

Nemzetközi frekvenciakoordináció a gyakorlatban

Előadó:

UNGER TAMÁS ISTVÁN

M.Sc. szakos villamosmérnök hallgató
Széchenyi István Egyetem

Nemzetközi frekvenciakoordinációs szakértő
Nemzeti Média és Hírközlési Hatóság

"WEB TECHNOLÓGIÁK" ELŐADÁS
SZÉCHENYI ISTVÁN EGYETEM
GYŐR

2015/2016/I.

Tartalom

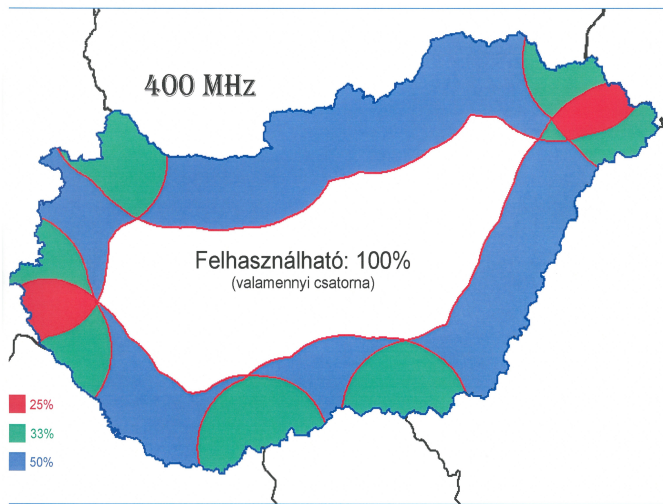
- 1 Bevezetés - "Már az ókori görögök is..."
 - Társasház
 - Magyarország és szomszédai
- 2 Miért van szükség frekvenciakoordinációra?
- 3 A földi mozgószolgálat kijelöléseinek koordinációja
 - Az egyeztetési eljárás alapja
 - Az egyeztetési eljárás gyakorlati nehézségei
- 4 A zavaró térerősség meghatározása
 - Szabadtéri terjedés, terjedési görbék
 - Korrekciós tényezők
- 5 Egy gyakorlati példa
 - Magyar hálózat nemzetközi koordinációja
 - Külföldi beérkező kérelem elbírálása
- 6 Kitekintés — az eljárás továbbfejlesztési lehetőségei a földi mozgószolgálat vonatkozásában
 - Rugalmas működési terület definiálása
 - Duplex bázis-mobil összeköttetés vizsgálata fiktív topográfián
 - Szimplex összeköttetés vizsgálata valós topográfián

A társasház, mint példa



1. ábra. Közösségi élet — írott és íratlan szabályok mentén

Magyarország és szomszédai



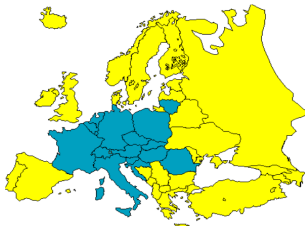
2. ábra. Hét szomszédos ország — együttműködés a határmenti övezetekben

Tartalom

- 1 Bevezetés - "Már az ókori görögök is..."
 - Társasház
 - Magyarország és szomszédai
- 2 Miért van szükség frekvenciakoordinációra?
- 3 A földi mozgószolgálat kijelöléseinek koordinációja
 - Az egyeztetési eljárás alapja
 - Az egyeztetési eljárás gyakorlati nehézségei
- 4 A zavaró térerősség meghatározása
 - Szabadtéri terjedés, terjedési görbék
 - Korrekciós tényezők
- 5 Egy gyakorlati példa
 - Magyar hálózat nemzetközi koordinációja
 - Külföldi beérkező kérelem elbírálása
- 6 Kitekintés — az eljárás továbbfejlesztési lehetőségei a földi mozgószolgálat vonatkozásában
 - Rugalmas működési terület definiálása
 - Duplex bázis-mobil összeköttetés vizsgálata fiktív topográfián
 - Szimplex összeköttetés vizsgálata valós topográfián

Miért van szükség frekvenciakoordinációra?

- Vezeték nélküli és mobil hírközlő rendszerek fejlődése, elterjedése → rendelkezésre álló frekvenciakészlet hatékony felhasználása;
- **Hatékonyság:** Az üzemelő kijelölések (állomások) a lehető legkisebb mértékben okozzanak és szenvedjenek el káros zavarást;
- **Zavarmentes üzem biztosítása** → nemzeti szintű szabályozási rendszer + összehangolt nemzetközi együttműködés;
- Kijelölések egyeztetése a szomszédos országokkal két- vagy többoldalú megállapodások alapján (ITU RR 6. cikk);
- *Harmonized Calculation Method* – **HCM megállapodás** (1993 óta): állandóhelyű és földi mozgószolgálat kijelöléseinek koordinálása.



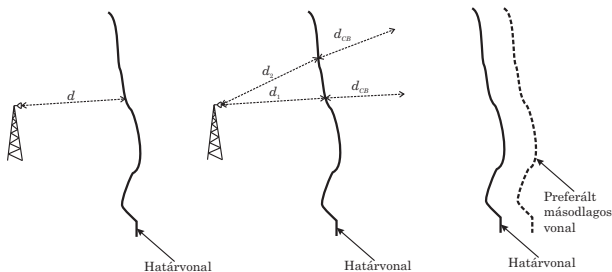
3. ábra. Európa országai

Tartalom

- 1 Bevezetés - "Már az ókori görögök is..."
 - Társasház
 - Magyarország és szomszédai
- 2 Miért van szükség frekvenciakoordinációra?
- 3 A földi mozgószolgálat kijelöléseinek koordinációja
 - Az egyeztetési eljárás alapja
 - Az egyeztetési eljárás gyakorlati nehézségei
- 4 A zavaró térerősség meghatározása
 - Szabadtéri terjedés, terjedési görbék
 - Korrekciós tényezők
- 5 Egy gyakorlati példa
 - Magyar hálózat nemzetközi koordinációja
 - Külföldi beérkező kérelem elbírálása
- 6 Kitekintés — az eljárás továbbfejlesztési lehetőségei a földi mozgószolgálat vonatkozásában
 - Rugalmas működési terület definiálása
 - Duplex bázis-mobil összeköttetés vizsgálata fiktív topográfián
 - Szimplex összeköttetés vizsgálata valós topográfián

