

**MŰSORSZÓRÓ SZOLGÁLAT
MŰSZAKI IRÁNYELVEI
FÖLDFELSZÍNI DIGITÁLIS TELEVÍZIÓ**

2019. ÁPRILIS

TARTALOMJEGYZÉK

BEVEZETÉS	5
1. A FÖLDFELSZÍNI DIGITÁLIS TELEVÍZIO-MŰSORSZÓRÁS TERVEZÉSÉVEL KAPCSOLATOS ALAPFOGALMAK	6
1.1. FREKVENCIASÁVOK	6
1.2. ELLÁTÁSI TERÜLET	6
1.3. SZOLGÁLTATÁSI TERÜLET	6
1.4. KIOSZTÁS TERVEZÉS	6
1.5. KIJELÖLÉS TERVEZÉS	6
1.6. TESZTPONTOK	7
1.7. ZAVARÓ TÉRERŐSSÉG.....	7
1.8. SZÜKSÉGES MINIMÁLIS TÉRERŐSSÉG/VÉDENDŐ MINIMÁLIS TÉRERŐSSÉG	7
1.9. HASZNÁLHATÓ TÉRERŐSSÉG	7
1.10. REFERENCIA TÉRERŐSSÉG.....	7
1.11. MINIMÁLIS KÖZEPES TÉRERŐSSÉG E_{MED} (DB(μ V/M)).....	7
1.12. KOORDINÁCIÓS KÜSZÖBTÉRERŐSSÉG	8
1.13. ÁLLANDÓHELYŰ VÉTEL	8
1.14. HORDOZHATÓ VÉTEL	8
1.15. MOBIL VÉTEL	9
1.16. TÖBBFREKVENCIÁS HÁLÓZAT (MFN: MULTI FREQUENCY NETWORK)	9
1.17. EGYFREKVENCIÁS HÁLÓZAT (SFN: SINGLE FREQUENCY NETWORK).....	9
1.18. REFERENCIA TERVEZÉSI KONFIGURÁCIÓ (RPC).....	9
1.19. REFERENCIA HÁLÓZAT (RN)	9
1.20. HELYVALÓSZÍNŰSÉG (HELYSZÁZALÉK).....	9
2. MŰSZAKI ELŐÍRÁSOK.....	10
2.1. FÖLDFELSZÍNI DIGITÁLIS TELEVÍZIO-MŰSORSZÓRÓ RENDSZEREK ÉS FREKVENCIASÁVOK.....	10
2.1.1. DTT rendszerek	10
2.1.2. Frekvenciasávok, csatornatávolság és csatornaelosztás	12
2.2. DTT VÉTELI MÓDOK	12
2.2.1. Állandóhelyű vétel	12
2.2.1.1. Antennanyereség	13
2.2.1.2. Tápvonalcsillapítás	13
2.2.1.3. Tetőszinten elhelyezett, rögzített helyű vevőantennák sugárzási karakterisztikái	13
2.2.1.4. Helyvalószínűség állandó helyű vételnél.....	13
2.2.1.5. Polarizációs védelem állandó helyű vételnél.....	13
2.2.2. Hordozható és mobil vétel	14
2.2.2.1. A magassági csillapítás kérdései	14
2.2.2.2. Épület-belépési csillapítás	14
2.2.2.3. Antennanyereség hordozható vétel esetén.....	14
2.2.2.4. Hordozható vétel helyvalószínűsége.....	14
2.2.2.5. Polarizációs védelem hordozható vétel esetén	14
2.2.2.6. Antennanyereség mobil vétel esetén	14
2.2.2.7. Mobil vétel helyvalószínűsége.....	14
2.2.2.8. Polarizációs védelem mobil vétel esetén	14
2.2.3. Tervezési konfiguráció.....	15
2.3. TERVEZÉSI KRITÉRIUMOK	15
2.3.1. C/N értékek a tervezéshez	15
2.3.2. Védelmi értékek.....	16
2.3.2.1. DTT jelek közötti védelmi arányok	17
2.3.2.1.1. Azonos csatornás védelmek DTT jelek között	17
2.3.2.1.2. Védelmi értékek átlapolódó és szomszédos csatornák esetén	17
2.3.3. Szükséges minimális jelszintek DTT műsorszóró rendszerek esetén	18
2.3.4. Helykorrekciós tényezők és időszázalékok	19
2.3.4.1. Helykorrekciós tényezők	19
2.3.4. Időszázalékok.....	19
2.3.5. Térerősségértékek változása épületen kívüli helyeken.....	19
2.3.6. Térerősségértékek változása épületen belüli helyeken	20

2.3.7. Együttes helykorrekciós tényező	20
2.3.8. Spektrummaszk	20
2.3.9. Hasznos és zavaró térerősségszintek meghatározása	22
2.3.9.1. A hasznos jel szintjének megállapítása	22
2.3.9.1.1. Minimális egyenértékű (E_{min}) térerősség	22
2.3.9.1.2. Minimális közepes egyenértékű térerősség (E_{med})	22
2.3.9.1.3. Összetett jelek	22
2.3.9.2. A zavaró jel szintjének a megállapítása	22
2.3.9.3. Jelösszegző eljárások	23
2.3.9.4. Hálózaton belüli interferencia (öninterferencia)	23
2.3.9.5. Használható térerősség (E_u) meghatározása	24
3. NEMZETKÖZI KOORDINÁCIÓ MŰSZAKI FELTÉTELEI	25
3.1. KOORDINÁCIÓS KÜSZÖB TÉRERŐSSÉGÉRTÉKEK	25
3.2. REFERENCIA TERVEZÉSI KONFIGURÁCIÓK	26
3.3. REFERENCIAHÁLÓZATOK	26
3.4. A GE06 TERVBEN SZEREPLŐ BEJEGYZÉSEK IMPLEMENTÁLÁSA	26
3.5. ÚJ DTT ADÓK, ADÓHÁLÓZATOK, FREKVENCIAKIOSZTÁSOK KOORDINÁCIÓJA	27
4. A DTT ADÓÁLLOMÁSOK ÉS HÁLÓZATOK	28
4.1. FÖLDFELSZÍNI DIGITÁLIS TELEVÍZIO-MŰSORSZÓRÓ ADÓHÁLÓZATOK ÉS ADÓK TÍPUSAI	28
4.1.1. Országos DTT műsorszóró adóhálózat	28
4.1.2. Körzeti DTT műsorszóró adóállomás, illetve adóhálózat	28
4.1.3. Helyi DTT műsorszóró adóállomás	28
4.1.4. Átjátszó adóállomás	29
4.1.5. Kisteljesítményű „kitöltő” (Gap-filler) adóállomás	29
4.1.6. Közepes teljesítményű adóállomás	29
4.1.7. Nagyteljesítményű adóállomás	29
4.2. ADÓHÁLÓZATOK FAJTÁI	29
4.2.1. MFN hálózat	29
4.2.2. SFN hálózat	29
4.2.3. Az SFN hálózatok fajtái	30
4.2.3.1. Nagykiterjedésű SFN	30
4.2.3.2. Mini SFN	30
4.2.3.3. „Sűrű” hálózat	30
4.2.3.4. Hálózatnyereség	30
4.2.3.5. Vegyes hálózat	31
5. A DTT ADÓÁLLOMÁSRA JELLEMZŐ PARAMÉTEREK	32
5.1. AZ ADÓ TELEPHELYE	32
5.2. AZ ADÓANTENNA MAGASSÁGA	32
5.3. EFFEKTÍV ANTENNA MAGASSÁG	32
5.3.1. A terepadatok nem állnak rendelkezésre:	32
5.3.2. A terepadatok rendelkezésre állnak	33
5.4. EFFEKTÍV KISUGÁRZOTT TELJESÍTMÉNY (ERP)	33
5.5. ANTENNARENDSZER	33
5.5.1. Antennarendszer nyeresége	33
5.5.2. Antenna karakterisztika	33
5.5.3. Antenna polarizáció	33
5.6. AZ ADÓ FREKVENCIÁJA	33
6. TÉRERŐSSÉGEK MEGHATÁROZÁSA/BECSLÉSE	34
6.1. TÉRERŐSSÉG BECSLÉS AZ ITU-R P. 1546 AJÁNLÁS ALAPJÁN	34
7. ZAVARTATÁSI MECHANIZMUSOK	35
7.1. LEHETSÉGES ZAVARTÍPUSOK	35
7.2. INTERFERENCIA SZÁMÍTÁSA EGYFREKVENCIÁS HÁLÓZATOKHOZ ÉS KIOSZTÁSOKHOZ	36
8. ELLÁTOTTSÁGSZÁMÍTÁS	37
8.1. TERJEDÉSI MÓDSZEREK KIVÁLASZTÁSA	37

8.2. A JELŐSSZEGZŐ ELJÁRÁS MEGVÁLASZTÁSA	37
8.3. ADATBÁZISOK LÉTREHOZÁSA A TERVEZÉSHEZ	37
8.4. A DIGITÁLIS ADÓK ELLÁTOTT TERÜLETÉNEK MEGHATÁROZÁSA	37
8.5. FREKVENCIAKIOSZTÁS KONVERTÁLÁSA FREKVENCIAKIJELÖLÉSSÉ	38
8.5.1. A konvertálás lépései	38
8.5.1.1. A telephelyek kijelölése	38
8.5.1.2. Az adó teljesítményének meghatározása	38
8.5.1.3. A besugárzott terület meghatározása	38
8.6. SFN HÁLÓZAT ELLÁTOTTSÁGÁNAK SZÁMÍTÁSA.....	39
8.6.1. A hasznos jel meghatározása	39
9. MODULÁCIÓ ÁTVITEL	40

BEVEZETÉS

A Nemzetközi Rádiószabályzat és a nemzeti frekvenciafelosztásról, valamint a frekvenciasávok felhasználási szabályairól szóló 7/2015. (XI. 13.) NMHH rendelet (továbbiakban NFFF) értelmében a földfelszíni digitális televízió-műsorszóró (digital terrestrial television - DTT) hálózatok a 470- 694 MHz-es frekvenciasávokban valósíthatók meg elsődleges szolgálatként.

Az RRC-06 konferencián elfogadott Megállapodás biztosítja a fenti sávra elfogadott digitális tervben (GE06 Terv) foglalt frekvenciapozíciók korlátozás nélküli megvalósítását. A 2017-ben megkötött kétoldalú frekvenciakoordinációs megállapodásokban foglalt kijelölések (assignmentek) módosítják a GE06 Tervben foglaltakat, kompenzálva a 694-790 MHz (továbbiakban 700 MHz-es) sáv elektronikus mobil hírközlő szolgáltatások számára történő elsődleges kijelölése által előálló, a földfelszíni digitális televízió-műsorszórás számára elérhető spektrumkészlet csökkenést.

A földfelszíni digitális televízió-műsorszóró rendszerek közül, melyeket az ITU-R BT.1306-7 Ajánlás ír le, az RRC06 konferencián DVB-T rendszerre (Földfelszíni Digitális Videó Műsorszórás, ITU (International Telecommunication Union) megnevezése: „System B”) történt a tervezés. Az úgynevezett rugalmas tervezési elv alapján az RRC-06 értekezleten elfogadott és az azóta nemzetközileg leegyeztetett frekvenciapozíciók felhasználásával mind DVB-T, mind DVB-T2 technológián alapuló hálózatok is megvalósíthatók, amennyiben teljesítik a földfelszíni digitális televízió-műsorszórásra meghatározott zavartatási és védelmi követelményeket.

A földfelszíni digitális televízió-műsorszóró adóhálózatok tervezésének, valamint a különböző szolgálatok együttélésének műszaki és nemzetközi koordinációs feltételeit az RRC-06 Körzeti Rádiótávközlési Értekezlet Záródokumentuma tartalmazza. A technológiák leírása, paraméterei és a hálózatok implementálása tekintetében a vonatkozó ETSI szabványok (DVB-T: ETSI EN 300 744; DVB-T2: ETSI TS 102 831) és a dokumentumban hivatkozott ITU ajánlások az irányadók.

1. A földfelszíni digitális televízió-műsorszórás tervezésével kapcsolatos alapfogalmak

1.1. Frekvenciasávok

A földfelszíni digitális televízió-műsorszórás Magyarországon a 470-694 MHz (ultra high frequency – UHF) sávban valósítható meg.

1.2. Ellátási terület

Egy műsorszóró állomás vagy egy egyfrekvenciás műsorszóró állomáscsoport (SFN: lásd. 1.17. pont) ellátási területe az a terület, melyen belül a hasznos térerősség eléri, vagy meghaladja az adott vételi feltételekre és az ellátott vételi helyek elvárt százalékára meghatározott használható térerősséget.

Az egyes vételi feltételekre az ellátási terület meghatározása három szinten történik:

– *1. szint: Vételi hely*

A legkisebb egység a vételi hely; optimális vételi viszonyok az antenna bármely irányban 0,5 m-ig történő mozgásával érhetők el.

Egy vételi hely akkor tekinthető ellátottnak, ha a kívánt jel szintje elegendően nagy ahhoz, hogy az idő egy adott százalékában elnyomja a zajt és az interferenciát.

