

## TÉRINFORMATIKA ALAPÚ EMC ANALÍZIS MŰSORSZÓRÓ ADÓK ÉS A MŰSORSZÓRÓ SÁVBAN ÜZEMELŐ KATONAI ESZKÖZÖK KÖZÖTT

### *Absztrakt*

*A cikkben bemutatott példákban látható, hogy rádióösszeköttetések esetén a zavar mértékének megítélése, valamint a megfelelő vételi minőség megítélése a választott térerősség becslő módszertől függően eltérő lehet. A térinformatika egy eszköz ahhoz, hogy a különféle DTM alapú, s ebből következően pontosabb modellek alkalmazására lehetőség nyíljon. Nem szabad azonban elfeledkeznünk arról, hogy mindegyik módszer becslésen alapul, így mind a szubjektív, mind az objektív (mérés) megítélés ettől eltérő eredményt adhat. Amit elmondhatunk az az, hogy az idő és hely meghatározott százalékában (többnyire hely=50%, idő=90-99%) nagy valószínűséggel a számított értékhez közeli térerősséget hoz létre a vizsgált adó. A becslési módszer kiválasztásánál ezért nemcsak spektrumgazdálkodási, hanem biztonsági szempontok is megfontolásra kerülhetnek.*

*In the article, the examples clearly show that the value of predicted interfering field strength and predicted wanted field strength depends on the chosen wave propagation model. The geographical information system can be useful as it gives the possibility to use more precise prediction methods based on digital terrain model. We must not forget, however, that all methods are based on prediction: real/measured values can differ from predicted ones in certain cases. What we can say is that the calculated field strength is close to the real value in the chosen percentage of time (etc. 90-99%) and the chosen percentage of location (etc. 50%). That is the reason that when we take measures regarding the more appropriate field strength prediction method, we have to consider not only spectrum management but security aspects as well.*

**Kulcsszavak:** térinformatika, digitális terepmodell, térerősség meghatározása, hullámterjedési modellek, EMC analízis

## BEVEZETÉS

Az információs társadalom egyik meghatározó jellemzője, hogy nagymennyiségű információ előállítására, **továbbítására** és feldolgozására kerül sor. A megsokszorozódott információ továbbítása csak az átviteli utak számának növelésével, átviteli kapacitásának növelésével, új technológiák bevezetésével (digitalizáció, jeltömörítés, stb.) valósulhat meg.

Rádiókommunikációs eszközök esetén az átviteli utak számának növelése új rádióösszeköttetések megvalósítását jelenti (ami lehet pont-pont, vagy pont-terület közötti összeköttetés egyaránt), melyhez „szabad”, „zavarmentes” frekvenciákat kell biztosítani. A rádiófrekvenciás spektrum azonban véges erőforrás. Az összeköttetésekre vonatkozó növekvő igények kielégítése, a zavarmentes összeköttetések biztosítása egyre nehezebb feladat. A műsorszórást tekintve például az elmúlt negyven évben több mint 80 000 televízióállomást helyeztek üzembe Európában. A volt Varsói Szerződés országaiban még tovább nehezíti a helyzetet, hogy a műsorszóró sávból kisebb-nagyobb részt foglalva katonai berendezések is üzemelnek.

A túlszűfolt sávban szükségessé vált olyan módszerek kidolgozása és alkalmazása a rádióösszeköttetés tervezésben, mely a spektrum lehető leggazdaságosabb felhasználását biztosítja. Az érintett rádióállomások, de különösen a katonai léginavigációs berendezések zavarmentes működésének biztosítása érdekében nagyon fontos, hogy a televízió állomások és katonai eszközök közötti zavaró hatást a szükséges pontossággal meg tudjuk határozni megfelelő térerősség becslő módszerek és modellek megválasztásával.

Egyik lehetőség a térinformatikára támaszkodó, számítógéppel támogatott hullámterjedési modellek alkalmazása.

Összeköttetés tervezéshez a frekvenciasávtól és a rádiószolgálat típusától függően eltérő módszerek állnak rendelkezésre. Általánosságban azonban elmondható, hogy minden összeköttetés tervezés alapja a rádióállomás egy adott földrajzi helyen létrehozott térerősség értékének a meghatározása.

## A TÉRERŐSSÉG MEGHATÁROZÁSA

A rádióhullámok szabadtéri terjedését feltételezve a csillapítás mértéke az

$$L = 20 \log \left( \frac{4\pi d}{\lambda} \right) \text{ dB} \quad (1)$$

formulával határozható meg. Kismagasságú légi, vagy földfelszíni összeköttetések esetén azonban a terep különböző mértékű csillapító hatását is érdemes figyelembe venni egy adott távolságon túl, különösen az UHF sávban. 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) alkalmazása nyújtja [7].

A digitális terepmodell a térinformatikai rendszer (geographical information system- GIS) része, a terep egy célszerűen egyszerűsített mása, mely számítógépen tárolható formában előállított rendezett adathalmaz a terepinformációknak. A tárolt információk tematikus rétegeket alkotnak, melyek magukba foglalják a terepet jellemző objektumokat (pl. úthálózat, települések, vízrajz, beépítettség, stb.), valamint a különböző magassági adatokkal történő műveletek végzéséhez, - mint láthatóság vizsgálat (2. ábra) - a domborzat adatait (digitális domborzati modell - DM) [3], [6]. A digitális domborzati modell az egyes koordinátákhoz tartozó magassági adatokat rácshálózat formájában tárolja, mely rácshálózat méretei az alkalmazástól függően változhatnak [1].

