

# DAB+ adó házilag? Lehetséges!

Small Scale DAB Budapesten - saját építésű DAB rendszer bemutatása

# Bemutakozás



Karakas Róbert

- 2004-2008 Budapesti Műszaki Főiskola  
Kandó Kálmán Villamosmérnöki Kar  
Híradástechnika szakirány
- 2007-2008 NMHH RZO gyakornok
- 2008-től együttműködés a Nagyfrekvencia Kft-vel
- 2016-tól Antenna Hungária OMK műsorszórás

# A mai előadás tartalmi összefoglalója

- ▶ Bevezetés és előzmények
  - ▶ Bemutatkozás
  - ▶ A DAB-ról röviden (műszaki paraméterek, előnyök, mióta létezik)
  - ▶ Motiváció (út az ötlettől a rádióengedélyig)
- ▶ A rendszer felépítése
  - ▶ Fejállomás
  - ▶ Modulátor
  - ▶ Végfokozat
  - ▶ Antenna
  - ▶ A kész rendszer képekben
  - ▶ Audio és kísérő adatok
- ▶ Rádióengedély megszerzése körüli adminisztráció
- ▶ Mérési eredményeim, NMHH riportból ízelítő
- ▶ Hallgatói visszajelzések
- ▶ További elképzelések

# A DAB-ról röviden

DAB alapszabvány a 80-as években született meg  
(Magyarországon 1995-ben kezdődött tesztadás)

Célja az FM leváltása az alábbi előnyökkel:

- Jobb spektrumhatékonyság
- Jobb audio minőség
- Jobb skálázhatóság (minőség $\leftrightarrow$ mennyiség)
- Eszköz és energiahatékonyság

UEP védelmi profilok, MPEG1 & 2 Layer II audio tömörítés, konvolúciós kódoló

Nem váltotta be minden tekintetben a hozzá fűzött reményeket

DAB+ szabvány 2007 februárjában jelent meg

(Magyarországon 2009 januártól 2020 szeptemberig + az én kísérletem 😊)

EEP védelmi profilok, AAC-LC, HE-AAC v1/v2 audio tömörítés, konvolúciós kódoló mellett megjelent a Reed-Solomon kódoló is.

Na ez már bejött 😊

# A DAB-ról röviden

Alapvető műszaki paraméterek:

- Frekvenciasáv: VHF3 és L-sáv
- Csatorna rászter: 1,75MHz (OFDM BW: 1537 kHz)
- Moduláció: OFDM, DQPSK
- DAB adásmódok: I, II, III, IV (eltérések: vivőszám, symbol rate)
- Földi (T-DAB) és műholdas (S-DAB) sugárzási lehetőség

A gyakorlati tapasztalatok alapján kicsit módosultak a dolgok:

- Frekvenciasáv: VHF3 (L-sáv megszűnt, vagy elenyésző)
- DAB adásmód: I (II, III, és IV mód megszűnt, vagy elenyésző)
- Földi sugárzás (T-DAB), a műholdas igazán el sem terjedt

		<b>Mode I</b>	<b>Mode IV*</b>	<b>Mode II</b>	<b>Mode III</b>
Typical use		Terrestrial VHF	Terrestrial Urban L-Band	Terrestrial L-Band	Satellite L-Band
Number of carriers	n	1536	768	384	192
Approximate Carrier spacing	$\Delta f$	1 kHz	2 kHz	4 kHz	8 kHz
Useful symbol duration	$T_U$	1 msec	500 $\mu$ sec	250 $\mu$ sec	125 $\mu$ sec
Guard Interval	$\Delta$	246 $\mu$ sec	123 $\mu$ sec	62 $\mu$ sec	31 $\mu$ sec
Total symbol duration	$T_S = T_U + \Delta$	1246 $\mu$ sec	623 $\mu$ sec	312 $\mu$ sec	156 $\mu$ sec
Max. speed (mobile) VHF	$v_{max}$	260 / 390 km/h	520 / 780 km/h	n.a.	n.a.
Max. speed (mobile) L-Band	$v_{max}$	40 / 60 km/h	80 / 120 km/h	160 / 240 km/h	320 / 480 km/h

# Motiváció

- Fiatal koromtól kezdve érdeklődés a rádióhullámok iránt
- Első szárnypróbálgatások CB-n, és PMR-en
- Antennák, és végfokozatok építgetése
- Ismerkedés az FM műsorszóró technikával
- A téma szerteágazó jellege miatt is a cél maga az út volt, amit bejártam a sok éven keresztül tartó fejlesztgetésekkel
- Itt jött a kérdés, hogy ha lehet házilag bort és pálinkát főzni, akkor sört is biztosan lehet, ennek megfelelően, ha megy házilag az AM és az FM technika, akkor a DAB sem lehet lehetetlen.



# A rendszer felépítése - Fejállomás

Az OpenDigitalRadio.org gondozásában fejlesztett ODR-mmbTools szoftvercsomag a rendszerem alapja

A rendszer összetevői:

ODR-AudioEnc:

- Audio enkóder (MP2, AAC LC, HE-AACv1, v2)
- Bemenetek: file, hangkártya, web stream, AES67
- Kimenetek: ZeroMQ, EDI -> ODR-DABMux

ODR-PadEnc:

- Kísérőadat enkóder (Program Associated Data)
- DLS, DLS+, SLS enkóder
- Bemenetek: text és kép file-ok
- Kimenet: Unix Socket -> ODR-AudioEnc -> ODR-DABMux



# A rendszer felépítése - Fejállomás

## ODR-DABMux:

- DAB multiplexer
- Bemenetek: ZeroMQ vagy EDI streamek
- Kimenetek: ZeroMQ vagy EDI streamek (TCP/UDP/UDP+FEC) illetve FarSync TE1 kártya (ETI G.703 „kétmegás vonalon”)

## ODR-DABMod:

- Szoftveres DAB modulátor
- Bemenetek: ZeroMQ vagy EDI streamek (TCP/UDP/UDP+FEC)
- Kimenetek: file, IQ data (USB/Ethernet) az SDR hardver felé

## ODR-EncoderManager:

- Webes grafikus konfigurációs és felügyeleti felület
- Audio enkóderek, kísérő adatok enkódereinek, és a multiplexernek a felhasználóbarát webes konfigurálására alkalmas eszköz



# A rendszer felépítése - Fejállomás

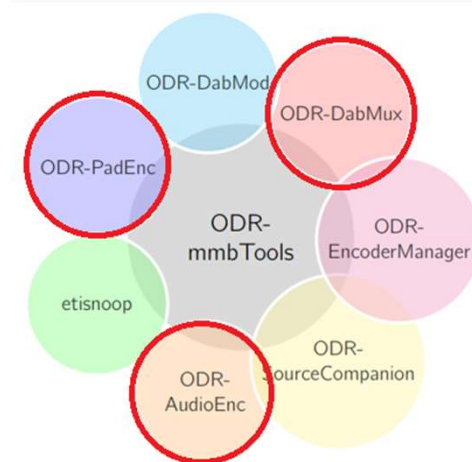
## ODR-SourceCompanion:

- Külső gyártók enkódereinek a kimeneteit tudja illeszteni az ODR-DABMux multiplexer bemenetére
- Gyakorlati haszna a ZeroMQ <-> EDI(+FEC) vica versa konverziója

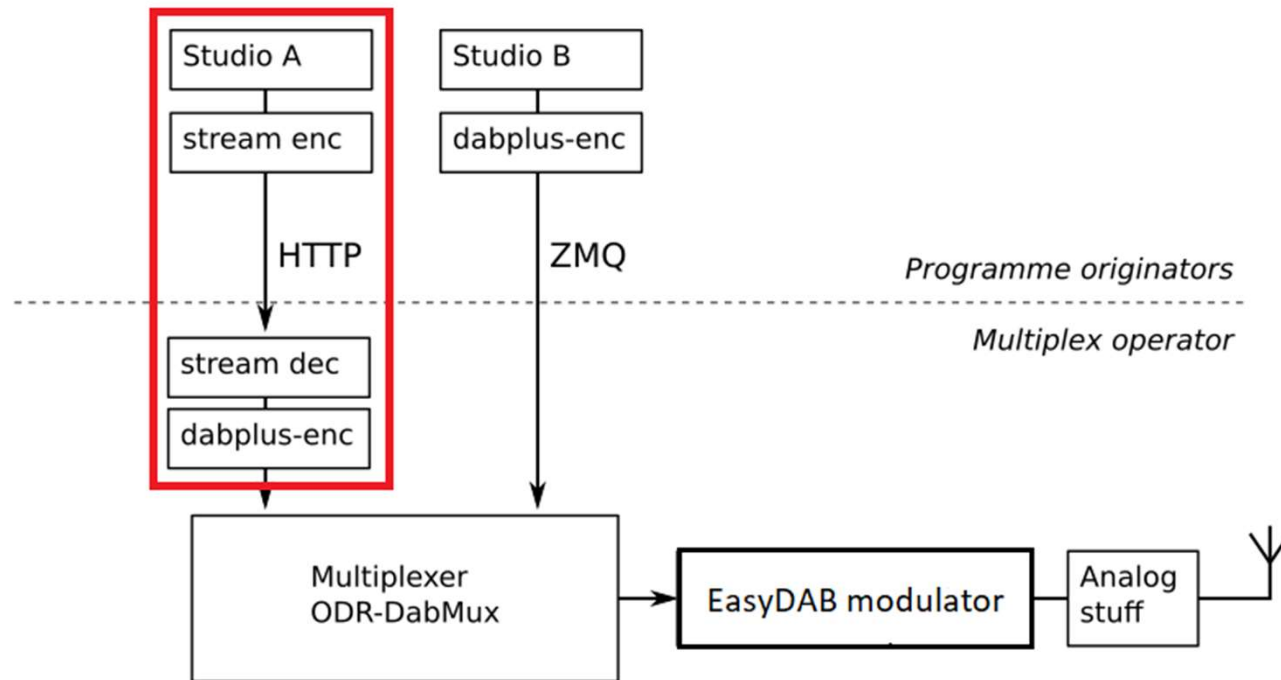
## ETISnoop:

- Diagnosztikai eszköz a multiplexer kimeneti adatfolyamának ellenőrzésére
- Csak file-ba rögzített adatokkal tud dolgozni, real time ETI/EDI adattal nem használható.

