

# A SENNHEISER HANGAKADÉMIA VEZETÉK NÉLKÜLI RENDSZEREK KÉZIKÖNYVE

A vezeték nélküli mikrofon- és  
monitorrendszerek alapjai

Peter Arasin  
Sennheiser electronic GmbH & Co. KG

© 2012 - Sennheiser electronic GmbH & Co. KG  
Am Labor 1 • 30900 Wedemark • Germany  
Írta: P. Arasin

Szerkesztette: Petra Brühne

Minden jog fenntartva. Ennek a kiadványnak tilos bármely részét bármilyen formában sokszorosítani, elektronikus úton feldolgozni, másolni vagy terjeszteni a Sennheiser electronic GmbH & Co. KG. előzetes írásos hozzájárulása nélkül.

Magyarországon nyomtatva - 2013.

# Előszó

írta: Prof. Dr. Jörg Sennheiser



„Felhasználóktól felhasználóknak!” - ez a könyv mottója. A vásárlók nyelvén és szavaival magyarázza el a tárgyalandó témát, ami az elmúlt években világszerte több mint 200 tanfolyamon bizonyítottan sikeres módszer volt. Ez biztosítja, hogy „bennfentes zsargon” használata ne menjen a precizitás és az érthetőség kárára.”

A grafikonokat a lehető legjobban leegyszerűsítettük és csak az alapok elmagyarázására szorítunk. Az átfogó szómagyarázat az érdeklődő felhasználók számára közvetlenül megadja a megfelelő leírást. Mivel közismert,

hogy „egyetlen kép ezer szóval is felér”, a multimédia világának ezen komplex részét ismertető tudásanyagot ábrák és szövegek hozzáértő kombinálásával közvetítjük.

A könyvet példákkal zárjuk, melyek megmutatják, hogy az alapelgondolások, standard megoldások és tippek kombinálásával hogyan hozhatók létre funkcionálisan működőképes megoldások, hiszen eddig is ezek írták és továbbra is ezek írják a vezeték nélküli rendszerek történetét.

## A szerző



**Peter Arasin** a belső munkatársak, a viszonteladók és a professzionális felhasználók termékismertető képzéseinek vezetője. Több évig a videótechnológiai projektek területén dolgozott, alkalmazástámogató mérnökként. Azután ráébredt az audiojelátalakítók iránti szenvedélyére, és 1985-ben csatlakozott a Sennheiser németországi központjának csapatához. Ő volt felelős a professzionális termékek termékmenedzsment-

jéért 13 éven keresztül, 1998-ig. Arasin a Sennheiser vezeték nélküli mikrofonrendszerek területén jártas alkalmazástámogató mérnök, aki számos sikeres professzionális termék (pl. EM 1046, SK 50, SKM 5000, MKH 50, HD 25) kifejlesztésében működött közre. 2006-ban ő lett a Sennheiser Hangakadémia alapító tagja.



# Tartalom

Bevezetés.....	8	Egyéb jellemzők.....	77
Miben segíthet ez a könyv az olvasónak? .....	9	WSM (Wireless Systems Manager) szoftver .....	78
<b>1. Jelátalakítók .....</b>	<b>11</b>	Kamera vevőegységek.....	80
Alapvető ismeretek .....	11	Parancsfunkció .....	81
Mikrofontípusok .....	11	<b>6. Vezeték nélküli monitorrendszerek (IEM) .....</b>	<b>83</b>
Mikrofonok: dinamikus vagy kondenzátor? .....	12	Alapvető ismeretek .....	83
Mikrofonkapszulák: hangzás és irányítottság.....	13	IEM: nehéz körülmények .....	84
Headsetek .....	18	Vezeték nélküli mikrofonok és IEM-rendszerek egyidejű használata .....	84
Csíptetős mikrofonok (Lavalier).....	20	Adóantenna .....	87
Vezeték nélküli jelszedők .....	23	Írányított antennák.....	87
<b>2. Adóegységek.....</b>	<b>25</b>	Antenna-összegzők .....	89
Alapvető ismeretek .....	25	TalkBack (utasítás) külső közvetítések közben .....	90
Frekvenciamoduláció (FM) .....	26	Fülhallgató kiválasztás .....	91
Jelfeldolgozás: kiemelés, kompander, limiter .....	30	Fejhallgató és hallásvédelem .....	92
Keresztmoduláció .....	32	<b>7. Gyakorlati tanácsok .....</b>	<b>95</b>
Elemes táplálás .....	33	Feladat ismertetése .....	95
Kezelőmenük, felvételi szintek .....	35	Rádió mikrofon- és vezeték nélküli monitorrendszerek megtervezése .....	98
Csatlakoztatási és viselési módok, nedvesség elleni védelem .....	37	Vezeték nélküli mikrofonok és fülmonitorok működtetésének szabályai .....	101
Plug-on adóegységek .....	38	<b>8. Vezeték nélküli audio-jeltovábbítás, digitálisan modulált rádiófrekvenciával.....</b>	<b>107</b>
<b>3. Hullámterjedés.....</b>	<b>41</b>	<b>9. Vezeték nélküli kalandozások.....</b>	<b>111</b>
Alapvető ismeretek .....	41	Egy függőleges színpad: az Eiger északi oldala.....	128
Frekvenciák és hullámhosszok .....	41	88 csatorna Verdi számára: az opera mint "történelmi valóság-show" .....	131
Hatótávolság és teljesítmény .....	42	Élőben közvetített kerékpárverseny.....	134
Vezeték nélküli mikrofonok alternatív spektruma.....	47	<b>10. Melléklet .....</b>	<b>137</b>
<b>4. Antennák, antenna-erősítők, antenna-elosztók, kábelek .....</b>	<b>51</b>	Betűrendes tárgymutató .....	143
Antennák .....	51		
Antenna-erősítők.....	54		
Kábelek.....	56		
Antenna-elosztók.....	59		
<b>5. Vevőegységek .....</b>	<b>63</b>		
Alapvető ismeretek .....	63		
Alaptételek.....	63		
A rendszer bekapcsolása .....	64		
True Diversity .....	64		
Zajzár beállítása .....	68		
Kompander használata a jel-zaj viszony javításához .....	69		
Keresztmodulációs elválasztás .....	70		
Program a vezeték nélküli frekvenciák kiszámításához .....	71		
Kapcsolási sáv szélesség .....	74		
Közös frekvencia-választás, jelrögzítési arány .....	75		
Modulációsint-jelző.....	76		

# Bevezetés

A vezeték nélküli mikrofonokat alkalmazó átviteli rendszerek folyamatosan egyre bonyolultabbá és összetettebbé váltak. A musicalekben például nem ritka a 48 vagy annál is több csatorna használata fülmonitorokkal, ami még összetettebbé teszi a rendszert.

Ugyanakkor a frekvenciák egyre zsúfoltabbá válnak. Azelőtt a teljes UHF sáv rendelkezésre állt, melyen csak néhány televízióállomással kellett osztozni. A használható frekvenciák köre még inkább szűkülni fog, részben további UHF frekvenciák elárverezése, részben a szórakoztatóipar frekvenciaigényeinek növekedése miatt ([www.apwpt.org](http://www.apwpt.org)).

Hol fogunk tartani 5, 6 vagy 7 év múlva? A vezeték nélküli berendezéseket forgalmazók mindegyike digitális technológiát fog használni. A gyártók és a felhasználók jelenleg különféle környezetben szereznek tapasztalatot a digitális vezeték nélküli rendszereket illetően. Sok még most is tesztfázisban van és a neves forgalmazók – köztük a Sennheiser is – évek óta úttörő munkát folytatnak ennek a területnek a kutatásában, fejlesztésében.

# Miben segíthet ez a könyv az olvasónak?

A kiváló minőségű vezeték nélküli átvitelről folytatott beszélgetések rámutattak, hogy bizonyos témákban gyakran merülnek fel kérdések. A figyelem ezekre a kérdésekre és általános problémákra összpontosul. Ez a gyakorlatlan felhasználók számára hasznos könyv erre a területre vezeti be módszeresen az olvasót.

A fejezetek felépítése bizonyítottan sikeresen szolgálja ezt a célt. A fejezetek az audiojel út-vonalát követik az átviteli láncon keresztül.

Az út a mikrofon kapszulától az RF mezőn át a vevőegység audio-kimenetéig visz. A vezeték nélküli mikrofonok és fülmonitorok gyakorlott felhasználói egy adott fejezet kiválasztásával felfrissíthetik tudásukat, vagy gyorsan praktikus információkhoz juthatnak a tárgymutatóban.

A könyv tartalmának zöme gyakorlati tapasztalaton és a felhasználók által világszerte feltárt problémák több éves megoldási gyakorlatán alapul. Klaus Willemsen különösen külső felvételeknél játszott fontos szerepet annak biztosítá-

sában, hogy a nemzetközi érdeklődésre számot tartó média eseményekhez készített komplikált installációk problémamentesen működjenek, legyenek azok az olimpiai játékok, síbjátszások, kültéri koncertek Dél-Afrikában vagy nagy operaelőadások a világ bármely táján.

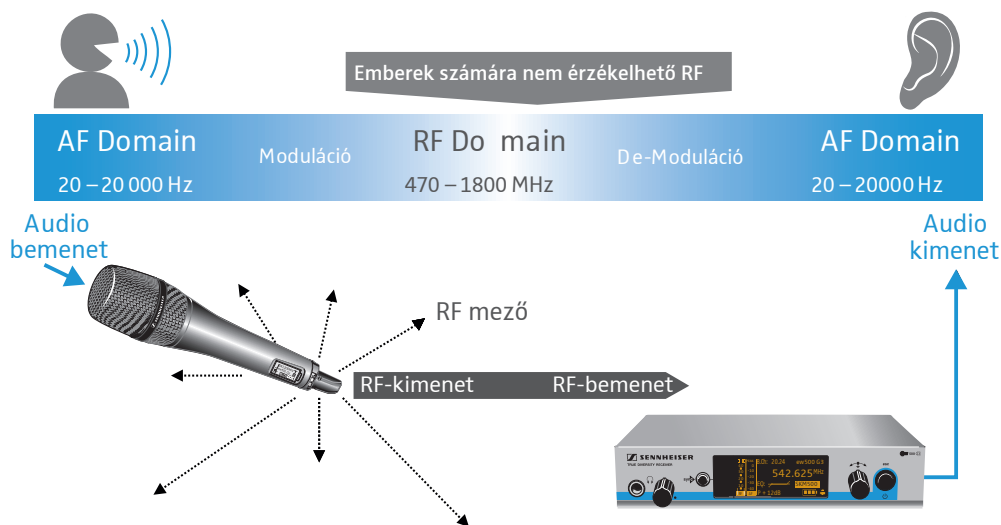
Ritkán van szükség arra, hogy fel kelljen melegítenie a forrasztópákát vagy szét kelljen szednie egy eszközt. Vezeték nélküli rendszerek esetén csaknem mindig az adott alkalmazás apróbb sajátosságainak kombinációja okozza a fejtörést. Ezek felfedése és megoldása tapasztalatot és éles szemet kíván.

Ez a könyv nem egy megoldástár. Gyakorlati problémákat ír le, és bemutatja, hogyan kell megoldani és megelőzni azokat.

A könyv megírásában John Willett, Gerrit Buhe és Gerhard Vonwald hasznos tanácsai segítettek. Ezért külön köszönetem nekik.

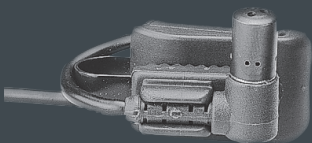
Peter Arasin, Sennheiser electronic

## Átviteli lánc





**HSP 4** A HSP 4 headset mikrofon az állandó beszéd távolság fenntartásával megkönnyíti a konzisztens hangerő szint fenntartását. A hangzás a kézi mikrofonok nagyobb jelátalakítóinak erőteljes jelenlétéhez hasonlít.



**ME 104** Az ME 104 a 100-as sorozatú miniatűr mikrofonok családjának egyik tagja, cserélhető kábellel. Előszeretettel használják TV-produkciókhoz (pl. Legyen Ön is milliomos).



**MD 46/SKP 3000** Az MD 46/SKP 3000 mikrofon szett használatával a riporterek kábelek nélkül közelíthetnek a riportályaikhoz. A kapszula enyhe kardioid karakterisztikával rendelkezik, mely a szintesések kiegyensúlyozásának köszönhetően jól tolerálja a pontatlan elhelyezést.



**MKE 1** Az apró MKE 1 mikrofon - speciális hipoallergén tapasszal - jó akusztikai pozícióban rögzítve. A fotó egy kanadai musical produkció alkalmával készült.



MKE 1

MKE 2

MKE 102

ME 2

MKE 104



**ME 36** A csupán 8 mm átmérőjű, kompakt ME 36 a kiváló hangminőség és a diszkrét megjelenés kiváló elegyét nyújtja. Az alapegységen elhelyezett plug-on jeladónak köszönhetően a színpad kábelektől mentes marad.



# 1. Jelátalakítók

## Alapvető ismeretek

- Az élő előadásoknál használt énekmikrofonban található jelátalakítót azért fejlesztették ki, hogy biztosítsa az énekhang tiszta, magabiztos hangzását, és így megkönnyítse az énekes hangjának érvényesülését az ugyanabban a frekvencia-tartományban megszólaló elektromos gitár és zongora mellett.
- Az énekhang és dal élőkoncerten történő megszólaltatásánál döntő kritérium, hogy az erősítés mértéke ne érje el a gerjedési szintet.
- A legtöbb énekmikrofon kardioid karakterisztikával rendelkezik. Szuperkardioid vagy hiper-kardioid karakterisztika esetén kb. 3 dB-lel nagyobb erősítéssel éri el a gerjedési szintet.
- A headset mikrofonok megkönnyítik a hangmérnökök dolgát. A hangminőség és a gerjedési szintet megelőző erősítés körülbelül a kézimikrofonokra jellemző értékeknek felel meg.
- Számos gyakorlati tapasztalat és trükk létezik a csíptetős mikrofonok használatával kapcsolatban.
- Fúvóhangszerek, elektromos szóló- és basszusgitárok, valamint mindenféle más hangszer hangja továbbbátható vezeték nélkül, zsebadók és megfelelő mikrofonok, vagy jelszedők használatával.

## Mikrofon típusok

A vezeték nélküli mikrofonokat elsősorban zene és beszédhang átviteléhez fejlesztették ki. Manapság ezeknek az eszközöknek különféle alkalmazásokban és helyzetekben kell különböző elvárásoknak megfelelniük.

- Csíptetős (Lavalier) mikrofonok esetén az elsődleges szempont szinte észrevehetetlen alkalmazásukban rejlik. Filmekben ez gyakran azt jelenti, hogy ezeket a mikrofonokat a ruha alatt kell elhelyezni.
- Kézi mikrofonok esetén a mikrofon maga is a művészi hatás részévé válhat. Ennek a mikrofonnak a hangot erőteljesen, tisztán és érthetően kell továbbítania. A gerjedés elleni leghatékonyabb védelem dinamikus jelátalakítókkal érhető el. Lágy énekhangok esetén a hangsúly az apró részletek valóságghú átvitelén van. Ez változatos akusztikus képet jelent, melynek az átvitelére egy kondenzátor-mikrofon a legalkalmasabb.
- A praktikus minőségbeli jellemzők közé tartozik az alacsony kezelési zaj és a masszív felépítés, amely az alkalmanként előforduló ütődéseket is elviseli.

Az érthető ének nem keverendő össze a „Hi-Fi” hangminőséggel. Az érthetőség a hangkiemelés eredménye és az ún. „cut through” paraméter segítségével javítható. Egy élőben játszó zenekar énekesének szüksége van egy olyan eszközre, amely segít neki felülemelkedni az elektromos gitárok és billentyűs hangszerek hangján. A mikrofon az egész hangrendszer egyik eleme. Amikor az énekes a monitorládán/fülmonitron keresztül hallgatja magát, akkor annak pozitívan, inspirálóan kell hatnia rá.

A mikrofonnak „fel kell pörgetnie” őt. Élő előadásoknál (és stúdió felvételeknél is) a mikrofon „érzéki” tulajdonságai felelnek ezért.

Az élő előadásoknál használt énekmikrofont szájközei használathoz tervezték. Ez főként a frekvencia-menetet érinti. Egy erőteljes hangú énekes („rock-énekes”) hatalmas erővel tud énekelni, miközben bámulatos érzelmeket is közvetít. A közvetlenül a száj előtt mért legnagyobb hangnyomásszint 160 dB volt.

1.

2.

3.

4.

5.

6.

7.

8.

9.

10.

## Mikrofonok: dinamikus vagy kondenzátor?

Amikor egy membrán a levegő mozgása következtében mozgásba lendül, elektromos jeleket állít elő. Egy pillanatra félretéve a különböző működési módokkal kapcsolatos részleteket kijelenthetjük, hogy a legfontosabb különbség a hanghullámok által mozgatott membrán tömegében rejlik.

A membrán és a tekercs együtt 50 mg-ot nyom. Kb. 20  $\mu\text{m}$  vastagság esetén a dinamikus mikrofonok membránja viszonylag „merev”. Működésük a dinamikus hangszóró működési elvéhez hasonlít. A membrán hátuljára rögzített lengőtekercs pontosan követi a membrán mozgását a membrán és az állandó mágnes között elhelyezkedő légrésben. A tekercsek áthaladnak a mágneses tér erővonalain, ami feszültséget indukál.

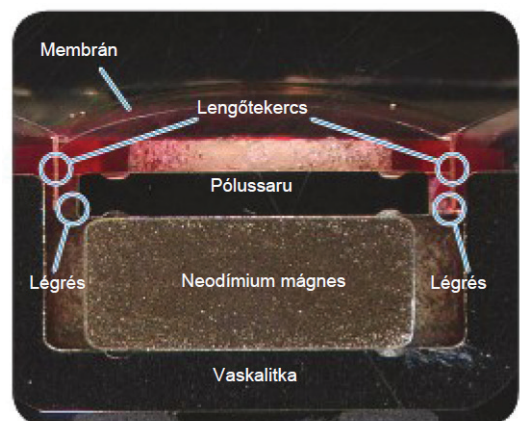
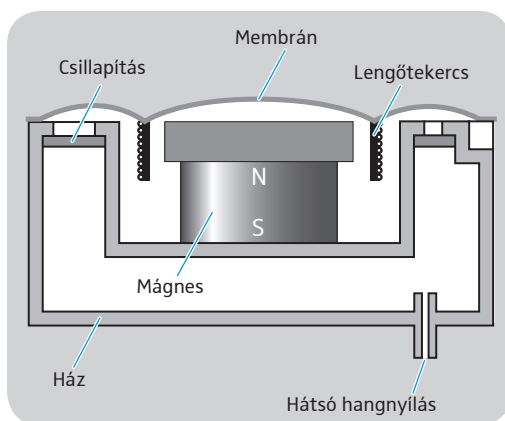
A dinamikus mikrofonok elnézőbbek ezen a téren, és némely részletet elfednek, ami gyakran kívánatos, főleg az emberi hang és a zene hangosítása esetén. Ezeknél a mikrofonoknál a gerjedés elleni védelemnek is van felső határa. A felső frekvenciahatár ( $-3$  dB, 70%-os érzékenységnek felel meg 1 kHz-nél) 12 – 17 kHz körül van, típustól függően. Ezzel ellentétben a kondenzátor-mikrofonok feszes, rugalmas membránnal rendelkeznek. Membránjuk

3  $\mu\text{m}$ -es vastagság esetén (a milliméter ezredrésze) 6-szor vékonyabb. A membránt csupán 40 nanométer (a méter milliomod része) arany bevonattal rendelkezik. A membrán tömege mindössze 1 mg, ami a dinamikus mikrofonénál kb. 50-szer könnyebb. Ezért „valóságghűbb” a tranziens effektek visszaadása. Ez a tonális különbségek legfőbb oka.

A kondenzátor-mikrofonok sokkal finomabban adják vissza a hangszerkezetet.

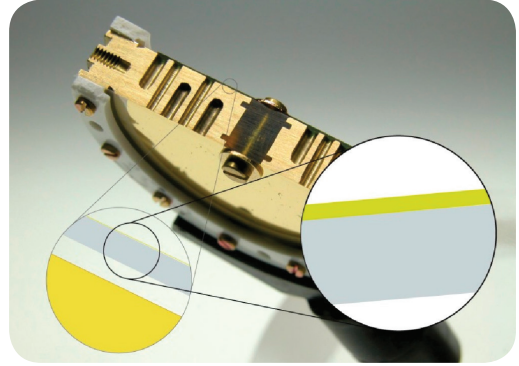
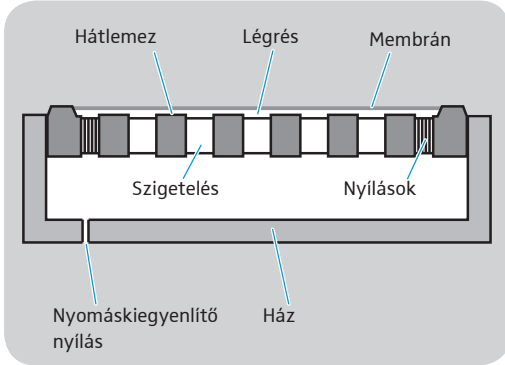
A felső frekvenciahatár ( $-3$  dB, 70%-os érzékenységnek felel meg 1 kHz-nél) 20 kHz – 60 kHz között van, modelltől függően.

### Dinamikus kapszula ábrája



A membránt a hangrezgések mozgatják. A tekercs mágneses mezejében a lengőtekercs rezgési energiája elektromos feszültséggé alakul át. A jobboldalon egy keresztmetszeti fotó látható.

## Gömb-karakterisztikájú kondenzátor-kapszula ábrája



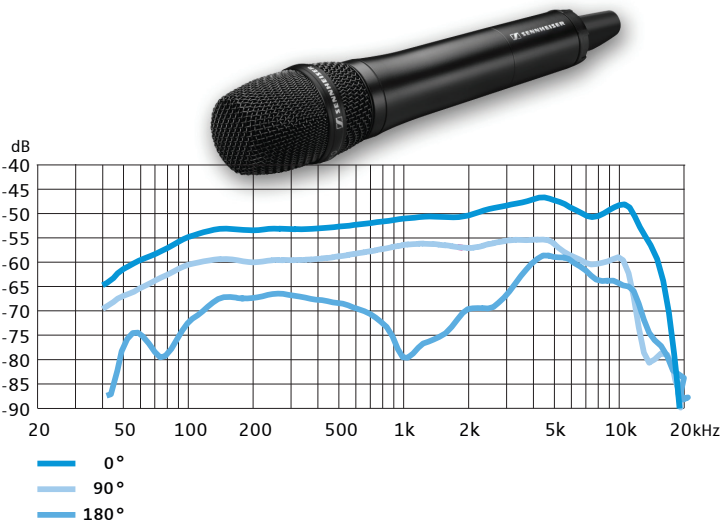
Az aranyozott membrán a hangrezgéseket követi. A feltöltött kondenzátoron a feszültség az ellenelektrodához mért távolsággal együtt változik, mivel a töltés a membránon és a hátlemezen állandó szinten marad.

Ennél a kapszulánál a membrán hátsó része teljesen védve van a beérkező hangoktól. Ha engedjük, hogy a hang a membrán hátsó részén ellenőrzött módon dolgozzon, a kapszula irányítottá tehető. Ebben az esetben nincs irányítottság. A kapszula gömb-karakterisztikájú.

Egy kétmembrános rendszer keresztmetszete. Itt tisztán láthatók a membrán és a hátlemez között elhelyezkedő légrés parányi méretei (15 – 60  $\mu\text{m}$ , típustól függően). Az aranybevonat, mely a membránt vezetővé teszi, csupán kb. 300 atomnyi vastag.

## Mikrofonkapszulák: hangzás és irányítottság

### Frekvenciamenet



### SKM 500-935 G3

A grafikon egy kardioid-karakterisztikájú kapszula frekvenciamenetét mutatja, három különböző szögnél.

A 0-fokos görbében a kb. 500 Hz-nél kezdődő lassú emelkedés nagy jelenlétet és kiemelészt biztosít a hangnak. Az 5 kHz feletti, kismértékű érzékenység csökkenés kivédi a tolakodó hangzást, anélkül, hogy az tompává válna.

A közel párhuzamos 90-fokos görbe azt mutatja, hogy a kapszula „elnézően kezel”i, ha a művész nem mindig pontosan a helyes szögből beszél/énekel a mikrofonba.

A 180-fokos görbében látható mély esések a kritikus területeken magasfokú gerjedés elleni védelmet jeleznek.

Ez egy élő hangosításhoz tervezett, csúcsmínőségű kapszula.

1.

2.

3.

4.

5.

6.

7.

8.

9.

10.

Ha a mikrofon túl sok magas hangot vesz, a hangzás sípolásszerűnek vagy természetellenesnek hathat.

A kézimikrofon-kapszulák frekvenciamenetét szintén közeli beszédhez tervezték. A kimenő-feszültség észrevehetően csökken az alacsonyabb frekvenciáknál, vagy legalábbis a fenti frekvencia-leírás ezt a benyomást kelti. A grafikon nemzetközileg elfogadott mérési feltételek alkalmazásával született, ami a teszthangfáltól számított mérési távolságot egy méterben határozza meg. Mindamellert senki sem használ ennél a távolságnál áthallásra hajlamos mikrofont. A valóságos 20 cm-es, vagy annál kisebb távolságnál a proximity-hatás érzékelhető, ami minden irányítottággal rendelkező mikrofonban elkerülhetetlen. A mikrofont úgy tervezték, hogy kis távolságnál az alacsony frekvenciák mérsékelt kiemelését kapjanak.

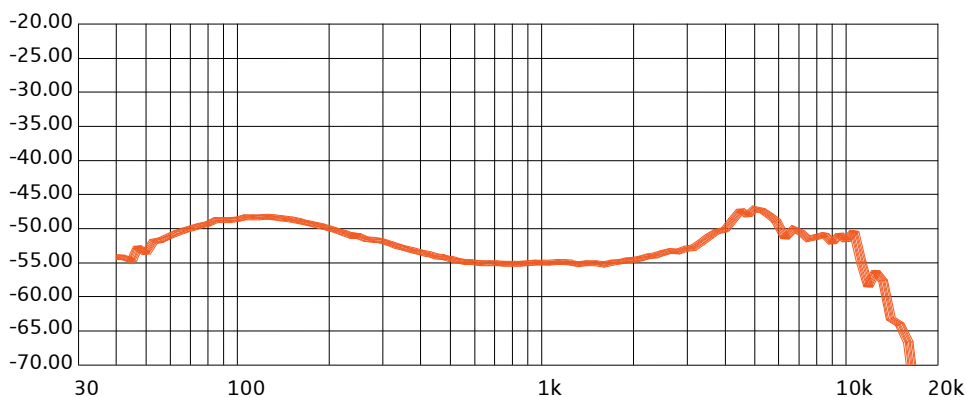
**i** Ha mélyebben bele szeretné ásni magát ebbe a témába, precíz leírást talál Stephan Peus és Gerhart Boré „Microphones” című könyvében, mely PDF dokumentum formájában letölthető

a Georg Neumann GmbH, Berlin honlapjáról:  
www.neumann.com.

Az SKM 335 mikrofon esetén mérsékelt proximity-hatás érzékelhető. A növekedés 5 cm-es beszéd-távolságnál kellemes 6 dB (1000 Hz-cel szemben).

A mikrofon kapszulák legtöbb esetben **kardioid karakterisztikával** rendelkeznek. Ez azt jelenti, hogy a 90°-alatti szögben oldalról érkező hangok 6 dB-vel halkabban szólnak (ami 50%-os csillapítást jelent). Ez a csillapítás hátrafelé haladva erősödik. 180°-nál, vagyis közvetlenül a mikrofon mögött a gerjedés csillapítás meghaladja a 20 dB-t. Ez 90%-os vagy annál nagyobb mértékű csillapításnak felel meg. Annak érdekében, hogy a gerjedés elleni védelem, vagyis a szomszédos hangszerek hangjának kizárása még jobb legyen, kifejlesztették a **szuperkardioid és hiper-kardioid irány-karakterisztikával rendelkező mikrofon kapszulákat**.

### Közeltéri hatás(close-proximity)-mérések „műszáj” használatával

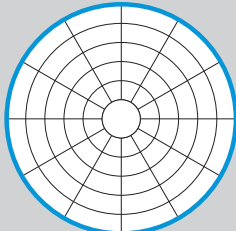


#### SKM 335

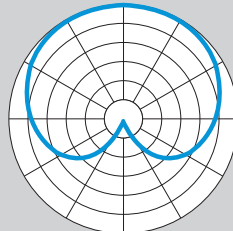
Az SKM 335 kézimikrofon dinamikus kapszulája 5 cm-es beszéd-távolság esetén, 100 Hz-nél mérsékelt proximity-hatást mutat. Kisebb távolságok a kimeneti szintet akár 10 dB-lel, vagy annál is jobban megnövelik. Ez tipikus jelenség kardioid-karakterisztikával rendelkező mikrofonok esetén. Az 5 kHz-nél jelentkező emelkedés növeli a beszédérthetőséget és a távolságtól függetlenül jelen van.

A kapszulák érzékenysége hosszú ideje dBV mértékegységben kerül megadásra, ahol 0 dBV 1 Volt-nak felel meg. Ez mindig 1 kHz-es értékre vonatkozik. Ebben az esetben ez -54 dBV, ami 2 mV-nak felel meg 1 Pa hangnyomásnál. A vastag vonalat ugyanazon mikrofontípus 8-szori mérési-eredményének egymásra helyezése adja.

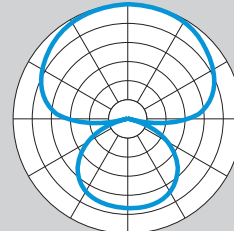
## Írány-karakterisztika ábrák



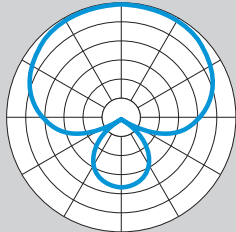
Gömb



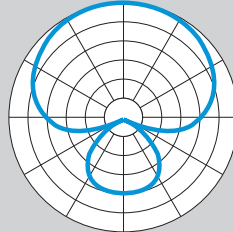
Kardioid



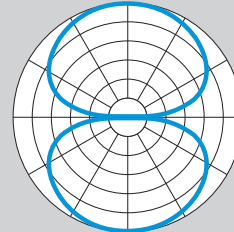
Hiperkardioid



Szuperkardioid



Sennheiser szuperkardioid

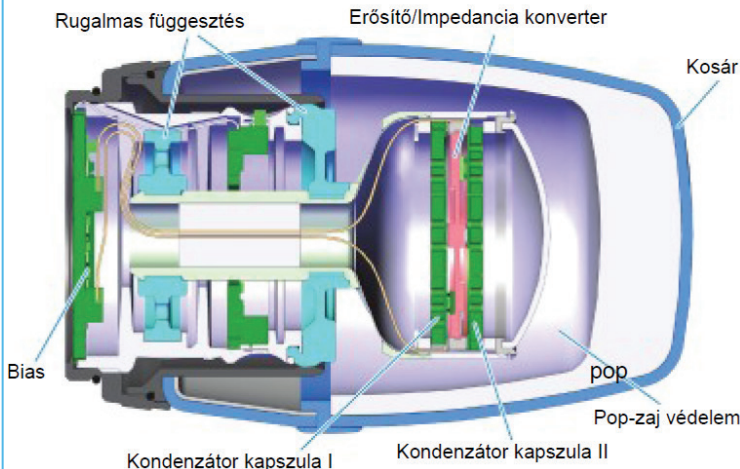


Kétirányú (8-as)

Minél közelebb esik a vonal az iránykarakterisztika ábrájának középpontjához, annál kisebb a hozzá tartozó mikrofon feszültség. Kívülről befelé haladva a gyűrűk mindegyike 5 dB-es csökkenést képvisel, és a legbelső gyűrű a legszélső gyűrűhöz képest -25 dB-nek felel meg. Ha ezt a gyűrűt kereszteljük, a feszültség kevesebb mint 5%-a lesz a 0%-nál mért értéknek (max.).

Szuperkardioid karakterisztikánál a 90°-os szögnél kisebb szögből érkező hangok esetén a csillapítás kb. 9 dB. 120° körül a legnagyobb mért csillapítás meghaladja a 26 dB-t. 180°-nál észlelhetővé válik a kétirányú (8-as) karakterisztika. Ez a komponens egy fizikai szükségesség, mely nélkül nincs irányítottág. A csillapítás kb. 12 dB-re (75%) csökken. A szuperkardioid karakterisztika biztosítja a legmagasabb

szintű védelmet a gerjedés ellen, ha a frontoldalról, vagy pontosabban a terem első feléből rögzített hangot, a terem hátsó részéből rögzített, nemkívánatos hanghoz viszonyítja. Az ideális megoldás az lenne, ha csak a frontoldalról rögzítenénk a hangokat, de ez fizikailag lehetetlen. A Sennheiser szuperkardioid karakterisztikát úgy fejlesztették ki, hogy a csillapítás 90°-nál és 180°-nál egyenlő, kb. 10 dB legyen.



### MMK 965:

A cserélhető mikrofonfej egy 25 mm átmérőjű, nagymembrános duálkapszulát tartalmaz. Az egymásra épülő (back-to-back) kardioidrendszer lehetővé teszi a kardioid- és a szuperkardioid-karakterisztika közötti váltást.

Ha hiperkardioid és szuperkardioid kézi mikrofonokat használ, a gerjedés előtt alkalmazható legmagasabb erősítés elérésének ára van. Tartsa szem előtt a kardioid-karakterisztikával való alábbi összehasonlítást:

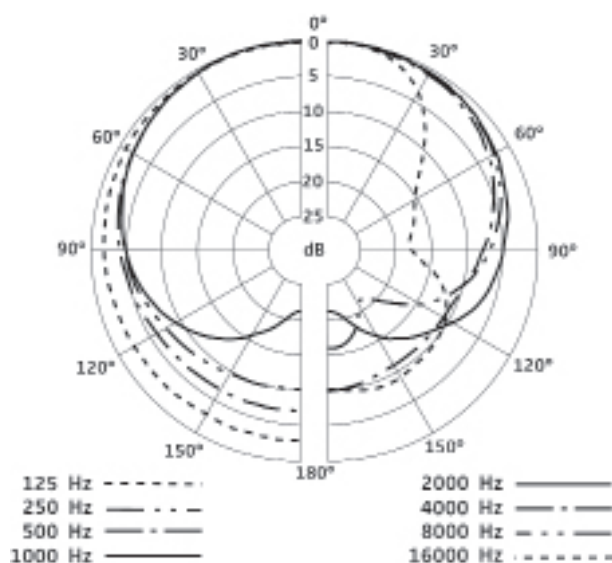
- A kezelési zajjal szembeni nagyobb érzékenység.
- Nagyobb érzékenység a levegő turbulenciára, pl. a popzajra (a P, T és K mássalhangzók kiejtésekor).
- Az alacsony hangok visszaadásánál sokkal érzékenyebb a távolság változtatására, mint a kardioid-karakterisztika. A mikrofonosár gyakran valamivel hosszabb, így a proximity-hatás nem tud túlságosan érvényesülni.
- A középponttól való elmozdulás természeténél fogva hangerő csökkenést eredményez.
- A mikrofon nagymértékű irányítottsága körültekintőbb kezelést kíván meg a művésztől és az együtttestől.

Mindemellett sokan a hátrányok ellenére is megtartják szuperkardioid mikrofonjaikat. Számukra mindennél fontosabb az gerjedés előtt alkalmazható legmagasabb erősítés elérése.

A mikrofonoknak „jól kell viselkedniük”. Nem szabad megzavarniuk a művészt. Ebben az esetben a legkedvezőbb tulajdonságokat a „lebegő irányítottság” biztosítja. Az irányítottság a frekvenciatartománynak megfelelően változik. Ismét az SKM 335 mikrofont használjuk példaként. A kapszulát

úgy tervezték, hogy az alaptartományban kismértékű irányítottságot mutasson. Az irányítottság a frekvencia növekedésével együtt növekszik. Kb. 1000 Hz-nél a karakterisztika kardioiddá válik, 4000 Hz-nél pedig a szuperkardioid kirajzolódását látja az iránykarakterisztika-diagramon.

Egy kardioid kézi mikrofon iránykarakterisztika diagramja



#### SKM 335

A közel gömb-karakteristikából a csaknem két irányú karakterisztikába való gördülékeny átmenet tetszetős hangzásúvá és egyszerűen kezelhetővé teszi ezt a kézi mikrofon típust. A gerjedés kockázata alacsony frekvenciáknál nem kritikus. A gömbhöz közelítő karakterisztikák masszívan szólnak a mélyfrekvenciás tartományban, és csökkentik a proximity-hatást, a szélzajt és a kezelési zajt.

Az ábra baloldala az 1 kHz-ig terjedő frekvenciákat mutatja. A magasabb frekvenciák a jobboldalon láthatók.



SKM 5200



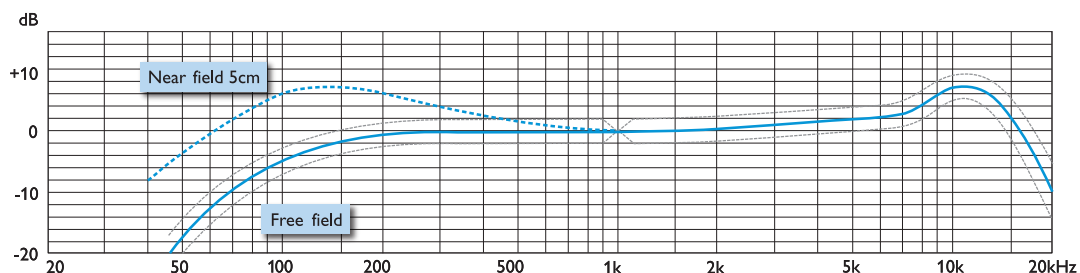
MD 5235

ME 500X



Az élő alkalmazásokhoz tervezett SKM 5200 modellt, az ún. „Neuheiser”, kardioid- és szuperkardioid-karakterisztikájú, alternatív Neumann kapszulákkal kapható. 5 további könnyen cserélhető kapszula, állandó irányítotttsággal: gömb, széles-kardioid, kardioid, szuperkardioid és egy speciális dinamikus jelátalakító az „ordibálók” számára, hatalmas gerjedés-állósággal, a „Rockheiser”.

#### Frekvenciamenetek 100 cm-es és 5 cm-es távolságnál.



A szuperkardioid-karakterisztikájú KK 105 Neumann kapszula érzékelhető proximity-hatást mutat 500 Hz-nél, 100 Hz-nél alkalmazott 10 dB-es erősítés mellett. Szónikusán, az érzékenység 2 kHz-től induló lassú emelkedése kimondottan pozitívnak tekinthető.

Az SKM 935 nagyon kiegyensúlyozott hangzást biztosít. A hang egyedi jellemzői EQ-zással, a keverőpultnál alakíthatók ki.

Max. 6 dB-es csillapítással (kb. 230 Hz-nél  $Q=1,6$  minőségi tényező mellett) nagyobb tisztaság érhető el. Nehezebb esetekben a sziszegés a 8–10 kHz-nél alkalmazott 1–2 dB-es csillapítással csökkenthető ( $Q=2-3$ ). Gyakran alkalmaznak alul-vágó szűrőt kb. 150 Hz-nél.



1.

2.

3.

4.

5.

6.

7.

8.

9.

10.

## Headsetek

Az utóbbi években a show-műsorokra egyre inkább jellemzőek a kihívást jelentő koreográfiák. Ezekben rendszerint az énekesek játsszák a főszerepet, amihez mindkét kezükre szükségük van. A megoldást a headset-mikrofon („fejmikrofon”) használata jelenti.

### A headset mikrofonokkal szemben támasztott követelmények:

- Szinte észrevehetetlennek kell lenniük.
- Stabil illeszkedés mellett kényelmes viseletet kell biztosítaniuk a művész számára. Ezért számos különböző fejmérethez és fejformához kell alkalmazkodniuk.
- A headsetnek érzéketlennek kell lennie a levegő-turbulenciára és a popzajokra, valamint ugyanazt a hangminőséget kell közvetítenie, mint egy kézi mikrofonnak.

Ezt a célt jelenleg csak részben sikerült elérni, mivel a headset csupán néhány milliméter átmérőjű mini kapszulájának hangzása nehezen mérhető össze a kézi mikrofonban található sokkal nagyobb jelátalakítók hangzásával.



Élő műsoroknál a mikrofonok beállításakor nagy figyelmet szentelnek a gerjedés elleni védelemnek. Televíziós show-műsorokban és a színházban gyakran találkozhat gömb-karakterisztikájú headsetekkel. A mikrofont elég közel helyezve a szájhoz, ezek a headsetek meglepő mértékű gerjedés előtti erősítést tesznek lehetővé.

A gömb-karakterisztika nem mutat irányítottságot. Ezért a proximity-hatás sem érvényesül. A hangzás a mikrofontávolság kismértékű változása esetén is



A megfelelő fejmikrofon megkönnyíti a hangkeverőnél dolgozók munkáját. Több különféle beállítási lehetőség segíti a headset megfelelő hangzásának kialakítását. A beállítás akkor megfelelő, ha a művész előadás közben megfelelkezhet a technikáról.

állandó marad. A gömb-karakterisztikájú headset kevésbé érzékeny a kezelési zajra, a szélzajra és a popzajokra, mint a kardiod vagy a szuperkardiod iránykarakterisztika.

Mindamellettt némely színpadi szituáció irányított-sággal rendelkező headsetek használatát igényli. A kardiod- vagy szuperkardiod karakterisztikájú kapszulákat is lehet olyan kisméretűre készíteni, mint a gömb-karakterisztikájú kapszulákat, de így azok sokkal érzékenyebbek a levegő turbulenciára. Ezért a szélfogó használata különösen fontos

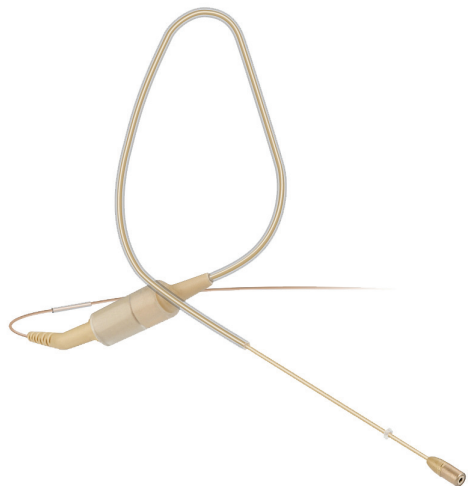


az irányított headsetek esetén. Ezáltal a mikrofon gyűszű-méretű lesz.

A headset felhelyezésekor fontos ügyelni a megfelelő illeszkedésre és a kapszula pozíciójára. A bólintás, a fejrázás, a libbenő haj, a fejenállás és a kézenállás, valamint egyéb lendületes táncmozdulatok nem mozgíthatják ki a mikrofont a helyzetéből, máskülönben elveszhet az érthetőség és a gerjedés elleni védelem. Hasznos tipp: a kapszulát egy kicsit a száj széle mögé kell helyezni. Az orcák nem blokkolják

a hangot. A beépített magas kiemelés csökkenti a hangkomponensek csillapítását.

Nem előnyös, ha az elhelyezett kapszula közvetlenül érintkezik a bőrrel. Az izzadság bejuthat a mikrofonba és ronthatja az akusztikát. Egy kis gumigyűrű a nyakpánton elállja az izzadságcseppek útját és megakadályozza, hogy azok a mikrofon-kapszulába folyjanak.



#### EarSet 1

EarSet 1 mikrofon, gömb-karakterisztikával. A kapszula csak kb. 3 mm átmérőjű. A csövön található apró gumigyűrű megakadályozza, hogy az izzadság a kapszulába csepegjen. Mivel ez a mikrofon nagyon közel van a „hangforráshoz”, irányítottság nélkül is kiváló gerjedés előtti erősítési szintet biztosít. Ez gyakran igazolást nyer a színpadi monitorozást nélkülöző színházakban. A gömb-karakterisztikájú mikrofonok esetén nincs proximity-hatás.



#### HSP 4

A kardioid-karakterisztikájú HSP 4 a maximális gerjedés elleni védelem jegyében készült. A beépített popzaj elleni védelem (pop guard) a kapszula szerves része és részben az irányítottságot is felel. Mindig ügyeljen arra, hogy a mikrofonfej a száj szélénél helyezkedjen el, a turbulens területen kívül! A hangzaskép a kézi mikrofonokban található nagyobb kapszulákéhoz igazodik.



1.

2.

3.

4.

5.

6.

7.

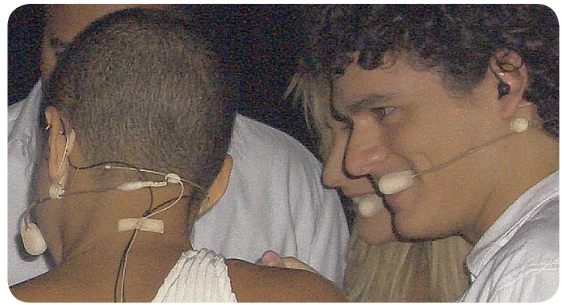
8.

9.

10.