– *2. szint: Kis ellátási terület*

A második szint egy „kis terület” (jellemzően 100 m x 100 m).

Ezen a kis területen adják meg az ellátott vételi helyek százalékát.

– *3. szint: Ellátási terület*

Egy műsorszóró állomás vagy egy műsorszóró állomáscsoport ellátási területe azoknak az egyedi kis területeknek az összeadásából adódik, melyekben az ellátottság adott százaléka (pl. 70%-tól 99%-ig) biztosítva van.

1.3. Szolgáltatási terület

Az a terület, melyben az igazgatásnak joga van megkövetelni az elfogadott védelmi feltételek biztosítását.

1.4. Kiosztás tervezés

A kiosztás (allotment) tervezésnél egy igazgatás egy meghatározott csatornát használhat annak érdekében, hogy biztosítsa az ellátást szolgáltatási területén, azaz a kiosztási területen. A tervezési szakaszban az adóberendezések telepítési helye és sugárzási paraméterei még nem ismeretesek, ezeket akkor kell meghatározni, amikor a kiosztást implementálják, azaz egy vagy több kijelöléssé alakítják át.

1.5. Kijelölés tervezés

A kijelölés (assignment) tervezésnél egy adott csatornát rendelnek hozzá egy meghatározott adási jellemzőkkel (pl. kisugárzott teljesítmény, antennamagasság, stb.) rendelkező egyedi adótelephelyhez.

1.6. Tesztpontok

Tesztpont egy földrajzilag meghatározott hely, amelyre megadott számításokat végeznek.

1.7. Zavaró térerősség

A dB(μ V/m)-ben kifejezett zavaró térerősség (E_n) egy tetszőleges interferencia forrásból származó nemkívánatos jel térerősségének (a helyek 50%-án és az idő egy adott százalékában), a megfelelő védettségi szintnek, a hullámterjedési helykorrekciós tényezőnek és a vevőantenna irányítottágából/keresztpolarizációból adódó védelemnek az összege

MEGJEGYZÉS – Ahol több zavaró jel is jelen van, az eredő zavaró térerősség szintet az egyedi zavaró térerősségek összegzésével kell meghatározni. A jelösszegzéshez különböző módszert lehet alkalmazni, mint például a teljesítmény összegzés módszerét vagy más megfelelő jelösszegző eljárást.

1.8. Szükséges minimális térerősség/védendő minimális térerősség

A kívánt vételi minőség eléréséhez szükséges minimális térerősség érték megadott vételi viszonyok között, természetes és ember okozta zaj jelenlétében, de a más adóktól származó interferencia nélkül.

MEGJEGYZÉS – A „minimális használható térerősség” fogalma megegyezik a „védendő minimális térerősség” fogalmával, ami számos ITU szövegben is előfordul, de megfelel a „minimális közepes térerősség” fogalmának is, amely ebben az anyagban E_{med} -ként jelenik meg a csupán egy adó által biztosított ellátottságnál.

1.9. Használható térerősség

A kívánt vételi minőség eléréséhez szükséges minimális térerősség érték meghatározott vételi viszonyok között, természetes és ember okozta zaj, illetve más adóktól származó interferencia jelenlétében.

1. MEGJEGYZÉS – A „használható térerősség” fogalma megegyezik a számos ITU szövegben előforduló „szükséges térerősség” fogalmával.

2. MEGJEGYZÉS – A használható térerősség az egyedi zavaró térerősségekből (E_{ni}) megfelelő jelösszegző eljárással határozható meg.

1.10. Referencia térerősség

Az az elfogadott térerősség érték, amely a frekvenciatervezésnél viszonyításként alapul szolgálhat.

MEGJEGYZÉS – A vételi viszonyoktól és a megkövetelt minőségtől függően ugyanarra a szolgálatra több referencia térerősség érték is létezhet.

1.11. Minimális közepes térerősség E_{med} (dB(μ V/m))

A minimális használható térerősség megfelelő értéke a csupán egyetlen adóberendezéssel elérhető ellátás biztosításához a hely 50%-án és az idő 50%-ában a földfelszín fölött 10 m magasságban.

1. MEGJEGYZÉS – Az E_{med} értéke a vétel helyén mérhető azon minimális térerősségtől (E_{min}) függ, ami ahhoz szükséges, hogy a hely egy adott százalékán és az idő adott százalékában biztosítható legyen az ahhoz szükséges minimális jelszint, hogy a vevő sikeresen dekódolhassa a jelet.

2. MEGJEGYZÉS – Az E_{med} a minimális térerősség (E_{min}) plusz – szükség szerint – megfelelő korrekciós tényezők.

3. MEGJEGYZÉS – Szélessávú jelek esetében, ahol a spektrális teljesítménysűrűség többnyire nem állandó a lefoglalt sáv szélességein belül, a „térerősség” kifejezés helyett gyakran az „egyenértékű (ekvivalens) térerősség” kifejezés használatos. Az egyenértékű térerősség egy modulálatlan RF vivő olyan térerősséggel kisugárzott térereje, mint amekkora a szélessávú jel teljes kisugárzott teljesítménye.

1.12. Koordinációs küszöbtérerősség

Térerősség szint, melynek túllépése esetén az adó vagy hálózat üzembe helyezése előtt nemzetközi egyeztetésre van szükség (küszöbtérerősségnek is nevezik).

1.13. Állandóhelyű vétel

Állandóhelyű vétel az a vétel, amikor a tetőszinten rögzített irányított vevőantenna kerül alkalmazásra. A feltételezés szerint az antenna használatakor optimálisához közeli feltételek valósulnak meg (viszonylag kis tömeg a tetőn). Rögzített helyű antennával történő vétel esetén a térerősség számításakor a földfelszín fölötti 10 m magasság úgy tekintendő, hogy az jól reprezentálja a műsorszóró szolgálatot. Más szolgálatok esetében ettől eltérő magasságok használhatók.

1.14. Hordozható vétel

A hordozható vétel meghatározása a következő:

- A osztály (kültéri), ami olyan vételt jelent, ahol hordozható vevőberendezést használnak vele együtt mozgó csatlakoztatott vagy beépített antennával az épületen kívüli környezetben a földfelszín fölött legalább 1,5 m magasságban.
- B osztály (beltéri), ami olyan vételt jelent, ahol hordozható vevőberendezést használnak vele együtt mozgó csatlakoztatott vagy beépített antennával az épületen belüli környezetben a földfelszín fölött legalább 1,5 m magasságban a következő paraméterekkel rendelkező helyiségekben:
 - a) a földszinten;
 - b) ablakkal az egyik külső épületfalon.

A magasabb emeletszinteken a hordozható beltéri vétel B osztályúnak minősül megfelelő jelszintkorrekciók mellett, habár az épületen belüli földszinti vétel valószínűleg a legelterjedtebb esetnek tekinthető.

Az A és a B osztály esetében is azt feltételezzük, hogy

- optimális vételi viszonyok érhetők el az antenna 0,5 m-ig bármely irányban való mozgatásával;
- a hordozható vevőt vétel közben nem mozgatják és a vevő közelében lévő nagy tárgyakat szintén nem mozgatják;
- a szélsőséges esetektől eltekintünk, mint például vétel teljesen leárnyékolt helyiségekben.

1.15. Mobil vétel

Mobil vétel az a vétel, amikor a vevő a földfelszín fölött legalább 1,5 m-re az antennával együtt mozog. Ez lehet például egy gépkocsi vevőberendezése vagy egy kézi vevőkészülék.

A helyi vételi hatásokat illetően a meghatározó tényező minden bizonnyal a Rayleigh-csatornában jelentkező fading. A fading küszöbértékek ezeket a hatásokat többnyire eltolják. A fading küszöbértékeket a frekvencia és a sebesség befolyásolja.

1.16. Többfrekvenciás hálózat (MFN: Multi Frequency Network)

Több, különböző rádiófrekvenciás csatornán működő adóállomások hálózata.

1.17. Egyfrekvenciás hálózat (SFN: Single Frequency Network)

Ugyanazon a rádiófrekvenciás csatornán azonos jeleket sugárzó szinkronizált adóállomások hálózata.

1.18. Referencia tervezési konfiguráció (RPC)

Kritériumok és paraméterek reprezentatív kombinációja, frekvencia-tervezési célokra.

1.19. Referencia hálózat (RN)

Általános jellegű hálózati struktúra, amely a frekvenciatervezés idején ismeretlen valós hálózatot reprezentál, a kompatibilitás elemzése céljából. A referenciahálózat elsődlegesen arra szolgál, hogy meghatározzák vele tipikus digitális műsorszóró hálózatok megvalósítási lehetőségét és az általuk okozott interferenciát.

1.20. Helyvalószínűség (helyszázalék)

Tekintettel arra, hogy a földfelszíni digitális televízió-műsorszórásnál a szükséges jel-zaj viszony csökkenése esetén hirtelen vételkieséshez vezethet, a megkövetelt helyvalószínűség (**L**) 50%-nál nagyobb. Emiatt a térerősség becsléshez alkalmazott hatályos ITU-R P.1546 Ajánlás görbéiből származtatott térerősség értékeket korrigálni kell az adott vételi módnak megfelelő helyvalószínűség korrekciós tényezővel.

2. Műszaki előírások

2.1. Földfelszíni digitális televízió-műsorszóró rendszerek és frekvenciasávok

2.1.1. DTT rendszerek

Az ITU-R BT.1306 és ITU-R BT.1368 Ajánlás részletes műszaki információkat tartalmaz a jelenleg elérhető DTT rendszerekkel (DVB-T és DVB-T2) kapcsolatban. Ezekben a dokumentumokban található előírások, módszerek és paraméterek felhasználásra kerültek a GE06 Terv kidolgozásakor, annak múltbeli módosításaikor és jövőbeli módosításához is használni kell őket.

A DTT hálózatok tervezése során, a szolgáltatási és hálózatkiakítási igényeknek megfelelően különféle rendszervariánsok közül lehet választani mindegyik technológia esetében. A kiválasztott rendszervariánstól függően változik a rendszer átviteli kapacitása, azaz az egy rádiófrekvenciás csatornában kisugározható műsorok száma. A különböző DVB-T rendszervariánsokhoz tartozó nettó bitsebességeket, különböző védelmi intervallumok esetén az 1. sz. táblázat tartalmazza. A DVB-T2 rendszer használatával adott beállítás mellett a 2. sz. táblázatban szereplő bitsebességek érhetők el maximálisan.

DVB-T rendszer jelölése	Moduláció	Kód-arány	Nettó bitsebesség (Mbit/s) különböző védelmi intervallumokhoz (Tg)			
			Tg = ¼	Tg = 1/8	Tg = 1/16	Tg = 1/32
A1	QPSK	½	4.98	5.53	5.85	6.03
A2	QPSK	2/3	6.64	7.37	7.81	8.04
A3	QPSK	¾	7.46	8.29	8.78	9.05
B1	16-QAM	½	9.95	11.06	11.71	12.06
B2	16-QAM	2/3	13.27	14.75	15.61	16.09
B3	16-QAM	¾	14.93	16.59	17.56	18.10
C1	64-QAM	½	14.93	16.59	17.56	18.10
C2	64-QAM	2/3	19.91	22.12	23.42	24.13
C3	64-QAM	¾	22.39	24.88	26.35	27.14

1. táblázat: DVB-T rendszerparaméterek és nettó bitsebesség értékek 8 MHz-es csatorna esetén

Moduláció	Kódarány	Abszolút maximum bitsebesség		
		Bitsebesség [Mbit/s]	Keret hossza L_F	FEC blokkok száma keretenként
QPSK	1/2	7,49255	62	52
	3/5	9,003747		
	2/3	10,01867		
	3/4	11,27054		
16-QAM	1/2	15,03743	60	101
	3/5	18,07038		
	2/3	20,10732		
	3/4	22,6198		
64-QAM	1/2	22,51994	46	116
	3/5	27,06206		
	2/3	30,11257		
	3/4	33,87524		
256-QAM	1/2	30,08728	68	229
	3/5	36,15568		
	2/3	40,23124		
	3/4	45,25828		

2. táblázat: DVB-T2-vel elérhető maximális bitsebesség értékek 8 MHz, 32k, 1/128 és PP7 beállítások mellett

2.1.2. Frekvenciasávok, csatornatávolság és csatornaelosztás

A 470-694 MHz sávban 8 MHz csatornatávolságot és csatornakiosztást alkalmaznak a földfelszíni digitális televízió-műsorszórásban. A DTT csatornakiosztást a 3. sz. táblázat tartalmazza. Digitális televízió esetén a kijelölt frekvencia megegyezik a csatorna sávközépi frekvenciájával.

