megfelelő

⁹⁵ 64QAM: 64 Quadrature Amplitude Modulation; 64 állapotú kvadratura amplitúdó moduláció

⁹⁶ CR: code rate; védelmi arány

teljesítménnyel az adót elfogadtatni, egészen nagy RZJ feltételezhető. Nem az a kérdés jelen vizsgálódásnál, hogy az analóg adók mennyire szűkítik be (ésszerű határokon belül) a digitális adót, hanem az, hogy a digitális adó milyen paraméterekkel helyezhető üzembe. Indokolt tehát a vizsgálatoknál olyan RZJ-t megengedni, ami megfelelően tág kompromisszumra ad lehetőséget. A **6. táblázat** szerint RZJ=-3.8dB esetén 1.5 dB ΔE_u növekedés várható, ami a jelen vizsgálathoz megfelelőnek tűnik.

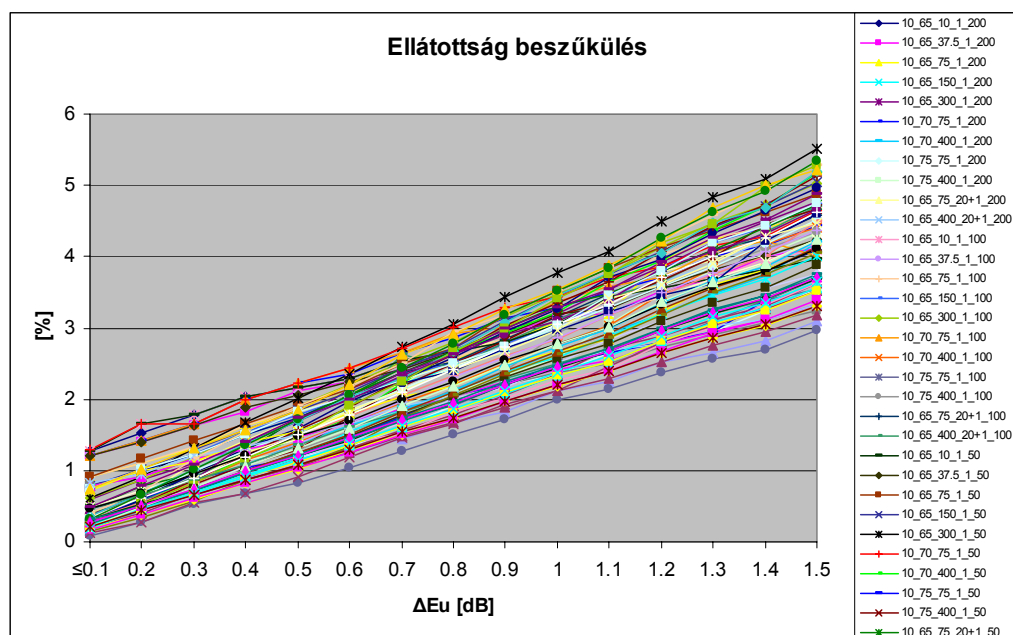
Természetesen az értekezés a későbbiekben választ kíván adni arra is, hogy akár az átmeneti időszakban (elsősorban digitális adókra gondolva), akár a digitális jövőben az új koordinálandó adókkal szemben milyen maximális zavar engedhető meg, vagyis digitális adók védelméhez milyen kompatibilitási kritérium lehetne megfelelő, ami kellő védelmet biztosít a meglévő adóknak, de ugyanakkor nem lesz gátja a hálózatok további bővítésének.

Az ERP és h_{eff} kiválasztásnál azt vettem figyelembe, hogy egyrészt a nagyteljesítményű adók implementálása a cél már az átmeneti időszakban is, ezért 40-50 dBW maximális ERP-t lehet feltételezni. Másrészt a nagyteljesítményű digitális adók jellemzően az analóg gerincadók telephelyein kerülnek üzembe helyezésre, ezért az analóg adóknál ismertetett jellemző h_{eff} értékek megfelelő választásnak tűnnek. A **22. ábra** szerint a $h_{eff}=300$ m a legjellemzőbb, ezért a vizsgálatokat ezzel végeztem. Az 50 km távolságra végzett számítások azonban azt mutatták már 10 W-os analóg adók esetén is, hogy ilyen h_{eff} mellett gyakorlatban használt ERP értékek nem adódnak. Kis távolságok esetén csak igen kis h_{eff} értékek mellett feltételezhető, hogy azonos csatornás sugárzás megvalósítható. Ezért a továbbiakban az 50 km-es vizsgálatnál a digitális adónál $h_{eff}=100$ m-t vettem figyelembe (**10. táblázat**). Az ellátott terület változására vonatkozó számításokat $\Delta E_u=0.1$ és 1.5 dB között 0.1 dB-es lépésközzel végeztem.

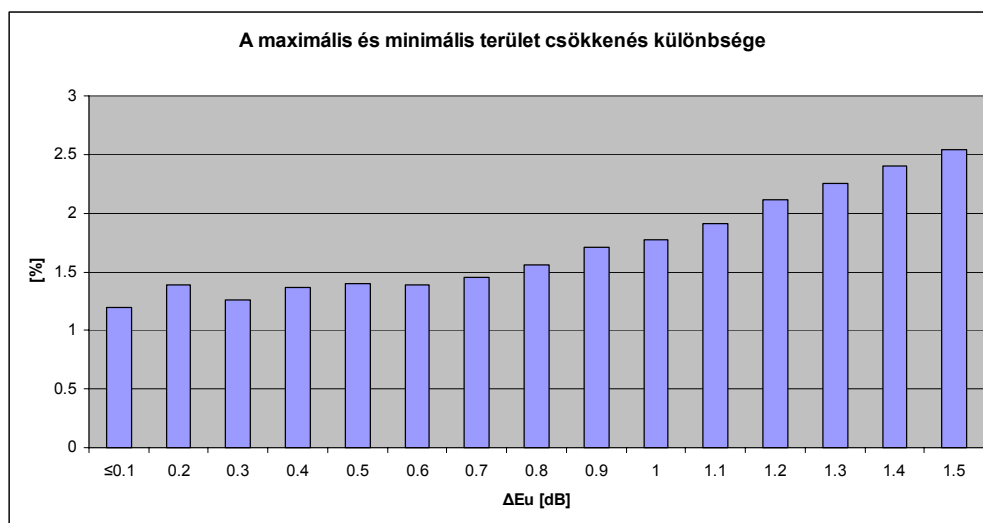
10. táblázat. Zavaró digitális adó h_{eff} értékének választása a távolságtól függően

	$h_{eff}=300$ m	$h_{eff}=300$ m	$h_{eff}=300$ m	$h_{eff}=100$ m
	200km	100km	50km	50km
ERP _{max}	51.1	31.5	15.1	22.0
ERP _{min}	28.3	8.9	-7.2	0.8

Az ellátottság beszűkülés az összes vizsgált esetre, összesen 78-ra, egy diagramban ábrázolva a **23. ábrán** látható.



23. ábra. Ellátottság beszűkülés az összes vizsgált esetre digitális kizárótávolság alapján



24. ábra. A maximális és minimális terület csökkenés különbsége az összes vizsgált esetre a digitális kizárótávolság alapján

A 78 esetből különböző szempontok szerint (védett térerősség (65, 70, 75 dB μ V/m), ERP (10-50 dBW), távolságok (200, 100 és 50 km)) csoportokat képeztem melyekre a **23. ábrán** bemutatott példához hasonlóan külön-külön is grafikusán elemeztem az eredményeket. Megállapítottam, hogy mindegyik paraméter hatással van az ellátott terület csökkenésre, de „viszonylag” kismértékben befolyásolják a végeredményt (**24. ábra**).

A **23. ábra** alapján megfigyeltem, hogy az ellátottság csökkenés minden egyedi vizsgálati esetre ΔE_u függvényében lineáris jelleget mutat, bár a görbe meredeksége a nagyobb ERP és h_{eff} esetpárokra nagyobb. Megpróbáltam az ellátottság csökkenésre egy olyan összefüggést keresni, ami ΔE_u függvényében mutatja, hogy milyen mértékű ellátottság csökkenés várható.

11. táblázat. Az ellátottság csökkenés mediánja és szórása ΔE_u függvényében, valamint a regressziós görbék paraméterei

ΔE_u [dB]	medián	szórás
0.1	0.32230	0.34085
0.2	0.60612	0.34841
0.3	0.88430	0.33154
0.4	1.23876	0.35227
0.5	1.48479	0.35565
0.6	1.76760	0.35487
0.7	2.10898	0.37178
0.8	2.40574	0.38558
0.9	2.67916	0.40924
1	2.95923	0.43788
1.1	3.21209	0.47300
1.2	3.49694	0.50750
1.3	3.69898	0.54959
1.4	3.99758	0.58549
1.5	4.23364	0.61841
m	2.82034	0.20115
b	0.083475	0.267221

Az ellátottság és ΔE_u közötti összefüggés meghatározásához kiszámítottam a várhatóértéket és szórást minden ΔE_u értékhez. A kapott értékekre regressziós egyenest illesztettem [111][112]. Az egyenes meredekségét „m”-mel, az y tengelyű metszéspontját „b”-vel jelöltem (11. táblázat). Az összefüggéseket a (32) és (33) képletek írják le.

$$M(\Delta E_u) = 2.82034 \cdot \Delta E_u + 0.083475 \quad (32)$$

$$\sigma(\Delta E_u) = 0.20115 \cdot \Delta E_u + 0.267221 \quad (33)$$

ahol

$M(\Delta E_u)$: a várható ellátottságcsökkenés ΔE_u függő mediánja [%]

$\sigma(\Delta E_u)$: a várható ellátottságcsökkenés ΔE_u függő szórása [%]

ΔE_u : a használható térerősségszint-növekedés [dB]

A minták számára teljesül a Laplace-feltétel, azaz

$$n \cdot p \cdot (1-p) \geq 9, \quad (34)$$

ahol

$n=78$ a minták száma,

$p=1/2$ a valószínűségi változó,

ezért a medián értékek valószínűség eloszlása normális eloszlással közelíthető [112]. A medián becslésére 95% megbízhatósági szint mellett a konfidencia-intervallum az

$$M \pm 1.96 \cdot \frac{\sigma}{\sqrt{n}} \quad (35)$$

összefüggéssel adható meg,

ahol

M : a várható ellátottságcsökkenés mediánja [%]

σ : a várható ellátottságcsökkenés szórása [%]

n : a minták száma (78).

Figyelembe véve a mediánra és szórásra felírt (32) és (33) összefüggéseket a konfidencia-intervallum a ΔE_u függvényében a következőképpen írható fel.

$$\left[(2.82034 \cdot \Delta E_u + 0.083475) - 1.96 \cdot \frac{0.20115 \cdot \Delta E_u + 0.267221}{\sqrt{78}} ; (2.82034 \cdot \Delta E_u + 0.083475) + 1.96 \cdot \frac{0.20115 \cdot \Delta E_u + 0.267221}{\sqrt{78}} \right] \quad (36)$$

ahol

ΔE_u : a használható térerősségszint-növekedés [dB]

$\Delta E_u=0.3$ dB értékre alkalmazva a medián=0.92958%, a konfidencia-intervallum [0. 92958-0.07269; 92958+0.07269], azaz 95% megbízhatósággal állíthatjuk, hogy véletlenszerűen kiválasztott minták mediánja, vagyis az ellátottság csökkenés százalékban kifejezve [0.85688; 1.00227] közé esik. $\Delta E_u=0.1-4.5$ dB értékre kiszámított konfidencia-intervallum alsó és felső határa (p_a és p_f) az **5. melléklet**ben látható. Az értékek %-ban vannak megadva.

Mindezek alapján levont következtetésem:

- A védendő térerősség határán azonos megengedett zavar szinteket feltételezve az analóg adó ellátottság beszűkülése csak kis mértékben függ az analóg adó ERP-jétől, h_{eff} értékétől, vonatkoztatási szinttől, és a két adó közötti távolságtól, ha a zavaró digitális adó kizárótávolságon kívül helyezkedik el (**23-24. ábrák**).
- A felsorolt analóg adó jellemzők annál jobban befolyásolják a területváltozás mértékét, minél nagyobb a megengedett zavar szint.
- Ha a $\Delta E_u < 3.6$ dB, a szórás még nem lépi túl a 1%-t.

A fenti képletek alkalmazásával egyszerűen képet kaphatunk arról, hogy kompatibilitási kritériumként választott vagy választandó megengedett maximális ΔE_u növekedés milyen hatással lehet az ellátott területre adott szóráson belül, anélkül hogy ismertek lennének a konkrét védeni kívánt adó vagy a zavaró adó jellemzői. Csupán annyi az előfeltételezés, hogy minimum a kizárótávolságnál nagyobb a két adó közötti távolság, valamint a potenciális zavaróadók várható megengedett maximális ERP értéke a gyakorlati értékeken belül van.

3.2.2.3 Műsorszóró egyezmények kompatibilitási kritériumai területcsökkenéssel szemléltetve

A (36) összefüggés alapján a **36. táblázat** eredményét felhasználva kiszámítottam (**5. melléklet**), hogy az ismert egyezményekben alkalmazott kompatibilitási kritériumoknak várhatóan milyen ellátottság csökkenés lehet a következménye. Az eredmények a **12. táblázatban** találhatóak.

A **GE84** szerinti kritérium ($\Delta E_u \leq 0.5$ dB) várhatóan kevesebb, mint 1.6 % ellátottság csökkenést enged meg. Fontos tényező azonban, hogy ez az aktuális E_u szintre vonatkozik. Minden újabb adó elfogadásával növekszik az E_u szint (és kevesebb mint 1.6%-t csökken a terület). Ez legrosszabb esetben annyiszor 1.6%-t jelent, ahány új adó kerül elfogadásra.

12. táblázat. Ellátottság beszűkülés %-ban megadott várható értéke 95%-os megbízhatósági szint mellett a különböző műsorszóró egyezmények ismert kompatibilitási kritériumai alkalmazásával

Kritérium	ΔE_u [dB]	RZJ [dB]	Vonatkoztatási szint	Ellátottság beszűkülés [%]	
				medián	szórás
Egyezmény					
GE84: műsorszóró	0.5	-9.1	E_u	1.41202	1.57527
CH97: műsorszóró	0.3	-11.5	E_u	0.85688	1.00227
CH97: DVB-T OS szolgálattal szemben		0	$E_{med}=E_{min}$	8.35127	8.73771
GE89: műsorszóró	~ 1.8	-3	$E_{med}=E_{min}$	5.02043	5.29974
NHH (korábbi) kisteljesítményű	3	0	$E_{med}=E_{min}$	8.35127	8.73771
NHH (korábbi) nagyteljesítményű	<0.1	-20	$E_{med}=E_{min}$	<0.30174	<0.42928
GE06: DVB-T védelme OS szolgálattal szemben	1.25	-4.8	E_{med}	3.35501	3.58075
GE06: analóg védelme DVB-T-vel szemben	3	0	$E_{med}=E_{min}$	8.35127	8.73771
GE06: DVB-T védelme DVB-T-vel szemben	3	0	E_{med}	8.35127	8.73771

A **CH97** szerinti kritérium ($\Delta E_u \leq 0.3$ dB) várhatóan kevesebb, mint 1 % ellátottság csökkenést enged meg. Az E_u szintre vonatkozó védelemmel kapcsolatos észrevételek az előző bekezdésben elmondottakkal egyezők.

A **GE89** hatálya alá az afrikai országok tartoznak, ahol a gerincadó hálózatok kiépítése is igen szerény mértékű. További kisteljesítményű adóhálózat kiépítése nem jellemző. A gerincadókról elmondható, hogy viszonylag alacsony zavaró jelszintek jelenlétében működhettek, így a használható térerősség szintek az E_{min} -hoz közeli értékek. Így az 1.8 dB E_u növekedés valóban akár 6%-nál is nagyobb ellátottság csökkenést jelenthet. Tekintve, hogy az $E_{ni} \leq (E_{min}-3)$ dB μ V/m minden új adóra értendő, így a maximum $(E_{min}-3)$ dB μ V/m zavaró jelszintek összegződnek. Legrosszabb esetet feltételezve, amikor mindegyik zavaró jelszint eléri ezt az értéket a vételi pontban, két zavaró jel esetén 3 dB, 3 zavaró jel esetén 4.8 dB-el, stb, növekszik az E_n . $E_n - E_u = -3 + 4.8 = 1.8$ dB, ami a **6. táblázat** szerint 4 dB E_u növekedésnek, azaz 11,5% ellátottság csökkenésnek felel meg. Ennél nagyobb további ellátottság csökkenés nem várható, maximumnak tekinthető.

A valóság azonban az, hogy az E_u nem egyenletesen változik az összes irányban. Ha az újabb zavaróadók olyan szektorban érintik az ellátott területet, ahol a korábbi adóknak a hatása nem, vagy csak kismértékben érvényesült, akkor az ellátottság csökkenés tovább nőhet. Abszolút maximumot úgy lehetne meghatározni, ha az E_u -t körben 4 dB-lel nagyobbra választanánk az E_{min} -nél, vagyis olyan, mintha $E_{min} = 69$ dB μ V/m lenne, ami tovább nem változhat.

Az **NHH** kisteljesítményű adókra vonatkozó korábbi védelmi előírása túlságosan enyhének tűnik, hiszen százalékosan viszonylag nagy ellátottság csökkenést enged meg. Érdekes tehát egy picit belegondolni, hogy valóban így van-e. Tudjuk, hogy a kis és közepes teljesítményű adók az ST61 Terv elfogadását követően kerültek be a tervbe. A frekvenciák tervezésekor szembesülni kellett a ténnyel, hogy az ST61 Tervben lévő gerincadók szinte teljesen lefoglalják a spektrumot, jelentős zavar szintet hozva létre a nagy földrajzi kiterjedésben. Új adók üzembe helyezése csak úgy volt lehetséges, hogy tudomásul kellett venni a zavaró jelek viszonylagosan magas szintjét, ami a gyakorlatban azt jelentette, hogy a használható térerősség szint jóval, jellemzően 10-20 dB-lel az E_{min} fölött volt. Figyelembe véve hogy az $r(L) = 0$ dB kritérium az E_{min} szintre értendő, az erre vonatkoztatott 3dB-es E_u növekedés még így is jóval a valóságos E_u szint alatt maradt. Ezt figyelembe véve reálisnak tűnik a kritérium.

A gerincadókra vonatkozó $r(L) = -20$ dB kritérium gyakorlatilag nem jelent ellátottság csökkenést. Az előző fejezetben tett megfontolások alapján a legrosszabb esetben az összegzett zavaró jel szint 4.8 dB-t növekszik, azaz még mindig 15 dB-lel az E_{min} alatt marad. Ez alig több mint $\Delta E_u = 0.1-0.2$ dB-nek feleltethető meg. Az ehhez tartozó ellátottság csökkenés a legrosszabb esetet tekintve is 1% alatt marad. A GE89-el kapcsolatban elmondottak itt is érvényesek, azzal a megjegyzéssel, hogy az $E_{ni} \leq (E_{min}-15.2)$ dB μ V/m lényegi változást nem okoz.

A **GE06** Terv elkészítéséhez használt kritériumból az látható, hogy az egyéb elsődleges szolgálat és DVB-T között mindkét irányban az „arany középút”-nak tűnő értékek alapján történt a tervezés. Az analóg és digitális televízió szolgálatnál az ellátott területre igen nagy hatást gyakorló ΔE_u kritérium alapján folyt a tervezés. Összevetve a 3.2.1 fejezet következtetésével elmondható, hogy a digitális terv készítésekor a $\Delta E_u = 3$ dB az analóg adók mintegy 90%-ra reálisnak tűnő kritériumot támasztott, ugyanakkor nem védte eléggé a nagy teljesítményű adókat. A digitális adók teljesítménytől függetlenül E_{med} -nél 3 dB-lel nagyobb használható térerősségre lettek megtervezve.

A 3.2.2 fejezet megállapításait felhasználva elmondható, hogy az analóg adó jellemzői az ellátottság csökkenés mértékére nincsenek jelentős befolyással. Igazán jelentősége annak van, hogy mekkora a ΔE_u növekedés megengedett mértéke, és az, hogy azt az E_{med} vagy E_u értékhez viszonyítva kell-e alkalmazni.

A következő fejezetben azt vizsgálom, hogy a különböző kompatibilitási kritériumok alkalmazásával milyen mértékű ERP-k lehetségesek a GE06 Tervben lévő átmeneti időszakban koordinálandó magyar digitális adók esetében. A konkrét számításokat először a már visszavont, de ez idáig a digitális adókra alkalmazandó egyetlen kompatibilitási kritérium ($\Delta E_u \leq 0.3$ dB) alapján végzem azzal a kiegészítéssel, hogy a védelmet az E_{med} -re vonatkoztatva határozom meg. A fentiek alapján nagyteljesítményű analóg adókra ez valós feltételezés.

3.3 Kompatibilitási kritérium az analóg televízióadók védelmére

A következő vizsgálatok célja annak feltárása, hogy milyen kompatibilitási követelmény (ellátott terület csökkenés) mellett van lehetőség minél több digitális adó üzembe helyezésére még az átmeneti időszakban az analóg adók védelmét biztosítva. A vizsgálatok menete:

1. A digitális potenciális zavaró adók kiválasztása (statisztikai mintavételezéssel).
2. A potenciálisan zavart analóg adók leválogatása (potenciálisan zavart adóknak azt tekintetem, amelyekre a vizsgált pontokban – legközelebbi és legtávolabbi pont az E_{min} határon – az $E_{ni} \geq (E_{min}-20)$ dB μ V/m teljesül. Ennél szigorúbb előírás egyetlen egyezményben sem volt (**7. táblázat**).
3. A megengedett ERP-k kiszámítása 36 irányban minden potenciálisan zavart adónál $\Delta E_u=0.3$ dB kompatibilitási kritériumra.
4. A vizsgálatok kiterjesztése tetszőleges kompatibilitási kritériumra, az eredmények kiértékelése.

3.3.1 A digitális adók kiválasztása

A nagyszámú koordinálandó adóra tekintettel a **4. táblázatban** megadott 143 adóból véletlen kiválasztással 50 adót vontam be a vizsgálatba [112]. A kiválasztás az adatbázis sorszáma szerint véletlenszám generálásával történt.

3.3.2 A potenciálisan zavart analóg adók kiválasztása

Az analóg adatbázisból azokat az azonos és szomszédcsatornás adókat válogattam ki, amelyekre teljesült az $E_{ni} \geq (E_{min}-20)$ dB μ V/m feltétel. Kizártam a magyar analóg adókat, hiszen hazai hálózatban okozott zavar kezelése, különösen az átmeneti időszakban a nemzetközi előírásoktól, gyakorlattól teljesen eltérő is lehet. Például enyhébb kompatibilitási kritérium alkalmazása, csatornacseré, részletes DTM alapú számítás, stb. A kompatibilitási kritériumnak elsősorban a szomszédos országok tekintetében lehet nagy jelentősége az átmeneti időszakban.

3.3.3 Megengedett ERP-k kiszámítása

A számításokat mind az E_u kontúron (ahogy a ΔE_u -ra vonatkozó kritériumok megadásánál szokásos, ΔERP_{E_u}), mind az E_{min} kontúron (ahogy az $r(L)$ jellegű kritériumok megadásánál szokásos, $\Delta ERP_{E_{min}}$) 10 fokonként 36 pontra végeztem el. Minden pontban meghatároztam a digitális adó által létrehozott E_{ni} zavaró jelszintet. A szükséges ERP csökkentés a

$$\Delta ERP_{E_v} = E_{ni} - E_v - RZJ(\Delta E_u) \quad (37)$$

ahol

E_v : a védendő hasznos jelszint (E_{med} vagy E_u) [dB(μ V/m)]

ΔERP_{E_v} : a szükséges ERP csökkentés E_v védendő hasznos jelszintre [dB]

E_{ni} : az i -dik egyedi jel zavaró jelszintje [dB(μ V/m)]

$RZJ(\Delta E_u)$: a maximális megengedett zavaró jel szintjének relatív értéke [dB]

összefüggéssel a (25) képlet alapján meghatározható.

A koordinálandó digitális adók egyik része analóg frekvenciakijelölések konverziója saját vagy közeli telephelyre, másik része új frekvenciakijelölés, amelyet azon a telephelyen analóg televíziózásra korábban nem használtak (**5. táblázat**). Analóg adó konverziója esetén a zavarszámításnál azt kell megvizsgálni, hogy a digitális adó által létrehozott zavar nagyobb-e, és ha igen, mennyivel, mint amekkora zavart az analóg adó okozna a tesztelési pontokban. Az ERP-t annyi dB-lel kell csökkenteni, amennyi a két érték közötti különbség (ΔERP_{kon}). Megvizsgáltam azt is, hogy mennyivel kellene az ERP-eket akkor csökkenteni, ha mindegyik DVB-T adót új adóként kezelnék ($\Delta ERP_{új}$). A vizsgálatokat először $\Delta E_u = 0.3$ dB-re végeztem el.

3.3.3.1 A lehetséges ERP-k meghatározása a konverziók figyelembe vételével

A használható térerősség definíciójából következik, hogy E_u -ra számított kompatibilitási kritérium enyhébb vagy azonos mértékű ERP csökkentést eredményez, mint az E_{med} -re kiszámított, azaz mind a 36 tesztelési pontra felírható az

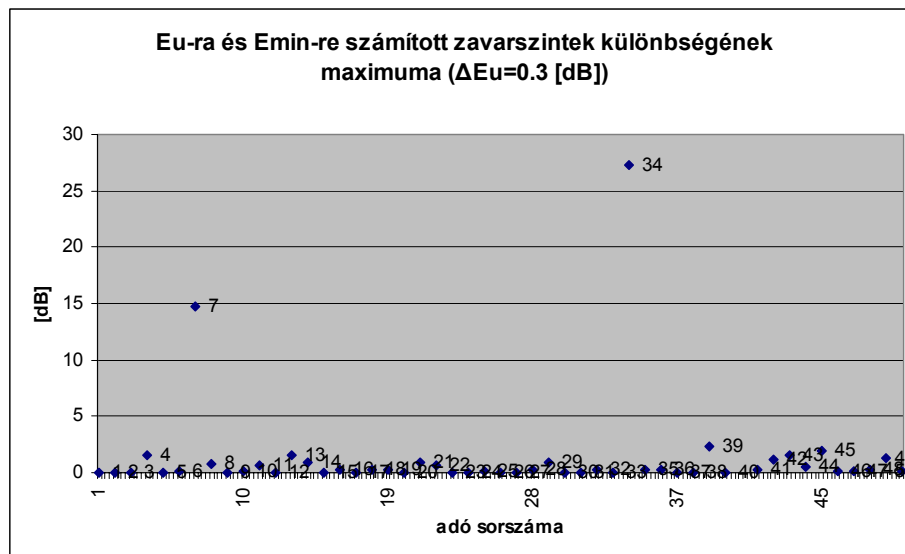
$$\Delta ERP_{E_u}(\Delta E_u)_i - \Delta ERP_{E_{med}}(\Delta E_u)_i \leq 0 \quad (i=1, 2, \dots, 36) \quad (38)$$

ahol

$\Delta ERP_{E_u}(\Delta E_u)_i$: az i -dik tesztelési pontra számított szükséges ERP csökkentés E_u hasznos jelszintre meghatározva [dB]

$\Delta ERP_{E_{med}}$: az i -dik tesztelési pontra számított szükséges ERP csökkentés E_{med} hasznos jelszintre meghatározva [dB]

egyenlőtlenség. A (38) összefüggés alapján mind az 50 adóra kiszámítottam a különbségeket, majd adónként meghatároztam a maximális és minimális értékeket. A grafikus eredmények elemzése igen fontos kitélre hívta fel a figyelmemet. A **25. ábrán** látható, hogy néhány adónál az eredmény pozitív (kettőnél különösen nagy az eltérés), ellentétben a (38) alapján elvárt eredménnyel. Az ellentmondás feltárása érdekében részletes számításokat, elemzéseket végeztem a két extrém eltérést mutató adóra. Megfigyeltem, hogy a két kiugró esetről ellátottsági területen belülre esnek a zavart adók. Ilyen esetekre az általánosan használt zavartatás vizsgálati módszerek nem megfelelőek. Megnéztem azokat az adókat is, amelyeknél minimálisan, de pozitív különbség adódott. Ezeknél kismértékben átlapolódnak az ellátottsági területek az analóg adó(ké)vel.