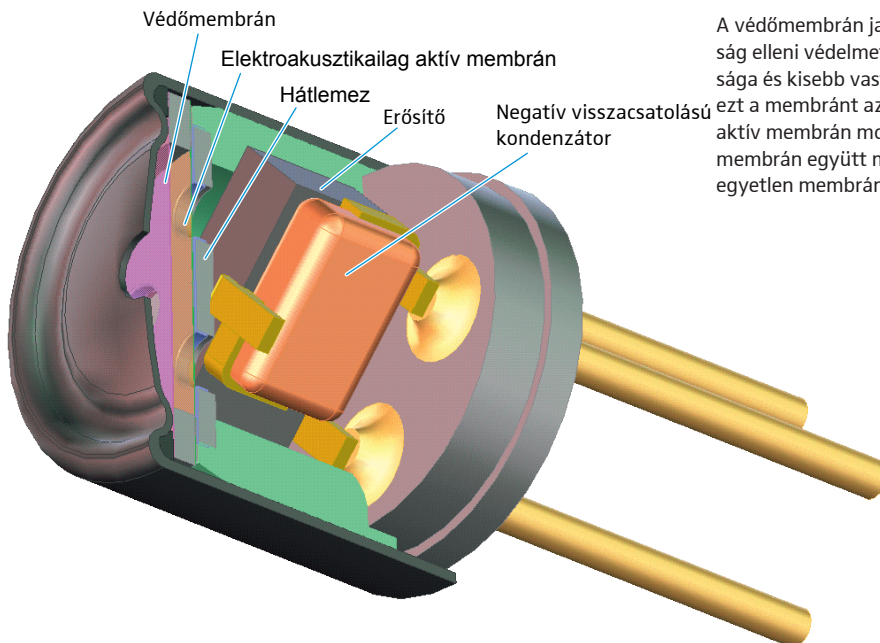
## Csíptetős mikrofonok (Lavalier)

A Lavalier mikrofonoknak számtalan rögzítési módja van, mellyel megoldható a színházi és filmes produkcók által megkívánt észrevétlen alkalmazás. Ez rengeteg ösztönösséget, tapasztalatot és kreativitást kíván a hangmérnök részéről.



Keresse meg a csaknem láthatatlan hipoallergén öntapadó szalagot a színésznő arcán!

### Az MKE 2 Platinum keresztmetszete



A védőmembrán javítja az izzadság elleni védelmet. Rugalmassága és kisebb vastagsága miatt ezt a membránt az elektromosan aktív membrán mozgatja. Mindkét membrán együtt mozog, mintha egyetlen membrán lenne.

Beszélgető műsorok alkalmával a vendégek gyakran az utolsó percben érkeznek meg, és a hangtechnikusoknak rövid idő alatt kell tudniuk megbízható módon rögzíteniük a Lavalier mikrofont. Hová tegyük a Lavalier mikrofont? Tétélezzük fel, hogy a mikrofont a házigazda bal hajtókájára rögzítjük, és a vendég is ezen az oldalon foglal helyet. Ez a hang-átvitel szempontjából kedvező helyzet. Mindamelllett, ha a kamera a házigazdától jobbra található, akkor a házigazdának folyamatosan gyorsan jobbra kell forgatnia a fejét. Ez kb. 20 dB-es színtingadozást eredményez.

Csíptetős mikrofon rögzítésénél körültekintően kell eljárni, és meg kell előzni a működési problémákat.

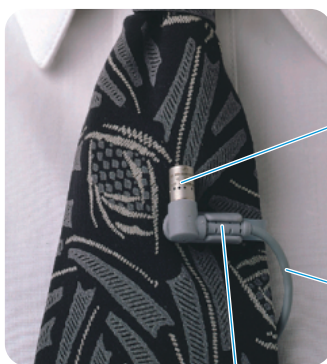
Egy jól ismert műsorvezetőnek a nyakkendő csomójánál rögzítették a mikrofont. Az akusztikus árnyékolás miatt fellépő magas-frekvenciás veszteséget EQ-val kompenzálták. Ez a megoldás kétféle

előnyvel jár: a mikrofont nemigen érintik meg és egyáltalán nem lehet látni. Mindamelllett a rögzítés körültekintést igényel és időigényes. Feszültebb helyzetekben kövesse az alábbi alapszabályt: a mikrofont középen, a hangforrástól kb. 20 cm-re helyezze el! Ha a színész nyakkendőt visel, ezt a ruhadarabot részéssítse előnyben! Ez jó módszer az egyenletes szint eléréséhez, és a forráshang maximális mértékű vételéhez a mikrofont a szájhoz minél közelebb rögzítse! Színpadi monitoring esetén nem ajánlatos csíptetős mikrofont használni!

A Lavalier mikrofonokat úgy kell rögzíteni, hogy a laza ruházat (pl. egy lebegő sál) ne okozzon susogó zajt. És végül, de nem utolsó sorban, a kábelt „akadálymentesen” kell vezetni úgy, hogy a beszélő ne akadjon bele, nehogy véletlenül kihúzza a csatlakozódugót.



Ez a fémhálóból készült védő kb. 30 dB-lel csökkenti a szélzajt. Ha ütközésig visszanyomja, a hátsó bemeneti nyílásokat is árnyékolja.



A hátsó bemeneti nyílásokkal rendelkező mikrofonok irányítottak, és szélfogóval kell használni azokat.

A csíptető hátulján található tartó megkönnyíti a kábelvezetést.

Ezzel a rögzítővel a kapszula kb. 15°-kal elfordítható a nyakkendő síkjától, így jobban a száj felé irányítható.



Itt a mikrofon a szájától a szokásos 20 cm-es távolságra van rögzítve. A kábel a kézzel való véletlen összeütközéstől védve, biztos távolságban helyezkedik el. A mikrofonnak a központi tengelyen való rögzítése segít kivédeni a fejmozgás okozta szinteséseket.

1.

2.

3.

4.

5.

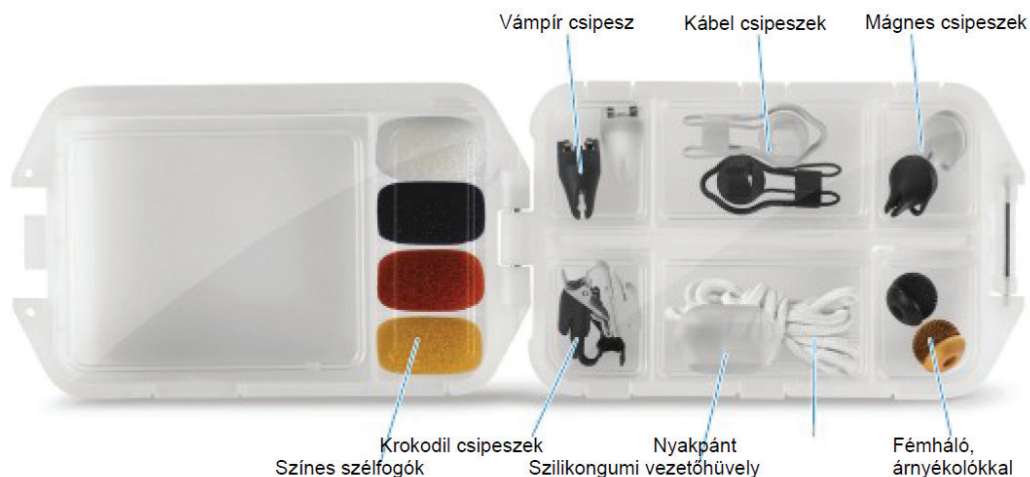
6.

7.

8.

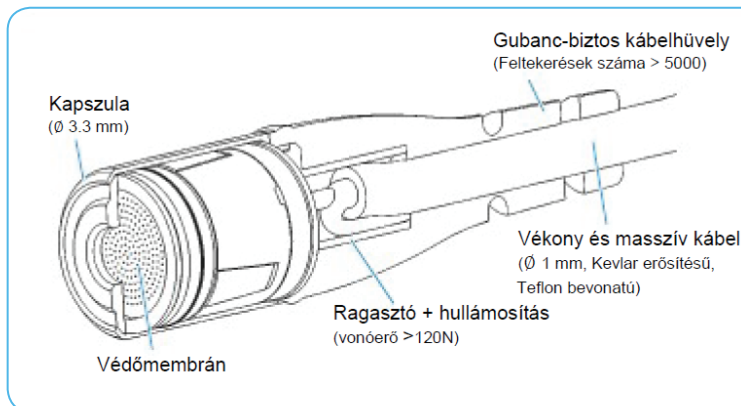
9.

10.



Egy tapasztalt hangmérnöknek személyes eszközkészlete van a csíptetős mikrofonok elrejtéséhez és a kábelek ruházaton történő biztonságos rögzítéséhez. A Lavalier mikrofonok tartozéka-ként kínált kiegészítők csak alapvető eszközök.

- Ha a csíptető túl gyengén kapcsolódik egy se-lyem vagy finom műselyemszerű anyaghoz, akkor egy darab papíralátét segítségével stabilizálható a rögzítés. A söralátétek optimális megoldást jelentenek, mert a felületük durva és tapadós.
- A hajcsatok és gumiszalagok is szabadon használhatók a mikrofonkábel rögzítéséhez és a dörszülés okozta zaj kivédéséhez.
- Színházakban a mikrofonokat gyakran a homlokhoz rögzítik. A kábelt a paróka alatt vezetik az adóegységhez, ügyelve arra, hogy a nyaknál elég laza legyen a kábel ahhoz, hogy a fejmozgásnál ne feszüljön meg. Ilyen esetben bármilyen hajdísz segítheti a mikrofon biztonságos rögzítését. Ha a homlokra fordított „V” alakban egy kis Vazelint ken, megakadályozhatja az izzadság bejutását a kapszulába.
- Zenés produkciókban a mikrofonokat gyakran egy kis sminkkel takarják. Például egy test-színű mikrofont ragasztanak az orcára és a kábelt egy kis púderrel és alapozóval teszik láthatatlanná. Feltétlenül meg kell akadályozni, hogy ezek a kozmetikumok a mikrofon nyílásaiba jussanak. Ezért a mikrofont sminkelés közben le kell takarni, és a takarást a show kezdete előtt kell újból eltávolítani.
- Az összes csíptetős mikrofon legnagyobb ellensége a verejték. A verejték sóból és savakból áll. Kellő mennyiségben termelődve a verejték megváltoztatja a mikrofon elektromos és szónikus jellemzőit és rövid időn belül használhatatlanná teszi azt. Ezért az az alapszabály, hogy a mikrofon kapszula-nak nem szabad érintkeznie a bőrfelülettel (ld. fent). Ha ez nem megoldható, akkor egy áttetsző vagy testszínű ragasztószalaggal kell azt elszigetelni a bőrtől. A gyártók szá-mos különböző módon próbálják mikrofon-jaikat verejtékállóvá tenni. Védőmembránok beépítésével jelentősen javítható a helyzet. Összehasonlításképpen a felület víztaszí-tóvá tétele kevésbé célravezető, mivel a védőbevonat gyorsan lekopik. Jelenleg még mindig nincs hosszútávú hatékony védelem a verejték beszívargása ellen. Még a rendszer műanyag részei (pl. a kábel körüli szigetelés) is megsínyli hosszú távon a verejtéknek való kitétséget, elvékonyodik és fokozatosan lebomlik.

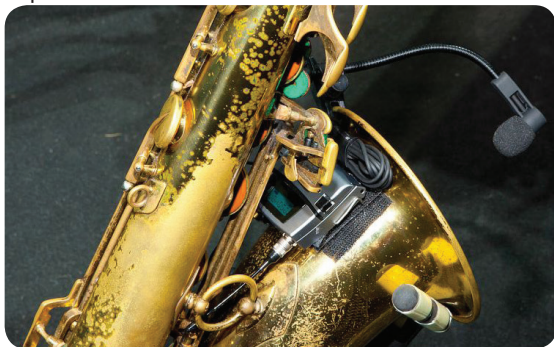
**MKE 1**

Az MKE 1 megalkotásánál elháritottunk minden akadályt, hogy a legmagasabb szintű akusztikai jellemzőket és megbízhatóságot biztosítsuk. Egy kétkedő tekintet a hangnyílásokon keresztül a masszív védőmembránt veszi csak észre, mely olyan apró nyílásokkal rendelkezik, hogy azok szabad szemmel nem is láthatók. Pont úgy, mint ahogy egy esőkabát, a lyukak a verejtéket és a nedvességet kívül tartják, a hanghullámokat viszont átengedik.

## Vezeték nélküli jelszedők

Természetesen nemcsak az énekhangot, hanem a hangszerek hangját is közvetíteni kell. A tenor szaxofonok, a harsonák és a trombiták hangjának rögzítéséhez például gyakran használják a közvetlenül a tölszér elé elhelyezett, speciális e908 vagy e608 típusjelű mikrofont. Ebben az esetben a zsebadót gyakran csak egy ragasztószalaggal rögzítik a hangszerhez. Ezután a fűvósok kábel nélkül, szabadon mozoghatnak.

Elektromos gitároknál még a gitár és az adóegység közötti kábel is be van vonva a hanggyártási folyamatba. A jelszedők különösen nagy-impedanciájú bemenetet igényelnek, szabályozható kapacitással, melyet az ew G3 zsebadók és a 2000-es sorozat modelljei biztosítanak ugyanabból a csatlakozódugóból, melyet normál impedancia esetén használnak mikrofonokhoz.



Ennél a mikrofon-pozíciónál a magas-frekvenciás hangok rögzítése hiányos lehet, viszont nem áll fenn a hangfalállvánnyal való összeütközés veszélye.

### Kábelek, csatlakozódugók és csatlakozók használata

A hosszú távon használt kábelek az állandó feltekerés miatt elkezdnek „csavarodni”. Ez a fajta elhasználódás késleltethető, ha a kábelt fixen tartja és a zsebadót engedi szabadon himbálózni. Ezáltal csökkenti a

torziós erőt a kábelben, ami egyébként gubancolódást okozhatna.

A csíptetős mikrofonok kábeleinél speciális fejlesztéseket végeztek. A legutóbbi fejlesztések eredményeként csupán kb. 1 mm átmérőjű kábeleket alkottak; melyek rézmagját Kevlar-szállal erősítették. A poliuretán szigetelés kopásálló, még tartós verejtéknek való kitettséget követően is.

Az aljzatokon található csavaros zárok is jól vizsgáztak. Az évek során számos kisebb tökéletesítést végeztek, melyek nagyon magas szintre emelték a gyakorlati használhatóságot és a megbízhatóságot. Még a csavaros zárral rendelkező 3,5 mm-es mini jack-aljzatok is bizonyították létjogosultságukat a gyakorlatban. Az aljzat táplálása a folyamatosan polarizált kondenzátor mikrofonokhoz szükséges 5-8 Volttal történik. Ha a csatlakozódugó nincs szorosan becsavarva, és elkezd lötyögni, pattogás jelentkezhet működés közben. Valamint az adóegység RF-mezője is zajos interferenciát idézhet elő, ha két fémalkatrész összedörzsölődik.



Az SK 5212 zsebadó, csavaros csatlakozókkal a mikrofonhoz (3-érintkezős) és az antennához (1-érintkezős koaxiális). A csatlakozódugó és az aljzat mechanikus kódolása biztosítja, hogy a dugókat ne lehessen felcserélni.

1.

2.

3.

4.

5.

6.

7.

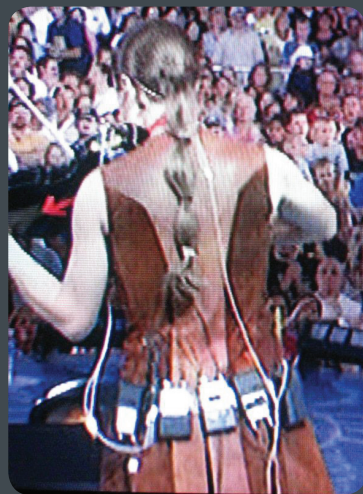
8.

9.

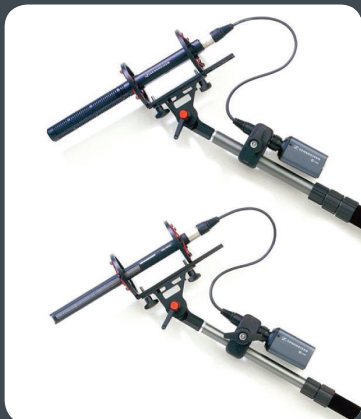
10.



Az áttekintés elősegíti a biztos és gyors választást. 25 előadás után 5 percen belül ura lesz minden helyzetnek.



Senki sem tudja igazán, miért volt szüksége ennek a hegedűsnek 4 db adóegységre egy chicagói előadás alkalmával.



Számos plug-on adóegység biztosít 48V-os fantomtápot kondenzátor mikrofonok (pl. MKH 416) számára. Mentés a kábelektől, különféle kreatív elhelyezési lehetőségeket kínál.



Egy gyakorlott énekes tudja, hogyan kell különböző hatások eléréséhez használnia egy mikrofont. A legáltalánosabban használt módszer, a mikrofon távolságának változtatása énekés közben.



Ennek a Harley-nak a hangját ki kellett erősíteni a PA-rendszeren keresztül, hogy a rajongók üvöltésétől hallani lehessen, amikor a művész a motorral a színpadra hajt.



Az SK 5212 zsebadót egy 3 km-re lévő ejtőernyős használta a biztonságos kapcsolathoz. A kis méretnek köszönhetően szinte észrevehetetlenül a paróka alá, a fej mögé, vagy a test valamelyik részére rögzíthető.



A kézi mikrofonok csúcsmoellje: a Neumann KK 105 kondenzátorfejvel szerelt SKM 5200.

## 2. Adóegységek

### Alapvető ismeretek

- Háromféle elemmel működő adóegység-típus közül választhat vezeték nélküli alkalmazásokhoz:
  1. Kézi adóegységek, melyek közvetlenül a mikrofonnyélben kapnak helyet,
  2. Zsebadók, melyeket rendszerint az övhöz rögzítenek (bodypack/beltpack) és
  3. Plug-on adóegységek XLR csatlakozódugókkal, melyek csaknem bármely, XLR csatlakozóval rendelkező mikrofonhoz csatlakoztathatók.
- Évtizedekig az FM átvitelt (frekvencia modulációt) használták a kiváló minőségű rádiós jelátvitel biztosításához. Ez ugyanaz a működési elv, melyet az FM rádióknál használtak. Néhány Hz-től több mint 200 kHz-ig terjedő alacsony-frekvenciás átvitel érhető el, max. 120 dB-es dinamika-tartománnyal.

A frekvenciamoduláció azon az alapelven működik, hogy egy magas-frekvenciás hullámot (ún. „vivőhullámot”) a középfrekvenciájától - a zene vagy a beszéd amplitúdójának változásával egyenes arányban - eltérítik, de a vivőhullám modulációk pozitív és negatív irányban mindig ugyanakkorák.

Példa: Egy a megengedett maximumszintnél (PML - Permitted Maximum Level) 20 dB-lel alacsonyabb bemeneti szint egy 800 MHz-es vivőhullámot +/- 15 kHz-cel mozdít el. A közép-frekvencia 799.985 MHz és 800.015 MHz között mozdul el. Ezt az elmozdulást eltérésnek is nevezzük.

**Minél nagyobb az eltérés, annál magasabb a szint. Az audiofrekvenciák a vivőfrekvencia változási sebességként kerülnek továbbításra.**

- A továbbítandó audio jel jel-zaj viszonyának fenntartásához több különböző módszert használnak: kiemelés, tömörítés-visszafejtés (tömörítés az adóegységben és visszafejtés a vevőegységben). Alapvető fontosságú az engedélyezési előírások és a maximális eltérési korlátozások betartása.

A vezeték nélküli mikrofonok működtetéséhez használt frekvenciákat (vagy pontosabban: átviteli csatornákat) minden országban egy hatóság jelöli ki. Ez teljes mértékben szabályozza az összes rádiós jelátvitelt.

- A vezeték nélküli kapcsolatok hatótávolságát számos tényező befolyásolja. A legfontosabb az adó- és vevőegység közötti **akadálytalan rálátás**. Szabad rálátás és kedvező feltételek mellett kb. 5 km távolságban is lehet kapcsolatot létesíteni, de ha az adó- és vevőegység közötti átvitelt akadályok (pl. embertömeg) korlátozzák, még 10 méteres távolságban is gondot okozhat az átvitel.
- Több évtizedes tapasztalat nyomán született néhány szabály és tipp az adóegységek csatlakoztatásáról és viseléséről. Az egyik ilyen praktikus tanács, hogy nem szabad nedvesség hatásának kiténni a mikrofont, az adóantennát és az adóegység készülékét.
- A legrosszabb eset, ha az adóantenna közvetlenül érintkezik a csupasz bőrrel. Az effektív kisugárzott teljesítmény akár 99%-os veszteséget is szenvedhet.

1.

2.

3.

4.

5.

6.

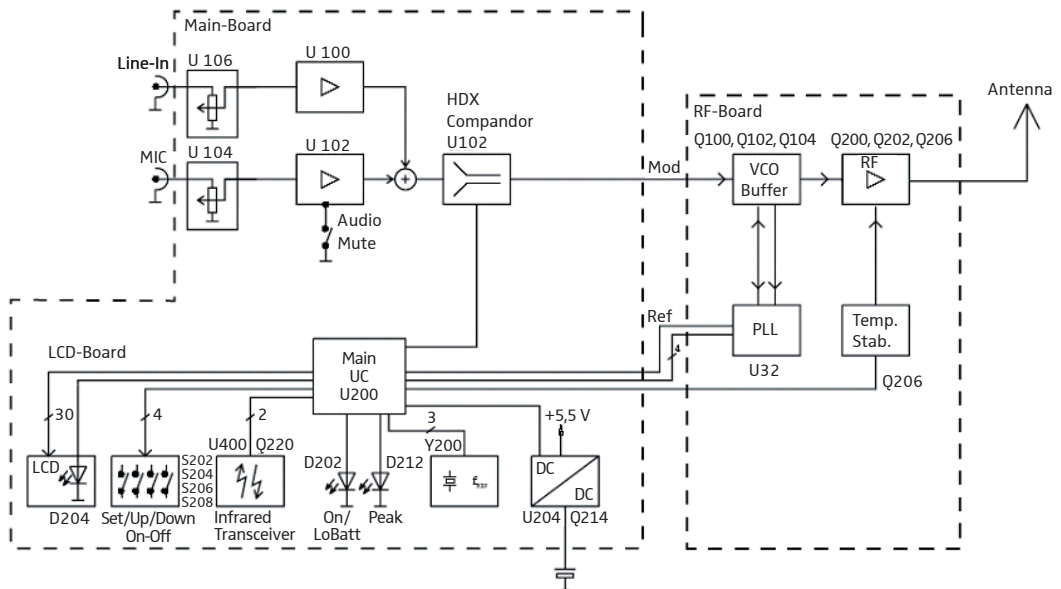
7.

8.

9.

10.

## A Sennheiser evolution vezeték nélküli sorozatából való SK 500 zsebadó kapcsolási rajza.



A mikrovezérlő vezérli az összes funkcióblokkot. Tisz-  
tán látható az alacsony- és magas-frekvenciás blokkok  
elkülönülése. A gitár bemenetnél található erősítőt ki-  
fejlesztett nagy-impedanciájú pick-up-okhoz tervezték.  
Az „Audio Mute” (hangnémítás) rövidre zárja az audio  
jelet és az adóegységet „csendes” üzemmódba kap-  
csolja. A DC/DC konverter az elem töltöttségi szintjétől

függetlenül stabilizálja az üzemszültséget. A VCO Buf-  
fer (feszültségvezérelt oszillátor elválasztó fokozata)  
a megérintett antenna elhangolásával megakadályoz-  
za, hogy a PLL áramkörben hallható visszacsatolás  
keletkezzen.

Az elemek kikapcsolt állapotban is lemerülnek pár  
hétlen belül, így ha előre láthatóan hosszabb ideig nem  
fogja használni az eszközt, a legjobb, ha eltávolítja  
azokat.

## Frekvenciamoduláció (FM)

A vezeték nélküli átvitel az elektromágneses  
hullámterjedés fizikai törvényszerűségeit hasz-  
nálja. Hullámok általában akkor kerülnek kibocsá-  
tásra rádió-, televízió, mobiltelefon készülékekből  
és egyéb rádiókommunikációs eszközökből, ha  
elektromos áram folyik át egy vezetéken. A fény  
és a gamma sugárzás is elektromos hullámokból  
áll. A VHF és az UHF, az élő alkalmazásoknál és az  
elektronikus médiában használt vezeték nélküli  
hangátvitel frekvencia-tartományai, az FM közép-  
és rövidhullámok „felett” helyezkednek el.

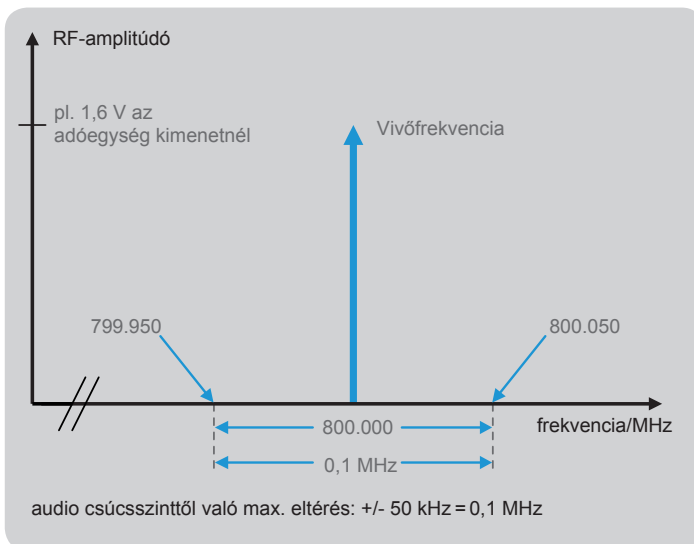
Hosszúhullámú AM rádió	150...350 kHz
Középhullámú AM rádió	515...1630 kHz
Rövidhullámú AM rádió	5,9...16 MHz
Ultra-rövidhullámú FM rádió (standard FM rádióadások)	87...108 MHz

VHF (nagyon magas frekvencia) 30...300 MHz  
UHF (ultra-magas frekvencia) 300...3000  
MHz

A VHF és UHF tartományban továbbított hang  
minősége egyforma. A hangzásbeli különbségek  
nem annyira a vivőfrekvencián, hanem inkább az  
elfoglalt sáv szélességen és a modulációs technikán  
alapulnak.

Az 1950-es években számos országban vetette  
meg lábát az FM rádió. Az FM-et azóta használják  
a kiváló minőségű hangátvitelhez. 1958 óta a ve-  
zeték nélküli mikrofonokhoz is ezt használják. Az  
FM rádió, és tágabb értelemben a vezeték nélküli  
mikrofonok, jelentős frekvencia-tartományt képe-  
sek továbbítani - a kb. 3 Hz-es szubszonikus han-  
goktól kezdve egészen a 150 kHz-es ultraszonikus  
hangokig, sőt még azon túl is -, max. 120 dB-es  
dinamika-tartománnyal.





Az audiofrekvencia a vivőfrekvencia változási sebességként kerül továbbításra. Az audio jel nagysága a vivőfrekvencia elmozdulásának mértékéeként kerül továbbításra. Ezt **eltérésnek** is nevezzük, és ez egyenesen arányos: egy 1 kHz-es eltérés csendes jelet, egy 40 kHz-es elmozdulás hangos jelet hoz létre. Az eltérés a vivőfrekvencia (mint középfrekvencia) két oldalán, szimmetrikusan értendő. Ezt jelöli a +/- szimbólum.

Mindamellet a gyakorlatban, a törvényhozó hatóságok rendelkezései által előírt korlátozások miatt, ezeket az értékeket nem lehet elérni.

A csúcspont, pl. 1000 Hz, arányos a vivőfrekvencia változásának mértékével. 1000 Hz-nél másodpercenként 2000 nullátmenet történik. Ehhez az RF vivőfrekvenciának 2000-szer kell „átmennie” a 800 000 MHz-es „nullpontján” és a PML szintnél 20 dB-lel alacsonyabb szint esetén a frekvenciáját 15 kHz-cel magasabb szintről 15 kHz-cel alacsonyabb szintre kell elmozdítania.

A kormányzó testület nem rendelkezik a maximális eltérésre vonatkozóan, de szabályozza az audio jeltovábbításhoz használható maximális sávszélességet. Az RF sávszélesség szükséglet hozzávetőlegesen az alábbiak szerint számítható ki:

maximális eltérés + 2 x audio sávszélesség.

Példa - vezeték nélküli mikrofon:

Eltérés: max. 100 kHz (+/-50 kHz)  
 + 2 x 20 kHz audio sávszélesség  
 = 140 kHz az elfoglalt RF sávszélességből

200 kHz engedélyezett, a fennmaradó különbség a szűréshez szükséges, mivel a jelet 60 dB-lel (99,9%) kell csillapítani a széleknél. Ha a továbbított hang sávszélességét 20 kHz-ről 15 kHz-re csökkentjük, nagyobb eltérés érhető el, mely kedvező hatással van a jel-zaj viszonyra. Adóegység esetén a működés engedélyezéséhez elengedhetetlen, hogy a 200 kHz/-60 dB sávszélességet ne lépjük túl.

## VHF és UHF

Manapság a vezeték nélküli mikrofonoknál csak az **UHF sáv** fontos. Ennek praktikus okai vannak. A VHF tartományban gyakran lép fel az egyéb rádió szolgáltatásokból eredő RF interferencia, mivel nincsen kizárólagosan használt terület. Továbbá az UHF eszközökön található antennák rövidebbek és kevésbé ormótlanok. Végül, néhány országban csak az UHF rendszerek használata megengedett.

## Engedélyező hatóság

Minden országban van egy frekvencia kiosztásért felelős, engedélyező hatóság, mivel a frekvencia-igény meghaladja a rendelkezésre álló forrást.

Különbséget tesznek elsődleges felhasználók (pl. TV-adások) és másodlagos felhasználók (pl. vezeték nélküli mikrofonokat használók) között. Ehhez alacsonyabb státusz társul és drasztikusan kevesebb, vagy nincs is a számukra kijelölt frekvencia. A frekvenciák fizetőképes feleknek történő eladása a vezeték nélküli mikrofonokat használhatatlanná tehetik. Következésképpen a berendezéseket meg kell változtatni, vagy le kell cserélni.

A vezeték nélküli mikrofonok nem tudnak biztonságosan működni a mobiltelefon jelekkel vagy az adatátvitellel egyazon frekvenciasávon.

Az aktuális helyzettel kapcsolatos részletek az egyes országok szabályozó hatóságának weboldalán olvashatók, vagy az adott országban működő Sennheiser képviselőtől szerezhetők be.

A legtöbb országban a vezeték nélküli mikrofonok

1.

2.

3.

4.

5.

6.

7.

8.

9.

10.

számára különböző frekvenciákat jelölnek ki, így egy nemzetközi eseménysorozat során a frekvencia koordináció nagyon fontos feladat.

Európában a 800 MHz-nél megvont spektrum kompenzálására az 1785 – 1805 MHz közötti tartományt jelölték ki kizárólagosan a vezeték nélküli mikrofonok számára.

Ez az egyetlen olyan nemzetközileg elfogadott tartomány, mely esetében a vezeték nélküli mikrofonokat használók rendelkeznek elsődleges felhasználói státusszal.

A 2400 – 2485 világszerte univerzálisan jóváhagyott tartomány. Mindamellettenek a tartománynak a legnagyobb hátránya, hogy az összes rádió szolgáltatás használhatja ISM (ipari-tudományos-orvosi) sávként. Olyan magas az interferencia kockázata, hogy a professzionális felhasználásra alkalmatlan.

### Kristályvezérlés vagy fáziszárt hurok (PLL)?

Ezzel a két eljárási móddal állítható elő a **vivőfrekvencia** (a példánkban 800 MHz). A kristályvezérlés azt jelenti, hogy a jelet egy kvarckristály és egy frekvencia szorzó segítségével hozzák létre. Hátrányok: Az ún. kapcsolási sávszélesség normál esetben csak a régi 2 MHz-et, vagy legfeljebb 5 MHz-et ér el. Csak néhány rádiófrekvencia áll rendelkezésre ezen a kis frekvencia-tartományon belül. Előny: Az adóegységnek kevesebb energiára van szüksége (hosszabb üzemidő).

A fáziszárt hurok (PLL) egy sokoldalúbb folyamat. A kristályvezérléshez képest a frekvenciák sokkal

sűrűbbek. Hátrányok: Magasabb teljesítmény felvétellel (rövidebb elem élettartam). A PLL technológia 24–250 MHz-es, vagy annál nagyobb kapcsolási sávszélességet is lehetővé tesz. A kristályvezérléssel összehasonlítva ez egy több mint 1.000 elérhető átviteli frekvenciából álló, nagyon nagy tartomány. A PLL eszközök első geberációja viszonylag magas teljesítmény felvétellel rendelkezett.

Manapság **két alkáli elem** normál esetben 5-12 óra üzemidő érhető el. A folyamatvezérlés mellett a PLL technológia lehetőséget nyújt a több-csatornás alkalmazások számára megfelelő frekvenciák tárolására is.

### Pilotjel

Az elektronikának egy kis időre van szüksége, mielőtt stabilan tudna működni. Ha az adóegység még a saját **stabilizálásával** van elfoglalva, miközben a vevőegység már csatlakoztatva van egy kimenethez, az átvitel egy hangos zajjal indul. Ez egy ún. pilotjellel előzhető meg. Az adóegység csak akkor kapcsol „adásba”, miután az összes részegysége stabil. A pilotjel rendszerint egy 32 kHz-es állandó rezgésből áll, jóval a hallható tartományon kívül. Az adóegység működés közben folyamatosan küldi ezt a hangjelet a vevőegység felé. A vevőegység számára ez a hangjel megerősítést jelent, hogy az adóegység megfelelően működik és az audio kimenet aktiválása megtörtént.

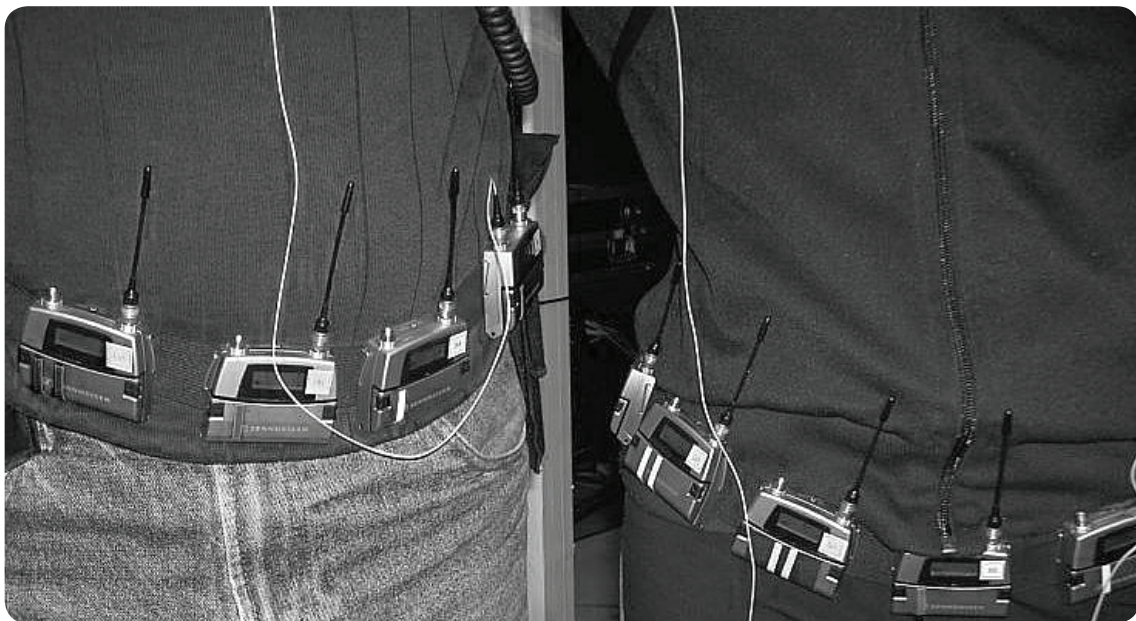
### Átviteli teljesítmény



0,25 – 40 mW  
effektív kisugárzott teljesítmény (ERP)  
10 m távolságban mérve

50 mW kimenő-teljesítmény  
az aljzatnál mérve

A ténylegesen kisugárzott teljesítmény nagyban függ attól, hogy milyen közel van az adóegység a testhez. Egyebek mellett ez elhangolja az antennát rezonancia frekvenciájától és az kevésbé hatékony lesz.



A használt adóegységek hatótávolságát a próbákat megelőzően valóságos feltételek között ellenőriztük. Ellenőriztük mindenhol, a színpalak mögött, a vendéglátó egységeknél, a kifutón és az oldalszínpadokon, hogy megtudjuk, hol vannak átviteli akadályok és hol léphetnek fel problémák.

### Hatótávolság

Mekkora egy vezeték nélküli mikrofon hatótávolsága? Nehéz rövid választ adni erre a kérdésre. Túl sok különböző feltétel játszik szerepet. Az egyik példa - az Eiger északi fal meghódításának élő közvetítése (*ld. 9. fejezet*) - megmutatta, hogy egy zsebadóból érkező jel több mint 5 kilométerre is eljuthat, ha az antennáknak ideális feltételek állnak rendelkezésükre az adáshoz és vételhez. Másrészt, egy riporternek az is problémát okozhat, hogy egy embertömegen keresztül kapcsolatot létesítsen a 20 méterre álló közvetítőkocsival.

A biztonságos átvitelhez alapvető feltétel az adó- és vevőantenna közötti **közvetlen rálátás**. A adóantenna maximum 70%-os hatékonysággal rendelkezik. Más szavakkal: az adóegység által előállított RF teljesítménynek a legjobb esetben is csak a kétharmadát sugározza ki az antenna. Így egy 30 miliwattos adóegységtől maximum 20 miliwatt kerül kisugárzásra. A tényleges értékre **ERP (effektív kisugárzott teljesítmény)** formájában hivatkozunk. Gyakran előfordul, hogy az adóantenna lehető legjobb **hatékonysága** különféle okok miatt nem érhető el. Az övre rögzített zsebadók hátránya elsősorban a testhez való

közelségükben rejlik.

Ez elhangolja az antennát, csökkenti annak hatékonyságát és a test a kisugárzott RF teljesítmény nagy részét **elnyeli** és hővé alakítja. Ráadásul, a test **árnyékolja** a vevőantenna felé tartó rádióhullámokat. Ezek a negatív hatások összeadódnak és a legrosszabb esetben nagyon rövid hatótávolságot eredményezhetnek.

Az alapszabály: Ne érintse meg az adóantennát és - zsebadók használata esetén - ügyeljen rá, hogy **legalább 5 mm-es távolság** legyen a test és az antenna között!

1.

2.

3.

4.

5.

6.

7.

8.

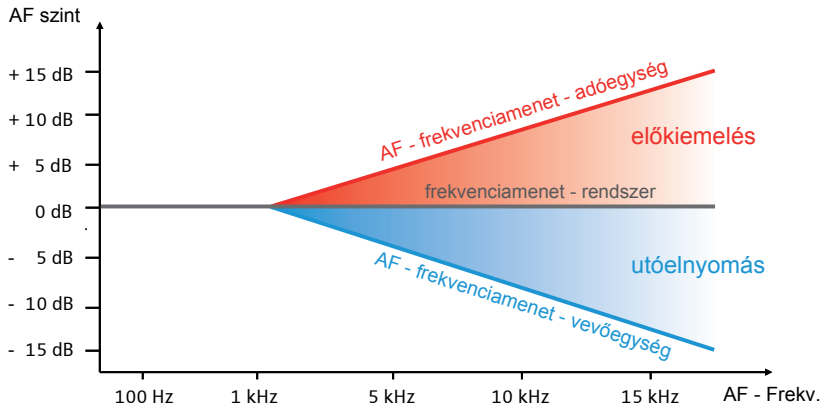
9.

10.

## Jelfeldolgozás: kiemelés, kompander, limiter

Bár elméletben az FM kitűnő értékeket érhet el, az engedélyezési korlátozások ellenére még mindig javítható a vezeték nélküli kapcsolatok zajküszöbe. Különböző mérések használhatók a jel-zaj viszony javítása érdekében, mely gyártónként változik.

### Kiemelés

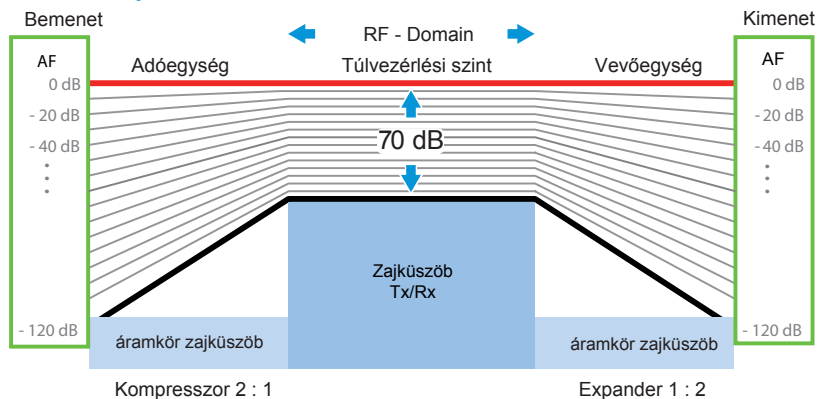


A zene és a beszéd hangenergiája kevesebb a magasabb frekvenciák esetén. Ez a jel-zaj viszony csökkenését eredményezi, így a legtöbb adóegység egy 6 dB/oktávós erősítést alkalmaz 1 kHz-től indulva.

A magas-frekvenciákat adóegység oldalon az átvitel előtt **kiemelik**, ezt hívjuk **előkiemelésnek**. A magas frekvenciák vevőegységben megvalósuló, ehhez kapcsolódó csillapítását **utóelnomásnak** nevezzük. Ez tulajdonképpen visszaállítja a lineáris hullámformát a frekvenciamenetek egymásra vetítésén keresztül. A sziszegés a magas-tartományban nagymértékben lecsökken és a jel-zaj viszony eléri a 65-75 dB-t. De még ez a tartomány is javítható.

A **kompander** a következő működési elv alapján képzett vegyülékszó: az **adóegységben található kompresszor** a bejövő dinamika-tartományt felére csökkenti (dB-ben), és a vevőegységben egy **expander** újból megduplázza a dinamika-tartományt, érvénytelenítve a kompresszor hatását. Így magasabb jel-zaj viszony tartható fenn.

### Kompander (tömörítő/visszafejtő)



Így kikerülhető a torlódás az átviteli láncban. Ld. 5. fejezet - Kompander rendszerek.

Ez azt jelenti, hogy egy audio jel, mely a PML szintnél 20 dB-lel alacsonyabb szinttel folyik be az adóegységbe, a PML szintnél 10 dB-lel alacsonyabb szinttel kerül kibocsátásra. Vagy egy jel, mely a PML szintnél 40 dB-lel alacsonyabb szinttel érkezik, az adóegységben a PML szintnél 20 dB-lel alacsonyabb szintre emelkedik. A vevőegység az összetömörített dinamika-tartományt 2-es szorzóval bontja ki, így a vevőegység kimeneténél az eredetire visszaállított szintek állnak rendelkezésre. Ezzel a módszerrel az alacsony-szintű jelkomponensek átvitel közben a zajkűszöb felett maradnak és nem vesznek el.

A kiemelés és a kompander alkalmazásának végeredményeként a jel eredeti dinamika-tartományával áll rendelkezésünkre, legalábbis elméletben. A valóságban a hangzást néha műtermékek homályosítják el. Alacsony felvételi szintekkel ún. zaj moduláció, vagy szivattyúhatás léphet fel. Ezek a hatások az átviteli jelútra vonatkozó különféle korlátozások eredményei. Ezek az adóegység-előerősítő körütekintő beállításával védhetők ki. Szerencsére ezek a bosszantó jelenségek kisebb szerepet játszanak a modern rendszerekben, mint a múltban.

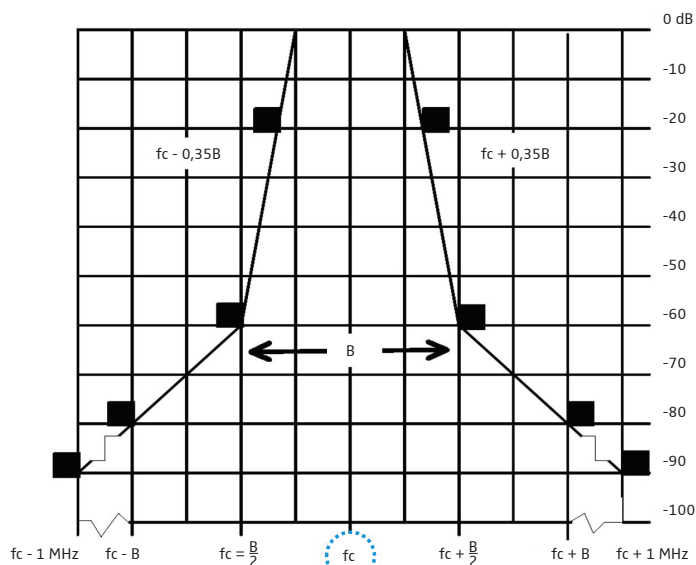
### Elfoglalt sávzélesség

A páneurópai előírások szerint egy vezeték nélküli mikrofon legfeljebb 200 kHz-es RF sávzélességet foglalhat el. Ennek a sávnak a szélein a vezeték nélküli jelnek 60 dB-lel kell csökkennie, vagyis maximális teljesítményének milliomod részére. Ezeket az előírásokat az Európai Távközlési Szabványügyi Intézet (ETSI) határozza meg, és minden egyes érintett ország szabályozó hatósága által végrehajtandó.

Az ún. ETSI maszk megmutatja, hogy a továbbított jelnek az RF spektrum mely határértékein belül kell maradnia, még a megengedett maximumszintnél (PML) is. Bármely túlmodulációt gyorsan meg kell szüntetni.

Ezért a jel dinamika-tartományát korlátozni kell. A korlátozást egy "erős" csúcslimiter végzi, mely 48 kHz-es eltérésnél kapcsol be. A limiter használata minden egyes adóegység esetében kötelező, és megakadályozza a túlmodulációt, vagyis hogy az adóegység az érintett RF sáv túl nagy részét foglalja el.

### ETSI maszk



fc = Transmitter carrier frequency

Példa:

Vivőfrekvencia (fc): 800 MHz  
 Elfoglalt sávzélesség (B): 200 kHz  
 0 dB-nél csillapítatlan (teljes terhelés), a közép-frekvenciához képest maximum +/- 50 kHz-es moduláció engedélyezett.