Csatorna-szám	Csatornahatárok (MHz)		Kijelölt frekvencia (MHz)
21	470	478	474
22	478	486	482
23	486	494	490
24	494	502	498
25	502	510	506
26	510	518	514
27	518	526	522
28	526	534	530
29	534	542	538
30	542	550	546
31	550	558	554
32	558	566	562
33	566	574	570
34	574	582	578
35	582	590	586
36	590	598	594
37	598	606	602
38	606	614	610
39	614	622	618
40	622	630	626
41	630	638	634
42	638	646	642
43	646	654	650
44	654	662	658
45	662	670	666
46	670	678	674
47	678	686	682
48	686	694	690

3. táblázat: DTT csatornaelrendezés a 470-694 MHz sávban

2.2. DTT vételi módok

A DTT rendszert több, különböző vételi módra tervezték, úgy, mint állandóhelyű, hordozható (épületen belüli és épületen kívüli) és mobil vétel, több, erre alkalmas digitális rendszerparaméter felhasználása mellett.

2.2.1. Állandóhelyű vétel

A vonatkoztatási vevőantenna magasság, amit reprezentatívnak tekintünk az állandóhelyű vételnél a térerősség számításához, a földfelszín fölött 10 m. A minimális közepes térerősség szintek megállapításához a 2.2.1.1 és 2.2.1.2 pont szerinti vevőantenna nyereség és a tápvonal csillapítás értékeket kell használni. (Más frekvenciákra a minimális közepes térerősség szinteket interpolálással határozhatjuk meg.)

2.2.1.1. Antennanyereség

A minimális térerősség értékek meghatározásához használt antennanyereség értékeket (egy félhullámú dipólantennára vonatkoztatva) a 4. sz. táblázat mutatja be.

Frekvencia (MHz)	500	800
Antennanyereség (dBd)	10	12

4. táblázat: Antennanyereség (félhullámú dipólra vonatkoztatva)

2.2.1.2. Tápvonalcsillapítás

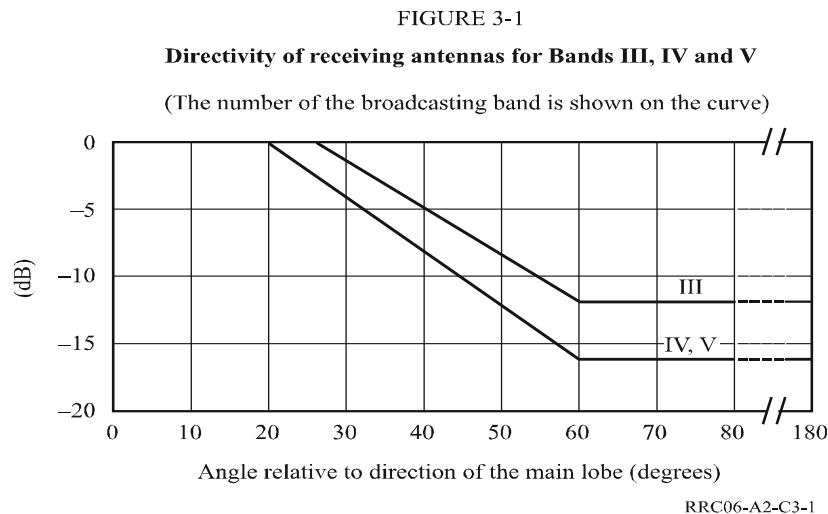
A minimális térerősség értékek megállapításához tartozó tápvonalcsillapítás értékeket az 5. sz. táblázat szemlélteti.

Frekvencia (MHz)	500	800
Tápvonalcsillapítás (dB)	3	5

5. táblázat: Tápvonalcsillapítás

2.2.1.3. Tetőszinten elhelyezett, rögzített helyű vevőantennák sugárzási karakterisztikái

Az ITU-R BT.419 Ajánlás a III., IV. és V. sávban működő vevőantennák standard sugárzási karakterisztikáit adja meg (lásd 1. sz. ábra):



1. ábra: Vevőantenna irányítottság a III., IV és V. sávban

2.2.1.4. Helyvalószínűség állandó helyű vételnél

Állandóhelyű vételnél 95%-os helyvalószínűséggel kell számolni.

2.2.1.5. Polarizációs védelem állandó helyű vételnél

Állandóhelyű vétel esetén lehetőség van a polarizációs védelem alkalmazására. Keresztpolarizáció esetén azonban az irányítottságból és az ortogonalitás által biztosított szelektivitásból adódó védelem nem számítható a két védelmi érték összeadásával. A 470-694 MHz sávban minden azimutszögre egy 16 dB-es védelmi értéket kell alkalmazni ebben az esetben.

2.2.2. Hordozható és mobil vétel

2.2.2.1. A magassági csillapítás kérdései

Hordozható (kültéri és beltéri) vétel esetében a föld felszíne fölött 1,5 m-es vevőantenna magasságot alkalmazunk. Ugyanezt a vevőantenna magasságot alkalmazzuk mobil vétel esetén is. Tekintettel arra, hogy minden térerősség számítás 10 m-es vevőantenna magasságból indul ki, a minimális közepes térerősség szintek számításakor a 1,5 m-es vevőantenna magasságra magassági csillapítás korrekciós tényezőt kell alkalmazni.

A hordozható és mobil vétel magassági csillapítás-értékeit a 6. sz. táblázat szemlélteti a három referencia frekvenciára. Más frekvenciákra a minimális közepes térerősség szinteket interpolálással határozhatjuk meg. A táblázatban lévő értékek külvárosi ellátásra vonatkoznak.

Frekvencia (MHz)	500	800
Magassági csillapítás (dB)	16	18

6. táblázat: Magassági csillapítás

2.2.2.2. Épület-belépési csillapítás

A 7. sz. táblázat az UHF tartomány esetén adja meg az épület-belépési csillapítás értékeit és a megfelelő szórás értékeket.

Épület-belépési csillapítás	Szórás
8 dB	5.5 dB

7. táblázat: Épület-belépési csillapítás

2.2.2.3. Antennanyereség hordozható vétel esetén

Az ITU-R BT.1368 Ajánlás 4. Mellékletének 4.1 pontja ismerteti a hordozható vételre alkalmas antennák adatait. Hordozható vétel esetén körsugárzó antennát kell alkalmazni. Az antennanyereség (a félhullámú dipólanterreára vonatkoztatva) a 470-694 MHz-es sáv esetén 0 dBd.

2.2.2.4. Hordozható vétel helyvalószínűsége

Épületen belüli és épületen kívüli hordozható vételnél 95%-os helyvalószínűséggel számolunk.

2.2.2.5. Polarizációs védelem hordozható vétel esetén

Hordozható vétel esetén a frekvenciatervezésnél nem kell figyelembe venni a keresztpolarizációs védelmet.

2.2.2.6. Antennanyereség mobil vétel esetén

Mobil vétel esetén a 0 dBd antennanyereség értékkel kell számolni a 470-694 MHz-es sáv esetén.

2.2.2.7. Mobil vétel helyvalószínűsége

Mobil vétel esetén 95%-os helyvalószínűséggel kell számolni.

2.2.2.8. Polarizációs védelem mobil vétel esetén

Mobil vétel esetén a keresztpolarizációs védelmet nem kell figyelembe venni.

2.2.3. Tervezési konfiguráció

Egy tervezési konfiguráció megadja a földfelszíni digitális műsorszóró hálózat megvalósításánál figyelembe veendő lényeges műszaki szempontokat, melyek a tervezés alapvető kiindulási paraméterei. Egy tervezési konfiguráció különböző szempontjait foglalja össze a 8. sz. táblázat.

Szempont	Elem
Vételi mód	rögzített helyű hordozható külső hordozható belső mobil
Ellátottság minősége (a helyek százalékában)	70% 95% 99%
Hálózatstruktúra	MFN (egy adó) SFN sűrű SFN
DVB-T rendszer változat	QPSK 1/2-től 64-QAM 7/8-ig
DVB-T2 rendszer változat	QPSK 1/2-től 256QAM 5/6-ig

8. táblázat: DTT tervezési konfiguráció szempontjai

2.3. Tervezési kritériumok

A tervezést a fenti szempontok figyelembe vételével a szolgáltatási igényeknek megfelelő elemek megválasztásával kezdjük. A választott elemek alapján határozhatók meg a tervezés további műszaki paraméterei, melyeket mind a besugárzás tervezéshez, mind a digitális terv módosításánál alkalmazott nemzetközi eljárásokban figyelembe kell venni. A hálózat/adóállomás tervezéséhez meg kell határozni a választott tervezési konfigurációnak megfelelő

- minimális közepes térerősségek és
- zavaró térerősségek

értékeit, melyekhez ismerni kell a

- C/N értékeket;
- védelmi arányokat;
- épületbe belépési csillapítást épületen belüli vétel esetén;
- helykorrekciós tényezőket és szükséges időszerűségeket;
- spektrummaszkot.

A hasznos és zavaró térerősségértékek ismeretében meghatározható a tervezett adóállomás/hálózat ellátottsági/szolgáltatási területe.

2.3.1. C/N értékek a tervezéshez

A 9. sz. táblázat különböző DVB-T rendszerváltozatok C/N (dB) értékeit mutatja be a Gauss-, Rice- és Rayleigh-csatornák esetén állandó helyű vétel (FX), hordozható kültéri vétel (PO), hordozható beltéri vétel (PI) és mobil vétel (MO) megvalósításához. A DVB-T2-re vonatkozó értékeket a 10. sz. táblázat tartalmazza.

DVB-T rendszer jelölése	Moduláció	Kódarány	Gauss	Rayleigh			
				FX	PO	PI	MO
A1, D1	QPSK	1/2	4.9	5.9	8.1	8.1	11.1
A2, D2	QPSK	2/3	6.8	7.9	10.2	10.2	13.2
A3, D3	QPSK	3/4	7.9	9.1	11.5	11.5	14.5
B1, E1	16-QAM	1/2	10.6	11.6	13.8	13.8	16.8
B2, E2	16-QAM	2/3	13.0	14.1	16.4	16.4	19.4
B3, E3	16-QAM	3/4	14.5	15.7	18.1	18.1	21.1
C1, F1	64-QAM	1/2	16.2	17.2	19.4	19.4	22.4
C2, F2	64-QAM	2/3	18.4	19.5	21.8	21.8	24.8
C3, F3	64-QAM	3/4	20.0	21.2	23.6	23.6	26.6

9. táblázat: Különböző DVB-T rendszerváltozatok C/N (dB) értékei különböző vételi viszonyokra a Gauss-, Rice- és Rayleigh-csatornák esetén. A Rice-csatornára megadott C/N értékeket rögzített helyű vétel esetén, a Rayleigh-csatornára megadott értékeket hordozható és mobil vétel esetén kell alkalmazni.

Moduláció	Kódarány	Spektrum-hatékonyság	Gauss-csatorna (AWGN)	Rice-csatorna (F1)	Rayleigh-csatorna (P1)	0 dB echo csatorna @ 90 % GI
QPSK	1/2	0,99	1	1,2	2	1,7
QPSK	3/5	1,19	2,3	2,5	3,6	3,2
QPSK	2/3	1,33	3,1	3,4	4,9	4,5
QPSK	3/4	1,49	4,1	4,4	6,2	5,7
16-QAM	1/2	1,99	6	6,2	7,5	7,2
16-QAM	3/5	2,39	7,6	7,8	9,3	9
16-QAM	2/3	2,66	8,9	9,1	10,8	10,4
16-QAM	3/4	2,99	10	10,4	12,4	12,1
64-QAM	1/2	2,98	9,9	10,2	11,9	11,8
64-QAM	3/5	3,58	12	12,3	14	13,9
64-QAM	2/3	3,99	13,5	13,8	15,6	15,5
64-QAM	3/4	4,48	15,1	15,4	17,7	17,6
256-QAM	1/2	3,98	13,2	13,6	15,6	15,7
256-QAM	3/5	4,78	16,1	16,3	18,3	18,4
256-QAM	2/3	5,31	17,8	18,1	20,1	20,3
256-QAM	3/4	5,98	20	20,3	22,6	22,7

10. táblázat: Különböző DVB-T2 rendszerváltozatok nyers C/N₀ (dB) értékei BER = 1*10⁻⁷ minőségi értéket az LDPC dekódolás után elérve a Gauss-, Rice- és Rayleigh-csatornák esetén (LDPC blokkhossz: 64800 bit)

2.3.2. Védelmi értékek

A DTT műsorszórás esetén alkalmazott védelmi értékeket az RRC-06 Záródokumentum 3.3. melléklete és az ITU-R BT.2033 Ajánlás tartalmazza.

2.3.2.1. DTT jelek közötti védelmi arányok

2.3.2.1.1. Azonos csatornás védelmek DTT jelek között

A DVB-T jel által zavart DVB-T jel esetén szükséges azonos csatornás védelmi értékeket (dB) különböző DVB-T rendszerekre állandó helyű vétel (FX), hordozható kültéri vétel (PO), hordozható beltéri vétel (PI) és mobil vétel (MO) esetén a 11. sz. táblázat tartalmazza. A 12. sz. táblázat tartalmazza különböző DVB-T2 rendszerváltozatokra az azonos csatornás védelmi értékek egyes terjedési csatornák esetén. Fix és hordozható vétel esetén a Rice és a Rayleigh csatornák megfelelő értékeit kell alkalmazni.