A koordinációs folyamat

- A nemzetközi egyeztetés egy műszaki eszközkészlettel segített adminisztrációs folyamat;
- Feladata, hogy szimuláció segítségével eldöntse, hogy a vizsgált kijelölés okoz-e, valamint annak okoznak-e káros zavart a már koordinált állomások;
- Ennek meghatározása maximális térerősségszintek kerültek definiálásra nevezetes pontokon;
- Két-vagy többoldalú megállapodások preferált frekvenciákról.



4. ábra. Határvonal, határon átnyúló távolság és a preferált másodlagos vonal

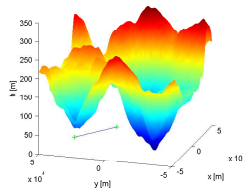
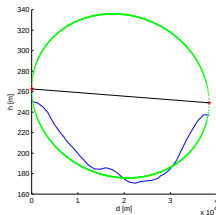
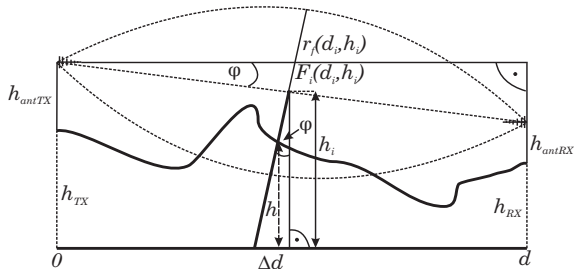
Az egyeztetési eljárás gyakorlati nehézségei

- Kérelmek küldése, fogadása, elbírálása → növekvő adminisztrációs problémák, elhúzódó ügyek, engedélyezési eljárások lassítása;
- Összehangolt számítási eljárás: algoritmus harmonizálása + **megegyező földrajzi adatbázisok, határvonal-vektorok, koordináta-rendszer, frekvenciajegyzék** szükséges;
- Kiegészítő két- vagy többoldalú megállapodások: speciális ügyek kezelése;
- Magyarország vonatkozásában: Ukrajna és Szerbia nem tagja a HCM megállapodásnak (külön megállapodások, nehézkes adatcsere, nem koordinált, de üzemelő állomások).

Tartalom

- 1 Bevezetés - "Már az ókori görögök is..."
 - Társasház
 - Magyarország és szomszédai
- 2 Miért van szükség frekvenciakoordinációra?
- 3 A földi mozgószolgálat kijelöléseinek koordinációja
 - Az egyeztetési eljárás alapja
 - Az egyeztetési eljárás gyakorlati nehézségei
- 4 A zavaró térerősség meghatározása
 - Szabadtéri terjedés, terjedési görbék
 - Korrekciós tényezők
- 5 Egy gyakorlati példa
 - Magyar hálózat nemzetközi koordinációja
 - Külföldi beérkező kérelem elbírálása
- 6 Kitekintés — az eljárás továbbfejlesztési lehetőségei a földi mozgószolgálat vonatkozásában
 - Rugalmas működési terület definiálása
 - Duplex bázis-mobil összeköttetés vizsgálata fiktív topográfián
 - Szimplex összeköttetés vizsgálata valós topográfián

Az elsőrendű Fresnel-zóna



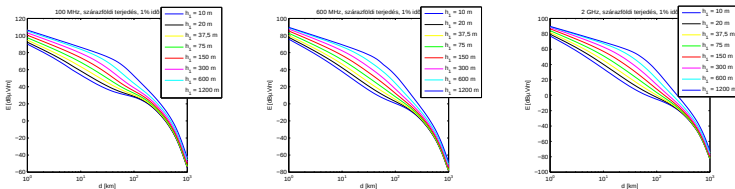
5. ábra. Az elsőrendű Fresnel-zóna meghatározása

Szabadtéri terjedés, terjedési görbék

- Eljárás alapja: ITU-R P. 1546;
- Az elsőrendű Fresnel-zóna tisztaságának függvényében megválasztott térerősségszámítási algoritmust;
- Tiszta elsőrendű Fresnel-zóna → szabadtéri terjedés:

$$E = 107 \frac{\text{dB}\mu\text{V}}{\text{m}} + 10 \cdot \log_{10} \left(\frac{P[W]}{1000 \text{ W}} \right) - 20 \cdot \log_{10} \left(d^{[km]} \right); \quad (1)$$

- Terepakadály az elsőrendű Fresnel-zónában → terjedési görbék alkalmazása.

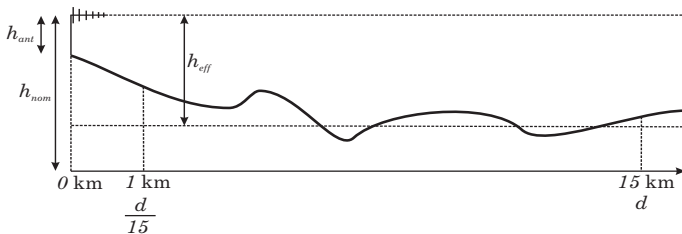


6. ábra. Szárazföldi terjedési görbék 1%-os időbeli valószínűség mellett

- Terjedési görbék: diszkrét értékkészletű, diszkrét értelmezési tartományú négyváltozós függvények $\rightarrow$ interpolációra van szükség:

◀ ◻ ▶ ◀ ◻ ▶ ◀ ≡ ▶ ◀ ≡ ▶ ≡ ≡ ≡ ≡ ↺ 🔍 ↻

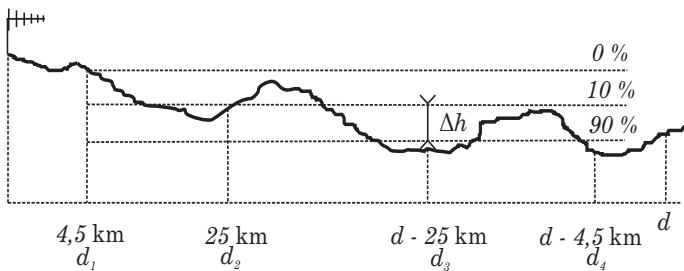
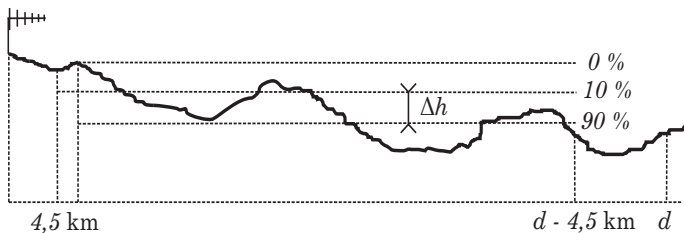
Korrekciós tényezők – effektív antennamagasság



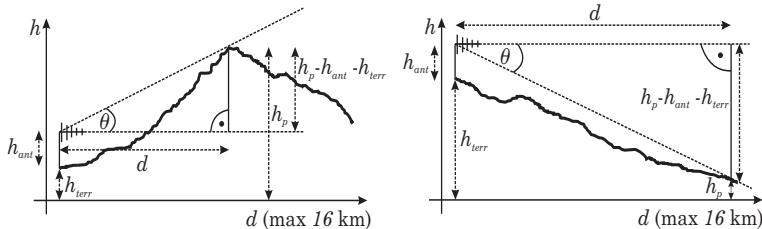
8. ábra. Effektív antennamagasság meghatározása

$$h_{eff} = h_{nom} - \frac{\sum_{i=0}^{140} h(d = 1000 \text{ m} + i100\text{m})}{141} \quad (3)$$

Korrekciós tényezők – terep egyenletlenség

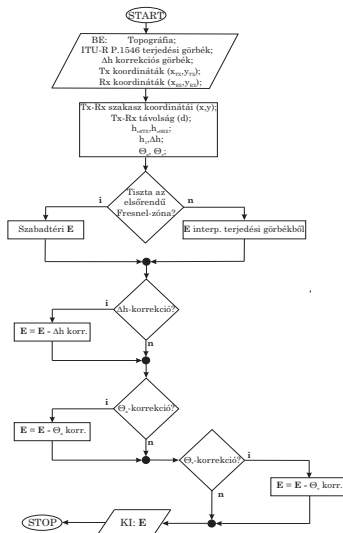
9. ábra. Terep egyenletlenség (Δh) meghatározása

Korrekciós tényezők – tereptisztasági szög



10. ábra. Pozitív és negatív tereptisztasági szög meghatározása

Összefoglalás – folyamatábra

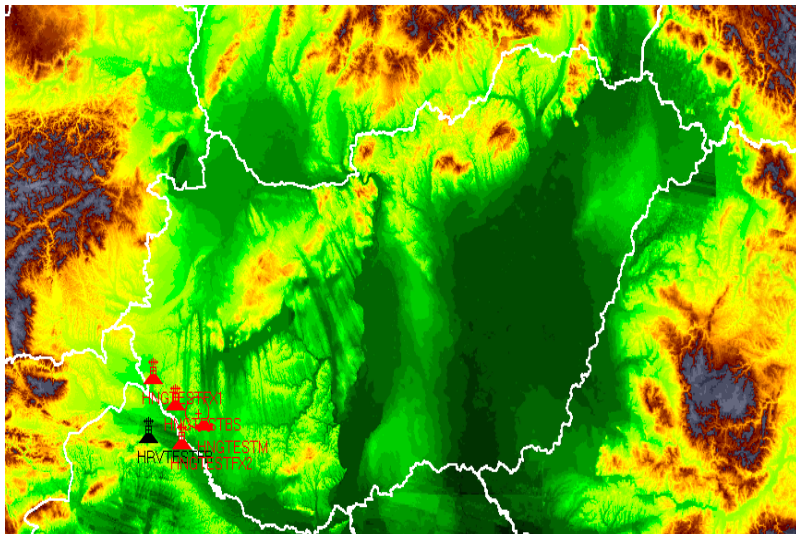


11. ábra. Az algoritmus folyamatábrája

Tartalom

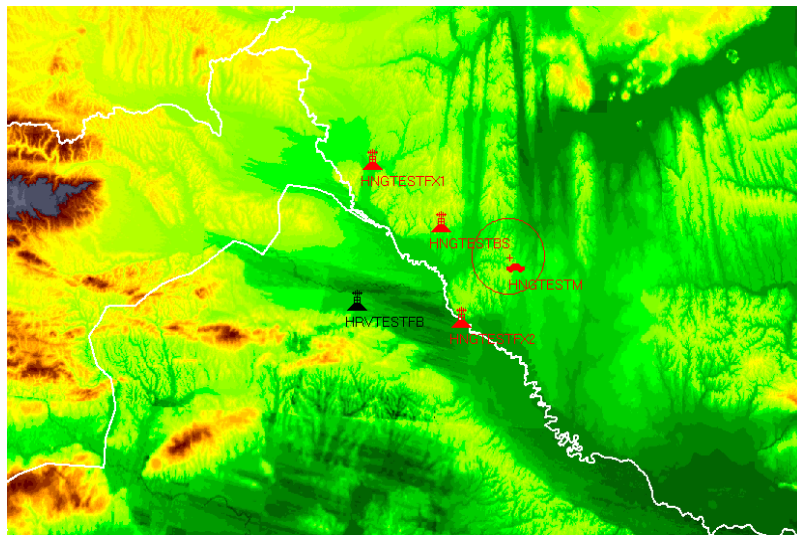
- 1 Bevezetés - "Már az ókori görögök is..."
 - Társasház
 - Magyarország és szomszédai
- 2 Miért van szükség frekvenciakoordinációra?
- 3 A földi mozgószolgálat kijelöléseinek koordinációja
 - Az egyeztetési eljárás alapja
 - Az egyeztetési eljárás gyakorlati nehézségei
- 4 A zavaró térerősség meghatározása
 - Szabadtéri terjedés, terjedési görbék
 - Korrekciós tényezők
- 5 Egy gyakorlati példa
 - Magyar hálózat nemzetközi koordinációja
 - Külföldi beérkező kérelem elbírálása
- 6 Kitekintés — az eljárás továbbfejlesztési lehetőségei a földi mozgószolgálat vonatkozásában
 - Rugalmas működési terület definiálása
 - Duplex bázis-mobil összeköttetés vizsgálata fiktív topográfián
 - Szimplex összeköttetés vizsgálata valós topográfián