25. ábra E_u , illetve E_{min} vonatkoztatási szintre számított kompatibilitási kritérium közötti eltérés szemléltetése – maximális eltérés

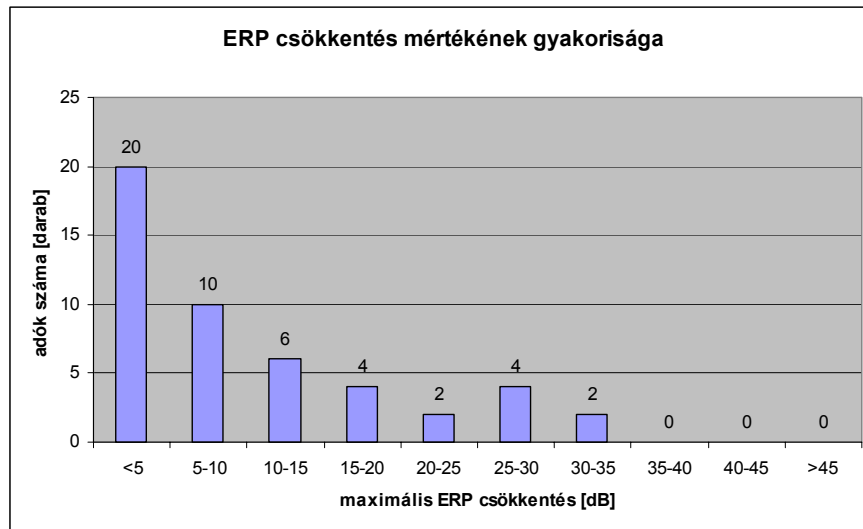
Az előzőhöz hasonlóan az E_u és E_{med} közötti különbségek minimumát megvizsgálva a két szélsőséges érték itt is a 7. és 34. sorszámú adóhoz tartozik, ami még inkább alátámasztja, hogy az alkalmazott vizsgálati módszerrel ilyen esetekre torz, a valóságot nem helyesen leíró eredmény adódik. Fontos következtetés azonban, hogy amikor egy adó ellátottsági területén belül védendő állomás van, akkor egyedi, többnyire DTM alapú, részletes vizsgálatokat kell végezni (például meg kell vizsgálni, hogy a valóságban terep nem választja-e el a két adó ellátottsági területét).

Az is kiderült, hogy a legtöbb adónál 0 dB a különbség, vagy ahhoz közeli érték, ami azt jelenti, hogy E_u és E_{med} értéke közel azonos. Ebből arra a következtetésre jutottam, hogy a viszonyítási szint választása az esetek nagy részében (a vizsgált minták 82%-ában) csak kis mértékben befolyásolja a végső eredményeket. Megjegyzendő, hogy ez a magyar digitális adókra jellemző eredmény, az arányokra általánosítani más országok tekintetében nem lehet. Megfigyeltem ugyanis, hogy a 0 dB-hez közeli értékek többnyire azoknál az adóknál vannak, amelyek analóg konverzió eredményei. Az hogy melyik ország milyen mértékben használta ki ezt a lehetőséget, az teljesen különböző lehet. A további vizsgálatokat a 7. és 34. adó kizárásával 48 adóra, az E_u referenciaszintre kapott eredményekkel végeztem. A 48 adóból 21 adó új, 9 saját, 18 pedig közeli telephelyre konvertált. A $\Delta E_u=0.3$ dB-re kiszámított szükséges ERP csökkentés értékei a **13. táblázat**ban találhatók.

13. táblázat. Szükséges ERP csökkentés $\Delta E_u=0.3$ dB-nél

DVB-T adó sorszáma	1	2	3	4	5	6	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	
ΔE_u [dB]	RZJ[dB]	ΔERP [dB]															
0.3	-11.5	11.8	0.0	0.0	14.2	1.5	6.4	19.0	0.0	2.0	5.3	0.0	13.6	25.4	0.0	6.5	1.1
DVB-T adó sorszáma	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	
ΔE_u [dB]	RZJ[dB]	ΔERP [dB]															
0.3	-11.5	10.1	7.3	0.0	2.2	10.1	3.3	9.6	0.2	0.0	0.0	22.9	30.0	3.2	5.2	20.0	0.0
DVB-T adó sorszáma	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	
ΔE_u [dB]	RZJ[dB]	ΔERP [dB]															
0.3	-11.5	11.5	6.0	7.0	0.0	26.9	0.0	5.7	24.8	26.1	3.4	17.8	3.9	8.6	35.0	35.0	17.0

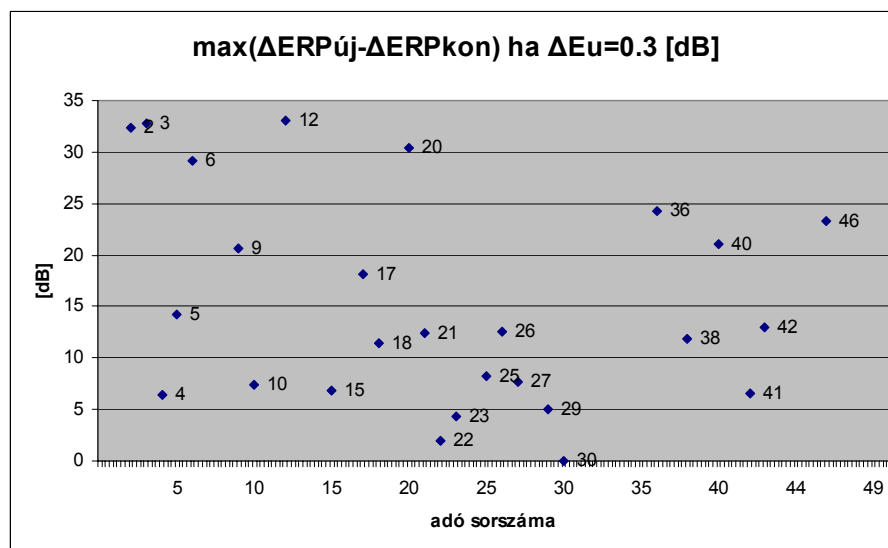
A **13. táblázat** alapján a **26. ábra** azt szemlélteti, hogy számítás szerint hány adónál kell a vízszintes tengelyen leolvasható intervallumba eső teljesítmény csökkentést előírni. A diagram szerint a vizsgált 48-ból 18 adónál lehet szükség 10 dB-nél nagyobb mértékű ERP csökkentésre.



26. ábra. A szükséges ERP csökkentés alakulása, ha $\Delta E_u=0.3$ dB

3.3.3.2 A lehetséges ERP-k meghatározása a konverziók figyelembe vétele nélkül

A **27. ábrán** a konverzióból származó, összesen 27 DVB-T adóra végzett összehasonlítás eredménye látható, mely azt mutatja, hogy a konverzióból adódó digitális adók is rendkívül nagy abszolút zavar szint növekedést okoznak (nem ritka a 30-35 dB is).



27. ábra. Új adóként, illetve konverzióként számított kompatibilitási kritérium közötti eltérés szemléltetése – maximális eltérés

3.3.4 A vizsgálatok kiterjesztése tetszőleges kompatibilitási kritériumra

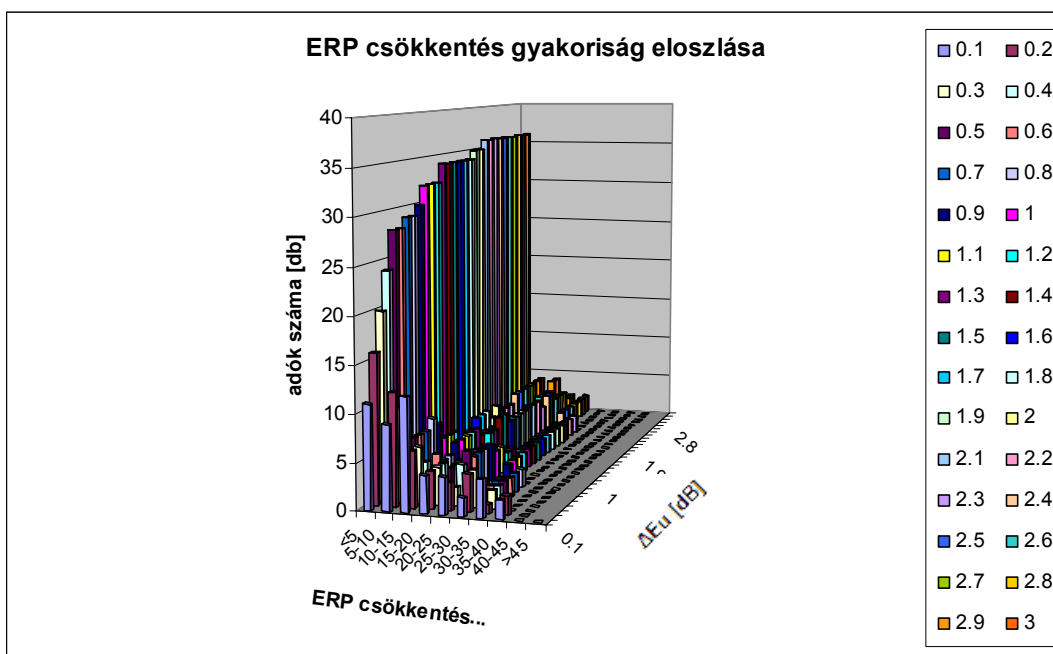
A **13. táblázat** értékeiből a (24) összefüggés felhasználásával $\Delta E_u=0.1-3$ dB értékekre 0.1 dB-es lépésközzönként meghatároztam a szükséges ERP csökkentés értékeit. A 48 adóra együtt,

illetve a három kategóriára szétbontva (új adó, analóg konverzió saját, illetve közeli telephelyre) vizsgáltam, hogy a különböző ΔE_u kritériumok mellett hány adónál kell 5, 10, 15, stb. dB-nél nagyobb értékkel csökkenteni az ERP-t (a **26. ábra** kiterjesztése további ΔE_u értékekre). Az eredmények 3D oszlopdiaagramokkal jó szemléltethetők, melyre példa a **28. ábrán** látható.

3.3.4.1 Az eredmények alapján levont következtetésem

A 48 adóra végzett vizsgálat eredménye

A teljes vizsgált adatbázisra elmondható, hogy a ΔE_u növekedésével egyre jelentősebb mennyiségű adó esik a 10 dB-nél kisebb szükséges ERP csökkentés kategóriába. Körülbelül $\Delta E_u = 1\text{dB}$ -től jelentős változás nem látható. Egy bizonyos része az adóknak még $\Delta E_u = 3\text{ dB}$ kritérium mellett sem teljesíti ezt a feltételt (**28. ábra**).



28. ábra. A szükséges ERP csökkentés alakulása $\Delta E_u = (0.1, 0.2, \dots, 3)$ dB értékekre

Az új adókra végzett vizsgálat eredménye

Az új adókra hasonló számítások és diagramok eredményeiből megállapítottam, hogy nagyon enyhe kritérium mellett sem lehet megfelelő ERP-t egyeztetni a külföldi analóg adóknak okozott nagy zavarok miatt. Egyedi kétoldalú koordinációs tárgyalások eredményeként várható csak jobb eredmény. Például úgy, hogy a szomszédos ország hajlandó csatorna cserére a zavart adóknál (kisteljesítményű zavart adóknál képzelhető el), vagy egyéb más kölcsönös előnyökön alapuló megoldással.

Saját telephelyre konvertált adókra végzett vizsgálatok eredménye

Saját telephelyre konvertált digitális adók esetén a legszigorúbb kritérium mellett is szinte maximális ERP-vel üzembe helyezhetők az adók.

Nem saját telephelyre konvertált adókra végzett vizsgálat eredménye

Konverzióból származó digitális adóknál, amelyeknél nem saját telephelyre történt a konverzió, az eredményekből az látható, hogy viszonylag kisebb ΔE_u mellett is nagyszámú adónál elegendő a 10 dB-nél kisebb ERP csökkentés. Marad azonban néhány olyan adó, ami a kritérium enyhítésével sem helyezhető megfelelő ERP-vel üzembe.

3.3.5 Javaslát a kompatibilitási kritériumra

A koordinálandó adók 25-100 kW (44-50 dBW) maximális ERP-vel szerepelnek a GE06 Tervben. Az analóg hálózattal megegyező ellátottságok eléréséhez (az analóg adók kikapcsolásának feltétele) általánosságban elmondható, hogy 43-47 dBW ERP-k szükségesek. A számítások az mutatják, hogy 5-10 dB-lel kisebb ERP-k is már jelentős ellátottság csökkenéssel járnak. Példaként megvizsgáltam, hogy maximum 5-10 dB ERP csökkentés kritérium az adók hány százalékára nem teljesül különböző ΔE_u -t feltételezve. Ennek eredménye a 14. táblázatban van összefoglalva.

14. táblázat. Adók száma %-ban kifejezve, amelyeknél 10 dB-nél nagyobb ERP csökkentés szükséges a ΔE_u függvényében

	48 adó	új adók	Konverzió más th-re	Konverzió saját th-re
ΔE_u				
[dB]	[%]	[%]	[%]	[%]
0.1	58	95	44	0
0.2	42	71	28	0
0.3	38	62	28	0
0.4	33	62	17	0
0.5	29	52	17	0
0.6	29	52	17	0
0.7	27	48	17	0
0.8	25	48	11	0
0.9	25	48	11	0
1	25	48	11	0
1.1	25	48	11	0
1.2	25	48	11	0
1.3	25	48	11	0
1.4	23	43	11	0
1.5	23	43	11	0
1.6	21	38	11	0
1.7	21	38	11	0
1.8	21	38	11	0
1.9	21	38	11	0
2	19	33	11	0
2.1	19	33	11	0
2.2	19	33	11	0
2.3	19	33	11	0
2.4	17	29	11	0
2.5	17	29	11	0
2.6	17	29	11	0
2.7	17	29	11	0
2.8	17	29	11	0
2.9	17	29	11	0
3	17	29	11	0

Összegezve elmondható, hogy az átmeneti időszakban üzembe helyezendő adók koordinációs sikerét és a lehetséges ERP-eket a következők határozzák meg.

- Új adók esetén a kompatibilitási kritériumnak jelentős szerepe van. Még igen enyhe (1.5 dB) kritériummal is az adóknak közel 40%-ánál 10 dB-nél nagyobb korlátozás adódik. Azok az országok tehát, akik az analóg tervet nem vették figyelembe, és teljesen új csatorna kiosztást alkalmaztak, az átmeneti időszakban sok problémával kell szembe nézniük.
- Konvertált adók esetén még enyhe kritérium mellett is sikeresen implementálhatók az adók. Itt azonban csak akkor lehet üzembe helyezni az adókat, ha az analóg sugárzás befejeződik. Az analóg sugárzás befejezése azonban a legtöbb országban egy simulcast időszak végén (0.5-1.5 év) történik, ellőtte más frekvenciákra kell sugározni.
- Azok az országok, amelyek nem használták ki az analóg terv lehetőségeit analóg sugárzásra, vagyis nem üzemelő nagyteljesítményű analóg pozíciókkal rendelkeznek, és a digitális tervük alapvetően az analóg konverzióra épül, még szigorú kompatibilitási kritérium mellett is bízhatnak megfelelő koordinációs eredményekben.
- Azoknak az országok, amelyek nem a teljes műsorszóró sávot használták analóg műsorszórásra (elsősorban a 790-862 MHz sávról van szó), szintén jó lehetőségeik vannak, különösen olyan földrajzi területeken, ahol a szomszédos országok is hasonló frekvenciafelhasználást alkalmaztak (pl. a volt VSz országok). Itt azonban problémát okozhat a sávban egyéb, elsősorban katonai, eszközök üzemeltetése és megfelelő védelmének biztosítása. A következő fejezet vizsgálatának ez lesz a tárgya.
- A GE06 Megállapodás nem tartalmazza az analóg-digitális konverzió figyelembe vételét, erről az országoknak egymás között kell megegyezni. Amennyiben ez nem sikerül, $\Delta E_u=0.5$ dB kritérium mellett a kérelmek több mint 50%-ánál 10 dB-nél nagyobb korlátozás várható.

3.4 Katonai rendszerek működésének kihatása a DVB-T bevezetésére

A tervezett magyar DVB-T állomások katonai rendszerekre gyakorolt zavaró hatásának vizsgálatát a GE06 Digitális Terv elemzésével kezdtem. Kigyűjtöttem az ITU adatbázis alapján azokat az állomásokat, összesen 48-t, amelyek érintve lehetnek mind a magyar, mind a külföldi katonai rendszerek védelmével összefüggésben.

Az ukrán, lengyel és magyar katonai rendszerek az RR eljárása szerint az ITU-hoz 2005-2006-ban bejelentésre kerültek. Ennek alapján ismertek a bejelentett földi állomások koordinátái. Magyarországon három földi állomás esetén kell a védelmet biztosítani. A 48 adó mindegyike 1000 km-en belül helyezkedik el, így az 1997-t megelőző években alkalmazott védelmi kritérium alapján üzembe helyezésükre nem nyílhatna lehetőség.

Tekintettel arra, hogy bár védelmi értékeket és védendő térerősség értékeket a GE06 tartalmaz, de kötelező kompatibilitási kritériumot az egyezmény nem ír elő, az országok egyedi szempontok alapján bírálják el a kérelmeket. Az, hogy milyen kritériumot alkalmaznak, arról nem nyilatkoznak, csupán az elfogadás vagy el nem fogadás tényét közlik.

Feltételezem, hogy a magyarországi mérési eredmények, illetve a GE06 egyezményben megadott műszaki paraméterek alkalmazása 1000 km-es kizáró távolságnál lényegesen kisebb korlátozást jelentenek a hazai DVB-T állomások üzembe helyezésére. Feltételezem azt is, hogy a GE06 Megállapodásban elfogadott értékeket, illetve - ahol szükséges - a tényleges üzemi paramétereket figyelembe vevő mérési eredmények felhasználásával végzett részletes számítások eredményei alapján, csak a valóban szükséges mértékű védelem biztosításával

elérhető, hogy az egyéb elsődleges szolgálatok védelme jelentősen ne akadályozza a DVB-T hálózatok kialakítását az átmeneti időszakban sem Magyarországon.

A vizsgálataimat csak a digitális adókra terjesztettem ki, hiszen 1997-ben a harmadik analóg televízió-hálózat elindulásával lényegében hazánkban befejeződött az analóg hálózatok fejlesztése. Az RRC06 Értekezletet követően pedig a szomszédos országoknál sem tapasztalható jelentős igény új analóg frekvenciákra.

3.4.1 A magyarországi mérésekkel meghatározott paraméterek

A magyarországi méréseket megelőzően a védelmi paraméterek hiányában egyáltalán nem volt lehetőség katonai légi rádió navigációs szolgálatok és műsorszóró állomások közötti zavartatási számításokra. A mérések célja ennek a hiánynak a pótlása volt annak érdekében, hogy lehetővé váljon műszaki vizsgálatokon alapuló közös sávhasználat, a spektrum hatékony felhasználása. A mérések tárgyát az analóg és digitális televízióadók jelének a különböző katonai eszközök vevőire gyakorolt zavaró hatásának a vizsgálata képezte. Ennek érdekében meg kellett mérni a katonai eszközök zajhatárolt érzékenységét, rendszerérzékenységét, valamint a szükséges védelmi értékeket [42][119].

A **zajhatárolt érzékenységre** (S_n) vonatkozó minőségi kritérium a katonai eszközök mérési utasításaiban meg van adva [42][47]. A mérések során az előírásnak megfelelő módszerrel történt az S_n ellenőrzése kizárólag a saját zaj (termikus zaj) figyelembe vételével. A **rendszerérzékenység** (S_s) azt a legkisebb hasznos jelszintet jelenti, amelynél a rendszer az előírt szolgáltatást már biztosítja saját és külső zajok jelenlétében zavarforrás hatása nélkül. Tekintettel arra, hogy az előírt szolgáltatás minőségi kritériuma a különböző rendszereknél más és más lehet, minden egyes katonai eszköz rendszerérzékenységének a mérése előtt a résztvevők meghatározták és egyhangúlag elfogadták a szükséges minimális minőségi követelményt [42].

A frekvencia eltérés függő védelmi értékek ($PR(\Delta f)$) a mért hasznos és zavaró jelekből a (39) képlet alapján számítással kerültek meghatározásra. A $PR(\Delta f)$ logaritmikusan kifejezve:

$$PR(\Delta f) = P_h - P_z \quad (39)$$

ahol

$PR(\Delta f)$: frekvencia eltérés függő védelmi érték [dB]

Δf : A zavaró jel és a hasznos jel középfrekvenciáinak a különbsége [MHz]

P_h : A hasznos jel teljesítménye [dBm]

P_z : A zavaró jel teljesítménye [dBm]

A katonai rendszerek védelmét biztosító kompatibilitás számításokhoz szükség van a védendő térerősség (E_v) ismeretére is, melynek megadása kötelező volt az egyéb szolgálatokra vonatkozó adatszolgáltatás során a CH97 Megállapodás alapján [45]. A rendszerérzékenység fogalmát figyelembe véve az mondható, hogy a védendő térerősség nem más, mint az a térerősség érték a vevőantenna közelében, ami a vevő bemenetén a rendszerérzékenységnek megfelelő jelszintet hozza létre. A rendszerérzékenységből a védendő térerősség meghatározása a C korrekciós tényező figyelembe vételével lehetséges, melyet szintén méréssel határoztak meg a szakemberek [42][116][47]. C az antenna közelében mért E térerősség és az antennakábel kimenetén illesztett lezárás esetén jelentkező U_s kapocsfeszültség hányadosa, mely logaritmikusan kifejezve:

$$C = E - U_s \quad (40)$$

Ha a vevő bemeneti impedanciája Z , a

$$10\lg S_s = 10\lg U_s^2 / Z \quad (41)$$

összefüggés felhasználásával a védendő térerősségre kapott összefüggés:

$$E_v = 20\lg 106 \sqrt{Z \cdot 10^{S_s/10}} + C \quad (42)$$

ahol

C : antenna korrekciós tényező [dB/m]

E : antenna közelében mért térerősség [dB(μ V/m)]

U_s : kapocsfeszültség [dB(μ V)]

S_s : rendszerérzékenység [dBW]

Z : impedancia [ohm]

E_v : védendő térerősség [dB(μ V/m)]

A hasznos és zavaró jel eltérő polarizációja esetén az A_{pol} keresztpolarizációs védelmet is figyelembe kell venni, ezért ennek meghatározása is a mérési feladat részét képezte.

3.4.2 A felhasznált védelmi paraméterek

Az IFF rendszerekre vonatkozóan rendelkezésre áll a CEPT-hez benyújtott magyar anyag [113], ami titkossági szempontok miatt nem tartalmazza az összes mérési eredményt, csupán egy-egy TV csatornán belül mért legnagyobb védelmi értékeket, valamint példaként megadott védendő térerősséget (69 dB μ V/m). A védelmi értékek frekvencia eltérés szerinti függése így tehát nem szerepel a dokumentumban, lényegében „worst case”-re lehet a frekvenciafüggést figyelembe venni. Rendelkezésre állnak továbbá a GE06 Egyezményben elfogadott frekvencia eltérés függő védelmi értékek, valamint védendő térerősség értékek is mind a földi, mind a fedélzeti vevőkre. Megállapítottam, hogy a GE06 Egyezményben elfogadott védendő térerősség értékek jelentősen szigorúbbak a mérés során feltételezett értékeknél (17, illetve 40 dB-lel).

Az RSZBN rendszerre vonatkozóan a magyar igazgatás által a CEPT-hez beterjesztett és elfogadott mérési jegyzőkönyv, és annak alapján készült kizárótávolságot meghatározó grafikonok, illetve az elfogadott védelmi értékeket tartalmazó ERC Jelentés áll rendelkezésre [47] [114] [116][117]. Ismertek a védelmi értékek, valamint a vevő és rendszerérzékenység értékek. Összehasonlítva a GE06 Egyezményben megadott értékekkel, úgy tűnik, hogy az Egyezménybe a vevőérzékenység, azaz a legszigorúbb kritérium alapján került be a védendő térerősség.

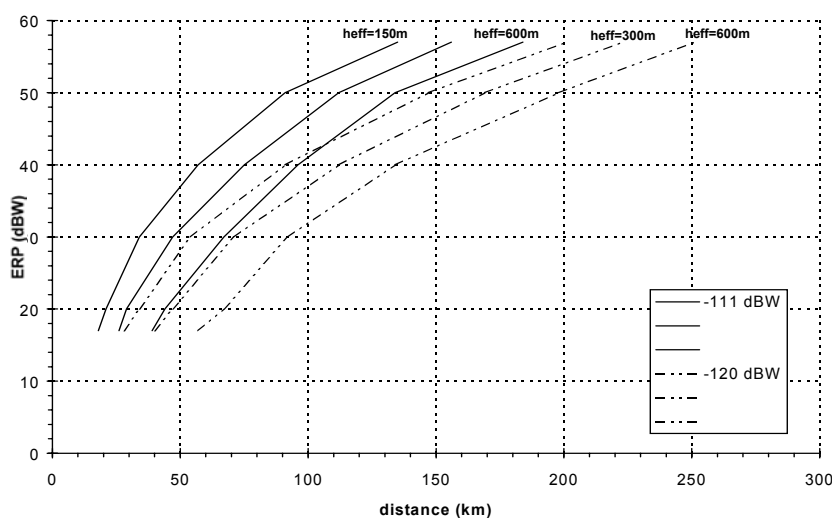
Az 54-56., valamint a 66-69. TV csatornákat érintő rendszerekre vonatkozó védelmi paraméterek csak a GE06 Egyezményben találhatóak. A magyarországi mérési eredményeket a magyar igazgatás a volt VSz összes tagállama számára elküldte, de publikus nemzetközi fórumra nem nyújtották be. A kizárótávolságok meghatározását ezért a GE06 paramétereire alapján végeztem.