Moduláció és hibajavító kódarány	FX	PO	PI	MO
QPSK 1/2	6.00	8.00	8.00	11.00
QPSK 2/3	8.00	11.00	11.00	14.00
QPSK 3/4	9.30	11.70	11.70	14.70
16-QAM 1/2	11.00	13.00	13.00	16.00
16-QAM 2/3	14.00	16.00	16.00	19.00
16-QAM 3/4	15.00	18.00	18.00	21.00
64-QAM 1/2	17.00	19.00	19.00	22.00
64-QAM 2/3	20.00	23.00	23.00	26.00
64-QAM 3/4	21.00	25.00	25.00	28.00

11. táblázat: Azonos csatornás védelmi értékek különböző DVB-T rendszerváltozatokra különböző vételi viszonyok esetén

Moduláció	Kódarány	Gauss-csatorna	Rice-csatorna	Rayleigh-csatorna statikus)
QPSK	1/2	2.4	2.6	3.4
QPSK	3/5	3.6	3.8	4.9
QPSK	2/3	4.5	4.8	6.3
QPSK	3/4	5.5	5.8	7.6
16-QAM	1/2	7.6	7.8	9.1
16-QAM	3/5	9.0	9.2	10.7
16-QAM	2/3	10.3	10.5	12.2
16-QAM	3/4	11.4	11.8	13.9
64-QAM	1/2	11.9	12.2	14.0
64-QAM	3/5	13.8	14.1	15.8
64-QAM	2/3	15.1	15.4	17.2
64-QAM	3/4	16.6	16.9	19.3
256-QAM	1/2	15.9	16.3	18.3
256-QAM	3/5	18.2	18.4	20.5
256-QAM	2/3	19.7	20.0	22.1
256-QAM	3/4	21.7	22.0	24.6

12. táblázat: Azonos csatornás védelmi értékek különböző DVB-T2 rendszerváltozatokra három terjedési csatorna esetén..

2.3.2.1.2. Védelmi értékek átlapolódó és szomszédos csatornák esetén

Az átlapolódó és szomszédos csatornák (DVB-T és DVB-T között) esetét az ITU-R BT.1368 Ajánlás és (DVB-T2 és DVB-T2 között) az ITU-R BT.2033 Ajánlás tárgyalják.

A DVB-T/T2 jel által zavart DVB-T/T2 jel esetén az alsó ($N - 1$) és felső ($N + 1$) szomszédos csatornákra a 13. sz. táblázatban megadott védelmi értékeket kell alkalmazni.

Csatorna	$N - 1$	$N + 1$
DVB-T	-30 dB	-30 dB
DVB-T2	-33 dB	-30 dB

13. táblázat: Védelmi értékek szomszédos csatornák esetén

2.3.3. Szükséges minimális jelszintek DTT műsorszóró rendszerek esetén

A különböző vételi módokhoz biztosítandó szükséges térerősség értékek összehasonlítása legjobban a következő referencia vevőantenna magasság, helyvalószínűség és időszázalék alkalmazásával történhet:

- vevőantenna magasság: 10 m a földfelszín fölött
- helyvalószínűség (L): 50%
- időszázalék (T): 50%

Az ezeknek a feltételeknek megfelelő térerősségeket „minimális közepes térerősségek”-nek nevezzük, amit E_{med} -dal jelölünk.

Különböző DVB-T rendszerváltozatokhoz tartozó minimális közepes térerősség értékeket ($\text{dB}(\mu\text{V}/\text{m})$) állandó helyű vétel (FX), hordozható kültéri vétel (PO), hordozható beltéri vétel (PI) és mobil vétel (MO) esetére 500 MHz referencia-frekvenciára a 14. sz. táblázat tartalmazza.

DVB-T rendszerek jelölése	Moduláció	Kódarány	FX	PO	PI	MO
A1, D1	QPSK	$\frac{1}{2}$	38.90	64.10	76.10	67.10
A2, D2	QPSK	$\frac{2}{3}$	40.90	66.20	78.20	69.20
A3, D3	QPSK	$\frac{3}{4}$	42.10	67.50	79.50	70.50
B1, E1	16-QAM	$\frac{1}{2}$	44.60	69.80	81.80	72.80
B2, E2	16-QAM	$\frac{2}{3}$	47.10	72.40	84.40	75.40
B3, E3	16-QAM	$\frac{3}{4}$	48.70	74.10	86.10	77.10
C1, F1	64-QAM	$\frac{1}{2}$	50.20	75.40	87.40	78.40
C2, F2	64-QAM	$\frac{2}{3}$	52.50	77.80	89.80	80.80
C3, F3	64-QAM	$\frac{3}{4}$	54.20	79.60	91.60	82.60

14. táblázat: Különböző DVB-T rendszerváltozatokhoz tartozó minimális közepes térerősség értékek különböző vételi módokra

Mivel a fenti táblázat a minimális közepes térerősségeket csupán 500 MHz-re tartalmazza, ezért egyéb frekvenciákon a következő interpolálási szabályt kell alkalmazni:

- $E_{med}(f) = E_{med}(f_r) + \text{Corr}$;
- rögzített helyű vételnél, $\text{Corr} = 20 \log_{10}(f/f_r)$, ahol f a tényleges frekvencia, f_r pedig a megfelelő sáv fent említett referencia-frekvenciája;
- hordozható és mobil vételnél, $\text{Corr} = 30 \log_{10}(f/f_r)$, ahol f a tényleges frekvencia, f_r pedig a megfelelő sáv fent említett referencia-frekvenciája.

DVB-T2 esetén a 15. sz. táblázatban található minimális közepes térerősség értékek néhány rendszervariáns esetén. Az értékek fix vétel esetén 10 m, a többi esetén 1,5 m vevőantenna magasság és 50%-os hely- és idővalószínűségek figyelembe vételével kerültek meghatározásra 650 MHz-en.

Vételi mód	Fix	Hordozható kültéri/városi	Hordozható beltéri/városi
Rendszervariáns (példák)	256-QAM, FEC 2/3, 32k, PP7 Extended	64-QAM, FEC 2/3, 32k, PP4 Extended	64-QAM, FEC 2/3, 16k, PP1 Extended
Minimális közepes térerősség értékek; E_{med} [dB μ V/m]	54,30	60,20	75,90

15. táblázat: DVB-T2 minimális közepes térerősség értékek egyes tipikus rendszervariánsok esetén

2.3.4. Helykorrekciós tényezők és időszázalékok

2.3.4.1. Helykorrekciós tényezők

Egy kisebb, pl. 100x100m-es területen belül a térerősség véletlenszerű, lognormal eloszlást mutat, ami a terepegyenetlenségből adódik. Digitális jelekre végzett mérések szerint a szórás kültéri vételnél 5.5 dB, épületen belül 7.8 dB, melyet a vételi pont körüli környezeti jellemzők befolyásolnak. DVB-T/T2 jelek vételénél a minőség romlása, illetve a vétel megszűnése hirtelen következik be, amikor nem teljesül a szükséges vivő-interferencia vagy a szükséges vivő-zaj arány. Ennek kiküszöbölése magas helyszázalék érték (L) alkalmazásával lehetséges. A műsorszórásban használt ITU térerősség görbék L=50%-ra tartalmaznak értékeket. Ezért a GE06 Megállapodás záródokumentuma 2. mellékletének 2. fejezetében megadott táblázatok és görbék értékeinek korrekciójára van szükség a helykorrekciós tényező (C_1) alkalmazásával. A dB-ben megadott C_1 a szabványos szórás (σ) és a helyszázaléktól függő eloszlási tényező (μ) szorzatából adódik.

$$C_1 = \sigma \cdot \mu$$

Amennyiben a hasznos jel több adótól származó jel eredője (SFN hálózat), a szórás változóvá válik az egyéni jelek függvényében. Ebből adódóan a C_1 sem állandó érték, és mindig kisebb, mint egyedi jel esetén.

2.3.4. Időszázalékok

DVB-T rendszerekkel kapcsolatos kompatibilitási számításokban a hasznos jel meghatározásához az idő 50%-ára, zavaró jel esetén az idő 1%-ára megadott terjedési görbéket kell alkalmazni a GE06 Záródokumentum 2. mellékletének 2. fejezete alapján.

2.3.5. Térerősséget értékek változása épületen kívüli helyeken

Az ITU-R P.1546 Ajánlás 5,5 dB-es szórást ír elő szélessávú jelekre. Ezt az értéket kell használni az épületeken kívüli térerősségek meghatározásához a helykorrekciós tényezőn keresztül.

Épületen kívüli környezetben a helykorrekciós tényezők tipikus értékeit a 16. sz. táblázat tartalmazza.

Ellátottsági cél (helyvalószínűség) (%)	Eloszlási tényező	Helykorrekciós tényező (C1) (dB)
99	2,32	13
95	1,64	9
70	0,52	3

16. táblázat: Helykorrekciós tényezők értékei épületen kívül

2.3.6. Térerősségtérképek változása épületen belüli helyeken

Épületen belüli helyeken a térerősség változását az épületen kívüli változás és az épület csillapítása okozta változás idézi elő. Az UHF sávban a jel épületen kívüli szórása és az épület csillapító hatásából adódó érték is 5,5 dB, így az együttes szórásérték 7,8 dB-t tesz ki.

Épületen belüli környezetben a helykorrekciós tényezők tipikus értékeit a 17. sz. táblázat tartalmazza

Ellátottsági cél (helyvalószínűség) (%)	Eloszlási tényező	Helykorrekciós tényező (UHF) (dB) ($\sigma=7,8\text{dB}$)
95	1,64	13
70	0.52	4

17. táblázat: Helykorrekciós tényezők értékei épületen belül

2.3.7. Együttes helykorrekciós tényező

Az együttes helykorrekciós tényezőt a hely 50%-ára vonatkozó hasznos és zavaró térerősségeknek a kívánt szolgáltatás biztosításához szükséges helyszázaléknak megfelelő értékévé történő átalakításához használjuk.

Az együttes helykorrekciós tényezőt a következő összefüggéssel kell kiszámítani:

$$CF = \mu \sqrt{\sigma_w^2 + \sigma_n^2} \text{ (dB)}$$

ahol:

σ_w : a hely változásának szórása a hasznos jel esetén (dB)

σ_n : a hely változásának szórása zavarójel esetén (dB)

μ : eloszlási tényező 0,52 a helyek 70%-ában, 1,64 a helyek 95%-ában és 2,33 a helyek 99%-ában, ami a következőképpen számítható:

$$\mu = Q_i(1 - x/100)$$

ahol:

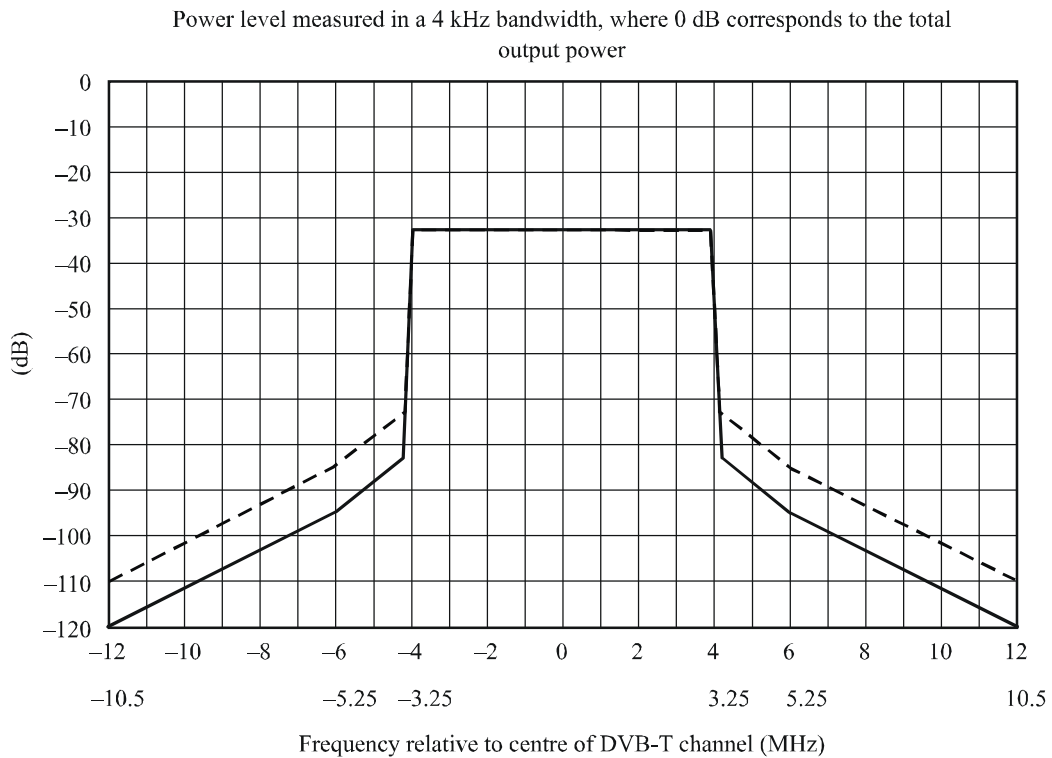
Q_i : a GE06 Megállapodás 2. Melléklet 2. Fejezet 2.1 Mellékletének 2.1.12 pontjában megadott szorzótényező

x : a helyek százaléka, melyben védelemre van szükség.