Egy gyakorlati példa – magyar hálózat nemzetközi koordinációja



12. ábra. A koordinálandó állomások földrajzi elhelyezkedése

Egy gyakorlati példa – magyar hálózat nemzetközi koordinációja



12. ábra. A koordinálandó állomások földrajzi elhelyezkedése

Egy gyakorlati példa – magyar hálózat nemzetközi koordinációja

4A	HNGTESTBS	HNGTESTFX1	HNGTESTM	HNGTESTFX2
1A [MHz]	463,39375	453,39375	453,39375	453,390000
1Y [MHz]	453,39375	463,39375	463,39375	463,390000
4C (x)	016E51 16,256	016E35 53,742	017E05 57,491	016E56 47,000
4C (y)	46N28 16,276	46N37 06,981	46N24 29,524	46N15 23,000
4D	0 km	0 km	10 km	0 km
4Z	229 m	191 m	-	157 m
6A	Bázis (FB)	Fix (FL)	Mozgó (ML)	Fix (FL)
8B1/8B2	13 dBW/ERP	10 dBW/ERP	10 dBW/ERP	7 dBW/ERP
10Z	1	1	1	1
7A	14K0G7EGT	14K0G7EGT	14K0G7EGT	14K0G7EGT
9D	Vertikális	Vertikális	Vertikális	Vertikális

Egy gyakorlati példa – magyar hálózat nemzetközi koordinációja

Érvényes preferált megállapodás figyelembevétel: 450-470 MHz (AUT,HNG,HRV,SVN)

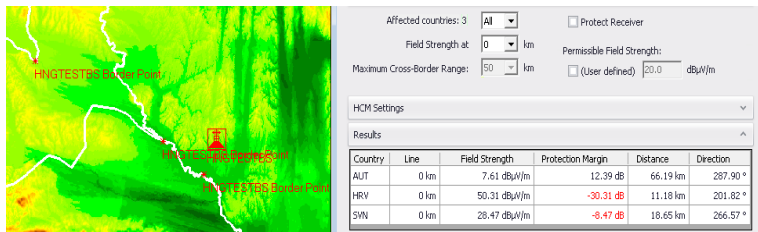
A kiosztás szerinti preferált blokkokban történt kijelölések előzetes koordináció nélkül helyezhetők üzembe, amennyiben

- az állomás által létrehozott térerősségszint a határvonaltól az érintett ország felé számított 15 km-re nem haladja meg a $34 \frac{\text{dB}\mu\text{V}}{\text{m}}$ -t, ha az állomás legfeljebb 15 km-re található attól a határponttól, melyen az a legnagyobb térerősségszintet hozza létre, vagy
- az állomás által létrehozott térerősségszint az érintett ország határától számított 50 km-re nem haladja meg a $20 \frac{\text{dB}\mu\text{V}}{\text{m}}$ -t, ha az állomás több mint 15 km-re található attól a határponttól, melyen az a legnagyobb térerősséget hozza létre.

A megállapodás melléklete a következőképpen rendelkezik arról a frekvenciablokk-ról, melyben a koordinálandó magyar állomások is találhatóak:

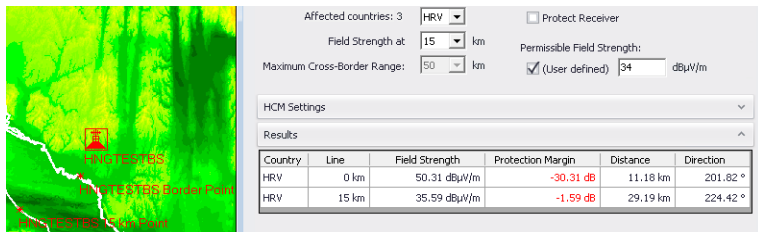
Frekvenciasáv [MHz]	Blokk száma	AUT/ HRV/ SVN	AUT/ HNG/ HRV/ SVN	HNG/ HRV/ SVN	HNG/ HRV	HRV/ SVN
453,200 – 453,400	17	HRV	HNG	HNG	HNG	SVN

Egy gyakorlati példa – magyar hálózat nemzetközi koordinációja



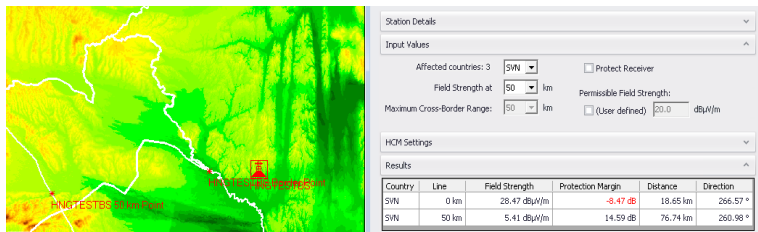
13. ábra. A bázisállomás által létrehozott térerősségszintek vizsgálata