3.4.3 A kizáróterületek meghatározása

A kompatibilitás vizsgálatok elvégzését a kizárótávolságok/területek alkalmazása a 2.2.13 fejezetben leírtakhoz hasonlóan itt is megkönnyíti. A különbség annyi, hogy katonai berendezések földi vevőegységei számára a védelmet egy pontban, a vevőegység helyén kell biztosítani. Fedélzeti vevőknél általában a földi egység helyéhez viszonyítva, adott magasságban (rendszerint 10000 m) egy meghatározott sugarú kör kontúrján. Ha konkrét műsorszóró állomásról kell megállapítani, hogy milyen sugárzási paraméterek mellett nincs egyetlen egy tesztelési pont sem a „kizáróterületen” belül, akkor 2.2.13 fejezet 3. esetére leírt eljárást lehet alkalmazni. Ha a kizáróterületen belül vannak olyan pontok, amelyekre az egyéb elsődleges szolgálat által szükséges védelmet biztosítani kell, akkor a kompatibilitás nem teljesül. Ebben az esetben a DVB-T adó teljesítményét addig kell csökkenteni, amíg az összes védendő pont kívülre nem kerül (vevő helye vagy a vevő körül megadott kör határvonala). A további vizsgálatok célja a 48 DVB-T adó kizárótávolságainak/kizáróterületeinek, illetve a szükséges teljesítmény csökkentés mértékének meghatározása a publikált védelmi paraméterek alapján a kompatibilitás biztosításához. A kizáróterületek meghatározása a CH97-ben elfogadott RZJ=0 dB érték alapján történtek, melyek a további következtetések levonásához szolgáltak kiindulásul.

3.4.4 A védendő térerősség választásának hatása a kizárótávolságra

A magyarországi mérések publikus jegyzőkönyvei [113][116], illetve a mérések tapasztalatait figyelembe vevő tanulmány [42] alapján elmondható, hogy a működő **katonai berendezések** a gépkönyv szerinti **vevőérzékenységen nem működőképese**k. A mérések kiterjedtek az úgynevezett rendszerérzékenység mérésére is, ahol a berendezések zavarforrás nélkül képesek voltak működni. A nagy vevőérzékenységű rendszereknél (kb. -120 dBW) a mérések 6-12 dB-lel rosszabb rendszerérzékenységet mutattak. Átlagos értéket alapul véve megvizsgáltam, hogy milyen hatással lehet a kizárótávolságra 9 dB-lel enyhébb védendő térerősség alkalmazása.



29. ábra. RSZBN és DVB-T közötti kizárótávolság

A (42) összefüggésből látható, hogy a kizárótávolság a védendő térerősségen keresztül függ a rendszerérzékenységtől, melynek értéke a mérés során konszenzus alapján megállapított

kritérium függvénye. Példaként a **29. ábrán** bemutatott kizárótávolságokat ábrázoló grafikont vettem, amely $S_s=-120$ dBW és $S_s=-111$ dBW rendszerérzékenységeket és $\Delta f=0$ MHz-t választva készült RSZBN és DVB-T szolgálatok között, ahol a digitális televízióadó a zavarforrás ([47]).

Az RSZBN - DVB-T mérésnek a nemzetközi elfogadtatása mintegy négy évig húzódott el, mely folyamatnak a védendő térerősség, ezen keresztül a rendszerérzékenység meghatározása és elfogadtatása képezte a legkritikusabb részét. A **15. táblázatban** található számértékek azt mutatják meg, hogy hányszorosára növekednek meg a kizárótávolságok $S_s=-120$ dBW esetén az $S_s=-111$ dBW alapján számíthatóhoz képest. (Az üresen hagyott mezőkhöz az alacsony jelszintek miatt nem tartoznak mérési eredmények.)

15. táblázat. $\Delta S=9$ dB változás hatása a kizárótávolságra

ERP[dBW]	17			20			30			40			50			57		
heff[m]	600	300	150	600	300	150	600	300	150	600	300	150	600	300	150	600	300	150
Δf [MHz]																		
-10							2,67	2,33	2,00	2,22	1,63	2,00	1,57	1,57	1,56	1,47	1,45	1,62
-9				3,50	3,00	1,50	2,13	1,71	1,75	1,67	1,54	1,63	1,48	1,55	1,57	1,42	1,48	1,50
-7	3,00	2,67	2,00	3,25	2,50	2,50	1,71	1,45	1,83	1,56	1,53	1,64	1,53	1,59	1,58	1,42	1,53	1,56
-6	1,57	1,50	1,60	1,48	1,50	1,58	1,42	1,48	1,50	1,37	1,48	1,59	1,40	1,52	1,61	1,47	1,52	1,66
-4	1,53	1,64	1,67	1,48	1,56	1,53	1,43	1,53	1,63	1,40	1,51	1,61	1,43	1,44	1,55	1,39	1,44	1,50
-2	1,41	1,46	1,50	1,39	1,48	1,43	1,37	1,48	1,59	1,40	1,52	1,61	1,43	1,46	1,55	1,38	1,43	1,50
0	1,46	1,54	1,56	1,52	1,62	1,62	1,37	1,51	1,59	1,40	1,49	1,60	1,48	1,51	1,62	1,36	1,43	1,49
2	1,46	1,54	1,56	1,52	1,62	1,62	1,37	1,51	1,59	1,40	1,49	1,60	1,48	1,51	1,62	1,36	1,43	1,49
4	1,46	1,54	1,56	1,52	1,62	1,62	1,37	1,51	1,59	1,40	1,49	1,60	1,48	1,51	1,62	1,36	1,43	1,49
6	1,63	1,63	1,64	1,57	1,53	1,75	1,48	1,59	1,52	1,37	1,51	1,59	1,40	1,49	1,60	1,42	1,46	1,57
7							2,67	2,33	2,00	2,22	1,63	2,00	1,57	1,57	1,56	1,47	1,45	1,62
8							3,00	2,67	2,00	1,91	1,56	1,80	1,55	1,47	1,50	1,48	1,55	1,57
10							2,67	2,33	2,00	2,22	1,63	2,00	1,57	1,57	1,56	1,47	1,45	1,62

A **15. táblázatban** szürke háttérrel vannak kiemelve az 1.35 és 1.65 közé eső értékek. Megfigyelhető, hogy a kizárótávolságok az esetek jelentős részében közelítően 1.5 ± 0.15 -szeresére nőnek a védendő térerősség (rendszerérzékenység) 9 dB-el történő csökkentése esetén, amit az ERP értéke csak kis mértékben befolyásol.

Megvizsgáltam azt is, hogy konkrétan hány kilométer kizárótávolság növekedést jelent a 9 dB változás, ha egy olyan DVB-T adót választunk, melynél az $ERP=100$ kW, $heff=300$ m és a DVB-T és RSZBN berendezések középfrekvenciáinak különbsége $\Delta f = 0$ MHz. A kizárótávolságot és a tiltott terület növekedését az **30. ábra** szemlélteti.

$$\Delta T = T(S_n = -120 \text{ dBW}) - T(S_s = -111 \text{ dBW}) = 169^2 \pi - 112^2 \pi = (89727 - 39408) \text{ km}^2 = 50318 \text{ km}^2 \quad (43)$$

ahol

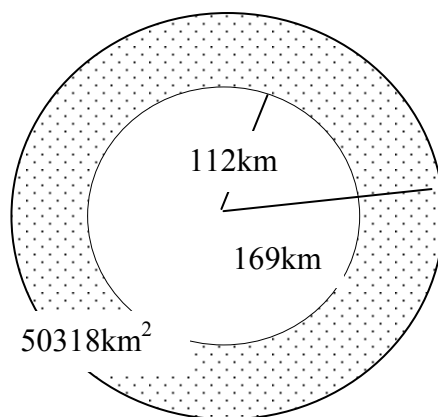
S_n : vevőérzékenység [dBW]

S_s : rendszerérzékenység [dBW]

Az eredményből látható, hogy a védendő térerősség néhány dB-es csökkentése jelentősen csökkenti a DVB-T állomások telepítési lehetőségét. Éppen ezért nagyon fontos, hogy a katonai eszközök biztonságos működését szem előtt tartva, csak a feltétlenül szükséges

kompatibilitási követelmény legyen előírva a műsorszóró állomásokkal szemben. Ennek kulcs eleme, hogy a védendő térerősség ne az elméleti érték legyen, hanem az üzemzerű működést jellemző rendszerérzékenység. Ez a legkritikusabb rendszereknél, - a mérések alapján - mintegy harmadával csökkentheti a kizárótávolságot.

A CEPT-hez benyújtott anyagok megállapításai szerint **a rendszerérzékenység átlagosan 9 dB-lel kisebb, mint az elméleti érték.**



30. ábra. A „tiltott” terület növekedése $\Delta S = 9\text{dB}$ változás esetén

3.4.5 Kompatibilitás vizsgálat a védett bejelentett állomásokra

3.4.5.1 44-46. TV csatornájú digitális adók

Szovjet rendszerű IFF rendszer már csak Ukrajnában működik a vizsgált országok közül. Az ITU bejelentés alapján a 668 MHz-es frekvenciát használják mind a földi, mind a fedélzeti eszközök. 9 nagyteljesítményű adó érintett az ukrán IFF rendszerek védelmében a közeljövőben üzembe helyezendő magyar digitális adók közül.

Földi vevők védelme

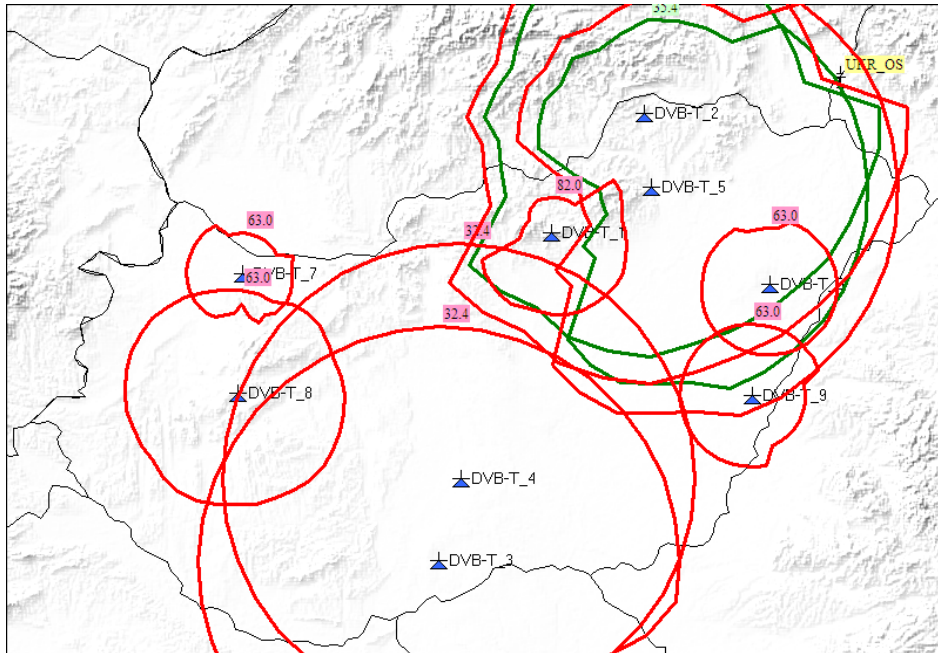
A 31. ábra piros kontúrjai a 16. táblázat alapján meghatározott kizáróterületeket szemléltetik az összes 44-46. TV csatornájú DVB-T adóra a **GE06 Egyezmény adatait felhasználva** ([8] A.4.2-1 és A.4.2-20 táblázatok). A kontúrokon a figyelembe vett megengedett $E_{z\text{max}}$ értékek is fel vannak tüntetve.

16. táblázat. GE06 alapján megengedett maximális zavaró térerősségek (földi vevő)

T=10%	f [MHz]	E_{min}	Δf (MHz)	PR	$E_{z\text{max}}$
földi vevő			668		
44	658	29	-10.0	-53	82.0
45	666	29	-2.0	-3.4	32.4
46	674	29	6.0	-34	63

A 31. ábráról leolvasható, hogy csak két DVB-T adónál nagyobb az E_i a megengedett maximális $E_{z\text{max}}$ értéknél. A zöld kontúr jelöli erre a két adóra azokat a kizáróterületeket, amelyen belül védett állomás már nem található. Ezt körülbelül 3 dB ERP csökkentéssel lehet

elérni. Az eredményből az is következik, hogy 9 dB-nel nagyobb rendszerérzékenységet választva a védendő térerősségnek, a védelem minden esetben biztosított korlátozások nélkül is.



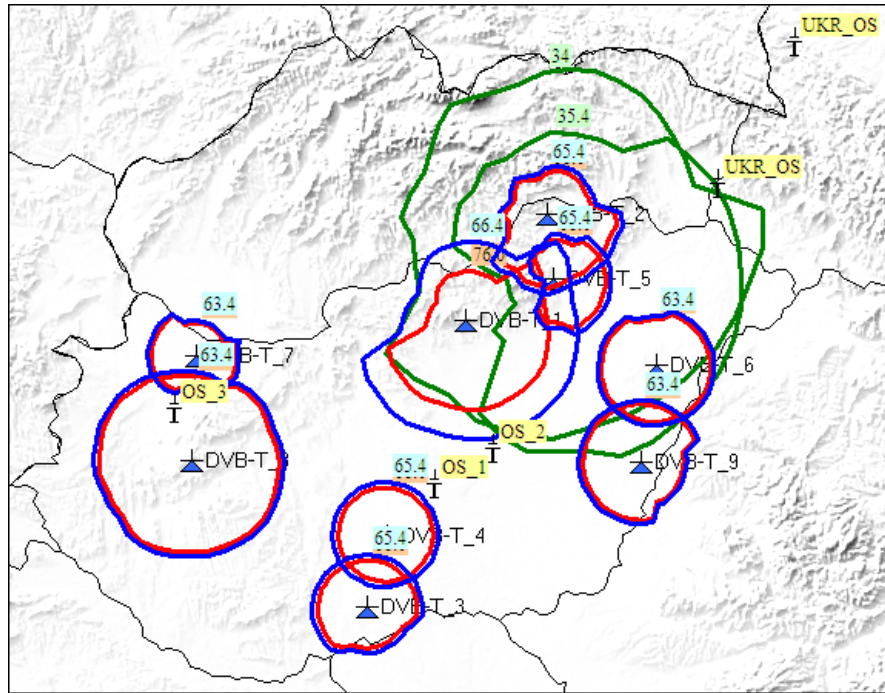
31. ábra. GE06 alapján számított kizáróterületek (földi vevő)

A 32. ábra a 17. táblázat alapján meghatározott kizárótávolságokat szemlélteti az összes 44-46. TV csatornájú DVB-T adóra a **magyar mérési eredményeket felhasználva**.

A kék kontúrok az NRZ15, a piros kontúrok az NRZ20 típusú vevőkre meghatározott kizáróterületeket határolják. Az eredmények alapján megállapítottam, hogy a túl szigorú védelmi paraméterek ellenére a feltételezett nagy védendő térerősségnek köszönhetően mindegyik adó a kizáróterületen kívül helyezkedik el. A zöld kontúrok példaként mutatják az egyik DVB-T állomásra azokat a kizáróterületeket, amelyen belül védett állomás még nem található. A zöld kontúrokhoz az E_{zmax} -ok alapján meghatározott megengedett maximális ERP-k jelzik, hogy közel 30 dB-nel szigorúbb feltételek esetén is biztosított lenne a védelem.

17. táblázat. Mérés alapján megengedett maximális zavaró térerősségek (földi vevő)

T=10%	f [MHz]	E _{min}	Δf (MHz)	Δf (MHz)	PR	PR[dB]	E _{zmax}	E _{zmax}
földi vevő			valós	figyelembe vett	NRZ15	NRZ20	NRZ15	NRZ20
44	658	69	-10.0	0	2.6	-7	66.4	76.0
45	666	69	-2.0	0	3.6	1	65.4	68.0
46	674	69	6.0	0	5.6	4	63.4	65.0



32. ábra. Mérés alapján számított kizáróterületek (földi vevő)

Fedélzeti vevők védelme

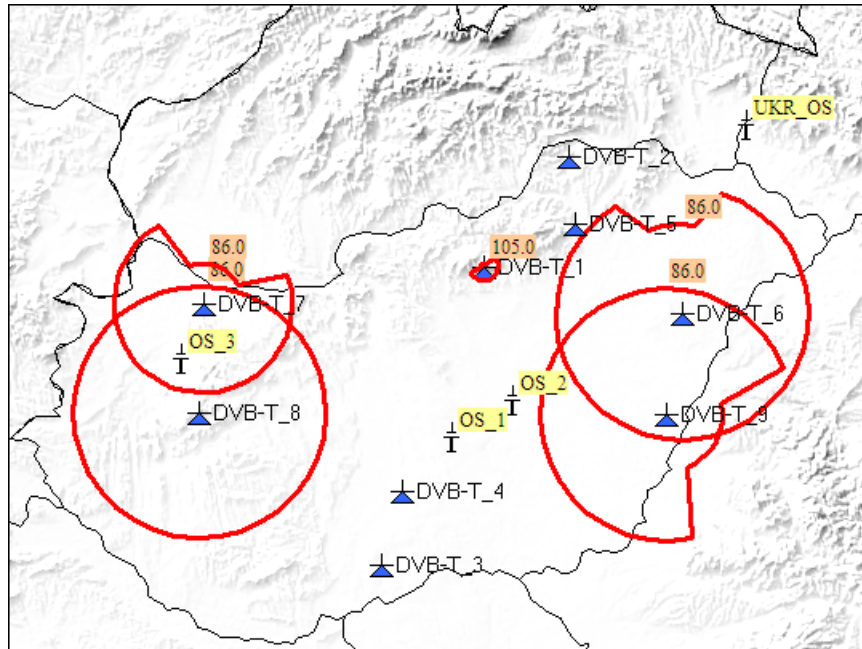
A zavaró térerősségek meghatározásához a GE06 Egyezményben javasolt szabadtéri terjedéssel számoltam. Fedélzeti vevők esetén, ha más adat nincs, a védelmet az országhatárra kell biztosítani.

A maximális megengedett zavarból (18. táblázat) a GE06 Egyezmény alapján számolt kizárótávolság a nagy adóteljesítményekre tekintettel a rádióhorizont távolságával egyezik meg ($d_{hor}[km]=4,12(\sqrt{h_1} + \sqrt{h_2})$) a 45-ös csatornán, ahol h_1 (m) a DVB-T adó antennájának tengerszint feletti magassága, $h_2=10000$ m a fedélzeti vevő magassága). Az adók földrajzi és sugárzási paramétereit figyelembe véve a kizárótávolság kb. 500 km-re adódik.

18. táblázat. GE06 alapján megengedett maximális zavar (fedélzeti vevő)

T=10%	f [MHz]	E _{min1}	Δf (MHz)	PR	E _{zmax}
fedélzeti vevő			668		
44	658	52	-10.0	-53	105.0
45	666	52	-2.0	-3.4	55.4
46	674	52	6.0	-34	86

A másik két csatornán a kizáróterületeket a 33. ábra mutatja, melyen belül védett egyéb elsődleges szolgálat nem található. Az eredményekből az látható, hogy a GE06 előírásai szerint $E_{nimax}=E_{med}$ megengedett maximális zavaró jel esetén a négy 45-ös csatornájú adót nem lehetne az átmeneti időszakban üzembe helyezni.



33. ábra. GE06 alapján számított kizáróterületek (fedélzeti vevő)

A **mérési eredmények alapján meghatározott** maximális megengedett zavarból a **kizárótávolság** mindhárom csatornán a rádióhorizont távolságával egyezik meg. Az adók földrajzi és sugárzási paramétereit figyelembe véve a kizárótávolság kb. 500 km-re adódik, amit egyik adó sem teljesít.

19. táblázat. Mérés alapján megengedett maximális zavar (fedélzeti vevő)

T=10%	f [MHz]	E _{min}	Δf (MHz)	PR	PR[dB]	E _{zmax}	E _{zmax}
fedélzeti vevő			668	SRO	SRZO	SRO	SRZO
44	658	69	-10.0	6.2	-1.5	62.8	70.5
45	666	69	-2.0	2.2	1.5	66.8	67.5
46	674	69	6.0	3.2	0.5	65.8	68.5

Az eredmény azt mutatja, hogy a “worst case”-re végzett számítás mindhárom csatornára a mintegy 500 km-es kizárótávolság miatt hatékony spektrumfelhasználást nem biztosít. Az IFF rendszereknél tehát mindenképpen a GE06 Megállapodás védelmi értékei kell, hogy irányadóak legyenek. A védett térerősség azonban a **rendszerérzékenység figyelembe vételével** újragondolást igényel, amennyiben túl szigorú korlátozásokra kerülne sor.

3.4.5.2 54-56. TV csatornájú digitális adók

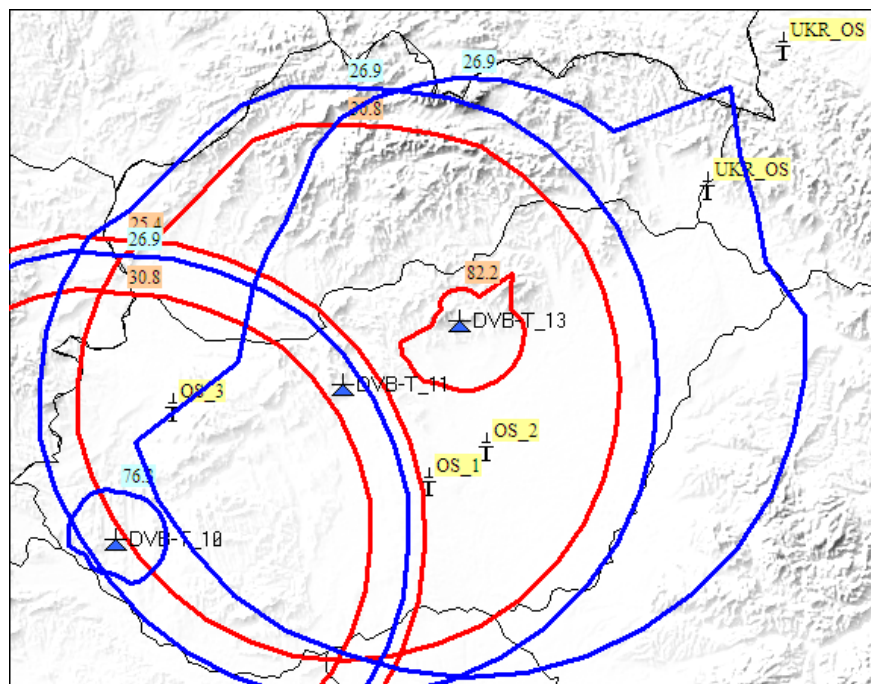
Az aktív válaszadók frekvenciái fix értékek, 730, 740 és 750 MHz. Ukrajna csak a 740 MHz, Magyarország a 740 és 750 MHz frekvenciákra jelentett be eszközöket. Lengyel bejelentés ezeken a frekvenciákon nem történt. A **GE06 alapján** ([8] A.4.2-22 táblázat) megengedett maximális zavarszinteket a **20. táblázat** tartalmazza.

A **34. ábrán** piros kontúr jelenti a 740 MHz, a kék kontúr a 750 MHz frekvenciákra meghatározott kizáróterületeket. Piros kontúrban belül védett ukrán aktív válaszadó rendszer nem üzemel, ukrán teljesítménykorlátozás nem várható.

20. táblázat. GE06 alapján megengedett maximális zavar aktív válaszadó rendszereknél

T=10%	f [MHz]	E _{min}	Δf (MHz)	PR	Δf (MHz)	PR[dB]	E _{zmax1}	E _{zmax1}
			740		750		740	750
54	738	24	-2.0	-1.5	-12	-52.3	25.45	76.3
55	746	24	6.0	-6.8	-4	-2.9	30.8	26.9
56	754	24	14.0	-58.2	4	-2.9	82.2	26.9

A magyar katonai eszközök védelmét biztosító kizáróterületeket szintén a **34. ábrán** a piros és kék kontúrok mutatják. Látható, hogy a telephelytől és a DVB-T adó csatornájától függően nem minden esetben biztosított a kompatibilitás.



34. ábra. GE06 alapján számított kizáróterületek 740 és 750 MHz-re (ukrán és magyar adók védelme)

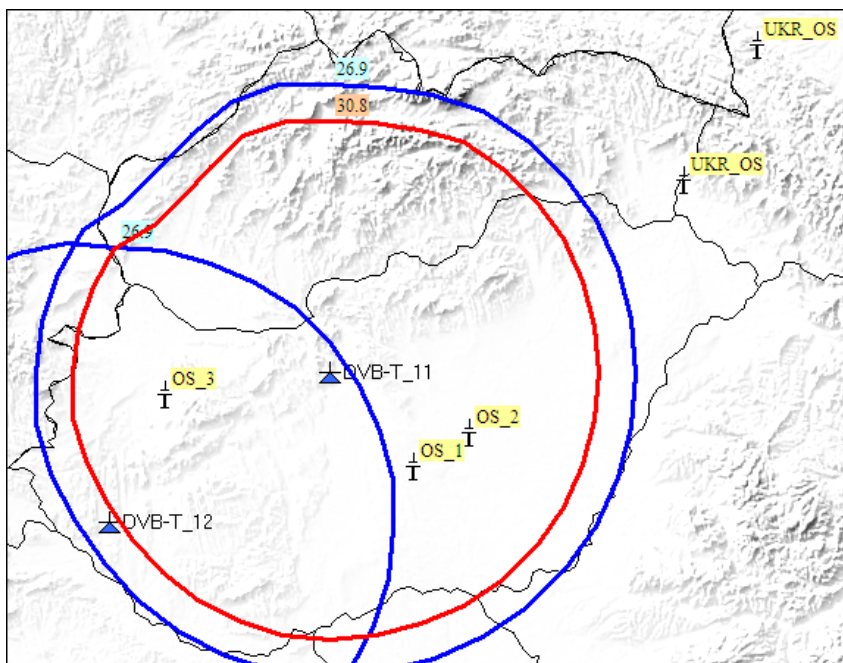
A **21. táblázatban** X jelöli azokat az eseteket, amikor a DVB-T adók tervezett paramétereivel a védelem nem biztosított.

21. táblázat. Kizáróterületen kívül és belül elhelyezkedő esetek

		kizárótávolságon belül van						
		Ukrajna	Magyarország					
állomások			OS 1		OS 2		OS 3	
	csatorna	740 MHz	740 MHz	750 MHz	740 MHz	750 MHz	740 MHz	750 MHz
DVB-T 10	54	O	O	O	O	O	X	O
DVB-T 11	55	O	X	X	X	X	X	X
DVB-T 12	55	O	O	O	O	O	X	X
DVB-T 13	56	O	O	X	O	X	O	O

Tekintettel arra, hogy az aktív válaszadók frekvenciája változtatható, feltételezem, hogy a legalkalmasabb zavarmentes frekvencia megválasztható. Feltételezve, hogy a táblázatban zöld színnel jelölt üzemi frekvenciákon működnek a katonai eszközök, akkor csak két DVB-T adóra nem teljesül a GE06 Megállapodás védelmi paramétereinek alapján meghatározott kompatibilitás (**35. ábra**).