A csomagból az ODR-AudioEnc, és az ODR-DABMux szükséges, kísérő adatok használata esetén Pedig az ODR-PadEnc kell még.



# A rendszer felépítése - Fejállomás



A rendszerem felépítése a piros keretes „A” verzió szerint történt, az összes enkóder a multiplexerrel közös hardveren futott, és szabványos icecast szerverről internetrádiós stream-eket használt audio és PAD forrásnak.

# A rendszer felépítése - Modulátor

A rendszer lelke egy open source DAB modulátor, az **EasyDABv2** melyet egy Sergiy nevű ukrán úriember fejlesztett.

A modulátor specifikációja:

Nominal Transmit Frequency: 176 ... 239 Mhz.

Transmit Power: -60 ... 15 dBm.

Signal shoulders height: 54 dB (if TX power is 3 dBm).

LEDs That shows state: Yes (underflow, PLL-lock, link activity, fpga status)

I/Q samples width: 18 bit

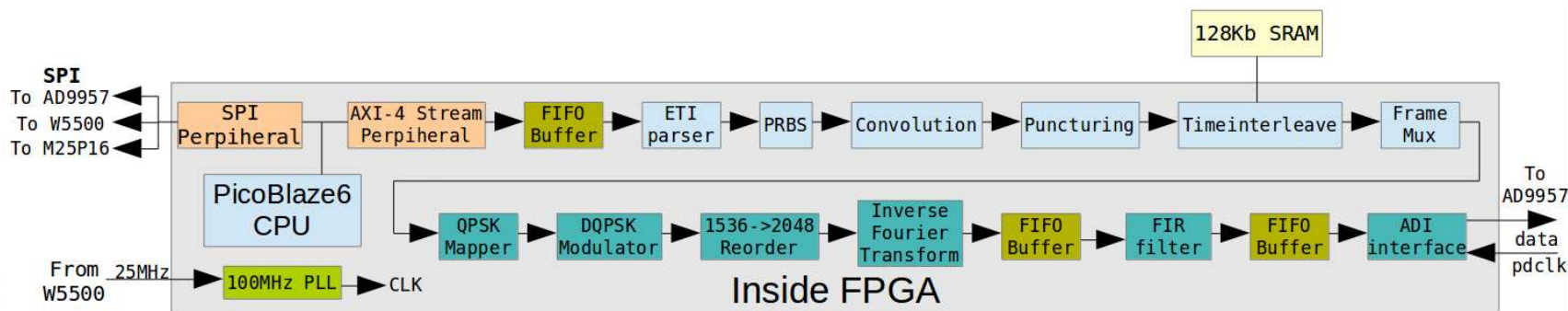
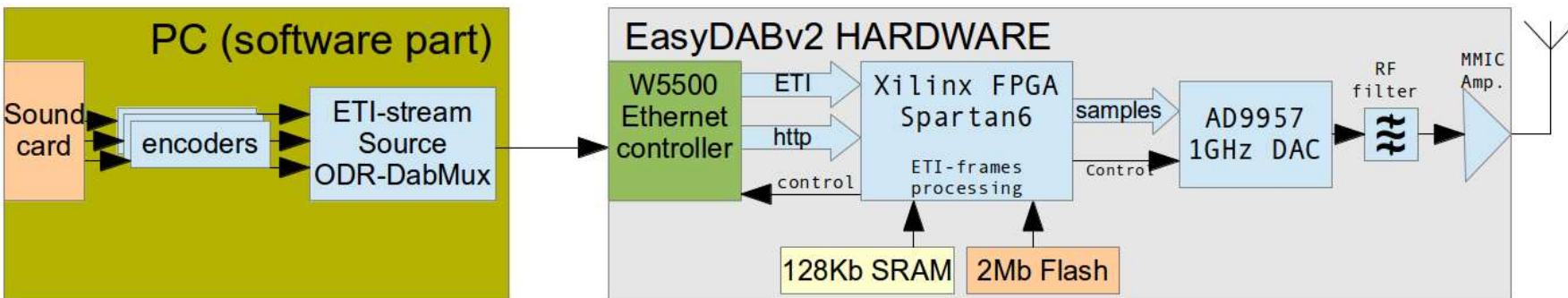
Complex sample rate: 6144 kS/s.

Input interface: 10/100 Mbit Ethernet

Output RF connector: SMA-Female

# A rendszer felépítése - Modulátor

## A modulátor elvi felépítése



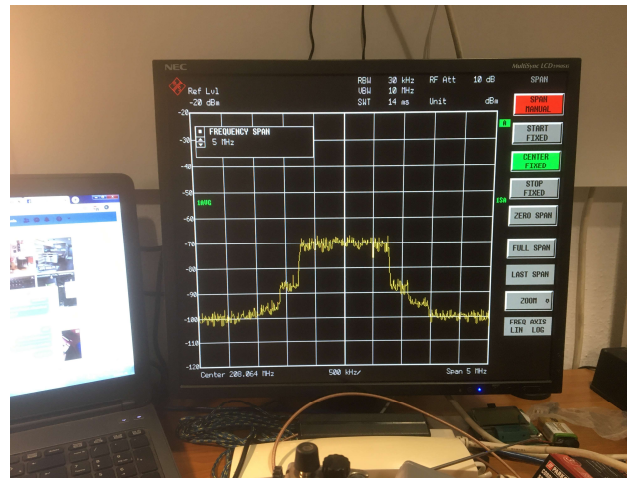
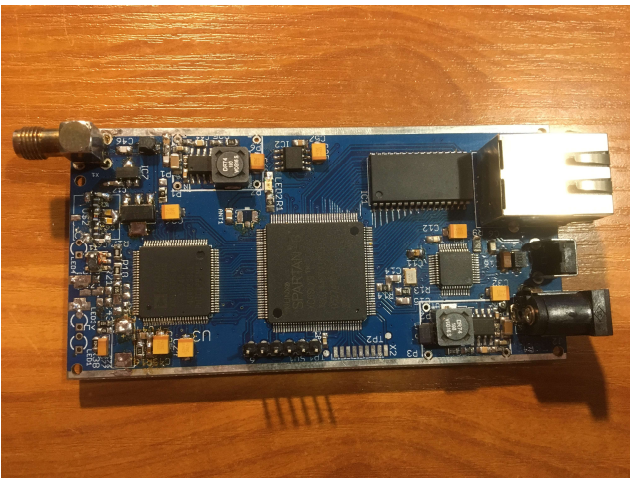
## Az FPGA-ban létrehozott blokkok

# A rendszer felépítése - Modulátor

A kezdetek (2019. december):

A prototípus és a problémák:

- Nincs elegendő kimenő szint
- Rossz vállcsillapítás
- Rossz MER
- Lépcsőzetesek a spektrum szélei



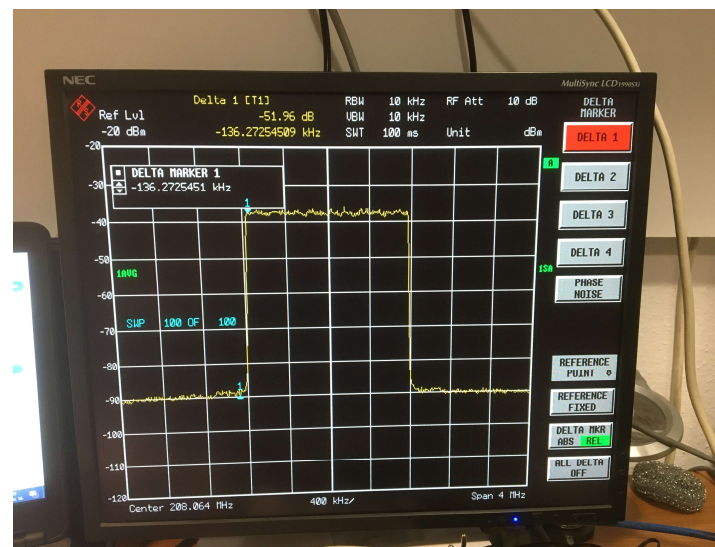
# A rendszer felépítése - Modulátor

A legtöbb probléma oka:

- A nem megfelelő alkatrészválasztás
- Tervezési hiányosságok

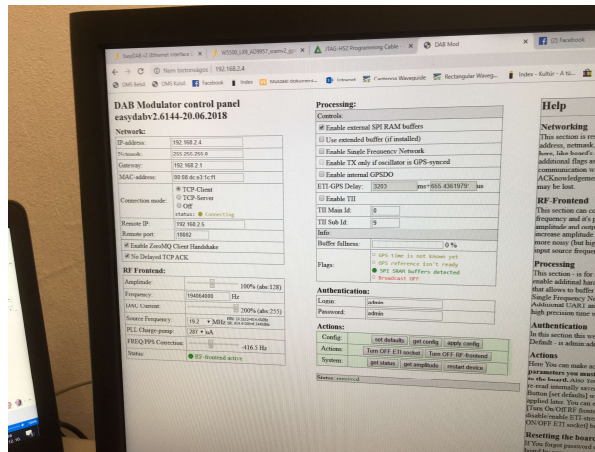
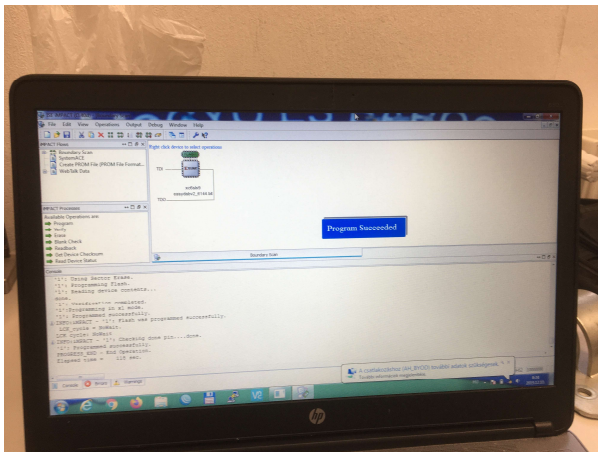
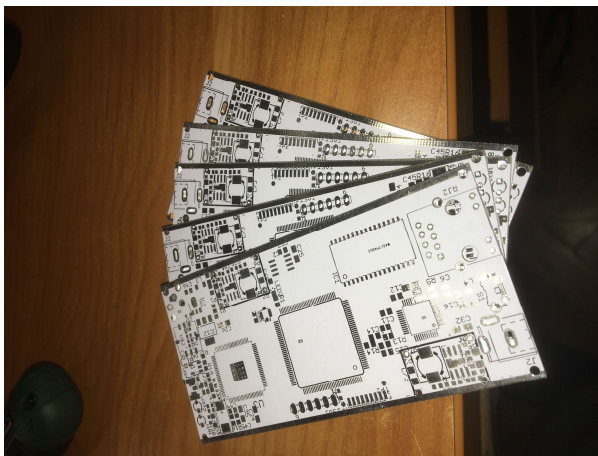
A hibák javítása után a különbség szemmel látható:

Az eredmény: 52dB vállak, 42dB MER, megfelelő kimenő szint



# A rendszer felépítése - Modulátor

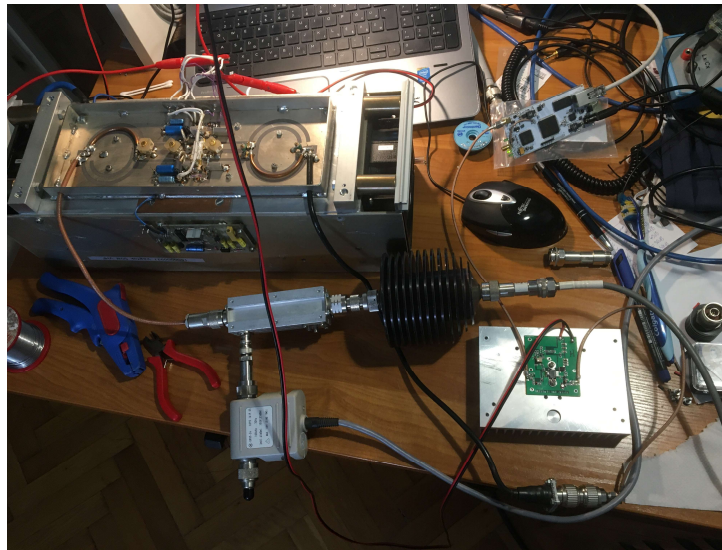
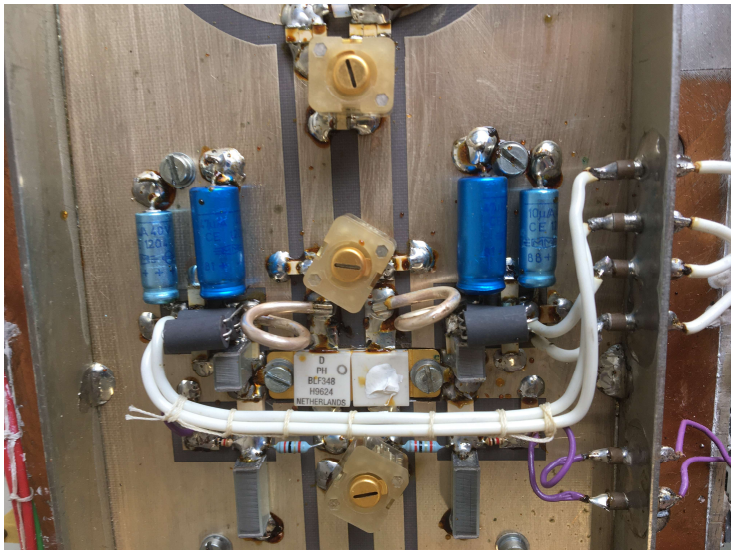
Ha már ilyen jól alakult minden, akkor gyártsunk!



# A rendszer felépítése - Végfokozat

A modulátor RF kimenete több lépcsőben kerül erősítésre:

- Kábeltv-s szélessávú hibrid erősítő, kb 20dB erősítéssel
- FET-es 2W kimenő teljesítményű fokozat, kb 25dB erősítéssel
- Régi VHF3 sávú TV adó végfokozata, kb 10dB erősítéssel

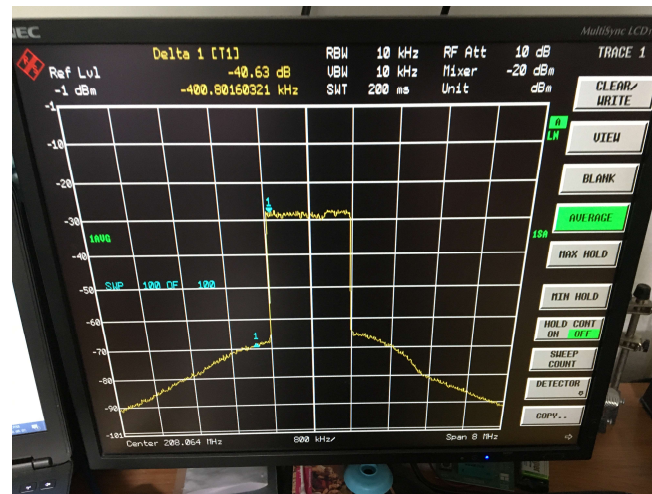
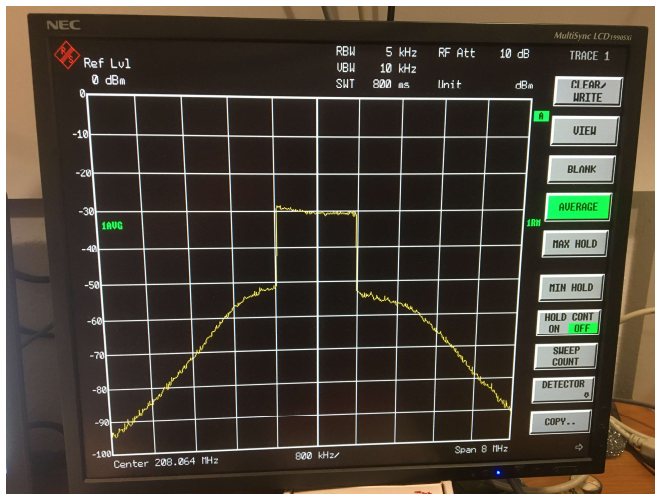




# A rendszer felépítése - Végfokozat

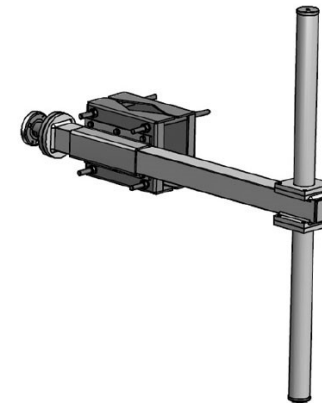
A nehézségek:

- A modulátor nem tartalmaz prekorrektort
- A választott kimenő teljesítmény mellett az optimális kimeneti spektrum elérésére csak a végfokozat munkapont beállítása volt segítségemre (tápfeszültség, bias)
- Prekorrekció nélkül a rendszer elektromos hatásfoka rosszabb