1.

2.

3.

4.

5.

6.

7.

8.

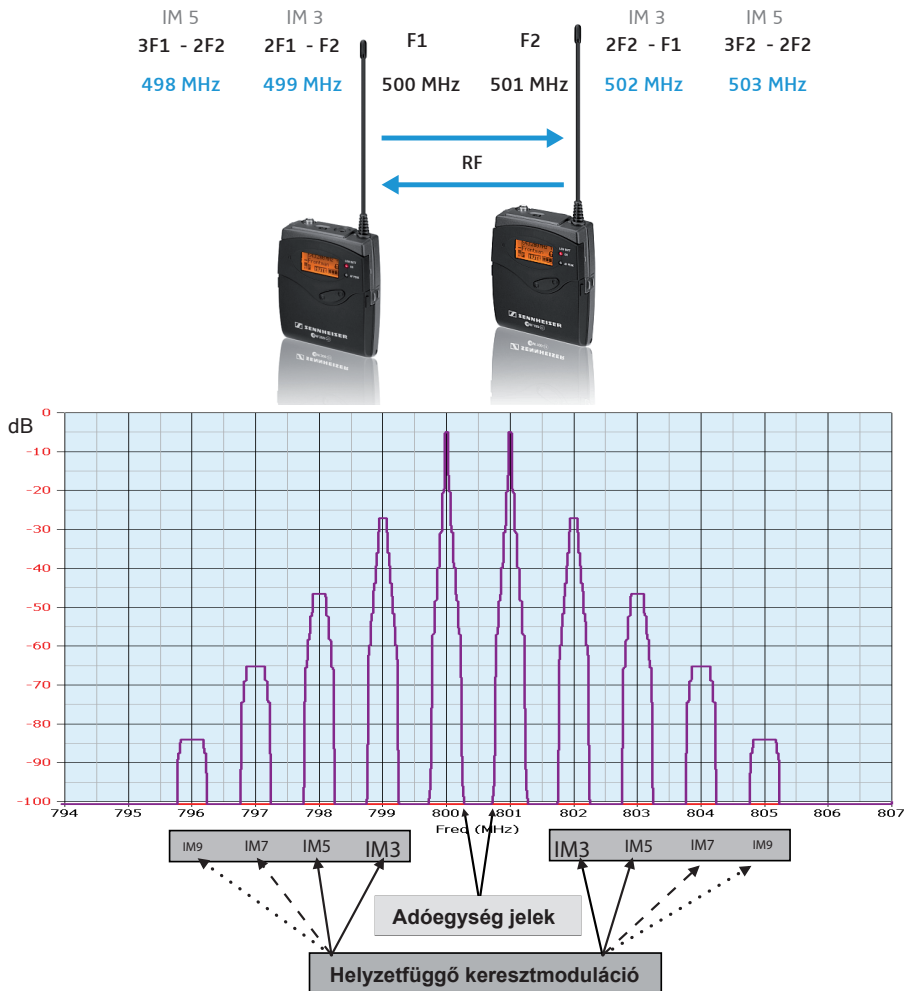
9.

10.

## Keresztmoduláció

Ha két vagy több adóegység egymáshoz képest max. 30 cm távolságra van, a kisugárzott antenna-energia egy része az egyik adóegységtől a másik áramkörébe jut, annak adóantennáján keresztül, mely vevőként is funkcionálhat. Ha ez történik, az összevegyített termékek a kimeneti tranzisztornál megjelenhetnek, majd újra kisugárzásra kerülhet

nek. Ez a kölcsönhatás egyik példája, mely annál erősebben érvényesül, minél közelebb kerülnek egymáshoz az eszközök. Ez pont olyan, mintha nemkívánatos adóegységeket kapcsolt volna be. Ezekre keresztmodulációs termékeként hivatkozunk.



A mi adóegységünk jelei (F1 és F2) között láthatók. Ha az adóegységeket egymáshoz közel helyezük, új átviteli frekvenciák létrejöttével kölcsönhatás lép fel közöttük.

Két csatorna esetén ennek nincs jelentősége. További vezeték nélküli mikrofonokat nem szabad egyik keresztmoduláció frekvenciára (IM3) sem kapcsolni, és

egy 100-150 kHz-es biztonsági távolságot kell tartani hozzájuk képest. Máskülönben hallhatóvá válhat a nemkívánatos "ciripelő" zaj.

A hibás frekvenciák kiszámíthatók, és így nem lesznek hallhatók - ez függ a termék minőségétől és attól, hogy megfelelő frekvenciák kerültek-e kiválasztásra.

Az interferenciát okozó frekvenciák előre kiszámíthatók. Léteznek speciális programok, melyek ki tudják számítani a legrosszabb forgatókönyvet, vagyis az összes várható belső frekvenciát.

Hogyan védjük ki ezeket a problémákat? A legegyszerűbb megoldás az adó- és vevőegységekben elmentett, ajánlott frekvenciák használata. Ezeket a gyártó számította ki, így nyugodtan feltételezhetjük, hogy elkerüljük a keresztmoduláció okozta interferenciát. A frekvencia ajánlások közvetlenül a használt áramkörök és alkotóelemek minőségén alapulnak.

Így nem biztonságos az X cég által ajánlott frekvenciákat Y cég eszközeivel használni. Egyszerűen fogalmazva, a keresztmodulációs interferenciától való biztonságos távolság ár kérdése. Jelentős különbség van egy 8-csatornás rendszer és egy 88-csatornás rendszer felállítása között. A valaha

felépített legnagyobb rendszerek egy helyszínen 120 mikrofoncsatornát tartalmaztak. Egy ilyen rendszer akkor maradhat interferencia mentes, ha betartja az alábbi szabályokat:

- A. Olyan frekvenciákat használjon, melyeken nem sugároznak TV-adást, illetve melyek egyéb interferencia forrásoktól is mentesek.
- B. Olyan frekvenciákat használjon, melyek a gyártó meghatározása szerint keresztmoduláció mentesek.
- C. Tartsa fel a minimális távolságot az adóegységek és a vevőantennák között úgy, hogy az RF szint ne érjen el extrém értékeket.
- D. Kiváló minőségű berendezéseket használjon, minimum 60 dB-es keresztmodulációs elválasztással.

## Elemes tápellátás

A vezeték nélküli mikrofonok elemek használatát igénylik. A tápellátásnak **megbízhatónak** kell lennie. Mivel közvetlenül az átviteli lánc elején helyezkedik el, ez egy kényes pont. A rossz elemtípusok választása az egyik legáltalánosabb hibaforrás. A legszélesebb körben használt elemméret az AA, vagy AAA. A 9-Voltos elemeket főként az adóegységek korai generációihoz használták. Professzionális alkalmazásoknál egyértelműen csak a nagy-teljesítményű elemek használata jöhet szóba. Ez alkáli vagy lítium elemeket jelent (még téli hőmérsékleteknél is kifejezetten stabilak). Primer elemeknek nevezzük azokat az elemeket, melyeket nem lehet újratölteni. A cink-karbon "általános rendeltetésű" elemek meg sem közelítik a szükséges üzemidőt, és mellőzendők.

Talán közhelynek hangzik, de az elemet az adóegységbe helyezés előtt ellenőrizni kell. Az ellenőrzés legegyszerűbben egy ampermérésre kapcsolt multiméter használatával végezhető el. Az ily módon terhelt elemnek pár másodpercig képesnek kell lennie kb. 4 amperes áramot szolgáltatni. Természetesen ez az eljárás felhasznál valamennyi energiát, de ez az elembe tárolt összes energiának csak pár százalékát teszi ki, és azt a megnyugtató érzést adja, hogy az elem rendben működik. Ezt a tesztet nem kell elvégezni újratölthető elemekkel. Ezek nagyon magas áramot képesek leadni, és kárt okozhatnak a multiméterben vagy kiegészítik annak biztosítékát.



Fotó: Mick Whelan

Koncert Minneapolisban - a show előtt egy órával minden be van kapcsolva. A Wireless Systems Manager (WSM) szoftver használatával a rendszer kezelője azonnal vezérelni tudja a vezeték nélküli mikrofonok és fülmonitorok minden egyes paraméterét.

1.

2.

3.

4.

5.

6.

7.

8.

9.

10.

A professzionális alkalmazások szigorú elemkezelést igényelnek. Ez az alábbi szokásokat foglalja magában:

- A lemerült elemeket egyértelműen megjelölt, "biztonságos" helyre tegye, ahol nem keverhetők össze véletlenül az új elemekkel, még akkor sem, ha egy show hektikus körülményei között kell elemeket cserélni.
- Az elemcserét jó megvilágításnál (fejlámpával) végezze úgy, hogy a nagy sietségben nehogy véletlenül fordítva helyezze be azokat.
- A show előtt tesztelje az elemeket (ld. fent)!
- A használt elemek a próbákon esetleg még használhatók. Azután a következő show előtt cserélje fel azokat újakkal!
- A rendezvény elejétől a végéig egyazon személy gondoskodjon az elemekről! Tapasztalat szerint, ha több ember végzi ezt a feladatot, az könnyen félreértésekhez vezethet.
- Számos adóegység használ RF vivőfrekvencia által modulált 4 Hz-es vagy 32 kHz-es adatjelet, mely az elem töltöttségi szintjére vonatkozó információt továbbítja a vevőegységhez, a kijelzőn történő megjelenítéshez. Ez még biztonságosabbá teszi a működtetést.
- Mindenre felkészülve, tartson készenlétben tartalék adóegységeket!

### Tápfeszültség, elemek, újratölthető elemek

A modern adóegységek gyakran két AA alkáli elemet használnak. Amikor újak, akkor ezek együttesen 3 - 3,5 Voltot szállítanak. Egy feszültség-konverter ezt a szükséges 5,5 V-os tápfeszültségre növeli és ezt a szintet az elem állapotától függően fenntartja. Ez a legfontosabb műszaki jellemzőket - úm. a **dinamika-tartományt, a jel-zaj viszonyt és az effektív kisugárzott teljesítményt** - állandó szinten tartja a teljes üzemidő folyamán. A feszültség átalakító teljes mértékben kiaknázza az elemek energia készletét, és 2,2 V-nál (vagyis elemekre lebontva 1,1 V-nál) kapcsol ki.

Az újratölthető elemek gazdaságos alternatívát kínálnak. Rendszeres használat mellett rengeteg pénz takarítanak meg. Egy új újratölthető elem kb. 4 töltés-/lemerítés-ciklust követően éri el maximális teljesítményét, mely ezt követően kb. 150 cikluson keresztül fennmarad. Ha elkerüli a túltöltést, akkor a NiMh újratölthető elemeket akár 300 alkalommal is használhatja, hosszú futásidőkkel. A további töltés/lemerítés ciklusok során az újratölthető elemcsomagoknak fokozatosan csökken a kapacitása, és kb. 500 ciklust követően a névleges kapacitás kb. 60%-a marad meg.

Az újratölthető elemek **élettartama hosszú lesz**, ha feszültségük mindig egyenletesen változik a teljesen feltöltött (1,35 V) és lemerült (1,1 V)



Használtelem-gyűjtő tartály az Eurovíziós Dalversenyen, Düsseldorfban (Németország).

állapot között. A gyakorlat azt mutatja, hogy ha ugyanaz a csapat mindig ugyanazzal a mikrofon-szettel dolgozik, az újratölthető elemek jól teljesítenek. A töltés az alkalmazások ritmusát követi és ritkán fordul elő túltöltés. Mindamelllett, tapasztalatok szerint, ha a vezeték nélküli eszközöket folyamatosan változó csapatok használják, a túltöltések következtében az elemek gyorsan elhasználnódnak. Ebben az esetben a primer elemek jobb megoldást jelentenek.

A modern töltők optimálisan kezelik az újratölthető elemeket. Ezek finoman, energia impulzusokkal töltenek, és az elem töltöttségi állapotának gondos figyelmével kiküszöbölik a túltöltést. Mindamelllett, még így is lehetséges az elemek túltöltése, például amikor a bizonytalanság miatt az elemeket folyamatosan újratöltik. A túltöltött elem felforrósodik. A 45 C-ot meghaladó hőmérsékletek gyorsítják a kapacitás csökkenését.



## Az újratölthető elemekkel kapcsolatos speciális szempontok

- A processzor-vezérelt adóegységek kikapcsolt állapotban is kb. 50  $\mu$ A áramot fogyasztanak, és lassan lemerítik elemet.
- Ha hónapokig lemerült állapotban tárolja az újratölthető elemeket, akkor azok túlságosan lemerülhetnek (mélykisülés).
- A Sennheiser ew G3 sorozata az újratölthető elemeket óvatosan használó rendszerek egyik példája. Az elemcsomag egy speciális érintkezővel rendelkezik, melyet lát az adóegység processzora. Amikor a feszültség 2,2 V-ra süllyed, az adóegység kikapcsolja magát, hogy megakadályozza a káros mélykisülést. A töltő abbahagyja a töltést, ha a hőmérséklet túl magas és fenntartó töltésre kapcsol.
- A mobil eszközök (pl. telefonok, PDA-k vagy notebookok) mindegyike lítium-ion elemeket használ. Vezeték nélküli mikrofonoknál ez a technológia lassan kerül bevezetésre.
- A lítium-ion elemek nem hajlamosak a memória hatásra, de túltöltés esetén gyorsan elhasználódnak és nem rendelkeznek olyan nemzetközi szabvány típusjelzéssel, mint pl. az AA vagy AAA elemek.
- Az elem feszültsége 4,2 V és típusonként változik.
- 4,3 V-os töltési feszültség felett gyulladásveszély van, míg 2,5 V alatt a réz lerakódások visszafordíthatatlanul rövidere zárhatják az elemet.

## Kezelőmenük, felvételi szintek

Napjainkban a professzionális alkalmazáshoz tervezett adóegységeket mikroprocesszorok vezélik és ellenőrzik. A processzor - gyakran a vevőegységgel együttműködve - megkönnyíti a kezelést, mivel átvesz néhány hagyományosan kézzel végzett beállítási és működtetési feladatot.

- Az adóegység működési beállításait - úm. "átviteli frekvencia" vagy előerősítés - a számítógépen a Wireless Systems Manager (WSM) szoftver használatával elő-programozzák, majd egy infravörös interfészen keresztül a vevőegységről az adóegységre küldik.
- A keresztmoduláció mentes több-csatornás alkalmazásokhoz ajánlott frekvenciák a processzor memóriájában vannak eltárolva.
- Az átviteli frekvenciák tetszés szerint választhatók, rendszerint 5 vagy 25 kHz-es lépésszéként.
- A véletlen változtatások kiküszöbölésére a beállítások billentyűzárral védhetők, melyet a kezelőmenün keresztül lehet megadni és elmenteni.
- Számos adóegység rendelkezik áramkapcsolás védelemmel. Példa: Egy show közben további adóegységeket kell bekapcsolni. Csak akkor lehet megnézni, hogy az adóegységek milyen frekvenciát továbbítanak, ha már be vannak kapcsolva, de ily módon megszakításra kerülhet egy a show-hoz már használt frekvencia. Amíg az

áramkapcsoló le van nyomva, az RF átvitel nem lehetséges. Ráadásul az RF átvitel a bekapcsolást követő 5 másodpercen belül nem engedélyezett, ami elegendő idő ahhoz, hogy a kezelő menüben megváltoztassuk a beállítást, melyet követően az átvitel továbbra sem lesz engedélyezett, vagy az RF ezen fázis után aktívvá válik. Más adóegységek rákérdeznek, hogy az RF jelek némák maradjanak-e.



### Az egyszerű kezelés kényelme és korlátai

Manapság a felhasználók egyszerű, magától értetődő kezelhetőséget várnak el vezeték nélküli eszközeiktől. Mindamelllett a professzionális vezeték nélküli mikrofonok által kínált összes funkciót mélységeiben csak a használati útmutató részletes áttanulmányozásával lehet megismerni. Az élő előadások során váratlanul felbukkanó hangos és halk hangok újra és újra aggodalmas kifejezést csálnak a hangtechnikusok arcára. Sokan szeretnék, ha az adóegység erősítése távvezérelhető lenne (pl. egy show FOH hangmérnöki pozíciójában). A szabványosnak számító infravörös megoldásoknál a ruha alá rejtett adóegységeket nem lehet elérni. Úgy lenne elképzelhető a 2400 MHz-es ISM sávban a távvezérlés, ha minden egyes adóegység rendel-

1.

2.

3.

4.

5.

6.

7.

8.

9.

10.

kezne egy beépített távvezérlő vevőegységgel.

A kezelő menüket elárasztanák az előerősítő automatikus beállításai. Csakúgy, mint korábban, ezeket manuálisan kéne a jelerősséghez igazítani. Ez széles skálán változhat. Képzeljük csak el, ahogy egy nehéz-rock énekes vezeték nélküli mikrofonját a fogáéhoz szorítva énekel - egy ilyen helyzetben akár 150 dB-es a hangnyomásszintet is tapasztalhatunk. Emlékezzzen rá, hogy egészséges hallás esetén a fájdalom küszöböt kb. 130 dB-es hangnyomás-szintnél érzük el.

A mikrofon kapszula képes ezt kezelni, de az ezt követő adóegység elektronikát fel kell készíteni, ami azt jelenti, hogy az előerősítést kellő mértékben vissza kell venni. Ha ez túl magas szintre van állítva, túlvezérlés és ezáltal torzulás következik be.

Most nézzünk meg egy másik extrém helyzetet: egy előadás érzelmekkel fűtött pillanatában a konferenzié belesuttog a mikrofonba, és mivel nincs gyakorlata a mikrofonkezelést illetően, a mikrofontól fél méteres távolságban beszél. Ebben a helyzetben nyilvánvalóan sokkal nagyobb erősítésre van szükség, és nemcsak az adóegységet, hanem az egész átviteli jelutat szabályozni kell, hogy a vevőegység kimenetéhez alacsony zajú jel kerüljön. Vezeték nélküli mikrofonok használatakor különösen körültekintően kell eljárni az első erősítési lépés (vagyis az előerősítés) beállításánál.

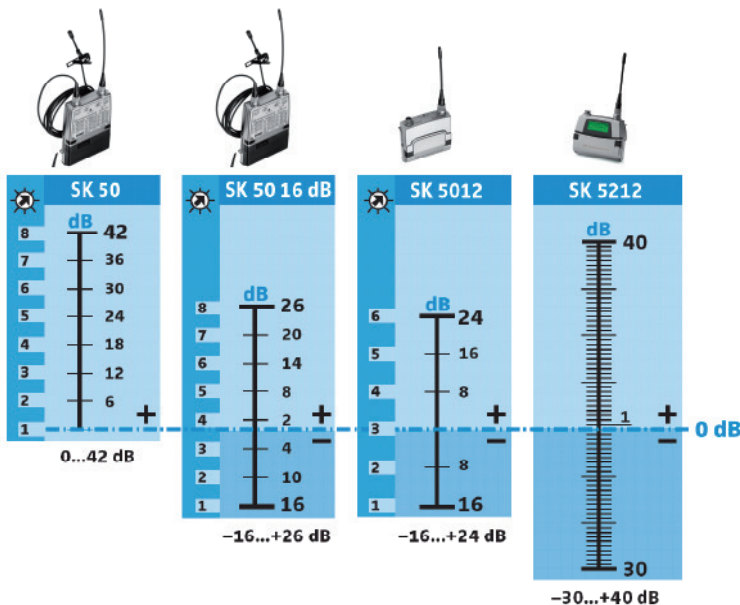
Alapszabályként elmondható, hogy a vevőegység kijelzőjének megközelítően -10 dB-es "eltérést" kell mutatnia. Ez 20 dB tényleges **headroom**nakfelel meg, ami elegendő a váratlan dinamikai csúcsok jelentkezésekor. Annak érdekében, hogy minden helyzetben optimálisan lehessen meghajtani az elektronikát, megfelelő érzékenységgel rendelkező, speciális mikrofon kapszulák széles választéka áll rendelkezésre, mind az üvöltő rock énekes, mind a bátortalan konferenzié számára.



Újratölthető elemekkel és egyszer használatos (primer) elemekkel használható zsebadó. Egy AA elem 6 óra üzemidőt biztosít. A vonal-bemenet és a mikrofon bemenet között az elő-erősítőhöz egy 70 dB-es tartományom belül választható bemeneti szint, 1 dB-es lépésekben (vagyis 24 V - 7 mV). A RF teljesítmény 50 mW és 10 mW között választható. A "Low IM" üzemmód jelenti a keresztmodulációból származó interferenciával szembeni legnagyobb biztonságot.

### Az elő-erősítő beállítása nem kompatibilis

Az SK 5212 esetében az elő-erősítést a processzor állítja be. Ez 1 dB-es lépésekben végezhető finom-hangolást tesz lehetővé. Az érzékenységi tartomány csökken. Ez különösen jól használható műsorcelekben, képzett, hangos énekesekhez. Ha másik adóegységre vált, az adóegységek között - típusától függően - akár 6 dB-es szintkülönbség is tapasztalható, amit a keverőnél kell korigálni.



## Csatlakoztatási és viselési módok, nedvesség elleni védelem

Több ötlettel is tudunk szolgálni azzal kapcsolatban, hogy hogyan bánjon könnyen és hatékonyan az adóegységekkel és kiegészítőikkel. Ezek általában általános tapasztalatokon alapulnak: "Ami elromolhat, az el is romlik" (Murphy törvénye) vagy "számíts a kiszámíthatatlanra", illetve "mindig ellenőrizd kétszer" - és hasonló szállóigék. Ha ezeket a vezeték nélküli technológiára vonatkoztatjuk, akkor a következő praktikus tanácsokat adhatjuk. Ha követi ezeket, megspórolhatja az idegeskedést és problémamentes átvitelt élvezhet.

- A kézimikrofonokat a markolat közepénél tartsa, úgy, hogy 1. az RF jel terjedése optimális legyen, és 2. a mikrofon akusztikai tulajdonságai ne gyengüljenek (eltekintve néhány olyan trükkötől, amikor a mikrofon szándékos takarásával kíván változtatni a hangzáson).
  - Miközben a művész kézimikrofonnal a kezében mozog a színpadon ügyelni kell rá, hogy az ujjaira húzott gyűrűk ne érjenek a mikrofonhoz. Ezek potenciális kezelési zaj forrást jelentenek.
  - Az összes vezeték nélküli mikrofont úgy tervezték, hogy azok inkább az előlről érkező hangokat veszik, így közvetlenül a mikrofonba kell beszélni. Sajnos újra és újra tanúi lehetünk ennek a jelenségnek, ha ezek a mikrofonok gyakorlatlan felhasználók kezébe kerülnek. Az irányítottságból adódóan különösen a magasabb frekvenciák szólnak halkán.
  - A legtöbb működésszabályzó gombot takarással védik a véletlen megnyomás ellen. Ennek az az oka, hogy amikor a művészek túlfűtött lelkiállapotba kerülnek, kiszámíthatatlanná válnak és előfordulhat, hogy a műsor megkezdése előtt vagy akár közben is kikapcsolják mikrofonjukat. Ritkán fordul elő, hogy ezután gyorsan vissza is kapcsolják azokat. Legtöbbször csak vádlóan néznek a keverő irányába.
  - Kültéri helyszíneken a időjárás rosszra fordulhat. Egy megfelelő szivacs szélfogó védelmet nyújt a szélzaj ellen. Kevésbé ismert, hogy a mikrofon kapszula hátsó nyílásai különösen érzékenyek a levegő turbulenciára. Az alulvágó szűrő szintén nagyon hasznos.
  - Némely rockénekes "fröcsögve" éneklő dalait, és hosszú távon a nedvesség problémákhoz vezethet. A mikrofonkosár többretegű finom rozsdamentes acélhálóból készül, szivacsrétegek hozzáadásával. Idővel a nedvesség eltömítheti a pórusokat, ami megváltoztathatja a hangzást. Ebben az esetben a professzionális megoldás az, hogy a mikrofont egy második, még szennyezetlen vezeték nélküli mikrofonra
- cserélik. Az egyik erős nyáltermeléssel rendelkező, jól ismert énekes egy előadás alkalmával három vezeték nélküli mikrofont is használ, melyeket a rendezvény végeztével, elcsomagolás előtt meg kell szárítani. Ehhez leszerelik a mikrofonkosarat és eltávolítják a szivacsbetétet. A kosarat mosogatógépben is elmoshatók. A szivacsbetétet meleg vízzel ki kell öblíteni, majd meg kell szárítani. A következő napon a mikrofont újra használatra kész. Más hangmérnökök egyszerűen száraz rizsbe dugják a kosarat. Ezzel hasonló hatás érhető el.
- A headset mikrofonok elhelyezkedése döntő jelentőségű zsebadók használata esetén. Ha egy csíptetős mikrofont a ruházathoz erősít, ügyelni kell arra, hogy az ne ütődjön vagy dörccsödjön egyéb ruhadarabokhoz/kiegészítőkhöz.
  - Nemcsak a kézimikrofonokra, hanem a headset és csíptetős mikrofonokra is igaz, hogy azokat a száj széléhez a lehető legközelebb kell helyezni. Ez közvetlenebb, "valóságghú" hangzást biztosít, és a mikrofon kevésbé gerjed. A közeli elhelyezéshez néhány kreatív ötletre van szükség. A csíptetős mikrofont időnként nyakkendőbe rejtik. A magas hangok, melyek a mikrofon áll alá helyezésével elvesznek, a keverőpult EQ beállításai segítségével kompenzálhatók.
  - Színházakban vagy musical előadásokon a mikrofont gyakran rögzítik a színész fejére. A mikrofon például hajba rejthető, vagy az arcra ragasztható (és ezt követően sminkkel takarható). A csíptetős mikrofonok érzékenyek a nedvességre, és a hangbemenetet óvni kell az izzadsággal vagy a sminkkel való érintkezéstől. A mikrofonkapszula nem érintkezhet az izzadt bőrfelülettel. Meghosszabbíthatja a mikrofon élettartamát, ha egy kis Lavalier ragasztószalagot (Lavtape) helyez a mikrofon alá. A mikrofonra vagy a kábelre gumigyűrűk húzhatók, melyekkel kivédhető, hogy az izzadságcseppek a mikrofonkapszuláig jussanak.
  - A zsebadót is védeni kell az izzadságtól. Ha a színésznek vastag anyagból készült jelmezeket kell hordania egy élő musical közben, nem védhető ki az izzadás. Előadás közben a színész több liter izzadságot is termelhet, és meg kell akadályozni, hogy ez az izzadás a bőrön végigfutva a zsebadóba jusson. Ilyen helyzetekben az adóegységet víztaszító védőtasakba helyezik. Bár ezek nem vízhatlanok, mégis biztosítják, hogy a nedvesség elkerülje az adóegységet.
  - Hová kell helyezni az adóegységet testre feszülő jelmezek esetén? Végesetben egy páróka alatt a tarkó közelében rögzíthető az adóegység.

1.

2.

3.

4.

5.

6.

7.

8.

9.

10.



Az adóegység gyártójának választékából, nylonból készült, Velcro tépőzárral.

- Egy víztaszító védőtasak segítségével megakadályozható, hogy az adóegység a csupasz bőrrel érintkezzen, egyébként az antenna is gyengébben működne. Ha problémák lépnek fel a hatótávolságot illetően, érdemes foglalkozni a zsebadó optimális elhelyezésével. Ha csak néhány milliméterrel is sikerül eltávolítani az antennát a bőrfelszíntől, az is jelentős javulást eredményez a bőrrel való közvetlen érintkezéshez képest. A legalább 5 mm-es távolság az ideális.
- Az adóegységet szorosan kell rögzíteni ahhoz, hogy ebben a pozícióban maradjon. A legegyszerűbb megoldás egy öv használata, melyre az adóegység felcsatolható. De természetesen a színészek olyan könnyű ruházatot is hordhatnak, melyhez nem tartozik öv. Ebben az esetben a jelmezen belül lehet használni egy textilövet, melyhez biztosan rögzíthető az adóegység. A jelmezkészítőkkel és maszkmesterekkel való együttműködés rendszerint igen sikeres megoldásokhoz vezet.
- Az adóegység rögzítőcsipesze könnyen levehető és 180°-ban elfordítható, így az antenna és a mikrofon csatlakozó lefelé mutat. Ez sok esetben csökkenti az antenna és a mikrofon csatlakozó elhajlásának kockázatát.
- A gitárosoknak a gitárjukhoz nagy-impedanciájú bemenetre van szükségük, kb. 1 M $\Omega$ -os bemeneti ellenállással, ami 1000-szerese a mikrofon bemenetekre jellemző értéknek. Az evolution zsebadók ugyanannál a csatlakozónál mindkét értéket biztosítják.

Johannes Tieck, a Sennheiser adóegység fejlesztőjének szavaival: "Kezdetben a vezetékes alkalmazásokhoz képest nem igazán voltunk megelégedve a vezeték nélküli gitárok hangzásával. A tesztek azt mutatták, hogy a kábel kapacitásának (100 pF/m) szerepe van a hangzásban, és kb. 5 m hosszú kábellel kell az erősítőhöz csatlakozni ahhoz, hogy jól szóljon. Amikor a gitárt az adóegységhez csatlakoztatjuk,

csupán kb. 50 cm kábelt használunk. A hiányzó kapacitást az adóegység bemenetben reprodukáltuk, több választható beállítást is felkínálva. Így értük el azt a célt, hogy vezeték nélkül is vezetékes hangzást kapjunk."

- Számos gitáros váltogatja a gitárokat egy koncert során, minden egyes gitárhoz külön adóegységet hordva az övéen. Ez speciális odafigyelést kíván. Ügyelni kell rá, hogy a kellő pillanatban kapcsoljuk be-, illetve ki a megfelelő adóegységet, mivel egyszerre csak egy adóegység "sugározhat". Máskülönbben interferenciával vagy jelkimaradással kell számolni.
- Már a basszusgitárosok számára is nyitva áll a vezeték nélküli technológia használata. Még egy öthúros elektromos basszusgitár legalacsonyabb H húrja is erőteljes hangzással szól.
- Trombita hangjának rögzítésekor a tölcser előtti óriási hangnyomásra kell tekintettel lenni. Egy csökkentett érzékenységgel bíró, speciálisan megtervezett mikrofon megakadályozza a csatlakoztatott adóegység túlvezérlését.

## Plug-on adóegységek

Az Egyesült Államokban már évek óta használják a plug-on adóegységeket, különösen az ENG (elektronikus hírgyűjtés) alkalmazásoknál. Egy ilyen adóegység egyszerű csatlakoztatásával bármilyen riportermikrofon vezeték nélküli mikrofonná alakítható. Még a mikrofonrúdra rögzített, szélfogóval ellátott puska-mikrofon is működtethető vezeték nélkül – elegáns és mindenekelőtt rugalmas használati mód. A riporterszabandon mozog, és a kézikamera a kisméretű diversity vevőegység jeleit rögzíti.

Ezt az alapelvet alkalmazva általában minden mikrofon használható vezeték nélkül. Egy érdekes példa erre, amikor a berlini filharmonikusoknál mobil mikrofont használtak egy klasszikus zenei felvétel során: a vezető hangmérnök kiegészítő mikrofonokat szeretett volna használni különféle helyeken, de hogy pontosan hol, azt csak később tudta megmondani. Szokatlan elhelyezésekre is számítani kellett. A optimális pozíció megtalálásával járó fáradságos kábelezés kivédése érdekében a Sennheiser MKH 30-as (kétirányú (8-as karakterisztikájú)) modelljét használták, az SKP 3000 plug-on jeladóval (beépített 48 V-os fantomtáplálással). Ez egy teljesen kielégítő megoldást eredményezett hangzás tekintetében, és a mikrofon a teremben tetszés szerint bárhol elhelyezhető volt.



Fotó: Roland Bachmann

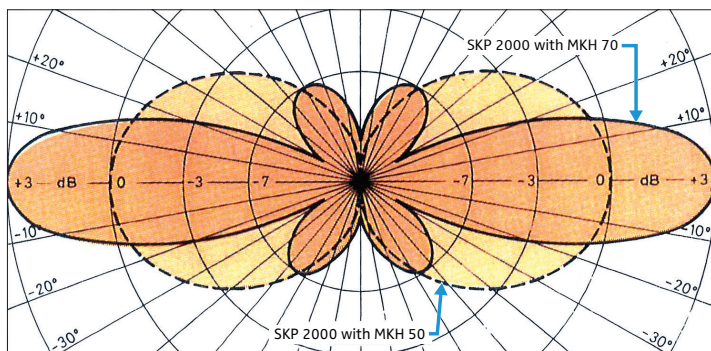
A plug-on adóegységek puskamikrofonokkal is használhatók, melyek akár 50 mV/Pa szinttel is rendelkezhetnek. A túlvezérlés ellen bemenet -csillapítással lehet védekezni, mely a kezelő menün keresztül választható.



Fotó: Roland Bachmann

Kültéri jelátvitelnél a plug-on adóegységet néha közvetlenül a keverő kimenetéhez csatlakoztatják. Ezt a megoldást nem tanácsoljuk, mert RF sugárzással terheli a keverőt. Ha kb. 50 cm-es kábelt

iktatunk a keverő és az adóegység közé, az adóantenna jobban működik és a keverő elektronikáját kevesebb RF sugárzás éri.



20 cm hosszú mikrofonnal vagy 50 cm hosszú puskamikrofonnal használt SKP 2000 plug-on adóegység vízszintes RF sugárzási diagramja. Az adóegységgel a mikrofonház antennaként funkcionál és erősen sugároz oldalirányban. Előre és hátra is történik kismértékű RF sugárzás. Ha az oldalirányú "sugárzási nyaláb" a vevőegység felé irányítjuk, megnövelhetjük a hatótávolságot, különösen szabadtéri situációkban. A hosszabb MKH 70 puskamikrofon nagyobb irányítottással rendelkezik RF átvitelével. (Példa: "Doc Wireless" Willemsen - Si Világ bajnokság, St. Moritz)



Command 1 AF Out 1



A parancs funkciónak köszönhetően a műsorvezető egy gombnyomással megadhatja, hogy mely jelek ne kerüljenek továbbításra a PA rendszeren keresztül.

1.

2.

3.

4.

5.

6.

7.

8.

9.

10.



## 3. Hullámterjedés

### Alapvető ismeretek

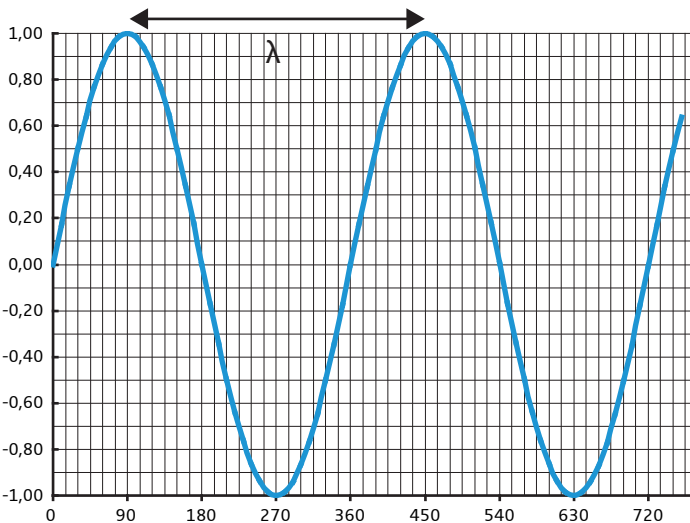
- A rádióhullámok közvetlen, szórt és visszavert komponensekkel terjednek.
- A fémszerkezetek és a vízfelszínek visszaverik a magas-frekvenciákat, míg az élek/peremek (hegyek vagy épületek) és a rések/bemélyedések (pl. utcák vagy ablakok) szórják azokat.
- A rádióhullámok a fa- és ásványi anyagokon, illetve az élőlényeken áthatolva veszteséget szenvednek.
- A közvetlen és visszavert hullámkomponensek szuperpozíciója fáziskiórtáshoz vezethet.
- Az elnyelés, az árnyékolás és a polarizáció megváltozása csökkenti a jelszintet a vevőantennánál.

### Frekvenciák és hullámhosszok

A vezeték nélküli rendszerek fizikai szempontból elektromágneses hullámok közreműködésével működnek.

Az elektromágneses spektrum rendkívül széles: egyebek között magában foglalja a látható fényt, valamint az infravörös-, a röntgen- és a gamma sugarakat. Az elektromágneses hullám frekvenciái

határozzák meg, hogy ebben a spektrumban hol foglalnak helyet. Ez közvetlen összefüggésben van a hullámhosszal, a következők szerint: minél magasabb a frekvencia, annál rövidebb a hullámhossz. A hullámhossz két egymást követő csúcstávolsága; a terjedési sebesség és a frekvencia hányadosának felel meg. Az elektromágneses hullámok levegőben kb. 300 000 km/s sebességgel terjednek. Ez azt jelenti, hogy 300 m-t tesz meg a másodperc egymilliomod része alatt. Ez az óriási sebesség jelenti az általunk ismert világon az abszolút felső határt, melyet csak az olyan tömegtelen jelenségek képesek elérni, mint a rádióhullámok. Vezetékekben a sebesség a konfigurációtól függően lecsökken.



A hullámhossz a két egymást követő csúcstávolságot jelenti. A vezeték nélküli mikrofonokra a 10 m és 10 cm közötti tartomány vonatkozik. A képen egy egyszerű szinusz hullám látható.

1.

2.

3.

4.

5.

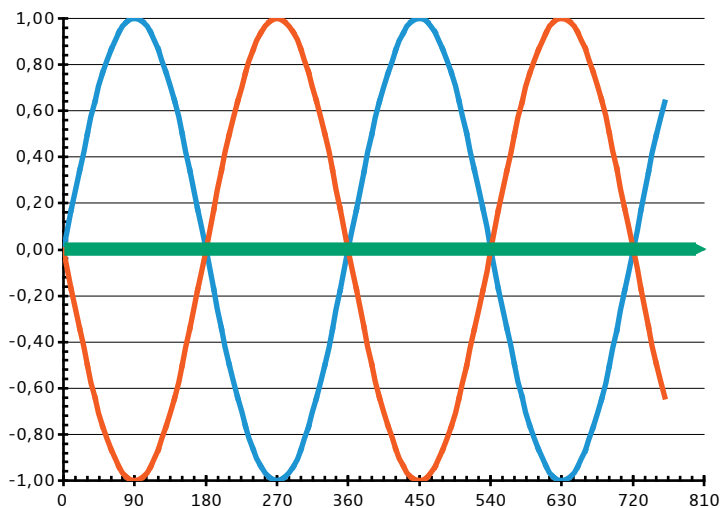
6.

7.

8.

9.

10.



Két egyenlő erősségű, azonos frekvenciájú jel, melyek ellentétes fázisúak ( $180^\circ$ -os vagy annak egész számú többszörösével egyenlő fáziseltolással rendelkeznek), kioltják egymást. A piros és a kék görbe bármely pillanatban vett értékeinek összege mindig nulla. Egy vevőantenna számára ez a legrosszabb eset. A legjobb eset, ha a fáziseltolás  $90^\circ$ ,  $270^\circ$ , stb., ekkor a pillanatnyi értékek duplázódnak. Az összes többi fáziseltolási szög esetén az eredmény az érték duplája és nulla között van. Könnyű belátni az akusztikával fennálló kapcsolatot.

Az RF jel vételi minősége szempontjából a gyakorlati munka során nagy jelentőséggel bír a többutas vétel. Ez az adott átviteli jel különböző jelút-hosszúságú visszavert komponenseinek szuperpozíciójához vezet. Az antenna csak a pillanatnyi értékek összegét veszi.

A következő táblázat áttekintést nyújt a frekvencia és a hullámhossz viszonyáról:

Frekvencia	Hullámhossz
30 MHz	10,00 m
300 MHz	1,00 m
700 MHz	0,43 m
1800 MHz	0,17 m
3 GHz	0,10 m

A hullámhossz fontos szerepet játszik a terjedés jellemzőinek alakulásában. A fémszerkezetek visszaverik a rádióhullámokat és a leghatékonyabb árnyékoló hatással rendelkeznek. A szerves anyagok (pl. fa, kartonpapír), valamint a műanyag, az üveg, a víz és az élőlények nem jelentenek ilyen akadályt. Ezeket keresztülhatolnak a rádióhullámok.

Mindamellett a jel erőssége közben gyengül, melynek mértéke széles határok között változik:

- A VHF (Very High Frequency, 30 – 300 MHz) az UHF frekvenciákhoz képest mélyebben hatol az útjába kerülő anyagokba, és a visszavert kompo-

nensek csillapítása erősebb.

- Az UHF (Ultra High Frequency, 300 – 3,000 MHz) tartomány frekvenciái kevésbé mélyre hatolnak. A visszaverődések hangsúlyozottabbak, mint a VHF esetében.
- Az embereken áthatolva egy kb. 700 MHz-es RF jel szintje megközelítőleg 20 dB-lel (90%-kal) csökken.
- A vízfelületeknek nagyon jó az UHF visszaverő képességük. A víz hullámok speciális interferencia mintázatokat hozhatnak létre, melyek körültekintő antenna elhelyezéssel ártalmatlaníthatók.

## Hatótávolság és teljesítmény

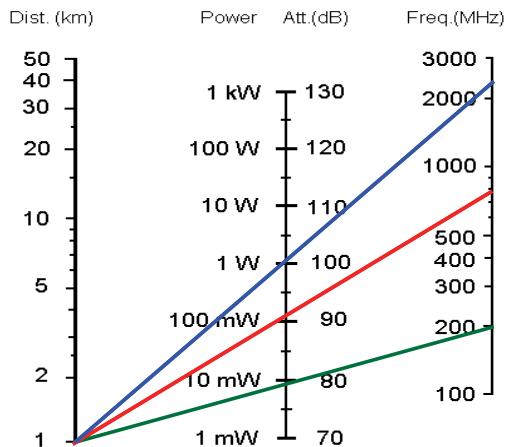
A hatótávolság adott mértékű növelése aránytalanul nagyobb teljesítményt igényel. 10-szer nagyobb kisugárzott teljesítmény csupán 3-szoros hatótávolságot eredményez.

Nagyobb frekvenciák esetén jobbak a visszaverődési jellemzők. A kisugárzott magas-frekvenciás energia visszaverődő komponensei részben kiegyensúlyozzák a hatótávolság csökkenését, különösen zárt helyiségekben. Ebből adódóan épületekben előfordulhat, hogy az UHF tartománnyal nagyobb hatótávolság érhető el, mint a VHF tartománnyal.

A rádiófrekvencián kívül a visszaverődések minőségét a falak, a mennyezet vagy a padlózat szerkezete is befolyásolja: A fémfelületeknek nagyon jó az RF visszaverő képességük. A gipszkarton- vagy betonfalba jutva az RF jelek szintje csökken és fém szerkezeti elemekhez érve a jelek visszaverődnek, majd egy másodszori csillapítást követően újból a légtérbe jutnak.



## Hatótávolság és teljesítmény



Az ábra az elérhető hatótávolság (km-ben), a szükséges kisugárzott teljesítmény és a használt átviteli frekvencia (Frequ.) kapcsolatát mutatja. Az illusztráció idealizált feltételezéseken alapul: A vevőegység bemeneti feszültsége 100  $\mu$ V. Az antennák akadálymentesen „látják” egymást és nincsenek szuperpozíciós visszaverődések.

Az összetartozó értékek leolvasásához helyezzen egy vonalzót az ábrára!

A színes vonalak egy vonalzó élét képviselik. Az értékek a függőleges vonalak metszéspontjainál olvashatók le.

A zöld vonal kb. 1 km-es hatótávolságot (baloldali vonal) mutat, 10 mW effektív kisugárzott teljesítmény (ERP) (középső vonal) és 200 MHz átviteli frekvencia (jobboldali vonal) mellett.

A piros vonal azt mutatja, hogy 800 MHz-es átviteli frekvencia esetén ugyanahhoz a hatótávolsághoz kb. 100 mW teljesítményre lenne szükség.

A kék vonal keresztezési pontjai azt mutatják, hogy 1 km-es hatótávolsághoz 2.400 MHz átviteli frekvencia esetén 1 W kisugárzott RF teljesítmény szükséges. Az RF átvitel csillapítása 10-szer nagyobb, mint 800 MHz-nél.

Alapvetően különbséget kell tennünk beltéri és kültéri alkalmazások között:

- Beltéri: számos visszaverődő rádióhullám vesz minket körül szétáradó „RF köddel”. Kezülőutakon is érik sugarak az antennát, a padlózatot, illetve a mennyezetet keresztül, vagy ahogy a billiárdban mondják, „mandinerből”.
- Kültéri: rádióhullámok esetében a közvetlen rálátás döntő fontosságú a vétel szempontjából. Kültérben a visszaverődések gyakran túl gyengék ahhoz, hogy hatékonyan segítsék a vételt.

A hatótávolság megítélése rendszerint bizonytalan. A frekvencia-tartományok, a visszavert és az elnyelt jelek, az árnyékoló hatások és a rádiózavarok átfedik egymást. Kritikus helyzetekben alapos teszteléseket kell végeznünk, mielőtt megtaláljuk a legalkalmasabb rádiófrekvenciát és a legelőnyösebb antennapozíciót.

Alapszabályként elmondható, hogy a térerő 22 dB-lel csökken az első hullámhossznál, és 6 dB-lel a távolság minden további duplázásánál.

Példa: 600 MHz

A hullámhossz 50 cm (22 dB), 1 m = 28 dB,  
2 m = 34 dB, 4 m = 40 dB, 8 m = 46 dB,  
16 m = 52 dB, 32 m = 58 dB, 64 m = 64 dB,

1.

2.

3.

4.

5.

6.

7.


8.

9.

10.