2.3.8. Spektrummaszk

A Terv implementálásakor olyan spektrummaszkit kell alkalmazni, melynek a paraméterei megegyeznek a DVB-T/T2 nem kritikus maszkjának paramétereivel. Az egyes igazgatások közti egyeztetés elősegítése érdekében az érzékeny esetekhez tartozó spektrummaszkit lehet használni.

A 2. sz. ábra és a hozzá tartozó 18. sz. táblázat két spektrummaszkot határoz meg. A felső görbe a nem kritikus esetekhez tartozó spektrummaszkot, az alsó görbe az érzékeny esetekhez tartozó spektrummaszkot adja meg.



Upper scale = 8 MHz channel; lower scale = 7 MHz channel

----- DVB-T spectrum mask for non-critical cases

————— DVB-T spectrum mask for sensitive cases

RRC06-A2-C3-3

2. ábra: DVB-T/T2 spektrummaszk nem kritikus és érzékeny esetekhez

Töréspontok		
	Nem kritikus esetek	Érzékeny esetek
Relatív frekvencia (MHz)	Relatív szint (dB)	Relatív szint (dB)
-12	-110	-120
-6	-85	-95
-4.2	-73	-83
-3.9	-32.8	-32.8
+3.9	-32.8	-32.8
+4.2	-73	-83
+6	-85	-95
+12	-110	-120

18. táblázat: DVB-T/T2 spektrummaszk nem kritikus és érzékeny esetekhez

2.3.9. Hasznos és zavaró térerősségszintek meghatározása

2.3.9.1. A hasznos jel szintjének megállapítása

Egyedi jel térerősségének helyvalószínűsége két paraméterrel adható meg, a térerősség várható értékével és a szórással. Magasabb ellátottsági százalék meghatározásához az ITU-R P.1546-as Ajánlásban szereplő görbékben leolvasott értéket a helyszázalék korrekciós tényezővel (C_1) módosítani kell. Amennyiben megfelelő adatok rendelkezésre állnak, a leolvasott értékeket korrigálni lehet a terep tisztasági szögből adódó értékkel is, amely a kisugárzási irányban lévő terepet jellemzi.

2.3.9.1.1. Minimális egyenértékű (E_{min}) térerősség

A minimális térerősség a hasznos jel térerősségének a minimális értéke a vételi helyen $\text{dB}(\mu\text{V}/\text{m})$ -ben kifejezve, mely lehetővé teszi a kívánatos vételi minőség elérését zavarmentes környezetben, előírt ellátottsági helyszázalékra.

2.3.9.1.2. Minimális közepes egyenértékű térerősség (E_{med})

$E_{med}[\text{dB}(\mu\text{V}/\text{m})]$ számításokkal kiadódó érték, melyet az

$$E_{med} = E_{min} + P_{mmn} + C_1 \quad \text{fix antennás vétel}$$

$$E_{med} = E_{min} + P_{mmn} + C_1 + L_h \quad \text{hordozható kültéri és mobil vétel}$$

$$E_{med} = E_{min} + P_{mmn} + C_1 + L_h + L_b \quad \text{hordozható beltéri vétel}$$

összefüggésekből határozhatunk meg a különböző vételi körülményekre, ahol

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

L_h : 10 m-től eltérő vevőantenna magasság miatti veszteség [dB] (hordozható és mobil)

L_b : beltéri antenna alkalmazása esetén az épületbehatolás miatti veszteség [dB]

E_{med} az az érték, ami az 50%-os helyvalószínűségű, és az 50%-os idővalószínűségű ITU-R P.1546 Ajánlás görbéihez van meghatározva.

2.3.9.1.3. Összetett jelek

SFN hálózat esetén egy vételi pontban több hasznos jel vételére kerülhet sor. Az eredő hasznos jelszintet az egyedi jelek kombinációjából lehet meghatározni. Tekintettel arra, hogy a jel erőssége statisztikus módszerekkel írható le, a hasznos jelek összegzése is csak statisztikus módszerekkel lehetséges. Jelek összegzésére többféle módszer is ismert.

Az átlagérték és a standard eloszlás nagyon erősen függ a jelkonfigurációtól. Következésképpen a minimális térerősség sem fix érték, hanem függ a jelek számától, erősségétől és az egyedi jel szóródásától. Az összetett jel átlagértéke nagyobb, mint az egyedi jelek átlagának számtani közepe, valamint az összetett jel standard eloszlása kisebb, mint az egyedi jeleké. Mindkét hatás hálózatnyereséget eredményez a hasznos jel esetében, így a jelösszegzés hatása SFN esetén jelentős hatással van a digitális szolgálat ellátottságára.

2.3.9.2. A zavaró jel szintjének a megállapítása

Tervezéskor szükség van az egyedi zavaró jelek szintjének a megállapítására is. Ekkor azt vizsgáljuk, hogy a hasznos adó besugárzási területén belül más adók mekkora zavaró jelszintet hoznak létre. A zavaró jelszint meghatározásához az ITU-R P.1546 Ajánlás 1%-os időgörbéit kell használni. A számításokat az adatszolgáltatás szerint az ellátottsági határ pontjaira/kiosztási körzetet határoló tesztpontokra, illetve egyéb referencia pontokra kell végezni, ahol a védelmet biztosítani szükséges.

Figyelembe lehet venni a tereptisztasági szöveget is a zavaró jelszintek meghatározásánál. Kisteljesítményű adók esetén sokszor elegendő egyetlen pontban, az adó telephelyén meghatározni a zavartatást.

Egyedi jel zavaró térerőssége (E_{ni}) a nem kívánatos jel (zavaró adó) térerősségének (E_i), a megfelelő védettségi szintnek, a hullámterjedési helykorrekciós tényezőnek (CF) és a vevőantenna irányítottságából/keresztpolarizációból adódó védelemnek (AR - fix vétel esetén) az összege, mely az

$$E_{ni} = E_i + A_i + CF + A_R$$

képlettel határozható meg.

A számításokban a zavaró jelek együttes hatásával kell számolnunk. A zavaró jelek statisztikus összegzése ugyan olyan módszerekkel történik, mint a hasznos jel összegzése

2.3.9.3. Jelösszegző eljárások

Az alapvető kérdés az, hogyan összegezzük a hasznos (SFN esetén) és a zavaró jeleket, és hogyan vegyük figyelembe a zajt. Erre többféle módszer is létezik, melyek a teljesítményösszegzési módszert kivéve azt feltételezik, hogy a térerősség lognormal eloszlású a hely függvényében. A GE06 Megállapodás a hasznos, illetve a zavaró jelek összegzésére a következő módszereket írja elő.

A **k-LNM** eljárás több log-normal eloszlású változó eredő szórásának a statisztikus meghatározására szolgáló több lépcsős becslési eljárás. A módszer képes kezelni különböző eloszlású térerősségeket is. A zajt zavaró jelként veszi figyelembe 0 dB szórással. Hasznos jelek összegzésére SFN hálózatoknál jól alkalmazható eljárás.

A **teljesítmény összegzési** eljárással (**Power sum method**) az egyes jelteljesítményeknek a nem statisztikus összegzése történik. Az együttes zavaró jel az egyedi zavaró térerősségek (E_{ni}) átlagos teljesítményeinek és a minimális térerősség teljesítményének (a zaj reprezentálása) az összegzéséből adódik. SFN esetén az egyedi hasznos jelek teljesítményeit összegzik. A módszer a hálózatnyereséget nem tudja figyelembe venni. Meghatározása a

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

képlettel történik.

2.3.9.4. Hálózaton belüli interferencia (öninterferencia)

Az SFN hálózatoknál a vevő bemenetén több jel is vehető, melyek a hálózat többi adójától különböző késleltetési idővel érkeznek. Azok a jelek, amelyek a védelmi intervallumon (T_g) belül érkeznek a vevő bemenetére hozzájárulnak a hasznos jel kialakításához, azok viszont, amelyek a T_g után érkeznek, a vételre zavaró hatást gyakorolnak. Ezt öninterferenciának nevezzük, mivel a saját hálózatban üzemelő adó okozza. A tervezésnél problémát jelent a védelmi intervallum (T_g) után érkező jelek kezelése, mely jelentős hatással van az ellátottságra. Szimulációs és laboratóriumi eredmények alapján egy lehetséges módszer a következő.

Ha a késleltetett jel T_g -én belül van, a jel teljesítményt a hasznos jelhez adják. Ha késleltetett jel T_g -én kívül, de T_F -en belül van ($T_F \leq 4/3 T_g$), a jel hasznos és zavaró komponensre van felbontva. Ha késleltetett jel T_F -en kívül van, tisztán zavaró jelként van figyelembe véve. A T_g és T_F között érkező jelek felbontása hasznos (C) és zavaró (I) komponensre az alábbi formulákkal írható le.

$$C = \sum_i w_i C_i$$

$$I = \sum_i (1 - w_i) C_i$$

$$w_i = \left(\frac{T_u - \tau + T_g}{T_u} \right)^2$$

ahol:

C_i : az i -dik echó teljesítménye

T_u : a szimbólum hossza

τ : az echó késlekedési ideje a védelmi intervallum kezdetéhez képest

A zavaró komponenst az idő 1%-val, míg a hasznos részt 50%-kal kell figyelembe venni a hasznos és zavaró jelek összegzésénél. A hasznos és zavarójelek általában statisztikusan egymástól függetlenek. Azonban, ha a hasznos és a zavaró jel ugyanattól az adótól származik, azaz öninterferencia lép fel, akkor már nem függetlenek egymástól.

2.3.9.5. Használható térerősség (E_u) meghatározása

A használható térerősség a kívánt vételi minőség eléréséhez szükséges minimális térerősség érték meghatározott vételi viszonyok között, természetes és ember okozta zaj, illetve más adóktól származó interferencia jelenlétében.

A használható térerősség meghatározása Power sum jelösszegző eljárás esetén az

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

képlettel történik, ahol: E_{ni} az i -edik zavaró jel térerőssége.

3. Nemzetközi koordináció műszaki feltételei

A nemzetközi koordináció műszaki feltételeit a GE06 Megállapodás rögzíti. A televíziózásra kijelölt sávokban a DVB-T/T2 mellett több különböző – műsorszóró és egyéb rendszerek – is üzemelhetnek, ezért különböző koordinációs küszöb térerősségértékeket kell számításba venni.

3.1. Koordinációs küszöb térerősségértékek

A 19. sz. táblázat azokat a javasolt, koordinációs küszöb térerősségértékeket tartalmazza, amelyek túllépésekor az érintett igazgatásokkal le kell folytatni a nemzetközi koordinációt a GE06 Tervben lévő adóállomások módosításakor, ha a megfelelőségi vizsgálat eredménye ezt szükségessé teszi, vagy új tervbejegyzések esetén.

A Tervet módosító műsorterjesztő rendszer	Küszöbtérerősség (dB(μV/m))	
	470-582 MHz	582-694 MHz
DVB-T/T2	21	23

19. táblázat: A műsorszóró szolgáltatnak a GE06 Terv módosításával szembeni védelméhez szükséges, koordinációs küszöbtérerősség értékek

A koordinációban érintett igazgatások megállapítása céljából a DVB-T/T2 rendszerekre 64-QAM moduláció, 3/4-es kódarány, helyhez kötött, háztetőmagasságban történő vétel, a vételi helyek 95%-a paraméterek alapján határozták meg a küszöb térerősség értékeket.

A koordinációs küszöb $F_{trigger}$ térerősség kiszámítása a következőképpen történik:

$$F_{trigger} = F_{med} + f_{corr} - PR - CF$$

ahol

F_{med} : a megfelelő (zavarást elszenvedő) műsorterjesztő rendszer legkisebb közepes térerőssége,

f_{corr} : frekvenciakorrekció, az alább leírtaknak megfelelően,

PR : a megfelelő védelmi arány,

CF : megfelelő egyesített helykorrekciós tényező.

Amennyiben a védelmi arányok különbséget tesznek a troposzférikus és az állandó interferencia között, a troposzférikus esetet kell figyelembe venni. A legrosszabb vételi eset figyelembevételének érdekében a helyhez kötött, háztetőmagasságban történő vételnél figyelmen kívül hagyjuk a vevőantenna szelektivitását.

A 20. sz. táblázatban található a 8 MHz sáv szélességű DTT rendszerek 650 MHz-es frekvenciára vonatkozó küszöb térerősségértéke.

Zavaró rendszer (DVB-T/T2)	Védendő műsorszóró rendszer (DVB-T/T2)
	$F_{med} = 57$ dB(μV/m)
	$PR = 21$ dB
	$F_{trigger} = 23$ dB(μV/m)

20. táblázat: Reprezentatív műsorszóró rendszerek koordinációs küszöb térerősségértékei 650 MHz-en

A 650 MHz-es frekvenciáktól eltérő frekvenciákra vonatkozóan a következő interpolációs szabályt alkalmazzák:

- helyhez kötött vétel esetében a $f_{corr} = 20 \log_{10} (f/f_r)$, ahol f a tényleges frekvencia, f_r pedig a megfelelő fenti sáv referenciafrekvenciája,
- hordozható és mozgóvetel esetében a $f_{corr} = 30 \log_{10} (f/f_r)$, ahol f a tényleges frekvencia, f_r pedig a megfelelő fenti sáv referenciafrekvenciája.