Egy gyakorlati példa – magyar hálózat nemzetközi koordinációja



13. ábra. A bázisállomás által létrehozott térerősszintek vizsgálata

Egy gyakorlati példa – magyar hálózat nemzetközi koordinációja



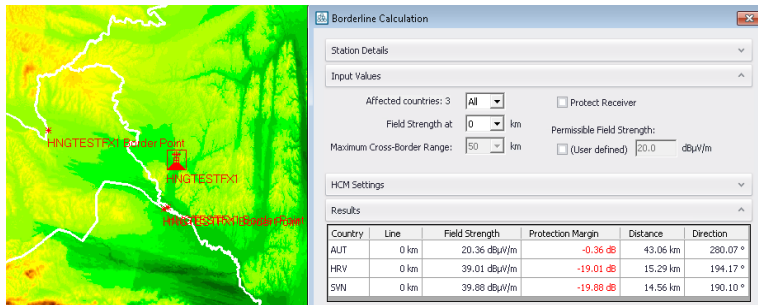
13. ábra. A bázisállomás által létrehozott térerősség szintek vizsgálata

Egy gyakorlati példa – magyar hálózat nemzetközi koordinációja

Country	Foreign Number	FCoord Id	State of coo	Send	Info Asked	Confirmation	Reminder	Last File Exchange	Answer
HRV	HNG14TMDKS10131	190589	B	23.07.14 12:01	01.01.70 01:00	01.01.70 01:00	01.01.70 01:00	01.01.70 01:00	01.01.70 01:00
SVN	HNG14TMDKS10131	190589	P	23.07.14 12:01	01.01.70 01:00	01.01.70 01:00	01.01.70 01:00	01.01.70 01:00	01.01.70 01:00

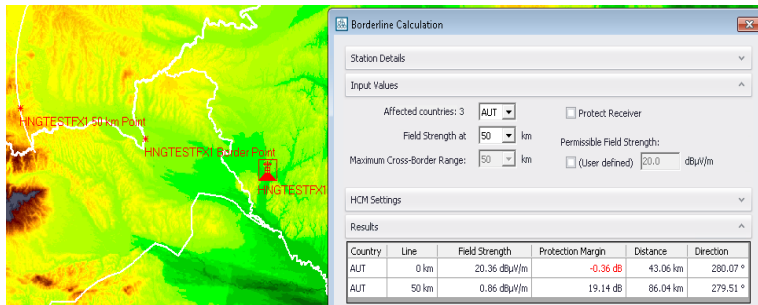
13. ábra. A bázisállomás által létrehozott térerősségszintek vizsgálata

Egy gyakorlati példa – magyar hálózat nemzetközi koordinációja



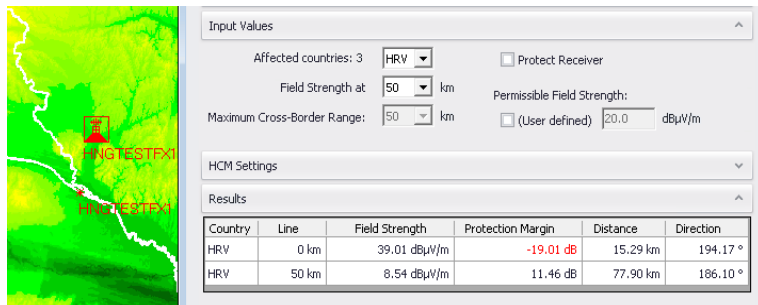
14. ábra. Az egyes fix állomás által létrehozott térerősség szintek vizsgálata

Egy gyakorlati példa – magyar hálózat nemzetközi koordinációja



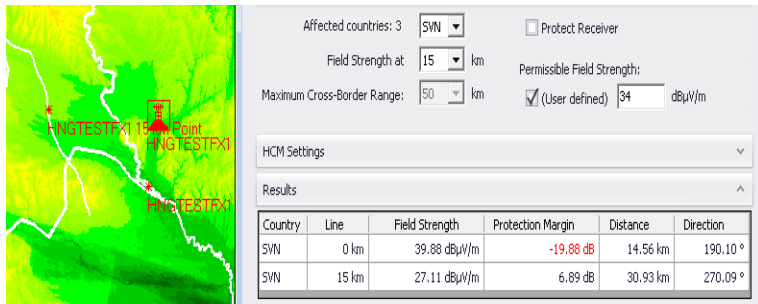
14. ábra. Az egyes fix állomás által létrehozott térerősség szintek vizsgálata

Egy gyakorlati példa – magyar hálózat nemzetközi koordinációja



14. ábra. Az egyes fix állomás által létrehozott térerősség szintek vizsgálata

Egy gyakorlati példa – magyar hálózat nemzetközi koordinációja



14. ábra. Az egyes fix állomás által létrehozott térerősségszintek vizsgálata

Egy gyakorlati példa – magyar hálózat nemzetközi koordinációja

Protected Station Name	TX -> RX	TX Freq. [MHz]	RX Freq. [MHz]	Permissible FS	Permissible FS (from Table)	Permissible FS (from HCM)	Field strength	Protection Margin	Critical?
HRVTESTFB	FL -> FB	463.38437	453.38437	25.61	20.00	25.61	24.46	1.15	

14. ábra. Az egyes fix állomás által létrehozott térerősségsszintek vizsgálata

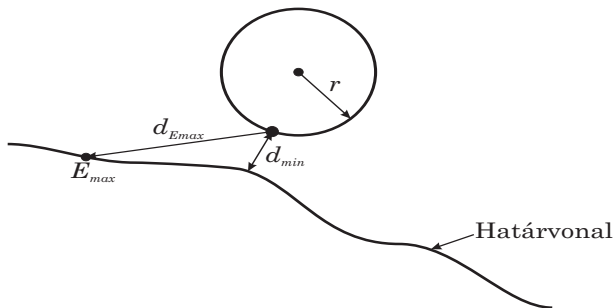
- └ Egy gyakorlati példa
 - └ Magyar hálózat nemzetközi koordinációja