## Visszaverődés és interferencia

Magasabb frekvenciák esetén nő a visszaverődési hajlam. Ezzel magyarázható, hogy a 20 mW ERP-vel (effektív kisugárzott teljesítménnyel) rendelkező adóegység nemcsak a színpadon működik hibátlanul, hanem a színpad mögötti területről is tisztán továbbítja a zsinész hangját. A rádióhullámok légszatórnákban és liftaknákban is képesek terjedni. Az adóantennából kibocsátott RF jel mindenütt jelen van. Egy láthatatlan, szétterjedő nagyfrekvenciás ködöt alkot, melynek hatótávolsága a több száz métert is meghaladhatja. Ez megkönnyíti a rádiózavar mérését: Egy koncert alkalmával nem szükséges magában a teremben méréseket végezni, mivel kint az utcán is könnyedén meghatározható, hogy minden megfelel-e az előírásoknak, vagy olyan frekvenciákat használnak, melyek nem rendelkeznek jóváhagyással.


 A megnövelt hatótávolságot egy talk show vendégének példája is illusztrálja, aki elfelejtette leadni a zsebadót és a csíptetős mikrofont a hangmérnöknek. Így a keverőpultnál tisztán lehetett hallani, amint a vendég odakiált egy taxisnak az utcán és bemondja a sofőrnek az úti célt. A hangtechnikus csapat különösen hálás volt az utóbbi információért, mivel így rögtön vissza tudták szerezni az eszközöket.

A visszaverődő hullámok különböző irányból érkeznek a vevőhöz, és szuperpozíciójuk interferenciát okozhat. A különböző hosszúságú jelutaknak köszönhetően a jelek késéssel érkeznek. Ez erősítheti vagy gyengítheti a magas-frekvenciás jeleket. Ha azonos fázisban vannak, akkor erősödnek, míg ha különböző fázisban vannak, akkor gyengülnek a jelek. Ha azonos erősségű, de 180°-os fáziseltolással rendelkező (ellentétes fázisú) jelek találkoznak az antennánál, akkor teljesen kioltják egymást, és a vevő egyáltalán nem érzékel jelet. Ezt a fajta jelkioltást két vevőegységgel és antennával rendelkező rendszerrel lehet kivédeni. Ennek a rendszernek az előnye, hogy a holtterek nagyon kicsik és a másik helyen elhelyezett második antennát nem érinti a kioltás. Egy gyors és csendes átkapcsolással kiválasztható a jobb vételi jel.

## Elhajlás, szóródás és elnyelődés

A rádióhullámok azon tulajdonságát, hogy az akadályoknál „ívesen elgörbülnek”, elhajlásnak vagy szóródásnak nevezzük.

Az akadályok nem képeznek éles vonalakkal határolt RF árnyékokat. A rádióhullámok egy része ívesen meghajlik a széleknél és a szétszóródott sugárzás lágyítja az árnyék határvonalait. Mindamellet ez a tulajdonság frekvenciafüggő. Ez a jelenség sokkal kevésbé érvényesül a magasabb UHF tartomány használatára esetén és az RF hullámterjedés egyre inkább hasonlít a látható fény terjedési jellemzőire. Ezt viszont a visszaverődések sűrítésével lehet kompenzálni.

 Egy külső riport során a külföldi tudósító hangját csíptetős mikrofonnal veszik. A tudósító egy az öve hátsó részére csatolt zsebadót visel. Ha az adóegység 1.800 MHz-es (UHF) frekvenciával működne, valószínűleg nem jutna el használható jel a kamera vevőjéhez. Mindamellet 480 MHz-es frekvencia esetén a hullámok a tudósítót megkerülve jó térerősségű jeleket biztosítva érik el a kamera vevőjét.

A vezeték nélküli mikrofonokat a test közelében használják. A test a mikrofonok teljesítményének egy részét mindig elnyeli és hővé alakítja. Ennek mennyisége az antenna és a test közelségétől függ. A veszteség különösen nagymértékű, ha a zsebadó antennája a bőrhöz ér. Alapszabályként elmondható, hogy - a bőrrel való közvetlen érintkezéshez képest - a kisugárzott teljesítmény többszöröse érhető el, ha az adóantenna és a testfelület között minimum 5 mm-es távolság van.

Egy másik gyakorta felmerülő kérdés az emberi egészségre gyakorolt kedvezőtlen hatás. A jelenlegi kutatások szerint az UHF tartományban kisugárzott 20 – 50 milliwatt (mW) teljesítmény ártalmatlan. A mikrofon adóegység közelében tapasztalható hőhatás jelentősen elmarad a mobiltelefonnál érzékelhető hatástól. A SAR érték az RF sugárzás emberi szervezetre gyakorolt hatásának számszerűsítésére szolgál. A SAR a Specific Absorption Rate (fajlagos energiaelnyelési érték) rövidítése, és a test rádióhullámok által előidézett melegedését mutatja. A SAR küszöbérték az a frekvenciafüggő térerő, mely 1 kg testtömeg hőmérsékletét 1°C-kal növeli.

Széleskörű tanulmányok állnak rendelkezésre a mobiltelefon hatásaira vonatkozóan. Bizonyos mértékig ezek a vezeték nélküli mikrofonokra is átvihetők, a fő különbség abban rejlik, hogy a zsebadók és a kézimikrofonok által kibocsátott teljesítmény alacsonyabb. Ezért a károsodás kockázata sokkal kisebb, mint a mobiltelefonok esetében.

## Engedélyező hatóság

Ahhoz, hogy minden felhasználó részére biztosított legyen a megszakításmentes rádió -kommunikáció, szervezetszervezésre és részletekbe menő, kötelező érvényű rendeletekre van szükség. A német gazdasági minisztérium ezt a feladatot a Szövetségi Hálózati Ügynökség (BNetzA) tevékenységi körébe sorolta. Ilyen ügynökségek különféle elnevezésekkel minden országban léteznek.

Németországban a vezeték nélküli mikrofonok a nem nyilvános célú mobil rádió rendszerek (NPMR - Non-Public Mobile Radios) körébe tartoznak. Ez a szektor a szabályozó hatóság tevékenységi körének csak egy kis részét képezi.

2016. január 1-jétől új szabályok lépnek érvénybe, ezt követően a 790 MHz feletti frekvenciákat értékesítik a vezeték nélküli rendszerekben érdekelt cégek számára. Ami a 790 MHz alatti tartományt illeti, körülbelül 500 000 vezeték nélküli mikrofont kell átalakítani, vagy újra cserélni. A többi országban is hasonló a helyzet. Az Egyesült Államokban a 700 MHz feletti spektrumot egyéb szolgáltatások számára értékesítették és használatát megtagadták a televíziós műsorszolgáltatóktól és a mobilkészülék gyártóktól. Az Egyesült Királyságban a professzionális használatra szánt rádió-mikrofonoknak a 854 – 862 MHz-es tartományból a 606 – 614 MHz-es tartományba kellett költözniük. Az Európa-szerte engedély nélkül használható 863 – 865 MHz-es frekvenciatartomány változatlan maradt. Az aktuális helyzetre vonatkozó részletes információk az adott ország Sennheiser képviselőitől vagy egyéb ismert szolgáltatóktól szerezhetők be.

## Mellék hullámú sugárzás

Minden adó- és vevőegység kibocsát bizonyos mennyiségű nemkívánatos RF jeleket. A legegyszerűbb esetben ez a vívőfrekvencia egész-számú többszöröse, vagyis ún. harmonikus frekvencia. Egy 800 MHz-es vívőfrekvenciával működő adóegység 1,6 GHz-es és 2,4 GHz-es frekvenciákat is kibocsát. Ezeket hatékonyan el kell fojtani, hogy elkerüljük az egyéb szolgáltatásokkal fellépő interferenciát. Az engedélyezési hatóság előírásai szerint ezek nem haladhatják meg a néhány nanowattnyi (= watt milliommód része) mennyiséget. Egyéb elektronikus eszközök is bocsátanak ki harmonikus frekvenciákat. Számos ilyen forrás létezik a rendezvénytechnika, a multimédia és a beépített hangrendszerek területén. Egyebek között találkozhatunk digitális effektekkel, digitális fényvezérlőkkel,

videófalakkal, mobiltelefon technológiával és digitális TV-vel. Ezeket a forrásokat rendszerint nem lehet kikapcsolni, az egyetlen lehetőség, hogy védekezünk ellenük. Sajnos a fényvezérlők vagy a digitális effektek jellegükénél fogva nem RF eszközök, és ezért egy másik kategóriába tartoznak, melyre kevésbé szigorú előírások vonatkoznak. Ez nagyobb mellék hullámú sugárzásra ad lehetőséget, mint a vezeték nélküli mikrofon névleges kimenő-teljesítménye. Az elsőszámú és leghatékonyabb övintézkedés az elégséges távolság fenntartása. Ennek eredményeként az adóegységeinkből érkező RF bemeneti jeleknek felül kell kerekedniük a interferencia források jelein. Amíg a zavarforrás RF jelei az antennához érve gyengébbek, mint a kívánt jel, addig nem hallhatók. Az analóg FM átvitel szilárdan ellenáll az interferenciának: a kb. 10 dB-es vívő/interferencia (C/I) arány problémamentes átvitelt biztosít.

Ha távol tudja tartani a saját eszközét az interferenciaforrástól, akkor biztonságban van. A digitális effektek például távol kell tartani a vevőket tároló rack-től. A mobiltelefonok olyan erős zavart okozhatnak, mely hatással van a mikrofon adóegységekre. Ezért alapszabályként elmondható, hogy a színpadon tartózkodó összes művésznek ki kell kapcsolnia (vagy „repülő üzemmódba” kell állítania) a mobiltelefonját.

Egyéb zavarforrásoktól is tartózkodni kell. A közeli repülőterek erőteljes radarsugarai akadálytalanul terjedhetnek és a mobiltelefonok, valamint a koncerteken használt hordozható TV-k átjátszó problémát okozhatnak a rádiómikrofonok működésében. Az engedélyező hatóságok elsőbbséget adnak a TV műsorszolgáltatóknak (elsődleges felhasználók). Minden olyan esetben, amikor interferencia lép fel a televíziós felhasználók és a vezeték nélküli mikrofon alkalmazások között, az utóbbiakat kell másodlagos felhasználóknak tekinteni, és ezeknek a frekvenciáit kell megváltoztatni.

## Digitális videóműsorszórás

A DTV ugyanazt a frekvencia-tartományt használja, mint a letűnőben lévő analóg TV (470 – 862 MHz). A digitális TV jel több mint 6000 vívőfrekvencia komplex elegyből áll, és magas jelszint jellemzi. Ez megnehezíti a vezeték nélküli mikrofon rendszerek működését, amikor csupán 100 kHz-es frekvencia intervallum áll rendelkezésre. A vezeték nélküli rendszerek a foglalt csatornáknak nem működhetnek. Ez nem vonatkozik azokra a mikrofonokra melyek a jóváhagyott frekven-

1.

2.

3.

4.

5.

6.

7.

8.

9.

10.

ciák használatára szorítkoznak.

A széles frekvencia-tartományok mobiltelefon cégek számára történő értékesítése nagy fordulópontot jelent a vezeték nélküli mikrofonok működési módjában.

A városközpontokban folyamatosan új adóegységeket állítanak üzembe, és egyre nagyobb szükség van a frekvenciák koordinálására.

A „valahogy majdcsak megoldódik” gondolkodásmód már a múlté. A koncertturnék, az elektronikus hírgyűjtés, a külső helyszíni felvételkészítés, stb. precíz tervezést igényel. Ez most helyszíni frekvenciatervezést jelent. Ebben a gyártók (és leányvállalataik), valamint a helyi hatóságok nyújtanak segítséget.

A vezeték nélküli mikrofonok felhasználói egyedileg

nem képesek változtatni a kormányok azon gyakorlatán, hogy az aukciókon a legjobb ajánlattevőnek értékesítik a spektrumot. Ezért alapították meg évekkel ezelőtt az APWPT nemzetközi érdekcsoportot. A csatlakozás erősen ajánlott.

Association of Professional Wireless Production Technology (Professionális Vezeték Nélküli Gyártás-technológiai Társaság)

<<http://www.apwpt.org>>

Ez a társaság elősegíti, hogy a professzionális rendezvény-lebonyolító cégek által használt gyártási frekvenciákat illetően nemzetközi szinten hatékony és kereslet-alapú intézkedések szülessenek, valamint hogy ezek a gyártási frekvenciák hosszú távon védelem alatt álljanak.

## Frekvencia bankok

### US TV-channel

Ch. 28 (554–560 MHz)  
Ch. 29 (560–566 MHz)  
Ch. 30 (566–572 MHz)  
Ch. 31 (572–578 MHz)  
Ch. 32 (578–584 MHz)  
Ch. 33 (584–590 MHz)

Ch. 34 (590–596 MHz)  
Ch. 35 (596–602 MHz)  
Ch. 36 (602–608 MHz)  
Ch. 37 (608–614 MHz)  
Ch. 38 (614–620 MHz)  
Ch. 39 (620–626 MHz)

### EBU TV-channel

Ch. 32 (558–566 MHz)  
Ch. 33 (566–574 MHz)  
Ch. 34 (574–582 MHz)  
Ch. 35 (582–590 MHz)  
Ch. 36 (590–598 MHz)

Ch. 37 (598–606 MHz)  
Ch. 38 (606–614 MHz)  
Ch. 39 (614–622 MHz)  
Ch. 40 (622–630 MHz)

Channel	Bank 1	Bank 2	Bank 3	Bank 4	Bank 5	Bank 6	Bank 7	Bank 8	Bank 9	Bank 10	Bank 11
1	558,000	558,000	558,500	558,500	559,800	560,100	566,100	572,100	578,100	584,100	590,150
2	558,400	558,400	559,375	558,900	558,000	560,475	566,475	572,475	578,475	585,375	591,425
3	560,200	559,000	562,375	559,500	558,375	560,925	566,925	572,925	578,925	586,125	592,175
4	561,200	559,800	563,750	560,300	559,050	561,450	567,450	573,450	579,450	586,800	592,850
5	562,600	561,000	570,875	561,500	562,050	562,050	568,050	574,050	580,200	587,850	593,900
6	563,800	562,600	573,250	563,100	564,900	563,325	568,725	575,325	581,325	588,450	594,500
7	564,600	564,800	581,500	565,300	565,350	564,225	569,475	576,375	582,375	588,975	595,025
8	568,600	568,000	596,875	568,500	566,175	564,975	570,375	577,050	583,275	589,425	595,475
9	578,000	570,400	602,750	570,900	575,175	565,650	571,575	577,800	583,875	589,800	595,850
10	586,800	575,200	606,875	575,700	576,375	558,375	558,300	558,150	558,900	559,350	559,550
11	588,400	579,200	613,125	579,700	579,000	571,800	560,700	559,650	559,575	561,600	561,425
12	598,400	582,600	614,875	583,100	580,950	575,250	573,075	560,850	561,150	564,150	563,825
13	615,400	590,200	560,375	590,700	584,400	577,050	582,075	566,700	565,200	571,200	568,475
14	624,600	596,200	561,625	596,700	587,625	581,625	586,050	580,425	568,950	573,300	574,925
15	558,900	606,000	566,375	606,500	591,000	586,425	589,350	587,100	572,100	575,175	579,875
16	559,500	612,200	579,875	612,700	595,350	590,700	594,600	594,300	587,400	579,450	585,350
17	566,500	618,800	588,750	619,300	600,675	593,400	599,550	596,550	589,425	595,425	598,400
18	571,500	624,000	622,500	624,500	601,800	599,325	601,275	599,100	594,075	600,900	606,725
19	574,500	561,475	558,875	561,975	605,700	600,825	604,425	605,625	596,850	606,150	607,625
20	581,300	563,300	559,750	563,800	607,725	606,450	606,600	606,525	602,100	614,925	614,750
21	590,900	565,825	560,750	566,325	615,150	607,500	607,650	615,375	607,200	617,325	618,575
22	606,700	567,350	561,250	567,850	615,675	616,350	615,075	617,475	614,325	621,525	620,375
23	619,900	569,575	563,250	570,075	619,425	621,675	619,800	621,450	617,325	622,425	623,150
24	563,150	572,275	564,500	572,775	621,150	622,875	623,475	623,625	618,525	625,350	624,350
25	575,650	573,825	565,500	574,325	624,225	625,500	625,350	625,650	623,025	558,225	558,575
26	593,750	578,450	566,000	578,950	625,575	558,825	559,425	558,525	625,050	558,825	559,100
27	609,250	583,875	566,875	584,375	560,400	566,850	562,350	561,525	558,150	560,100	560,225
28	616,450	591,650	567,875	592,150	561,525	568,125	562,800	562,875	561,750	560,700	562,175

Ezeket a frekvenciákat tárolják a 2000-es sorozathoz tartozó adó- és vevőegységek frekvencia bankjai. Ezek minden egyes bankban szabadon hozzáférhetők (és mentesek az IM3 frekvenciától), valamint számos lehetőséget kínálnak a zavaró frekvenciák kiküszöbölésére.

A képen 26 db (max. 64 frekvenciával rendelkező) bank teljes csatornalistájának egy részlete látható. Az összesen kb. 3000 db előre beállított frekvencia egy 75 MHz-es tartományt ölel fel.

Mark Saunders, Anglia:

“A rádiómikrofonok interferenciája az egyik olyan fontos kérdés, mellyel minden egyes szabadtéri rendezvényen foglalkoznunk kell” - mutatott rá Saunders. “Miközben minden berendezést úgy adunk át, hogy az egyazon rendszerbe

tartozó eszközök interferencia mentesen működjenek, a helyszín egyéb részein - a rendezvény egyéb közreműködői vagy a hangtechnikai berendezéseket kölcsönző cégek révén - általában sokkal több RF berendezés van használatban.”

Saunders és csapatának tagjai készen állnak bármely mikrofonnal vagy RF átvitelrel kapcsolatos probléma megoldására, melyekkel a művészek vagy a hangtechnikusok találkoznak, de ezek gyakran csak egy darab kábellel vagy forrasztó pákával oldhatók meg.

## Vezeték nélküli mikrofonok alternatív spektruma

A frekvencia kiosztás szerkezetátalakítása során a gyártási frekvenciák számára egy új tartományt nyitottak: 1.785 MHz - 1.805 MHz.

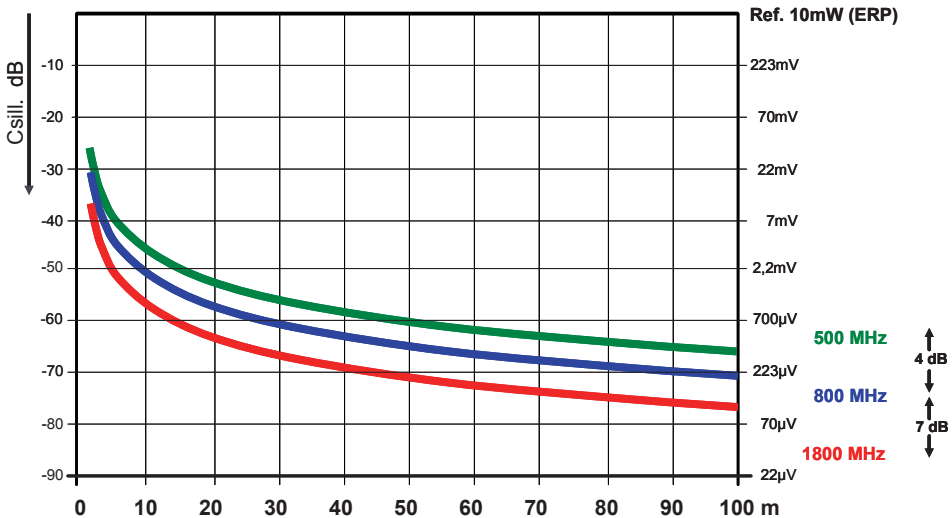
Egy másik tartomány (1452 – 1.477,5 MHz) még mindig a politikai döntéshozás szintjén várakozik, de néhány országban már jóváhagyták.

Az alábbi illusztrációk igazolják, hogy ezek a frekvenciák a szokásos UHF tartomány teljes mértékben érvényes alternatívái. Az 1.785 – 1.805 MHz tartományban működik az ew 100 G3 - 1G8 (1,8 GHz) sorozat, így az illusztrációknál erre a tartományra szorítokozom.

Alapszabályként elmondható, hogy a frekvencia duplázásával a tartomány a felére csökken. A kisugárzott kimenő-teljesítmény 10 mW (50 mW helyett), mely ismét felezi a tartományt (az alacsonyabb UHF régióhoz képest).

Mindazonáltal ez a keskeny sáv érdekes, mert ezt kizárólag a vezeték nélküli mikrofonok számára hagyták jóvá. Itt nincs DTV műsorszórás, nincs kommunikációs szolgáltatás, és a digitális vezérlők harmonikus torzítása sem éri el ezt a magasságot.

### Szabad hely veszteség



A távolság függvényében tapasztalható veszteséget 3 frekvencián keresztül mutatjuk be. A többutas vétel miatt fellépő veszteséget nem vettük figyelembe. A görbék szabad hangtérben, antennaerősítés nélkül végzett méréseket ábrázolnak.

1.

2.

3.

4.

5.

6.

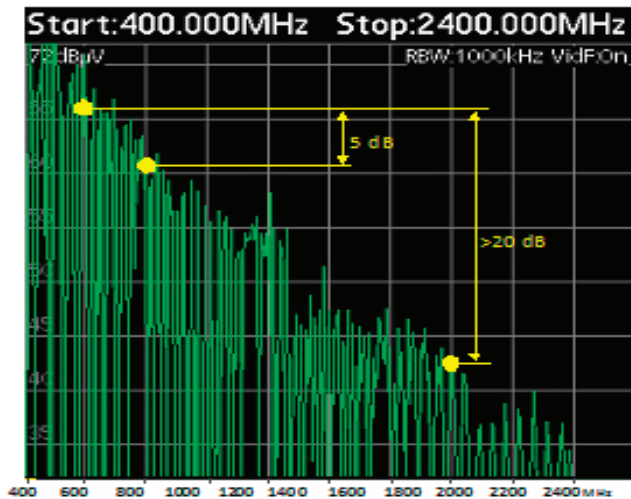
7.

8.

9.

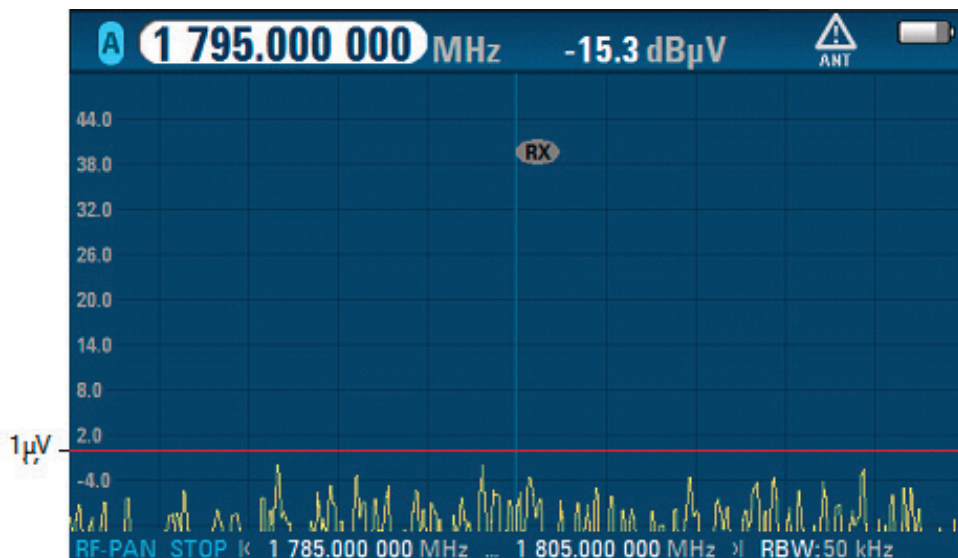
10.

## LED-fal



A spektrumelemző által készített fotó a harmonikus torzítás jellemző csökkenését mutatja egy digitális rendszerben (pl. kapcsolóüzemű tápegységek). Az 500-800 MHz-es tartományban a harmonikus torzítás kb. 5 dB-lel csökken.

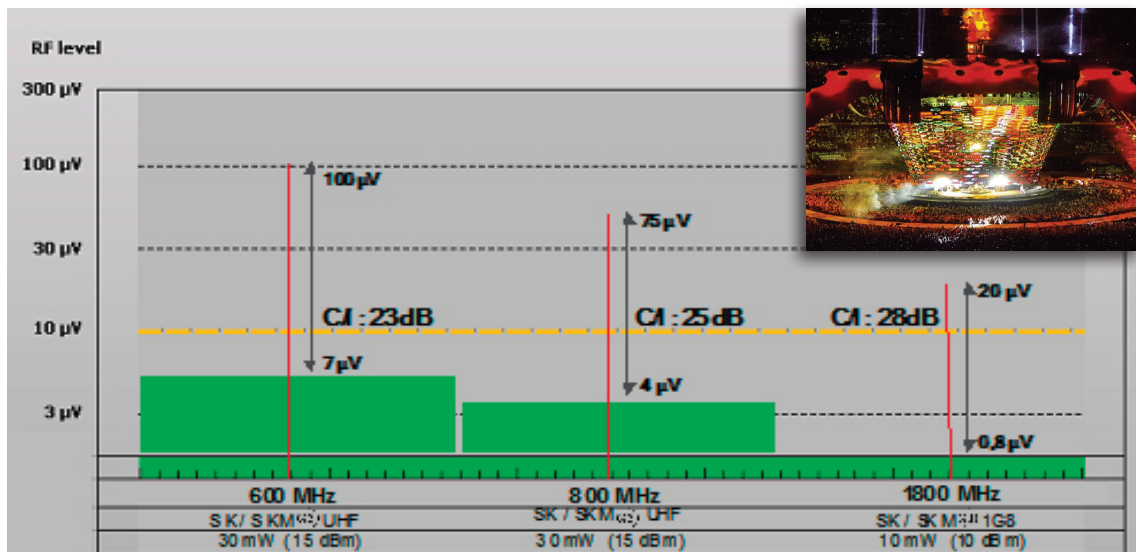
Az 1800 MHz-ig terjedő tartományban a csökkenés több mint 20 dB. Az előzőleg használt frekvenciákhoz képest az 1800 MHz-nél működő vezeték nélküli mikrofonok vételi zavara elhanyagolható.



A mobiltelefonok az 1,785 – 1,805 MHz tartomány alatt és felett található frekvenciákat is használják. Milyen nagy a lehetséges kockázat?

A naponta több mint 50 000 látogatót vendégül látó hannoveri CeBit kiállítás közben végzett helyszíni spek-

trum mérések azt mutatták, hogy a 1,8 GHz-es tartományt nem zavarta harmonikus torzítás. Az összes szint  $1 \mu\text{V}$  alatt maradt. A rádiómikrofonok biztonságos működésének legfontosabb előfeltétele a tiszta spektrum.



A biztonságos működéshez biztonsági ráhagyásra van szükség, vagyis a lehető legmagasabb vivő/interferencia arányra (C/I - dB-ben).

Egy nagy színházi összeállításból vett 3 példa (melyet sok ember-keltette zaj jellemez) azt mutatja, hogy a jel erőssége mellett a jel minőségének is szerepe van:

600 MHz-nél túlnyomórészt a LED-fal vezérlő okozza az interferenciát (8 m-nél 7 µV). A 100 µV-os RF bemeneti szint a 7 µV-os zaj mellett 23 dB-es C/I arányt eredményez.

Ugyanebben az összeállításban ugyanazzal a kimenő-teljesítménnyel: ha 800 MHz frekvenciát használnak, az RF bemeneti szint kb. 75 µV-ra csökken, a magasabb frekvencia megnövekedett térerő vesztesége miatt. Mindamelllett a zajküszöb 4 µV-ra csökken, így a C/I arány 25 dB.

1,8 GHz-nél a vevőegység a megnövekedett veszteség miatt 20 µV bemeneti szintet érzékel, és az előírások szerint csak 10 mW továbbítható, de az interferencia 1 µV alá süllyed. Ezért a 28 dB C/I arány miatt az 1,8 GHz rendelkezik a legjobb biztonsági ráhagyással. A biztonsági ráhagyás egyértelműen a kívánt tartományban van, különösen azért, mivel az

analog átvitel még mindig teljes teljesítményt biztosít, ha a C/I csupán 10 dB-re csökken. Ha az érték 20 µV vagy annál nagyobb, a vevőegység kb. 110 dB teljes jel-zaj viszonytal működik.

Következtetés: az 1.785–1.805 MHz-es tartomány a professzionális gyártási frekvenciák körébe tartozik. Reméljük, hogy ez az Európa-szerte kizárólagosan kijelölt frekvencia-tartomány továbbra is fennmarad.

**i** A politikai döntések kiszámíthatatlan természetéből adódóan, a spektrum lehetséges felhasználásával kapcsolatos nyilatkozatok csak addig vannak érvényben, amíg meg nem cáfolják azokat.

1.

2.

3.

4.

5.

6.

7.

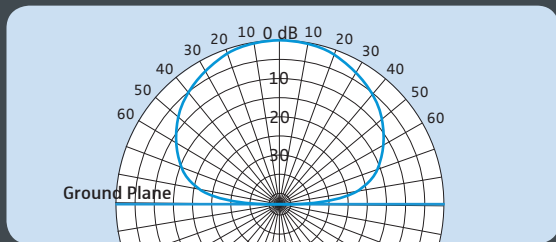
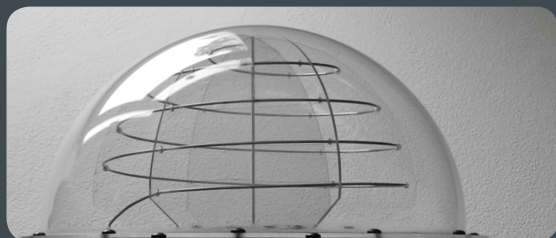
8.

9.

10.



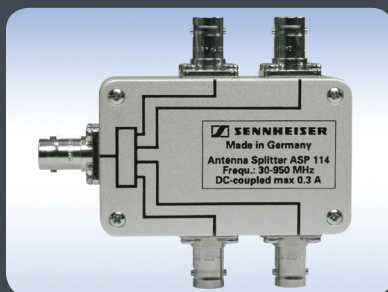
**A 2003** - A klasszikus A 2003 szélessávú antenna, mérsékelt irányítottági jellemzőkkel. Ezt a konstrukciót jó néhány gyártó lemásolta.



**A 5000** - Bár általában fekete, ez az átlátszó plexiüveg ház érdekes bepillantást enged az A 5000 antenna elektromosan aktív spiráljára. A vétel és különösen a továbbítás megbízhatóságát nagyban segíti a spirális és igényes kialakítás. Az iránykarakterisztika diagram a körkörösén polarizált szélessávú antenna jellegzetes irányítottágát mutatja.



**A 1031** - Masszív, minden célra alkalmas és szélessávú: az A 1031 már bizonyította, hogy vételre és jeltovábbításra is kiválóan alkalmas. A különálló (remote) antennák használatával elérhető teljesítmény-növekedés bizonyítja ezen típus fontosságát.



**ASP 114** - Az ASP 114 használatával négy vevőegységet működtethet egyetlen antennáról. Természetesen diversity vételnél két antenna és antenna elosztó használatára van szükség.



**ASA 1** - Az ASA 1 használatával átláthatóan és könnyen csatlakoztathat 4 diversity üzemmódban működő vevőegységet és egy közös tápegységet (főként a vezeték nélküli evolution sorozathoz). Két összekapcsolt egység akár nyolc vevőegységet is tud táplálni. Az antenna elosztó miatt fellépő veszteség belső erősítővel kompenzálható.



## 4. Antennák, antenna-erősítők, antenna-elosztók, kábelek

### Antennák

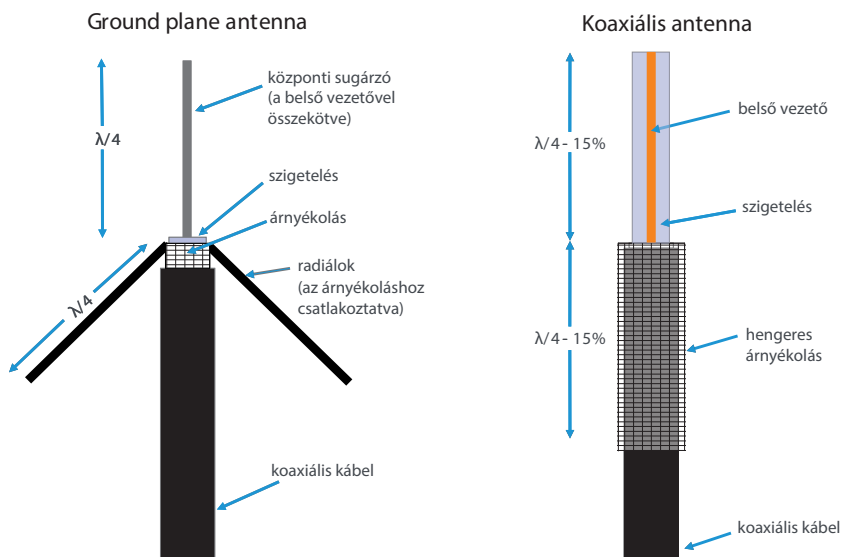
Az antennák a vezeték nélküli mikrofonok működése szempontjából alapvető fontosságúak. Ezek alkotják a kapcsolódási felületet a kábelben terjedő rádiófrekvenciás sugárzás és a környező légtér között. Ezek teszik lehetővé, hogy a rádiófrekvenciák az áramkörökből irányított módon kisugárzásra kerüljenek, majd a levegőből történő újbóli begyűjtést követően a vevőegységhez vezető kábelbe jussanak. Az antennák mindig háromdimenziós, elektromosan vezető szerkezetek, melyek két pólussal rendelkeznek. Ezért ezeket dipólus szerkezeteknek is hívják.

Az RF kábelek kb. 50 Ohm impedanciával, a minket körülvevő légtér pedig 377 Ohm impedanciával rendelkeznek (egy fizikus ezt részletesen el tudja magyarázni). Az antennákat impedancia illesztésre használják, pont úgy, ahogy például a hangszóró-membrán és a levegő impedanciájának illesztéséhez tölcserőt használnak. A hangszóró sokkal hatéko-

nyabb, ha tölcserőt erősítenek rá.

Antenna nélkül a kábel a jelet nagyon nagy veszteséggel tudná a levegőbe sugározni, és antenna nélkül a vételi oldalon még nagyobb lenne ez a veszteség. Az antennatípusok széles választéka áll rendelkezésre. Ezek méretei igazodnak az aktuális RF átvitel hullámhosszaihoz. A legegyszerűbb antenna megoldás egy darab koaxiális kábel, melynek az árnyékolását - bemetszést követően - jobbra, kábelerét pedig balra hajlítják. Az antenna/dipólus alapjában nem több, mint egy sor rezonáns áramkör hajlított, nyitott kondenzátora, mely minden egyes adó-/vevőegység alapáramköre.

Ha a kábelér és az árnyékolás szétválasztott részének hossza megfelel az RF hullámhossz kb.  $2 \times 1/4$  részének, akkor jól használható. 800 MHz-nél a hullámhossz 40 cm, így az antenna  $2 \times 10$  cm hosszúságú. Az antennák a jelek küldésére és vételére is alkalmasak, akár egyidejűleg is. Egy kézzel készített antenna (mint az imént bemutatott is) nem felel meg a rendszeres használat követelményeinek, de vész helyzetben segítséget jelenthet. Még azzal is jobb eredményt ér el, ha egy rövidke dróthuzalt (pl. egy kiegyenesített gémpapucsot) erősít egy BNC csatlakozó középső érintkezőjéhez, mintha egyáltalán nem használ antennát. A fejlesztők olyan antennákat szerkesztettek, melyek elektronikusan is megbízhatók és mechanikusan is masszívak.



Egy tipikus ground plane (mesterségesen kialakított földelésű) antenna és egy egyszerű kábelantenna kialakítása.

1.

2.

3.

4.

5.

6.

7.

8.

9.

10.

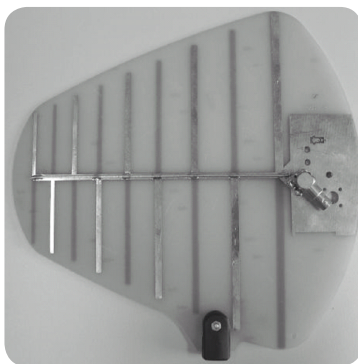


Egy körsugárzó antenna iránykarakterisztikájának képi ábrázolása (pl. ground plane antenna vagy az A 1031 modell). Ezen antennáknak a függőleges tengelyen van a nullpontjuk, de a gyakorlatban ez kisebb, mint ahogy az a képen látható.



Szélessávú antenna (450 – 960 MHz), mely minden irányba sugározza, illetve minden irányból veszi a jeleket.

A védőlakk bevonat nélkül láthatóvá válnak az áramkörtől az ötleletesen megtervezett fémfelületek (az ujjlenyomataimat is beleértve).



És védőlakk bevonat nélkül: Log-periodikus irányított antenna az UHF-sávban történő vételhez, adáshoz (450 – 960 MHz).

Elfogadható szög: +/- 45°

Erősítés: kb. 3 dB

Előre/hátra viszony: kb. 13 dB



A zsebadókat acélmaggal rendelkező, rugalmas, de egyben masszív antennákkal szerelik fel. Hosszát a hullámhosszhoz igazítják: minél magasabb a frekvencia, annál rövidebb az antenna.




Az A 5000 egy adásra és vételre is alkalmas, passzív speciális antenna, körkörös polarizációval.

Különösen a fülmonitor rendszerek vevőegységeinél javítja az átvitel megbízhatóságát. A félgömb belsejében van egy ügyesen hajlított rézdrót spirál (ld. előbb). A nagyfokú irányítottság kiküszöböli a többutas vételnél előforduló jelkimaradásokat.

Egy merev antennával rendelkező adóegységnek semmi értelme. Az antenna legyen egy masszív, rugalmas huzaldarab! Azt gondolhatnánk, hogy az antennának csak egy pólusa van. Azonban a fémház jelenti a másik pólust, melyet ellensúlynak is hívhatunk. Ha az adóegység burkolata műanyagból készült, akkor a megfelelő ellensúly az áramkörüi kártyán található.

A vezeték nélküli mikrofonok mindig speciálisan megtervezett adóantennákkal rendelkeznek, melyek egy meghatározott frekvencia-tartományban jól működnek (rendszerint a közép-frekvenciától +/- 2,5%-kal eltérő tartományban). Ezért a 800 MHz-hez tervezett zsebadó antenna a 780 MHz-820 MHz tartományban működik teljes teljesítménnyel. A határértékeknél nem esik hirtelen vissza a teljesítmény, hanem a közép-frekvenciától távolodva a teljesítmény fokozatosan csökken, lassú átmenettel. Ezért nagyon nagy kapcsolási sávzélességű adóegységeket kínálnak, többféle hozzáillő antennával. Nem megfelelő antennák használatával nem érhető el a teljes teljesítmény. A jelek nem tudják teljes mértékben elhagyni a készüléket, és csak hatástalanul áramlanak oda-vissza az antenna és az áramkör között.

A kézimikrofonok és a zsebadók antennái a testhez közel, illetve azzal érintkezve sajnos elhangolódnak, és hatékonyságuk jelentősen lecsökken. A legrosszabb eset a bőrrel való közvetlen érintkezés. Csupán néhány milliméteres távolság fenntartásával is jelentősen javul a helyzet. Tehát az antenna hatékonysága nagyban függ a környezeti hatásoktól. Legjobb esetben 70%-os hatékonyság érhető el, ami a legrosszabb esetben 0,1%-ra is csökkenhet.

 Ennek értelmében, ne ragassa a zsebadókat közvetlenül a bőrre!

Vevőoldalon az antenna elhelyezését illetően nagyobb a szabadság. Itt nem fontos, hogy az antennák a lehető legkisebb méretűek és legkevésbé láthatóak legyenek, és itt az elhangolódás veszélye könnyebben kivédhető. A vezeték nélküli mikrofonok gömb-karakterisztikájú adóantennákat használnak. Az adóantenna minden irányban egyszerre bocsát ki RF jeleket. Vevőoldalon körsugárzó és irányított antennákat is használnak. A szakemberek az antennákat „emittereknek” is nevez-

hetik. A körsugárzó antennák nem rendelkeznek meghatározott irányítottsággal, míg az irányított antennák vagy az adást vagy a vételt részesítik előnyben. A körsugárzó és az irányított antennák közötti különbséget dB-ben fejezik ki. Műszaki leírásokban erősítésként is említik. Ha a dB érték elé egy „-” jelet tesznek, akkor az érték 1-nél kisebb, vagyis veszteséget jelöl. Ezek az értékek mindig egy olyan dipólus antennára vonatkoznak, mely nem rendelkezik irányítottsággal, vagyis körsugárzó. Az antenna erősítése 0 dB-ként van megadva, mely 1-es szorzótényezőnek felel meg.

Számos olyan helyzet van, amikor az irányított antenna használata az előnyösebb. Vezeték nélküli mikrofon rendszerek esetében, általában mérsékelt (kb. 3 dB-es) irányítottságot hoznak létre. Az irányítottságot (karakterisztikát) ún. iránykarakterisztika-diagramokon ábrázolják. Az „előre/hátra viszony” fontos jellemző. Azt mutatja, hogy egy irányított RF antenna a főirány mögötti térrészben sokkal kisebb térerősséget hoz létre. Az A 2003 előre/hátra viszonya kb. 13 dB. Ez azt jelenti, hogy a főirányban 3 dB-es erősítés, míg a főirány mögötti részből érkező RF komponensek esetén 10 dB-es csillapítás van érvényben. Ezt a szuper-kardioid karakterisztikájú mikrofonhoz lehetne hasonlítani. A legtöbb vevőantennát úgy tervezik, hogy frekvenciától függetlenül működjenek. Ez azt jelenti, hogy ezek az antennák a 450-950 MHz-es tartományon belül minden frekvenciát tudnak venni (világszerte ez a vezeték nélküli mikrofonokhoz leginkább használt tartomány).

1.

2.

3.

4.

5.

6.

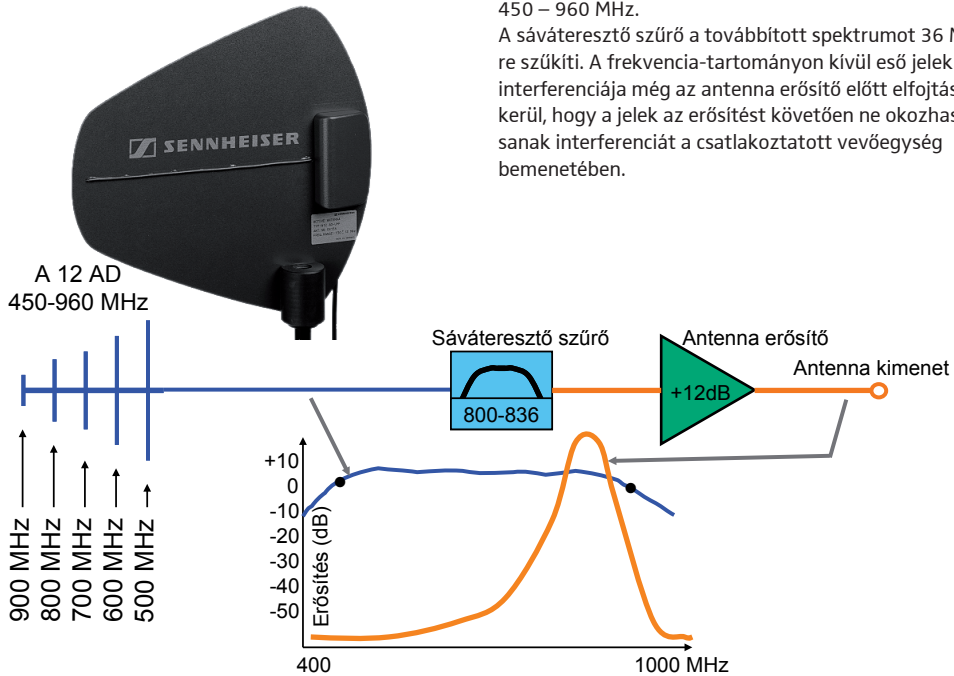
7.

8.

9.

10.

### Aktív antenna



Az antenna széles sáv tartományban veszi a jeleket: 450 – 960 MHz.

A sáváteresztő szűrő a továbbított spektrumot 36 MHz-re szűkíti. A frekvencia-tartományon kívül eső jelek interferenciája még az antenna erősítő előtt elfojtásra kerül, hogy a jelek az erősítést követően ne okozhassanak interferenciát a csatlakoztatott vevőegység bemenetében.

A vevőantennáknak megfelelő nagyságú térre van szükségük. Ha a vevőantennákat fémszerkezetek közelében állítják fel, tulajdonságaik megváltozhatnak, és pl. meghatározatlan karakterisztika alakulhat ki.

**i** Alapszabályként elmondható, hogy a vevőantennák és a fémszerkezetek között kb. 50 cm távolságot kell tartani.

Az aktív antenna olyan antenna, mely aktív elektromos komponenseket tartalmaz, hogy az érkező jeleket magasabb szintre erősítse. Ez az antenna típus saját áramforrást igényel (általában 10–18 V és max. 70 mA), mely a vevőegységből vagy az antenna elosztóból érkező RF kábelon keresztül biztosítható. A jó minőségű vevőantennák egy bemeneti szűrőt tartalmaznak, mely a teljes RF sáv - és így nemkívánatos frekvenciák száza - helyett csak egy frekvencia-tartományt továbbít (általában a 24-90 MHz közötti frekvenciákat). Az ezen tartományon kívül eső bemeneti jeleket a sáváteresztő szűrő csillapítja. A jel erősítésére csak ez után kerül sor.

### Antenna-erősítők

Az antenna-erősítők az antennához érkező RF feszültséget 10–20 dB-lel növelik. Feladatuk, hogy kompenzálják a csatlakoztatott kábelben várhatóan bekövetkező szintesést. Az RF antenna erősítők felépítése szigorú elvárásoknak kell, hogy megfeleljen, mivel természetesen mindenki azt várja, hogy a jel erősítése torzításmentesen történjen, az érkező jel szintjétől függetlenül.