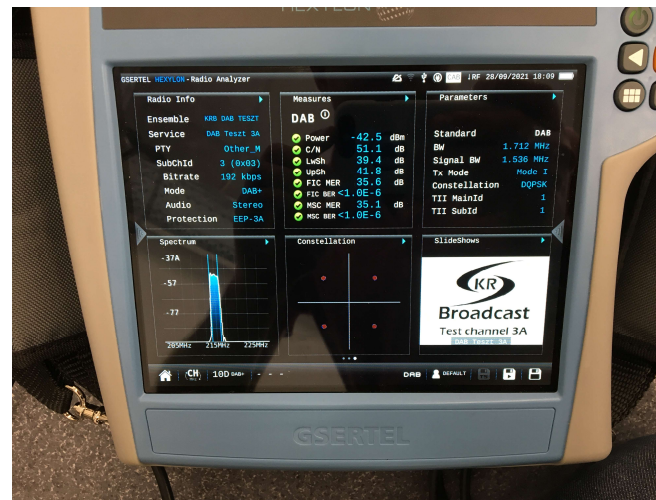
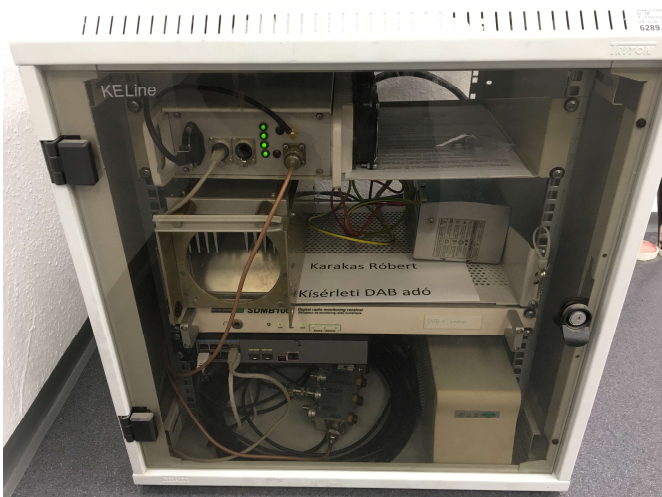
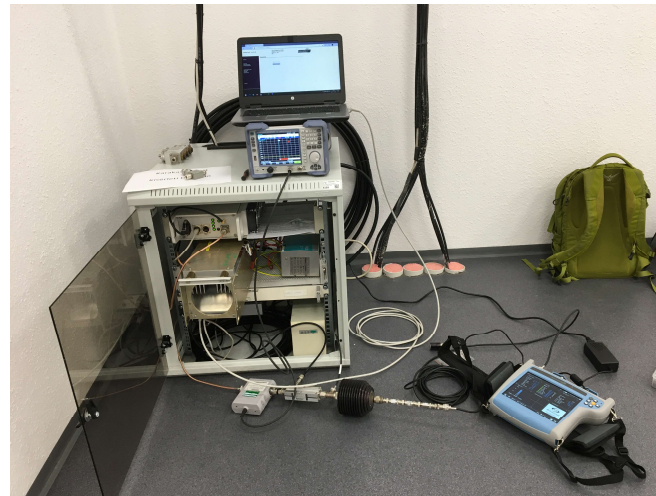
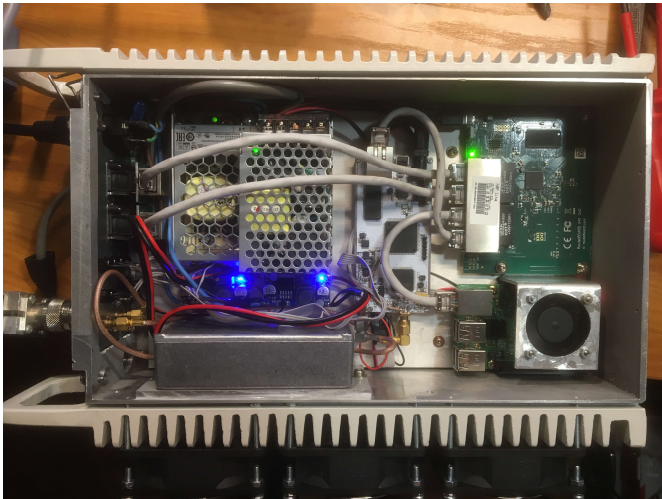


# A rendszer felépítése - Antenna

- ELTI TA 3-21/50 típusú VHF3 sávú dipól antenna, melyet az AH kölcsönzött számomra a projekt erejéig (ezúton is köszönöm)



# A rendszer felépítése - a kész állapot



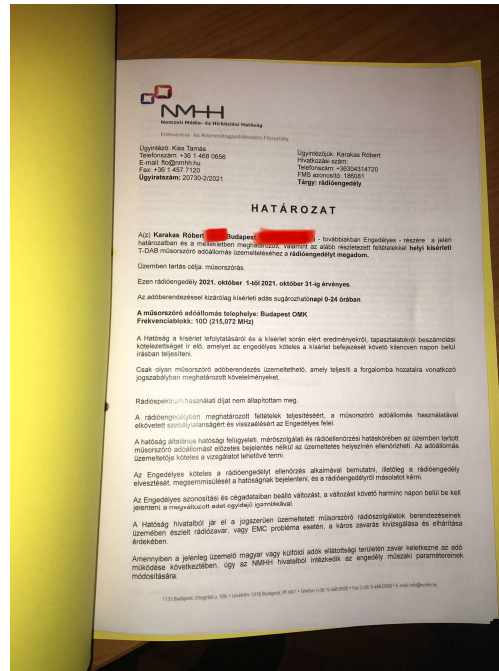
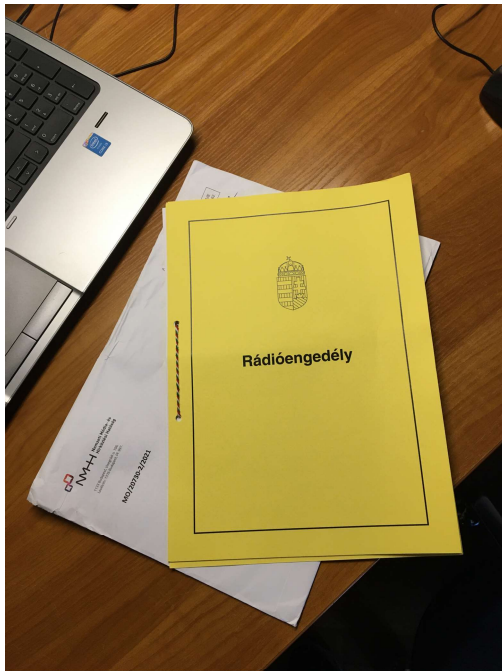
# A rendszer felépítése - Audio és PAD

- 4 csatorna volt felkonfigurálva a multiplexben azonos audiotartalommal (jogdíjmentes zenei válogatás)
- KRB Test Channel 1A (EEP-1A, 96kbps AAC-LC - utolsó héten HE-AACv1)
- KRB Test Channel 2A (EEP-2A, 144kbps AAC-LC)
- KRB Test Channel 3A (EEP-3A, 192kbps AAC-LC)
- KRB Test Channel 4A (EEP-4A, 192kbps AAC-LC)
- Minden csatornán DLS:
  - DAB Teszt 1A - Örömmel várjuk vételi jelentését! - [dabteszt@broadcast.hu](mailto:dabteszt@broadcast.hu) - KR Broadcast
- Minden csatornán SLS:



# Rádióengedély ügyintézése

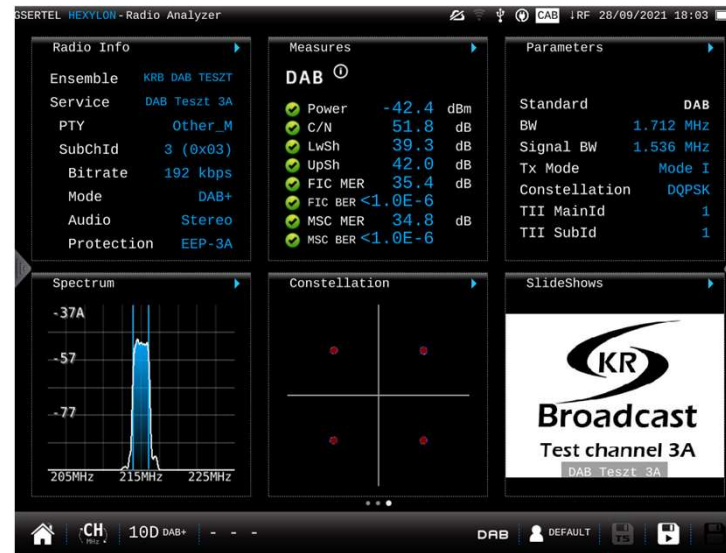
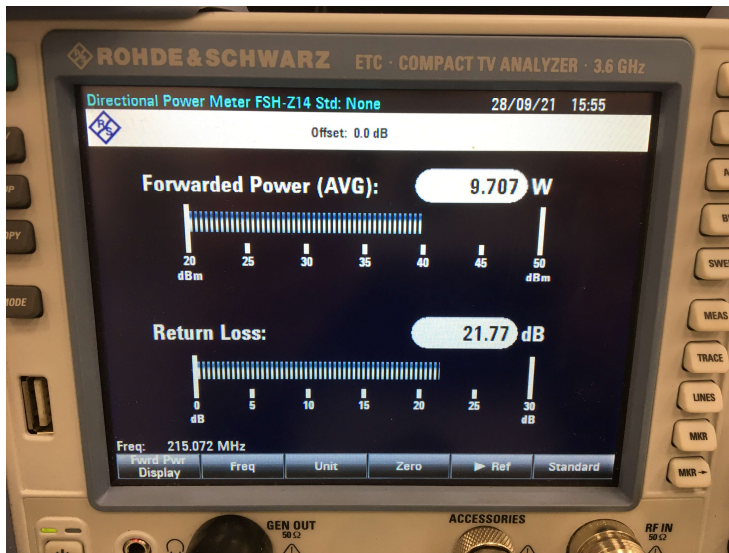
- Kapcsolatfelvétel az NMHH-val (megfelelő kontakt kiválasztása)
- Műszaki egyeztetések a lehetőségekről
- Engedély kérelemhez szükséges műszaki melléklet elkészítése
- Rádióengedély kérelem benyújtása
- ...és az eredmény (hát ilyet sem hoz minden nap a posta 😊)