Amennyiben figyelembe vesszük a méréseknek azt a megállapítását, hogy a rendszerérzékenység átlagosan 9 dB-lel nagyobb mint a vevőérzékenység, nagyobb zavarójelek is megengedhetők. A 3.4.4 fejezet megállapításai alapján a kizáróterületek sugarai kétharmadra csökkennek 9 dB-lel nagyobb védendő télerősség alkalmazásával, ami jelentősen csökkenti vagy szükségtelenné teszi a teljesítménykorlátozást.



35. ábra. GE06 alapján számított kizáróterületek 740 és 750 MHz-re (magyar adók védelme)

3.4.5.3 61-63. TV csatornájú digitális adók

Az eszközök tényleges sávfoglaltságának és védelmi értékeinek meghatározására nemcsak Magyarországon, hanem Lengyelországban is végeztek méréseket [118], és nemzetközi fórumokon fogadtatták el. Magyarországon nemzetközi szakértők részvételével közös mérésekre is sor került [117].

A 61-63. TV csatornát érintő RSZBN rendszerekre vonatkozó védelmi paraméterek 3.4.2 fejezetben tárgyalt CEPT dokumentumaiban, valamint a GE06 Egyezményben [8] található. A védelmi értékek, védendő télerősségek a ± 8 MHz tartományban mindegyik dokumentumban közel azonosak. Ezeknek az eredményei a **6. melléklet**ben található.

Tekintettel a hasonló védelmi előírásokra, a kizárótávolságokat a GE06 egyezményben elfogadott értékek alapján ([8] A.4.2-24 táblázat) határoztam meg az ITU-hoz bejelentett frekvenciákra.

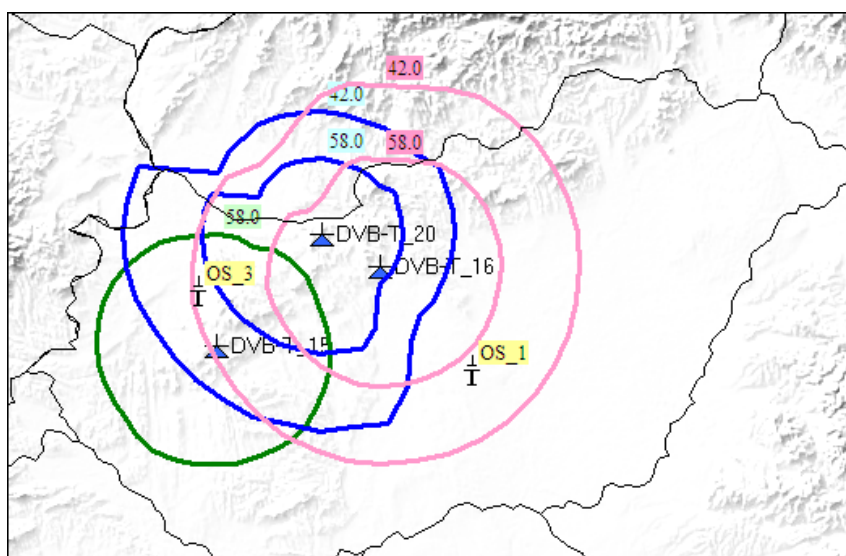
A VSZ országai számára kiosztott RSZBN frekvenciákon az 58-63. TV csatornájú üzemelő DVB-T adók okozhatnak zavart. Ukrajna az összes lehetséges RSZBN frekvenciára jelentett be katonai eszközöket. A frekvencia különbségtől függően mindegyik DVB-T csatornán 42, illetve 58 dB μ V/m lehet a legnagyobb zavar szint $E_{zmax}=E_{med}$ kritérium esetén (**22. táblázat**).

22. táblázat. GE06 alapján megengedett maximális zavar RSZBN rendszereknél

T=10%	f [MHz]	E _{min}	Δf (MHz)	PR	E _{zmax}	Δf (MHz)	PR[dB]	E _{zmax}	Δf (MHz)	PR	E _{zmax}	Δf (MHz)	PR[dB]	E _{zmax}
			772			776			780			784.000		
58	770	42	-2.0	0.0	42.0	-6.0	-16.0	58.0						
59	778	42	6.0	-16.0	58.0	2.0	0.0	42.0	-2.0	0	42.0	-6.0	-16.0	58.0
60	786	42							6.0	-16	58.0	2.0	0.0	42.0
T=10%	f [MHz]	E _{min}	Δf (MHz)	PR	E _{zmax}	Δf (MHz)	PR[dB]	E _{zmax}	Δf (MHz)	PR	E _{zmax}	Δf (MHz)	PR[dB]	E _{zmax}
			788			792			796			800		
60	786	42	14.0	0.0	42.0	10.0	-16.0	58.0						
61	794	42	22.0	-16.0	58.0	18.0	0.0	42.0	14.0	0.0	42.0	10.0	-16.0	58.0
62	802	42							22.0	-16.0	58.0	18.0	0.0	42.0
T=10%	f [MHz]	E _{min}	Δf (MHz)	PR	E _{zmax}	Δf (MHz)	PR[dB]	E _{zmax}	Δf (MHz)	PR	E _{zmax}	Δf (MHz)	PR[dB]	E _{zmax}
			804			808								
62	802	42	-2.0	0.0	42.0	-6.0	-16.0	58.0						
63	810	42	6.0	-16.0	58.0	2.0	0.0	42.0						

A kizáróterületeket a 3.4.5.1-3.4.5.2 fejezetekben bemutatott módon az RSZBN rendszerekre is meghatároztam grafikusán, melyek azt mutatták, hogy a kompatibilitás feltétele a magyar DVB-T és a potenciálisan zavart lengyel és ukrán RSZBN vevők között teljesül, a kizárótávolságnál lényegesen távolabb helyezkednek el egymástól.

A magyarországi bejelentett RSZBN rendszerekre vonatkozó kizáróterületeket a **36. ábra** szemlélteti. A zöld kontúr a 15-ös, a kék kontúr a 20-as, a rózsaszín kontúr a 16-os sorszámú digitális adóra meghatározott kizáróterületeket határolja 42, illetve 58 dB μ V/m maximális megengedett zavaró télerősségekre felrajzolva.



36. ábra. GE06 alapján számított kizáróterületek Emin-re a 61, 62 és 63-as csatornákon

Az ITU-hoz több frekvencia is be van jelentve, így feltételezhető, hogy az üzemi frekvencia megválasztható. Amennyiben a zölddel jelölt frekvenciák lennének az üzemi frekvenciák, a **23. táblázat** és **36. ábra** alapján elmondható, hogy egyetlen adó van kizáróterületen belül (lila X), ha a kompatibilitási kritériumot a vevőérzékenységre alkalmazzuk. A terepet is figyelembe véve feltételezhető, hogy a zavaró télerősség valójában az E_{med} -nél kisebb értékű. A rendszerérzékenység alkalmazásával biztosan teljesül a kompatibilitás.

23. táblázat. Kizárótávolságon kívül és belül elhelyezkedő esetek

állomások	kizárótávolságon belül van				
	OS 3		OS 1		
	800 MHz	804 MHz	800 MHz	804 MHz	808 MHz
DVB-T 15	X		O		
DVB-T 16	X	X	X	X	O
DVB-T 20		O		O	O

3.4.5.4 66-69. TV csatornájú digitális adók

A 66-69. TV csatornát érintő passzív válaszadó rendszerekre (földi és fedélzeti) vonatkozó védelmi paraméterek mérési eredményeit Magyarország megküldte az összes volt VSz tagállamnak annak reményében, hogy sikerül közös javaslatot kidolgozni és a CEPT-hez, illetve az ITU-hoz beterjeszteni az RSZBN és az IFF rendszerekhez hasonlóan. Erre azonban már nem nyílt lehetőség. Helyette Oroszország javaslatai kerültek megvitatásra, melyek meglehetősen szigorú követelményeknek bizonyultak. Az érintett országok fellépésének köszönhetően különösen fontos eredménynek könyvelhető el, hogy a fedélzeti vevőkre vonatkozó indokolatlan védelmi igények nem kerültek elfogadásra. A **GE06 Egyezmény a földi vevők két fajtájára is tartalmaz védelmi értékeket (RLS Type1 és Type 2).** Az értekezésben az RLS Type2 típusra mutatom be a vizsgálatok eredményét, melyeket az RLS Type1 rendszerre hasonlóan végeztem el néhány további végkövetkeztetés levonásához.

A védelmi értékek a frekvencia eltérés függvényében adóttak. A passzív válaszadó frekvenciája 837.5 MHz Magyarországon. Lengyelország és Ukrajna más frekvenciákat is bejelentett. A megengedett maximális zavarra vonatkozó eredmények a **24. táblázatban** találhatóak.

Passzív válaszadók földi vevői

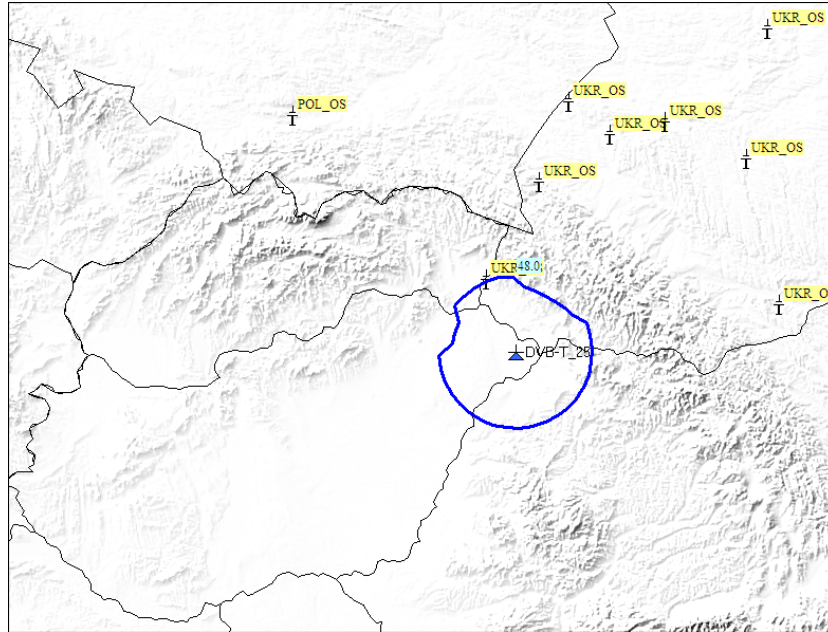
Annak megállapítására, hogy okozhatnak-e a tervezett magyar digitális adók zavart külföldi katonai passzív válaszadó rendszerek földi vevőinek a **24. táblázatban** található legkisebb, - azaz a 17 dB μ V/m - megengedett zavarra végzett vizsgálattal kezdtem.

24. táblázat. Megengedett maximális zavar RLS Type 2 típusú passzív válaszadó rendszerek földi vevőire

T=10%	f [MHz]	E _{min}	Δ f (MHz)	PR	E _{zmax}	Δ f (MHz)	PR[dB]	E _{zmax}	Δ f (MHz)	PR	E _{zmax}	Δ f (MHz)	PR[dB]	E _{zmax}
			835			837.5			840			844		
65	826	13	-9.0	-51.7	64.7	-11.5	-57.8	70.8	-14.0	-64	77.0	-18.0	-82.8	95.8
66	834	13	-1.0	-4.0	17.0	-3.5	-6.4	19.4	-6.0	-45.39	58.4	-10.0	-54.1	67.1
67	842	13	7.0	-46.7	59.7	4.5	-4.8	17.8	2.0	-4	17.0	-2.0	-4.0	17.0
68	850	13	15.0	-73.4	86.4	12.5	-60.3	73.3	10.0	-54.1	67.1	6.0	-45.39	58.4
69	858	13	23.0	-82.8	95.8	20.5	-82.8	95.8	18.0	-82.8	95.8	14.0	-64	77.0
T=10%	f [MHz]	E _{min}	Δ f (MHz)	PR	E _{zmax}	Δ f (MHz)	PR[dB]	E _{zmax}	Δ f (MHz)	PR	E _{zmax}	Δ f (MHz)	PR[dB]	E _{zmax}
			847			850			853			859		
65	826	13	-21.0	-82.8	95.8	-24.0	-82.8	95.8	-27.0	-82.8	95.8	-33.0	-82.8	95.8
66	834	13	-13.0	-61.5	74.5	-16.0	-82.8	95.8	-19.0	-82.8	95.8	-25.0	-82.8	95.8
67	842	13	-5.0	-12.1	25.1	-8.0	-49.2	62.2	-11.0	-56.6	69.6	-17.0	-82.8	95.8
68	850	13	3.0	-5.6	18.6	0.0	-4.0	17.0	-3.0	-5.6	18.6	-9.0	-51.7	64.7
69	858	13	11.0	-56.6	69.6	8.0	-49.2	62.2	5.0	-12.1	25.1	-1.0	-4.0	17.0

A 17 potenciális magyar zavaró adó közül 8 kizáróterületén belül helyezkedik el 4 külföldi (ukrán) földi állomás, melyekre a késsel jelölt 5 frekvencián vannak vevőberendezések

bejelentve. A további vizsgálatokat erre a nyolc DVB-T adóra szűkítve, TV csatornánként az öt ténylegesen védett frekvenciára meghatározott megengedett maximális zavaró térerősségre végeztem. Meghatároztam, hogy mekkora a maximális megengedett zavar a legközelebbi ukrán védett katonai eszköz telephelyén (példa a 67. TV csatornájú magyar DVB-T adóra a **37. ábrán** látható).



37. ábra. Max. megengedett zavar ukrán katonai szolgálat telephelyén passzív válaszadó földi vevőire

A kapott értékek alapján kiszámítottam, hogy az egyes DVB-T állomások hány dB-lel lépik túl a védett térerősség szintjét az öt különböző frekvencián (**25. táblázat**).

25. táblázat. E_z - E_{min} RLS Type 2 típusú passzív válaszadó rendszerek földi vevőinél külföldi állomásokra vonatkozóan

DVB-T adó	csatorna	E_z [dB μ V/m]	835 MHz	837.5 MHz	840 MHz	844 MHz	853 MHz
DVB-T 45	66	18	1.0				
DVB-T 46	66	23	6.0	3.6			
DVB-T 24	66	35	18.0	15.6			
DVB-T 25	67	48		30.2	31.0	31.0	
DVB-T 33	68	53					34.4
DVB-T 31	68	35					16.4
DVB-T 28	68	30					11.4
DVB-T 35	69	35					9.9

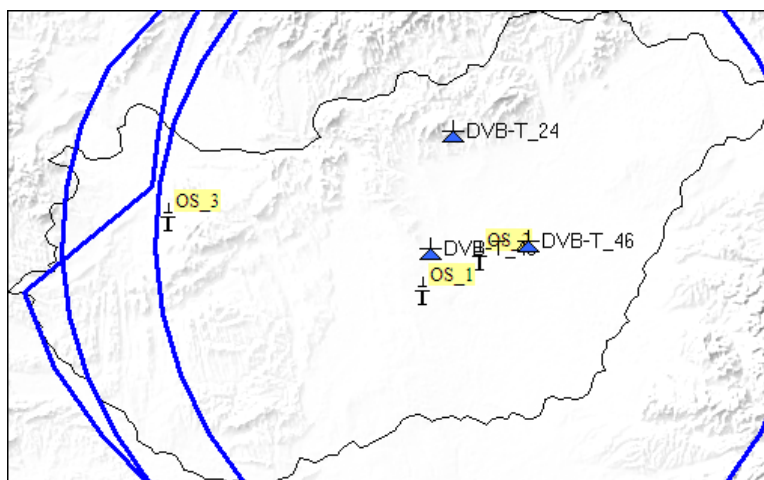
Az eredmények alapján levonható az a következtetés, hogy RLS Type 2 passzív válaszadó esetén két olyan frekvencia is választható, amelyik csak egyetlen magyar adó vonatkozásában jelent korlátozást (840, 844 MHz). Amennyiben RLS Type 1 típusú eszközök működnek a Magyarországhoz legközelebbi repülőtéren, akkor a 840 MHz-es frekvenciát használva további két adónál is teljesítménykorlátozás várható. Megállapítható azonban, hogy a magyar mérések eredményeit figyelembe véve a rendszerérzékenységre, a gyakorlatban 9 dB-lel magasabb védelmi térerősséget feltételezve a 66-os csatornákra a korlátozás lényegesen kisebb lehet, vagy egyáltalán nem szükséges.

Magyarországon a passzív válaszadók a 837.5 MHz-en működnek. Az előzőhöz hasonló vizsgálatokat elvégezve az eredmények alapján levonható következtetés, hogy a GE06 Megállapításban található szigorú feltételek alkalmazásával két televízió csatornánál is lehetne korlátozásra számítani (**26. táblázat**).

26. táblázat. E_z-E_{min} RLS Type 2 típusú passzív válaszadó rendszerek földi vevőinél hazai állomásokra vonatkozóan

DVB-T adó	csatorna	Ev=Emin		
		OS 1	OS 2	OS 3
DVB-T 24	66	34.6	43.6	5.6
DVB-T 45	66	45.6	45.6	6.6
DVB-T 46	66	22.6	42.6	O
DVB-T 25	67	O	5.2	O
DVB-T 26	67	17.2	10.2	17.2
DVB-T 27	67	22.2	14.2	16.2

Magyarország kormányzati frekvencia gazdálkodói azonban a hatékony spektrumfelhasználás megvalósítása érdekében mind a hazai, mind a szomszédos országok kérelmeit már a 2000-es évek elejétől a mérési sorozat eredményeit (rendszerérzékenység, védelmi értékek) felhasználva bírálják el. Ennek az elvnek a gyakorlati megvalósulását mutatja a pályázati kiírásban található információ is [2], ami szerint csak az egyik frekvencia (a 66-os TV csatorna) nem használható átmenetileg. Példaként a 66. csatornára vonatkozó kizáróterületeket a **38. ábra** mutatja.



38. ábra. 66. csatornájú adók kizáró területei magyar passzív válaszadó rendszerek földi vevőire

Aktív válaszadók fedélzeti vevői

Annak megállapítására, hogy okozhatnak-e a tervezett magyar digitális adók zavart külföldi katonai aktív válaszadó rendszerek fedélzeti vevőinek a **27. táblázatban** található legkisebb, - azaz a 77 dB μ V/m - megengedett zavarra számított kizáróterületek vizsgálatával kezdtem.

A grafikus eredmények szerint ugyanaz a 8 DVB-T adó érintett a további zavarvizsgálatokban, mint a földi vevőknél. Fedélzeti vevők esetén a védelmet az állomás körül megadott sugarú körön belül kell biztosítani.

27. táblázat. Megengedett maximális zavar aktív válaszadó rendszerek fedélzeti vevőire

T=10%	f [MHz]	E _{min}	Δf (MHz)	PR	E _{zmax}	Δf (MHz)	PR[dB]	E _{zmax}	Δf (MHz)	PR	E _{zmax}	Δf (MHz)	PR[dB]	E _{zmax}
			835			837.5			840			844		
65	826	73	-9.0	-51.7	124.7	-11.5	-57.8	130.8	-14.0	-64	137.0	-18.0	-82.8	155.8
66	834	73	-1.0	-4.0	77.0	-3.5	-6.4	79.4	-6.0	-45.39	118.4	-10.0	-54.1	127.1
67	842	73	7.0	-46.7	119.7	4.5	-4.8	77.8	2.0	-4	77.0	-2.0	-4.0	77.0
68	850	73	15.0	-73.4	146.4	12.5	-60.3	133.3	10.0	-54.1	127.1	6.0	-45.39	118.4
69	858	73	23.0	-82.8	155.8	20.5	-82.8	155.8	18.0	-82.8	155.8	14.0	-64	137.0
T=10%	f [MHz]	E _{min}	Δf (MHz)	PR	E _{zmax}	Δf (MHz)	PR[dB]	E _{zmax}	Δf (MHz)	PR	E _{zmax}	Δf (MHz)	PR[dB]	E _{zmax}
			847			850			853			859		
65	826	73	-21.0	-82.8	155.8	-24.0	-82.8	155.8	-27.0	-82.8	155.8	-33.0	-82.8	155.8
66	834	73	-13.0	-61.5	134.5	-16.0	-82.8	155.8	-19.0	-82.8	155.8	-25.0	-82.8	155.8
67	842	73	-5.0	-12.1	85.1	-8.0	-49.2	122.2	-11.0	-56.6	129.6	-17.0	-82.8	155.8
68	850	73	3.0	-5.6	78.6	0.0	-4.0	77.0	-3.0	-5.6	78.6	-9.0	-51.7	124.7
69	858	73	11.0	-56.6	129.6	8.0	-49.2	122.2	5.0	-12.1	85.1	-1.0	-4.0	77.0

Külföldi adóknál ez a gyakorlatban az országhatárt jelenti. A földi vevőkhöz hasonlóan kiszámítottam, hogy mennyivel lépi túl a zavar a védendő térerősség szinteket. Ennek eredménye a 28. táblázatban látható.

28. táblázat. E_z-E_{min} aktív válaszadó rendszerek fedélzeti vevőinél külföldi állomásokra vonatkozóan

DVB-T adó	csatorna	E _z [dBμV/m]	835	837.5	840	844	853
DVB-T 45	66	80	2.5	0.1			
DVB-T 46	66	82	3.0	0.6			
DVB-T 24	66	79.5	5.0	2.6			
DVB-T 25	67	96		18.2	19.0	19.0	
DVB-T 33	68	87					1.9
DVB-T 31	68	83					4.4
DVB-T 28	68	80.5					8.4
DVB-T 35	69	79					-6.1

Az üzemi frekvencia kiválasztására (840, 844 MHz) és a magyar mérések eredményeinek figyelembe vételére (E_v=E_{med}+9 dB) vonatkozó megállapítások a passzív válaszadókhöz hasonlóan itt is érvényesek, minek alapján elmondható, hogy az ukrán aktív fedélzeti válaszadók védelme miatt egyetlen, a 25. sorszámú DVB-T adónál feltételezhető (számítás szerint 10 dB) korlátozás.

Magyarországon a fedélzeti vevőkre 90 km-es sugarú körön belül írják elő a védelem biztosítását. A GE06 Megállapodásban található feltételek alkalmazásával elvégzett kompatibilitási számítások (29. táblázat) a passzív válaszadókra meghatározott zavaroknál többnyire kisebb értékeket adnak eredményül. Mivel ugyanarról a frekvenciáról van szó, így a passzív válaszadóknál elvárt védelem az irányadó.

29. táblázat. E_z-E_{min} aktív válaszadó rendszerek fedélzeti vevőinél hazai állomásokra vonatkozóan

DVB-T adó	csatorna	E _v =E _{min}		
		OS 1	OS 2	OS 3
DVB-T 24	66	17.6	24.6	4.1
DVB-T 45	66	26.6	26.6	8.6
DVB-T 46	66	26.6	26.6	4.1
DVB-T 25	67	2.2	5.2	O
DVB-T 26	67	11.2	6.2	10.2
DVB-T 27	67	21.9	12.2	4.7

A 3.4.5 alfejezet vizsgálati eredményei a különböző elméleti megfontolásokat és mérési eredményeket felhasználva, a partnerek rugalmas hozzáállását és a biztonságot szem előtt tartva, csak a szükséges védelmi igény támasztását feltételezve azt mutatják, hogy néhány digitális adónál várható csak korlátozás.

Az elvégzett vizsgálatokban sem a terep, sem a digitális adó vertikális antenna-karakterisztikája (több emeletes döntött antennarendszerekre) nincs figyelembe véve, ami további korlátozás enyhítésre adhat lehetőséget.

3.5 A digitális terv bővítési lehetőségei az átmeneti időszak után

Az átmeneti időszak nehézségeit legyőzve újabb kihívásoknak kell megfelelni hálózattervezési tekintetben. Példaként tekinthetjük az ST61 Analóg Tervet, mely közel ötvenéves létezése során a kezdeti csak gerincállomásokot tartalmazó tervhez képest a 2006-os digitális tervezői értekezletig mintegy 80 000 állomásra bővült. A folyamat eleinte lassúbb volt, majd a 80-as, 90-es évek során rohamossá vált.

A GE06 Terv is hasonlóan csak a nagyobb állomásokot tartalmazza ($ERP_{min}=250$ W). A műsorszórási igények egy meghatározó része azonban nem országos hálózatokra, hanem kisebb helyi vagy regionális célokra jelentkezik. Már az átmeneti időszak alatt meg kell oldani a jelenleg analóg frekvenciákat használó helyi televíziózás számára a digitális átállást, melyekhez nagyszámú kisebb teljesítményű adóra van szükség. Ugyanakkor számítani lehet újabb igényekre akár helyi, akár regionális, sőt - például a HD televíziózás térhódításával - további országos hálózatok tekintetében is.

Új frekvenciák tervezésekor két feltételt kell figyelembe venni [36].

1. A tervezett adó nem okozhat a már nemzetközileg egyeztetett állomásoknak az elfogadhatónál nagyobb mértékű zavart (korlát a használható ERP_{max} -ra).
2. Az ERP akkora legyen, hogy a kívánt célterület ellátottságát biztosítsa (feltétel a szükséges ERP_{min} -re).

Ismét felmerül a kérdés, hogy mi tekinthető elfogadható mértékű zavarnak, vagyis mi a kompatibilitás kritériuma. A 2.3 fejezet következtetése az, hogy sem a GE06 Egyezmény, sem más nemzetközi egyezmény nem tartalmaz kompatibilitási kritériumot a DVB-T adók védelmét illetően. A további vizsgálatokat arra vonatkozóan végeztem, hogy különböző kompatibilitási kritériumok alkalmazása milyen lehetőséget biztosíthatna a hálózat továbbfejlesztésére. Röviden milyen kompatibilitási kritérium esetén érhető el, hogy a tervezett telephelyeken az $ERP_{max} \geq ERP_{min}$ feltétel teljesüljön.

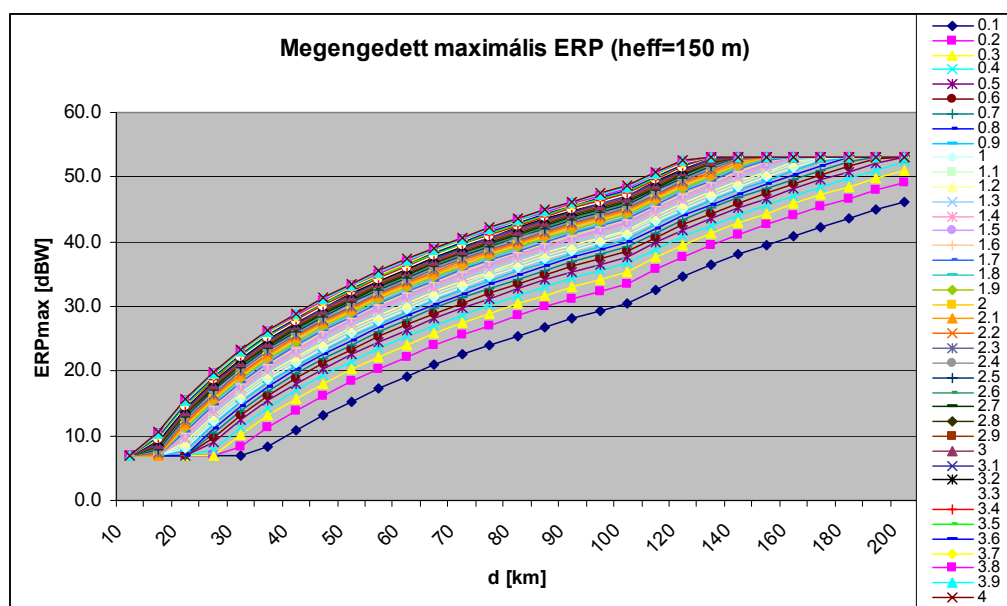
3.5.1 Megengedett maximális ERP

A GE06 Digitális Terv vizsgálata alapján megállapítottam, hogy a magyarországi és szomszédos országokbeli tervbejegyzések RPC2 referencia tervezési konfigurációra lettek megtervezve és elfogadva, melyet a 2. fejezetben ismertetett védendő térerősség és szükséges védelmi érték jellemez. Új frekvencia tervezésekor a védelmet ennek figyelembe vételével kell biztosítani. A különböző tervbejegyzés variációkra a védett terület határát a GE06 Egyezményben foglaltak szerint [8] kell figyelembe venni.