Az alacsony feszültségekkel nincs gond, de ha egy színész túl közel jön a vevőantennához, és a bemeneti szintek elérik a 10–100 mV értéket, ezt a roppant magas szintet is erősíteni és továbbítani kell. Egyszerű

TV antenna-erősítők nem tudnak ezzel megbirkózni. Több-csatornás üzemmódban 20 vagy annál több jelet kell egyszerre továbbítani torzítás nélkül, attól függetlenül, hogy az érkező jelek gyengék, vagy nagyon erősek. Az antenna-erősítők linearitását illetően nagyon magasak az elvárások, ami viszonylag drágává teszi ezeket az eszközöket. A linearitás összehasonlítását szolgáló műszaki paraméter a metszési pont (IP - Intercept Point), mely dBm-ben kerül megadásra. Erre a bemeneti teljesítményre van szükség ahhoz, hogy egy erősítőt annyira túlvezéreljen, hogy a harmadrendű keresztmodulációs termékek (IP3) pontosan akkora erősségűek legyenek a kimenetnél, mint a vivőjel. A megadott érték a gyakorlatban sohasem fordul elő, ezért grafikusán, vagy számítás alapján kerül meghatározásra. A gyakorlatban az 1 dB-es kompressziós pontnak nagyobb jelentősége van. Ez az erősítőnél azt a kimenő feszültségértéket jelöli, mely 1 dB-lel kisebb mértékben növekedett, mint az a bemeneti feszültségben végbemenő növekedésből várható lenne.

A több-csatornás üzemmódra jellemző speciális szükségletek miatt egyedi eszközöket hoztak létre, melyek még a 20 dB feletti szinteket is képesek erősíteni. Az

antenna-erősítő alapjában véve szélessávú, és egy sáváteresztő-szűrő használatával korlátozott sáváteresztésre van hangolva. Vezeték nélküli mikrofonokkal ez rendszerint három vagy négy TV csatorna, mely 24, illetve 32 MHz-nek felel meg. Az ezen a tartományon kívül eső vételi jelek oly módon kerülnek csillapításra, hogy az elszigetelt frekvenciáknál található potenciális interferenciák ne juthassanak a kábelbe. Az antenna-erősítőket általában a gyárban állítják a kívánt frekvencia-tartományra. Az aktív antennákat rendszerint egy sáváteresztő-szűrővel látják el, így később egyéb tartományokra is állíthatók. Ez néhány percen belül, akár egyszerű eszközökkel (pl. csavarhúzóval) is elvégezhető.

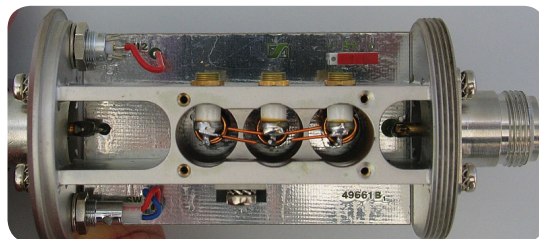
Típus	Kimeneti metszési pont - IM 3 (OIP 3) esetén, dBm-ben
A 12 AD	20
AB 3700	33
AB 1036-TV	22
AB 3	27

Az 1 dB-es kompressziós ponthoz vonjon le 10 dB-t!

#### AB 1036 antenna erősítő



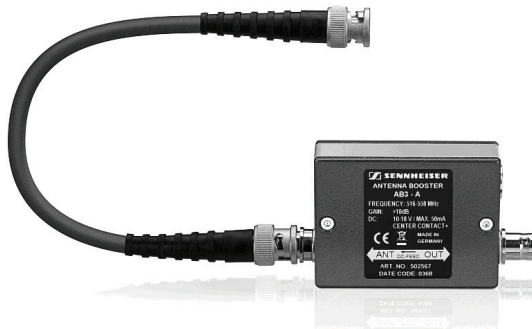
Az antenna erősítőnek műszakilag legalább ugyanolyan minőségűnek kell lennie, mint a csatlakoztatott vevőegységnek. A háznak biztos védelmet kell biztosítania az RF áthallás és az interferencia ellen. Az AB 1036 antenna erősítő - az évek hosszú sora alatt számtalan világszerte megvalósított telepítéssel a háta mögött - a vételi lánc bizonyítottan értékes kezdőpontja.



Az árnyékoló burkolat eltávolítását követően láthatóvá válik a hangolható sáváteresztő szűrő, mely a nagymértékben lineáris erősítővel együtt a lehető legjobb jelminőséget biztosítja, és biztonságot nyújt a keresztmodulációval szemben.

#### AB 3 antenna-erősítő

Az AB 3 modell az AB 1036 gazdaságosabb alternatívája. Az AB 3 csatlakoztatásakor fordítson figyelmet a jel irányára! Az áram a kábelben keresztül érkezik, és jelenlétét LED jelzi. A tápegységen keresztül egy - a kábelhez csatlakoztatott - második antenna erősítő táplálása lehetséges, pl. az antennánál (DC táplálás). Megjegyzés: gyári alapértelmezett beállítások szerint az evolution vezeték nélküli vevőegységek nem szolgáltatnak üzemi tápáramot a BNC csatlakozó felé, egy ASA 1 antenna elosztóra van szükség, vagy egy kisebb átalakítást kell végezni a vevőegységben.



1.

2.

3.

4.

5.

6.

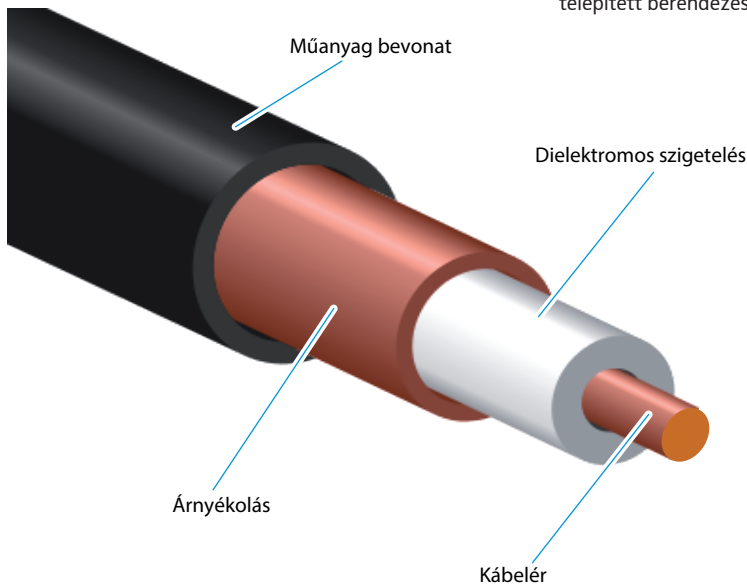
7.

8.

9.

10.

### A kábel működési elve



A kis veszteségű RG 58 egy érdekes kábelfajta, fixen telepített berendezésekhez.



**RG 58 C/U:**  
rugalmas kábelér  
Szigetelés: polietilén

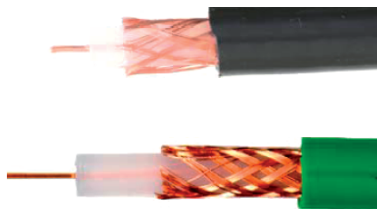


**RG 58/Low Loss:**  
merek kábelér  
Szigetelés: habosított PE

## Kábelek

A koaxiális kábeleket mindig az antenna vevőegységhez való csatlakoztatáshoz használják. Az ún. RG 58 egy tipikus szabványkábel, mely világszerte kedvező áron beszerezhető. A kábel átmérője kb. 7 mm, és 800 MHz-nél egy 10 m hosszú kábel kb. 6 dB-es jelcsillapodást eredményez. Hosszabb kábelek esetében számos alternatíva áll rendelkezésre, alacsonyabb veszteséggel. Hosszabb távolságok esetében a csillapítást beágyazott jelismétlővel (repeater) kell ellensúlyozni annak érdekében, hogy a jel jó állapotban érkezzon a vevőegységhez. A kis csillapítású kábelek meglehetősen drágák. Gyakran az jelenti a legegánsabb megoldást, ha a vevőegy-

séget közelebb viszi a helyszínhez. A vevőegység sok színházban a színpad mellett, az antennáktól csupán néhány méternyire helyezkedik el. A gyakorlat hamar beigazolja, hogy még a széles körben kapható, 75 ohmos impedanciával rendelkező, RG59 típusszámú RF kábel is működik ezeknél a nagyon rövid távolságoknál. Az impedancia-eltérés miatti további csillapítás kismértékű. Ebben a tekintetben a vevőegységek jobban viselkednek, mint a fülmonitor-rendszerek adóegységei. A videókábel nem alkalmas az UHF jelek számára, mivel az árnyékolás túl kevés védelmet biztosít.



**75  $\Omega$  Video kábel**  
Árnyékolás mértéke  $\leq 60\%$



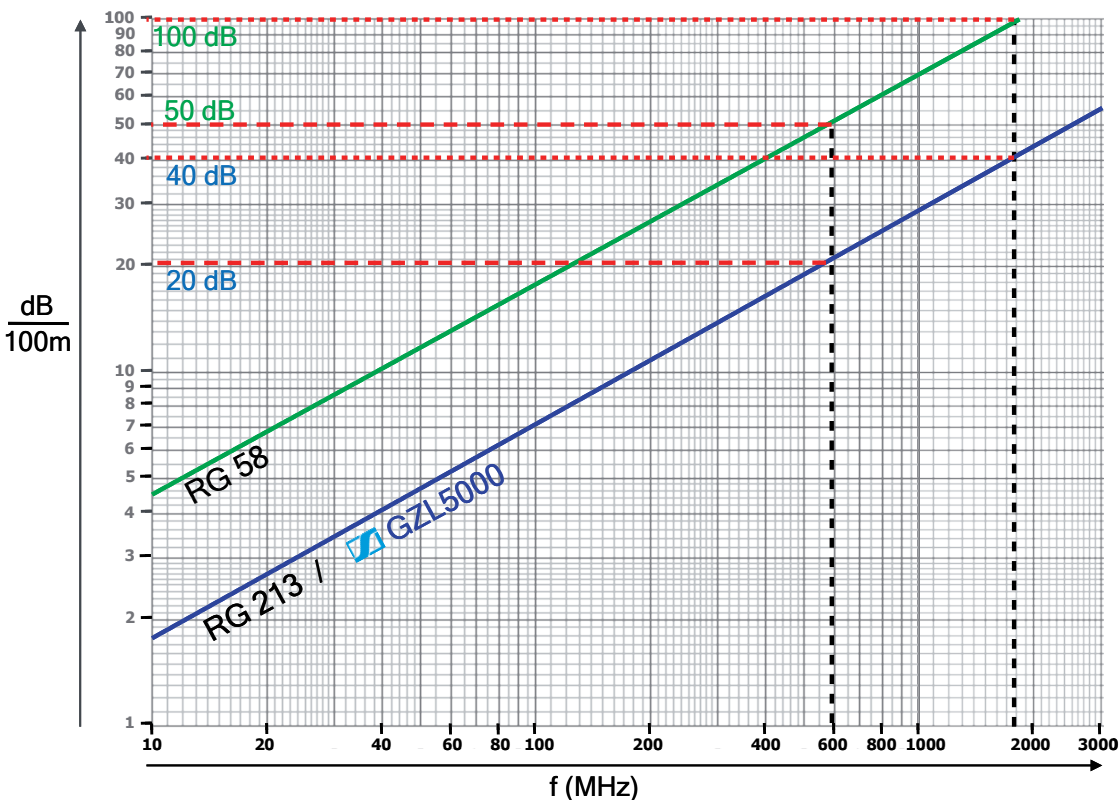
**75  $\Omega$  RF-kábel**  
Árnyékolás mértéke  $\geq 95\%$

A koaxiális kábelek nem teljesen áthatolhatatlanok az RF jelek számára. A kábelen kívül található RF jeleknek is hatásuk van. Az átlagos behatolás-csillapítás 60 dB körül van, a dupla, fonott árnyékolású, jó minőségű kábelek elérik a 80 dB-t is. Az antenna kábeleket röviden kell tartani. Mindig próbáljon meg jó helyet találni a vevő számára. Egy hosszú AF kábel (rendszerint többeres), jobb védelmet nyújt az interferenciával szemben, mint az RF kábel, és vesztesége is kisebb. Az RF csatlakozás rendszerint BNC csatlakozón keresztül valósul meg. A BNC egy világszerte elismert szabvány csatlakozó, nagyon jó rádiófrekvenciás jellemzőkkel. Egyéb szabvány csatlakozók is léteznek (pl. „N” vagy „LEMO”). A

csatlakozó választás nem annyira az elektromos beállításoktól, mint inkább a mechanikai és elhelyezési feltételektől függ. Mi a GZL 5000 használatát ajánljuk (a készen kapható hosszúságokban). Ha a kábel nem elég hosszú, BNC adapterek segítségével több kábel is összeilleszthető. A „CELLFLEX” kábeleket - melyeket a „normál” kábelek veszteségének tízedrésze jellemez (100 méterenként kb. 3 dB) - ritkán használják. Gyakori mozgatus esetén a koaxiális kábelek belső kopásra hajlamosak.

**i** Mobil alkalmazásokban használva a csillapítási jellemzőket évente legalább egyszer ellenőrizni kell.

### Kábel csillapítás



A grafikonról leolvasható, hogy a csillapítás mértéke általában a frekvencia növekedésével nő. 3 különböző kábel típus viselkedését mutatjuk be. A megadott csillapítás 100 m-es kábelhosszra vonatkozik. 10 m-es kábelhossz esetén ossza a dB értéket 10-zel! Minél kisebb a csillapítás, annál vastagabb a kábel és annál magasabb az ár.

Az ábrán az látható, hogy egy 100 m hosszú RG 58 kábel esetében 600 MHz-nél 50 dB csillapításra lehet számítani. Az újabb típusú GZL 5000 ugyanakkora átmérővel rendelkezik, mint az RG 58, és ugyanakkora csillapítás jellemzi, mint a vastagabb (kb. 11 mm átmérőjű) RG 213 típusú kábelt. Sajnos drága precíziós eszközök használatával lehet

csak csatlakozót rögzíteni a GZL5000 kábelre, így rendszerint mindenki a készen kapható szabvány hosszúságú (5 m, 10 m és 20 m) kábelekre szorítkozik. A kis csillapítású, speciális kábelek (pl. Air Cell) használatakor kerülje a kábel éles ívben történő meghajlítását!

1.

2.

3.

4.

5.

6.

7.

8.

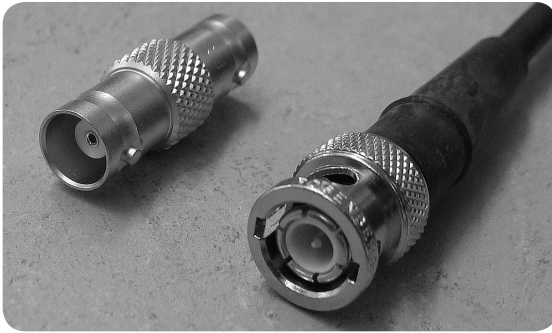
9.

10.



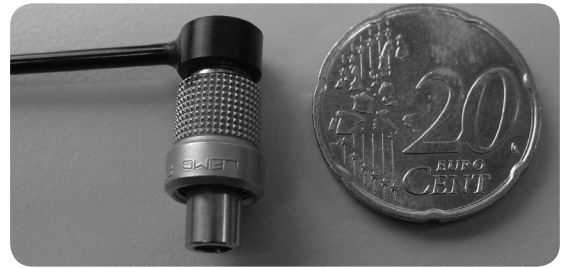
### BNC

Kiváló minőségű BNC csatlakozó és egyéb csatlakozódugók.



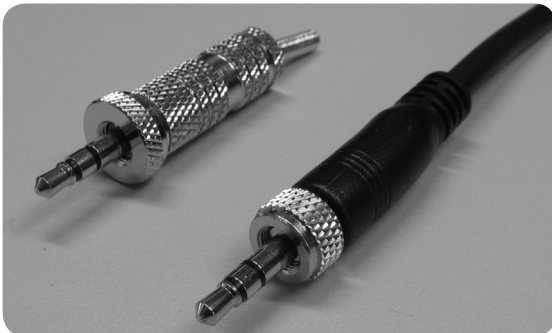
### BNC N

N csatlakozó, RG213 kábellel (összehasonlításképpen egy BNC csatlakozó mellett). Bár jelentősen nagyobb méretűek, az N csatlakozók nem sokkal masszívabbak és egyre kevésbé használatosak. A BNC kábelek mindig papa csatlakozóval végződnek és adapterekkel kapcsolhatók össze. Az N kábeleket papa és mama csatlakozókkal is szerelik, így nincs szükség plusz adapterre.



### LEMO 00 RF

LEMO 00 RF csatlakozó, ebben az esetben egy derékszögű változat. Megbízhatóságuk miatt a zsebadókon és -vevőkön ezeket, a típusokat szeretik használni. RF alkalmazásokhoz koaxiális kivitelben. A csíptetős mikrofonból érkező AF jelekhez használva ugyanígy néz ki a csatlakozó, csak az össze-teveszthetőség kivédése érdekében három érintkezővel van ellátva. A csatlakozóhüvelyen található speciális orr megakadályozza, hogy a kábelek összekeverése esetén érintkezési probléma lépjen fel. Ne felejtse el szorosan a helyére a csavarni, máskülönben jelátvitel közben pattogás léphet fel.



### 3,5 mm-es TRS csatlakozó

3,5 mm-es, csavaros TRS (mini-jack) csatlakozó, ew zsebadók audio bemenetéhez. Az öntött változat már több mint 10 éve megbízhatóan működik. Fent balra, egy műanyagbevonat nélküli csatlakozó látható, melyet utólagosan lehet a kívánt bevonattal ellátni.



## Antenna-elosztók

Több-csatornás üzemmódnál csaknem mindig antenna-elosztó rendszereket használnak. Ezek az antenna-elosztók lényegüket tekintve egy áramkörtí kártyán speciálisan létrehozott jelutak, kapacitív csatolással. Ezeket több jel egyetlen kábelben történő egyesítésére is használják (az irány megfordításával).

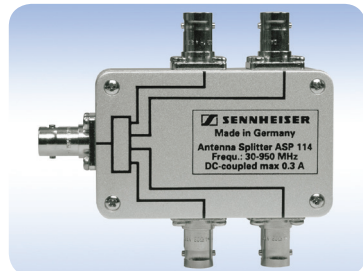
### Antenna-elosztó jelvesztése

Elosztó 1 : 2 ASP 212 - 4 dB

Elosztó 1 : 3 ASP 113 - 7 dB

Elosztó 1 : 4 ASP 114 - 8 dB

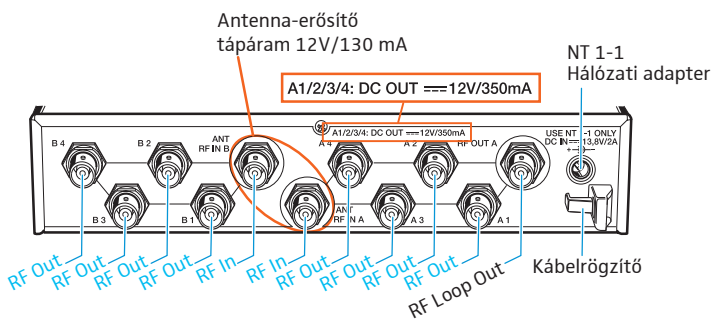
A beérkező RF energia egyenlően oszlik meg a kimenetek között. Természetesen minden egyes kimenetnél csak az adott kimenetre vonatkozó hányad áll rendelkezésre.



### ASP 114

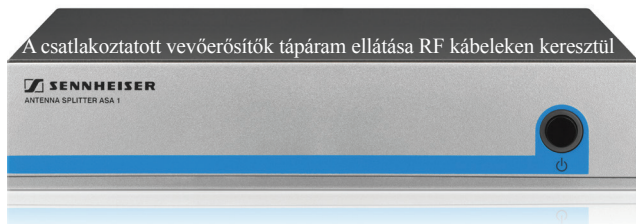
RF antenna elosztó, egyetlen bemenettel 4 kimenethez. A jel szintje minden egyes kimenetnél 8 dB-lel csökken, akkor is, ha nem minden kimenet van használatban. A vissz irányú antenna erősítő tápáram ellátása is ezen keresztül történik, a beépített fojtótekercesnek köszönhetően.

### Antenna-elosztó (2x1 bemenet 4-4 kimenethez).



### ASA 3000

ASA 3000 aktív antenna-elosztó, 2x1 bemenettel 8-8 kimenethez, elosztási csillapítás korrekcióval. Ez azt jelenti, hogy ha 100  $\mu\text{V}$  érkezik a bemenethez, minden egyes kimenetnél 100  $\mu\text{V}$  lesz. Az ábrán az előlap és a hátlap, valamint a bementi rész kinagyított képe látható.

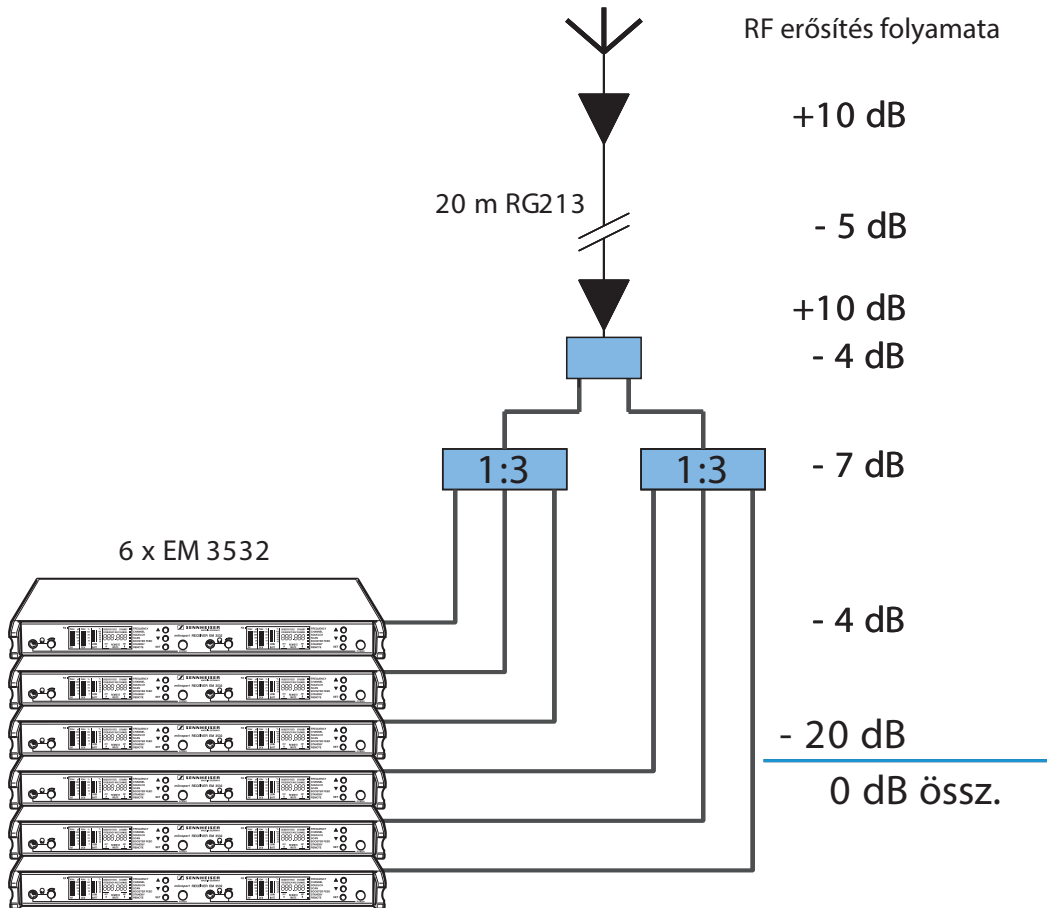


A csatlakoztatott vevőerősítők tápáram ellátása RF kábeleken keresztül

A diversity vevőknek két térben elkülönülő antenna (A és B) jeleire van szükségük. Az antenna-erősítők áramellátása a BNC bemeneteken keresztül történik, míg az RF csatlakozásokon keresztül max. 4

vevőegység közös tápáram ellátására van lehetőség. Az Out A BNC kimenet teszi lehetővé, melynek segítségével egy 8-csatornás rendszer hozható létre.

Antenna-elosztó (2x1 bemenet 4-4 kimenethez).

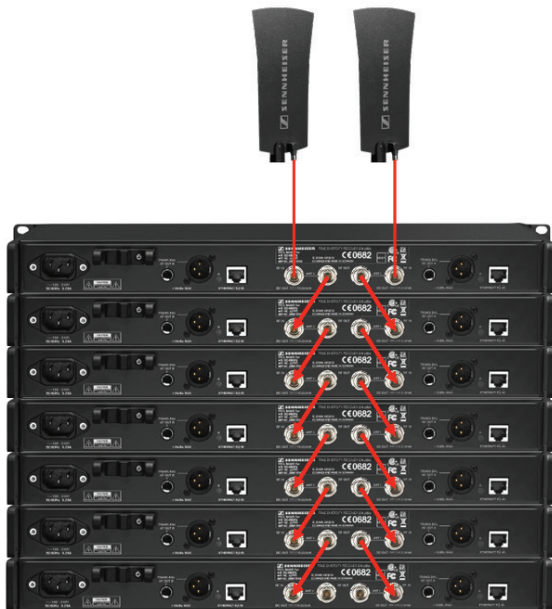


12-csatornás rendszer, 20 m hosszú antenna-kábel-  
lel és antenna-elosztó hálózattal. Minden egyes iker  
vevőegység rendelkezik egy beépített 2 utas antenna  
elosztóval. Ez 4 dB-es csillapítást eredményez, mellyel

számolni kell.  
Diversity vétel esetén az egész összeállítást duplázni  
kell. Itt csak egyetlen RF jelutató mutatunk be, mivel a  
másik ugyanígy néz ki.

Lánca fűzött antenna-erősítők használata esetén  
elégcsés csillapításnak kell lennie az első kimenete  
és a második bemenete között. A legjobb esetben  
ez közvetlenül az erősítés értékének felel meg, más-  
különbben lehet, hogy az első antenna erősítőben  
túlvezérlés, vagy a másodikban keresztmoduláció

lép fel. Azt is biztosítani kell, hogy a második  
antenna erősítőből a tápáram eljusson az elsőig  
(DC-táplálás). Ha egy antenna-erősítő áramjelző  
LED-e nem világít, az erősítés helyett 30–40 dB-es  
csillapítással számolhat!



Az EM 2050 iker vevőegységek integrált aktív antenna elosztóval rendelkeznek. A beérkező RF jel csillapítás nélkül jut a BNC kimenethez. Így jól átlátható kábelkiosztással és rövid jelutakkal akár 14 db vezeték nélküli mikrofon vevőegység is csatlakoztatható, külső antenna-elosztó és -erősítők használata nélkül. Nem tanácsos több vevőegység sorba kötése, mert még a kismértékű (pl. 1,5 dB-es) egyéni eltérések is kedvezőtlenül összeadódnak, ami azt eredményezheti, hogy az RF bemeneti feszültség a kellenél kevesebb, vagy a sorban utolsó vevőegységeknél a kellenél több lesz.



A golfversenyeket több négyzetkilométeres területeken rendezik. Ez a golfautó hordozza a vezeték nélküli mikrofonok vevőegységét, az összes többi vevőegységgel és a keverővel együtt. Az összegzett jelet egy 3-Wattos adóegység küldi a közvetítőkocsi felé. Az aktív antennákat műanyag zsákba bújtatva védik az időjárás ellen.

Foto: Scott Nickerson

1.

2.

3.

4.

5.

6.

7.

8.

9.

10.



A kamera vevőegységeknek a sajtótájékoztatókon meg kell küzdeniük a digitális kézikamerák és a konkurens csapatok által keltett interferenciával. Mivel akár 30 db összehangolatlan vezeték nélküli mikrofont is használnak egyetlen helyiségben, a zavaró jelekkel szembeni legmagasabb szintű védettségre van szükség.

Egy torontói színházban egy tartósan beépített, 64-csatornás EM 1046 & SK 50 rendszert használnak. A mindössze 4-csatornás fülmonitor rendszer sokkal szerényebb.



A választási rendezvényeken akár 500 RF frekvenciát is használhatnak. Ilyen dinamikus RF spektrum mellett elképesztő, hogy mégis mennyire biztonságosan működik az átvitel.



Egy workshop keretében mutatják be, hogy milyen lehetőségeket kínál a Wireless Systems Manager vezérlő szoftver a vezeték nélküli mikrofonok és fülmonitor rendszerek számára.



A Düsseldorfban megrendezett Eurovíziós Dalverseny számára 80 csatornát készítettek elő. A képen a vevő- és adórendszereket tartalmazó összeállítás látható. Évek óta a számítógépes vezérlés az általánosan használt módszer, még kisebb igényeket támaztó összeállítások esetében is.

## 5. Vevőegységek

### Alapvető ismeretek

- Keresztmoduláció kiküszöbölése, zavaró jelekkel szembeni nagyfokú védettség, stabil blokkolási képesség, valamint mechanikai és elektronikai stabilitás - ezek a vevőegység technológia alapkövei.
- A vételi minőség az interferenciával szembeni tűrőképességgel mérhető.
- A True Diversity a legmegbízhatóbb vételi technika.
- A konstrukció védi az érzékeny áramköröket az RF áthallással szemben.
- A hálózati csatlakoztathatóságnak köszönhetően a vevőegység működése kívülről is ellenőrizhető, illetve vezérelhető.
- Mikroprocesszorok vizsgálják a vételi tartományt a lehetséges interferenciákat illetően, és javaslatokat tesznek a használható frekvenciára vonatkozóan.
- Az AF kimenetek esetében a legjobb zaj elleni védettséget a transzformátor-szimmetrizált audio kimenettel rendelkező modellek biztosítják.
- Az antenna erősítőket a vevőegység látja el tápárammal, az RF kábelen és a BNC koaxiális bemeneten keresztül (kivéve az ew rendszerek esetében, ahol a tápáram az ASA 1 antenna elosztóból érkezik. De ez még az antenna erősítőhöz is eljut az antenna kábelen keresztül) a DC és az RF jel együttes továbbításával.

### Alaptételek

A vezeték nélküli lánc vevőegysége úgy működik, mint egy FM tuner. Számos követelmény megegyezik: a vevőegységnek is át kell alakítania a beérkező

RF jelet hallható audio jellé, a lehető legjobb minőségben. A többi feladatot illetően a vevőegységekkel szemben - az otthoni rádiókhoz képest - magasabbak a követelmények.

A vezeték nélküli mikrofon vevőegységeknek több dinamikus helyzetet kell kezelniük. A nappalival ellentétben a színpadi körülmények gyakran változnak. Ez a térorösség nagymértékű ingadozásához vezethet, melyet a vevőegységnek speciális RF áramkörrel kell kompenzálnia. A gyakorlatban ez a következőképpen működik: csupán öt mikrovoltos ( $\mu\text{V}$ : a Volt milliomod része) antenna bemeneti feszültség mellett, az audio kimenet jel-zaj viszonya 80 dB-es kiváló szintet ér el. Ha a művészek az adóegységeikkel közel mennek az antennához, a bemeneti feszültség gyorsan megnövekszik, és akár 100 000  $\mu\text{V}$ -os értékek előfordulása is lehetséges. Az ilyen hatalmas értékek hallható zajt okoznak.

Különösen kritikus helyzet áll elő, ha egy művész kézimikrofonja vagy zsebadója közel kerül egy fülmonitor vevőegységhez. Ezeknek az eszközöknek már elég nagy a közelsége. A legrosszabb esetben ez blokkoláshoz vezet (ld. 6. fejezet). A fülmonitor „hatályaon kívül helyezésre” kerül. A vezeték nélküli kapcsolat vevőegységével szemben ez két fontos követelményt támaszt:

1. Képesnek kell lennie extrém RF szint ingadozások kezelésére, még hozzá hallható zaj nélkül. Más szavakkal, nagy dinamika-tartománnyal kell rendelkeznie.
2. Megbízhatóan kell működnie erős interferenciás környezetben is, amikor a frekvenciából csak néhány 100 kHz kerül vételre.



Több-csatornás működéshez tervezett EM 3732 iker diversity vevőegység, digitális audio jelfeldolgozással, és egy Ethernet interfésszel, hálózati csatlakoztatáshoz.

1.

2.

3.

4.

5.

6.

7.

8.

9.

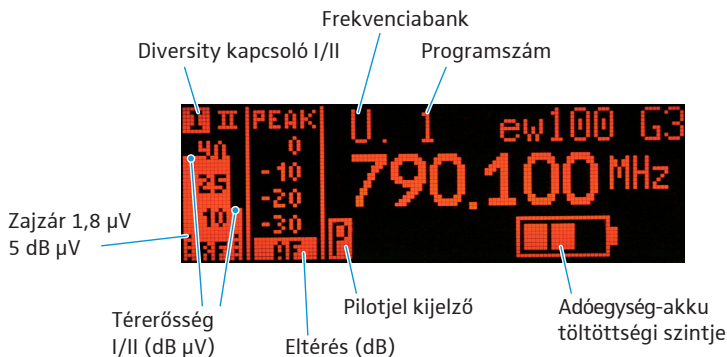
10.

## A kijelző értékes információkkal szolgál

Az „RF” max. 100  $\mu\text{V}$ -ig mutatja a térerősséget, ami 40 dB $\mu\text{V}$ -nak felel meg. 10 dB $\mu\text{V}$  --> 3  $\mu\text{V}$  és 20 dB $\mu\text{V}$  --> 10  $\mu\text{V}$ . A képen látható kijelző modelltől és gyártótól függően kis mértékben eltérő lehet. Ebben az esetben a kijelző az I / II diversity bemenet értékeit külön jeleníti meg. Gyakran látható információ az IM3 mentes csatornabankra és az éppen kiválasztott, gyárilag programozott frekvenciára vonatkozóan. Az „U” a felhasználó által megadott frekvenciákat jelöli.

ciákat jelöli.

A „AF” az RF átvitel audio szintjére vonatkozóan nyújt információt. Az FM jel eltérése az audio jel expanziója (1:2) előtt kerül kijelzésre. A „Peak” az audio jel túlvezérlését jelzi (-6 dB jelszinttől indulva).



## A rendszer bekapcsolása

**!** Az adóegység bekapcsolása előtt először kapcsolja be a vevőegységet, és vessen egy pillantást a térerősségre! Ha nem kerül kijelzésre jel, akkor a frekvencia mentes lesz:

1. a külső (pl. TV-ből eredő) interferenciától, vagy a digitális eszközök harmonikus frekvenciáitól;
2. az egyéb vezeték nélküli mikrofonok vagy fülmórtor rendszerek jeladói által keltett interferenciától.

Természetesen ez csak az adott pillanatban igaz. A hirtelen megjelenő interferenciától csak akkor van biztonságban, ha az átviteli jel erősebb.

Egy kölcsönző cég alkalmazottja különleges megoldást javasol. A példa egy kiállítócsarnokból való, ahol több különböző kiállító állított ki különböző standokon. „Az első dolog, amit teszünk, hogy az összes vezeték nélküli mikrofon-adóegységünket bekapcsoljuk, így mindenki láthatja, hogy mely frekvenciákat használjuk.

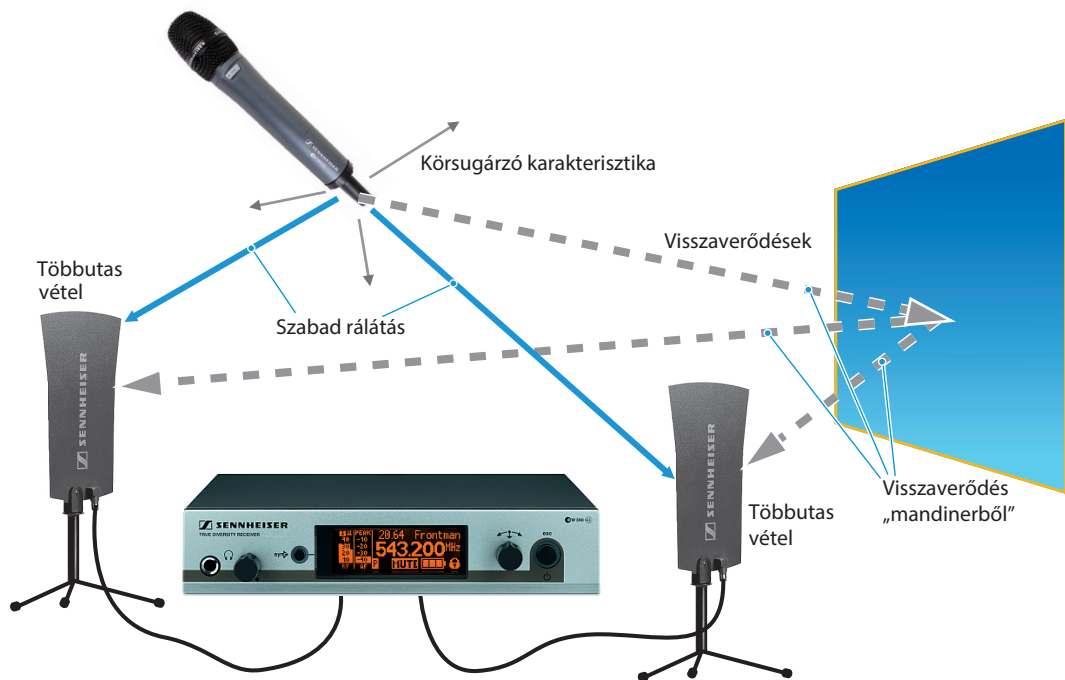
A többieknek csak új frekvenciákat kell keresniük. Ezt követően kevesebb dolgonk lesz az adó- és vevőegységek újrakonfigurálásával.”

## True Diversity

Az UHF tartományban történő vezeték nélküli vétel az 500 MHz és a feletti frekvencia-tartományra jellemző nagyfokú visszaverődési hajlamot használja ki. Mivel a térbeli kapcsolatok nem statikusak, a vételi szintek a másodperc törtrésze alatt is drasztikusan megváltozhatnak: A vevőegység az antennájával a legkülönbözőbb irányokból érkező visszaverődések vibráló keverékét „látja”. Ezt nevezzük „RF kódnek”. Mivel egyszerre több irányból is folyamatosan érkeznek jelek a vevőegységhez, az egymáshoz képest 180°-os fáziseltolással rendelkező (ellentétes fázisú) jelek szuperpozíciójából adódóan jelentős jelgyengülés (fading) léphet fel.

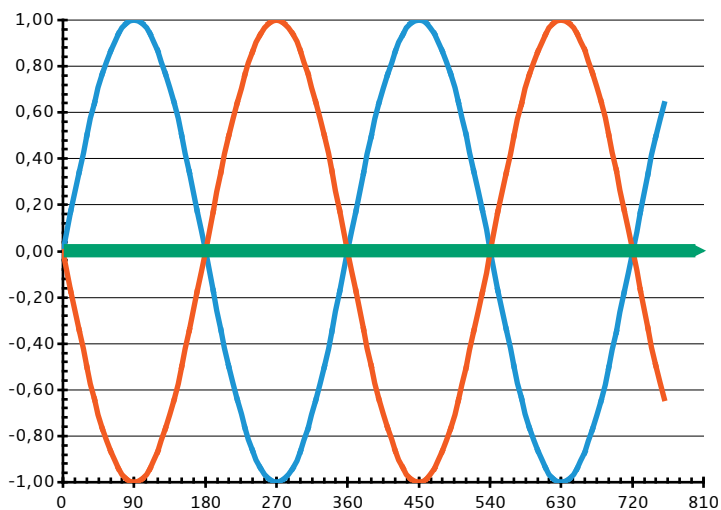
**i** Ez a többutas vétel csak úgy kerülhető el, ha egy alternatív vételi jelutat létesít, egy másik helyen elhelyezett második antenna használatával. Az antennák közötti távolság legalább az RF hullámhossz ¼ része legyen, de még jobb, ha ez több méter.

## A True Diversity technológia kivédi a többutas vételből eredő jelkimaradásokat



Ha jelkioltás miatt jelkimaradás történik, a vevőegység reagál (még mielőtt hallható lenne): gyorsan és halkán az erősebb jellel rendelkező antennához kapcsol.

## Interferencia



Ha két azonos frekvenciájú hullám találkozik 180°-os fáziseltolással az antennánál, a kék és piros szinuszhullám összege a zöld vonalat adja, melynek értéke mindig nulla. Mindkét hullám egyszerre keresztezi a nullvonalat, és csúcsertékük kioltja egymást. A feszültségek összeadásával az antennában nullfeszültségek jönnek létre. Teljes mértékű jelkioltás történik, és a vevőegység bemenetéhez nem érkezik RF jel.

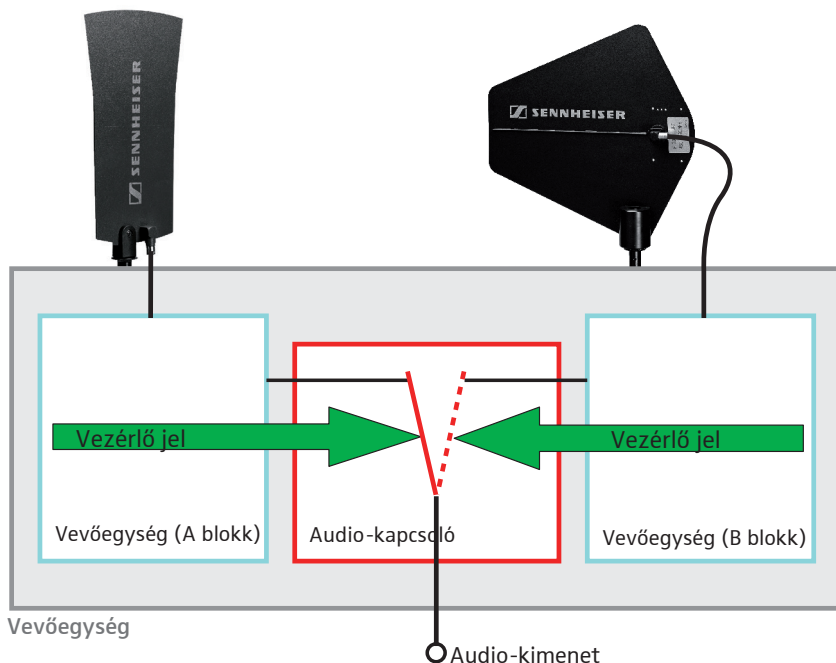
A vevőegység olyan technológiával van felszerelve, mely képes oda-vissza kapcsolni két azonos felépítésű, egyazon házban elhelyezkedő vevőegység-blokk között. Csak a jobb RF jellel rendelkező vevőegység jelei jutnak el a kimenethez. A kijelzőn ezt I vagy II jelzés jelöli (más vevőegységeken A vagy B). A vevőegységeket alapvetően duplán építik meg (vagyis: két azonos RF vevőegység blokkal rendelkeznek). A blokkok azonos frekvencián veszik a jeleket és egy gyorskapcsoló (összehasonlító) dönti el, hogy melyik jel kerüljön továbbításra a vevőegység kimenetéhez. Az antennaváltás már akkor is megtörténik, ha csupán 10%-kal jobb a másik jel. Az áramkör másodpercenként akár 1000-szer is képes a vevőegység blokkok között halkan váltani. A kimenetnél természetesen nem hallható kapcsolási zaj.

A „True Diversity” névre hallgató dupla vevőegység felépítés mutatkozik „a” professzionális megoldásnak az UHF tartományban történő többutas vétel során jelentkező jelkimaradások kompenzálására.

Ezt a felépítési módot használják minden csúcsmínőségű rendszerben. „Dual Antenna Diversity” technológia a fentiek leegyszerűsített változatának tekinthető: Egy elektronikus kapcsoló oda-vissza kapcsol a két antenna között, de csak egyetlen vevőegység értékeli ki az eredményeket. A rendszer a térerősség változás sajátos viselkedési mintája alapján előrejelzi, hogy melyik jel lesz erősebb. Ez a módszer elfogadható eredményekkel szolgál. Mindamellett gyenge RF feszültségek esetén ez a módszer alatta marad a True Diversity technika eredményességének, ami az átviteli biztonságot és a kapcsolási zaj teljes hiányát illeti (viszont nagyon hasznos lehet ott, ahol nagyon kicsi, zsebméretű vevőegységekre van szükség).

Az átviteli biztonság egyik fontos előfeltétele a vevőantenna jól átgondolt elhelyezése. Egy rendszer összeállításánál azt a célt kell kitűznünk, hogy a vevőantennánál a jelerősség változás mértékét korlátozzuk. 100  $\mu$ V tekinthető a „jó jel” alsó határértékének. A kívánt tartomány felső határértéke kb.

### True Diversity



Az RF jel útja az antennától a vevőegység bemenetekhez vezet. Középfrekvenciává alakítást követően egy diversity összehasonlító áramkörbe jutnak, mely az audio kapcsolót vezérli. A rendszer a gyengébb jelet figyelmen kívül hagyja.



10 000  $\mu\text{V}$  = 10 millivolt. Ez egy 40 dB-es ingadozási tartomány, ami 100-as tényezőnek felel meg.

10 millivolt felett megnő a „keresztmodulációs stressz” kockázata. Ez „ciripelést” okoz, melynek előfordulása annál valószínűbb, minél több vezeték nélküli mikrofont használnak az antenna közvetlen közelében.