# Mérési eredményeim

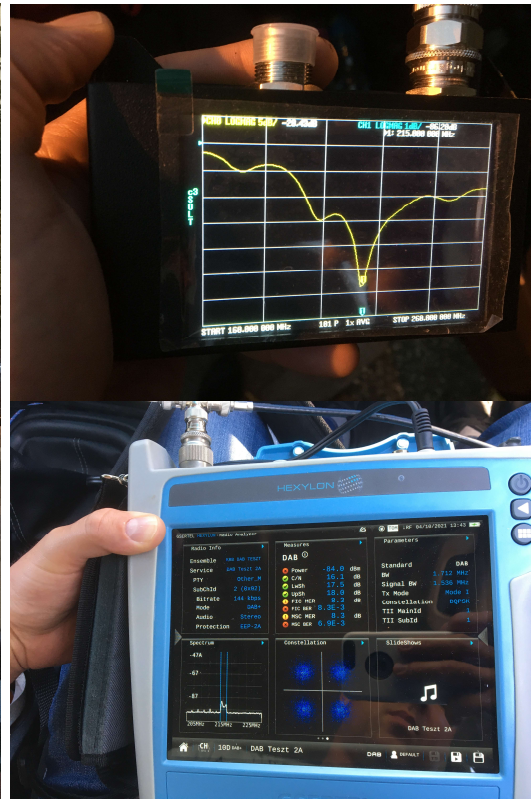
- Vezetett minőségellenőrző mérések műantennán
- Az eredmények jók, mehetünk a levegőbe! 😊

Jelszint	-42,4 dBm
C/N	51,8 dB
Alsó vállcsillapítás	39,3 dB
Felső vállcsillapítás	42,0 dB
FIC MER	35,4 dB
FIC BER	<1,0*10E-6
MSC MER	34,8 dB
MSC BER	<1,0*10E-6



# Mérési eredményeim

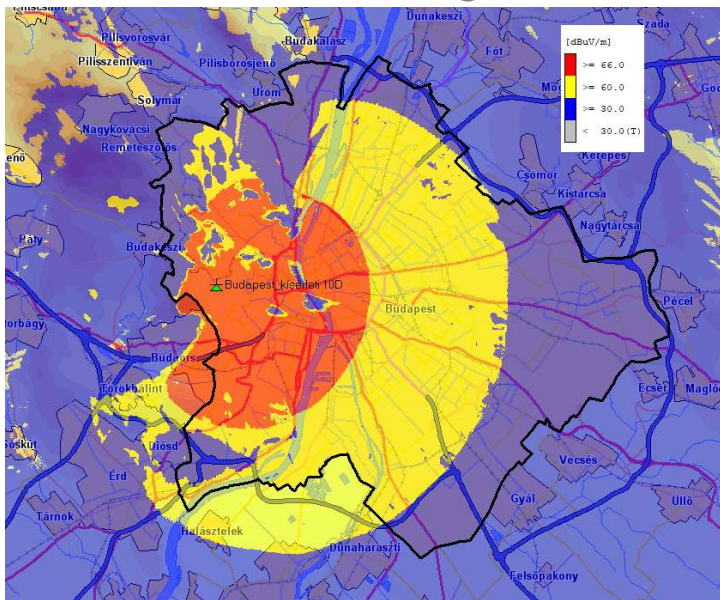
- Szükség volt először is egy vevőantennára a retpontos és drive teszt mérésekhez (ez egy frekvenciára hangolt mágnes talpas antenna lett)
- Valamint egy műszerre, ami érti a DAB-ot 😊 (ez pedig az AH által rendelkezésre bocsátott Gsertel Hexylon típusú kézi műszer lett)



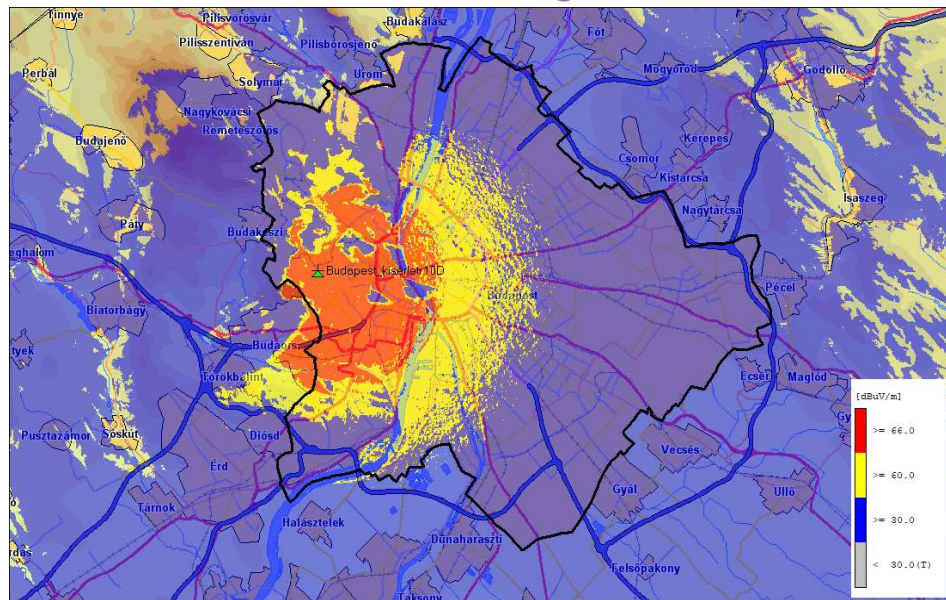
# Mérési eredményeim

- Az NMHH a rendelkezésemre bocsátott egy lefedettségi szimulációt, ez jó alap volt a méréseim tervezéséhez, majd a későbbi értékeléshez
- Személyautós mérésekhez kifejezetten jól jött a 1,5 méteres térkép

Hasznos térerősség 10m-en



Hasznos térerősség 1,5 méteren



**$\geq 66$ dBuV/m**

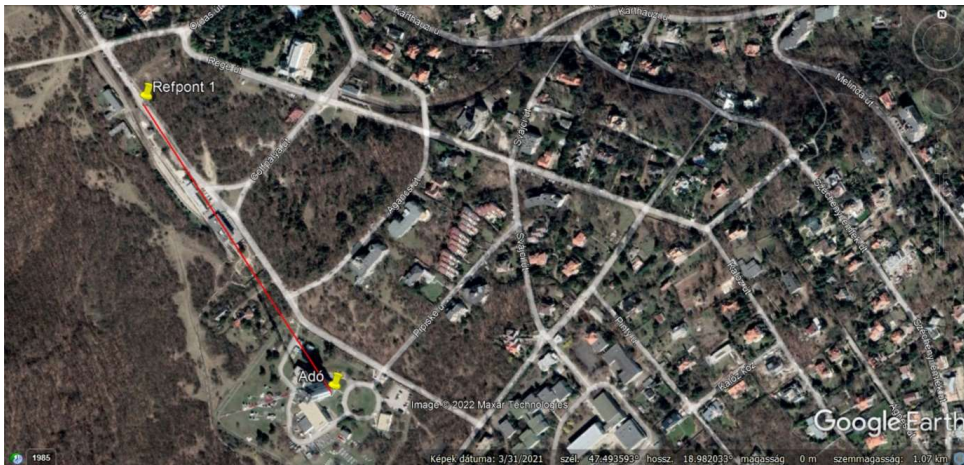
**$\geq 60$ dBuV/m**

**$\geq 30$ dBuV/m**



# Mérési eredményeim

Két referenciapont került felvételre, egy közeli és egy távoli

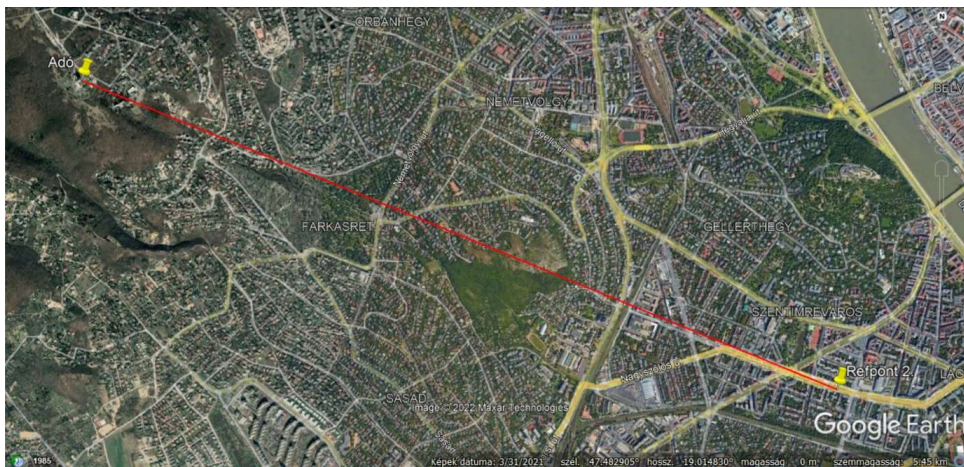


**47.495032, 18.976146**

**1121 Budapest Hegyhát út**

**A gyermekvasút kerítésén levő kapuval szemben**

Jelszint	71,4 dBuV
C/N	42,9 dB
Alsó vállcsillapítás	44,0 dB
Felső vállcsillapítás	46,7 dB
FIC MER	34,0 dB
FIC BER	<1,0*10E-6
MSC MER	33,7 dB
MSC BER	<1,0*10E-6