A térerősség meghatározására különböző hullámterjedési modellek léteznek, melyek eltérő pontossággal, illetve eltérő terepviszonyokra képesek a valóságot közelítő értékek becslésére. 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. Meg kell azonban jegyezni, hogy például nemzetközi frekvenciaegyeztetési eljárásokban nem a DTM alapú, hanem az ún. „site-general” módszerek az elfogadottak. DTM alapú számítások az országok közötti két- vagy többoldalú megegyezések alapján alkalmazhatók.

## A MŰSORSZÓRÓ SÁVBAN ÜZEMELŐ KATONAI ESZKÖZÖK

Európában a televízió (analóg és digitális) műsorszórás számára a 470-862 MHz sáv nem kizárólagosan van kijelölve. Számos egyéb, nem műsorszó szolgáltatást üzemel a műsorszó sávban, mint

- fix szolgálatok
- mobil eszközök
- légi rádió navigációs eszközök címszó alatt különböző katonai berendezések
- mobil műholdas berendezések
- stb.

amit a Nemzetközi Rádiószabályzat (RR) tesz lehetővé. A légi rádió navigációs eszközök a 645-862 MHz sávban működnek az RR szerint. Magyarországon ebben a tartományban jelenleg négyféle katonai rendszer működik [9]:

- A légvédelmi elhárító rendszerek az 52, 54, 55, 57 és 60-as TV csatornákat veszik igénybe, melyek békeidőben nem kerülnek felhasználásra.
- Az aktív válaszadó rendszer berendezései a 730-750 MHz-es (54-56. TV csatornák) sávban működnek.
- Az RSZBN közel-navigációs rendszerei a műsorszó sávban a 770-812,8 MHz-t használják. Magyarország számára a 800-808 MHz-es sávot osztották ki, melyek a 62-63. TV csatornákat érintik.
- A rádiólokátorok részére a 814-890 MHz-es sáv van fenntartva. Ezen belül lehetőség van a frekvenciák váltására, melyre békeidőben ritkán van szükség. Magyarországon a 66-67. TV csatornák kerülnek felhasználásra.

A 44-46. TV csatornában működő repülőgépek saját-idegen felismerő (IFF) rendszereit a NATO-hoz történő csatlakozásunkat követően kivonták a forgalomból.

A volt Varsói Szerződés országaiban ugyanezek a katonai eszközök kerültek üzembe helyezésre, melyek országoktól függően azóta is folyamatosan üzemelnek (pl. Ukrajna), illetve kivonásuk folyamatban van (pl. Csehország, Szlovákia).

A televízió állomások frekvencia és besugárzás tervezésekor, illetve a televízió műsorszó és nem műsorszó szolgáltatások védelmének biztosításakor (EMC analízis) a katonai és műsorszó szolgáltatások egymásra gyakorolt hatását is figyelembe kell venni.

## BESUGÁRZÁS TERVEZÉS [10]

Műsorszóró szolgálat esetén „pont-terület” egyirányú összeköttetést kell megvalósítani. A tervezés során ezért a műsorszóró adó helyének kiválasztása, sugárzási paramétereinek a meghatározása, valamint a besugárzott, műsorral ellátott terület meghatározása a feladat. A televízió adó ellátott területének a megbecsülése ma már elképzelhetetlen DTM alapú számítások nélkül.

A tervezés alapvetően a következő lépéseket foglalja magában.

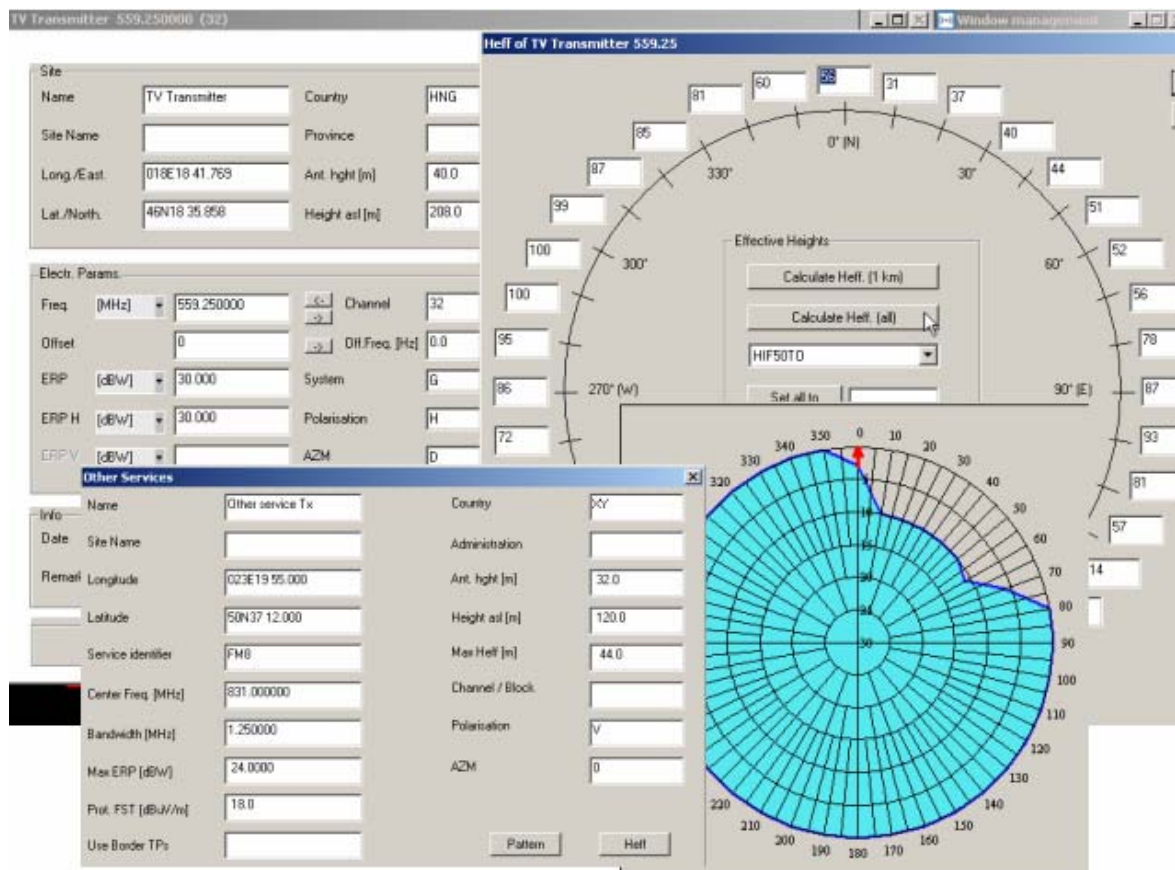
- Adatbázisok létrehozása a tervezéshez
- Tervezési kritériumok felállítása, mint
  - telephely, antennamagasság, antenna karakterisztika megválasztása
  - a jelszintek és védelmi értékek megválasztása.
  - Térerősség becslő módszer megválasztása
- EMC vizsgálatok
- Az adó ellátott területének meghatározása