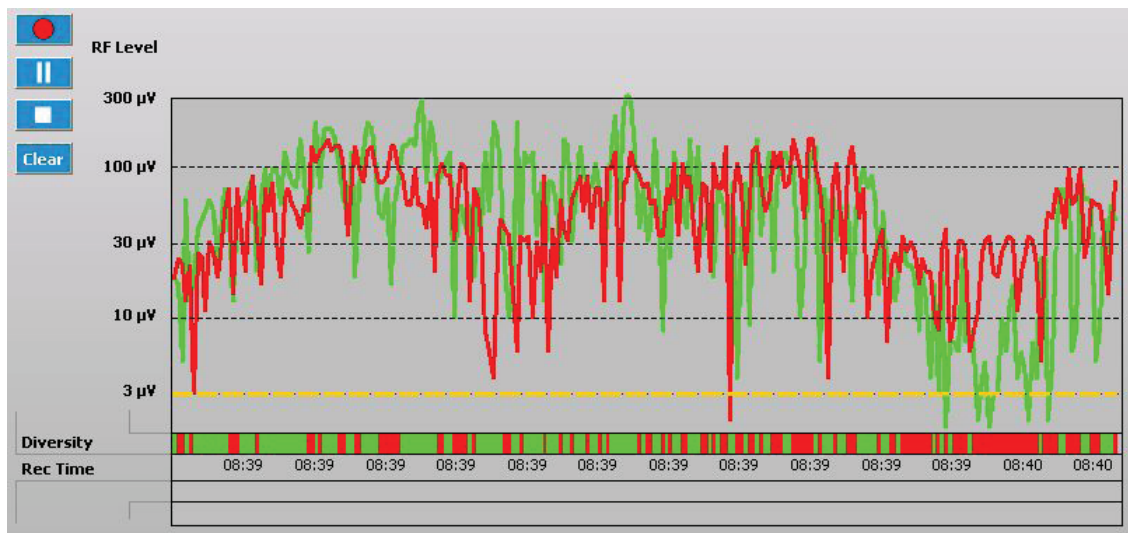
**i** Két bizonyítottan sikeres alapszabály:

- Úgy helyezze el az antennát, hogy egy művész se közelítse meg kb. 4 méternél jobban.
- Először is menjen fel a színpadra, és az adó-egységgel a kezében menjen körbe, az összes lehetséges helyet érintve!

Ha a diversity rendszer kapcsolási áramköre gyakran működésbe lép, miközben körbejár, akkor a vevőegység azt jelzi, hogy az antennák jó helyen vannak. Ha ritkán, vagy egyáltalán nem történik átkapcsolás, akkor valószínűleg valamilyen probléma van:

- A vezeték nélküli mikrofon, vagy egy vevőantenna RF árnyékban van.
- Rossz áteresztő sávval működtet egy aktív antennát (ld. 4.o.).
- Az antenna-erősítő nem kap üzemi feszültséget, vagy rossz frekvencia-tartományban működik.
- Az egyik antenna-kábel, vagy csatlakozó hibás.

### WSM RF-szint rögzítő



A WSM szoftver RF Level Recorder funkciója ennél a teszt esetenél egy percen át rögzíti a vevőegység I/II bemeneténél tapasztalható térerősség-ingadozásokat – tipikusan ezt eredményezi a színpadon való átsétálás. Tisztán láthatók a többutas vétel okozta dinamikai viszonyok. Normális ingadozás: a 3  $\mu\text{V}$  alatti szinttől akár 300  $\mu\text{V}$ -t meghaladó szintig. A True Diversity technológia pár milliszekundum alatt az erősebb jelre kapcsol, és megelőzi a sziszegő zajt. A 3  $\mu\text{V}$ -nál látható sárga vonal a zajzár küszöbértéket jelöli. A piros-zöld sáv egyértelművé teszi a kapcsolási összefüggéseket.

1.

2.

3.

4.

5.

6.

7.

8.

9.

10.

## A zajzár beállítása



A zajzár küszöbérték rendszerint alacsonyra van állítva. A beállítást a RF szintjelzőn is kijelzésre kerül, pontozott vonalak formájában. A pilotjel vezérelt zajzárral rendelkező eszközök esetében ellenőrizze, hogy az adóegységben is be van-e kapcsolva a funkció!

Ez a rádió-kommunikációból vett szakkifejezés azt a jelenséget fejezi ki, amikor az audio jel az RF jel túl alacsony szintje miatt elfojtásra kerül. Egy kikapcsolt zajzárral rendelkező vevőegység magas hangerőnél zajt bocsát ki, ha nem érkezik jel. Ugyanez a helyzet az FM rádiónál is. Ha a tuner egy állomások közötti frekvenciára, ún. „senki földjére” van állítva, a rádió zajt bocsát ki, hacsak a „némítás”, vagy a „zajzár” funkció be nincs kapcsolva.

Ha nincs jelen RF jel és a zajzár ki van kapcsolva, a vevőegység kimeneténél jelentkező zaj elérheti a +18 dBu (6,2 V!) szintet is. PA rendszeren keresztül történő erősítésnél fennáll a hangszórók károsodásának veszélye, nem is beszélve a jelenlévők, vagy akár a közönség halláskárosodásának veszélyéről. A helyesen beállított zajzár megelőzi ezt a kellemetlenséget. Sok eszközt 5 dB  $\mu$ V (alacsony) gyárilag beállított biztonsági zajzár küszöbvel hoznak forgalomba, mely könnyen kikapcsolható. Ha jelentős mértékű az interferenciát okozó zaj, érdemes a zajzár küszöbértéket magasabbra állítani. A zajzár küszöbértéket sok eszköznél fokozatos átmenettel, míg más eszközöknél lépésenként lehet állítani. Az evolution vezeték nélküli rendszerek három pozíciót kínálnak: magas (25 dB $\mu$ V) – közepes (15 dB $\mu$ V) – alacsony (5 dB $\mu$ V).

A zajzár küszöbérték beállításánál hibás a „minél nagyobb, annál jobb” megközelítés. A beállítás azt a térorösség értéket határozza meg, mely alatt a mikrofon jeleket kivágják. Ha túl magas a beállított zajzár küszöbérték, „lyukak” keletkezhetnek a jelátvitelben. Ez kezelési hiba. Ha kétség merül fel, a zajzár küszöbértéket a következő helyzetekben kell szabályozni:

- ha a vevőegység új helyre kerül;
- ha a vevőegységet előzőleg valaki más használta.

A zajzár küszöbérték beállítása:

1. Kapcsolja ki az adóegységet!
2. Tekerje le a hangerőt és csatlakoztassa a fejhallgatót a vevőegységhez, vagy a keverőhöz, és hallgassa a vevőegység kimeneti jeleit!
3. Csökkentse a zajzár küszöbértéket, amíg a vevőegység zaj hallható nem lesz.
4. Növelje a zajzár küszöbértéket, amíg az éppen olyan magas nem lesz, hogy el tudja nyomni a zajt. Ezt a beállítást így kell hagyni, hogy a vevőegység semmilyen okból se veszítsen érzékenységből.

A vevőegység érzékenysége a kiválasztott küszöbértékig csökken. Ennek a helyzetnek az optimalizálása érdekében számos modellt szerelnek fel pilotjel-vezérelt zajzárral. Az audio jelet egy nem hallható 32 kHz-es (és egy 2 kHz-es eltéréssű) tesztjellel keverik. Amikor hiányzik a tesztjel, a vevőegység kimenet némítva marad. Több-csatornás üzemmódban ez plusz védelmet nyújt az IM interferenciával szemben is, mivel ennek az interferenciának a térorössége akkor is túllépheti a vevőegység zajzár küszöbértékét, ha az adóegység nem sugároz az adott frekvencián.

### Egy példa:

Egy 16-csatornás rendszerben az összes vevőegységet pilotjel-vezérelt zajzár használata nélkül kapcsolják be. 12 adóegység van használatban. A maradék négy vevőegységet zajzár némítja el, mivel bemeneteikhez túl alacsony RF szintű jelek érkezik. Mindamellet ezek venni tudják a 12 aktív adóegységből érkező keresztmodulációs termékeket, és interferenciát okozó zajjal tudják zavarni az előadást. A pilotjel-vezérelt zajzár kivédi ezt a kockázatot.

Természetesen ugyanezt a hatást érni el, ha egyszerűen kikapcsolnánk azokat a vevőegységeket, amelyekhez nem érkezik adóegység jel, de ezt gyakran elfelejtjük.

## Kompander használata a jel-zaj viszony javítása érdekében

A „kompander” kifejezés a „kompresszor” és az „expander” összevonásával jött létre. A mikrofon jel dinamika-tartománya az adóegységben tömörítésre kerül, majd a jel a vevőegységben az expanszió útján visszanyeri eredeti állapotát. Ez a technika évek óta ismert és a legtöbb modern vezeték nélküli mikrofon-rendszerben alkalmazott. A szélessávú kompanderek általánosabban elterjedtek, mivel a többsávú egységekhez képest viszonylag kevés energiát fogyasztanak, ami az elemmel működő adóegységek miatt mindig fontos szempont.

### Miért van szükség a kompanderekre?

A kompanderekre az RF átvitelre vonatkozó törvény által engedélyezett maximális sávszélesség és az ilyen feltételek mellett elérhető gyenge jel-zaj viszony közötti kapcsolat miatt van szükség. Kedvező feltételek esetén a vevőegység kimeneténél kompander nélkül kb. 70 dB-es jel-zaj viszony érhető el. Kedvezőtlen vételi feltételek és további óvatos erősítés szabályzás mellett a jel-zaj viszony elégtelen szintre csökken. Az átviteli láncra vonatkozó további korlátozások esetén erre mindig számítani kell (ld. 2. fejezet: Kompander).

Az átviteli láncban jelentkező torlódás a dinamika-tartomány tömörítésével és expansziójával kerülhető ki. Az átviteli rendszerben max. 120 dB jel-zaj viszony (S/N) érhető el. Elméletben a kezdeti 70 dB duplája érhető el, mivel a tömörítési faktor 2. A gyakorlatban némi tartalékról is kell gondoskodni, és a valódi érték valahol 70 és 90 dB között van. Ha túl magas a környező zaj a TV stúdióban (az AC, köd gép, stb. miatt), vagy egy koncert során a színpadon, a jel-zaj viszony sokkal alacsonyabb lesz.

A vezeték nélküli mikrofonokhoz való szélessávú kompander rendszerek hosszú ideig viszonylag magas mélyfrekvencia vágással rendelkeztek (70 Hz), 18 dB/oktávós szűrő meredekség mellett. Beszédhang esetén ez egy praktikus tulajdonság, mivel nem kerül továbbításra az alacsony-frekvenciás popzaj és szélzaj. Mindamelllett zenei jelek továbbításánál ez korlátozást jelent. 70 Hz-es vágási frekvencia alkalmazásával a basszusgitár mélyebb hangtartománya veszít erőteljességéből. Az újabb rendszerekben tökéletesítették ezt a jellemzőt. Ma már az öthúros elektromos basszusgitár H húrjának hangja (csupán 32 Hz-nél) is olyan erőteljesen kerül továbbításra, hogy a vezeték nélküli átvitel a basszusgitárosok körében is jelentősen

megnőtt.

A kompander alkalmazásának egy jól ismert nemkívánatos mellékhatása a túl alacsony szintű vezeték nélküli kapcsolat esetén jelentkező zajmoduláció. A HDX eljárásnak köszönhetően ez a mellékhatás nagymértékben háttérbe szorítható. Az erős felhangokban gazdag cintányérok és csörgődobok hozzáadása nem okoz többé fejfájást.

### Kérdések a Sennheiser HDX kompander technológia kifejlesztőjéhez

1. Melyek az alapvető sajátos jellemzők?  
Az összes frekvencia elő-kiemelés és utó-elnyomás a kompresszor/expander láncon kívül megy végbe, így a szabályozási eljárás ténylegesen a továbbított jel spektrális összetételéhez igazítható. Ráadásul a kiemelés csökkenti az RF jelút saját zaját.  
Az áramkör speciális jellemzői elnyomják a felhangokban gazdag anyagokból fakadó túlvezérlést (ún. „csörgődob hatás”).  
Az adóegység kompresszorokban az analóg jel szabályzásának három pontján működnek limiteretek. Ezek enyhe korlátozást valósítanak meg és megfelelnek a ETSI által meghatározott jogi előírásoknak (ld. 2. fejezet).
2. A HDX kompander technológia kompatibilis egyéb eljárásokkal?  
A HDX nem kompatibilis egyéb eljárásokkal. Az adóegységnek és a vevőegységnek egyazon kompander szabvány szerint kell működniük. Más különben az audio jelátvitelben gyors hangerő-ingadozások léphetnek fel, ami kellemetlen hangzású.
3. Hogyan észlelhető egy HDX lánc túlvezérlése?  
A HDX limiter késedelem nélkül reagál. Ez azt jelenti, hogy a túlterhelések jelentős része nem kelt zavaró hatást. A limiter működése csak masszív túlterhelés esetén észlelhető, és akkor sem a hangerő ingadozáson, hanem a kiemelésen keresztül.
4. Mekkora tartalékot kell tervezni a HDX rendszerben az impulzusok és magas-frekvenciák számára?  
A fenti eljárások eredményeként a magas-frekvenciák esetén a túlvezérelhetőség több mint 10 dB-lel javult. Míg így is javasolt a 20 dB-es tartalék megtartása.

1.

2.

3.

4.

5.

6.

7.

8.

9.

10.

## Keresztmodulációs elválasztás

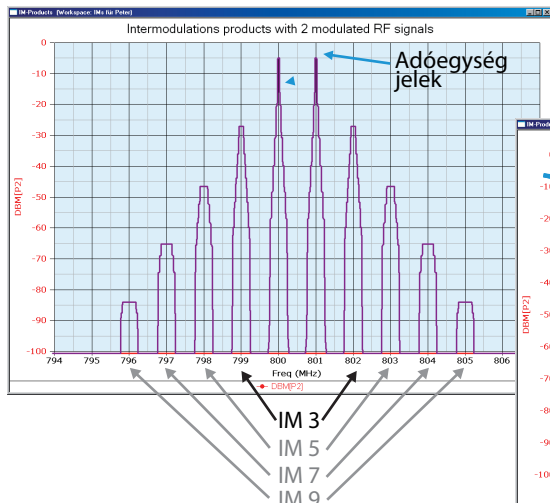
A keresztmodulációs elválasztás a vevőegység azon képessége, hogy anélkül képes tolerálni a szomszédos RF jelekből származó interferenciát, hogy ezzel a kimenetnél található audio jelet befolyásolná. Ezt „nagyjelű viselkedésnek” is nevezzük.

A 60 dB körüli vagy azt meghaladó értékek jónak számítanak. A vevőegység technológia csúcskategóriás képviselői a 80 dB-t meghaladó értékeket is képesek kezelni, ami az RF bemenetnél 10 000  $\mu\text{V}$ -nak felel meg. Ez az adat olyan keresztmodulációs termékeken alapul, melyek 1  $\mu\text{V}$ -nál nehezen kimutathatók, de további térerősség növekedés mellett 3-szor gyorsabban nőnek, mint a használt frekvencia.

A fejlesztéseknek köszönhetően olyan szinten kiküszöbölték a keresztmodulációt a vevőegységekben, hogy az a gyakorlati felhasználás során nem igényel különösebb odafigyelést. A vevőegységek körülbelül 10–20 dB-lel ellenállóbbak a keresztmodulációval szemben, mint az adóegységek. Az IM3 frekvenciáktól mentes frekvenciaterv készítése mind az adó- mind a vevőegységek esetén hasznos, a számítási szabályok azonosak. Az egyszerűbb kategóriájú eszközökhöz mindenképpen frekvenciatervet kell készíteni, melynek ráadásul még az ötödrendű intermodulációs termékektől is mentesnek kell lennie. Ez a rendelkezésre álló csatornák számát kb. az eredeti 33%-ára csökkenti. A keresztmodulációs termékek kiszámítása a

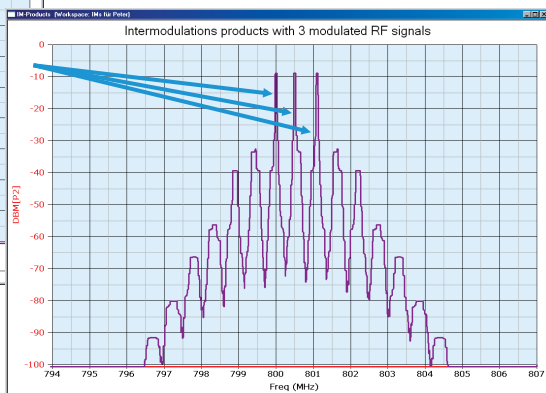
gyakorlatban nem olyan egyszerű, mint ahogyan azt itt bemutatjuk. A számításnál a következők kerülnek figyelembevételre: két-adóegységes keresztmoduláció, három-adóegységes keresztmoduláció, harmadrendű- és ötödrendű keresztmodulációs termékek. A dolgok összefüggnek, és a gyakorlatban nem mindig következik be az a negatív hatás, amit az elmélet előrevetít. Rendszerünkkel kapcsolatban arra a tapasztalati következtetésre jutottunk, hogy a harmadrendű IM termékek a veszélyesek (3 adóegység és 2 adóegység). A magasabb rendű IM termékeket (ötöd, heted, stb.) gyakran figyelmen kívül lehet hagyni, mivel ezek szintje alacsonyabb és ezért az interferencia kockázata is kisebb.

Ha az összes IM terméket figyelembe vennénk, túl kevés mikrofon férne a fennmaradó használható sáv szélességbe. Példaképpen nézzünk egy 8 MHz-es sáv szélességű TV-csatornát! A legnagyobb biztonság megtartása érdekében az ajánlott frekvenciaértékek 6 dB mikrofon működtetését engedélyezik az IM5 termékektől mentesen. Nagyobb eseményeken ez neveltséges mennyiség lenne. Akár 16 db vezeték nélküli mikrofon működtetése is lehetséges ugyanabban a sáv szélességben, de csak a legjobb technológia használatával és a szükséges szabályok betartásával (az antennától számított min. 4 m távolság és a bekapcsolt tartalék adóegységek szétválasztásának fenntartása).



2 Tx keresztmod.

3 Tx keresztmod.



Fent egy spektrumelemző kijelzőjéről vett pillanatkép látható, mely 3 vagy 2 olyan adóegység használatával jöhet létre, melyek antennái csupán néhány centiméterre vannak egymástól.

A külső RF jel az antennán keresztül az áramkörbe jut, ahol összekeveredik a vevőegység frekvenciájával és demodulálásra kerül.

Amint az IM3-nak nevezett zavarenergia túllépi  $1\mu\text{V}$ -ot, kockázati tényezővé válik. Ezek a frekvenciák kiszámíthatók, és ha 3 vagy annál több vezeték nélküli mikrofonnal rendelkező rendszert használ, akkor ezeket a frekvenciákat el kell kerülni, és kb. 100 kHz-es távolságot kell fenntartani.

## Program a vezeték nélküli frekvenciák kiszámításához

A legtöbb gyártó kínál valamilyen szoftvert a keresztmoduláció-mentes vezeték nélküli frekvenciák kiszámításához. Az összes paraméter kiértékelése sok tapasztalatot igényel. Ezért a szakemberek számára összetettebb programokat kínálnak, míg azon felhasználók számára, akik nem kívánnak túlságosan elmélyedni a témában, egyszerűsített programok állnak rendelkezésre. A különböző kategóriájú eszközök megkülönböztetése rendkívül

fontos. Minél közelebb kerülhetnek az IM termékek az átviteli frekvenciához (hallható interferencia okozás nélkül), annál jobb a minőség. Ez alapparaméterként kHz-ben kifejezve be van írva a programba. Az evolution vezeték nélküli fülmonitor rendszerek esetén a szomszédos IM termékekhez képest 200 kHz-es frekvenciatávolságot kell tartani. Az evolution vezeték nélküli mikrofon rendszerek esetén az IM termékek legkorábbi lehetséges megjelenéséhez képest 100 kHz-es távolságot kell tartani.

### SIFM Sennheiser Intermodulation Frequency Management - keresztmodulációs frekvencia kezelő szoftver

Paraméter-beállítás a magasfokú IM biztonságért

The screenshot shows the SIFM Software 1.3.4 interface. The 'System Editor' window is active, displaying a list of channels (1-13) with frequencies and labels. The 'Check For' section is set to 'Series 2000' and 'System'. The 'Check For' options are checked: Spacing, Spectrum, 2Tx IM(3), 2Tx IM(5), and 3Tx IM(3). The 'Find Free Channels' section shows 'Results to show: 10' and 'Number of runs: 100'. The 'Spectrum Display' window shows a spectrum plot with channels 1-13 and their corresponding frequencies. The plot is labeled 'IM3 mentes vezeték nélküli mik. vivőfrekvenciák' and 'grafikus eredm.'. The 'Search Spectrum' window is also visible, showing a list of channels (1-5) with frequencies and labels. The 'Search Spectrum' window is labeled '2TxIM3: 100kHz' and '3TxIM3: 25kHz'. The 'Spectrum Display' window is labeled '34 csatorna'.

Fent egy spektrumelemző kijelzőjéről vett pillanatkép látható, mely 3 vagy 2 olyan adóegység használatával jöhet létre, melyek antennái csupán néhány centiméterre vannak egymástól.

A külső RF jel az antennán keresztül az áramkörbe jut, ahol összekeveredik a vevőegység frekvenciájával és demodulálásra kerül.

Amint az IM3-nak nevezett zavarenergia túllépi az  $1\mu\text{V}$ -ot, kockázati tényezővé válik. Ezek a frekvenciák kiszámíthatók, és ha 3 vagy annál több vezeték nélküli mikrofonnal rendelkező rendszert használ, akkor ezeket a frekvenciákat el kell kerülni, és kb. 100 kHz-es távolságot kell fenntartani.

1.

2.

3.

4.

5.

6.

7.

8.

9.

10.

Paraméter beállítás a maximális csatornaszám eléréséhez

**System Editor**

Select Channels (55/55)

Sort	Remove
1	558.000
2	558.400
3	558.900
4	559.300
5	559.900
6	560.300
7	560.800
8	561.200
9	561.900
10	562.400
11	562.800
12	563.300
13	564.100

Choose System: Series 2000

Check For: Spacing  2Tx IM(3), Spectrum  2Tx IM(5), 3Tx IM(3)

Find Free Channels: Results to show: 10, Number of runs: 100, Search step: 0.025

Search Spectrum (4)

Sort	Remove
1	558.000
2	582.500
3	598.500
4	614.500
5	0.000

Spectrum Display

Full View: Full,  Used Channels,  Search Spectrum,  Range

Frequency range: 555.000 to 630.000 MHz

2TxIM3: 100kHz  
3TxIM3: OFF

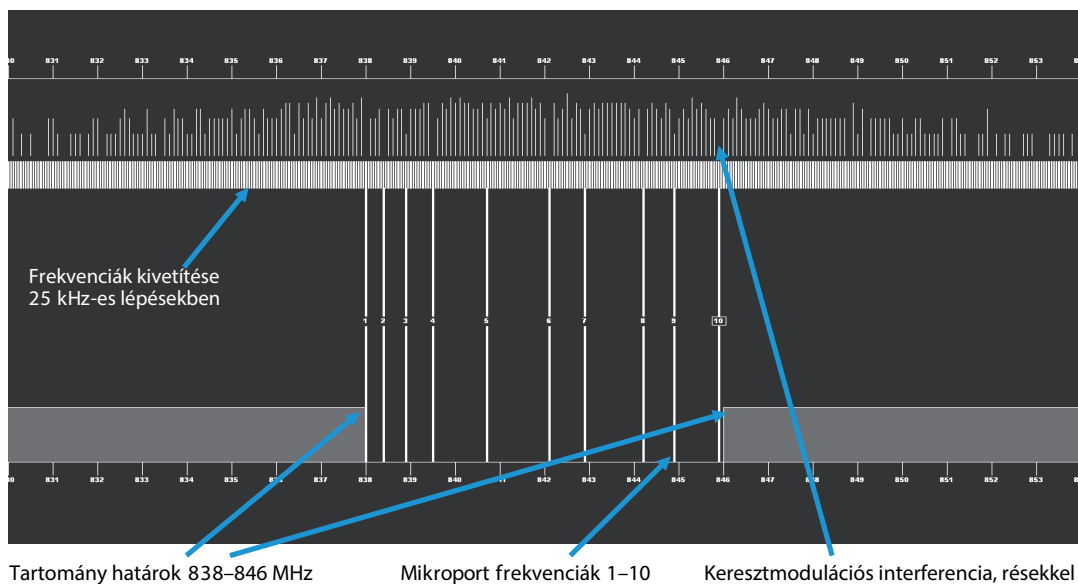
55 csatorna

A kalkulációs program a frekvenciákat a beállított biztonsági paramétereknek megfelelően listázza

Spectrum Analyser Scan (WSM) - spektrumelemző, pásztázás funkció



Elérhető tartományok: 558.0 - 565.5 MHz; 582.5 - 589.5 MHz; 598.5 - 605.5 MHz; 614.5 - 626.0 MHz



A számítási eredmények egy 10-csatornás frekvencia rendszert mutatnak, melyben a legközelebbi IM termék biztonságos 100 kHz-es távolságban található

A bemutatott ábrák mindig a legrosszabb esetre szóló forgatókönyvet jelentik meg, vagyis a problémát okozó összes feltétel egyidejű előfordulását feltételezik. Egy 16-csatornás vezeték nélküli mikrofon rendszerben kb. 1700 lehetőség adódik az IM interferencia befogására. A keresztmodulációs program úgy számítja ki a használható frekvenciákat, hogy azok az IM termékek, melyek nem kűszöbölhetők ki, mindig az átviteli csatornáktól távol helyezkedjenek el. Egy hasonlattal élve: ha a keresztmodulációs termékek erdejéről beszélünk, az optimalizációs program úgy rendezi el az „IM fákat”, hogy az erdőben az irtásokon keresztül utak alakuljanak ki. Ezeken az utakon a vezeték nélküli mikrofonokat interferencia nélkül lehet működtetni. Ezeknek az utaknak a szélessége kHz-ben van megadva, és igazodnia kell az eszköz kategóriájához.

Egy jó kalkulációs program különböző követelményeknek tud megfelelni:

1. Ellenőrizze, hogy a rendelkezésre álló frekvenciák mentesek-e az interferenciától (pl. spektrum pásztázással)!
2. Számítson ki további frekvenciákat egy fix frekvenciával rendelkező, meglévő rendszer fölé!
3. Kalkuláljon egy új „frekvencia-csomagot” max. 24-csatornás rendszerekhez!

1.

2.

3.

4.

5.

6.

7.

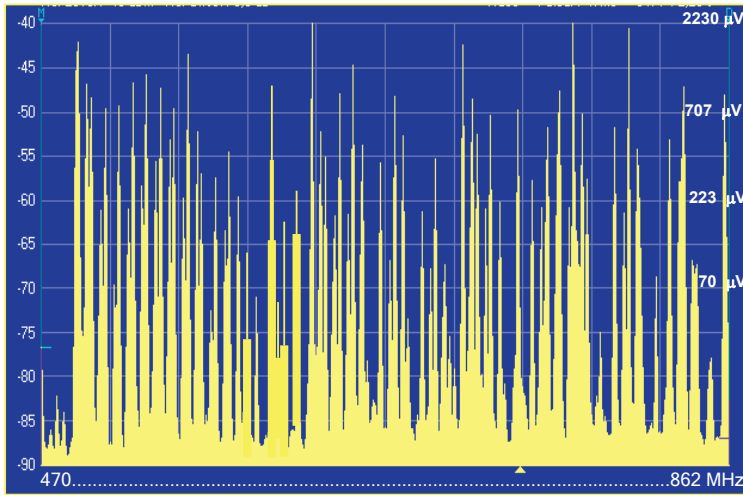
8.

9.

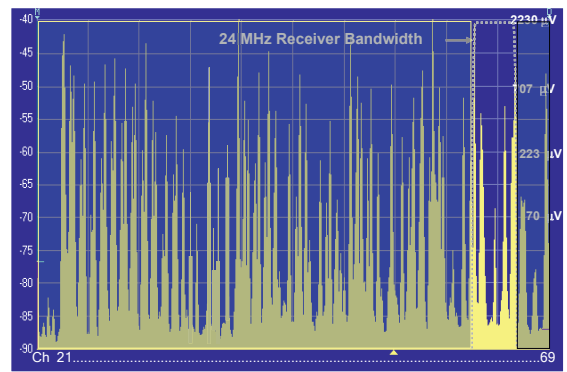
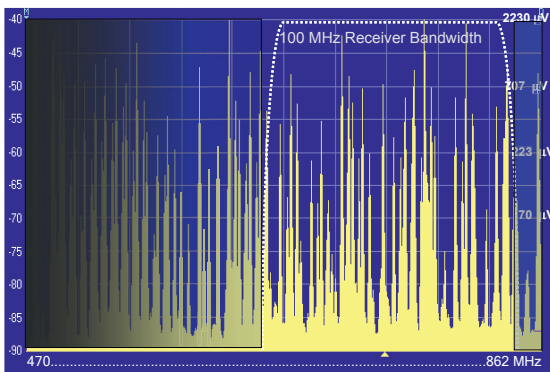
10.

## Kapcsolási sáv szélesség

### Frekvencia spektrum - Olimpiai Stadion (Athén)



Még a szakemberek is csodálkoztak azon, hogy milyen hihetetlen sűrűséggel foglalták el a TV programok a teljes UHF tartományt Athénban. A másodlagos felhasználók (mint pl. a vezeték nélküli mikrofonok) számára legjobb esetben is csak egy szűk spektrum állt rendelkezésre.



Athén egy példa arra, hogy sok országban mi fog történni hamarosan az UHF-tartománnyal. Kisebbségi kapcsolási sáv szélességgel a vevőegység kevesebb zavaró TV adóegységet „lát”, és kevesebb IM problémát tapasztal, vagyis a kisebb rugalmasság megbízhatóbbá teszi a működést.

A frekvencia-választás mindig egy adott tartományra korlátozódik, mely tartomány kapcsolási sáv szélességként is ismert. A jellemző tartomány: 8-185 MHz. Ezen a frekvencia-tartományon kívül bekapcsol az előválasztás funkció, és megakadályozza a nemkívánatos RF jelek bejutását. A vevőegység bemeneténél alkalmazott előválasztás fontos szerepet játszik az interferencia kivédésében.

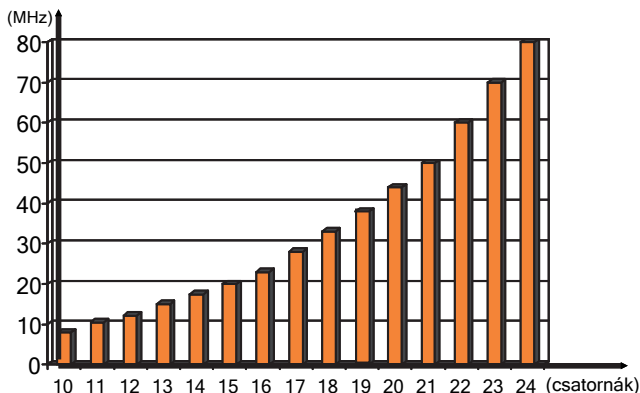
A nagyobb kapcsolási sáv szélességgel rendelkező eszközök több választási lehetőséget kínálnak, de azzal a hátránnyal járnak, hogy ezen a tartományon

belül az interferencia nem kerül olyan jól elnyomásra, mint azon kívül. A nagy (42 MHz feletti) kapcsolási sáv szélességgel rendelkező eszközök jobban ki vannak téve a zavaró jeleknek, különösen többcsatornás rendszerekben.

A többcsatornás rendszerek konfigurálása praktikus klaszterek kialakításával történik: több kisebb - közepes kapcsolási sáv szélességgel rendelkező - rendszer képes egy megbízható nagy rendszert alkotni.

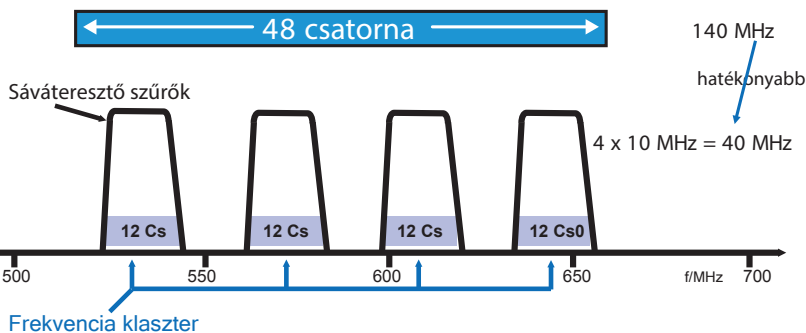


### Sávszélesség előírások többcsatornás rendszerekhez



Ez az ábra azt mutatja, hogy a keresztmodulációs interferencia kivédése érdekében milyen gyorsan nő a frekvenciaigény. A 16-csatornás rendszerig egy 24 MHz-es tartományon belül a spektrumszükséglet viszonylag arányos. Efelett a nagy számú IM termék túl nagy sávszélességet emészt fel, a rendszer többé nem hatékony.

### Többcsatornás frekvencia összeállítás



Ha több mikrofon van egy tömbben, akkor aránytalanul nagy sávszélességre van szükség, mivel az IM termékek száma erősen megnő. Ha a sáváteresztő szűrőkkel elválasztott kis klaszterek között egy bizonyos távolság van, az egy klaszterbe tartozó mikrofonok nem észlelik szomszédaik létezését. Az általános IM termékek elleni védelem érdekében a tervben egy egy-klaszter széles biztonsági zóna szerepel. A kapcsolási sávszélességen kívüli frekvenciák csillapításra kerülnek (ami mutatja a funkció

jelentőségét). Másrészt a nagy kapcsolási sávszélesség (< 24 MHz) széleskörű frekvencia módosításokra ad lehetőséget, de többcsatornás üzemmódban sokkal kevésbé védett a szomszédos csoportok IM termékeivel szemben, vagy széles frekvencia sávszélességre van szüksége. Egyszerű szavakkal, minél nagyobb a kapcsolási sávszélesség annál kevésbé van lehetőség a többcsatornás működésre.

### Közös frekvencia választás, jelrögítési arány

Az összes vezeték nélküli mikrofon rendszer frekvencia-moduláció alkalmazásával továbbítja jeleit. Ennek a módszernek az a sajátos tulajdonsága, hogy az ugyanazon frekvencián érkező zavarjel egészen addig nem hallható, amíg a szintje az átviteli jel szintje alatt marad. Az általános frekvencia elnyomásnak köszönhetően a vívőfrekvenciához kötődő interferencia egészen addig nem hallható, amíg az túl erős nem lesz a vevőegységnél. Az adó-

egység átviteli jelszintjénél kb. 6 dB-lel alacsonyabb szintű nemkívánatos jelek elnyomásra kerülnek. Ha az interferencia erősödik, a kapcsolat megfordul, és az átviteli jel eltűnik az interferenciában.

A vevőegység a pilotjel segítségével tudja megkülönböztetni a „barátot az ellenségtől”. Ezt a 32 kHz-es jelet sok adóegység hozzáadja az átviteli jelhez. Ha az átviteli jel nem elég erős, legalább az interferencia sem jut át és a vevőegység elnémul.

1.

2.

3.

4.

5.

6.

7.

8.

9.

10.

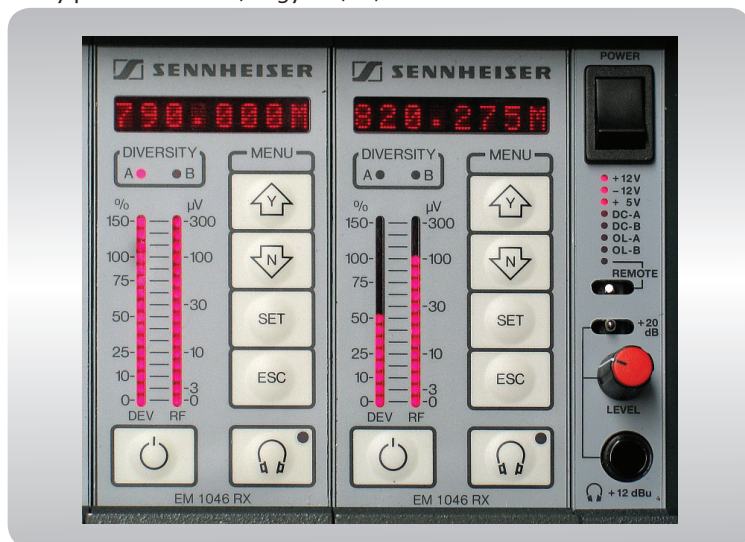
## Modulációsint kijelző

A tiszta átvitel érdekében az adóegységhez kapcsolódó előerősítő megfelelő beállítása alapvető fontosságú. Mire a jel eléri a vevőegységet, ott már nincs mit védeni. Ha a jel erősítése túl alacsonyra van állítva, akkor a kimeneti jelet hallható sustorgás kíséri, és természetesen, ha az előerősítő túl magasra van állítva, a jel torz lesz, mivel a jeltovábbításnál kötelezően használt limiternek jelvágással meg kell akadályoznia a túlvezérlést (a szabályozó-hatóság engedélyezési előírásai szerint). Az adóegységek - modelltől függően - 30–70 dB-es szabályozható tartománnyal rendelkeznek, mely lépésenként változtatható. Az evolution vezeték nélküli rendszerek esetében ez a lépés 6 dB. A 3000-es és 5000-es sorozatnál a lépés nagysága 1 vagy 6 dB. Alapszabályként elmondható, hogy a vezeték nélküli átvitel beállításánál kb. 20 dB tartalékkal kell számolni. A vevőegység szintkijelzőjén ez világosan látható. A szintkijelzőt AF (audio frekvencia) vagy DEV (eltérés) címkével látják el. A kijelző beosztása dB vagy % értékeket képvisel. Ha az eltérés a dB skálán eléri a -10 értéket, 20 dB-es tartalékunk van. Ez nem hangzik logikusan, mégis az, mivel a vevőegység szintkijelzője a tömörített audio jelet mutatja. 2:1 arányú kibontást követően a -10 dB-es jel az audio kimenetnél a megengedett maximumszintnél (PML) 20 dB-lel alacsonyabb szintű jel lesz. Más eszközöknél (melyek %-os szintkijelző beosztással rendelkeznek) ez 30%-os eltérésnek felel meg. Ha a maximális eltérést 150%-nál érjük el, 50%-nál 20 dB tartalékunk van. Hogy miért? Mivel a -10 dB kb. 30%-os eltérésnek felel meg. Illetve a kettejük közti arány pontosan  $1:\sqrt{10}$ , vagy 1:3,16, de nincs értelme

ilyen pontosnak lenni, mert a beszéd gyors szintváltozásokat idéz elő, így az érték csak hozzávetőlegesen olvasható le. Azoknak az énekeseknek, vagy szónokoknak, akiket nagy dinamika-tartomány jelleméz (vagyis nagy a szintkülönbség a hangos és halk hangjelek között), ajánlatos a szintet alacsonyra állítani. A beépített szabályozó erősítő bizonyos mértékig ellensúlyozza ezeket a túlvezérléseket.

Extrém feltételek mellett az erősítés szabályzás tartománya túl szűk lehet. A kézi-mikrofonokhoz olyan speciális mikrofon kapszulák használhatók, melyek halk beszédhangra vagy 150 dB/SPL hangnyomással rendelkező, kirobbanó „Rock 'n Roll érzések” közvetítésére vannak optimalizálva.

A vevőegységek kimeneténél alkalmazott feszültségek meglehetősen nagyvonalúak, és meghaladják a dinamikus mikrofonok kimeneti szintjét. A maximális szint 18 dBu = 6,2 V. Természetesen ezt az értéket nem lehet folyamatosan alkalmazni. 20 dB-es tartalékot feltételezve az átlagos kimeneti szint kb. 600 mV. Ezért a vezeték nélküli mikrofonok vevőegységét a keverő mikrofon bemenetéhez kell igazítani. Bizonyos feltételek mellett ezek a feszültségek túl alacsonyak lehetnek a keverő vonal-bemenete számára, és zajhoz vezethet az a népszerű gyakorlat, hogy elégtelen számú mikrofon-szintű bemenet esetén alternatívaként vonalszintű bemeneteket használnak. A vevőegység kimeneti szintjének beállítása segíthet kivédeni a keverő bemenetének túlvezérlését. Az EM 3732 vevőegység akár 24 dBu/5 kΩ kimeneti szintet is biztosít, és lehetővé teszi a vonalszintű bemeneten keresztüli működést is.

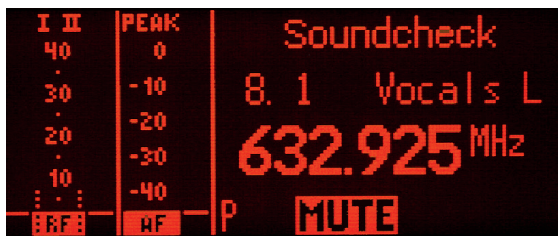


EM 1046 Ha ajkát a mikrofonhoz érintve beszél egy olyan kézi-mikrofonba, mely normál beszéd szintre van állítva, akkor kb. 17 kHz-es eltérést produkál és a kijelző 50%-os szintet mutat.

A 150%-ig terjedő maradék rész (mely 56 kHz-es eltérésnek felel meg) kb. 10 dB x 2 értéket tesz ki, mivel az audio jelet 2-es tényezővel tömörítették. Ez az optimális 20 dB-es tartalékkal egyenlő.

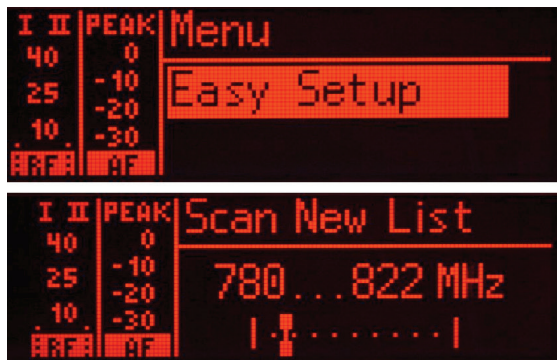
## Egyéb jellemzők

A gyártó számos ötlettel állt elő a megbízható működés javítását illetően. Az adóegység elemének töltöttségi állapotára vonatkozó információ különösen fontos. Az elem feszültségét digitális értéké alakítják, azután kb. 4 Hz-es nem hallható szubszonikus frekvenciaként keverik az audio jellel, melyet azután vevőegység kiértékel. Más modellek ezt az információt 32 kHz-nél továbbítják. A legegyszerűbb esetben az alacsony töltöttségi szintet (LoBat) jelzik csak ki. A 3-fokozatú töltöttség-szint-kijelző több információt közöl. Az állapot részletesebb kijelzésének nincs értelme, mert az elemkapacitás meghatározása nagyon pontatlan, és a részletesebb kijelzés a valóságosnál nagyobb mértékű precizitás benyomását keltené. Az újratölthető elemek használata méginkább megnehezíti az elem töltöttségi szintjének pontos kijelzését, mivel a teljesen feltöltött és a lemerült elem feszültsége közötti különbség még kisebb, mint a primér (nem újratölthető) elemek esetében, és mivel különböző kapacitású újratölthető elemek kaphatók. Ezért az elem töltöttségi szint kijelző csak akkor elég pontos, ha a gyártó által megadott újratölthető elem típusokat használja.



Az evolution vezeték nélküli termékcsalád 500-as sorozatának Soundcheck (SCM) funkciója segít a megfelelő szintek megtalálásában és az átvitel során jelentkező jelkimaradások felderítésében a próbák alatt.

A vevőegységeket egy mikroprocesszor vezérli, melynek memóriájában eltárolhatók azok a frekvenciák, melyek nem okoznak interferenciát többcsatornás üzemmódban. Ezek a frekvenciák frekvencia-bankokban vannak csoportosítva, melyek a vevőegység vételi tartományán osztoznak. Többcsatornás rendszereknél egy bank kb. 60 frekvenciát tartalmaz; a kapcsolási sáv szélességben max. 20 különböző frekvenciabank található. Első pillantásra ez bonyolultabbnak látszik, mint valójában. Itt lép működésbe az „Easy Setup” funkció.



A vevőegység automatikusan meg tudja vizsgálni, hogy az elmentett frekvenciák mentesek-e az interferenciát okozó jelektől. A meghatározó kritérium a zajszint. Ha például ez 5 dB $\mu$ V (alacsony) értékre van állítva, akkor a funkció minden magasabb szinttel rendelkező frekvenciát használhatatlannak nyilvánít. Ily módon képes beazonosítani, hogy mely frekvenciabank tesz lehetővé interferencia mentes működést. A funkció megmutatja, hogy hány frekvencia volt található a frekvenciabankban. Ez a funkció különösen akkor hasznos, ha a rendszert gyakran használják különböző helyszíneken.

Egy másik előnyös tulajdonság a kijelző azon képessége, hogy piros színre vált, ha valami gond van. Így a többcsatornás rendszerek esetén rögtön látható, hogy mely vevőegységnél van túlvészérlés, lemerülőben lévő elem, vagy túl alacsony térerősség. Azt is jelzi, ha az adóegységnél bekapcsolt a „MUTE” (némítás) funkció.

1.

2.

3.

4.

5.

6.

7.

8.

9.

10.

## WSM (Wireless Systems Manager)

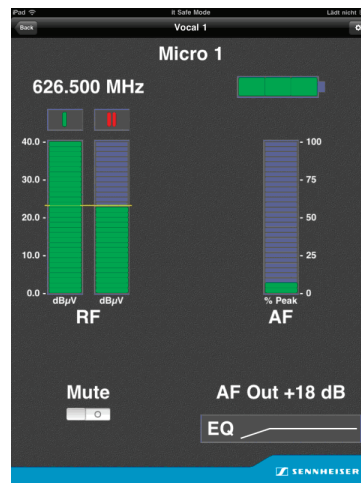
Annak érdekében, hogy az antenna csatlakozókábelét röviden tarthassák, a vevőegységeket gyakran közvetlenül a színpadra, vagy a színpad mögé helyezik. A vezérlőterem keverőpultjánál vagy az FOH pozícióban dolgozó hangmérnök számára ez olyan, mintha a vezeték nélküli mikrofonok paramétereit illetően a sötétben tapogatóznának. A WSM szoftver a több-csatornás vevőegység-rendszer (max. 48 csatorna) összes kijelmezhető paramétereit egységbe rendezi, és egy vagy több számítógép kijelzőn megjeleníti. A helytakarékoság érdekében ez közvetlenül a keverő mellett is felállítható, így segíthet megnyugtató információkkal ellátni a hangmérnököt.