A 3.2.2 fejezetben ismertetett gondolatmenetet felhasználva megvizsgáltam, hogy különböző ΔE_u esetén a távolság függvényében milyen ERP_{max} -ok lehetségesek RPC2-re biztosított védelem esetén. Tekintettel arra, hogy a megengedett ERP_{max} nemcsak a távolság, hanem a

h_{eff} függvénye is, a vizsgálatokat jellegzetes h_{eff} értékekre végeztem. Az ST61 tervbővítésére vonatkozó tapasztalatok azt mutatják, hogy új frekvenciák tervezése és sikeres egyeztetése többnyire nem a gerincadó állomások telephelyeire történik. A gyakorlatban városi környezetben, kis h_{eff} értékekkel jellemzett telephelyekre, közepes- vagy kisteljesítményű adók kerültek főleg üzembe helyezésre. Tudva azt, hogy a GE06 Terv az UHF sávban elfogadott hét multiplexszel igen intenzíven használja a spektrumot, a digitális terv bővítésénél is hasonló lehetőségek várhatók. Ennek figyelembe vételével úgy vélem, hogy 75, 150 és 300 m h_{eff} értékek megfelelően reprezentálják a várható igényeket. A következtetéseket mindhárom h_{eff} értékre elvégzett számítások és vizsgálatok alapján vontam le.

A **39. ábra** példaként $h_{\text{eff}}=150$ m értékre tartalmazza a számított megengedett maximális ERP_{max}-kat a távolság függvényében ábrázolva különböző ΔE_u értékeket feltételezve.



39. ábra. Különböző ΔE_u -hoz tartozó megengedett ERP_{max}-ok a távolság függvényében $f=650$ MHz-en:
 $h_{\text{eff}}=150$ m

Távolságon a tervezett adó telephelyének távolságát értem a védett digitális tervbejegyzés (assignment vagy allotment) minimális közepes térerősség határától a **40. ábra** szerint.

A számításokat $\Delta E_u=3$ dB-re végeztem (ekkor $E_{\text{nimax}}=E_{\text{med}}$), majd az ERP-eket a **6. táblázat** szerint korrigáltam a ΔE_u különböző értékeinek megfelelően.

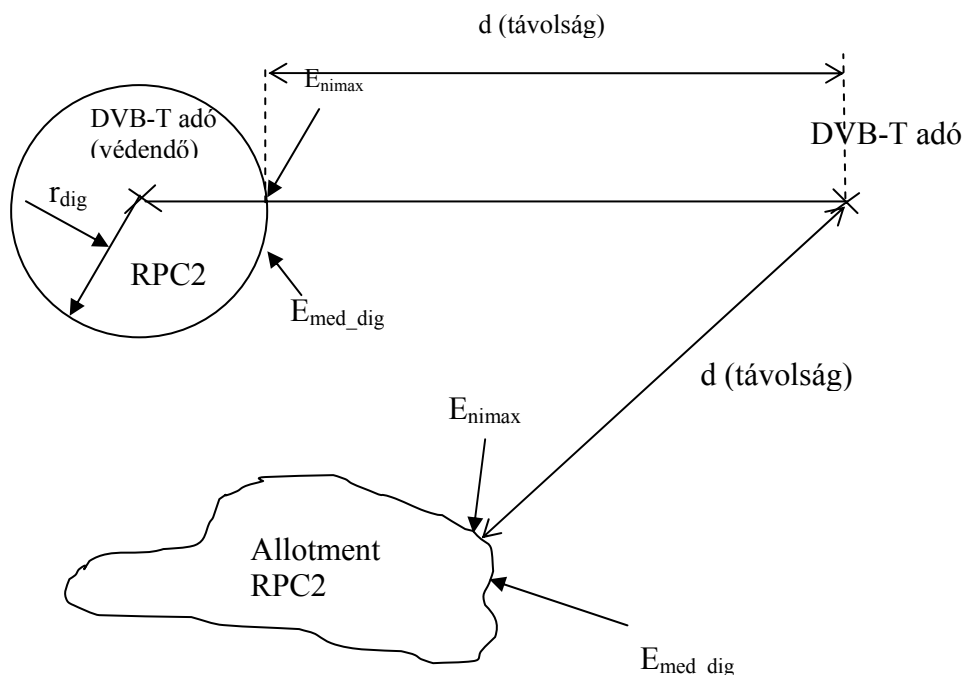
Az RPC2-re vonatkozó értékeket a (6) képletbe behelyettesítve és a frekvenciafüggést figyelembe véve felírható:

$$78+30*\lg(f/650 \text{ MHz})= E_{\text{nimax}}(f)+19+12.8 \quad (44)$$

$$E_{\text{nimax}}(f)=46.2 \text{ dB}\mu\text{V/m}+30*\lg(f/650 \text{ MHz}) \quad (45)$$

ahol

E_{nimax} : megengedett maximális zavaró jel szintje [dB(μ V/m)]
f: frekvencia [MHz]



40. ábra. Tervezett DVB-T adó távolsága a védett terület határától

A képletből megállapítható, hogy adott „d” távolságra a védendő állomás minimális térerősség határától a megengedett maximális ERP ($ERP_{max}(f)$) annál nagyobb, minél nagyobb a frekvencia. Első pillanatra úgy tűnhet, mintha a magasabb frekvenciákat érdekesebb lenne tervezni, hiszen nagyobb ERP-vel nagyobb ellátott terület biztosítható. Ha azonban figyelembe vesszük, hogy a tervezett adó ellátott területéhez szükséges minimális közepes térerősség is nő a frekvenciával az

$$E_{med}(f)_{tervezett} = E_{med}(650\text{MHz}) + 30 * \lg(f/650 \text{ MHz}) \quad (46)$$

ahol

$E_{med}(f)_{tervezett}$: a tervezett digitális adó közepes minimális térerőssége [dB(μ V/m)]

E_{med} : közepes minimális térerőssége RPC2 esetén 650 MHz-en

f: frekvencia [MHz]

összefüggés szerint, akkor az látható, hogy magasabb frekvencián nagyobb ERP-re van szükség ugyanakkora sugarú ellátott terület biztosításához. Az is látszik, hogy pontosan annyival, amennyivel nagyobb ERP sugározható.

A különböző frekvenciákra megengedett maximális ERP-vel besugározható terület nagysága tehát nem függ a frekvenciától. A továbbiakban ezért a 650 MHz-re jellemző ERP-eket és térerősség értékeket határozom meg, de az ellátott területre kapott eredmények minden frekvencián pontosan azok az értékek lesznek.

A grafikonokból megállapítható, hogyha elég távol van az adó, akkor szigorú ΔE_u követelmény esetén is viszonylag nagy ERP-k egyeztetésére van lehetőség. A kérdés az, hogy

a tervezett adótól milyen távolságra található a potenciálisan zavart tervbejegyzések ellátott terület/allotment határai.

3.5.2 A tervezett adó távolsága a legközelebbi azonos csatornás allotment határától

A válasz a GE06 digitális tervben található. A **30. táblázat** foglalja össze Magyarországot és a szomszédos országok digitális tervbejegyzéseinek számát és fő jellemzőit.

Az 1921 darab allotmenthez a **4. táblázat** szerint 5138 kis- és nagyteljesítményű assignment is elfogadásra került. Bár Lengyelország kivételével a felsorolt országok az assignmenteket nem társították az allotmentekhez, mégis megállapítható, hogy mindegyik assignment valamelyik allotment része, és ellátottsági területük nagy részben az allotmentek határain belül vannak. Levontam azt a következtetést, hogy mind a zavar, mind a védelem szempontjából az allotmentek a meghatározók. Az allotmentek által okozott zavar mértékét a választott referencia hálózat típusa határozza meg.

30. táblázat. A GE06 Terv allotment típusú tervbejegyzéseinek főbb jellemzői az érintett országokban

ország	allotmentek száma	RPC típusa	Referencia hálózat típusa
HNG	97	RPC2	RN1
AUT	112	RPC2	RN1
BIH	68	RPC2	RN1
CZE	107	RPC2	RN1
HRV	110	RPC2	RN1
POL	255	RPC2	RN1
ROU	273	RPC2	RN1
SVK	83	RPC2	RN1
SVN	45	RPC2	RN1
SRB	121	RPC2	RN1
UKR	650	RPC2	RN2
összesen	1921		

A 2.2.10-2.2.13 fejezetekben leírtak felhasználásával RPC2 referencia tervezési konfigurációra és a választott RN1 és RN2 referencia hálózatokra az allotmentek közötti kizárótávolságok meghatározhatók. Az eredmények a **31. táblázatban** találhatóak.

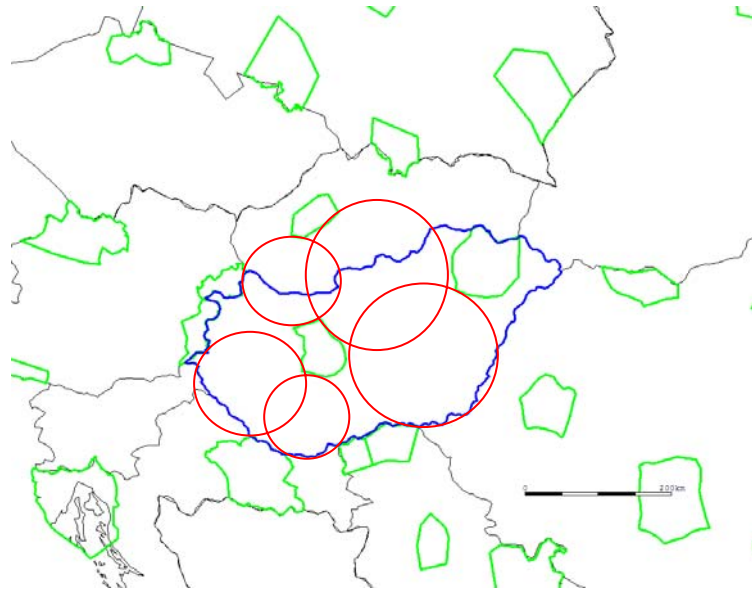
31. táblázat. Kizárótávolságok RPC2-re az UHF sávban

Zavart/zavaró hálózat	Kizárótávolságok (km)	
	DVB-T RPC2	
	RN1	RN2
DVB-T RPC2	111	70

Tekintettel arra, hogy az allotmentek közötti távolságot a nagyobb zavart okozó referencia hálózat határozza meg, ezért a továbbiakban az RN1 által okozott potenciális zavarszintet vizsgálom.

Az elméleti számítások szerint jellemzően minimum 111 km távolságra vannak az azonos csatornás allotmentek kiosztva. A GE06 Tervből példaként a 43. csatornájú allotmentekre néztem meg, hogy a gyakorlatban ez hogyan alakul. A választott csatornán 80-140 km-re

találhatók jellemzően a legközelebbi allotmentek, de vannak ennél mindkét irányban nagyobb eltérések is (**41. ábra**).

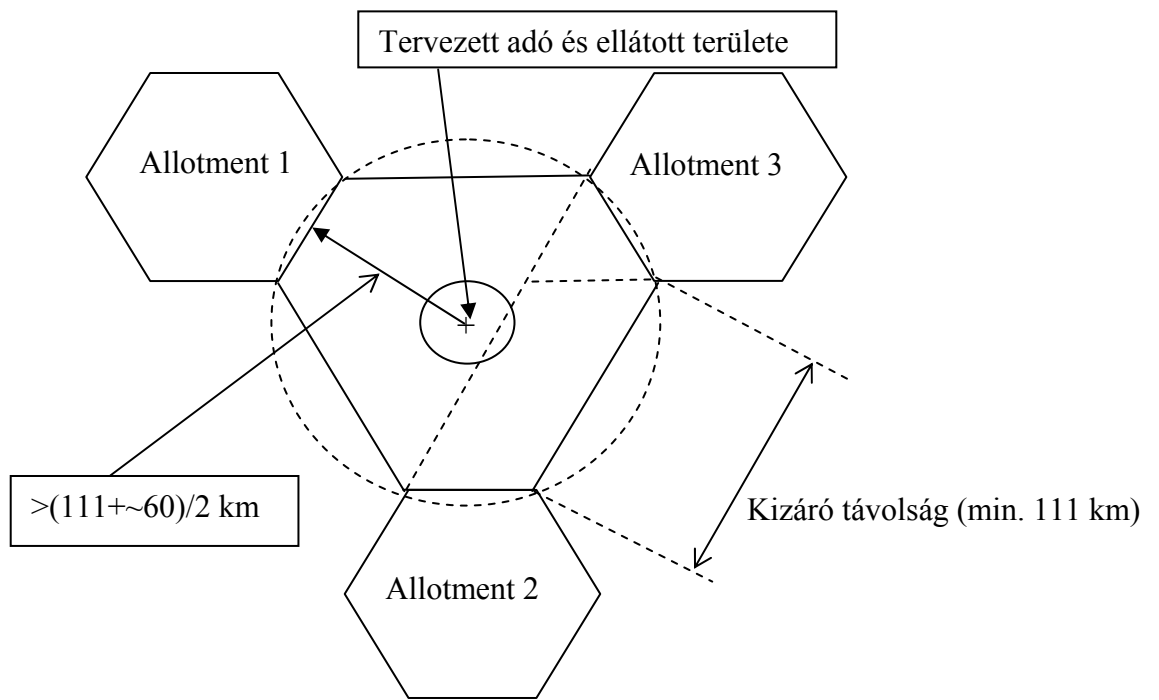


41. ábra. Allotmentek elhelyezkedése a 43. TV csatornán

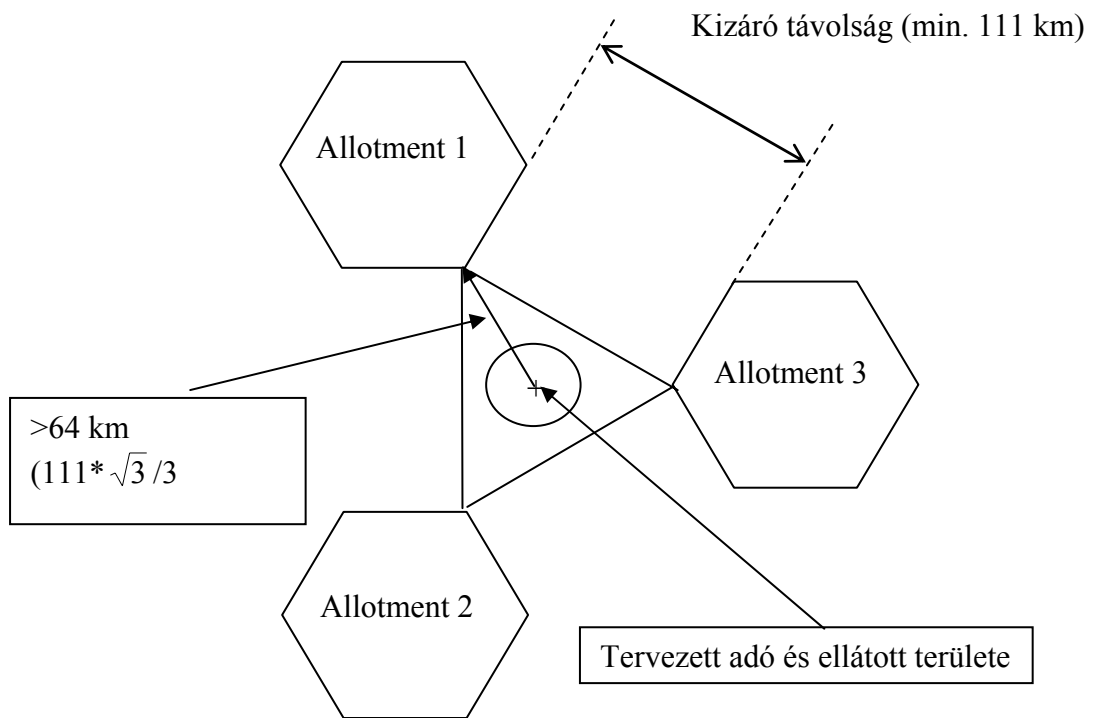
Az elméletinél kisebb távolságok azért lehetségesek, mert a tervezéskor figyelembe vették a terepadottságokat is az ITU P. 1546 adatbázis modellnél pontosabb DTM alapú számításokkal. A továbbiakban azt feltételezem, hogy legalább kizárótávolságra vannak egymástól az allotmentek, és nem feltételezem a terep elválasztó hatását.

Új frekvencia tervezésénél tehát a csatornaválasztás egyik szempontja az lehet, hogy melyik csatornán van legtávolabb a legközelebbi azonos csatornás allotment. Szerencsés esetben akár 100 km is lehet (piros körök középpontja az allotment határtól). A választott h_{eff} értékekhez meghatározott megengedett maximális ERP-k értékei azt mutatják, hogy 100 km távolságra 25-30-35 dBW-nál is nagyobbak lehetnek, amik az alkalmazott kompatibilitási kritériumtól függően egészen nagy értékig növekedhetnek.

A **42-43. ábrák** szabályos allotmentek lehetséges elhelyezkedését mutatják azt feltételezve, hogy éppen kizárótávolságyira vannak egymástól [36]. A két ábra két szélsőséges esetet mutat arra, hogy azonos kizárótávolságok alkalmazásával a tervezett adó milyen maximális távolságban lehet a potenciálisan zavart és zavaró allotmentektől. Az ábrákból leolvasható, hogy optimális elhelyezkedés esetén a tervezett adótól 64-85 km-re van a legközelebbi allotment határ. Ha az allotmentek a kizárótávolságnál nagyobb „d” távolságra vannak egymástól, akkor $d/111$ -szeresére nő a legközelebbi allotment határ távolsága. Az előző fejezet alapján elmondható, hogy 140 km-nél nagyobb távolság csak ritkán fordul elő, így ezt tekintem jellemző maximális értéknek. Ekkor az allotmentek orientációjától függően várhatóan maximum 80-107 km-re lesz a legközelebbi allotment határ.

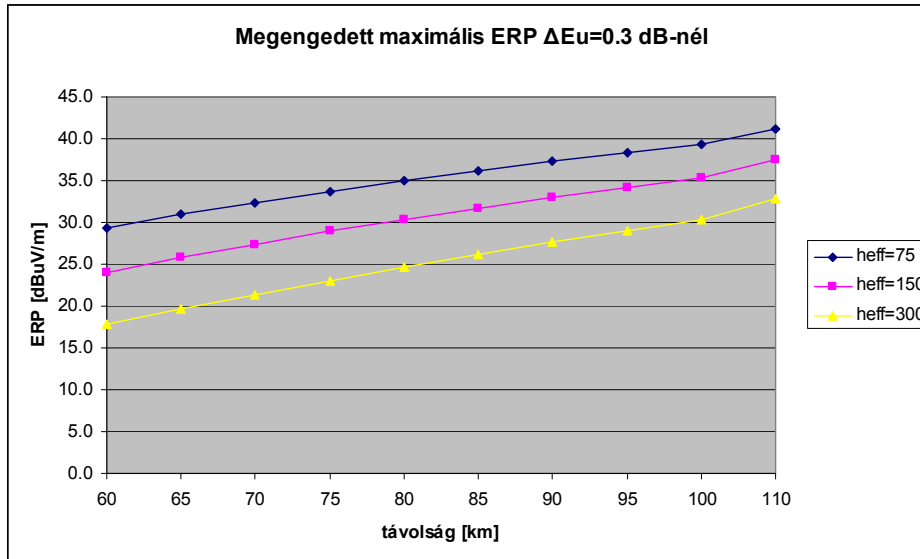


42. ábra. Allotmentek elhelyezkedése (példa 1)



43. ábra. Allotmentek elhelyezkedése (példa 2)

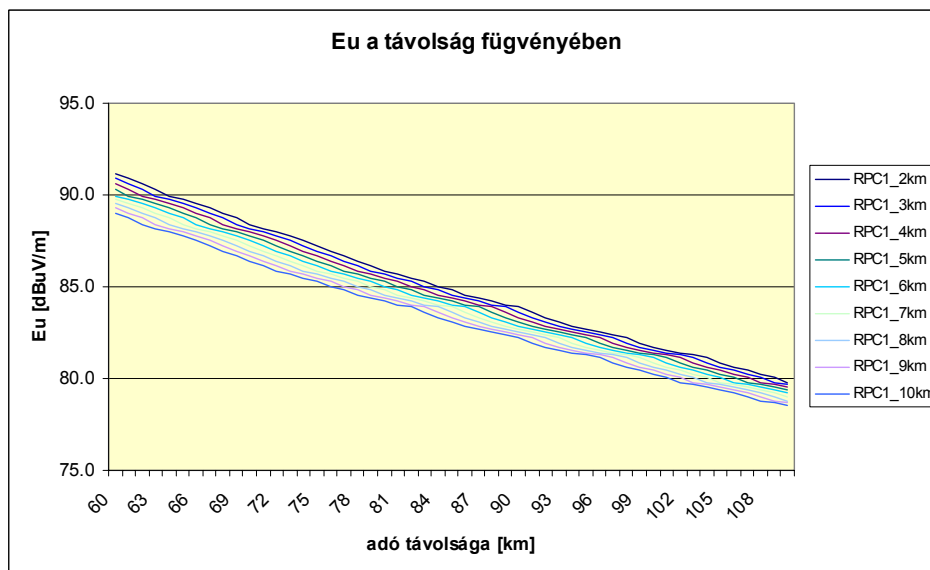
Összefoglalva az mondható, hogy új frekvenciák tervezésekor az új adó telephelyének jellemző távolsága 64-107 km a legközelebbi azonos csatornás allotment határtól. $\Delta E_u=0.3$ dB kompatibilitási kritériumot feltételezve a 3 különböző h_{eff} értékre a **44. ábra** szerinti ERP-k megengedettek a 64-107 km távolságban tervezett új adókra.



44. ábra. Lehetséges maximális ERP-k a valóságban feltételezhető távolságokra: $\Delta E_u=0.3$ dB

3.5.3 Szükséges minimális ERP

A szükséges minimális térerősség értékét két tényező befolyásolja. Az egyik az ellátottsági terület sugara, a másik a célterületen belül létrejövő összegzett zavarószint [87]. Ez utóbbi határozza meg a használható térerősség szintet. A távolságtól függő zavarószint értékét a **14. ábra** mutatja. A használható térerősség szint a (7) képlet szerint határozható meg. Az ellátottsági sugár, a távolság és a használható térerősség szint közötti összefüggést példaként a **45. ábra** mutatja RPC1-re tervezett új adó esetén. RPC2-re vagy egyéb vételi módra hasonlóan lehet meghatározni a használható térerősség értékeket.



45. ábra. Használható térerősség a távolság függvényében RPC1-re

A következőkben azt vizsgáltam, hogy különböző ellátottsági sugarú (2-10 km) tervezett adó esetén a három különböző h_{eff} értéknél a potenciálisan zavaró és potenciálisan zavaró legközelebbi allotment határtól való távolság függvényében elegendő-e a megengedett maximális ERP a szükséges használható térerősség szint biztosításához. Az összehasonlítást $\Delta E_u = 0.1-4$ dB értékekre végeztem. A **32. táblázat** egy példát mutat az eredményre $\Delta E_u = 0.3$ dB esetre. A táblázat alsó részében ahol nincs szám az azt jelzi, hogy a megengedett ERP-vel az adott ellátottsági sugár nem biztosítható.

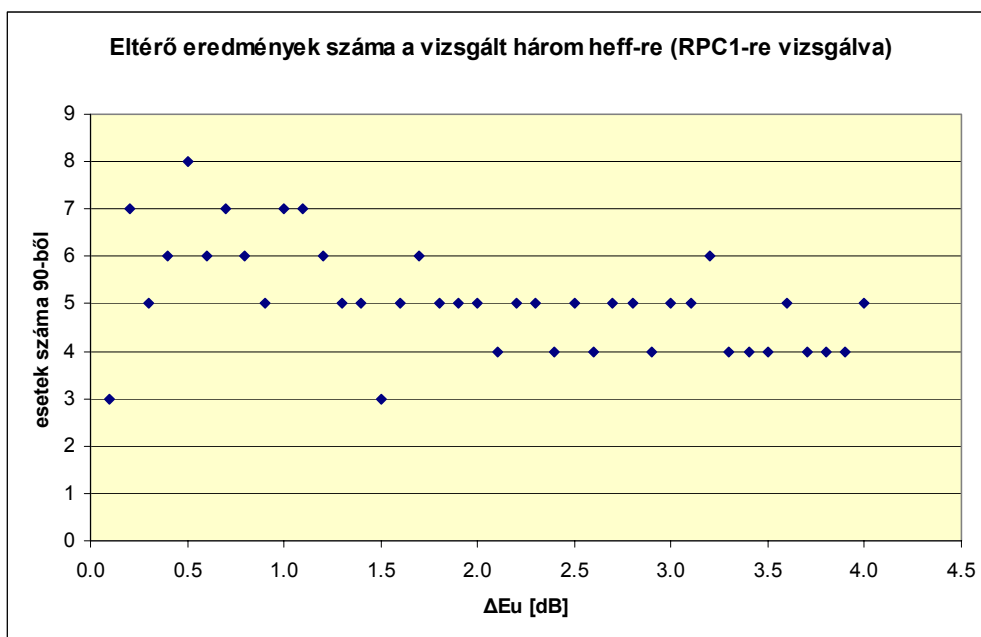
32. táblázat. Várható ellátottsági sugár: $\Delta E_u = 0.3$ dB

szükséges ERP										megengedett ERP [dB μ V/m]
$h_{\text{eff}}=150\text{m}$	sugár [km]									$\Delta E_u=0.3\text{dB}$
legközelebbi allotment [km]	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
60	27.4	32.3	35.7	38.4	40.5	42.4	44.1	45.6	46.8	
65	25.9	30.9	34.5	37.1	39.3	41.1	42.7	44.2	45.6	
70	24.6	29.5	33.1	35.9	38.1	39.9	41.5	43.0	44.2	
75	23.5	28.3	31.8	34.5	36.7	38.5	40.2	41.8	43.2	
80	22.1	27.0	30.6	33.4	35.6	37.5	39.1	40.6	42.0	
85	21.0	25.9	29.5	32.3	34.6	36.6	38.1	39.6	40.9	
90	20.1	25.0	28.4	31.2	33.4	35.3	37.1	38.6	40.0	
95	18.9	23.9	27.5	30.3	32.5	34.3	36.1	37.7	39.1	
100	17.9	22.9	26.5	29.4	31.7	33.5	35.2	36.7	38.0	
110	16.0	21.0	24.7	27.5	29.8	31.7	33.3	34.9	36.4	

60										24.0
65										25.8
70	2									27.4
75	2	3								28.9
80	2	3								30.4
85	2	3	4							31.7
90	2	3	4	5						33.0
95	2	3	4	5	6					34.2
100	2	3	4	5	6	7	8			35.4
110	2	3	4	5	6	7	8	9	10	37.5

A vizsgálat során megállapítottam, hogy a tervezett adó h_{eff} értéke csak kis mértékben befolyásolja azt a tényt, hogy a megengedett maximális ERP elegendő-e a kívánt sugárú ellátottság biztosítására a potenciális zavaró jelek jelenlétében, vagyis elegendő-e a szükséges használható térerősség szint biztosításához.