### Adatbázisok létrehozása a tervezéshez

A televíziózás kezdeti időszakában (a 70-es évekig) a televízió állomások adatainak (hazai és külföldi) tárolása papír alapú kartoték rendszerben valósult meg. A számítások kézi módszerrel, majd később némi számítógépes támogatással történtek. Ekkor még a terepviszonyokat figyelembe vevő, DTM alapú tervezés szóba sem kerülhetett. A műsorszóró állomások számának rohamos növekedése, az ezzel összefüggő számítások időigénye, a számítástechnika fejlődése a számítógéppel támogatott tervezés elterjedéséhez, manapság pedig nélkülözhetlenségéhez vezetett.

A számítógépes analízishez szükség van a megfelelő adatok számítógépes tárolására, azaz a számításoknál figyelembe vett rádióállomások - analóg és digitális televízió, valamint nem műsorszóró állomások – földrajzi és sugárzási adatainak a tárolására, továbbá DTM alapú számításoknál terep információkra is [3].

A rádióállomás adatbázis tartalmaz minden olyan adatot az adóról, melyet a tervezés során figyelembe kell venni, illetve amelyekkel különféle számításokat kell végezni. Ilyenek például a frekvencia, koordináta, antennarendszer, polarizáció, sáv szélesség, stb. (1. ábra).



1. ábra  
Rádióállomások adatainak számítógépes tárolása

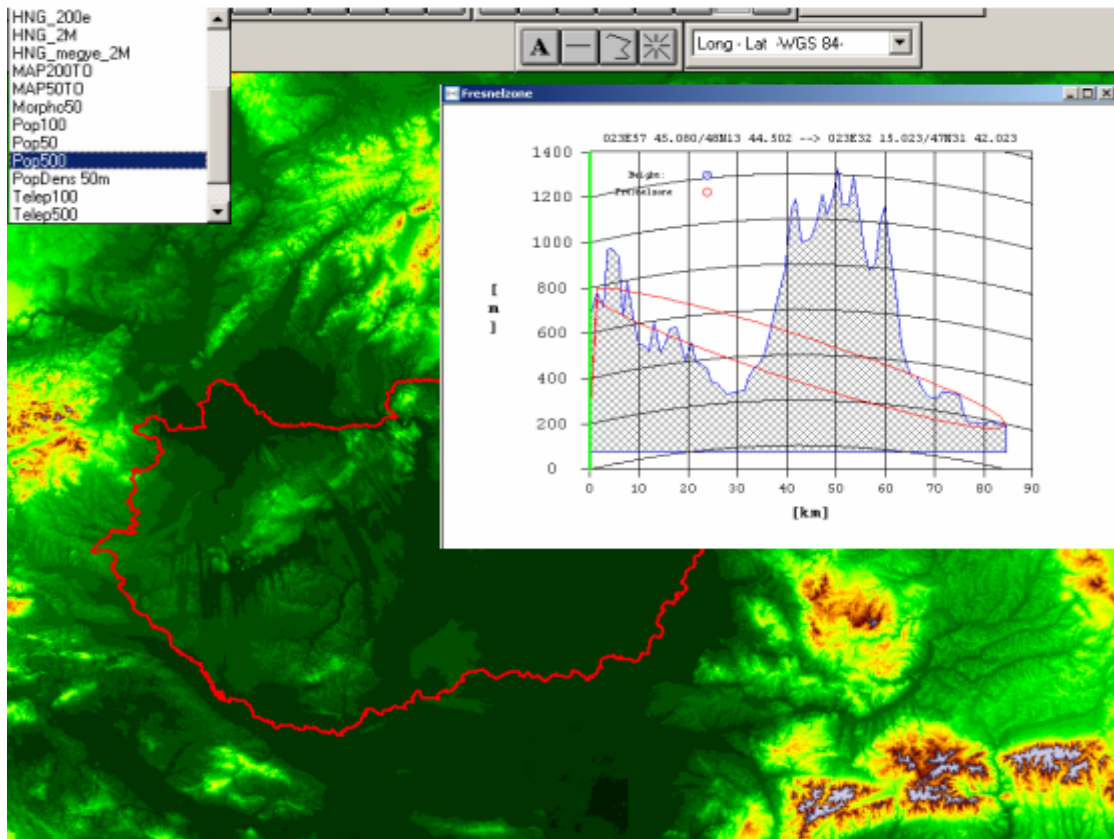
Az adatbázisban egyrészt a saját állomásaink (televízió, katonai eszközök) adatait, másrészt a szomszédos országok adatait kell tárolni, illetve aktualizálni.