Egy gyakorlati példa – magyar hálózat nemzetközi koordinációja

Country	Foreign Number	FCoord Id	State of coord	Send	Info Asked	Confirmation	Reminder	Last File Exchange	Answer
AUT	HING14TMDKS10133	190593	P	23.07.14 12:19	01.01.70 01:00	01.01.70 01:00	01.01.70 01:00	01.01.70 01:00	24.07.14 08:59
HRV	HING14TMDKS10133	190593	P	23.07.14 12:19	01.01.70 01:00	01.01.70 01:00	01.01.70 01:00	01.01.70 01:00	24.07.14 08:59
SVN	HING14TMDKS10133	190593	P	23.07.14 12:19	01.01.70 01:00	01.01.70 01:00	01.01.70 01:00	01.01.70 01:00	24.07.14 08:59

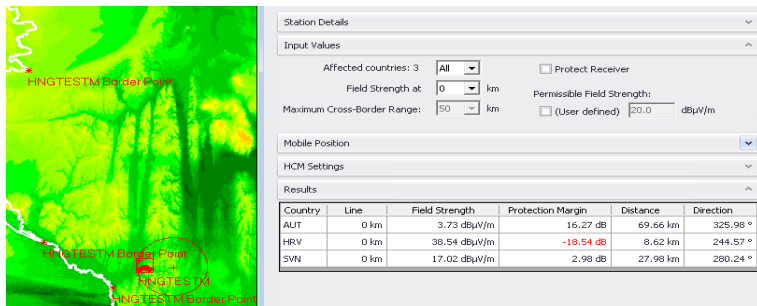
14. ábra. Az egyes fix állomás által létrehozott térerősségsszintek vizsgálata

Egy gyakorlati példa – magyar hálózat nemzetközi koordinációja



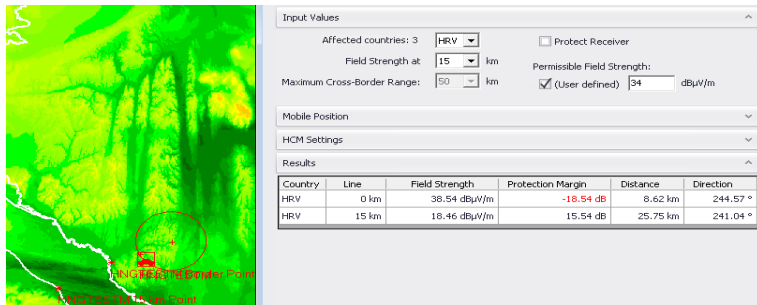
15. ábra. Mobil állomás által létrehozott térerősség szintek vizsgálata

Egy gyakorlati példa – magyar hálózat nemzetközi koordinációja



15. ábra. Mobil állomás által létrehozott térerősségszintek vizsgálata

Egy gyakorlati példa – magyar hálózat nemzetközi koordinációja



15. ábra. Mobil állomás által létrehozott térerősségszintek vizsgálata

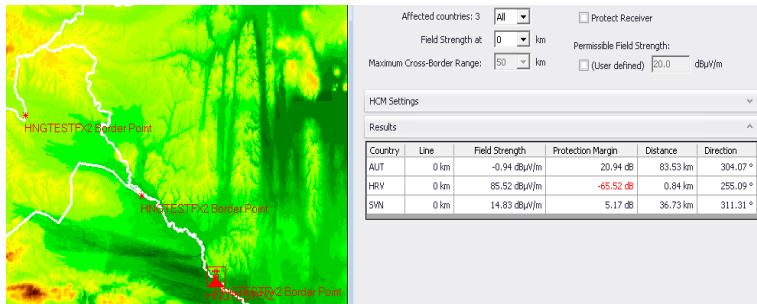
- └ Egy gyakorlati példa
 - └ Magyar hálózat nemzetközi koordinációja

Egy gyakorlati példa – magyar hálózat nemzetközi koordinációja

Country	Foreign Number	FCoord Id	State of coord	Send	Info Asked	Confirmation	Reminder	Last File Exchange	Answer
HRV	HNG14TMDKS10132	190590	P	23.07.14 12:05	01.01.70 01:00	01.01.70 01:00	01.01.70 01:00	01.01.70 01:00	24.07.14 09:33

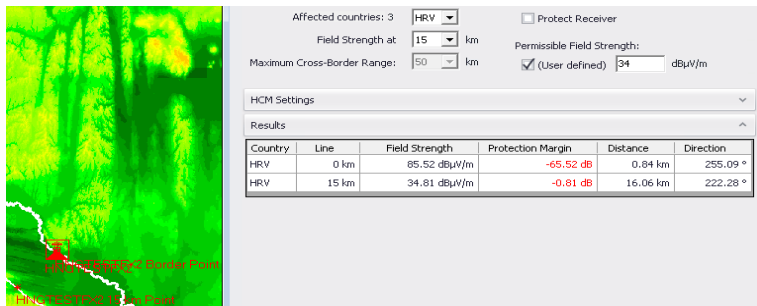
15. ábra. Mobil állomás által létrehozott térerősségszintek vizsgálata

Egy gyakorlati példa – magyar hálózat nemzetközi koordinációja



16. ábra. A kettes fix állomás által létrehozott térerősségszintek vizsgálata

Egy gyakorlati példa – magyar hálózat nemzetközi koordinációja



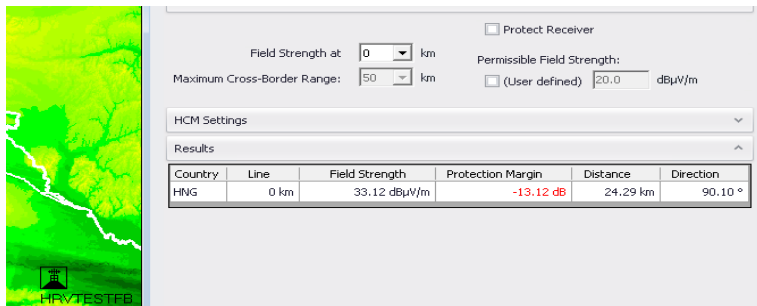
16. ábra. A kettes fix állomás által létrehozott térerősségszintek vizsgálata