A fenti táblázatban található koordinációs küszöbértékek ($F_{trigger}$) a legkritikusabb esetre vonatkozik és csak nemzetközi koordináció szükségességének eldöntésénél van jelentőségük.

3.2. Referencia tervezési konfigurációk

A GE06 Terv összeállításakor a számításokat megkönnyítő tipikus tervezési konfigurációkat, úgynevezett referencia tervezési konfigurációkat (RPC-eket) alkalmaztak. Részletes leírásuk a GE06 Megállapodásban megtalálható.

3.3. Referenciahálózatok

A GE06 Terv összeállításakor a DVB-T hálózatokkal kapcsolatos különböző megvalósítási követelmények modellezésére négy referenciahálózat (RN) került megtervezésre. Részletes leírásuk a GE06 Megállapodásban megtalálható.

3.4. A GE06 Tervben szereplő bejegyzések implementálása

Amennyiben a tervben lévő frekvenciakiosztást akarjuk valós hálózattal, adóállomásokkal megvalósítani, vagy a Tervben lévő frekvenciakijelölést más földrajzi vagy sugárzási paraméterrel üzembe helyezni, előtte megfelelőségi vizsgálatot (conformity check) kell végezni annak megállapítására, hogy kell-e a módosítás miatt újabb nemzetközi koordinációt lefolytatni. A megfelelőség vizsgálat során - leegyszerűsítve - azt kell vizsgálni, hogy a módosítással okozunk-e zavarnövekedést más országok tervben lévő digitális adóinak, adóhálózatainak, frekvenciakiosztásainak (referenciahálózattal és referencia tervezési konfigurációval lehet figyelembe venni). A megfelelőség vizsgálat részletes leírását a GE06 Megállapodás tartalmazza. Amennyiben a megfelelőségi vizsgálat eredménye koordinációt tesz szükségessé, akkor a 3.1 pontban megadott küszöb térerősség értékeket kell alkalmazni az érintett országok meghatározásához.

A GE06 Terv tartalmaz olyan frekvenciakiosztásokat is, amelyek úgynevezett adminisztratív deklarációs eljárással kerültek a GE06 Tervbe az országok közötti kétoldalú megállapodások alapján. Az adminisztratív deklarációval elfogadott frekvenciakiosztások frekvenciakijelölésbe történő konvertálásakor a GE06 Megállapodásban foglalt kritériumok teljesülése szükséges feltétel, de nem elegendő a frekvenciakijelölés alapján megvalósított adóállomás üzembe helyezésének Hivatal általi engedélyezéséhez. Ezekben az esetekben szükség van frekvenciakoordinációs eljárás lefolytatására is, amennyiben a konvertált frekvenciakijelölés a GE06 Megállapodásban foglalt megengedett zavaró térerősség szintnél nagyobb jelszintet hoz létre azonos frekvenciájú kiosztási területeken. Erre való tekintettel a frekvenciakiosztások frekvenciakijelölésére történő konverziója esetén a Hivatal vizsgálja a nemzetközi frekvenciakoordináció szükségességét is. Frekvenciakoordináció szükségessége nélkül jellemzően kis- és közepes teljesítményű adóállomások paraméterei tervezhetők a konverzióval.

3.5. Új DTT adók, adóhálózatok, frekvenciakiosztások koordinációja

Új DTT adók, adóhálózatok, frekvenciakiosztások megvalósítása esetén a 3.1 pontban ismertetett küszöb térerősségértékek meghatározásával dönthető el a koordináció szükségessége.

4. A DTT adóállomások és hálózatok

A földfelszíni digitális televízió-műsorszórás esetén egy adott csatornájú körzet ellátásához szükséges adóállomások száma (adósűrűség) a hálózat lényeges paramétere. Az adók közötti távolság több egyéb műszaki paramétertől függ, így pl. adóantenna magasság, teljesítmény, effektív antenna magasság, vételi mód, frekvencia. Egy SFN-en belül a szomszédos telephelyek közötti távolságot a védelmi intervallum határozza meg.

Az RRC-06 értekezleten, a kiosztási terv összeállításához alkalmazott szabályos referencia hálózati struktúrák alkalmazása megkönnyíti a kiosztási körzeteken alapuló tervezési folyamatot, azonban a DTT szolgálatok bevezetése során a kiosztások kijelöléssé konvertálása általában nem követi az elméleti referencia hálózatok felépítési struktúráját, egy terület ellátásához elegendő lehet egy adó, de a műszaki követelményeknek megfelelő bármely adóhálózat létrehozható.

A tervezés lényeges követelményei:

- az ellátottság biztosításához szükséges minimális térerősség megléte,
- a zavarmentes vételi lehetőség,
- a már működő, illetve tervezett, nemzetközileg már koordinált adóállomásoknak okozott zavar növekedésének korlátozása.

A 2.2.3 pontban ismertetett tervezési kiindulási feltételek (tervezési konfiguráció) között szerepel a hálózati struktúra megválasztása is, melynél a következőkben ismertetett lehetőségek közül lehet választani az egyéb igényekhez illeszkedően.

4.1. Földfelszíni digitális televízió-műsorszóró adóhálózatok és adók típusai

A médiaszolgáltatásokról és a tömegkommunikációról szóló 2010. évi CLXXXV. törvény (Mttv.) és a műsorterjesztés és digitális átállítás szabályairól szóló 2007. évi LXXIV. törvény (Dtv.) meghatározásai alapján a következő digitális televíziós adóhálózatokat különböztetjük meg.

4.1.1. Országos DTT műsorszóró adóhálózat

Az országos DTT műsorszóró adóhálózatok célja az ország területének besugárzása azonos műsorral. Országos az a műsorszolgáltatás, amelynek vételkörzetében az ország lakosságának legalább 50 %-a él.

4.1.2. Körzeti DTT műsorszóró adóállomás, illetve adóhálózat

DTT műsorszóró adóállomással, illetve adóhálózattal megvalósuló körzeti (regionális) műsorszolgáltatás vételköre meghaladja a helyi műsorszolgáltatás vételkörzetét, de vételkörzetében az ország lakosságának kevesebb, mint a fele él. A körzeti adóhálózat célja az ország bizonyos része, megye vagy több településből álló terület ellátása azonos műsorral.

4.1.3. Helyi DTT műsorszóró adóállomás

A DTT adóállomással megvalósuló helyi műsorszolgáltatás vételkörzetében éves átlagban legfeljebb százezer lakos vagy városon belül legfeljebb ötszázezer lakos él.

4.1.4. Átjátszó adóállomás

Adóállomás maximum 50 W-ig terjedő kimenő teljesítményű adóberendezéssel. Átjátszó adóállomás az azonos műsort sugárzó DTT adóhálózat kiegészítésére szolgál, és a főadó (anyaadó) által besugárzott területen belül úgynevezett árnyékos helyeken a vétel javítása céljából épül. Az átjátszó adóállomás a modulációt az anyaadótól kapja (általában gerincadótól), a vett RF jelet átkonvertálja és erősítés után más adási csatornán sugározza ki.

4.1.5. Kisteljesítményű „kitöltő” (Gap-filler) adóállomás

Kitöltő adóállomás az azonos műsort sugárzó DTT adóhálózat kiegészítésére szolgál, és a főadó (anyaadó) által besugárzott területen belül úgynevezett árnyékos helyeken, (gyakran épületen belül) a vétel javítása céljából épül. A gap-filler a modulációt az anyaadótól kapja, a vett RF jelet erősítés után ugyanazon az adási csatornán (SFN) sugározza ki.

4.1.6 Közepes teljesítményű adóállomás

Adóállomás 100 W-tól nagyobb és maximum 600 W-ig terjedő kimenő teljesítményű adóberendezéssel.

4.1.7. Nagyteljesítményű adóállomás

Adóállomás 600 W-tól nagyobb kimenő teljesítményű adóberendezéssel.

4.2. Adóhálózatok fajtái

Digitális televízió hálózatoknál többféle hálózati struktúra konfiguráció is kialakítható. Az MFN (Multi Frequency Network) struktúrán kívül SFN (Single Frequency Network) hálózatokkal is kiépíthető a hálózat. Mindkét típusnál a gerincadókat, ahol szükséges úgynevezett átjátszóadókkal, ismétlőállomásokkal, vagy gap-filler-ekkel egészítik ki a megfelelő ellátottság biztosítása érdekében. DVB-T/T2 rendszereknél a rugalmas védelmi intervallum alkalmazása lehetővé teszi, hogy a hálózat topológia kialakítása és a frekvencia-felhasználás hatékonysága optimális legyen.

4.2.1. MFN hálózat

Többfrekvenciás, azaz MFN hálózatokban az adók különböző frekvenciákon egymástól függetlenül sugározzák a programokat. Az egyedi adók ellátott területének nagyságát csak az adó saját teljesítménye, effektív antennamagassága, stb. határozza meg, és nem befolyásolja a hálózat többi adójának sajátossága.

4.2.2. SFN hálózat

Ha egy nagy vagy közepes nagyságú területet ugyanazzal a műsorral kell ellátni, lehetőség van arra, hogy az ehhez szükséges adók mindegyike pontosan ugyanazt a frekvenciát használja. Az ilyen hálózatot SFN hálózatnak nevezzük, melyben mindegyik adó egymás hatását figyelembe véve üzemel, egy közös ellátottságot biztosítva. Ez a lehetőség az OFDM modulációs eljárásnak köszönhető, mely lehetővé teszi, hogy a különböző adóktól érkező jelek a vevőantennánál összeadódjanak, és növeljék a hasznos jel szintjét. Ehhez azonban az szükséges, hogy az SFN módban üzemelő digitális adók között magas fokú szinkronizáció legyen, ami a hálózat üzemeltetését bonyolultabbá teszi.

Az SFN hálózatok egyik nagy előnye, hogy alkalmazása nagy területek besugárzásánál jelentős spektrum megtakarítást jelent. További előnye, hogy a kisebb teljesítmények és a hálózatnyereség miatt egyenletesebb téreloszlást biztosít a besugárzott területen belül. Hátránya, hogy SFN hálózatban nem

támogatott a kisebb területek helyi műsorral történő időnkénti besugárzása az SFN hálózathoz tartozó adóval vagy adókkal.

4.2.3. Az SFN hálózatok fajtái

Nagy terület besugárzására számos elméleti SFN kialakítási lehetőség van, bár ezek között a valóságban alig ismerhető fel a különbség. Az egyik legfontosabb eltérés az adótelephelyek közötti távolságban mutatkozik. Az egyik szélsőséges eset, amikor a hálózat alapját a korábbi analóg hálózat telephelyei képezik kb. 80 km-es adótávolságokkal. A másik szélsőséges eset a „sűrű hálózat” egy kb. 10-20 km-es adótelephely távolság kiosztással. A valóságos hálózatokban többnyire mindkét esetből található elemek. Pl. az analóg hálózatra épülő SFN hálózatban az ellátatlan területekre „gap filler” vagy átjátszó adóállomásokat kell telepíteni, melyek többnyire kis távolságra helyezkednek el egymástól. Vagy megfordítva, egy sűrű hálózaton belül is lehetnek olyan lyukak, ahol pl. a népsűrűség alacsony ahhoz, hogy gazdaságosan működtethető legyen adóállomás. Az SFN-ből nem következik, hogy csak nagy terület besugárzásához használható. Sűrűn lakott városi környezetben is alkalmazható, pl. hordozható beltéri vételhez egyenletes, nagy jelszint biztosítása érdekében.

4.2.3.1. Nagykiterjedésű SFN

A nagykiterjedésű SFN kettőtől több tucatig terjedő számú nagyteljesítményű adóállomásból kerül kialakításra, melyeket számos közepes vagy kisteljesítményű adó egészíthet ki. A besugárzott terület több száz km-es átmérőjű is lehet. Ez a megoldás adja a leghatékonyabb spektrum kihasználást SFN esetén. Ha elegendő frekvencia áll rendelkezésre digitális televíziózásra, akkor néhány országos hálózat mellett kisebb SFN-ek is létrehozhatók regionális műsorszórás céljára.

4.2.3.2. Mini SFN

Egy nagyteljesítményű adó több kisteljesítményű adóval van SFN-be kapcsolva. Csatorna kihasználtság és egyenletes térerősség eloszlás szempontjából ez optimális, de számos technikai körülményt kell még megvizsgálni.