A számítógépes támogatás kezdetben csak a megnövekedett számítások elvégzését helyettesítette, a korábbi ITU-R P. 370-es terjedési görbéken (a mai ITU-R P.1546-os elődje) és a rádióállomások adatain alapuló módszerek alkalmazásával.

Bár a DTM-en alapuló különböző hullámterjedési modellek már régóta rendelkezésre álltak, a DTM-ek hiánya, annak pénzügyi feltételei széleskörű alkalmazásukat nem tette lehetővé. A térinformatikára támaszkodó összeköttetés tervezéséhez szükséges szoftverek térhódítása, a spektrumhatékony tervezési módszerek alkalmazása, a valóságot minél jobban közelítő besugárzás tervezés iránti igény hatására a 90-es évektől beszélhetünk csak a térinformatikán alapuló összeköttetés tervezés elterjedéséről a polgári szférában.

A térinformatika alapú URH rádiótervezés hatékonysága nagyban függ az adatok mennyiségétől és az adatelemzés hatékonyságától. A térinformatikai adatbázis alapvetően egy grafikus adatbázisból, illetve a grafikus adatbázis megfelelő rétegeihez kapcsolódó alfanumerikus (leíró) adatbázisból áll [2], [3].

A grafikus adatbázis alapját a digitális térképek képezik, melyek különböző méretarányúak lehetnek. A leggyakoribb felbontás [5] az 1000x1000m, 200x200m és az 50x50m (2. ábra).

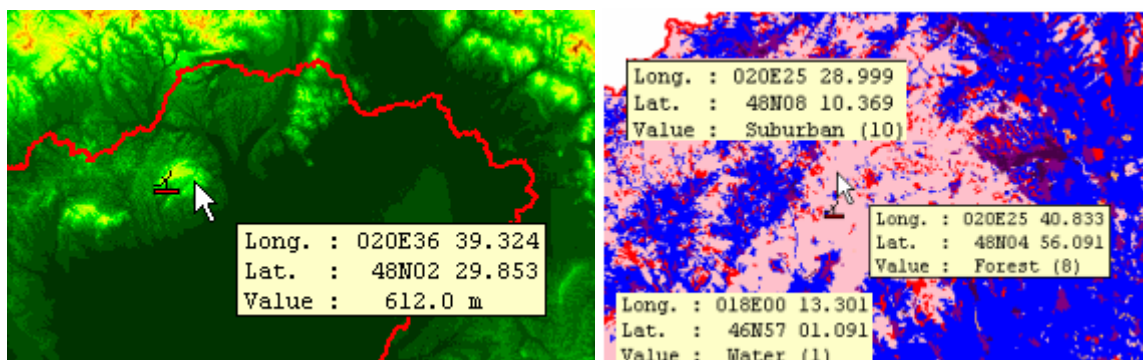


2. ábra  
Digitális domborzati modell és terepmetszet

### Tervezési kritériumok felállítása

#### *Telephely megválasztása*

Televízió állomások helyének megválasztásakor legtöbbször az az elsődleges szempont, hogy a környezethez képest magasan helyezkedjen el az adóantenna. Új telephely kiválasztásának még mindig az a leggyakoribb módja, hogy a tervező mérnök más szakemberek kíséretében terepszemlét tart, majd az alkalmasnak ítélt hely koordinátáit -ma már GPS segítségével- meghatározza. Időt lehet megspórolni, ha DTM segítségével, koordináta, magassági (3.a. ábra), beépítettségi (3.b. ábra), stb. adatok, és próbaszámítások alapján tervezőasztal mellett kerülnek meghatározásra a szóba jöhető telephelyek. A bejárást ezt követően már célorientáltan, rövidebb idő alatt lehet elvégezni.



3.a és 3.b ábra  
Telephely kijelölés DM és beépítettségi adatok alapján

## *Jelszintek és védelmi értékek*

Egy TV adó ellátottságának a hasznos és a zavaró térerősségek meghatározása az alapja.

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

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 besugárzási területén belül más adók mekkora zavaró jelszintet hoznak létre. Egyedi jel zavaró térerőssége ( $E_{ni}$ ) a **nem kívánatos jel** (zavaró adó) **térerősségének** ( $E_i$ ), a megfelelő védettségi szintnek ( $A_i$ ), és a vevőantenna irányítottságából/keresztpolarizációból adódó ( $A_R$ ) védelemnek az összege, mely az

$$E_{ni} = E_i + A_i + A_R \quad (2)$$

képlettel határozható meg.

A számításokban több adótól származó zavaró jeleknek az együttes hatásával kell számolnunk, melyeket alkalmasan választott térerősség összegző módszerrel határozunk meg (pl. Power Sum, Monte-Carlo, k-Log-Normal).

A **használható térerősség** 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 interferencia jelenléte mellett.

A minimális jelszint és a védelmi értékek mérések és/vagy számítások alapján meghatározott, és ITU ajánlásokban elfogadott értékek.