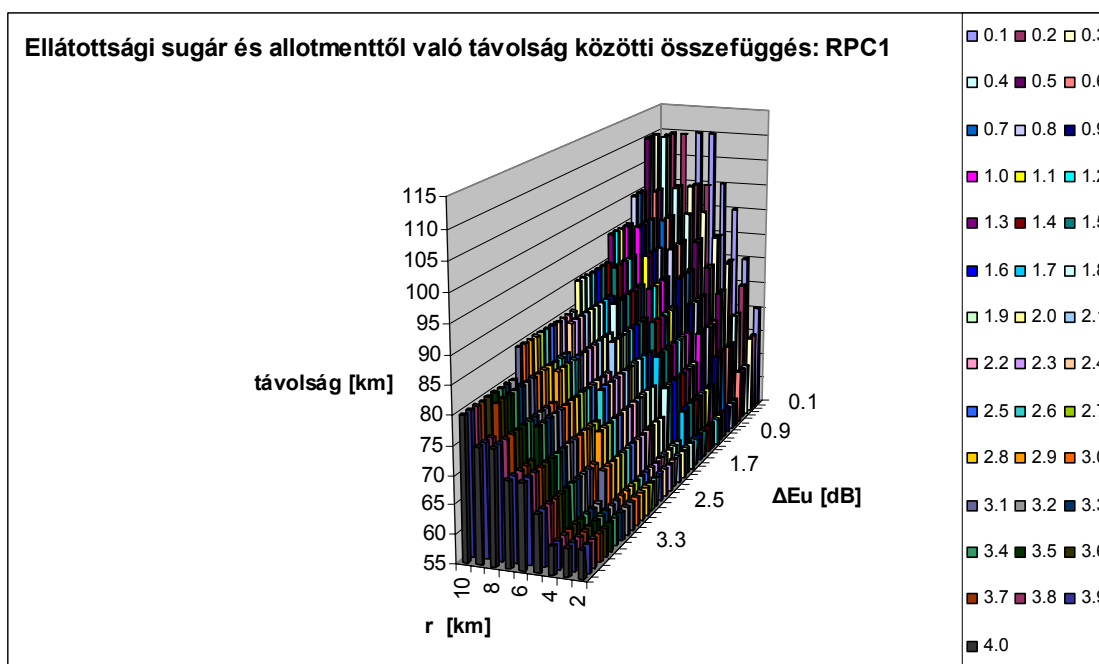
Az **46. ábrán** az látható, hogy a 90 különböző esetből ($r=2-10$ km, $táv=60-110$ km) átlagosan öt (min. 3, max. 8) esetben adódik eltérő eredmény a különböző h_{eff} -knél. Ez azzal magyarázható, hogy nagyobb h_{eff} -nél kisebb ugyan a megengedett maximális ERP, de a szükséges használható jelszint biztosításához is kisebb ERP-re van szükség. A továbbiakban csak egy, a $h_{\text{eff}}=150$ m-es esetre folytattam az elemzést, melynek eredményei átlagosan (5-6) % hibával a többi h_{eff} értékre is érvényesek.



46. ábra. Eltérő eredmények száma a vizsgált három heff-re

Két esetre, RPC1-re, illetve RPC2-re néztem meg, hogy adott ellátottsági sugár biztosításához minimum milyen távolságra kell elhelyezkedni az adónak a legközelebbi allotment határtól különböző kompatibilitási kritériumok alkalmazásával. Másképpen megfogalmazva: adott távolságra a legközelebbi allotment határtól mekkora sugarú ellátottság biztosítható a maximálisan megengedett ERP-vel különböző ΔE_u kritériumoknál.

A 47. ábra, valamint a 33. táblázat ennek eredményét mutatja diagramon ábrázolva, illetve táblázatba foglalva RPC1-re. Például ha 75-85 km távolságra található a legközelebbi védett allotment, akkor $\Delta E_u=0.3$ dB kritérium esetén 3-4 km-es ellátottsági sugár érhető el. Ha a kritérium $\Delta E_u > 2$ dB, akkor akár 10 km-es ellátottság is biztosítható.



47. ábra. RPC1-re tervezett adóval biztosítható ellátottsági sugár

33. táblázat. RPC1-re tervezett adóval biztosítható ellátottsági sugár

RPC1									
Legközelebbi potenciálisan zavaró és potenciálisan zavaró allotment ellátottsági határa [km]									
ΔE_u [dB]	r=2 km	r=3 km	r=4 km	r=5 km	r=6 km	r=7 km	r=8 km	r=9 km	r=10 km
0.1	75	85	95	100	110	110			
0.2	70	80	85	90	100	100	110	110	
0.3	70	75	85	90	95	100	100	110	110
0.4	65	75	80	85	90	95	100	110	110
0.5	65	70	80	85	90	90	95	100	110
0.6	65	70	75	80	85	90	95	100	100
0.7	60	70	75	80	85	90	95	95	100
0.8	60	70	75	80	85	90	90	95	100
0.9	60	70	75	80	85	85	90	95	95
1.0	60	65	75	75	80	85	90	95	95
1.1	60	65	70	75	80	85	90	90	95
1.2	60	65	70	75	80	85	85	90	95
1.3	60	65	70	75	80	85	85	90	95
1.4	60	65	70	75	80	80	85	90	90
1.5	60	65	70	75	80	80	85	90	90
1.6	60	65	70	75	75	80	85	85	90
1.7	60	65	70	75	75	80	85	85	90
1.8	60	60	70	70	75	80	85	85	90
1.9	60	60	65	70	75	80	80	85	90
2.0	60	60	65	70	75	80	80	85	90
2.1	60	60	65	70	75	80	80	85	85
2.2	60	60	65	70	75	75	80	85	85
2.3	60	60	65	70	75	75	80	85	85
2.4	60	60	65	70	75	75	80	85	85
2.5	60	60	65	70	75	75	80	80	85
2.6	60	60	65	70	75	75	80	80	85
2.7	60	60	65	70	70	75	80	80	85
2.8	60	60	65	70	70	75	80	80	85
2.9	60	60	65	70	70	75	80	80	85
3.0	60	60	65	65	70	75	75	80	85
3.1	60	60	65	65	70	75	75	80	85
3.2	60	60	60	65	70	75	75	80	80
3.3	60	60	60	65	70	75	75	80	80
3.4	60	60	60	65	70	75	75	80	80
3.5	60	60	60	65	70	75	75	80	80
3.6	60	60	60	65	70	70	75	80	80
3.7	60	60	60	65	70	70	75	80	80
3.8	60	60	60	65	70	70	75	75	80
3.9	60	60	60	65	70	70	75	75	80
4.0	60	60	60	65	70	70	75	75	80

A vizsgálatokat hasonlóan RPC2-re is elvégeztem. Az eredményekből levonható következtetés az, hogy a 75-85 km jellemző távolságra tervezett új adók esetén $\Delta E_u \leq 0.5-0.7$ dB kritérium elfogadása esetén 4-6 km ellátottsági sugár érhető el. Ennél nagyobb ellátottság enyhébb kompatibilitási kritérium mellett biztosítható mind RPC1, mind RPC2 referencia tervezési konfigurációra. A kompatibilitási kritérium enyhítéséért azonban a már korábban leegyeztetett és védett állomások ellátottság csökkenésével kell fizetni. A

kompatibilitási kritérium és az ellátottság csökkenés összefüggésére a 3.2.2 fejezet eredményei irányadóak. Annak eldöntése, hogy a hálózat bővítés lehetősége a meglévő hálózat kárára milyen áldozatok elviselését engedi meg, a hálózat üzemeltetőknek és a hatóságnak a szoros együttműködését és közös álláspont kialakítását igényli.

3.5.4 Zavartűrőbb DVB-T üzemmódok választása

Amennyiben az elfogadott kritériumok mellett nem lehetséges megfelelő ellátottsági terület biztosítása, feltételezésem szerint zavartűrőbb DVB-T rendszerparaméterek választásával növelhető az elérhető ellátottsági terület. Ennek azonban az az ára, hogy kisebb adatátviteli kapacitás biztosítható a nagyobb ellátottsági területen belül.

16QAM⁹⁷ moduláció és 2/3 hibajavító kódarány esetén fix vételre 14.1 dB a védelmi érték (7 dB-lel kisebb, mint RPC1-re). Ilyen paraméterek mellett az ellátottsági sugarat a ΔE_u és allotmenttől való távolság függvényében a **47. ábrához**, valamint a **33. táblázatban** foglaltakhoz hasonlóan meghatározva megállapítottam, hogy $\Delta E_u \leq 0.5-0.7$ dB esetén biztosítható ellátottsági sugár nőtt, 5-8 km is elérhető.

KÖVETKEZTETÉSEK

Megállapítottam, hogy a megvizsgált műsorszórási egyezményekben alkalmazott kompatibilitási kritériumok változatos megfogalmazásuk és számértékük ellenére hasonló megfontolásból indulnak ki. Minden esetben levezethető, hogy a kritérium a zavaró jelszint és a védett térerősség szint között megengedett maximális különbség előírása, melyet bonyolultabb formulával meghatározható használható térerősségszint-növekedés, vagy a tényleges zavartatási viszonyokat jobban szemléltető, elnevezésem szerint „megengedett relatív zavaró jelszint” formában adnak meg.

A kompatibilitási kritérium és az abból számított megengedett maximális zavar hatásának megállapítására végzett vizsgálataim során arra a következtetésre jutottam, hogy a kompatibilitási kritériumhoz rendelt számértékek nem szemléltetik látványosan az elszorított zavar hatásának mértékét. A műsorszórási állomások különböző jellemzőit megvizsgálva az ellátottsági terület változását olyan paraméternek találtam, ami alapján a zavaró hatás könnyen megítélhető.

Az analóg adók védelmére választható kompatibilitási kritériumok, és alkalmazásuk során várható ellátottsági terület csökkenésre vonatkozó számítási eredményeimet elemezve arra a következtetésre jutottam, hogy az átmeneti időszakban is nagyon fontos, hogy elfogadott kompatibilitási kritériumok alapján egyeztessenek az érintett partnerek. A koordináció köteles magyar digitális állomások üzembe helyezési lehetőségét azonban nagymértékben befolyásolja az is, hogy a digitális terv milyen stratégián alapul, milyen a jelenlegi analóg frekvencia-felhasználás, és hogy a szomszédokkal sikerül-e kölcsönös előnyökön alapuló egyeztetési eljárásban megegyezni. Ha mindkét fél érdeke az átmeneti időszak rugalmas

⁹⁷ 16QAM: 16 Quadrature Amplitude Modulation; 16 állapotú kvadratura amplitúdó moduláció

kezelése, akkor a siker garantált lehet. Ha nem, akkor mindenképpen nehézségekre, elutasításokra lehet számítani.

A légi rádió navigáció szolgálat számára biztosítandó védelem hatásának vizsgálata során megállapítottam, hogy a GE06 Megállapodásban elfogadott védelmi paramétereknek igen nagy a jelentőségük. Annak ellenére, hogy nincsenek elfogadott kompatibilitási kritériumok, megfelelő kiinduló műszaki alapot szolgáltatnak a koordinációs tárgyalásokhoz. A feltételezett kompatibilitási kritérium alapján végzett vizsgálataim azt mutatják, hogy a magyar digitális adók jelentős része a GE06 Megállapodásban foglalt védelmi paraméterek alapján is korlátozások nélkül használható. A magyar mérési eredmények megállapításai szerint a védendő térerősség tekintetében a vevőérzékenység túlságosan szigorú követelmény, melynél enyhébb kritérium, a rendszerérzékenység alkalmazása sem veszélyeztetné a repülés biztonságát. További lehetőség a spektrum hatékonyabb felhasználásának biztosítására az üzemi frekvenciák megfelelő váltása/választása, ahol ezt a rendszer megengedi.

A digitális terv bővítésének vizsgálata során megállapítottam, hogy a rendkívül magas zavaró jelszintek következtében többnyire kisebb ellátottságok érhetőek el az új tervezett adókkal. A jobb ellátottság érdekében enyhébb kompatibilitási kritérium alkalmazásával a már működő hálózat ellátottságában jelentkezik nagyobb beszűkülés. Zavartűrőbb DVB-T rendszerjellemzők választása esetén pedig kisebb adatátviteli kapacitás érhető el. Ezen hátrányok, illetve előnyök pusztán műszaki alapon nem mérlegelhetők, egyéb szempontok dönthetik el, hogy mely hátrányok viselhetők el jobban, bizonyos előnyök érdekében. Konkrét esetekben a terepadottságok, az új adó telephelyének elhelyezkedése, stb. figyelembe vételével kedvezőbb lehetőségek is adódhatnak.

A fejezet vizsgálati eredményei alapján levont legfontosabb következtetésem:

- A két csoportba sorolható kompatibilitási kritériumok között matematikai összefüggéssel felírható kapcsolat van.
- A műsorszóró állomások ellátottsági területének százalékosan kifejezett csökkenése a műsorszóró adó jellemzőitől csak kismértékben függ azonos kompatibilitási kritérium alkalmazása mellett.
- Adott megbízhatósági szint mellett felírható az a matematikai összefüggés, ami alkalmas az alkalmazott kompatibilitási kritérium hatására várható ellátottsági terület csökkenés becslésére (százalékban).
- Az átmeneti időszakban a digitális terv implementálásának lehetőségét az alkalmazott kompatibilitási kritérium mellett nagymértékben befolyásolják más tényezők is, mint például a digitális terv kialakításának stratégiája, vagy egyéb koordinációs külön megállapodásba foglalt vizsgálati módszerek és elbírálási feltételek.
- A katonai légi rádió navigációs rendszerek védelme érdekében a digitális televízió adókkal szemben támasztott teljesítménykorlátozások jelentősen csökkenhetnek a repülés biztonságának veszélyeztetése nélkül a rendszerérzékenység, mint védendő jelszint alkalmazásával.
- Olyan részletes számítások, amik figyelembe veszik a terepet, az adóantennák vertikális karakterisztikáját, döntését, stb. további korlátozás enyhítést eredményezhetnek.
- Új digitális állomások várható ellátottsági sugara, a szükséges kizárótávolság és az alkalmazott kompatibilitási kritérium közötti kapcsolat alapján mérlegelt lehetőségek azt mutatják, hogy nem műszaki döntésektől függő kompromisszumos megoldásokra lesz szükség a digitális terv bővítése során.

ÖSSZEGZETT KÖVETKEZTETÉSEK

A KUTATÁSI TEVÉKENYSÉG ÖSSZEGZÉSE

Az **1. kutatási célkitűzés** megvalósítása eredményeként a nemzetközi és hazai műszaki szabályozás dokumentumainak az áttekintése rávilágított arra, hogy a GE06 Megállapodáson kívüli egyéb keretek sem állnak jelenleg rendelkezésre az elsőbbséget élvező szolgálatoknak biztosítandó védelem számszerűsíthető kritérium alapján történő elbírálásához. Megállapítottam, hogy az ITU adminisztrációs szervezete fel van hatalmazva a megállapodások maradéktalan betartásának felügyeletére, elősegítésére, vitás kérdésekben megállapodásokon alapuló döntés meghozatalára. Ellentmondásnak találtam, hogy a GE06 Megállapodás 4. és 5. cikkelye szerint elfogadott koordinációs eljárásban az ITU BR közreműködését lehet kérni jogtalanak ítélt koordinációs elutasítások elbírálásában, azonban az igazgatások által elfogadott kritériumok nélkül az ITU BR sem tud műszaki vizsgálatokat végezni, ebből következően dönteni. További lehetőség valamely ország által nemzetközi szervezetnél kezdeményezett műszaki kérdés vizsgálata, amelyeket a nemzetközi szervezetek tanulmányi csoportjaiban résztvevő igazgatások szakértői végeznek. Megállapítottam, hogy munkacsoportokban keletkező dokumentumok tartalma csak ajánlás szinten alkalmazandó, kötelező érvényt csak akkor kaphat, ha az nemzetközi megállapodásokba bekerül. A frekvenciasávok használatára vonatkozó kötelezettségeket tehát csakis az igazgatások által elfogadott és aláírt nemzetközi szerződésekbe, harmadik ország interferencia viszonyait nem befolyásoló két- vagy többoldalú megállapodásokba lehet foglalni. Olyan esetekre, amelyeknek nemzetközi kihatása nincs, nemzeti hatóságok, jogszabályok rendezhetnek az állami célkitűzéseket elősegítő akár műszaki kérdéseket is. **Arra a következtetésre jutottam, hogy a GE06 által nyitva hagyott kompatibilitási kérdések megnyugtató megoldására a hazai szabályozásban és a szomszédos országokkal kötendő megállapodásokban várható eredmény.**

A **2. kutatási célkitűzés** megvalósítása eredményeként feltártam és ismertettem azokat a fogalmakat és összefüggéseket, amelyek a zavartatás vizsgálatok elvégzéséhez szükségesek. Definiáltam olyan fogalmakat, melyek használata egyszerűsíti és egyértelművé teszi a további vizsgálatok és eredmények bemutatását. Különböző műsorszóró egyezményekből összegyűjtöttem a létező kötelező, illetve ajánlott kompatibilitási kritériumokat. **Összefüggést** kerestem a különböző módon megfogalmazott **kompatibilitási kritériumok között**. Ennek eredményét felhasználva végeztem a továbbiakban a **kompatibilitási kritériumok hatásának vizsgálatát** a digitális hálózatok megvalósítására, illetve bővítési lehetőségeire.

A **3. kutatási célkitűzés** megvalósításaként alkalmasan választott vizsgálati módszer alkalmazásával számításokat végeztem arra vonatkozóan, hogy milyen módon befolyásolja a védett műsorszóró állomások ellátottsági területét a potenciális zavaró rádióállomás zavarójel szintje. Az eredményeket statisztikus kiértékelése alapján megállapítottam, hogy a védett adó teljesítményétől, effektív antenna magasságától, a használható térerősség szintjétől, további zavaró adók jelenlététől, és bizonyos feltételek mellett a két adó távolságától függő **területcsökkenés mediánja** adott megbízhatósági szint mellett meghatározható hibahatáron belül **egyetlen összefüggéssel leírható a kompatibilitási kritérium számszerűsített értékének függvényében**. Az általánosítható következtetések alapján értékeltem és összehasonlítottam a különböző műsorszóró egyezményekben javasolt vagy kötelezően alkalmazandó kompatibilitási kritériumokat.

A **4. kutatási célkitűzés** megvalósítása során elegendően nagy mintaszámon végzett számításokon keresztül statisztikailag elemeztem, hogy az **analóg adók védelmére választható kompatibilitási kritériumok hogyan befolyásolják a koordináció köteles magyar digitális állomások üzembe helyezési lehetőségét**, megengedett maximális üzemi teljesítményét az átmeneti időszakban. Megvizsgáltam azokat a magyar tervezett digitális adókat, amelyek az ITU-hoz bejelentett, Magyarországot érintő **légi rádió navigációs szolgálatoknak** zavart okozhatnak. Meghatároztam, hogy **milyen mértékű korlátozásra lehet számítani** a GE06 Megállapodásban elfogadott védelmi paraméterek, illetve az erre vonatkozó magyarországi mérési eredmények figyelembe vételével.

Az **5. kutatási célkitűzés** megvalósítása során a GE06 digitális terv elemzésével, illetve különböző kompatibilitási kritériumok hatásának vizsgálatával **meghatároztam**, hogy **milyen sugárzási és ellátottsági paraméterekkel jellemezhető további új digitális állomások tervezésére** és nemzetközi egyeztetésére **van reális lehetőség**.

ÖSSZEFOGLALÓ VÉGKÖVETKEZTETÉSEK

- A sikeres pályázati eljárásnak köszönhetően Magyarországon 2008 végén megkezdődhetett a digitális terv implementálása. A szolgáltató csak úgy tudja vállalni kötelezettségeit teljesíteni, ha az implementálásból adódó feltételek, vagy új frekvenciaigények következtében szükségessé váló nemzetközi és hazai koordináció gyors és sikeres lebonyolítása megvalósul. Kötelezően alkalmazandó, jól definiált kompatibilitási kritériumok nélkül nehézségekre, elhúzódó folyamatokra lehet számítani. A probléma a GE06 Egyezményt aláíró valamennyi ország számára kulcskérdéssé válhat. A megoldást várhatóan az egyedileg érintett szomszédos igazgatásokkal történő kompromisszumos megállapodások és hazai előírások fogják jelenteni, melyeknek előfeltétele a hiányzó kompatibilitási kritériumok kidolgozása.
- Magyarország vonatkozásában a probléma eddig még nem jelentkezett sürgető kérdésként, hiszen a pályázatban kiírt frekvenciák implementálása az első három hálózatban, jellemzően az átmeneti időszakra már sikeresen koordinált frekvenciákon alapul. Vannak azonban olyan digitális frekvenciák, amelyek csak korlátozott teljesítménnyel, vagy egyáltalán nem használhatók jelenleg. A jelen kutatással feltárt zavartatási viszonyok, valamint a védett hálózatokra gyakorolt hatások számszerű eredményeinek felhasználása lehetőséget biztosíthat a korlátozások enyhítésére.
- A különböző műsorszóró megállapodásokban, valamint egyéb szabályozó dokumentumokban javasolt vagy elfogadott összeférhetőségi kritériumok **felkutatása, rendszerezése és összehasonlítása** alapján arra a **következtetésre jutottam**, hogy megfelelő adaptálással **a digitális televízió szolgálatokra is alkalmazhatók**. A kompatibilitási kritériumok között **feltárt**, a zavar hatásának egyszerű kiértékelését segítő **matematikai összefüggés** lehetőséget biztosít tipizált kompatibilitási kritériumok használatára.
- A **kidolgozott és alkalmazott vizsgálati módszer** lehetővé teszi a választott kompatibilitási kritérium és az analóg televízió állomásnak okozott ellátottsági terület csökkenés közötti összefüggés elemzését.
- A különböző sugárzási és földrajzi paraméterekkel rendelkező vizsgált védett állomások által elszenvedett ellátottsági terület csökkenésére meghatározott medián és szórás értékeire lineáris regressziós görbe illeszthető a kompatibilitási kritérium függvényében.
- Az ellátottsági terület csökkenés mediánjának meghatározására megalkotott matematikai modellel, egy választott megbízhatósági szintet feltételezve megbecsülhető a zavart

elszenvedő műsorszóró állomás ellátottsági területének változása az alkalmazott kompatibilitási kritérium függvényében.

- A **táblázat**ba foglalt eredményeket **segédeszközként lehet használni** előzetes, gyors helyzetfelmérésekhez anélkül, hogy bonyolult számításokra lenne szükség.
- Elegendően nagyszámú esetre végzett **zavartatás számítás, és az eredmények analizálása alapján megállapítottam**, hogy az analóg televízióadók védelme miatt szükséges teljesítmény korlátozások mértékét a digitális televízióadókkal szemben támasztott kompatibilitási kritérium megválasztása befolyásolja, de nagyon enyhe kritériumok esetén sem várható számításokon alapuló korlátozásoktól mentes felhasználás.
- A magyarországi digitális adókat érintő egyedi esetek vizsgálati eredményei mutatják, hogy az átmeneti időszakban a légi rádió navigációs szolgálatoknak biztosítandó védelem miatt számításal meghatározható **korlátozások jelentősen csökkennek** a GE06 Megállapodásban javasolt védelmi paraméterek módosításával a magyarországi mérésekből nyert gyakorlati értékek, elsősorban a **rendszerérzékenység figyelembe vételével**.
- A GE06 Terv elemzése és számítási eredmények alapján arra a következtetésre jutottam, hogy a különböző **kompatibilitási kritériumok** alkalmazása **jelentősen befolyásolja a tervezett új digitális állomások megengedett maximális teljesítményét és ellátottsági sugarát**.

ÚJ TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEK

Az értekezés új tudományos eredményeinek tekintem:

1. **Elemeztem** és két általánosan használható formulával felírtam a műsorszórásban alkalmazott kompatibilitási kritériumokat, melyek között **matematikai összefüggést határoztam meg**.
2. **Felkutattam** a műsorszóró állomások zavaró hatástól függő jellemzőjét és **vizsgálati módszert dolgoztam ki** a műsorszóró állomásoknak okozott zavar mértéke és a kompatibilitási kritérium közötti összefüggés feltárására.
3. Statisztikailag nagy mintaszámnak tekintett alkalmasan választott esetre végzett **számításaim eredményei alapján matematikai modellt alkottam** a kompatibilitási kritériumok hatásának számszerű megadására.
4. **Számításaim eredményeit értékelve kimutattam**, hogy a digitális televíziózás bevezetésében az analóg televízióadók védelme miatt emelt **összes akadályt csak a kompatibilitási kritérium alapján** meghatározott eredmények figyelembe vételével **nem lehet elhárítani**.
5. Légi rádió navigációs szolgálatokra végzett **egyedi vizsgálati eredményeimmel kimutattam**, hogy a mérésekkel meghatározott, a repülésbiztonságot nem veszélyeztető rendszerérzékenységet tekintve védendő jelszintnek, a digitális televízió állomások teljesítményére vonatkozó korlátozások jelentősen csökkenhetnek az átmeneti időszakban.
6. Az új digitális televízió állomásokra várható igényeket **modelleztem és összefüggést határoztam meg** a tervezett digitális televízióadó elvárt ellátottsági sugara, a szükséges kizárótávolság és az alkalmazott kompatibilitási kritérium között.

AJÁNLÁSOK, A KUTATÁSI EREDMÉNYEK GYAKORLATI FELHASZNÁLHATÓSÁGA

A kutatási eredményeimet **ajánlom** mindazon hatóságok, szolgáltatók, szervezetek és hálózattervezők számára, amelyek és akik a műsorszóró televízió sávban elsődleges szolgálatokat üzemeltetnek, a frekvencia-felhasználását szabályozzák, koordinálják, az érintett területre vonatkozó döntéseket hoznak, illetve hálózatbővítési terveket készítenek.