Külföldi beérkező kérelem elbírálása

4A	HRVTESTFB
1A	463,38437 MHz
1Y	453,39437 MHz
4C (x)	016E34 15,277
4C (y)	46N16 51,279
4D	0 km
4Z	140 m
6A	Bázis (FB)
8B1/8B2	13 dBW/ERP
10Z	1
7A	14K0G7EGT
9D	Vertikális

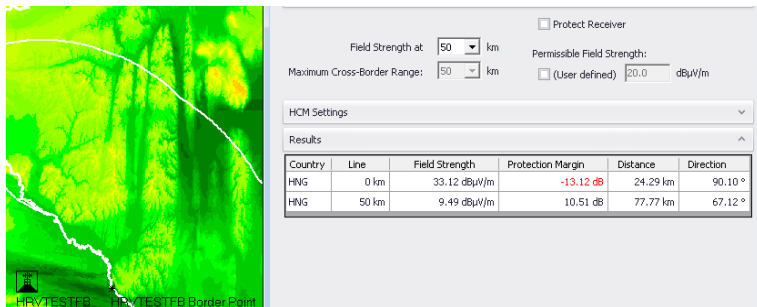
A beérkezett kérelem magyar preferált frekvenciát tartalmaz, melyet a horvát fél nem preferáltként kíván felhasználni a határövezetben.

Külföldi beérkező kérelem elbírálása



17. ábra. Külföldi beérkező kérelem elbírálása

Külföldi beérkező kérelem elbírálása



17. ábra. Külföldi beérkező kérelem elbírálása

Külföldi beérkező kérelem elbírálása

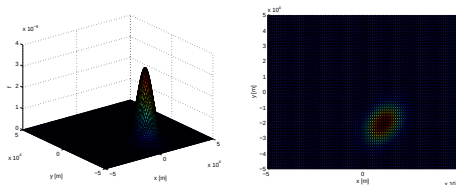
HNGTESTM	FB								
	->	453.39375	463.39375	25.61	20.00	25.61	25.93	-0.32	!!! critical !!!
HNGTESTFX1	ML								
	->	453.39375	463.39375	25.61	20.00	25.61	27.43	-1.82	!!! critical !!!

17. ábra. Külföldi beérkező kérelem elbírálása

Tartalom

- 1 Bevezetés - "Már az ókori görögök is..."
 - Társasház
 - Magyarország és szomszédai
- 2 Miért van szükség frekvenciakoordinációra?
- 3 A földi mozgószolgálat kijelöléseinek koordinációja
 - Az egyeztetési eljárás alapja
 - Az egyeztetési eljárás gyakorlati nehézségei
- 4 A zavaró térerősség meghatározása
 - Szabadtéri terjedés, terjedési görbék
 - Korrekciós tényezők
- 5 Egy gyakorlati példa
 - Magyar hálózat nemzetközi koordinációja
 - Külföldi beérkező kérelem elbírálása
- 6 Kitekintés – az eljárás továbbfejlesztési lehetőségei a földi mozgószolgálat vonatkozásában
 - Rugalmas működési terület definiálása
 - Duplex bázis-mobil összeköttetés vizsgálata fiktív topográfián
 - Szimplex összeköttetés vizsgálata valós topográfián

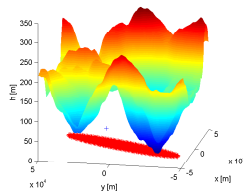
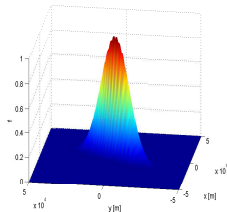
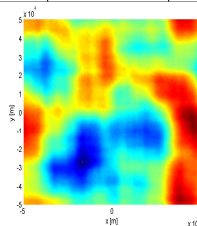
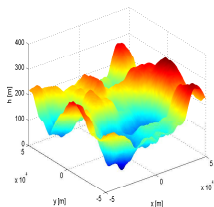
- Területi rugalmasság + valószínűségi faktor $\rightarrow$ sűrűségfüggvény-jellegű leírás;
- ξ és η valószínűségi változók: x - és y -irányú tartózkodási valószínűség.
- Normális eloszlás: szórás (σ_1, σ_2), várható érték (m_1, m_2), korrelációs együttható (r):



18. ábra. $m_1 = 1 \cdot 10^4$, $m_2 = -2 \cdot 10^4$ m, $\sigma_1 = 6200$ m, $\sigma_2 = 8100$ m, $r = 0,35$

Topográfia, működési terület, paraméterek

h_{min}	h_{max}	h_{avg}	P_b	h_b	x, y
0 m	307,66 m	161,91 m	(39,9; 19,7) km	220,94 m	$\in [-50, 50]$ km

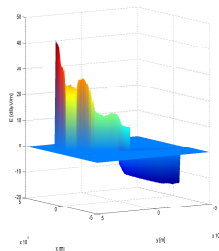
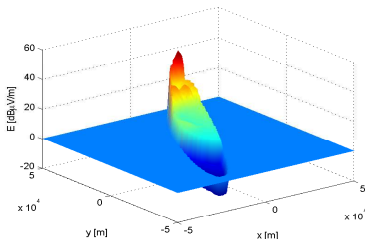


Mobil állomás: $m_1 = m_2 = 0$ m, $\sigma_1 = 5$ km, $\sigma_2 = 10$ km, $r = 0,5$.