4.2.3.3. „Sűrű” hálózat

A sűrű hálózatnál nagyszámú kisteljesítményű adót telepítenek a besugározni kívánt területen belül, melyek együttesen egyenletes térerősség eloszlást mutatnak. Az ilyen hálózatok nagyon kis teljesítménnyel működnek, így sokkal kisebb az okozott káros zavarás a szomszédos hálózatok, vagy országok határövezetében. Ezzel nagyobb esélyt biztosítanak a sikeres koordinációnak. A zavaró jelszint tovább csökkenthető megfelelően irányított adóantennák alkalmazásával. A kis zavarás miatt a besugárzási terület is könnyen és rugalmasan növelhető újabb kisteljesítményű adókkal. További előnye, hogy az egyenletesebb téreloszlás miatt a hordozható vétel számára is különösen előnyös hálózat kialakítási lehetőség. Ugyanakkor jelentősen növekszik annak veszélye, hogy egy szomszédcsatornás adás vételében zavart okoz, a mini SFN hálózatoknál leirtakból eredően. Ezért nagyon megfontolt tervezést igényel esetről esetre vizsgálva, hogy valamely üzemelő adó vételében nem okoz-e jelentős zavart. A sűrű SFN hálózat adói képezhetnek többé-kevésbé szabályos hálót, melyben szinkronizálva üzemelnek az adók, de lehetnek azonos csatornás ismétlő állomások is, melyek az éterből kapják a jeleket a fő adótól és így növelik annak ellátottságát.

4.2.3.4. Hálózatnyereség

Az SFN technológia nemcsak spektrumhatékony, de teljesítményhatékony is. Egy vételi helyen a vett térerősség véletlenszerű változást mutat a terjedési útvonalon található terepakadályok miatt, melyek hatását hagyományos hálózatokban teljesítménynöveléssel lehet valamelyest kompenzálni. A térerősség változás mértéke digitális hálózatban csökkenthető több adótól érkező jelek vételével. A különböző irányokban elhelyezett adóktól érkező jelek közül, ha az egyik például terepakadályba

ütközik, a másik jel még biztosíthatja az ellátottságot. Ez a tulajdonság a jelek statisztikus összegzéséből adódóan nagyobb átlagos eredő térerősséget eredményez, kisebb szórással. Az SFN hálózatokban ez a hatás „hálózatnyereségként” ismert, és a tervezés során számszerűen meghatározható minden vételi pontban. A hálózatnyereség lehetővé teszi, hogy az SFN hálózat adói alacsonyabb teljesítménnyel üzemeljenek. Ezáltal a térerősség eloszlás is egyenletesebb az MFN hálózathoz viszonyítva. A hálózatnyereség főleg az ellátottsági határ szélén fontos, ami különösen hordozható és mobil vételnél jelentős előnyökkel jár. Például nagyobb ellátottság érhető el SFN hálózattal. Maximális hálózatnyereséget akkor lehet elérni, ha mindegyik adó azonos térerősséget hoz létre a vételi pontban.

4.2.3.5. Vegyes hálózat

Vegyes hálózaton egy MFN hálózatot értünk sűrű helyi SFN adókkal kiegészítve az MFN adók körül. A sűrű helyi SFN megoldás lehetőséget biztosít arra, hogy a konvencionális MFN kiegészítője legyen olyan területeken, ahol egyébként a terepviszonyok miatt vétel nem lehetséges, vagy szolgáltatási, illetve országhatár közelében, hogy a zavaró jelszint alacsony legyen. Ezen kívül lehetővé teszi az ellátottság fokozatos fejlesztését a már meglévő infrastruktúra mellett. Különösen a hordozható beltéri vétel biztosításának igényekor válhat kedvelt megoldássá, mert anélkül, hogy új frekvencia kijelölést igényelne, a szükséges térerősség biztosítható a vételhez.

5. A DTT adóállomásra jellemző paraméterek

5.1. Az adó telephelye

A célterület optimális besugárzása érdekében a környezeti adottságok figyelembevételével választható ki az adó telephelye, mely földrajzi koordinátával (WGS84), illetve EOY-vel jellemezhető

5.2. Az adóantenna magassága

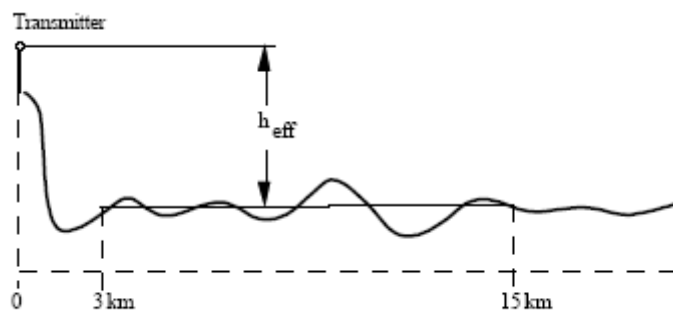
A kiválasztott telephelyen kerül telepítésre az antenna-tartószerkezet, illetve torony, amelynek fontos paramétere az adóantenna magassága, mely az antennarendszer sugárzási súlypontjának föld feletti magassága.

5.3. Effektív antennamagasság

Az effektív antennamagasság az adótól a vevő irányában egy meghatározott terepszakasz átlagos magasság szintje és az antenna sugárzási súlypontja közötti magasságkülönbséggel egyenlő.

Effektív antennamagasságot (ITU-R P.1546 Ajánlás) a következőképpen kell meghatározni.

15 km-nél nagyobb távolság esetén (h_{eff15}) az effektív antennamagasság az adótól a vevő irányában a 3 – 15 km-es terepszakasz átlagos szintje és az antenna sugárzási súlypontja közötti függőleges magasságkülönbséggel van értelmezve.



3. ábra: Effektív antennamagasság meghatározása 15 km-nél nagyobb távolság esetén

15 km-nél kisebb távolság esetén (h_{effd}) az adóállomástól a célterület széléig jellemzett terepszakasz (d) átlagos talajszintjét alapul véve szükséges az effektív antenna magasság értékeit meghatározni.

Az ITU-R P.1546 - attól függően, hogy a terepadatok rendelkezésre állnak vagy sem, - két módszert ad meg a h_{effd} értékek meghatározására.

5.3.1. A terepadatok nem állnak rendelkezésre:

Amennyiben a d szakasz kisebb, mint 3 km, az effektív antennamagasság meghatározásakor elegendő a $h_{effd} = h_a$ (h_a = antenna föld feletti magassága) közelítéssel számolni.

Amennyiben a d szakasz 3 és 15 km közé esik, a $h_{effd} = h_a + (h_{eff15} - h_a) \cdot (d - 3) / 12$ képletet kell alkalmazni.

5.3.2. A terepadatok rendelkezésre állnak

E módszer szerint az adott irányban a h_{effd} -t az adóantenna talppontjától $0,2d$ és d távolság közötti átlagos terepmagasság (h_b) és antenna sugárzási súlypont magasságának a különbsége adja meg

$$h_{\text{effd}} = h_a - h_b$$

Amennyiben a d szakasz kisebb, mint 3 km, az effektív antennamagasság meghatározásakor elegendő a $h_{\text{effd}} = h_a$ (h_a = antenna föld feletti magassága) közelítéssel számolni.

5.4. Effektív kisugárzott teljesítmény (ERP)

Az effektív kisugárzott teljesítmény (ERP) alatt a hatásos kisugárzott rádió- frekvenciás teljesítményt kell érteni, mely a következő összefüggés alapján határozható meg:

$$\text{ERP} = 10 \lg P_a + G_a - \alpha_a \quad [\text{dB(kW)}]$$

ahol:

P_a adó kimenő teljesítmény [kW],

G_a antennarendszer-nyereség félhullámú dipólra vonatkoztatva [dB],

α_a antennakábel és egyéb csillapítások [dB].

5.5. Antennarendszer

5.5.1. Antennarendszer nyeresége

Az antenna rendszer nyereségét műsorszóró adóállomások esetében a félhullámú dipólra kell vonatkoztatni.

5.5.2. Antenna karakterisztika

Nem körsugárzó adóantenna (irányított antenna) alkalmazása esetén a földrajzi északi iránytól kiindulva 10° -onként kell megadni a csillapítást a fősugárzási irányban kisugárzott teljesítményhez képest.

5.5.3. Antenna polarizáció

Az antenna polarizációt (horizontális (H), vertikális (V) vagy kevert, (M)) az antennából kisugárzott rádióhullám elektromos összetevőjének rezgési iránya határozza meg.

5.6. Az adó frekvenciája

Az adó frekvenciája alatt a kiválasztott csatorna sávközépi frekvenciáját kell érteni.

6. Térerősségek meghatározása/becslése

Egy DTT adó/adóhálózat ellátottsági tervezésének az alapja a hasznos és a zavaró térerősségek meghatározása. A 2.3.9. pontban ismertetett hasznos és zavaró jelszintek meghatározására különböző módszerek ismertek. Míg a GE06 Megállapodás szerint a nemzetközi egyeztetések során az összeférhetőségi vizsgálatokban az ITU-R P.1546 Ajánlás alapján kell a térerősségeket meghatározni, addig az ellátottság/szolgáltatási terület meghatározásához /vizsgálatához pontosabb módszerek is alkalmazhatók.

6.1. Térerősség becslés az ITU-R P.1546 Ajánlás alapján

Az ITU-R P.1546 Ajánlásban leírt eljárás a legáltalánosabban használt térerősség meghatározó eljárás, a nemzetközi koordinációs folyamatban ezt kell alapul venni. A térerősség görbék a VHF és UHF sávban különböző paraméterek függvényében képviselik a térerősség értékeket. A görbék 50% helyszázelékre készültek, ami azt jelenti, hogy a helyek legalább 50%-ban a leolvasott értéknél nagyobb térerősség várható a különböző görbékhez rendelt időszázelékokban, 10 m-es vevőantenna magasság esetén. A görbék különböző effektív antenna magasságokhoz vannak megadva. Ha 50%-tól eltérő helyszázelékre kell a térerősséget becsülni, akkor korrekciótényezőt kell alkalmazni.

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. A módszer jól alkalmazható, amikor nagyon kevés információ áll rendelkezésre a terjedési útvonal egészére. Nagyszámú útvonalat véve figyelembe, átlagban 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.

Az ITU-R P.1546 Ajánlás az adó 3-15 km-es környezetében lévő terepviszonyokat veszi figyelembe, melyet az effektív antenna magasság reprezentál 10 fokként 36 irányban. Azok a terepakadályok, melyek 15 km-nél távolabb esnek a modell alkalmazásakor nincsenek hatással a számított térerősség értékekre.

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. 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 terepadataira van szükségünk.

A rádióhullámok azonban ennél nagyobb csillapítást is szenvedhetnek, ha a rádióösszeköttetés tengelyét körülvevő I. Fresnel-zóna, - melynek mérete hullámhosszfüggő - nem tiszta térrész, azaz különböző terepakadályok lógnak be az ellipszisbe.

Egy ismert helyzetű, elhanyagolható szélességű akadály minőségrontó hatása számítható, de rendszerint a rádiócsatornát nem egy, hanem több akadály terheli.

Számos modell született, mely ezt a problémát próbálja áthidalni. Közös jellemzőjük, hogy ismerni kell a terepadatokat az adó és vételi pont közötti teljes szakaszra.

7. Zavartatási mechanizmusok

A frekvenciagazdálkodásnak alapvető célja, hogy a rádiószolgálatokon belül és a rádiószolgálatok között elektromágneses kompatibilitást biztosítson. Ebből a célból a DTT adóhálózatokat védeni kell az interferenciás zavaroktól, amelyeket a sávban és a sáv közelében működő adók okozhatnak.

Tervezési szempontból a kiosztási körzetek vagy a kijelölések egyik legfontosabb jellemzője a zavarokkal szembeni érzékenység valamint az okozott interferencia mértéke.

A DTT kiosztási vagy a kijelölések zavarérzékenységét a választott vételi mód határozza meg. A kijelölések által okozott interferenciát az adó sugárzási paraméterei határozzák meg, a számításokat valamely hullámterjedési modell (pl. ITU-R 1546., IRT_2D) segítségével végezzük el. Egy SFN esetén, amennyiben ismertek az SFN-t alkotó adók, a zavarforrást jelentő hálózatban található összes adó jelének az összegzésével állapítható meg az okozott zavar mértéke.

Kiosztási körzeteken alapuló tervezés esetén, amennyiben nem rendelünk konkrét kijelölési igényeket a kiosztási körzetekhez, a kompatibilitási számításokat a választott referencia sugárzási források (referencia hálózatok) és tervezési konfigurációk (RPC-k) segítségével lehet elvégezni.

7.1. Lehetséges zavartípusok

A földfelszíni digitális televízió-műsorszórás esetén a következő interferencia típusok lehetségesek:

- interferencia az azonos csatornájú digitális TV adóktól,
- interferencia a szomszédos csatornájú digitális TV adóktól ($n \pm 1$ cs.),
- interferencia a tükör csatornájú TV adóktól ($n + 8$, illetve $n + 9$ csatorna),
- intermodulációs zavarok,

A maximális megengedett zavaró térerősség meghatározásához szükséges védelmi értékeket a különféle DVB-T/T2 zavarrelációkra a 2.3.2. pontban adtuk meg. A zavaró térerősség kiszámítása a 2.3.9.2. pont szerint történik.

A nemzetközi koordináció és a kiosztások kijelöléssé konvertálásakor GE06 Tervnek való megfelelés ellenőrzése céljából a referencia tervezési konfigurációkra meghatározott védelmi értékeket kell alapul venni (lásd GE06 Megállapodás).