A vevőegység beállítások a számítógépen nemcsak láthatók, hanem távvezérelhetők is. Mások is szeretnének hozzáférni a vevőegység információkhoz, a színpadi ügyelő például szeretné ellenőrizni, hogy:

- megfelelő-e a jelerősség,
  - megfelelő-e az elemek töltöttségi szintje?
- Azt is képzelje el, hogy bár a művészek még a színpad mögötti területen tartózkodnak, de a vevőegység fejhallgatóján keresztül vagy a keverőpult PFL funkciójának használatával már tisztán hallhatóak. A térerősség kijelzők a megfelelő helyeken elhelyezett, hálózatra kötött számítógépeken láthatók (pl. ott, ahol az adóegységeket kiadják, valamint a keverőpultnál a központi számítógép kijelzőn).



A számítógép kijelzőn egyidejűleg többféle információ is megjelenik: a színészek színpadon elfoglalt helye egy adott jelenetben, eszközeik pillanatnyi paramétereit, térerőssége, erősítése és az elemek töltöttségi szintje. A jelenetek beállításai előre beprogramozhatók és egy kattintással előhívhatók.



### WSM alkalmazás

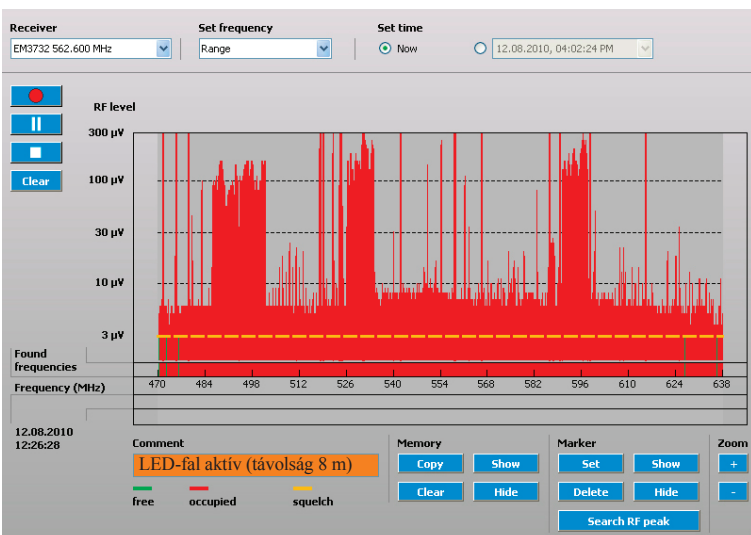
Egy kis alkalmazás segítségével a paraméterek mobiltelefonnal is ellenőrizhetők. Ennek köszönhetően azonnal visszajelzést kaphat a technikus, ha valamilyen módosítást végez a színpad háta mögött tartózkodó művészhez tartozó felszerelésen.

Annak érdekében, hogy az információk kijelzése szemléletesebb legyen, a nézet az egyes jelenetek színpadi konfigurációihoz igazítható. Így, ha egy adott jelenetnél nem használják az összes vezeték nélküli mikrofont, a kijelzőn csak az aktuálisan aktív mikrofonok láthatók. A számítógép nemcsak az előadás közben jelent segítséget. Két további programfunkció is segíti az előkészületi munkákat: A beépített RF jelerőztető mutatja, hogy mekkora az RF bemeneti feszültség a két diversity antennánál, miközben valaki kilép a színpadra. Ezután könnyen felismerhetők a térerősség ingadozások, és optimalizálhatók az antenna pozíciók. A rögzített adatok elmenthetők, és később az újabb mérésekkel összehasonlíthatók. Ily módon könnyen megállapítható, ha a rendszerben változás következik be (pl. sérült kábelek vagy rosszul beállított antennák miatt).

Felhasználóként mindig végezzen egy próbát a legrosszabb feltételek között is (pl. az adóegység testhez közelítésével, illetve az antenna kézzel történő letakarásával) máskülönben a próba nem igazán szolgálja a lehetséges problémák feltárását. A spektrumelemző funkció (Scan) különösen állandóan változó helyszínek esetén hasznos. A vevőegység a saját kapcsolási sávzélességében tanulmányozza a helyzetet. Maximum 184 MHz-es sávot kell pásztázni, és a jelenlévő adóegységek kijelzésre kerülnek a képernyőn. Ez elegáns módja a foglalt vezeték nélküli mikrofon csatornák elkerülésének és a frekvencia ütközések kivédésének (elsősorban TV adóegységekkel), vagy a digitálisan vezérelt fényrendszerekből származó interferencia kiküszöbölésének.



A számítógép egy csatolt vevőegység pásztázási eredményeit mutatja. A zajár küszöb felett található frekvenciákat piros szín jelzi. A széles TV adósávokat könnyű beazonosítani. A keskeny vonalak vezeték nélküli mikrofonokat jelölnek.



Egy második mérés a LED-fal bekapcsolását követően. A vezérlő impulzusok max. kb. 800 MHz-ig hoznak létre harmonikus frekvenciákat. Az interferencia kód kb. 6 – 10 µV értéket vesz fel. Ez azt jelenti, hogy az interferencia kivédése érdekében a vezeték nélküli mikrofonok jeleit legalább 30 µV RF szintnél kell venni. Kisebb csatorna elkülönítések esetén a további biztonsági ráhagyás érdekében 100 µV vagy annál jobb minimális szint szükséges.

1.

2.

3.

4.

5.

6.

7.

8.

9.

10.

## Kamera vevőegységek

A vezeték nélküli rendszerek működése természetesen nagyon jól alkalmazkodik a helyszíni közvetítések vagy filmforgatások támasztotta követelményekhez. A rendkívüli hírek helyszínein több ENG csapat is forgat, akik gyakran találják magukat szembe váratlan helyzetekkel, és ez magasfokú védelmet kíván az interferenciával szemben. Ritkán kerül sor a frekvenciák koordinálására, és az egyazon helyszínen élőben közvetítő 20–30 csapat valóságos „frekvencia salátát készít”, ami keresztmodulációs elválasztásért kiált. A 80 dB-es



### EK 3241

A kamera rögzítőnyílásába illeszthető vevőegységek egy belső Sub-D csatlakozóval csatlakoznak. Az antennák közeli elhelyezkedése ellenére egyetlen professzionális alkalmazásnál sem kívánják feladni a True Diversity vétel által nyújtott jelentősen nagyobb átviteli biztonságot.

IM elválasztással rendelkező EK 3241 abszolút csúcskategóriás modellnek számít. Ez még kaotikus körülmények között is jó audio-jelátvitelt biztosít. A mobil vevőegységeknek nagyon sokoldalúnak kell lenniük. Ha filmhez készítenek hangfelvételt, akkor általában hordozható keverőkocsin működtetik. A hordozható keverő kimenetét néha egy vezeték nélküli kapcsolaton keresztül csatlakoztatják a kamera audio-bemenetéhez. Némely videokamera rendelkezik vevőegység rögzítésére alkalmas nyílással, ellenkező esetben más módot kell találnia arra, hogy a vevőegységet a kamerára rögzítse. Az öntapadó Velcro tépőzár bizonyítottan jó általános megoldás. Van olyan, akinek ez nem tetszik, de a tapasztalat azt mutatja, hogy ez egy olyan rugalmas megoldás, mely megfelelő rögzítést kínál és nem fog ki rajta a durva mindennapi használat. A profi felhasználók inkább diversity vevőegységeket használnak. Ez egy nagyon hatékony eszköz a többutas vételeknél előforduló jelkimaradásokkal szemben, még akkor is, ha mindössze 8 cm távolság van az antennák között. A vevőegység rendszerint a kamera hátoldalára van rögzítve vagy felszerelve. A vevőegység áramellátása mindig fontos kérdés. A saját akkumulátorról kell táplálni, vagy a kamera akkujáról? Az operátorok az utóbbit részesítik előnyben, mivel a működés egészen addig biztosított, amíg a kame-



A hangmérnök begyűjti a sportpályánál tartózkodó riporterek vezeték nélküli mikrofonjeleit, keveri azokat a vezetékes MKH 416 által vett környező hangokkal, és az összegzett jeleket a kamerához továbbítja, mely az EK 3241 segítségével veszi azokat. Időnként még vezeték nélküli talkback vonal is működik, a keverőpultnál ténykedő hangmérnök utasításainak továbbításához.

ra akkuja áramot szolgáltat. Ha a vevőegység a saját tápegységét használja, az operatőr gyorsan megfeledekzik róla, és azután a vevőegység akkuja a "lelkét váratlanul kilehelve" esetleg megghiúsítja a hangfelvételt. Ezzel szemben, ha a központi tápegység (pl. egy NP-1 újratölthető akku) kezd merülni, az valószínűleg kevésbé marad észrevétlen.

Különlegesen elegáns megoldásnak számít, ha a vevőegységet a kamera rögzítőnyílásába illeszti. Sajnos ezek a nyílások nem szabványosítottak; és még a csatlakozók sem egységesek, így adapterek használatára van szükség a Sony, Ikegami, Panasonic, Thomson és JVC által gyártott kamerákhoz. A Lego készletekhez hasonlóan a megfelelő vezeték nélküli mikrofon vevőegység is konfigurálható. A kamera vevőegységek sokoldalúan használhatók, nemcsak a rögzítőnyílásba illesztve vagy a Velcro tépőzárral rögzítve. A kamera vevőegységeket az akkuval működtetett, hordozható keverőkkel (pl. SQN termékekkel) való használathoz optimalizálták. Gyakran keverik a kábeles forrás (pl. állványra helyezett mikrofon) hangját vezeték nélküli forrással. A keverő kimenetét egy HDD rögzítő rendszerhez csatlakoztatják, és gyakran egyidejűleg vezeték nélküli kapcsolaton keresztül a kamerához is, ahol a képpel együtt mono "nyers mixet" is rögzítenek, a későbbi szerkesztési munkákat segitendő. TV riportok készítése közben a riporterek gyakran használnak vezeték nélküli mikrofonokat. A vevőegység a kamerán helyezkedik el, mely a képet egy Tri-ax kábelen keresztül a kamera vezérlő egységhez (CCU - Camera Control Unit) továbbítja. Az audio jelek ugyanezen az úton haladnak a további jelfeldolgozás felé.

## Parancsfunkció

A kamera vevőegységet egy további kapcsolható audio kimenettel is el lehet látni (parancsokhoz

vagy riporteri utasításokhoz), így a riporteri utasításokat tud küldeni kézimikrofonjáról, melyet a vevőegység elkülönítetten kezel, és nem továbbít a főkábel kimenet felé (pl. egy választási esemény kapcsán készített élő riport során). A riporter röviddel az interjú megkezdése előtt beszélni tud kézimikrofonján keresztül a szerkesztőséggel, és amíg a gombot lenyomva tartja, az adóegység audio kimenete néma marad.

Vagy a riporter arra is használhatja ezt a speciális gombot, hogy ne legyen hallható, amikor megköszörüli a torkát.



### Parancs funkció lista

Üzem mód	Gomb	Vonal kimenet	Parancs kimenet
Átkapcsolva	felengedve	Be	Ki
	benyomva	Ki	Be
Bekapcsolva	felengedve	Be	Ki
	benyomva	Be	Be
Némítva (MUTE)	felengedve	Be	Be
	benyomva	Ki	Be

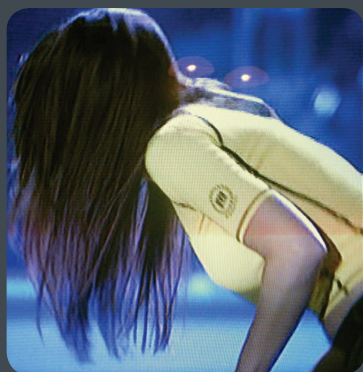


[http://www.sennheiser.com/sennheiser/icm.nsf/root/service\\_download](http://www.sennheiser.com/sennheiser/icm.nsf/root/service_download)  
A Sennheiser termékek összes kezelési útmutatója letölthető a fenti linkről.



Tipikus backstage helyzet - vezeték nélküli mikrofonokkal és fülmonitor rendszerekkel.

Fotó: Mick Whelan



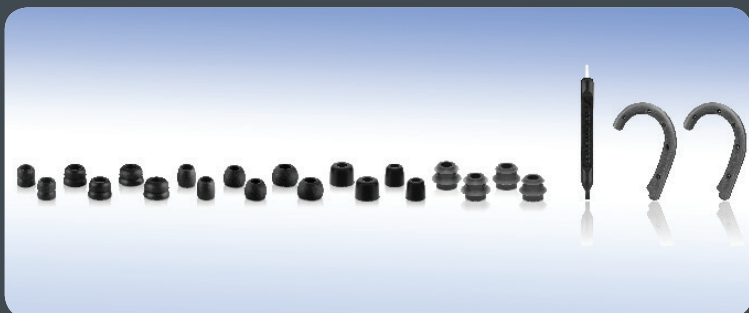
Őv nélkül nem túl könnyű rögzíteni a vevőegységet. Ilyenkor gyakran a haj alá rejtik. Ennél az elhelyezésnél az EK 300 hangerő szabályozása némi gyakorlottságot kíván, vagy egy szemfüles monitor hangmérnöknek kell ezt a feladatot ellátnia.



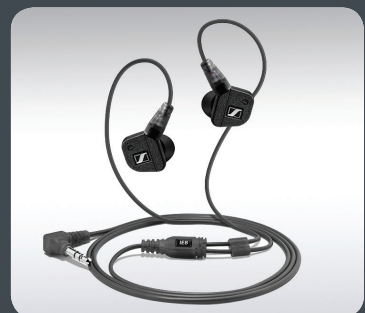
Minden egyes zenész saját egyedi fülhallgatóval rendelkezik.



Mágneses, három-utas fülhallgató, egyedi fül dugókkal. A hangzás hangosabbnak érzékelhető, mint a dinamikus jelátalakítóknál.



A kiegészítők a személyre szabás nélkülözhetetlen eszközei.



Alternatív megoldásként normál, általános modellek is használhatók.



## 6. Vezeték nélküli monitorrendszerek (IEM)

### Alapvető ismeretek

#### A fülmonitor-rendszerek előnyei:

- Nincs gerjedés a színpadon.
- A művészek kevésbé vannak kitéve a zajnak és a stressznek.
- A hangnyomás a színpadon drasztikusan lecsökken.
- A színpadon a monitorládák csak korlátozott hatótávolsággal rendelkeznek. Főleg az énekesek szeretnek szabadon mozogni a színpadon, hogy mozgalmassabbnak tűnjön az előadás. Kézimikrofonnal és vezeték nélküli fülmonitorral csaknem korlátozás nélkül tudnak mozogni, állandó monitor kapcsolat mellett.
- Az énekesnek már pár lépéssel a monitorládájától eltávolodva is gondot okozhat a helyes hangmagasság eltalálása és megtartása. Fülmonitor használata esetén az intonációt speciális Cue-sávokkal lehet segíteni.
- A fülhallgatót viselő művész az előadás része, és akkor is kapcsolatban marad a zenekar tagjaival, ha a színpad mögött van.

- A fülmonitor védi a hallást. Egy jól illeszkedő fülhallgatóban egy kifinomult mix közepes hangerővel is jól hallható.
- A fülhallgatók "akusztikus nagyítók". A hangzás tisztábban érzékelhető, mint hangfalakkal, és a hangmágnasságot könnyebb kihallani.
- Lábmonitorok nélkül áttetszőbben szól az FOH mix.

#### Hátrányok:

- A fülmonitor használata is gyakorlottságot kíván a művésztől.
- Előfordulhat, hogy váratlanul túl halkán énekel vagy túl messze tartja a mikrofont.



Egy külső, irányított adóantennával sokkal nagyobb a sztereó adóegység hatótávolsága, mint a közvetlenül a kimeneti csatlakozóhoz csatlakoztatott antennával, mivel gyengén bocsát ki jeleket oldalra, illetve hátra. Így kiküszöbölésre kerülnek a visszaverődések, melyek veszélyes szuperpozíciót hozhatnak

létre a közvetlen jellel. Mindamelllett, próbálja meg minél rövidebben tartani az adóegység és az antenna közötti kábelt; ha nem kívánja elveszíteni a külső antennával járó előnyöket (ld. 4. fejezet)!

1.

2.

3.

4.

5.

6.

7.

8.

9.

10.

## IEM: Nehéz körülmények

A vezeték nélküli mikrofonok mono formátumban továbbítják a jeleket, a vezeték nélküli kapcsolat az IEM rendszer esetében sztereó. A jel felépítése ugyanolyan, mint az FM rádióé. Ez azt is jelenti, hogy ugyanahhoz a jel-zaj viszonyhoz, a mono jelhez képest 20 dB-lal nagyobb RF jel feszültségre van szüksége. FM rádióállomás hallgatásakor, ha a jel nem elég erős, és az átvitel egyre zajosabbá válik, csak meg kell nyomnia a mono gombot, és a legtöbb esetben tisztább lesz a vétel. Fülmonitor használatkor is rendelkezésére áll ez a választási lehetőség.

Az adóegység kezelőmenüjében választhat a sztereó vagy mono-üzemmód között. A vevőegységen a beállítás a pilotjel vétel kikapcsolásával végezhető el.

## Vezeték nélküli mikrofonok és IEM rendszerek együttes használata

Gyakran van szükség a vezeték nélküli monitor rendszerek és a vezeték nélküli mikrofonok együttes használatára. Ez további technikai igényeket támaszt. A kézimikrofon közelében akár 150 mV-os térorsséget is mérhet. Az IEM vevőegységgel szemben támasztott követelmény, hogy interferencia mentesen működjön ebben a közvetlen közelségben, csupán néhány  $\mu\text{V}$  bemeneti feszültség mellett. Ennek érdekében a vevőegység elektronikáját úgy kell optimalizálni, hogy képes legyen elviselni a közvetlen közelében jelentkező erős interferenciát. Ezt

**i** A mono jelek esetében alapszabályként elmondható, hogy a biztonságos működéshez a vevőegységnek legalább 100 mikrovoltos ( $\mu\text{V}$ ) jellel kell rendelkeznie. Fülmonitor esetében, sztereó üzemmódban ennek 10-szeresére, 1 millivoltra van szükség.

Rádásul a legtöbb vevőegység helyhiány miatt nem rendelkezik True Diversity vételre alkalmas áramkörrel (a G3 vevőegységeknek diversity antenájuk van, melyek kicsi méretet tesznek lehetővé, de a true diversity technológiához képest kevésbé jól teljesítenek). Mindent egybevetve, a biztonságos átvitelhez szükséges feltételek sokkal magasabb igényeket támasztanak a fülmonitor-rendszerek (IEM) esetében, mint a vezeték nélküli mikrofonoknál. A fülmonitor-rendszerek használatkor a legtöbb átviteli probléma felbukkasására számítani lehet.

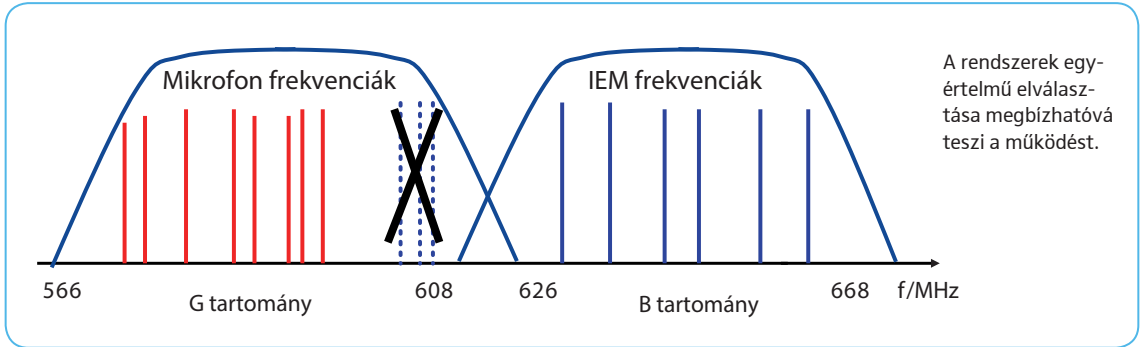
a tulajdonságot blokkolásnak nevezzük, és dB-ben mérjük. A jó minőségű IEM vevőegységek 85 dB-es, vagy annál magasabb blokkolási értékeket is elérhetnek. Sajnos a gyakorlatban még ezek a magas értékek sem mindig elegendők. 100 dB- es, vagy annál is nagyobb blokkolási értékekre van szükség, hogy a vevőegység teljes mértékben immunis maradjon az interferenciával szemben. Ez nehezen érhető el az elemmel-működtetett kompakt eszközökkel. Amikor a vezeték nélküli mikrofon és az IEM vevőegység ilyen közel van egymáshoz, a frekvencia tervezés marad a biztonságos átvitel biztosításának legfontosabb eszköze. Ez konkrétan a fülmonitor-rendszer és a vezeték nélküli mikrofon



12-csatornás fülmonitor-rendszer az Aida opera "élő show" változatában (Rhine folyó, Bazel, 2010).

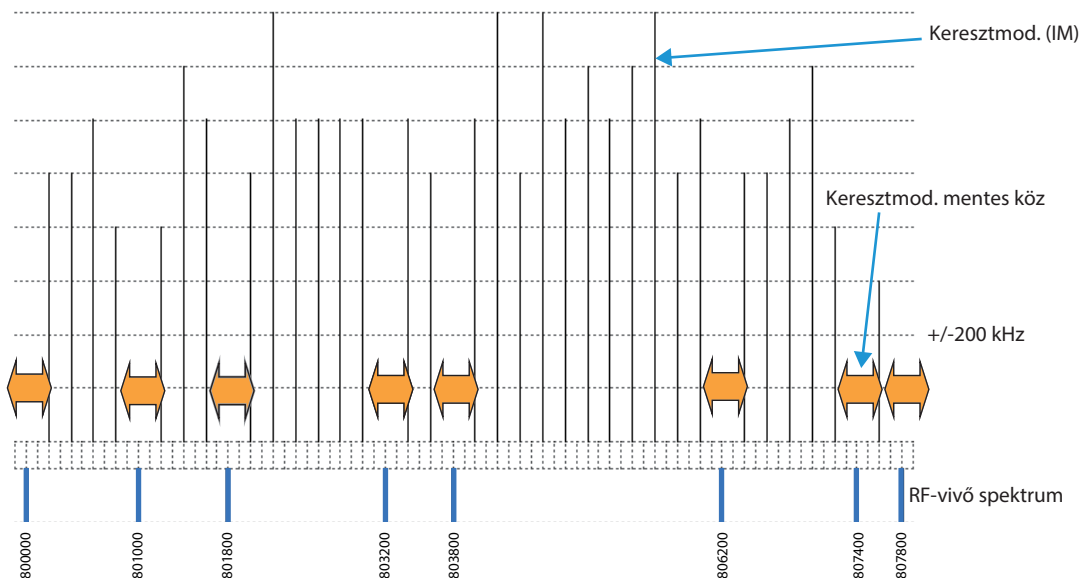
Foto: Klaus Willemssen

által használt frekvenciák közötti távolságot jelenti. A blokkolási probléma hatékony kivédése érdekében ennek a távolságnak legalább 8 MHz-nek kell lennie - a javasolt távolság minimum 16 MHz. A nagyobb távolság nagyobb átviteli biztonságot, és kevesebb kölcsönös interferenciát jelent. A fülmonitor-rendszereknek nagyobb távolságra van szükségük a következő lehetséges keresztmodulációs (IM) termékhez mérten, mint a vezeték nélküli mikrofonoknak, ezért tartson fenn egy kizárólagos frekvenciasávot a fülmonitor-rendszerek számára!



A legközelebbi interferencia forrástól mért frekvencia távolságnak (vagyis "az interferencia erdőn átvezető út szélességének"), kétszer akkorának kell lennie, mint a vezeték nélküli mikrofonok esetében. A legközelebbi interferenciát okozó frekvenciához képest 200 kHz-es távolságot kell tartani (ami a vezeték nélküli mikrofonoknál 100 kHz). Ezért az "út" szélességének összesen 400 kHz-nek kell lennie.

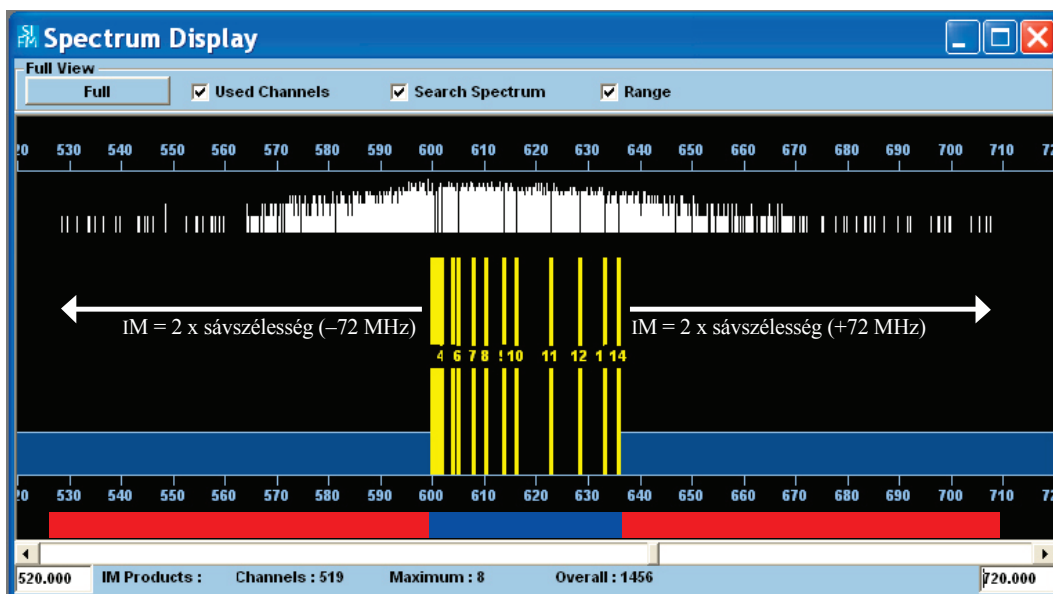
#### Fülmonitor-rendszerek keresztmodulációs spektruma



200 kHz-es IM távolság = csökkentett IM-kockázat

A frekvencia-tartomány grafikus ábrázolása. A jelek frekvenciáját késsel, míg a potenciális IM termékeket feketével jelöljük. A fekete vonalak azt mutatják, hogy milyen sok interferenciát okozó frekvencia lehet jelen a frekvencia-tartományon belül.

- 1.
- 2.
- 3.
- 4.
- 5.
- 6.
- 7.
- 8.
- 9.
- 10.



Az SIFM program 14 db olyan frekvenciát talált a 36 MHz-es tartományon belül, amely megfelel a fülmonitor-rendszerek által támasztott követelményeknek: 200 kHz-es távolság a legközelebbi IM3 terméktől és 100 kHz-es távolság az IM5 termékektől. Az interferencia források összessége a sávszélesség ötszörösére terjed. A külső ré-

giókat már nem jellemzik annyira az interferenciát okozó frekvenciák. Ajánlatos 36 MHz-es biztonsági távolságot tartani a többi csoporttól.

A következő információk fontosak a fülmonitor vevőegységek működési feltételeinek javítása érdekében:

- Ha az énekes a jobb kezében tartja a mikrofont, akkor a vevőegységet a bal csípőjéhez kell helyezni. Ez néhány deciméter plusz távolságot jelent, és a hangerő a szabad kézzel állítható. Ráadásul az énekes teste blokkolja és csillapítja a kézimikrofon és a fülmonitor vevőegység közötti közvetlen jeleket, ami növeli a biztonsági ráhagyást.
- Ha lehetséges, közvetlen rálátást kell biztosítani az IEM vevőantenna és az IEM adóantenna között. A fülmonitor jelek útjában álló tárgyak az árnyékolás miatt csökkenthetik a vételi jelek térerősségét. A adóantenna magasabbra helyezése gyakran segít. A 2,5 m jobb, mint a 1,5 m.

Ugyanaz a szabály vonatkozik az antenna pozíciójára, mint a vezeték nélküli mikrofonok esetében: tartson legalább 4 méteres távolságot az előadótól úgy, hogy az RF szint a vevőegységnél ne legyen túl magas!

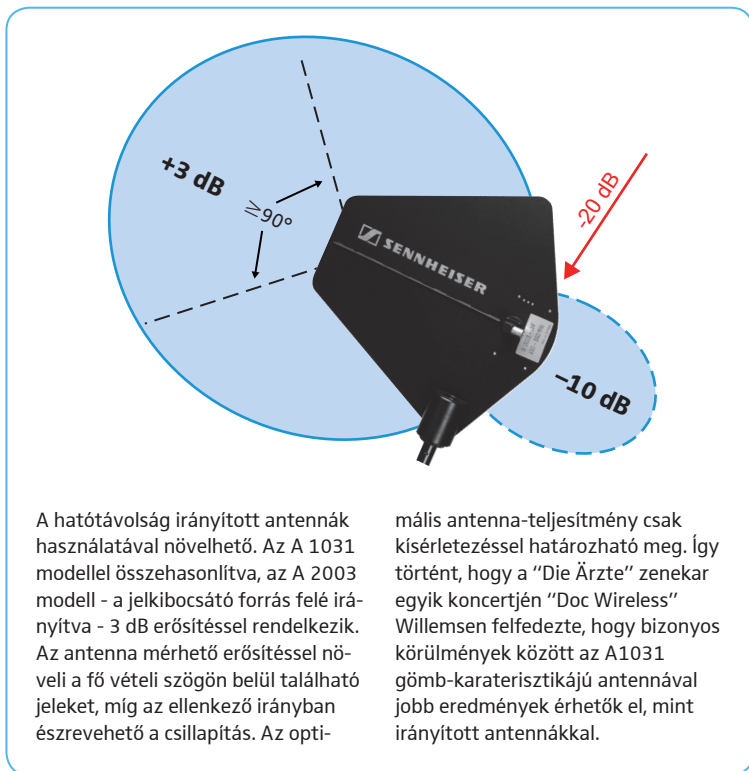
## Adóantenna

Az adóegységek BNC kimenetein található, kisméretű, levehető antennák korlátozott teljesítménnyel rendelkeznek. Az átvitel számára kedvező pozícióban elhelyezett külső antennák sokkal kiválóbb teljesítményt nyújtanak.



### A 1031

A passzív antennák a jelek küldésére és vételére is alkalmasak, legyen szó vezeték nélküli mikrofonokról vagy fülmonitor-rendszerekről. A masszív A 1031 bizonyítottan jól működik a 470 – 870 MHz-es tartományban körsugárzó adóantennaként, illetve a vezeték nélküli mikrofonok esetében gömb-karakterisztikájú vevőantennaként.



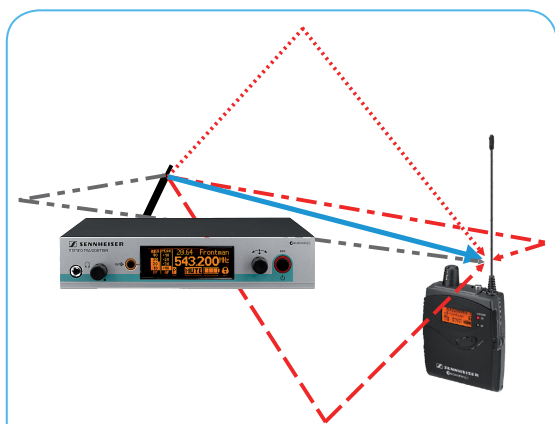
A hatótávolság irányított antennák használatával növelhető. Az A 1031 modellel összehasonlítva, az A 2003 model - a jelkibocsátó forrás felé irányítva - 3 dB erősítéssel rendelkezik. Az antenna mérhető erősítéssel növeli a fő vételi szögön belül található jeleket, míg az ellenkező irányban észrevehető a csillapítás. Az opti-

mális antenna-teljesítmény csak kísérletezéssel határozható meg. Így történt, hogy a "Die Ärzte" zenekar egyik koncertjén "Doc Wireless" Willemsen felfedezte, hogy bizonyos körülmények között az A1031 gömb-karakterisztikájú antennával jobb eredmények érhetők el, mint irányított antennákkal.

## Írányított antennák

Az ún. többutas vétel különleges problémát állít az IEM vevőegység elé. Az elektromágneses hullámok a fémtartalmú tárgyokról, valamint a falakról, a padlóról és a mennyezetről visszaverődve alternatív utakon visszajutnak a vevőegységhez. A fáziskioltások miatt átviteli holtterek alakulhatnak ki, az adóegységtől akár pár méterre is.

Mindenesetre a közvetlenül az RF kimenethez csatlakoztatott teleszkópos antennából minden irányban távozik RF teljesítmény, mivel a teleszkópos antennának - a A 1031-hez hasonlóan - nincs irányítottasága. Az adóegységet akadályozhatja, ha az antennáit takaró rackbe építik. Ráadásul előfordulhat, hogy a rack elhelyezése kedvezőtlen.



Ennek az adóantennának a pozíciója túl alacsony, és a többszörös visszaverődések miatt a vevőegység antennájánál a jelek kombinációjából interferencia jön létre. Ez növeli a jelkimaradások kockázatát.

1.

2.

3.

4.

5.

6.

7.

8.

9.

10.

Az antennák 5–6 m magasan való elhelyezése optimális. A műanyag tasak védelmet nyújt a magas páratartalom okozta kellemetlenségek ellen. Az adó- és vevőantennák elkülönítése megakadályozza a vevőegység bemeneteinek túltelhelését. A különböző magasságokban és megfelelő szögben történő elhelyezés teszi lehetővé a legjobb diversity működést.

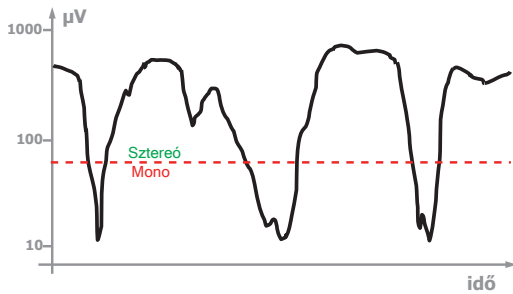
IEM adóantenna A 5000



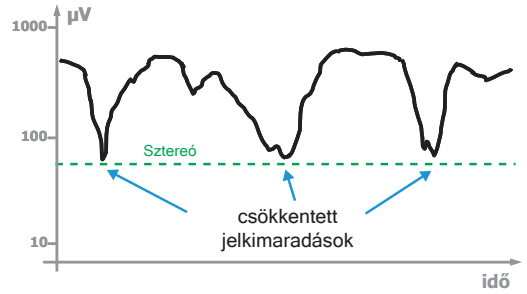
Fotó: Klaus Willemsen

Vevőantennák  
A 1031 és  
AB 3700

### Vételi jelek térerőssége



Egy művész átsétál a színpadon egy fülmonitor vevőegységgel. Fellép a szokásos ingadozás. A grafikonok a vételi jelek erősségének alakulását mutatják, a baloldali grafikon lineárisan polarizált adóantenna használatával,



a jobboldali grafikon pedig körkörös polarizált antenna használatával. A szintesések a sztereo küszöbérték felett maradnak, és a gyakorlatban nem járnak semmilyen kellemetlen következménnyel.

Egy nagyszabású élő televíziós operaelőadás egy tömbházban, melynél 60 db vezeték nélküli mikrofon csatornát és 24 db fülmonitor csatornát használtak.

A főbb szereplők berendezései duplán álltak rendelkezésre (még a mikrofonok is).



Fotó: Klaus Willemsen

## Antenna összegzők

A berlini Nemzetközi Kongresszusi Központban (ICC) megrendezett Echo Díjátadó egy olyan esemény volt, ahol egyszerre 16 db vagy annál is több IEM csatornát működtettek. Ez néhány alapvető kockázatot rejt magában. Az összes adóegység képes hatást gyakorolni egymásra. Az antennák közötti távolságtól függően ez keresztmodulációhoz vezethet. Ez a kockázat összegzők alkalmazásával elkerülhető, mivel ezek megakadályozzák, hogy az adóegység kimeneténél kölcsönös gerjedés lépjen fel. A másik megoldás nagyon konvencionális: az összes adóegységet egymástól távol kell elhelyezni, hogy a teleszkópos antennáik között fellépő kölcsönös interferencia csökkenjen. Ez legalább egy méteres, vagy annál is nagyobb távolságot jelentene az adóegységek között, ami a gyakorlatban ritkán fordul elő, mivel ez óriási mértékben megnehezítené a rendszer összeállítását. Antenna összegzők használatával az összes fülmonitor adóegység egyetlen rackbe rendezhető. Sőt, ezt követően a rack elhelyezése sem számít. Az antenna összegző felépítésétől

függően négy vagy akár nyolc adóegység is tud működni közös antennával.



Ettől az összeállítási módtól mindenáron tartózkodni kell.

1.

2.

3.

4.

5.

6.

7.

8.

9.

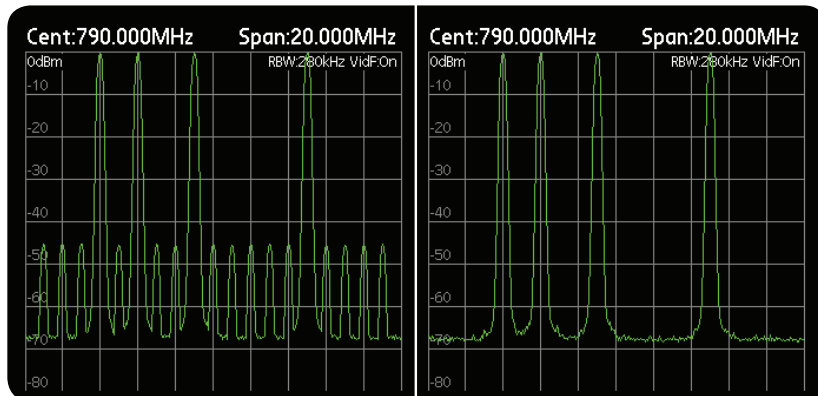
10.



Közös tápáramellátás

Minden egyes antenna összegző bemenet rendelkezik antenna erősítővel, mely az RF jeláramlás "visszacsapó szelepeként" szolgál. Csak egy irányban működik, és kiküszöböli az energia visszacsatolást a jeltovábbítás

többi fázisához. A négy csatlakoztatott adóegység keresztmoduláció mentes marad, és nem zavarja a vezeték nélküli mikrofonok frekvenciáit.



Ezek a képek 4 db SR 300 rendszer átviteli spektrumát mutatják, antenna összegző használata nélkül (balra) és annak használatával (jobbra). A jobboldali ábrán tisztán látható az IM termékek elnyomása.



Rádió rack, 8 db fülmonitor kapcsolattal és 2 db antenna összegzővel: Egy acapella csapat 8 db kézimikrofonjának jeleit küldik egy iker-vevőegységhez.

A rendszernek 2 db adóantennára (összegzőnként egyre) van szüksége a fülmonitor rendszerhez, és 2 db antennára a vezeték nélküli mikrofon vevőegységekhez.

## TalkBack (utasítás) külső közvetítések közben

Külső közvetítések közben - főleg TV közvetítések-nél - a fülmonitorozást "talkback" vagy "riporter cue" funkciónak is nevezik. A technológia évtizedek óta közös, és a talkback kapcsolatok száma néha meg is haladhatja a vezeték nélküli mikrofonok számára szükséges mennyiséget. Például talkback kapcsolaton keresztül lehet irányítani és segíteni egy olyan riportert, aki egy futballstadionban keres interjúalanyt. A hatótávolságot illetően a legmagasabb szintű követelményeknek kell megfelelni, ha a riportert például az alagsori öltözőbe megy. Ilyenkor kivételesen nagy átviteli teljesítményre van szükség, és a riportereket diversity vevőegységekkel (pl. EK 3241) kell felszerelni, hogy a jelkimaradások kezelhetőek legyenek.



### EK 3241

EK 3241 riportert vevőegység, True Diversity technológiával. A moduláris felépítésnek köszönhetően egy övcsipesszel, elemtartó rekeszsel, valamint XLR és jack kimenettel ellátott, speciális dobozban dokkolható.



## Fülhallgató kiválasztás

Sokféle fülhallgató kapható, és gyakran nem könnyű megtalálni az illető számára ideális, "személyes fülmonitort". A fülhallgató kiválasztásánál a következő szempontok játszanak közre:

- Legyen diszkrét megjelenésű, vagy akár teljesen elrejthető.
- Közvetítsen teljes, gazdag hangzást.
- Illeszkedjen szorosan, úgy, hogy a színpadról érkező magas hangnyomás se változtassa meg a művész számára a fülhallgatón keresztül érkező hangzásoképet.

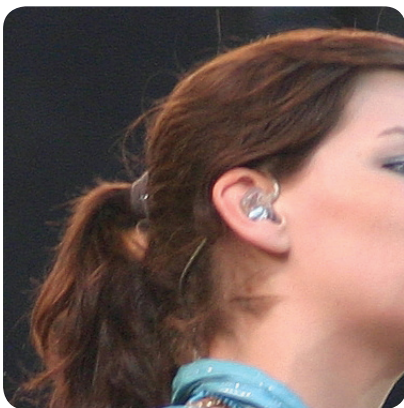
Vannak olyan modellek, melyek a gyártó fülmonitor rendszereivel kaphatók, de számos professzionális felhasználó részesíti előnyben az egyedi fülhallgatókat. A különösen igényes vásárlók szakemberekkel készítetik el személyre szabott fülhallgatójukat. Ebben az esetben egyedi fül dugót készítenek mind a két fülhöz, melynek során először mintát vesznek mindkét fülről, majd a minta alapján elkészített fül dugót ellátják jelátalakítóval (szélessávú vagy többcsatornás).

Az ily módon elkészített fülhallgatóknak olyan erős a környező zaj csillapításuk, hogy a zenészek akár elveszettnek is érezhetik magukat a színpadon. Többé nem tudnak kommunikálni kollégáikkal és elvesztik a kapcsolatot a közönséggel, nem érzékelik az emberek reakcióját. Ilyenkor atmoszféramikrofon jeleit lehet a fülmonitor mixbe keverni. Ha például két MKH 416 vagy MKH 8060 rövid

puskamikrofont fordít balra és jobbra, a színpadtól a közönség felé irányítva, az elegáns megoldás. Továbbá egy MKE 44 P sztereó mikrofon rögzítheti a színpadi történéseket. Azután a monitor hangmérnök ezeknek a mikrofonoknak a jeleiből személyre szabott fülmonitor-mixet hozhat létre, az egyedi szükségleteknek megfelelően.

Alternatív megoldásként a fül dugókat meghatározott nyílásokkal látják el, így azok nem zárják ki a hangot teljes mértékben. Ráadásul ezzel csökken a csontok által vezetett alacsony-frekvenciás zaj a fejben.

Sok zenésznek és énekesnek kell hozzászoknia ehhez az új technológiához, amikor először használ fülmonitor rendszert. A hangzás összehasonlíthatatlanul tisztábban érzékelhető. Ami hiányzik a monitorlás rendszerhez képest, az az erős basszus, ami még a gyomorban is érezhető. Valamint a hangzás olyan tiszta, hogy sok énekes a szokásosnál halkabban énekel. A közönségnél ez az érzelmi reakció hiányát idézi elő, és a művésznél egyéb módot kell találnia arra, hogy feltöltődjön. Olyan történetek is vannak, hogy egy zenekar tagjai próbák közben fülmonitorokkal gyakoroltak és már az első alkalommal rájöttek, hogy azelőtt mennyire rossz volt az intonáció. Van olyan, aki a fülmonitor használatát először nehéznek vagy illúziórombolónak találja, de a tiszta monitor hangzásnak végül is örülnek, mivel ez az előadások minőségének javítását szolgálja.



Jellegzetes fülhallgató, egyedi fül dugókkal.



### IE 4

IE 4 fülhallgató, dinamikus szélessávú jelátalakítókkal. 1 V-os kimenő-feszültségüknek köszönhetően ezek a fülhallgatók 130 dB-es hangnyomásszintet is elérhetnek, még a basszus-tartományban is alacsony torzítás mellett. A szilikon fül dugók kényelmesen illeszkednek a hallójáratba. A kisebb méretű fülekhez szűkebb dugókat is ajánlanak (belépő szintű professzionális kategória).

1.

2.

3.

4.

5.

6.

7.

8.

9.

10.

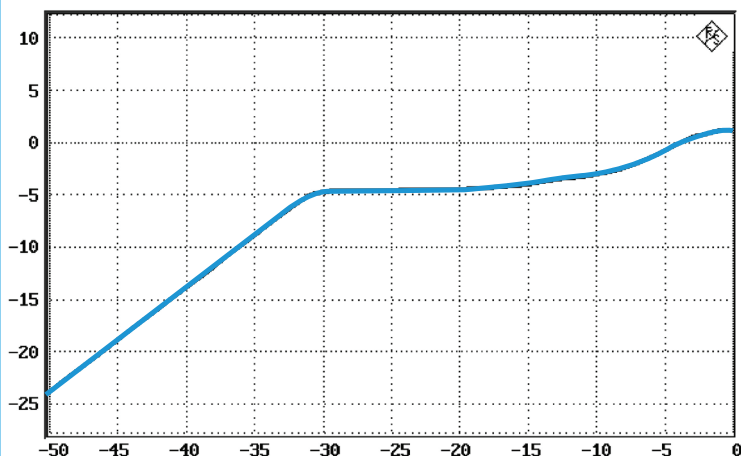
## Fejhallgató és hallásvédelem

A kiválasztott hangerőszint hatással van a vevőegység elemeinek/akkujának élettartamára. Teljes hangerő mellett az elemek három óra elteltével lemerülhetnek. A vevőegység jelentős tartalék hangerővel rendelkezik, hogy a halláskárosodásban szenvedő zenészek számára is teljes értékű hallgatási élményt biztosítson. Sok ép hallású zenész érzi úgy, hogy a nagy hangerő adja meg nekik a szükséges "lökést". Természetesen a jelátalakító fülhöz közeli elhelyezkedése miatt különösen magas a halláskárosodás kockázata. A vevőegység választható limiterre védelmet nyújt. Rengeteg teszt elvégzését követően a limiter jelleggörbéjét ezen alkalmazás speciális szükségleteinek megfelelően optimalizálták.