Eredményeim várakozásaim szerint felhasználhatók

1. a digitális televíziózás jelenlegi és jövőbeni frekvencia-felhasználási lehetőségeinek teljesebb körű megismerésére.
2. egyedi és általánosítható számításokkal alátámasztott racionális védelmi igények megfogalmazására, az előírt korlátozások felülvizsgálatára.
3. az átmeneti időszakban várható korlátozások feltárásával és figyelembe vételével a hálózatmegvalósítási terv optimalizálására.
4. új digitális állomás tervezése során a lehetőségek gyors előzetes felmérésére, ennek alapján a szükséges időigényes számítások számának csökkentésére.
5. a különböző kompatibilitási kritériumok összehasonlítására, a hatékony frekvencia-felhasználást segítő kompatibilitási kritérium megválasztásának megkönnyítésére, nem műszaki döntéshozók döntéseinek segítésére.
6. két- és többoldalú nemzetközi frekvenciakoordinációs eljárásokban a segédeszközként használható táblázatok alapján gyors előzetes állásfoglalások kialakítására.
7. az összeköttetés tervezést magában foglaló tantárgyak oktatásában.

A TÉMAKÖRBŐL KÉSZÜLT PUBLIKÁCIÓIM

FOLYÓIRATBAN MEGJELENT CIKKEK

1. Kissné Akli Mária: Digitális rendszerjellemzők választása DVB-T adók besugárzás-tervezéséhez, In. Híradástechnika 2002/8. szám, pp. 45-50, ISSN 1788-1919.
2. Akli Mária: A digitális műsorszórás bevezetésének lehetőségei Magyarországon, In. Kommunikáció Média Gazdaság. 2003. I. szám, pp. 67-72, ISSN 0237-5206.
3. Kissné Akli Mária: A védendő térerősség választásának hatása a katonai berendezések és televízió állomások közötti kizárótávolságra. In. Bolyai Szemle, 2004. I. szám, pp. 64-74, ISSN 1416-1443.
4. Kissné Akli Mária: MFN vagy SFN? Melyik hálózati struktúrát válasszuk a földfelszíni digitális televíziózáshoz? In. Híradástechnika 2004/7. szám, pp. 8-16, ISSN 1788-1919.
5. Kissné Akli Mária: Frekvenciák biztosítása a földfelszíni digitális televíziózáshoz. In. Infokommunikáció és jog 2004/4. szám, pp. 134-138, ISSN 1786-0776.
6. Kissné Akli Mária, Bálint Irén, Pados László: Az RRC04-en elfogadott tervezési alapelvek a gyakorlatban. In. Híradástechnika folyóirat 2005/3. szám, pp. 8-15, ISSN 1788-1919.

7. Kissné Akli Mária: Térinformatika alapú EMC analízis műsorszórási adók és a műsorszórási sávban üzemelő katonai eszközök között. In. Hadmérnök, I. Évfolyam 2. szám, 2006. szeptember, pp. 35–49, ISSN 1788-1919.
8. Kissné Akli Mária: Új mérőföldkő a földfelszíni televíziózásban. Bepillantás az RRC06 digitális műsorszórási frekvenciatervezői értekezlet rejtelmébe. In. Infokommunikáció és jog 2006/14. szám, pp. 133-139, ISSN 1786-0776.
9. Kissné Akli Mária, Bálint Irén, Pados László: Új lehetőségek és megváltozott szabályozási környezet a földfelszíni műsorszórási sávban. In. Híradástechnika, 2006/11. szám, pp. 23-33, ISSN 1788-1919.
10. Kissné Akli Mária: Gondolatok a GE06 terv magyarországi megvalósításáról. In. Híradástechnika folyóirat 2007/9. szám, pp. 2-11, ISSN 1788-1919.

IDEGEN NYELVŰ KIADVÁNYBAN MEGJELENT CIKKEK

1. M. Kissné Akli: New ways of television broadcasting, In. Híradástechnika, 1999/11. szám, pp. 66-72, ISSN 1788-1919.
2. MÁRIA KISSNÉ-AKLI, GYULA ZSIGMOND: Aeronautical radionavigation and/or terrestrial digital television services in the band 645–862 MHz? In. AARMS, Year 2006, Volume 5, Issue 1, pp. 39–50, ISSN 1588-8789.

KONFERENCIA KIADVÁNYBAN MEGJELENT ELŐADÁS

1. Kissné Akli Mária: New ways of television broadcasting, International Conference on Infocommunication Trends '99 organized by HÍF, Budapest, Danubius Thermal Hotel Margitsziget, 1 October 1999.
2. Kissné Akli Mária: A DVB-T bevezetésének lehetőségei Magyarországon frekvenciagazdálkodási szempontból, TV 20009. Televízió- és hangtechnikai konferencia és kiállítás, HTE, Thermal Hotel Helia, 2000. május 23-25
3. Kissné Akli Mária: A digitális műsorszórási bevezetésének lehetőségei Magyarországon, Digitális Televíziózás és Technológia konferencia, Budapesti Kommunikációs Főiskola, 2002. május 4
4. Kissné Akli Mária: A DVB-T hálózattervezés gyakorlata, TV 2002 10. Televízió- és hangtechnikai konferencia és kiállítás (HTE), Danubius Thermal Hotel Margitsziget, 2002. május 29-30
5. Kissné Akli Mária: A digitális műsorszórási műszaki lehetőségei. A minőségi televíziózás alapelemei konferencia, Magyar Informatikai és Kibernetikai Egyesület, 2002. június 27.
6. Kissné Akli Mária: DVB-T hálózatok koordinációja, HTE, Média Klub, 2003. március 26
7. Kissné Akli Mária: A földfelszíni televíziózás frekvenciagazdálkodási kérdései V. Infokommunikációs szakmai nap (A digitális televíziózás médiapolitikai és szabályozási kérdései. Pécsi Tudományegyetem, 2004. 04. 29.)
8. Mária Kissné-Akli: Possibilities to bridge and to prevent an extension of the information gap. (13 May 2005, Vienna, DICE Conference)
9. Kissné Akli Mária: Új mozgalom Európában, avagy 8 DVB-T multiplex előegyeztetése az RRC06-ra (TV 2005 11. Televízió- és hangtechnikai konferencia és kiállítás, Bp. Thermal Hotel Helia, 2005.06.1-2)

10. Kissné Akli Mária: Gondolatok az RRC06 előtt, avagy bepillantás az értekezlet rejtelseibe. (Bp. HTE, Média Klub, 2006.05.10)
11. Bálint Irén, Kissné Akli Mária: Az RRC06 után: a műsorszórás lehetőségei; HTE Média Klub, 2006. június 28.
12. Kissné Akli Mária: "Újabb UHF frekvenciák a DVB-T bevezetéséhez" (Bp. HTE, Média Klub, 2006.12.13)
13. Kissné Akli Mária: Az RRC06 hazai vonatkozásai (TV 2007 12. Televízió- és hangtechnikai konferencia és kiállítás, Danubius Thermal Hotel Margitsziget, 2007.05.2-3)
14. Kissné Akli Mária: A helyi (körzeti) tévék digitális műsorszórása számára kínálgató műszaki alternatívák (Párbeszéd a médiáról 4. A digitális technológia és a tartalomszolgáltatás változásai a helyi műsorszolgáltatás, valamint a tematikus csatornák esetében, AKTI, Budapest, 2007. június 28)
15. Kissné Akli Mária: Várhatóak-e változások a DVB-T frekvenciák felhasználásában? - gondolatok az új EU elképzelésekről- (Bp. HTE, Média Klub, 2008.01.16)

EGYÉB SZAKMAI ANYAGOK

Tanulmányok

1. A műsorszóró frekvenciák felhasználási szabályzata II. Rész, Műszaki szabályozás, Műholdas televízió-műsorszórás, Földfelszíni digitális televízió-műsorszórás fejezetek, Hírközlési Felügyelet, 1998
2. A digitális televízió bevezetése Magyarországon, A DVB-T frekvenciagazdálkodási összefüggései fejezet, HTE, 1999. november.
3. A DVB sugárzás műszaki paramétereinek meghatározása, alkalmazási lehetőségek és hálózati struktúrák vizsgálata, illetve azok bevezetésének műszaki előkészítése. 2. és 3.1-3.8 fejezetek, BME, 2002.
4. Kissné Akli Mária, Bálint Irén, Pados László: Javaslatok az ITU Körzeti Rádiótávközlési Értekezletének (RRC06) második ülésére beterveztendő magyar földfelszíni digitális műsorszóró (DVB-T és T-DAB) tervezési igények összeállítására, NHH, 2004. október.
5. Kissné Akli Mária: A „távközlési” törvény és a nem polgári híradás, ZMNE, 2005.

Könyv, jegyzet

1. Kissné Akli Mária, Kiss István Csaba: Rendszertechnika II, BJKMF jegyzet, Budapest, 1993
2. A digitális televízió szolgáltatásai. Bevezetési modellek, külföldi tapasztalatok. (szerkesztette: Hazay István, 2005, Budapest, ISBN: 963 216 856 9)

FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] NH-31249-1/2008. sz. határozat (televízió). NHH, 2008.
<http://www.nhh.hu/dokumentum.php?cid=16369>, 2008. október 14.
- [2] Pályázat öt digitális televízió műsorszóró hálózat üzemeltetési jogosultságának megszerzésére, pályázati kiírási dokumentáció. NHH, 2008.
<http://www.nhh.hu/dokumentum.php?cid=16371>, 2008. október 14.
- [3] Hatósági szerződés öt digitális televízió műsorszóró hálózat üzemeltetési jogosultságának gyakorlására (2008. szeptember 5). NHH, 2008.
<http://www.nhh.hu/dokumentum.php?cid=16376>, 2008. október 14.
- [4] Antenna Hungária ZRt. ajánlata (televízió). 2008.
<http://www.nhh.hu/dokumentum.php?cid=16373>, 2008. október 14.
- [5] Hol és mikor érhető el? AH ZRt, 2009. http://www.mindigtv.hu/Hol_mikor.aspx, 2009. augusztus 3.
- [6] EBU Guidelines on the use of spectrum for broadcasting, EBU BPN 084, Geneva March, 2008.
- [7] Spektrum stratégia. NHH, 2006.
<http://www.nhh.hu/dokumentum.php?cid=10639&mid=1283>, 2009. július 13.
- [8] Final Acts of the Regional Radiocommunication Conference for planning of the digital terrestrial broadcasting service in parts of Regions 1 and 3, in the frequency bands 174-230 MHz and 470-862 MHz (RRC-06), Published by the International Telecommunication Union, Geneva, 2006.
- [9] Bajó József: A nem polgári célú frekvenciagazdálkodás hatékonyságának korlátai, a gazdálkodási hatékonyság fokozásának lehetőségei. Doktori (PhD) értekezés, ZMNE, Budapest, 2006.
- [10] Zsigmond Gyula: Katonai alkalmazású komplex villamos rendszerek műszaki megbízhatóságáról. Repüléstudományi közlemények, különszám, 2007. április 20.
- [11] Veres György: Katonai alkalmazású komplex villamos rendszerek üzemeltetéséhez szükséges villamosmérnöki ismeretek oktatásának néhány sajátossága, különös tekintettel a Digitális elektronika tantárgyra. Doktori (PhD) értekezés, ZMNE, Budapest, 2006.
- [12] Final Acts of the European Broadcasting Conference in the VHF and UHF bands, Stockholm, 1961. Published by the International Telecommunication Union, Geneva.
- [13] ITU's history: <http://www.itu.int/aboutitu/overview/history.html>, 2007. január 8.
- [14] Az elektronikus hírközlésről szóló 2003. évi C. törvény.
- [15] 279/2001. (XII. 23.) Korm. rendelet a nem polgári célú frekvenciagazdálkodásfeladatait ellátó hatóság szervezetéről, valamint a nem polgári célú frekvenciagazdálkodás rendjéről. Módosítva: 27/2004. (II. 26.) Korm. Rendelet.
- [16] A rádiózásról és televíziózásról szóló 1996. évi I. törvény.
- [17] Grád János: Frekvenciagazdálkodás In Szabályozás p. 76-89.
<http://www.hte.hu/data/upload/File/online/THIS/8.pdf>, 2007. január 30.
- [18] Study on Spectrum Management in the field of Broadcasting, Final Reportm, Implications of Digital Switchover for Spectrum Management Prepared for the European Commission (DG Information Society), 1514/ECB/FIN/3, IDATE, June 2004.
- [19] Radio Regulations, Published by the International Telecommunication Union, Geneva, Edition of 2008.
- [20] A Kormány 346/2004. (XII. 22.) Korm. rendelete a frekvenciasávok nemzeti felosztásának megállapításáról (a 167/2005. (VIII. 24.) Korm. rendelettel, a 19/2006. (I.

- 31.) Korm. rendelettel, az 59/2006. (III. 21.) Korm. rendelettel, a 295/2007. (XI. 9.) Korm. rendelettel, a 118/2008. (V. 8.) Korm. rendelettel és a 254/2008. (X. 18.) Korm. rendelettel 2008. október 19-i hatállyal módosított, egybeszerkesztett változat).
- [21] Az informatikai és hírközlési miniszter 35/2004. (XII. 28.) IHM rendelete a frekvenciasávok felhasználási szabályainak megállapításáról.
- [22] 29/2005. (VII. 27.) HM r. A nem polgári célú frekvenciagazdálkodás egyes hatósági eljárásairól és a nem polgári célú frekvenciasávok felhasználási szabályairól.
- [23] 2001. évi CXII. Törvény a mérésügyről szóló 1991. évi XLV. törvény és a nemzeti szabványosításról szóló 1995. évi XXVIII. törvény módosításáról.
- [24] A Digitális Átállás Stratégiája (A)DÁS - a konzultációs észrevételek alapján véglegesített cél-, eszköz és feltételrendszer a 2007-2012-es időszakra - Budapest, 2007. február. http://misc.meh.hu/letoltheto/DAS_.pdf, 2009. november 9.
- [25] Az elektronikus hírközlő hálózatok és elektronikus hírközlési szolgáltatások közös keretszabályozásáról szóló 2002/21/EK(keret)irányelv, EK, 2007. november 13.
- [26] Mária Kissné-Akli, Gyula Zsigmond: Aeronautical radionavigation and/or terrestrial digital television services in the band 645–862 MHz? In. AARMS, Year 2006, Volume 5, Issue 1, pp. 39–50.
- [27] Jan Doeven: Digital Dividend Implementation of the — technical constraints to be taken into account, EBU Technical Review, Spectrum Management – January 2007.
- [28] Agenda items for WRC-07 that contain or relate to broadcasting issues, EBU – BPN 069, Geneva, October 2007.
- [29] Kissné Akli Mária: New ways of television broadcasting. In. Híradástechnika 1999/11. szám, pp. 66-72.
- [30] D. Wood and S. Baron: ITU dimension The worldwide to DTV standards — the impossible took a little longer, EBU Technical Review, Standardization, July 2006.
- [31] Kissné Akli Mária, Bálint Irén, Pados László: Új lehetőségek és megváltozott szabályozási környezet a földfelszíni műsorszórásban. In. Híradástechnika, 2006/11. szám, pp. 23-33.
- [32] Eiselt Béla: DVB-T hálózatok tervezésének kezdeti lépései Magyarországon. 8. Televízió- és hangtechnikai konferencia és kiállítás (HTE) Thermal Hotel Helia, 1998. május 23-25.
- [33] Karina Beeke: Spectrum Planning, Analysis of methods for the summation of Log-normal distributions, EBU Technical Review, October 2007
- [34] Guide on SFN Frequency Planning and Network Implementation with regard to T-DAB and DVB-T, EBU, Geneva, BPN 066, Issue 1.0, July, 2005.
- [35] ERC/EBU Report on Planning and Introduction of Terrestrial Digital Television (DVB-T) in Europe, BPN 018, EBU, Izmir, December 1997.
- [36] Planning methods for use at a Conference, EBU BPN 053, Geneva, February 2003.
- [37] Kissné Akli Mária: Térinformatika alapú EMC analízis műsorszóró adók és a műsorszóró sávban üzemelő katonai eszközök között. In. Hadmérnök, I. Évfolyam 2. szám, 2006. szeptember, pp. 35–49.
http://hadmernok.hu/archivum/2006/2/2006_2_akli.pdf.
- [38] Seres György: A Magyar Köztársaság légtérének biztonsági kérdései <http://drseres.com/publik/pdf/bhkk.pdf>. 2007. február 8.
- [39] Issues concerning the compatibility of military systems and TV transmission operating in the 630-862 MHz band Rev.2. Communication Authority, Hungary, 1997.
- [40] Seres György: Javaslat egy új szekunder rádiólokációs felismerő és légtér-ellenőrző rendszerre. <http://drseres.com/publik/pdf/ujszekunder.pdf>. 2007. február 8.
- [41] Seres György: Közelnavigációs és leszállító rádió navigációs rendszerek. <http://drseres.com/publik/pdf/loknavig.pdf>. 2007. február 8.

- [42] A Magyar Honvédség haditechnikai eszközeinek elektromágneses összeférhetőségi problémái (tanulmány). Összeállította: Hegyesi József és Örlei Sándor. Nyt. Szám:54/3/1999.
- [43] Honvédelmi Minisztérium: MANS - 2006 program. http://www.honvedelem.hu/files/9/4458/mans_2006_program.pdf, 2009. augusztus 23.
- [44] Hírközlési statisztikai adatbázis. Nemzeti Hírközlési Hatóság. http://www.nhh.hu/hirk_stat/fejezet.nhh?&fejezet=4&nyelv=0, 2009. szeptember 9.
- [45] The Chester 1997 Multilateral Coordination Agreement, Chester, 25 July 1997.
- [46] A digitális televízió szolgáltatásai. Bevezetési modellek, külföldi tapasztalatok. (szerkesztette: Hazay István, 2005, Budapest, ISBN: 963 216 856 9).
- [47] Kissné Akli Mária: A védendő térerősség választásának hatása a katonai berendezések és televízió állomások közötti kizárótávolságra. In. Bolyai Szemle, 2004. I. szám, pp. 67-77.
- [48] Report from ad-hoc group B/CAI-FM24 to B/MDT and FM PT24 on spectrum requirements for DVB-T implementation, BPN 038, EBU, Geneva, March 2001.
- [49] Kissné Akli Mária: MFN vagy SFN? Melyik hálózati struktúrát válasszuk a földfelszíni digitális televíziózáshoz? In. Híradástechnika 2004/7. szám, pp. 8-16.
- [50] A hírközléspolitikáról szóló 1071/1998. (V.22.) Korm. határozat, Magyar Közlöny, 1998/42. szám, Budapest, 3479. oldal, 1998.
- [51] A digitális televízió bevezetése Magyarországon. Tanulmány, Hírközlési és Informatikai Tudományos Egyesület, DVB Kör, Budapest, 1999. november.
- [52] Kissné Akli Mária: Frekvenciák biztosítása a földfelszíni digitális televíziózáshoz. In. Infokommunikáció és jog 2004/4. szám, pp. 134-138.
- [53] 1021/2005. (III. 10.) Korm. Határozat a földfelszíni digitális televízió-műsorszórásra való átállás elsődleges kormányzati feladatairól.
- [54] Information Paper for EBU Members on submission of Broadcasting Input Requirements for RRC-06, EBU R113, Geneva, February 2005.
- [55] Kissné Akli Mária: Új mérföldkő a földfelszíni televíziózásban. Bepillantás az RRC06 digitális műsorszóró frekvenciatervezői értekezlet rejtelmeibe. In. Infokommunikáció és jog 2006/14. szám, pp. 133-139.
- [56] Pados László: A digitális átállás frekvenciagazdálkodási aspektusai. Hírközlési Érdekegyeztető Tanács, Budapest, Hotel Flamenco, 2007. március 6. <http://www.nhh.org.hu/dokumentum.php?cid=11890>, 2009. szeptember 5.
- [57] Pados László: A hatékony frekvenciagazdálkodás kulcskérdései. Tele.hu 2005, Budapest, Novotel Palace, 2005. november 14-17. <http://www.nhh.hu/dokumentum.php?cid=8955>, 2009. szeptember 5.
- [58] Kissné Akli Mária: Új mozgalom Európában, avagy 8 DVB-T multiplex előegyeztetése az RRC06-ra (TV 2005 11. Televízió- és hangtechnikai konferencia és kiállítás, Bp. Thermal Hotel Helia., 2005.06.1-2).
- [59] Resolutions from the First session of the Regional Radiocommunication conference for planning of the digital terrestrial broadcasting in parts of Region 1. and 3. in the frequency bands 174-230 MHz and 470-862 MHz, Geneve 10-28 May 2004. Published by the International Telecommunication Union, Geneva, 2004.
- [60] EBU Guidelines for the RRC-06. EBU I37 – Geneva, May, 2006.
- [61] T. O’Leary, E. Puigrefagut and W. Sami: GE06 - overview of the second session (RRC-06) and the main features for broadcasters, EBU Technical Review, Spectrum Management – October 2006.
- [62] Kissné Akli Mária: Gondolatok a GE06 terv magyarországi megvalósításáról. In. Híradástechnika folyóirat 2007/9. szám, pp. 2-11.

- [63] Bálint Irén, Kissné Akli Mária: Az RRC06 után: a műsorszórás lehetőségei; Pados László: Összefoglaló az RRC06 Körzeti Rádiótávközlési értekezletről; HTE Média Klub, 2006. június 28.
- [64] Műsorszóró szolgálat műszaki irányelvei. Digitális televízió. NHH, Budapest, 2008. február. <http://www.nhh.org.hu/dokumentum.php?cid=14291>, 2009. augusztus 3.
- [65] Analóg televízió-műsorszórás nyilvántartásai. <http://www.nhh.hu/index.php?id=dokumentumtar&mid=1302&lang=hu>, 2007. november 3.
- [66] Kissné Akli Mária, Bálint Irén, Pados László: Az RRC04-en elfogadott tervezési alapelvek a gyakorlatban. In.: Híradástechnika folyóirat 2005/3. szám, pp. 2-15.
- [67] Doc. RRC/PT2(05)014: Update of information on other services in relation to the RRC 06, ERO, Krakow, 17 February 2005.
- [68] The ITU BR International Frequency Information Circular (Terrestrial Services) in DVD-ROM format, published once every two weeks by the Radiocommunication Bureau.
- [69] Communication from the commission to the Council, the European Parliament, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions on accelerating the transition from analogue to digital broadcasting. Brussels, 24.05.2005 COM(2005) 204 final. http://ec.europa.eu/information_society/policy/ecom/comm/doc/info_centre/communic_reports/switchover/com_2005_0204_f_en_acte.pdf, 2007. január 30.
- [70] Háttéranyag a helyi és körzeti vételkörzetű földfelszíni digitális televíziós műsorszórók pályáztatásához kapcsolódó előzetes meghallgatáshoz, pp. 23-29, 2009. október 22, <http://www.nhh.hu/dokumentum.php?cid=21208>, 2009. november 05.
- [71] N. Laflin & B. Dajka: A single guide to Radio spectrum, EBU Technical Review, Spectrum Management – January 2007.
- [72] DVB-T2: <http://tech.ebu.ch/Jahia/dvb-t2>
- [73] Ágoston György: Európai körkép a digitális földfelszíni televíziózásról, AKTI, Budapest, 2006. november.
- [74] Louis and M. Roger: The roll-out of in France — not just SD ... but HD and mobile TV services as well, EBU Technical Review, Digital Terrestrial Television, 2008 Q1.
- [75] Communication from the commission to the Council, the European Parliament, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions on the transition from analogue to digital broadcasting (from digital ‘switchover’ to analogue ‘switch-off’). Brussels, 17.09.2003 COM(2003) 541 final. <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2003:0541:FIN:EN:PDF>, 2006. július 3.
- [76] Protocol Abrogating the Chester 1997 Multilateral Coordination Agreement relating to Technical Criteria, Coordination Principles and Procedures for the introduction of Terrestrial Digital Video Broadcasting. Summary record of the Special meetings, held on 2 – 4 July 2007, Constanța.
- [77] 1014/2007. (III. 13.) Korm. Határozat a televíziózás és a rádiózás digitális átállításának kormányzati feladatairól.
- [78] Rejtő Ferenc: EMC alapok. Bevezetés az elektromágneses összeférhetőség gyakorlatába. MEE, Budapest, 2006.
- [79] 31/1999. (VI. 11.) GM-KHVM együttes rendelet az elektromágneses összeférhetőségről.
- [80] EMC at Transmitter Sites, Final Report of the EBU Project Group B/EMC (Electromagnetic Compatibility Considerations), BPN 012 Rev.1, Geneva, May 1998.
- [81] Nagy Lajos – Szekeres Béla: Antennák és hullámterjedés. Elektronikus jegyzet. <http://www.mht.bme.hu/~nagy/jegyzet.zip>, 2009. október 3.

- [82] Haig Zsolt: URH Rádiózavarás tervezése informatikai eszközökön, Bolyai szemle, 1996. V./4. szám
- [83] Sárközy Ferenc: Térinformatika, http://www.agt.bme.hu/tutor_h/terinfor/tbev.htm, 2005. június 2.
- [84] Recommendation ITU-R P.1546-3, Method for point-to-area predictions for terrestrial services in the frequency range 30 MHz to 3 000 MHz , 2007.
- [85] Recommendation ITU-R BT. 417-5 Minimum field strengths for which protection may be sought in planning an analogue terrestrial television service, 2002.
- [86] Recommendation ITU-R BT.1368-7 Planning criteria for digital terrestrial television services in the VHF/UHF bands, 2007.
- [87] Terrestrial Digital Television Planning and Implementation Considerations, EBU, BPN 005 third Issue Summer, 2001.
- [88] Recommendation ITU-R BT.419-3 Directivity and polarization discrimination of antennas in the reception of television broadcasting, 1992.
- [89] R. Brugger and K. Mayer: RRC-06-technical basis and and planning configurations for T-DAB and DVB-T, EBU Technical Review, Spectrum Management – April 2005.
- [90] Kissné Akli Mária: Digitális rendszerjellemzők választása DVB-T adók besugárzás-tervezéséhez, In. Híradástechnika 2002/8. szám, pp. 45-50.
- [91] Műsorszóró szolgálat műszaki irányelvei. Analóg televízió. NHH, Budapest, 2008. február. <http://www.nhh.org.hu/dokumentum.php?cid=14290>, 2009. augusztus 3.
- [92] Besugárzási tervkészítési és tervellenőrzési követelmények digitális rádió és televízió adóállomások tervezéséhez. NHH, Budapest, 2008. augusztus. <http://www.nhh.org.hu/dokumentum.php?cid=14289>, 2009. augusztus 3.
- [93] Besugárzási tervkészítési és tervellenőrzési követelmények analóg televízió és URH-FM rádióadóállomások tervezéséhez. NHH, Budapest, 2008. augusztus. <http://www.nhh.org.hu/dokumentum.php?cid=14869>, 2009. augusztus 3.
- [94] Document IPG-1/51-E, APPENDIX 1 to annex 6. Report of the first meeting of the Intersessional Planning Group (IPG), Geneva, 4-8 July 2005. <http://www.itu.int/md/R05-IPG.01-C-0051/en>, 2005. július 17.
- [95] EBU analysis programmes for RRC-04/06. Doc. RRC/PT2(05)008. Krakow, 22-25 February 2005.
- [96] Document IPG-1/DT/3-E, Review of the results of the first planning exercise, Geneva, 4 – 8 July 2005. <http://www.itu.int/md/meetingdoc.asp?lang=en&parent=R06-IPG.02-060220-TD&source=Chairman,%20WG%205>, 2006. február 22.
- [97] Addendum 1 to Document IPG-2/19-E, Summary of results regarding the production of the draft plan, Geneva, 20 – 24 February 2006. <http://www.itu.int/md/meetingdoc.asp?lang=en&parent=R06-IPG.02-C&source=Director,%20BR>, 2006. február 22.
- [98] Recommendation ITU-R BT.655-7, Radio-frequency protection ratios for AM vestigial sideband terrestrial television systems interfered with by unwanted analogue vision signals and their associated sound signals, 2004.
- [99] Recommendation ITU-R BS.1660-3. Technical basis for planning of terrestrial digital sound broadcasting in the VHF band. 2006.
- [100] Recommendation ITU-R BT. 1306-2, Error-correction, data framing, modulation and emission methods for digital terrestrial television broadcasting, 2005.
- [101] Recommendation BS.1114-6 Systems for terrestrial digital sound broadcasting to vehicular, portable and fixed receivers in the frequency range 30-3 000 MHz, 2007.
- [102] Recommendation, ITU-R SM. 851-1.
- [103] MSZ ETSI EN 300 744 Digital Video Broadcasting (DVB); Framing structure, channel coding and modulation for digital terrestrial television, 2006.