A nemzetközi koordináció során a zavaró térerősség számítása az ITU-R P.1546 Ajánlás alapján történik (a troposzférikus eset terjedési görbéit kell használni, azaz az idő 1%-a és a hely 50%-a), az interferencia számítása (bármely szolgáltatra nézve) 1 000 km-re korlátozódik. A számított értékeket az első tizedesjegyre kell kerekíteni.

Amennyiben több jelforrásból származó térerősségeket kell összesíteni, a teljesítményösszegzés módszerét kell alkalmazni. Egy kiosztás valamennyi adóállomásának a tesztpontokban kapott egyedi térerősségeit csökkenő sorrendben kell feldolgozni. A teljesítményösszegző számítás a GE06 Megállapodásban leírt módon történik.

7.2. Interferencia számítása egyfrekvenciás hálózatokhoz és kiosztásokhoz

Az igazgatásoknak a következő táblázat szerinti számítási módszereket kell alkalmazniuk, hacsak az érintett igazgatások kölcsönösen nem fogadják el más megoldást.

Eset	Leírás	Számítási módszerek
1	Több digitális kijelölés, melyek együttesen egy SFN-t alkotnak, ugyanazzal az SFN azonosítóval jelölve	Minden egyes digitális kijelöléshez külön ellátási körvonalat kell kiszámítani. Nem kell létrehozni egy olyan mindenre kiterjedő körvonalat, amely magába foglalja az összes digitális kijelölést. A digitális kijelölések közti inkompatibilitásokat nem kell figyelembe venni. A más digitális követelményekkel való inkompatibilitásokat az egyes digitális kijelölések teljesítményösszegeként kell kiszámítani. Az SFN-en belül a kijelölések interferenciáit az egyedi ellátási körvonalakra kell kiszámítani.
2	Egy kiosztáshoz kapcsolódó egy vagy több digitális kijelölés. Minden digitális kijelölés ugyanazzal a kiosztás-azonosítóval és ugyanazzal az SFN-azonosítóval jelölve.	A követelményből származó interferencia a következők közül a nagyobb érték: – az egyes digitális kijelölésekből származó interferencia teljesítményösszege; vagy – a referenciahálózatból származó interferencia, amely a kiosztáshoz kapcsolódik (ezt utóbbit az alábbi 4. esetnek megfelelően kezeljük). A kiosztást érő interferenciát a kiosztási területet meghatározó tesztpontokra számítjuk ki (lásd a 4. esetet is).
3	Egy kiosztáshoz kapcsolódó digitális kijelölés SFN azonosító nélkül. A kiosztáshoz nem adható hozzá további kijelölés a kiosztás módosítása nélkül.	A követelményből származó interferencia megegyezik a digitális kijelölésből származó interferenciával. A kiosztást érő interferenciát a kiosztási területet meghatározó tesztpontokra számítjuk ki.
4	Kiosztás hozzá kapcsolódó kijelölések nélkül.	A kiosztásból származó interferencia a kiosztáshoz kapcsolódó és a kiosztási területet meghatározó tesztpontokban elhelyezkedő referenciahálózat felhasználásával számítható. A kiosztást érő interferenciát a kiosztás kiosztási területét meghatározó vizsgálati pontokra számítjuk ki.

8. Ellátottságszámítás

8.1. Terjedési módszerek kiválasztása

Mind az ITU-R P.1546 Ajánlás, mind az egyéb digitális terepmodelleken alapuló eljárások (pl. IRT_2D) használhatók a térerősségek meghatározásához. Annak ellenére, hogy az ITU-R P.1546 Ajánlás nem vesz figyelembe minden információt a terjedési útvonalra vonatkozóan, ma ez a nemzetközileg elfogadott módszer. Országon belüli tervezésnél, vagy országok közötti kétoldalú megállapodás alapján lehetőség van digitális terepmodelleken alapuló eljárások alkalmazására is.

8.2. A jelösszegző eljárás megválasztása

A vételi pontokban szükség van zavarójelek és SFN hálózatoknál a hasznos jelek összegzésére is a zavartatás és ellátottsági számítások elvégzéséhez. A különböző jelösszegző eljárásokra példákat a 4. fejezetben találunk. A koordinációs számításokhoz használt módszert a GE06 Megállapodás írja elő, mely szerint a hasznos jelek összegzésére a k-LNM módszert, a zavaró jelek összegzésére a Power sum teljesítmény összegzési eljárást kell alkalmazni.

Hazai tervezésnél az ellátottsági terület meghatározásához más módszer is választható.

8.3. Adatbázisok létrehozása a tervezéshez

Mivel a jövőben a DTT szűkebb sávban üzemelhet a korábbiakkal szemben, ezért rendkívül körültekintő kompatibilitási számításokat igényel a tervezés során. A számításokhoz szükség van:

- a GE06 Tervben lévő, a 2017-ben megkötött kétoldalú megállapodásokban lévő és az azóta egyeztetett digitális adóállomások frekvenciakijelöléseinek és
- a GE06 Tervben lévő digitális frekvencia-kiosztási tervek adataira.

8.4. A digitális adók ellátott területének meghatározása

Az ellátottság tervezése a választott adási és vételi jellemzők ismeretében lehetséges (modulációs mód, hibajavító kódarány, stb.), amihez egy meghatározott C/N érték tartozik. A számításoknál figyelembe kell venni a többi digitális adó zavaró hatását a potenciális digitális ellátottságon belül. A figyelembe veendő potenciális zavaróadók kiválasztására megfelelő módszert adhat a védendő minimális térerősséghez viszonyított küszöb térerősség érték, amely egy megállapodás szerinti, pl. 15 dB-lel kisebb érték lehet az E_{med} -hez képest.

A már ismertetett jelösszegző eljárások valamelyikét alkalmazva kell azokat a vételi pontokat meghatározni, ahol a hasznos jel szintje nagyobb a használható térerősség számított értékénél. Ha nincs zavaró adó, a használható térerősség az E_{med} értékkel egyenlő. Az eljárás eredményeként az összes kis területre teljesülni kell a megadott helyszázalék biztosítottságának.

Ha a kompatibilitás számításból kiadódó ERP-vel a kívánt ellátottság nem érhető el, akkor egyéb módszerekkel kell a tervezett adó ellátottságát növelni. Pl. sűrű SFN hálózattal kiegészítve az ellátottsági határ közelében.

Az ellátott terület számításánál figyelembe vett védelmi érték a választott adási és vételi módok ismeretében a 2. és 8. fejezetben megadott táblázatokból választható ki.

8.5. Frekvenciakiosztás konvertálása frekvenciakijelöléssé

Frekvenciakiosztási terv alapján nem lehet digitális állomásokat üzembe helyezni, csupán arra szolgál, hogy az ezekhez kijelölt frekvenciákat védeni lehessen későbbi felhasználás érdekében. A megvalósíthatósághoz a frekvencia kiosztást frekvencia kijelöléssé kell konvertálni, mely újabb nemzetközi egyeztetést igényelhet. A konvertálás lényege, hogy az ellátottsági területen belül, a konkrét telephelyre, vagy telephelyekre megtervezzük az adóparamétereket úgy, hogy a frekvencia kijelölés által keltett zavarás ne haladja meg a frekvencia kiosztással számítottat. Ha ez teljesül, további nemzetközi egyeztetésre nincs szükség, kivéve ha adminisztratív deklarációval került be a kiosztás a GE06 Tervbe. Erről részletesebb leírás a 3.4 pontban található

8.5.1. A konvertálás lépései

A megadott terület a megengedett zavartatás figyelembe vételével többféle hálózattopológia és megfelelően választott rendszerparaméterekkel sugározható be. A tervezési feladat az, hogy a peremfeltételek figyelembe vételével megvalósíthatósági, gazdasági, stb. szempontok alapján optimális hálózat kerüljön kialakításra. Az optimális hálózat megtervezése az adók elrendezésének, számának, egymás közötti távolságának, a védelmi intervallum hosszának, a megengedett maximális ERP-nek, a szükséges kapacitás és vételi mód alapján a moduláció módjának, hibajavító kódaránynak, a vivők számának, stb. meghatározását jelenti. Az összes szempont többnyire nem, illetve csak egymás rovására, kompromisszumok árán teljesíthető.

8.5.1.1. A telephelyek kijelölése

A telephelyek kijelölése alapvetően attól függ, hogy a választott védelmi intervallum hossza mekkora. Alapvető szabály, hogy az adók közötti távolságnak akkorának kell lenni, hogy a két adó közötti jelterjedési idő egyenlő legyen a védelmi intervallum hosszával az öninterferencia elkerülése érdekében. Természetesen fordított is lehet a feladat. Megező adótelephelyek közötti távolságokhoz kell a feltételnek eleget tevő védelmi intervallumot választani. Amennyiben a távolság akkora, hogy az öninterferencia nem kerülhető el, a késleltetési idők megfelelő beállításával lehetőség lehet arra, hogy az interferencia a célterületen kívül jöjjön létre.

8.5.1.2. Az adó teljesítményének meghatározása

SFN esetén a teljesítmény megválasztása nem mindig a maximálisan megengedett teljesítmény meghatározását jelenti. SFN hálózatban ugyanis fellép az öninterferencia, amit az SFN hálózat adói okoznak a saját hálózaton belül. Ezért az ERP meghatározásánál figyelembe kell venni azt is, hogy ez a hatás ne érvényesüljön, vagy legalábbis minimális legyen. Az így meghatározott ERP alapján a választott jelösszegző eljárással ki kell számítani az eredő zavaró térerősséget a potenciálisan zavart analóg, digitális televízió állomások és egyéb szolgálatok tesztpontjaiban. Ha az eredő zavaró térerősség nagyobb, mint a frekvencia kiosztással számított, akkor az SFN adók teljesítményét addig kell csökkenteni, amíg azzal egyenlő nem lesz.

8.5.1.3. A besugárzott terület meghatározása

Az ERP-k ismeretében a választott rendszerparaméterek alapján meg kell határozni az ellátottságot. Ha a besugárzott terület kisebb, mint a frekvencia kiosztásnál rögzített, illetve nem teljesíti az előírt ellátottságot, akkor a tervezett paraméterek módosítására van szükség. Sok esetben, pl. a kapacitásra előírt megkötés miatt a modulációs mód, vagy a hibajavító kódarány módosítására nincs lehetőség, vagy nem elegendő csak ezeknek a változtatása, így az adóállomások számát kell növelni. Az új hálózatstruktúrára újból el kell végezni a teljesítmény meghatározásnál leírt vizsgálatokat. Ezeket a lépéseket addig kell ismételni, amíg az ellátottságra és zavartatásra előírt feltételek nem teljesülnek.

8.6. SFN hálózat ellátottságának számítása

A már ismertetett jelösszegző eljárások valamelyikét alkalmazva -mind a hasznos, mind a zavaró jelek figyelembe vételével —meg kell határozni azokat a vételi pontokat, ahol az eredő hasznos jel szintje nagyobb a használható térerősség számított értékénél. Az eljárás eredményeként az összes kis területre biztosítani kell a kívánt vételi módnak megfelelő helyszázalékot.

8.6.1. A hasznos jel meghatározása

A vevő bemenetén a fő jelen kívül számos visszavert jel (echó) is megjelenik különböző jelszinttel és késleltetési idővel. A többvívős adási rendszer többutas terjedési tulajdonságából adódóan, a különböző adóktól érkező jelek a vevőantennánál összeadódnak, és növelik a hasznos jel szintjét. A természetes echók késleltetése kb. 20-30 μ s, a 6-9 km útkülönbségből adódóan. SFN adók esetén ezen kívül az SFN többi adójától érkező mesterséges echók is fellépnek, melyek nagyobb amplitúdóval, és nagyobb késleltetéssel jelentkeznek a vevő bemenetén. A mesterséges echók késleltetési idői közötti eltérés függ az adóállomások távolságától, amit a hálózat topológia határoz meg. Pl. nagy SFN hálózatban 100 km-es távolságok esetén 330 μ s az eltérés, míg kis SFN-nél 10 km-t feltételezve 33 μ s. Nagy SFN-ben a mesterséges echók késlekedése a domináns, míg kis hálózatban a mesterséges és természetes echóké közel azonos. Az SFN technológia egyik korlátozó tényezője a hálózat öninterferenciája. Ha egy távoli adótól érkező jel többet késik, mint amennyit a védelmi intervallum lehetővé tesz, a beérkező jel vagy annak egy része zajszerű zavarásként viselkedik, nem pedig hasznos jelként. Az öninterferencia az SFN-ben az adók közötti távolság csökkentése mellett a védelmi intervallum növelésével csökkenthető. Nem szabályos elrendezésű hálózatokban az öninterferencia csökkenthető bizonyos adóknál beiktatott idő-offsettel is.

9. Moduláció átvitel

A moduláció átvitel követelménye a moduláló jel minőségének megtartása.

Modulációt a stúdió(k) és a technikai multiplex szolgáltatás telephelye között, valamint a technikai multiplex szolgáltatás telephelye és a tervezett adó(k) között kell biztosítani. A moduláció átvitel biztosítható

- Vezetékes úton (koax-kábel, optikai szál)
- Mikrohullámú összeköttetéssel
- Műholdról, illetve
- Átjátszás útján