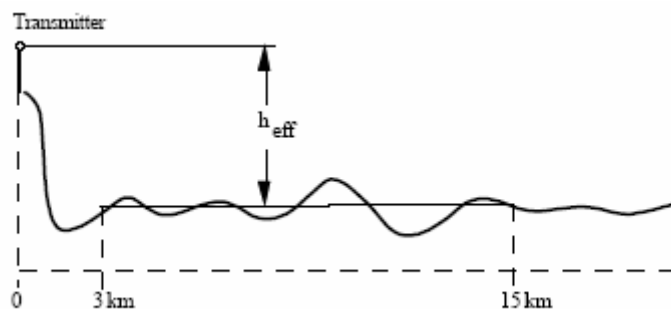
A nehézséget a hasznos és a zavaró adó által létrehozott térerősségek meghatározása jelenti.

## *Térerősség becslő módszer megválasztása*

### *ITU-R P. 1546*

Az ITU-R P. 1546 Ajánlás egy ún. „site-general”, azaz az adó egy adott környezetben 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-os modell [4] az adó 3-15 km-es környezetében lévő terepviszonyokat veszi figyelembe (4. ábra), 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. Ennek az a következménye, hogy a kívül eső nagyobb terepakadályok esetén a modell túlságosan optimista, azaz nagyobb térerősség értékeket eredményez.



4. ábra  
Effektív antennamagasság meghatározása [4]

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 terep adataira van szükségünk.

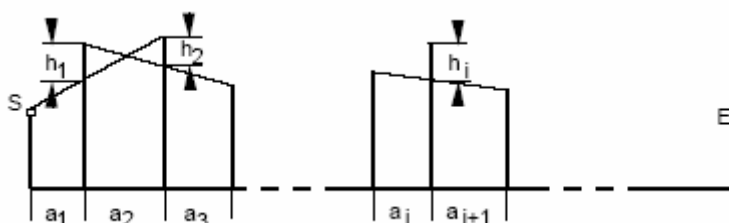
A rádióhullámok azonban ennél nagyobb csillapítást is szenvedhetnek, ha a rádióösszeköttetés tengelyét körülvevő I. Fresnel-zóna, - melynek mérete hullámhosszfüggő - nem tiszta térrész, azaz különböző terepakadályok lógnak be az ellipszisbe [8].

Egy ismert helyzetű, elhanyagolható szélességű akadály minőségrontó hatása számítható, de rendszerint a rádiócsatornát nem egy, hanem több akadály terheli (6.b. ábra).

Számos modell született, mely ezt a problémát próbálja áthidalni [6]. Közös jellemzőjük, hogy ismerni kell a terepadatokat az adó és vételi pont közötti teljes szakaszra.

#### *Epstein-Peterson modell*

A modell a szabadtéri csillapításon túl az akadályonként külön-külön számított csillapításokat is figyelembe veszi. Az egyes terepakadályokat késél akadálynak feltételezi (5. ábra) és a Fresnel-Kirchhoff összefüggéssel számolja. A földgömbületet a  $k$  faktoriall veszi figyelembe [8].



5. ábra  
Az egyes akadályok figyelembe vétele az Epstein-Peterson modellben

Ez a modell is túlbecsüli a térerősséget, tehát alábecsüli a csillapítást.



Epstein-Peterson módszerén kívül a gyakorlatban a Japán modell is használatos. Epstein-Peterson módszeréhez hasonlóan a rádiócsatorna egyik végpontjától (adó) indul a másik végpont (vevő) felé. Az egyes akadályok okozta minőségromlási mutatót úgy határozza meg, hogy a virtuális vevőt a vizsgált akadályt sorrendben követő akadályra helyezi. Az adó pozícióját nem változtatja, viszont az adó virtuális magasságát a vizsgált és az azt sorrendben megelőző akadályokra fektetett egyenesnek az adó antenna helyén kimetszett magassága adja [6].

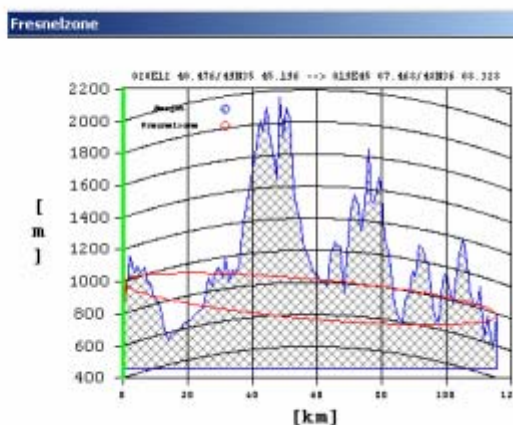
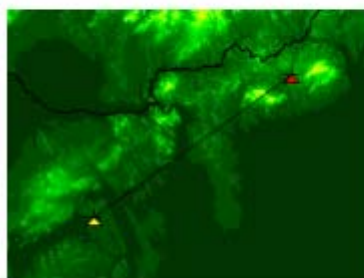
Az Okumura módszerével számított csillapítás – az ITU-R P.1546 TCA-hoz hasonlóan - korrelációban van a vételi hely és környezete terepadottságaival, ezért alkalmas beépítettség adatok figyelembe vételére is. A modell érdekessége, hogy mérési eredményeken alapuló összetevőket is tartalmaz a térerősséget meghatározó összefüggés. A beépítettség figyelembe vétele a vízfelülettől a sűrűn lakott, felhőkarcolókkal beépített városi környezetig terjed, ahol a vett térerősség szintjében 28 dB különbség adódik. A kettő között helyezkedik el a mezőgazdasági terület, erdő, külvárosi környezet, stb. a számított csillapítás értékét tekintve. A modell valójában akkor alkalmazható, ha a térinformatikai adatbázis tartalmazza a beépítettségre vonatkozó információkat is [8].