Uplink, súlyozatlan szimulációs eredmények

Az antennák fizikai magassága 12 m, az uplink-frekvencia 450 MHz, az effektív kisugárzott teljesítmény 20 W, körsugárzó antennákat feltételezve.

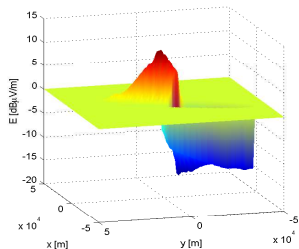
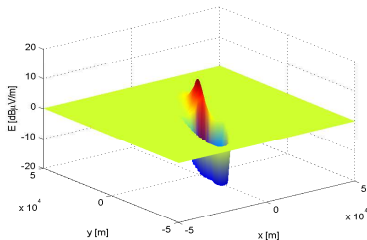
E_{max}	P_{max}	h_{max}	d	Δh	θ_a, θ_v
42,69 $\frac{\text{dB}\mu\text{V}}{\text{m}}$	(20,7;41,9) km	163,46 m	29,35 km	138,17 m	≈ 0
E_{min}	P_{min}	h_{min}	d	Δh	θ_a, θ_v
-13,81 $\frac{\text{dB}\mu\text{V}}{\text{m}}$	(-16,6;-38,8) km	59,92 m	81,43 km	211,21 m	≈ 0



19. ábra. A mobil állomás működési pontjaiból számított térerősségértékek

Uplink, súlyozott szimulációs eredmények

E_{max}	P_{max}	h_{max}	d	Δh	θ_a, θ_v
11,36 $\frac{\text{dB}\mu\text{V}}{\text{m}}$	(0,505;1,51) km	159,53 m	43,38 km	204,40 m	≈ 0
E_{min}	P_{min}	h_{min}	d	Δh	θ_a, θ_v
-15,18 $\frac{\text{dB}\mu\text{V}}{\text{m}}$	(-3,53;-6,56) km	111,5 m	81,43 km	206,48 m	≈ 0

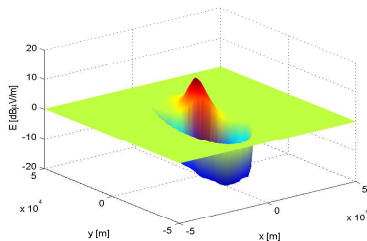
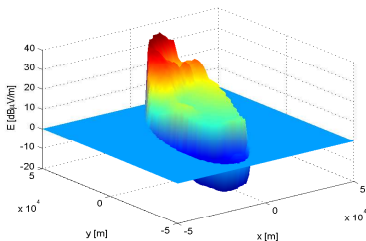


20. ábra. A számított térerősszintek súlyozás után

Downlink eredmények

■ $P = 20 \text{ W}$, $f = 460 \text{ MHz}$.

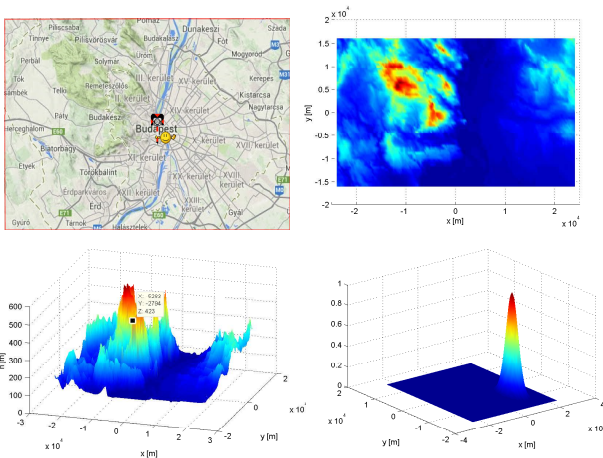
E_{max}	P_{max}	E_{min}	P_{min}	ΔE
$38,08 \frac{\text{dB}\mu\text{V}}{\text{m}}$	(10,6;42,9) km	$-13,98 \frac{\text{dB}\mu\text{V}}{\text{m}}$	(16,6;38,8)	$52,78 \frac{\text{dB}\mu\text{V}}{\text{m}}$



21. ábra. Térerősszintek súlyozás előtt és után

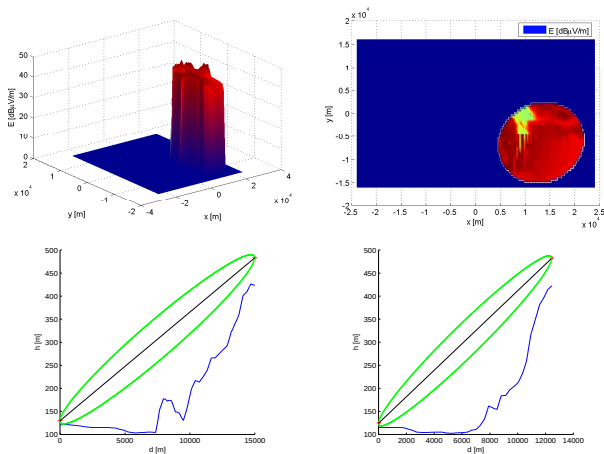
E_{max}	ΔE_{max}	E_{min}	ΔE_{min}
$12,09 \frac{\text{dB}\mu\text{V}}{\text{m}}$	25,95 dB	$-15 \frac{\text{dB}\mu\text{V}}{\text{m}}$	-1,02 dB

- Vizsgált topográfia: 65-ös EOV-szelvény → Budapest;
- Széchenyi-hegyen definiált bázis (vevő), pesti kerületekben mozgó mobil kijelölés (adó) kapcsolata.



22. ábra. A vizsgált topográfia és az állomások helyzete

Szabadtéri terjedés, konstans térerősség



23. ábra. A térerősségértékek alakulása, elsőrendű Fresnel-zóna

Köszönöm a figyelmet!
Kérdések

ungert@maxwell.sze.hu
<http://maxwell.sze.hu/~ungert>