**47.474363, 19.044922**

**1117 Budapest Bocskai út 10.**

**az evangélikus templom bejáratával kb szemben a középparkolóban**

Jelszint	48,6 dBuV
C/N	32,2 dB
Alsó vállcsillapítás	33,6 dB
Felső vállcsillapítás	34,4 dB
FIC MER	27,4 dB
FIC BER	<1,0*10E-6
MSC MER	26,8 dB
MSC BER	<1,0*10E-6

# Mérési eredményeim

Két panaszvizsgálati ponton is készült mérés



**47.482653, 19.145126**

**1104 Budapest Dér utca 2**

**Panasz: Kőbánya Óhegy beltéri vétel nem lehetséges**

Jelszint	28,2 dBuV
C/N	12,5 dB
Alsó vállcsillapítás	13,9 dB
Felső vállcsillapítás	15,3 dB
FIC MER	10,0 dB
FIC BER	2,1*10E-3
MSC MER	9,9 dB
MSC BER	1,7*10E-3



**47.471965, 19.159862**

**1108 Budapest Szövőszék utca**

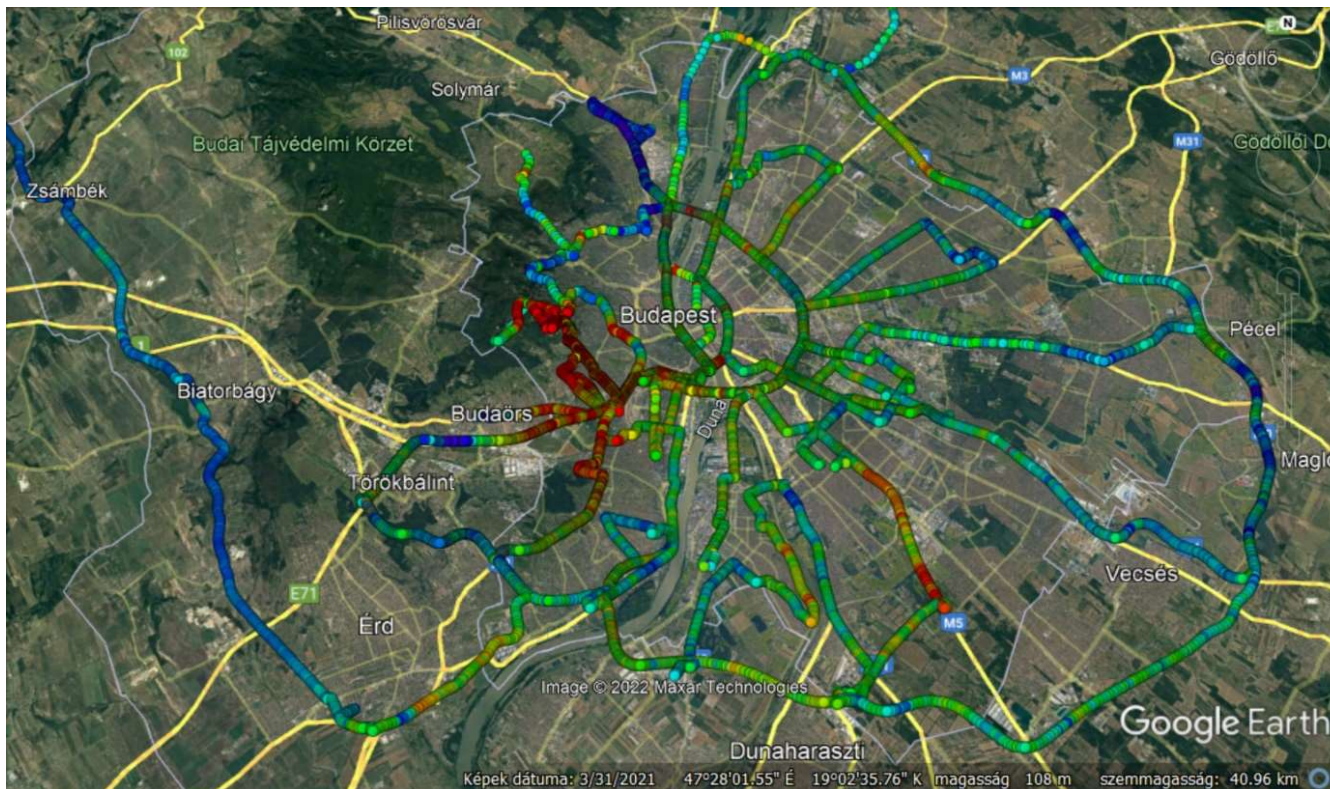
**Panasz: Kőbánya Újhegy beltéri vétel nem lehetséges**

Jelszint	32,3 dBuV
C/N	17,9 dB
Alsó vállcsillapítás	20,0 dB
Felső vállcsillapítás	21,8 dB
FIC MER	11,5 dB
FIC BER	4,9*10E-3
MSC MER	11,4 dB
MSC BER	4,1*10E-3

# Mérési eredményeim

Drive tesztek:

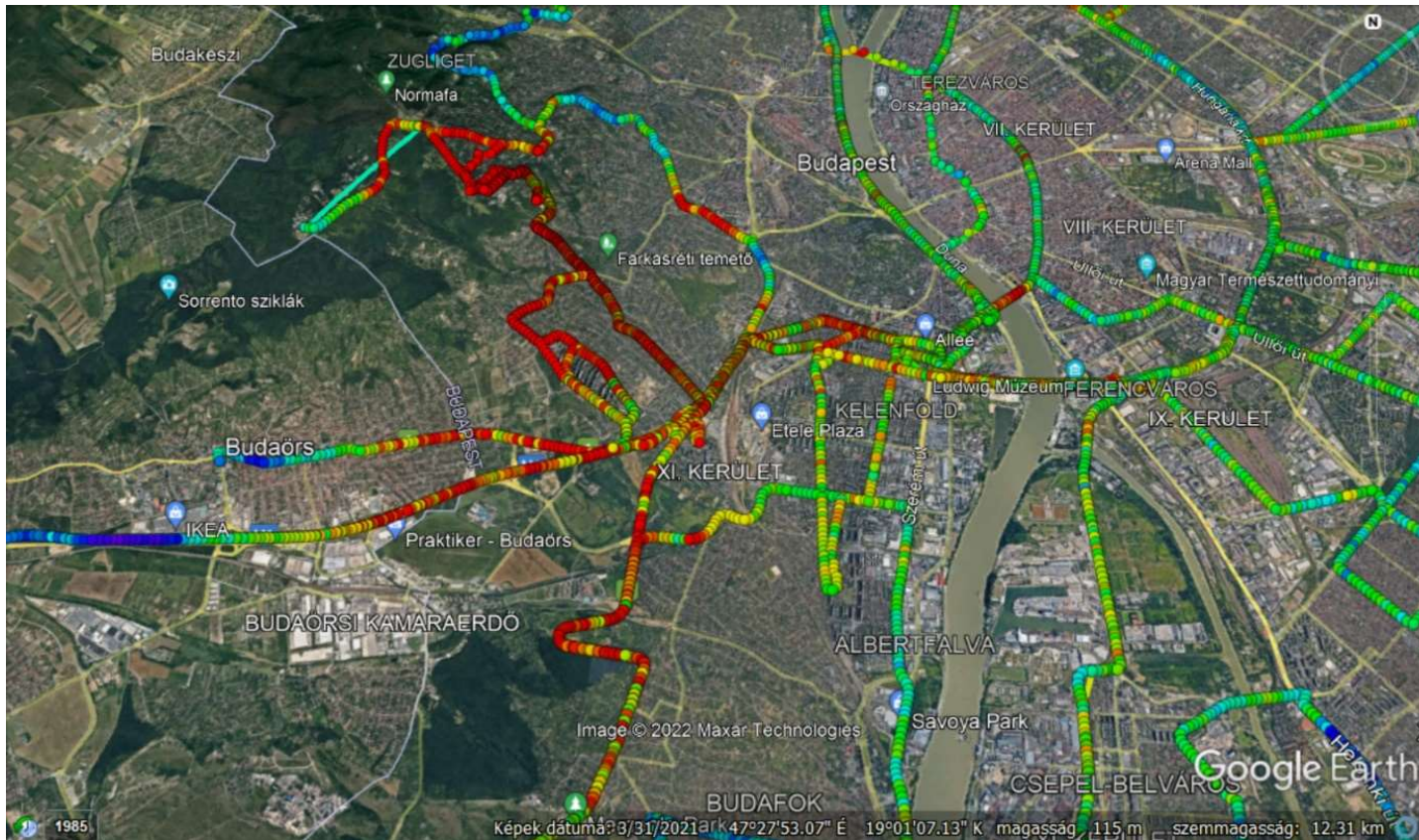
Ami a képről lemaradt: Gerecse, Vác



Field strength (dBuV/m): **>66** **>57** **>48** **>39** **>30**

# Mérési eredményeim

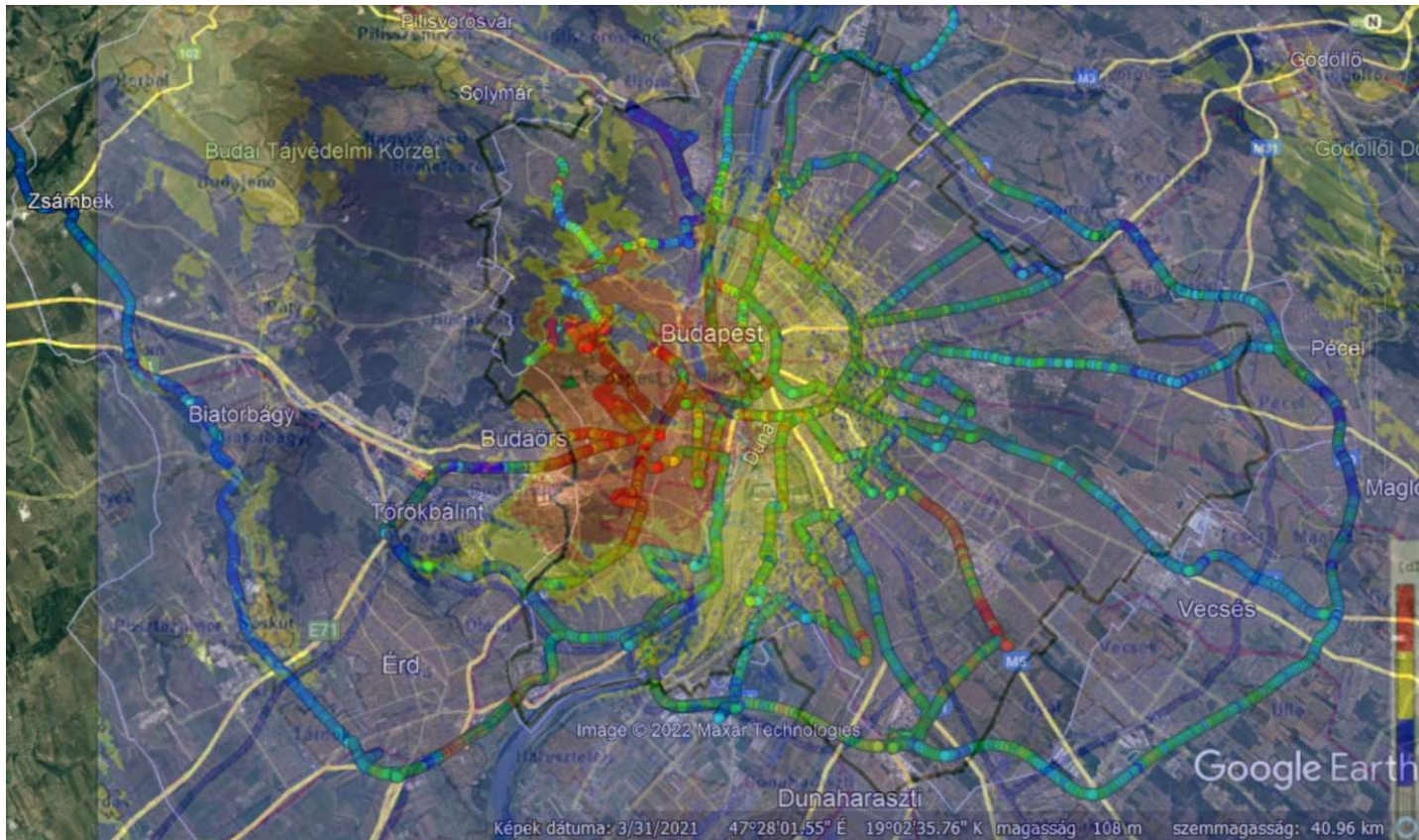
Ránagyítva a hivatalosan ellátott területre



Field strength (dBuV/m): **>66** **>57** **>48** **>39** **>30**

# Mérési eredményeim

A mért és a szimulált eredmények egymásra vetítve



Field strength (dBuV/m): **>66** **>57** **>48** **>39** **>30**

**$\geq 66$  dBuV/m**

**$\geq 60$  dBuV/m**

**$\geq 30$  dBuV/m**

# Hallgatói visszajelzések

Saját vételek:

- Budapest Fehérvári út, beltéri vétel, Tesco DR-1403B-CE kihúzott botantennával 1-2 műsor stabil, 3 szakadozik, 4 nem jön.
- Budapest területén, amikor nem drive teszt zajlott, akkor a kocsi tetején a frekvenciára vágott mágnestálpas antennával és a Tesco DR-1403B-CE kisorádióval (BNC bemenet külső antenna fogadására) nem nagyon volt olyan hely ahol legalább az 1-es program ne jött volna stabilan.
- Budapest OMK-Vác útvonalon folyamatos vétel Vác kórházig.
- Budapest-Érd-Tárnok-Gerecse AH viszonylatban Tárnokig stabil vétel, utána semmi, majd Gerecsén az erdőben megszólalt és stabilan jött.
- Nagymaros Julianus kilátó összes csatorna stabil vétel.
- M6 autópálya 50-es km-ig stabil vétel, VW Crafter beépített nagyképernyős fejegységével.

# Hallgatói visszajelzések

Hallgatói vételek:

- Kistarcsa Zsófia-liget FM vevőantennával háztetőről SDR szoftverrel az összes csatorna dekódolható, 8 dB SNR
- Gyál, Csontos József utca beltéri vétel Sony XDR-S41DB típusú vevővel 1-2-3 csatornák tökéletes vétel, 4-es csatorna csak kihúzott antennával jó.
- Budapest 13. kerület Bessenyei utca, beltéri vétel, mind a 4 csatorna vehető, Signal level 49.
- Budapest 4. kerület Újpest, kültéri VHF3 vevőantenna, Sangean HiFi, kitűnő térerő, mind a 4 csatorna tökéletesen vehető
- Budapest, Üllői út-Ecseri út panelek, 6. emelet, csak az ablakon kidugott antennával lehetséges a vétel, mind a 4 csatorna jött.
- Budapest, Hajdú utca, Röppentyű utca, Hungária krt, Egressy út, Angol utca mobil vétel Kia Piccanto gyári rádióval, folyamatos vétel 1-2-3 csatornán, a 4-es többször szaggatott, kivéve Hungária krt ahol sorozatos jelvesztés volt megfigyelhető minden csatornán.

# Hallgatói visszajelzések

Hallgatói vételek:

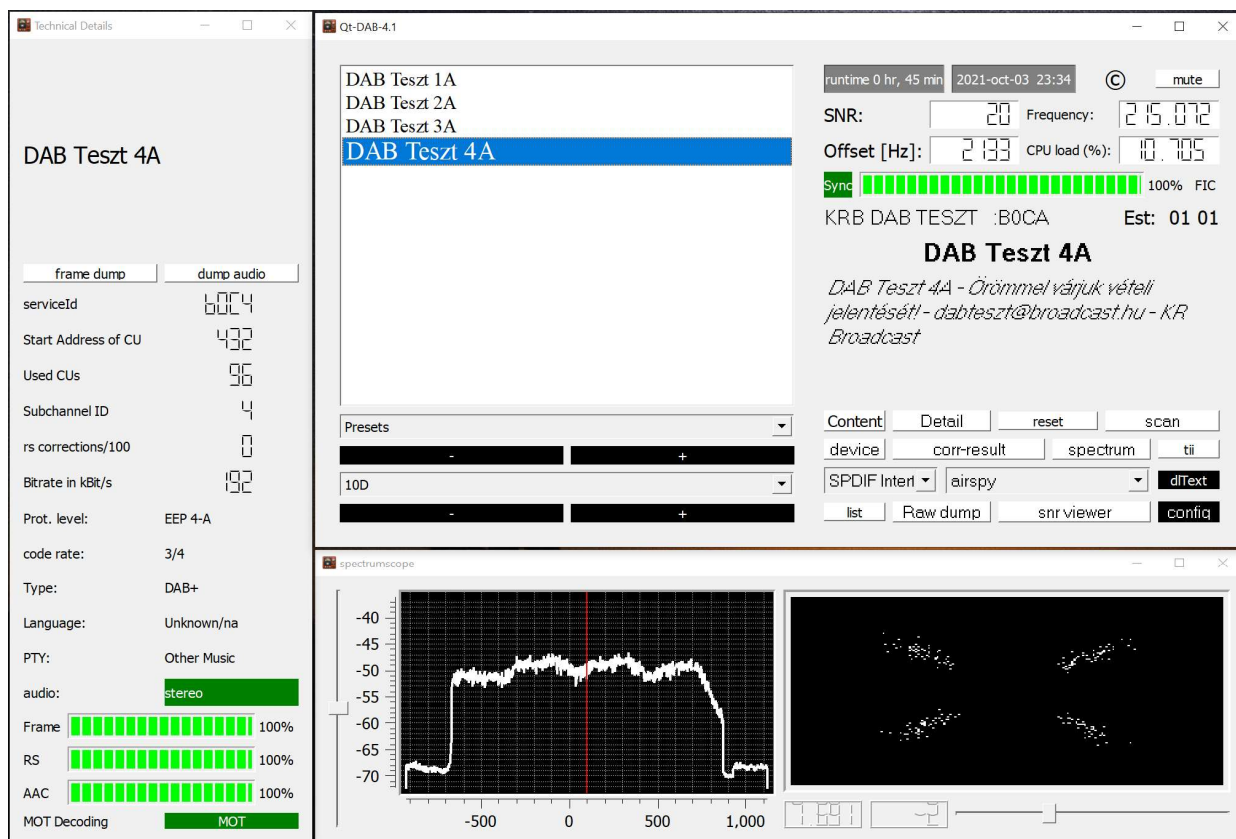
- M4 autópálya Albertirsa térségéig vehető mind a 4 program, az 1-2 pedig 4 km-rel tovább szólt.
- Budapest Rákoshegy, tetőantenna, Albrecht DR 890 rádió, tökéletes vétel mind a 4 csatornán
- Budapest 17. kerület Ezüst utca, Sangean DPR 69+ vevő kihúzott botantennával, beltérben az ablak közelében 1-2-3 csatorna vehető volt, a 4-es nem.
- M1 autópálya 48. km-nél kocsiszekrényen belüli vétel kihúzott antennával, gyenge térerő
- Budapest 16. kerület beltéri vétel, mind a 4 csatorna vehető
- M3 Szadaig van mobil vétel
- Fót, Nagyvárad utca, beltéri vétel Tesco DR1502W-CE vevővel, emeleten mind a 4 műsor stabilan vehető, a földszinten az 1-2 stabil a 3 akadozik, a 4 nem jön be. Kültéren mind a 4 műsor stabil.



# Hallgatói visszajelzések

Hallgatói vételek:

- Pécel, Isaszegi út, 2m/70cm rádióamatőr körsugárzó antenna, AirSpy SDR vevő, tökéletes vétel minden csatornán, 20 dB SNR



# Hallgatói visszajelzések

Hallgatói vételek:

- Érdelget, 5 elemes FM yagi tetőn, SDRPlay vevő, 2-3-4 tökéletesen megy, 1 szoftveres hiba miatt nem jön. 17 dB SNR, frekvenciára vágott pálca antennával 19dB SNR



# Hallgatói visszajelzések

Hallgatói vételek:

- JN97Ki lokátorból (kb Tárnok) 2m/70cm kültéri körsugárzó antenna, SDRPlay vevő, SDRUNO és QT-DAB vevőszoftverekkel 1-2-3 csatorna tökéletes vétele, 17 dB SNR



# Hallgatói visszajelzések

Hallgatói vételek:

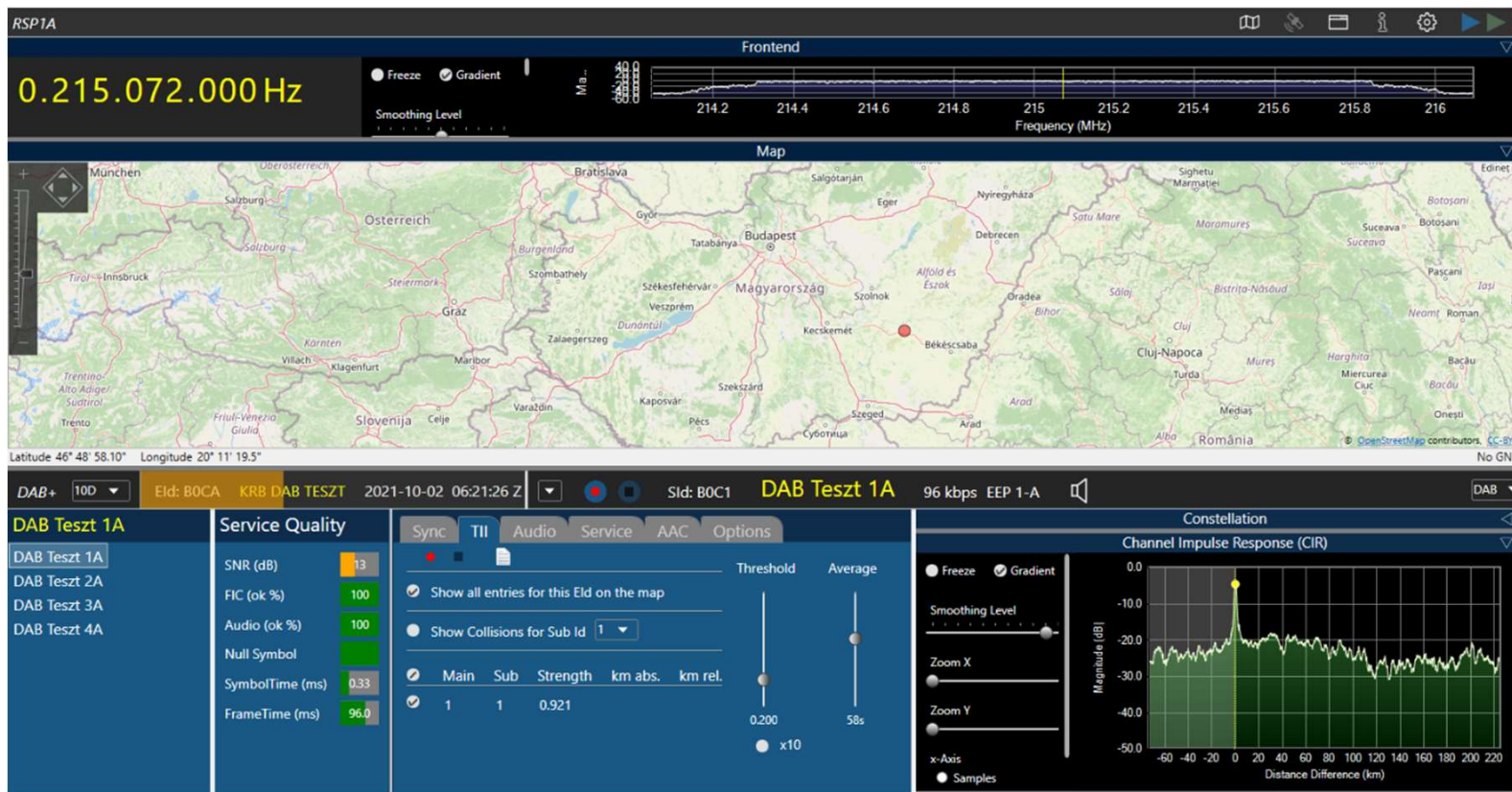
- Budapest, Kőbánya Újhegy, Mádi utca, SDRPlay vevő, frekvenciára hangolt negyedhullámú antenna, épület tetejéről, 2-3-4 csatorna tökéletes vétele, az 1-es szoftverhiba miatt nem vehető, 30 dB SNR



# Hallgatói visszajelzések

A top vétel:

- Szarvas, 2x18 elemes VHF3 yagi, kiszajú előerősítő, SDRPlay SDR vevő



# További elképzelések

- Amennyiben az NMHH-val találunk olyan közös felületet, amit érdemes még tesztelni, akkor előfordulhat hasonló kísérlet.
- A legtöbb kritikát a műsoranyag kapta, de jogdíjmentes anyagból nagyon nehéz jobbat kihozni. Amennyiben lehetőség nyílna valódi szórakoztató műsor sugárzására, az sokat lendíthetne egy kísérleten, de a platform jövőjén is.
- A HTE keretein belül Szombathy Csabával közösen próbálunk szakmai lobbizást folytatni a megfelelő állami szerveknél, hogy a digitális rádiózás teljesen azért ne kopjon ki a köztudatból.
- Ezekről függetlenül sajnos úgy látom, hogy a DAB+ országos szintű bevezetése politikai/kereskedelmi érdekeltség nélkül jelen helyzetben teljesen esélytelen.
- Örök élet, ingyen sör... 😊

# További elképzelések

- Kellő elhatározással és fanatizmussal bármi elérhető azt hiszem, és fanatizmusból nem volt hiány 😊



# Kérdések





# Köszönöm a figyelmet!

Felhasznált irodalom:

<https://tipok.org.ua/>

<https://www.opendigitalradio.org/>

Az utolsó napi SLS kép:



**Ezúton szeretném megköszönni  
a rádióengedélyt az NMHH-nak  
a telephely biztosítást az AH-nak  
és a sok hasznos visszajelzést  
minden kedves hallgatónak!**