A számítógépes alkalmazásokban sokszor találkozunk az ismert modellek és módszerek továbbfejlesztésével, kiegészítésével, esetleg adott, speciális környezetre alkalmazható mérési eredmények implementálásával is. Ezek ismertetése sem terjedelmi okok miatt, sem pedig az adott alkalmazások speciális jellege miatt nem célszerű, azonban a későbbiekben ilyen módszerre is láthatunk példát.

## EMC VIZSGÁLATOK TELEVÍZIÓ ADÓ ÉS KATONAI ESZKÖZÖK KÖZÖTT

### Televízió adó katonai eszközre gyakorolt zavaró hatásának a meghatározása

Új televízió adó üzembe helyezésekor meg kell vizsgálni, hogy nem okoz-e más műsorszóró, vagy nem műsorszóró (katonai) adó vételében elfogadhatatlan mértékű zavarnövekedést. A zavaró térerősség meghatározása a fent ismertetett módszerek egyikével történhet. A módszer megválasztásánál általában tekintettel kell lenni a spektrum túlszűfoltosságára, azaz ügyelni kell arra, hogy túlságosan pesszimista becsléssel, azaz a zavaró hatás túlbecsülésével ne hogy szükségtelenül korlátozzuk az új adók üzembe helyezését. Az alábbi táblázatban számítási eredmények találhatók az ismertetett módszerek alkalmazásával, valamint további, a rendelkezésre álló tervező szoftver által kínált L&S VHF/UHF és 3D modell segítségével meghatározott zavaró térerősségekre, melyeket adott katonai eszköz vételi pontjára számítottunk. Az adó (televízió) és vételi pont (katonai berendezés vevője) közötti domborzati viszonyokat a 6.a. és 6.b. ábrák mutatják.



6.a és 6.b ábra  
Terepmetszet az adó és vételi pont között

Alkalmazott modell	TV adó zavaró térerősségének szintje [dB $\mu$ V/m] a vételi pontban	Eltérés az ITU-R P. 1546-hoz viszonyítva [dB]
ITU-R P. 1546	46.3	-
ITU-R P. 1546 TCA-val	43.2	3.1
Epstein-Peterson	44.2	2.1
Okumura-Hata	34.4	11.9
L&S VHF/UHF	36.2	10.1
3D	27	19.3

### 1. táblázat

Televízió adó által létrehozott zavaró térerősség a katonai berendezés vételi helyén

Az eredményekből kitűnik, hogy a terepadottságokat egyre pontosabban figyelembe vevő módszerek kisebbnek értékelik a televízió adó által okozott várható zavar mértékét. Egy pillantást vetve az adó és vevő pont közötti terepmetszetre (6.b ábra) az eredmények a várakozásnak megfelelőek, hiszen igen magas akadályok találhatók a rádióhullám terjedésének az útjában.

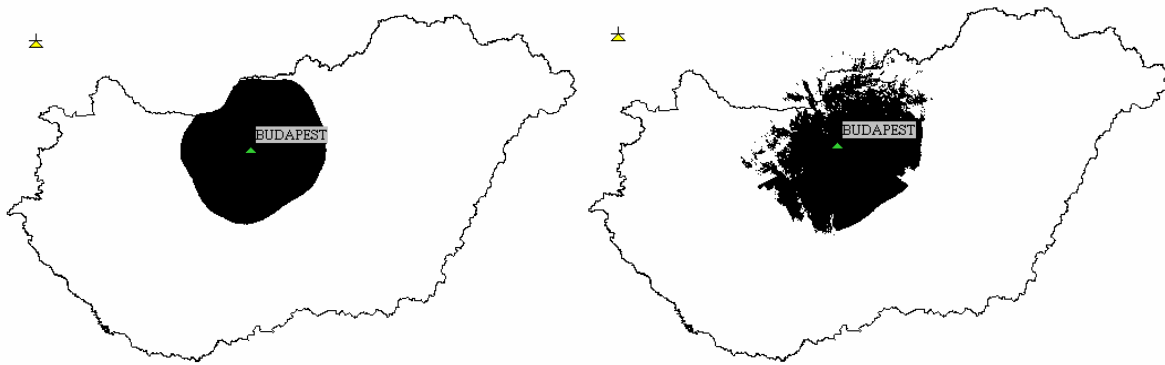
## TELEVÍZIÓ ADÓ ELLÁTOTT TERÜLETÉNEK A MEGHATÁROZÁSA

Egy televízió adó ellátott területe azoknak a pontoknak az összessége, melyekben az adott térerősség becslő módszerrel számított hasznos jel szintje nem kisebb a használható térerősségnél. Minden egyes pontra az egyedi zavaró térerősségeket az (2) képlettel határozhatjuk meg a zavaró jelszintek ugyancsak adott térerősség becslő módszerrel számított értékeinek a behelyettesítésével.

Az alkalmazott hullámterjedési modelltől függően a becsült ellátott terület igen eltérő lehet. A következőkben példákon keresztül követhetjük végig, hogyan függ az ellátott terület az alkalmazott modelltől, a DTM felbontásától, a beépítettségtől, valamint egy nem műsorszóró adó zavaró hatásától. Míg egy nemzetközi, vagy akár országon belüli frekvencia egyeztetés során elfogadott módszer a legrosszabb esetre történő számítás, tehát az ITU-R P. 1546

alkalmazása, addig a besugárzás tervezésnél a minél pontosabb, a valóságot legjobban reprezentáló módszer alkalmazása az elvárás.