- [104] MSZ EN 302 296 Electromagnetic compatibility and Radio spectrum Matters (ERM); Transmitting equipment for the digital television broadcast service, Terrestrial (DVB-T); Harmonized EN under article 3.2. of the R&TTE Directive, 2005.
- [105] prEN 50413 Basic standard on measurement and calculation procedures for human exposure to electric, magnetic and electromagnetic fields (0 Hz - 300 GHz).
- [106] (63/2004. (VII. 26.) ESzCsM miniszteri rendelet a 0 Hz-300 GHz közötti frekvenciatartományú elektromos, mágneses és elektromágneses terek lakosságra vonatkozó egészségügyi határértékeiről), 2004.
- [107] ETSI TR 101 190 Digital Video Broadcasting (DVB); Implementation guidelines for DVB terrestrial services; Transmission aspects, 1997.
- [108] Final Acts of the Regional Administrative Conference for the Planning of VHF/UHF Television Broadcasting in the African Broadcasting Area and Neighbouring Countries, Geneva, 1989 (GE89). Published by the International Telecommunication Union, Geneva.
- [109] Final Acts of the Regional Administrative Conference for the Planning of VHF Sound Broadcasting (Region 1 and Part of Region 3), Geneva 1984. Published by the International Telecommunication Union, Geneva.
- [110] Műsorszóró szolgálat műszaki irányelvei. Analóg televízió. HÍF, Budapest, 1997.
- [111] Reimann József, Tóth Julianna, Valószínűségszámítás és matematikai statisztika, Nemzeti Tankönyvkiadó, 2008. ISBN: 9789631941210.
- [112] B. Kröpfl-W. Peschek-E. Schneider-A. Schönlieb: Alkalmazott statisztika, Műszaki könyvkiadó, Budapest, 2000. ISBN 96326571.
- [113] EMC Measurement of Terrestrial Analogue and Digital TV Transmitters Versus Military Identification System Friend or Foe (IFF). CEPT/ERC Doc. civ/mil(01)11. 6 February 2001. Dubrovnik, 6 - 7 March 2001.
- [114] Report 106: Supplementary Information to Annex 5 of the Chester Agreement, revised in Sesimbra, October 2002.
(<http://www.erodocdb.dk/docs/doc98/Official/Pdf/Rep106.pdf>)
- [115] Interference between the Military Aeronautical Radionavigation System (RSBN/PRMG) and the Terrestrial Digital Video Broadcasting (DVB-T) System. Doc. civ/mil(01)12. 9 February 2001. Dubrovnik, 6 - 7 March 2001.
- [116] Measurements on the interference between RSN system and DVB-T transmitters. SE27(98)8 REV.1., ERO, 1998.
- [117] Compatibility Measurements RSN distance channel ground station receiver vs. DVB-T, October 2000, Budapest, NHH, 2000.
- [118] EMC Studies Between RSN/PRMG and DVB-T Systems in POLAND, Polish National Radiocommunication Agency, 2000.
- [119] A 630-862 MHz sávban üzemelő katonai rendszerek és a TV műsorszórás kompatibilitási kérdései, tanulmány, HÍF Frekvenciagazdálkodási Igazgatóság, 1996.

FOGALMAK ÉS RÖVIDÍTÉSEK MAGYARÁZATA

16QAM	16 Quadrature Amplitude Modulation	16 állapotú kvadratúra amplitúdó moduláció
64QAM	64 Quadrature Amplitude Modulation	64 állapotú kvadratúra amplitúdó moduláció
ATSC	Advanced Television Systems Committee	Fejlett Televízió Tanács (USA)
CENELEC	European Committee for Electrotechnical Standardization	Európai Elektronikai Szabványosító Bizottság
CEPT	European Conference of Postal and Telecommunications Administrations	Postai és Távközlési Igazgatások Európai Értekezlete
CH97	The Chester 1997 Multilateral Coordination Agreement, Chester, 25 July 1997	1997. évi Chesteri Többoldalú Koordinációs Megállapodás, 1997. július 25
CR	Code Rate	Védelmi arány
DMB-T/H	Digital Multimedia Broadcasting Terrestrial/Handheld	Hordozható digitális multimédia műsorszórás
DVB	Digital Video Broadcasting	Digitális televízió műsorszórás
DVB-T	Digital Video Broadcasting Terrestrial	Földfelszíni digitális televízió műsorszórás
EBU	European Broadcasting Union	Európai Műsorszolgáltatók Szövetsége
EC	European Commission	Európai Bizottság
Eht.		Az elektronikus hírközlésről szóló 2003. évi C. törvény
EMC	Electromagnetic Compatibility	Elektromágneses összeférhetőség
ERO	European Radicommunication Office	Európai Rádiótávközlési Hivatal
ERP	Effective Radiated Power	Effektív kisugárzott teljesítmény
ETSI	European Telecommunication Standardization Institute	Európai Távközlési Szabványosítási Intézet
FNFT	National Frequency Allocation Table	Frekvenciasávok Nemzeti Felosztási Táblázata
GE06	Geneve Agreement and Plan, 2006	2006. évi Genfi Digitális Műsorszóró Megállapodás és Terv
GE84	Geneve Agreement and Plan, 1984	1984. évi Genfi Analóg Rádió Műsorszóró Megállapodás és Terv
GE89	Geneve Agreement and Plan, 1989	1989. évi Genfi Analóg Televízió Műsorszóró Megállapodás és Terv
heff	Effectiv Antenna Height	Effektív antenna magasság
HTE	Scientific Association for Infocommunications Hungary	Hírközlési és Informatikai Tudományos Egyesület
ICAO	International Civil Aviation Organization	Nemzetközi Polgári Repülési Szervezet
IHM	Ministry of Informatics and Communication	Informatikai és Hírközlési Minisztérium
ISDB	Integrated Service Digital Broadcast	Integrált szolgáltatású digitális műsorszórás
ITU	International Telecommunication Union	Nemzetközi Távközlési Egyesület
KFGH	Governmental Frequency Management Authority	Kormányzati Frekvenciagazdálkodási Hatóság
MFN	Multi Frequency Network	Többfrekvenciás Hálózat
NARFA	National Radio Frequency Agency	Nemzeti Rádiófrekvencia Hivatal
NATO	North Atlantic Treaty Organisation	Észak-Atlanti Szerződés Szervezete
NATO FMSC	NATO Civil/Military Frequency Management Subcommittee	NATO Polgári Katonai Frekvenciagazdálkodási Albizottság
NHH	National Communication Authority	Nemzeti Hírközlési Hatóság
ORTT	National Radio and Television Commission	Országos Rádió és Televízió Testület
OS	Other Services	Egyéb szolgálatok
RAT	Table of Radio applications	Rádióalkalmazási Táblázat

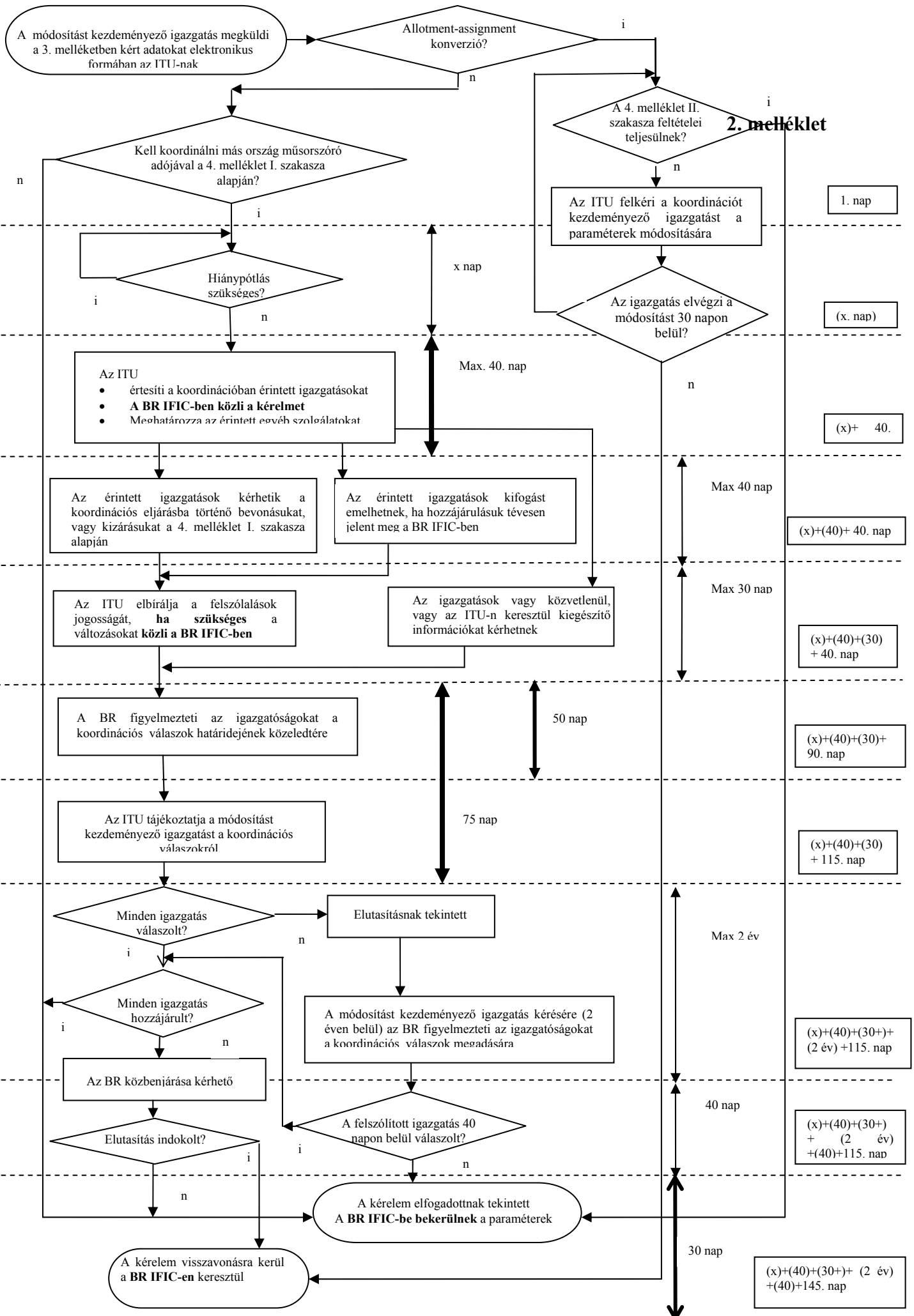
RB	Radio Bureau	Rádiótávközlési Iroda
RN	Reference Network	Referencia Hálózat
RPC	Reference Planning Configuration	Referencia Tervezési Konfiguráció
RR	Radio Regulations	Nemzetközi Rádiószabályzat
RSPG	Radio Spectrum Policy Group	Európai Bizottság frekvenciagazdálkodási tanácsadó szervezete
SAB	Service Ancillary to Broadcasting	Műsorszolgáltatáshoz kapcsolódó kiegészítő szolgáltatások
SAP	Services Ancillary to Programme-making	Műsorkészítéshez kapcsolódó kiegészítő szolgáltatások
SFN	Single Frequency Network	Egyfrekvenciás Hálózat
SRD	Short Range Devices	Kis hatótávolságú eszközök
ST61	Stockholm Agreement and Plan, 1961	1961. évi Stockholmi Analóg Műsorszóró Megállapodás és Terv
UHF	Ultra High Frequency	Ultra nagy frekvencia
VHF	Very High Frequency	Nagyon nagy frekvencia
VSZ	Warsaw Pact	Varsói Szerződés
WRC	World Radiocommunication Conference	Világ Rádiótávközlési Értekezlet

FÜGGELÉKEK/MELLÉKLETEK

1. melléklet

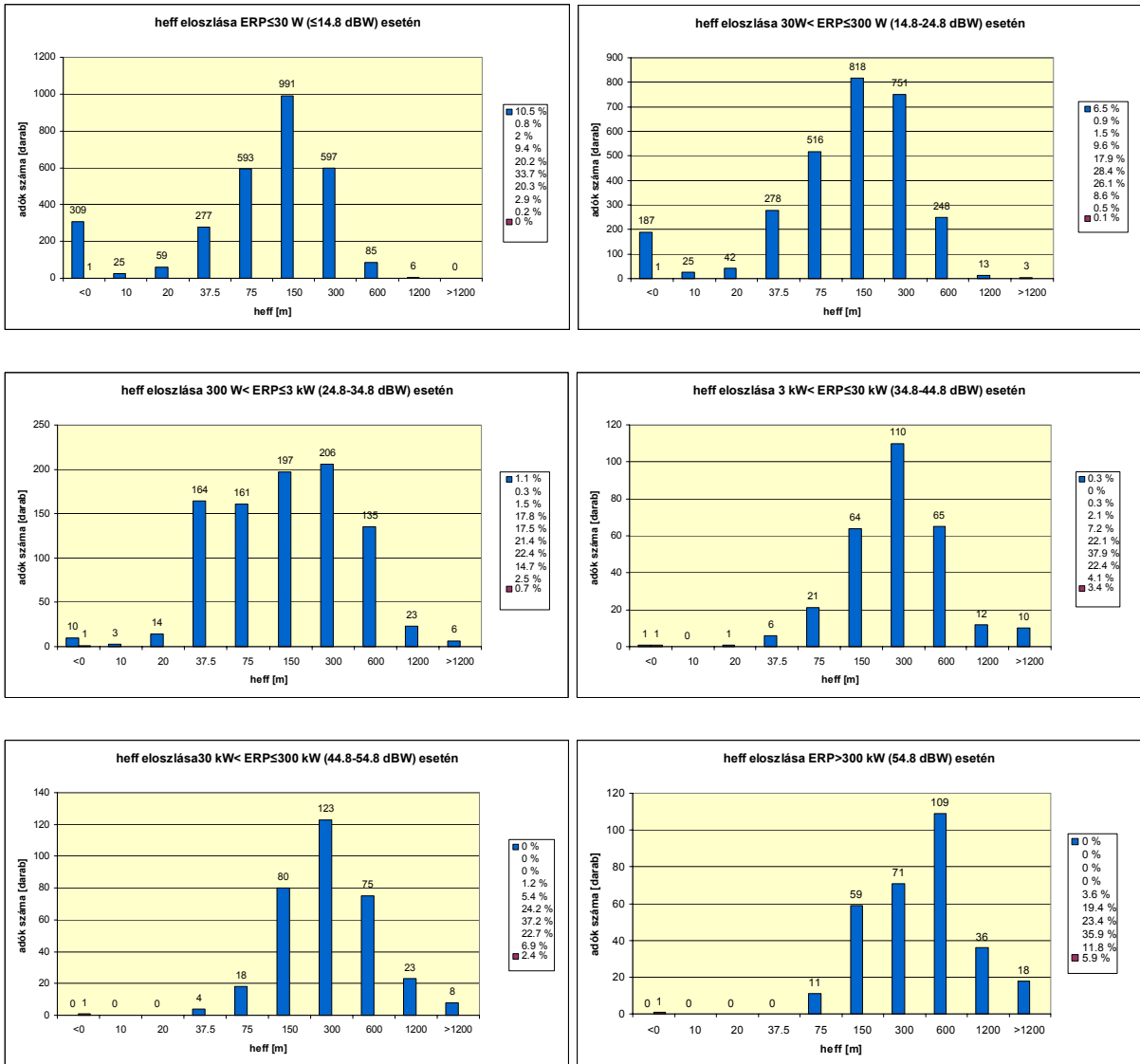
NEMZETKÖZI FELOSZTÁS			FELOSZTÁS A MAGYAR KÖZTÁRSASÁGBAN			
NEMZETKÖZI RÁDIÓSZABÁLYZAT			MAGYAR KÖZTÁRSASÁGRA ÉRVÉNYES (NEMZETKÖZI RÁDIÓSZABÁLYZAT SZERINT)	NEM POLGÁRI	POLGÁRI	KÖZÖS
1. KÖRZET	2. KÖRZET	3. KÖRZET				
470–790 MHz MŰSORSZÓRÁS	470–512 MHz MŰSORSZÓRÁS Állandóhelyű Mozgó 5.292 5.293	470–585 MHz ÁLLANDÓHELYŰ MOZGÓ MŰSORSZÓRÁS	470–608 MHz MŰSORSZÓRÁS	470–608 MHz	470–608 MHz MŰSORSZÓRÁS H106 H108 H109	
	512–608 MHz MŰSORSZÓRÁS	5.291 5.298				
	5.297	585–610 MHz ÁLLANDÓHELYŰ MOZGÓ		H21 H22 H107	H48 H110	
	608–614 MHz RÁDIÓCSILLAGÁSZAT Műholdas mozgó, a műholdas légi mozgó (Föld–űr irány) kivételével	MŰSORSZÓRÁS RÁDIÓNAVIGÁCIÓ 5.149 5.305 5.306 5.307	608–614 MHz MŰSORSZÓRÁS Rádiócsillagászat 5.306	608–614 MHz	608–614 MHz MŰSORSZÓRÁS H108 H109 Rádiócsillagászat 5.306 H41	
		610–890 MHz ÁLLANDÓHELYŰ	5.149	5.149	5.149 H48 H110	
	614–806 MHz MŰSORSZÓRÁS Állandóhelyű Mozgó	MOZGÓ 5.317A MŰSORSZÓRÁS	614–645 MHz MŰSORSZÓRÁS 5.311		614–645 MHz MŰSORSZÓRÁS H108 H109 H48 H110	
			645–790 MHz MŰSORSZÓRÁS LÉGI RÁDIÓNAVIGÁCIÓ 5.312		645–734 MHz MŰSORSZÓRÁS H108 H109 H48 H110	
				734–758 MHz LÉGI RÁDIÓNAVIGÁCIÓ 5.312 H112	734–758 MHz MŰSORSZÓRÁS H108 H109 H48 H110 H111	
5.149 5.291A 5.294 5.296 5.300 5.302 5.304 5.306 5.311 5.312			5.311		758–790 MHz MŰSORSZÓRÁS H108 H109 H48 H110	
790–862 MHz ÁLLANDÓHELYŰ MŰSORSZÓRÁS			790–862 MHz ÁLLANDÓHELYŰ MŰSORSZÓRÁS LÉGI RÁDIÓNAVIGÁCIÓ 5.312		790–798 MHz MŰSORSZÓRÁS H109 H48	
	5.293 5.309 5.311			798–814 MHz LÉGI RÁDIÓNAVIGÁCIÓ 5.312 H112	798–814 MHz MŰSORSZÓRÁS H109 H111	
	806–890 MHz ÁLLANDÓHELYŰ MOZGÓ 5.317A MŰSORSZÓRÁS				H48	
					814–830 MHz MŰSORSZÓRÁS H108, H109, H48	
				830–846 MHz LÉGI RÁDIÓNAVIGÁCIÓ 5.312 H112, H70	830–846 MHz MŰSORSZÓRÁS H109 H111 H48	
5.312 5.314 5.315 5.316 5.319 5.321					846–862 MHz MŰSORSZÓRÁS H109, H48	

34. táblázat. Frekvenciák nemzeti felosztása a 470-862 MHz sávban (forrás: FNFT)



48. ábra. ITU koordinációs eljárás

3. melléklet



49. ábra. Analóg televízió adatbázis ERP és heff statisztikái

4. melléklet

35. táblázat. Medián és szórás meghatározása különböző jellemző paraméterek változtatása estén

	median (m)	szórás (m)	median (b)	szórás(b)
1.	3.055142	0.11546	-0.00298	0.259095
2.	2.659253	0.210194	0.103844	0.283462
3.	2.794964	0.030357	0.355164	0.332871
4.	2.83367	0.356545	0.061746	0.103025
5.	2.701932	0.369641	-0.05913	0.095057
6.	2.36349	0.228905	-0.02489	0.002114
7.	2.405117	0.106342	-0.05117	0.006574
8.	2.529973	0.131356	0.01074	0.28144
9.	2.919857	0.107592	0.073393	0.278269
10.	3.133818	0.195098	0.126231	0.265932

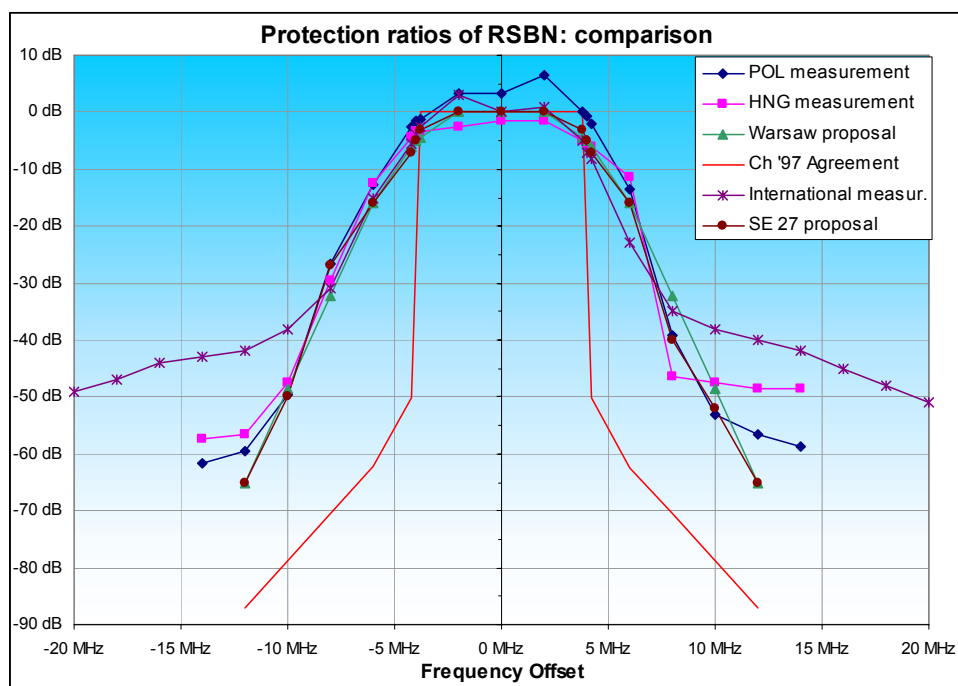
36. táblázat. Különböző ΔE_u értékre kiszámított konfidencia-intervallum alsó és felső határa 95% megbízhatósággal (%) $\Delta E_u=4.5$ dB-ig

ΔE_u [dB]	pa	pf
0.1	0.30174	0.42928
0.2	0.57931	0.71577
0.3	0.85688	1.00227
0.4	1.13445	1.28877
0.5	1.41202	1.57527
0.6	1.68959	1.86176
0.7	1.96716	2.14826
0.8	2.24473	2.43476
0.9	2.52230	2.72126
1	2.79987	3.00776
1.1	3.07744	3.29425
1.2	3.35501	3.58075
1.3	3.63258	3.86725
1.4	3.91015	4.15375
1.5	4.18772	4.44024
1.6	4.46529	4.72674
1.7	4.74286	5.01324
1.8	5.02043	5.29974
1.9	5.29800	5.58624
2	5.57557	5.87273
2.1	5.85314	6.15923
2.2	6.13071	6.44573
2.3	6.40828	6.73223
2.4	6.68585	7.01872
2.5	6.96342	7.30522
2.6	7.24099	7.59172
2.7	7.51856	7.87822
2.8	7.79613	8.16472
2.9	8.07370	8.45121
3	8.35127	8.73771
3.1	8.62884	9.02421
3.2	8.90641	9.31071
3.3	9.18398	9.59721
3.4	9.46155	9.88370
3.5	9.73912	10.17020
3.6	10.01670	10.45670
3.7	10.29427	10.74320
3.8	10.57184	11.02969
3.9	10.84941	11.31619
4	11.12698	11.60269
4.1	11.40455	11.88919
4.2	11.68212	12.17569
4.3	11.95969	12.46218
4.4	12.23726	12.74868
4.5	12.51483	13.03518

37. táblázat. RSZBN rendszerekre meghatározott különböző védelmi értékek összehasonlítása (forrás: [116])

PR[dB] \ Offset[MHz]	-20	-18	-16	-14	-12	-10	-8	-6	-4,2	-4	-3,8	-2	0
POL measurement				-61,6	-59,6	-49,6	-26,6	-12,6	-2,7	-1,6	-1,1	3,4	3,4
HNG measurement				-57,5	-56,5	-47,5	-29,5	-12,5	-4,4	-3,5	-3,4	-2,5	-1,5
Warsaw proposal					-65	-48,6	-32,3	-16	-6	-5	-4,5	0	0
International measur.	-49	-47	-44	-43	-42	-38	-31	-15	-5,4	-4	-2,6	3	0
SE 27 proposal					-65	-50	-27	-16	-7,2	-5	-3	0	0
Ch '97 Mask					-77	-68,8	-60,5	-52,2	-40,2	-25,3	0	0	0

PR[dB] \ Offset[MHz]	0	2	3,8	4	4,2	6,33	8	10	12	14	16	18	20
POL measurement	3,4	6,4	0,1	-0,6	-2	-13,6	-39,1	-53,1	-56,6	-58,8			
HNG measurement	-2	-1,5	-5,1	-5,5	-6,1	-11,5	-46,5	-47,5	-48,5	-48,5			
Warsaw proposal	0	0	-4,5	-5	-6	-16	-32,3	-48,6	-65				
International measur.	0	1	-5	-7	-8,2	-23	-35	-38	-40	-42	-45	-48	-51
SE 27 proposal	0	0	-3	-5	-7,2	-16	-40	-52	-65				
Ch '97 Mask	0	0	0	-25,1	-40,2	-52,5	-60,5	-68,8	-77				



50. ábra. RSZBN rendszerekre meghatározott különböző védelmi értékek grafikus összehasonlítása (forrás: [116])