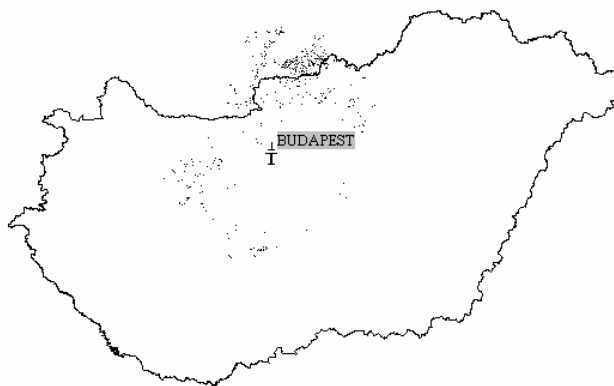
A következő példákban szembevető a különbség az ITU-R P. 1546 tereptisztasági szöggel (DTM használata a vevő körül 16 km-ig), illetve anélkül számított eredmények között. A DTM-mel végzett számítások között az eltérés nem mindig jelentős, azonban a különbség így is felfedezhető (7-12. ábra).



ITU-R P. 1546 (1000m)

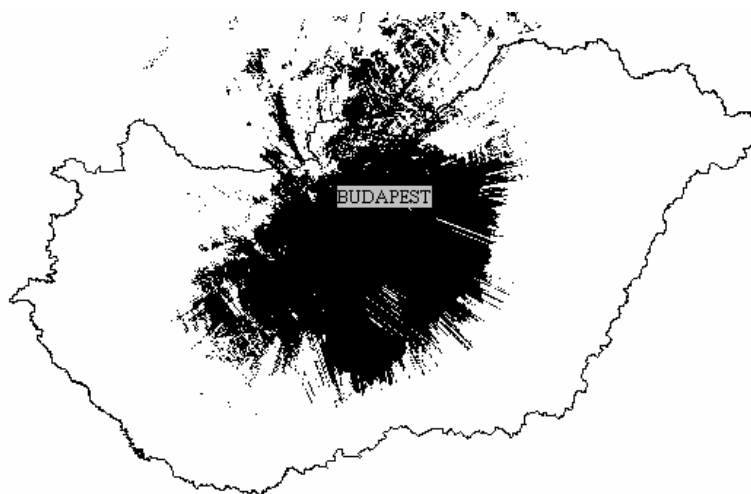
7. ábra

ITU-R P. 1546 (1000m) TCA-val



8. ábra

Különbség ITU-R P. 1546 (TCA) 200m-es és 1000m-es felbontás esetén



9. ábra

## Epstein-Peterson modell



10. ábra  
L&S VHF/UHF modell

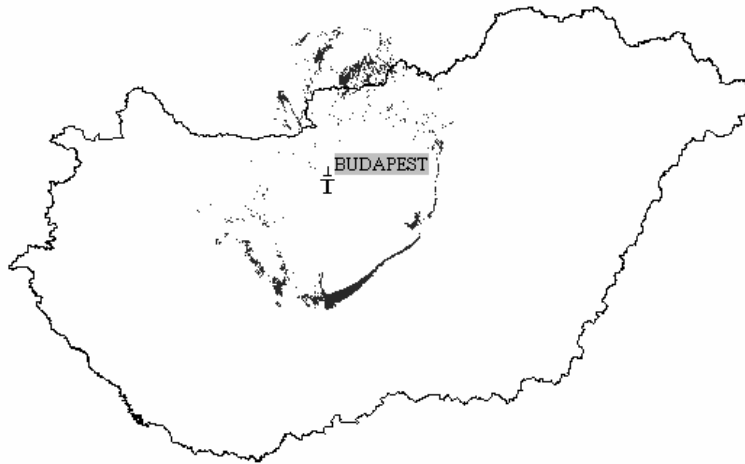


11. ábra  
Okumura-Hata modell beépítettség figyelembe vételével és anélkül



12. ábra  
3D modell

A 13. ábrán egy példa látható arra, hogy mennyire szűkítheti be a vételt egy közelben üzemelő RSZBN berendezés.



13. ábra

Televízió adó vételkörzetének beszűkülése a közelben üzemelő RSZBN berendezés zavara miatt

## A HULLÁMTERJEDÉSI MODELLEK ALKALMAZÁSA A GYAKORLATBAN

A 90-es évek végéig a televízió adók és a sávban üzemelő katonai berendezések között elektromágneses összeférhetőségi vizsgálatokat sem Magyarországon, sem a többi volt VSZ országban nem végeztek. Ez két okra vezethető vissza. Egyrészt - titkossági szempontok miatt - a katonai berendezések telepítési helyére, valamint a berendezések műszaki paramétereire vonatkozó adatok nem álltak rendelkezésre a polgári szféra számára. Másrészt a számításokhoz szükséges védelmi paraméterek, - melyeket elsősorban mérésekkel lehet meghatározni - nem voltak ismertek. A katonai eszközök védelmére kézenfekvő megoldásaként adódott, hogy a katonai berendezés üzemi frekvenciáján, és a szomszédos TV csatornákon a televízió adók telepítését belföldön és az országhatártól akár több száz kilométerig a szomszédos országokban nem engedélyezték. 1997-ben a digitális televíziózás igényének megjelenésekor nyilvánvalóvá vált, hogy az érintett országokban - a katonai eszközök használói és a szomszédok - az új szolgáltatás frekvenciaigényének kielégítése ilyen pazarló frekvenciafelhasználás mellett nem lehetséges. A Chester'97 Megállapodás 3. határozatában [11] ezért arra kérték az érintett országokat, hogy az összeférhetőségi vizsgálatok elvégzéséhez szükséges hiányzó paramétereket bocsássák rendelkezésre.

Magyarországon - egyedülállóan - 1996 és 1999 között a volt Hírközlési Főfelügyelet, a Kormányzati Frekvenciagazdálkodási Hivatal, a BME Mikrohullámú Tanszék és a HM Elektronikai Hadviselés Főnökség együttműködésével egy olyan mérési sorozat elvégzésére került sor, mely a műsorszórási sávban üzemelő összes katonai eszközre meghatározta többek között a védendő minimális térerősséget (E<sub>min</sub>), valamint a védelmi értékeket (PR) analóg és digitális televízió viszonylatában [12]. Lengyelországban szintén végeztek méréseket az RSZBN rendszer védelmi viszonyainak meghatározására.

Az eredményeket megküldtük a CEPT-nek (Európai Postai és Távközlési Igazgatások Konferenciája), valamint a hasonló katonai rendszereket működtető országok érintett hivatalainak.

Annak ellenére, hogy nemzetközi szinten még mindig vannak viták némely védelmi paraméter tekintetében, Magyarországon kívül több ország is (pl. Csehország, Szlovákia) alkalmazza a magyar mérési eredményeket az interferencia vizsgálatokban 1997-től kezdődően.

A valós védelmi viszonyokat figyelembe vevő EMC analízisek az érintett résztvevők egyetértésével a zavar szempontjából legpesszimistább becslési módszer, így a legnagyobb biztonságot nyújtó ITU-R P. 1546 módszer alkalmazásával történik jelenleg. Annak ellenére, hogy DTM alapú számításokkal a spektrum felhasználás hatékonysága feltételezhetően még valamelyest javulhatna, az elért eredmények rendkívüli jelentőséggel bírnak. Ma már több, korábban tiltott TV csatorna részben vagy teljesen felszabadult televíziózásra.

A televízió vételi zavarának elemzésénél az alkalmazott hullámterjedési modell két- és többoldalú megállapodások alapján DTM alapú is lehet a korszerű spektrumgazdálkodási módszerek kölcsönös alkalmazása révén.

## KÖVETKEZTETÉSEK

Rádióösszeköttetések tervezése ma már elképzelhetetlen térinformatikai rendszer alkalmazása nélkül. A GIS részét képező digitális terep modell különböző térerősség meghatározó módszerek kulcsfontosságú eleme. Mivel mindegyik módszer becslésen alapul, az alkalmazott modelltől függően pontosabb, vagy kevésbé pontos eredményeket kapunk. Az eltérés igen nagy is lehet. Míg a televíziózásban a zavar becslésének pontatlansága „csak” a tévzés élményét befolyásolhatja, addig a légi rádió navigációs katonai eszközöknél a repülés biztonságát veszélyeztetheti. A spektrum hatékony kihasználása érdekében a televíziózásban egyre elterjedtebb a precízebb számítások alkalmazása. A katonai eszközöknek okozott zavarok becslésében is nagy előre lépés történt az elmúlt tíz évben. Érthető okokból azonban ma még a legpesszimistább térerősség becslő módszert alkalmazzák az érintett országok katonai frekvencia felhasználást szabályozó hatóságai. A spektrum, a szűkös erőforrás kihasználása így is lényegesen javult.

## FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] Haig Zsolt: URH Rádiózavarás tervezése informatikai eszközökön, Bolyai szemle, 1996. V./4. szám
- [2] Haig Zsolt: Az elektronikai harc térinformatikai adatbázisa, Hadtudomány, 1996/4. szám
- [3] Haig Zsolt: Az elektronikai felderítés tervezése térinformatikai eszközökön, Hadtudományi tájékoztató, 1996/2
- [4] Recommendation ITU-R P.1546-2, 2005
- [5] dr. Koós Árpád: Digitális terepmodellek alkalmazása, <http://www.otk.hu/cd9198/tart1992.htm>
- [6] Horváth Zoltán: A térinformatika katonai alkalmazása digitális harcmezőn, <http://www.zmka.hu/tanszekek/ehc/konferencia/april2001/horvath.html>
- [7] Dr. Sárközy Ferenc: Térinformatika, [http://www.agt.bme.hu/tutor\\_h/terinfor/tbev.htm](http://www.agt.bme.hu/tutor_h/terinfor/tbev.htm)
- [8] L&S Telcom AG: CHIRPlusBC Technical reference
- [9] A 630-862 MHz sávban üzemelő katonai rendszerek és a TV műsorszórás kompatibilitási kérdései, tanulmány, HÍF Frekvenciagazdálkodási Igazgatóság, 1996
- [10] Kissné Akli Mária: A DVB-T hálózattervezés gyakorlata, előadás, TV 2002, 10. Televízió- és hangtechnikai konferencia és kiállítás, Danubius Thermal Hotel Margitsziget, 2002. 05. 29-30

- [11] The Chester 1997 Multilateral Coordination Agreement, Chester, 25 July 1997
- [12] Mérési jegyzőkönyvek televízió adók és különböző katonai berendezések védelmi értékeinek meghatározásáról, 1996-1999