A dinamikus jelátalakítók maximális hangnyo-

másukat 130 dB körül érik el. Azon zenészeknek, akiknek többre van szükségük, olyan mágneses rendszereket kell használniuk, mint amelyeket a hallássegítő eszközökben alkalmaznak. Ezek a fülhallgató típusok is kb. 130 dB-es maximális hangnyomásszinttel rendelkeznek, de magasabb torzítási szintjük a nagyobb hangerő illúzióját kelti. Ezeket általában két-utas rendszerként építik meg, mivel a mágneses jelátalakító nem tudja lefedni a teljes hallási spektrumot. Természetesen ez növeli a rendszer bonyolultságát, és így az árát is.

**i** Ehhez kapcsolódó információ, hogy a sztereó átvitel során a 15 kHz feletti frekvenciák meredeken vágásra kerülnek, attól függetlenül, hogy a fülhallgató képes-e hangot megszólaltatni ebben a tartományban.



Az EK 300 IEM limiterének viselkedése. A PML szint alatti 30 dB-ig a kimeneti feszültség arányosan növekszik. Azt követően, a további növekedés 10:1 tényezővel csökken. Így, ha a fülhallgatót 130 dB körüli, maximális hangnyomással használja, kb. 100 dB-nél működésbe lépnek a fékek, és csupán 106 dB SPL (hangnyomásszint) érhető el.

A következő tapasztalatok és hallásvédelmi szabályok érvényesek a fülmonitor-rendszerek használatára:

- A fejhallgatókat/fülhallgatókat hajlamosak vagyunk nagyobb hangerővel hallgatni, mint a hangfalakat.
- Az extrém hangerő még rövid időtartam alatt is károsíthatja a hallást.
- A fül dugók behelyezése előtt állítsa a vevőegység hangerejét a legalacsonyabb szintre!
- Kapcsolja be a vevőegység limiter funkcióját!
- Várjon, amíg a monitor mix bekapcsol, és csak utána kezdje el növelni a hangerőt!



A vevőegység paraméterek infravörös interfészen keresztül történő beállítása csökkenti a hiba előfordulás kockázatát.

1.

2.

3.

4.

5.

6.

7.

8.

9.

10.



# 7. Gyakorlati tanácsok

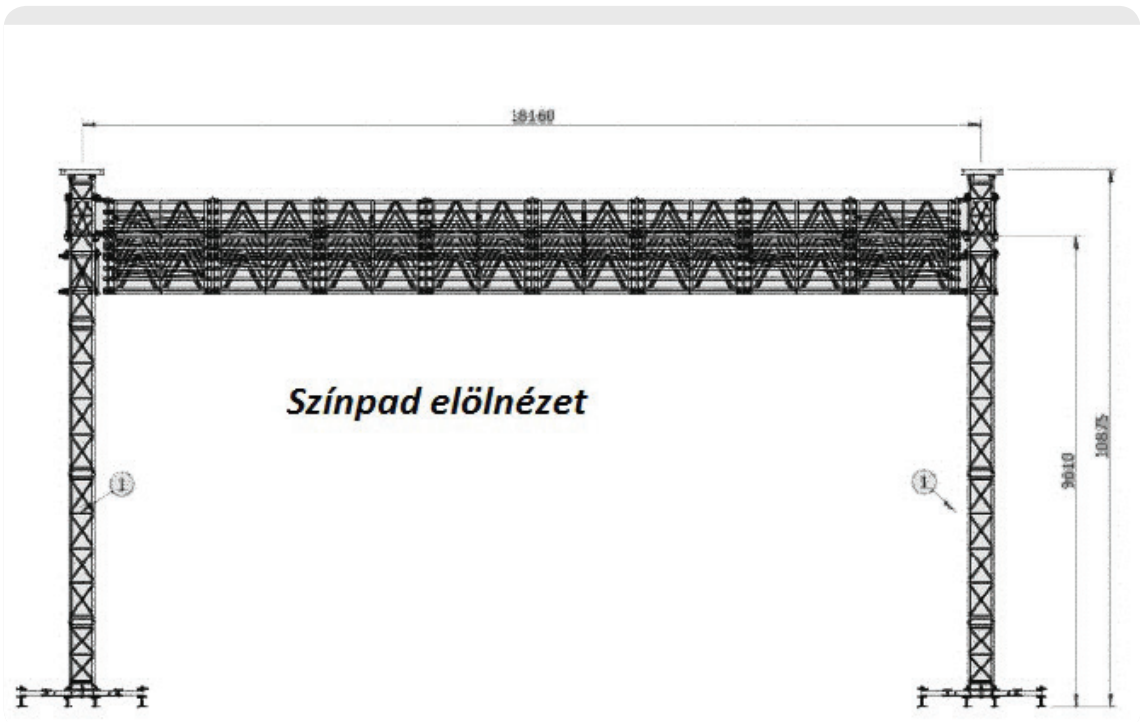
## Feladat ismertetése

Egy szabadtéri koncerten a program különböző részeit vezeték nélküli mikrofon technológia használatával kell megoldani. Ez rádiómikrofonok, valamint fülmonitor rendszerek használatát foglalja magában.

A szükséges alapeszközök a következő táblázatban láthatók:

Mennyiség	Felhasználó	Eszközök	Használat helye
1	Konferanszié	Mikrofon	Színpad/ Nézőtér
2	Színész	Mikrofon	Színpad
1	Komikus és akrobaták	Mikrofon	Színpad / Nézőtér
3	Énekes (hangszerkíséret nélkül)	Mikrofon / Monitor	Színpad
1	Szervező	Monitor	Backstage / Nézőtér

A fenti szükségletek figyelembevételével tervezze meg a mikrofon-összeállítást és az antenna-rendszereket, valamint az adó- és vevőegységek számára szükséges technológiát!



1.

2.

3.

4.

5.

6.

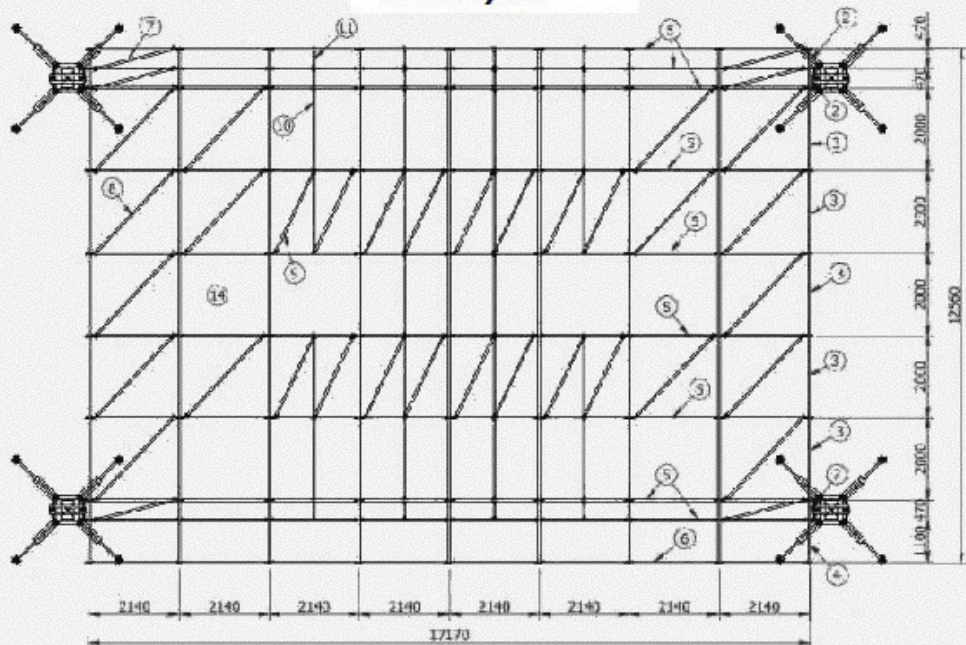
7.

8.

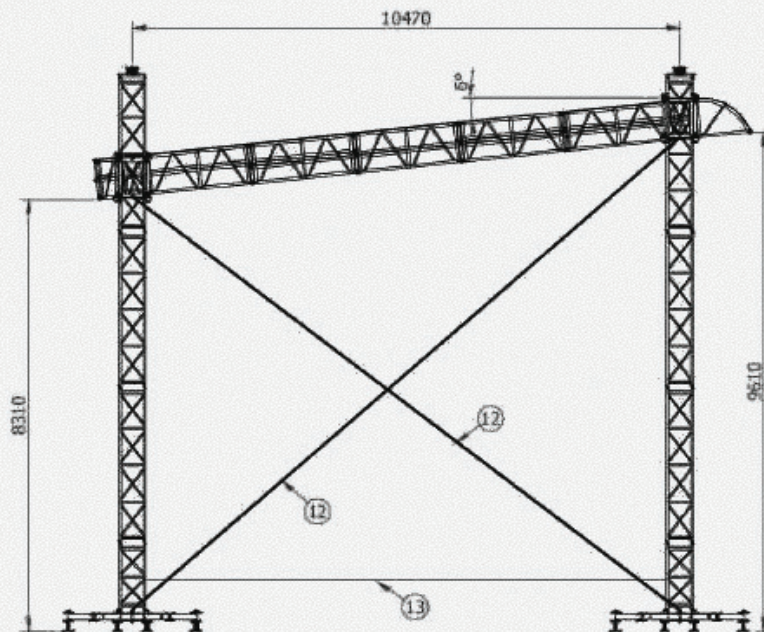
9.

10.

### Állványzat



### Színpad oldalnézet

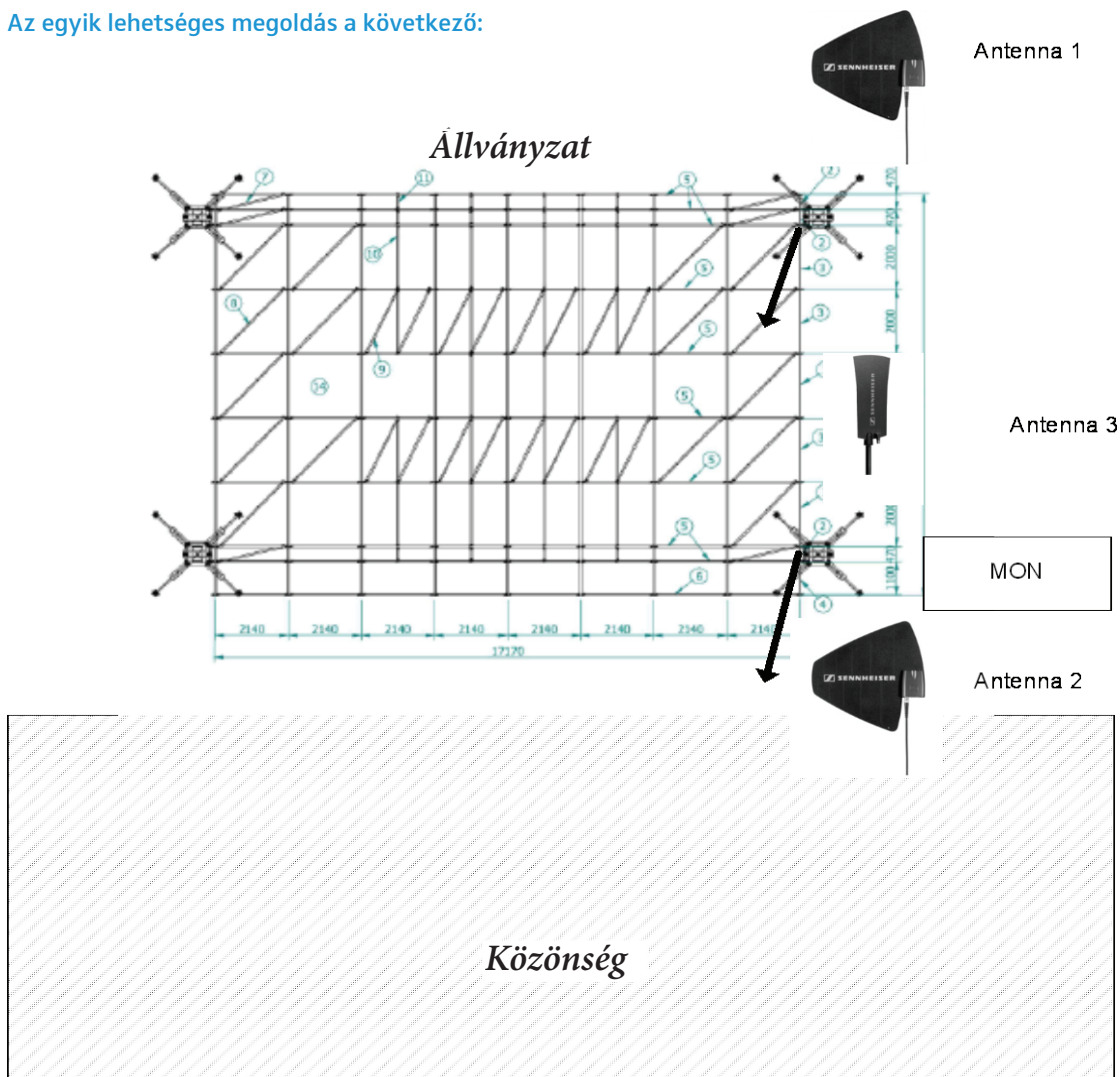




#### További információk:

- Nézőtér = 700 m<sup>2</sup>  
(20 m x 35 m)
- FOH terület  
a színpadtól számított kb. 25 m
- Monitor pozíció: a színpad mellett,  
jobbra

Az egyik lehetséges megoldás a következő:



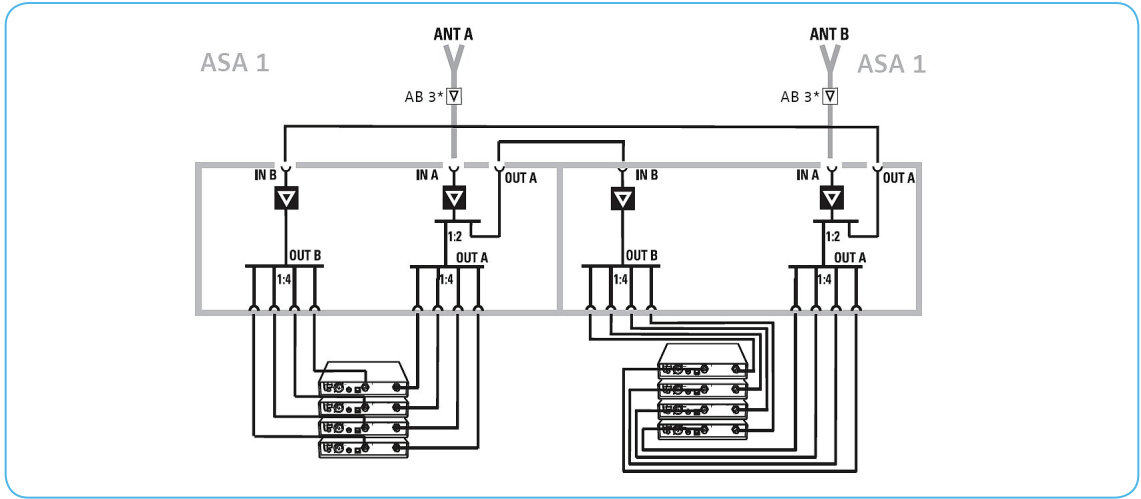
A vevőegység-antennák a vázszerkezetre vannak erősítve 4 m magasságban, hogy megfelelő legyen a távolság a színpadon működő adóegységekhez képest. Az antennák a közönség felé vannak irányítva, hogy biztosan tudják venni a moderátor jeleit, aki körbe-körbe jár.



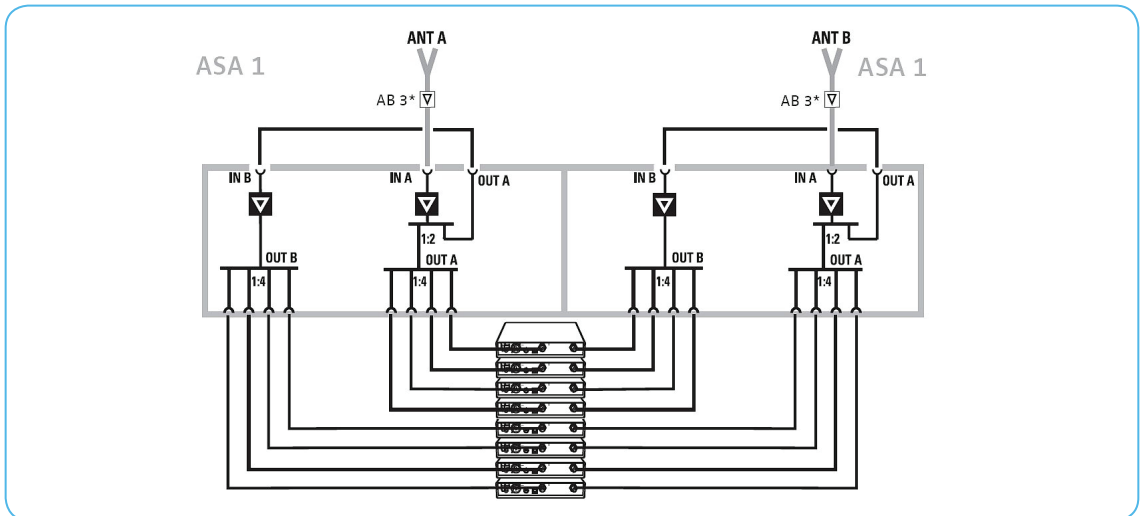


Középméretű vevőegység-rendszer, nyolc csatornával és két vevőantennával.

Két ASA 1 kapcsolható össze a beépített antenna-elosztón keresztül az IN A bemenetnél, és 2 x 1 elosztóvá válik: 8



Alternatív megoldás:



Általában az alternatív megoldás a biztonságosabb, mivel az egyik antenna-elosztó táplálja az összes A (I) vevőegység bemenetét, míg a másik az összes B (II) vevőegység bemenetét! Ez minimálisra csökkenti a csatlakozók felcserélésének kockázatát, amikor véletlenül egyetlen antennáról táplálják mindkét antenna bemenetét, amittől a vevőegység többé már nem diversity-üzemmódban működik.

Fülmonitor rendszerek és rádiómikrofonok frekvenciáinak beállítása. A kézmikrofonok a színes ragasztószalagok segítségével könnyen beazonosíthatók. Ez akkor fontos, ha az előadás közben a művészek kezébe kell adni a mikrofonokat és a hangmérnöknek közben minden másra is figyelnie kell.



- 1.
- 2.
- 3.
- 4.
- 5.
- 6.
- 7.
- 8.
- 9.
- 10.



### WSM

A Wireless Systems Manager szoftver segíti a backstage csapat munkáját. Az elemek töltöttségi szintje, az audioszint és az RF szint könnyen ellenőrizhető, csak egy gyors pillantást kell vetni a képernyője.



Az egymás közvetlen közelében működtetett adóegységek magas keresztmodulációs kockázatot jelentenek! A frekvencia konfiguráció során rendszerint nem veszik figyelembe az ötöd- és az annál magasabb-rendű keresztmodulációs frekvenciákat! Kb. 20 cm-es távolság tartásával ki lehet védeni ezt a fajta interferenciát!

A vezeték nélküli technológia a legtöbb esetben problémamentesen fog működni. A bonyolultabb rendszer mindamelllett nagyobb odafigyelést kíván. A tervezés, az összeállítás és a működtetés némi tapasztalatot, kitartást és türelmet igényel.

A hibaelhárítás kihívást jelenthet, ha röviddel az előadás megkezdése előtt lépnek fel problémák. Ilyen helyzetben az ellenőrzési pontokat és az alapszabályokat tartalmazó lista útmutatást adhat.

## A vezeték nélküli mikrofonok és fülmonitor rendszerek működtetésére vonatkozó alapszabályok



1. Először a vevőegységeket kapcsolja be, majd a fülmonitor adóegységeket!
2. Ne használjon különböző kompander rendszereket az adó- és vevőegységben!
3. Ügyeljen a csíptetős mikrofonok és a kábelek helyes elhelyezésére!
4. Ügyeljen az új elemek helyes behelyezésére!
5. Állítsa be az adóegység bemeneti érzékenységet!
6. Hagyjon minimum 20 dB-es audio tartalékot!
7. Soha ne működtessen két adóegységet egyazon frekvencián!
8. Tartson kb. 1 cm minimális távolságot a test és az adóegység antenna között!
9. Az adóegységek és a vevőegység antennák közötti távolság nem lehet kisebb 4 m-nél!
10. Az azonos polarizációjú Tx és Rx antennák adják a legjobb szinteket.
11. Antenna-erősítő nélkül az antennakábel hossza ne haladja meg a 10 m-t!
12. A biztonságos működéshez 100  $\mu$ V feletti átlagos antennaszintekre van szükség.
13. Kapcsolja ki a vevőegységeket, ha a többszörös rendszer adóegységei nincsenek bekapcsolva!
14. A hatótávolság tesztelés közben a diversity kapcsolási funkciónak gyakran működésbe kell lépnie.
15. Az RF vivőfrekvenciák közötti távolságot ne engedje 0,375 MHz alá!
16. Időnként futtassa a frekvencia-pásztázási funkciót!
17. A rádiómikrofonok és a rádiómonitor rendszerek közötti minimális frekvencia távolság: >8 MHz.
18. Ne keverjen különböző frekvencia-bankokat egy többszörös rendszerben!
19. Ne keverje a fülmonitorok és a vezeték nélküli mikrofonok frekvencia-bankjait!
20. Tartson min. 5m-es távolságot az IEM és a rádiómikrofon antennák között!
21. Alkalmazzon aktív antenna-kombinereket a többszörös fülmonitor-rendszerekhez!
22. Ne kösse kaszkádba az antenna-összegzőket!
23. Az IEM adóegységekhez irányított antennákat használjon!
24. Használjon 50 Ohm-os impedanciával rendelkező RF kábeleket!
25. Használjon mono üzemmódot az IEM rendszerek számára kritikus helyzetekben!
26. Körültekintően helyezze fel a fülugókat!
27. Készítsen elő tartalék rendszereket!

1.

2.

3.

4.

5.

6.

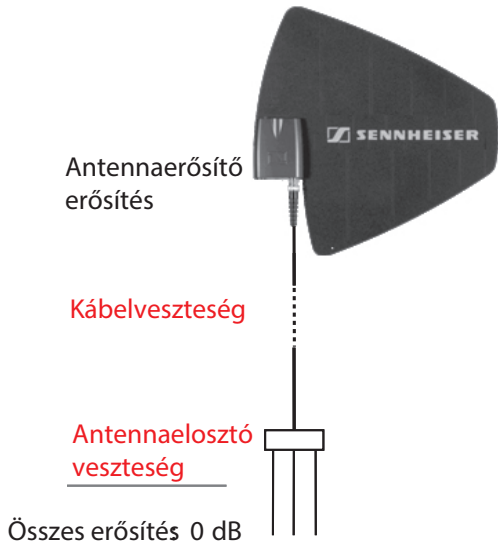
7.

8.

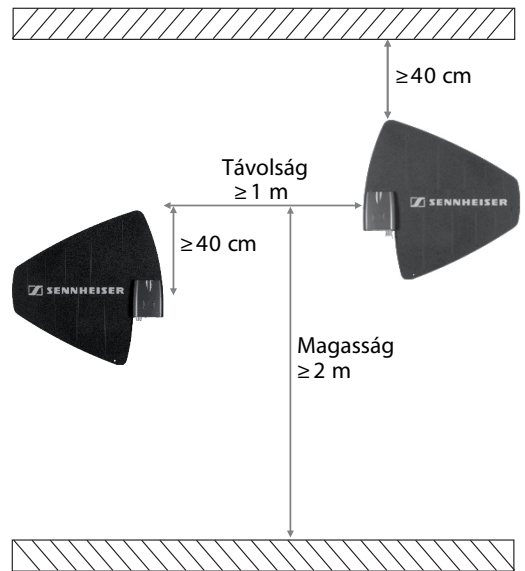
9.

10.

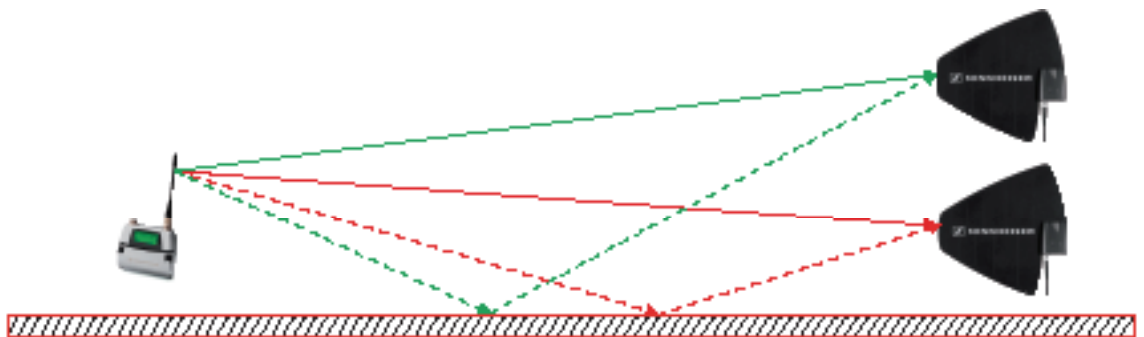
### Antenna erősítés



### Vevőantenna pozíció



### Vevőantenna pozíció



Az RF jel erősségének csökkenése a talajról történő visszaverődéseken keresztül



## Adó-/vevőantenna pozíció



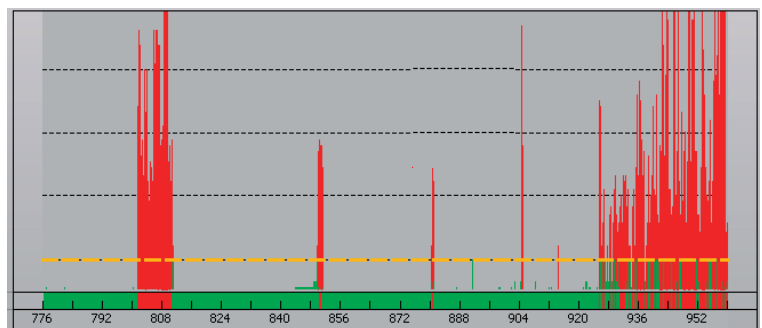
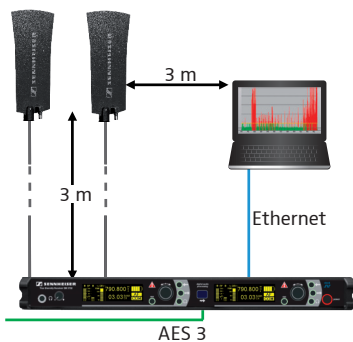
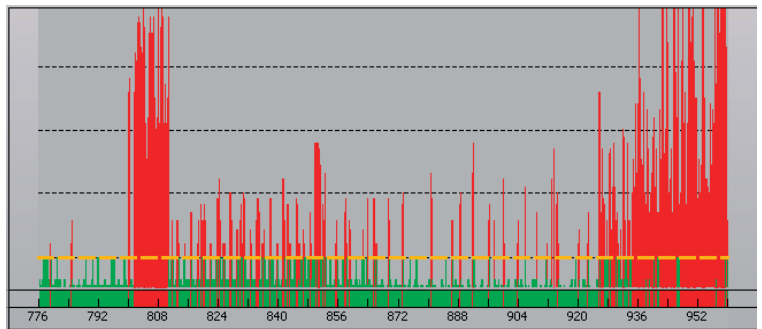
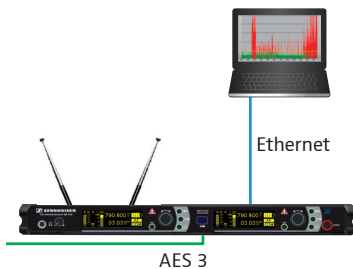
## Vevőantenna

## RF-interferencia kockázati források:

- Kapcsolós tápszolgáltatás
- Hálózati kábel
- Audio kábel (AES 3)
- Ethernet kábel
- Számítógép



## Vevőantenna



Az adatfolyam némi mellékullámot hoz létre, ami interferenciát okozhat.

Az adóegységek közvetlen közelében lévő antennák könnyen befoghatják a rossz jeleket.

Helyezze az antennákat néhány méter távolságra a rack-ektől, és a frekvencia-pásztázási funkció jobb eredményeket fog mutatni.

- 1.
- 2.
- 3.
- 4.
- 5.
- 6.
- 7.
- 8.
- 9.
- 10.

## Vevőegység Többcsatornás működés

### 1. Kapcsolja be az összes vevőegységet (mikrofon és IEM)!

- Ellenőrizze az RF-szinteket (megf. érték:  $\leq 2\mu\text{V}/6\text{ dB}\mu\text{V}$ )!

### 2. Kapcsolja be az összes IEM-adóegységet!

- Ellenőrizze a Mic-Rx RF-szinteket (megf. érték:  $\leq 2\mu\text{V}$ )!

### 3. Kapcsolja be az összes vezeték nélküli mikrofont, és aktiválja a "Lock" funkciót!

- Ellenőrizze az elem töltöttségi szintjét (megf. érték: "full" (teljesen feltöltve))!
- Az összes adóegység folyamatosan be van kapcsolva (a tartalékok is), hogy blokkolják a frekvenciákat!

## Frekvencia számítás, SIFM paraméter beállítások

Default Checks :	Min. Distance :	
<input checked="" type="checkbox"/> Spacing	<input type="text" value="0.400"/>	Mikrofonok
<input checked="" type="checkbox"/> 2Tx IM(3)	<input type="text" value="0.100"/>	max. csatornaszám
<input type="checkbox"/> 2Tx IM(5)	<input type="text"/>	
<input type="checkbox"/> 3Tx IM(3)	<input type="text"/>	

<input checked="" type="checkbox"/> Spacing	<input type="text" value="0.400"/>	Mikrofonok
<input checked="" type="checkbox"/> 2Tx IM(3)	<input type="text" value="0.100"/>	max. keresztmodulációs biztonság
<input type="checkbox"/> 2Tx IM(5)	<input type="text"/>	
<input checked="" type="checkbox"/> 3Tx IM(3)	<input type="text" value="0.050"/>	

<input checked="" type="checkbox"/> Spacing	<input type="text" value="0.400"/>	Vezeték nélküli fülmonitorozás
<input checked="" type="checkbox"/> 2Tx IM(3)	<input type="text" value="0.200"/>	
<input type="checkbox"/> 2Tx IM(5)	<input type="text"/>	
<input checked="" type="checkbox"/> 3Tx IM(3)	<input type="text" value="0.100"/>	

## RF többcsatornás működés

Ne használja ugyanazokat a frekvenciákat egyazon a vevőegységben!

Kerülje el a belső oszcillátorok keltette hallható interferencia kockázatát!

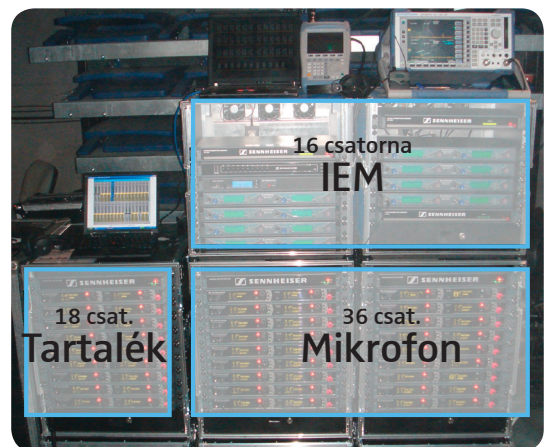


Készítsen elő tartalék-rendszereket!

A tartalék-rendszert ne ugyanahhoz a vevőegységhez jelölje ki!

Főrendszer

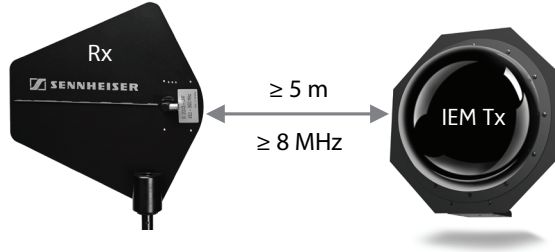
Tartalék-rendszer



### RF többcsatornás működés Mikrofon / Fülmonitor (IEM)

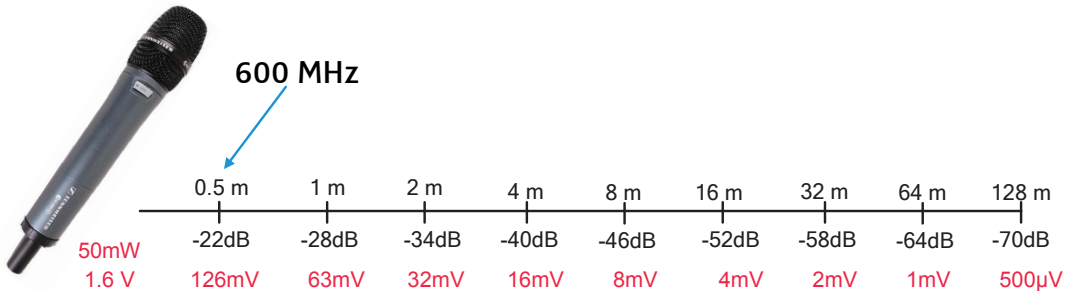
#### 1. Kapcsolja be az összes vevőegységet (mikrofon és IEM)!

- A mikrofon vevőegység és az IEM adóantennák közötti minimális távolság 4 m.
- Az IEM és a mikrofon rendszerek közötti minimális frekvencia távolság  $\geq 8$  MHz.



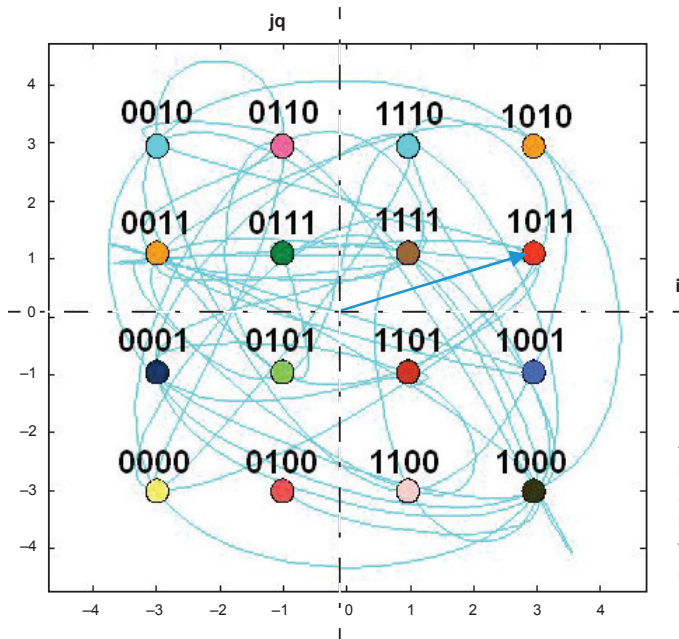
### Szabad térben terjedő jel jelút veszteségének számítása

22 dB veszteség az első hullámhossznál + 6 dB minden egyes távolság duplázásánál



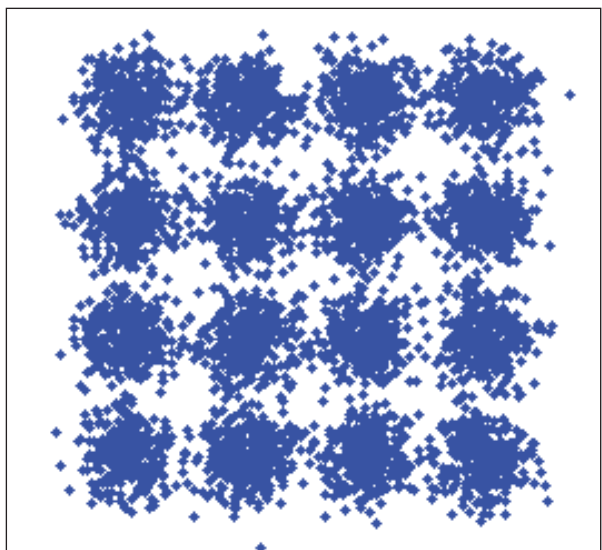
- 1.
- 2.
- 3.
- 4.
- 5.
- 6.
- 7.
- 8.
- 9.
- 10.

## Digitális moduláció – vivőjel/zaj arány vagy interferencia



A türkiz színű vonalak egy digitálisan modulált vivőjel pályáit jelölik. Minden egyes konstelláció pont (CP) rendelkezik egy bizonyos amplitúdóval és vivőhullám fázissal, hogy reprezentálja a megfelelő Bit-karakterisztikát.

A vivőjel/zaj viszony meghatározza a konstelláció-pont (CP) méretét, és így az elküldött jellel és Bit-karakterisztikával kapcsolatos döntés megbízhatósági szintjét.



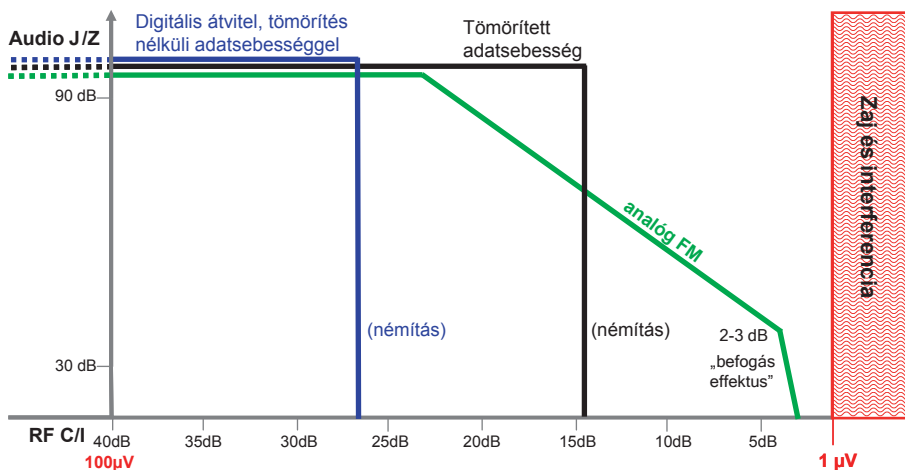


# 8. Vezeték nélküli audio jeltovábbítás, digitálisan modulált rádiófrekvenciával

A "digitális" varázsszó azt a benyomást kelti, hogy hirtelen minden jobb lesz. Kevesebb zajt, kevesebb torzítást, kisebb interferencia kockázatot, általánosan jobb hangzást és nagyobb frekvencia hatékonyságot várnak el a rendszertől.

A digitális technika a mikroportok esetében valójában számos előnnyel jár. Így a digitalizáció magában rejti azt a lehetőséget, hogy a jelenlegi kompander technológiához képest jelentősen javítsa a hangminőséget. Az audio adattömörítést nélkülöző rendszerek a vezetékes mikrofonok hangminőségét is elérik. Rendszerint még hangtömörítés (ún. audio kodekek) alkalmazása esetén is elérhető olyan hallgatási minőség, melyet a korábbi analóg mikrofonok nem tudtak biztosítani, különösen olyan kritikus jelek esetén, mint a csörgődob, vagy a taps hangja.

A Sennheiser electronic 1999-ben kezdte meg a digitális vezeték nélküli mikrofonok első generációjának gyártását. Mindamellett a rendszereket egyszerű 2-FSK modulációval tervezték a 900 – 925 MHz-es tartományhoz (az Egyesült Államok piacán kizárólag az ISM frekvenciasáv számára fenntartott tartomány). De ezeket most már megszüntették és hosszú ideje nem gyártják. A fő probléma a hatalmas spektrumigény volt. Ha egy kapcsolathoz 5 MHz-re volt szükség, a rendszer 25-ször nagyobb sáv szélességet igényelt, mint az egyéb frekvencia-tartományokban megengedett!



## Az ábra mutatja a különböző átviteli jellemzők esetén tapasztalható különbségeket

A vevőegység jel/zaj viszonya egy nagy térerősség tartományon keresztül, folyamatosan magas marad. Minél nagyobb az adatátvitel sebessége, annál nagyobb C/I értékre van szükség a megbízható átvitelhez. Analóg átvitelnél: ha a térerősség a referencia érték alá esik, a jel/zaj viszony arányosan csökken. Digitális átvitelnél: a jel/zaj viszony egészen addig állandó marad, amíg a térerősség a referencia érték alá nem süllyed, majd azután hirtelen elnémul a jel (Mute).

A zaj és az interferencia jellemző értékei (melyek a megfigyelt dinamika-tartomány alapját képezik) széles tartományban változhatnak. Csendes környezetben az egyedüli korlátot a vevőegység érzékenysége jelenti, kb. 0,5  $\mu\text{V}$ -nál. Nagyszabású koncerteken (nagy felületű, interferenciát okozó videó falakkal) 5  $\mu\text{V}$ -ot is mértek.

Ez a zajküszöb növeli a biztonságos működéshez szükséges térerősség minimum-követelményét. Ábránkon a legkisebb használható szint a tömörített digitális jelek esetén kb. 24 dB $\mu\text{V}$  (16  $\mu\text{V}$ ) értékre emelkedne.

Tömörítés nélküli üzemmódban min. 90  $\mu\text{V}$ -ra van szüksége. Ez alatt az érték alatt a jel azonnal némításra kerül. Ráadásul - az elektromágneses hullámok többutas kibocsátásából eredően - az térerősség visszaesését okozó erős visszaverődésekből eredően - az elhalkulás miatti tartalékkal is számolni kell.

Ami egy analóg jelben további zajt okoz, az a digitális jelben jelkimaradásokhoz vezethet. Annak érdekében, hogy élő közvetítések közben ezt elkerülhessék, egy adattömörítéssel rendelkező, masszívabb megoldást részesítenek előnyben. Akár digitális, akár analóg átvitelről van szó, a vevőantenna okos elhelyezése észrevehetően javítja a jel-zaj viszonyt és ezért megbízható átvitelt biztosít.

1.

2.

3.

4.

5.

6.

7.

8.

9.

10.

Azóta minden gyártó hosszú utat tett meg. A vezeték nélküli mikrofon rendszerek néhány éve a megengedett 200 kHz-es RF sáv szélességen belüli digitális adatátvitellel kaphatók. Számos módszert dolgoztak ki a modulációt és az adattömörítési eljárást illetően.

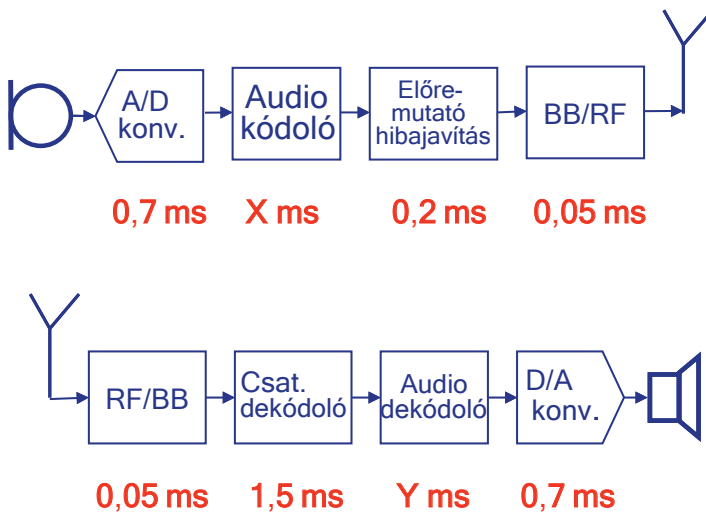
Mindezt annak az egyszerű ténynek az ismeretében, hogy bár a fizikai és jogi korlátok nem tesznek lehetővé tökéletes megoldást az adatsebességet, a hatótávolságot és az interferenciával szembeni ellenálló képességet illetően, de ésszerű kompromisszumok köthetők a különféle alkalmazások és interferencia források közt. Az analóg FM mikrofonok jelentik azt a mércét, melyek alapján a digitális átvitelt értékelik, és 50 éves fejlődési időszakkal a hátuk mögött ezek igazán magas színvonalat képviselnek.

Miközben a hangminőség és a csatornaválaszték tekintetében a digitális túlszárnyalja az analóg átvitelt, az analóg ellenálló az interferenciával szemben, különösen akkor, ha a zaj ugyanazon a csatornán van. Az FM átvitelnél ilyen esetben ún. "befogás effektus" érvényesül. Ez azt jelenti, hogy az azonos frekvenciájú zajjal egészen addig nem hallható, amíg a vételkor a kívánt RF jel egy kicsit is erősebb. Ha a zajjal szintje növekszik, vagy a vivőfrekvencia szintje csökken, az interferencia teret kap az átvitelben és az audio jel elnyomásra kerül. Ez az "összeomlás" kb. 2 dB C/I (vivőjel/interferencia) értéknél következik be. A jelenség nem spontán mó-

don következik be, sőt, inkább előre jelzi érkezettél által, hogy csökken az továbbított audio jel jel-zaj viszonya. Az első behatás az interferencia növekedésével (kb. 10 dB C/I értéknél) egy modulálatlan átvitelben megnövelt zajküszöbként lesz hallható. Kb. 5 dB C/I értéknél 40 dB jel-zaj viszony marad. A pszichoakusztikus hatásoknak köszönhetően az audio jel folyamatos romlása alacsony C/I arányokkal, rövid időtartamok esetén alig érzékelhető.

Egy tipikus digitális átvitel a jel-zaj viszonyt állandó magas szinten tartja, és szinte észrevétlenül némítja a hangot, ha az interferencia túl erőssé válik. A gyártónak módot kell találnia arra, hogy jelezze az átvitel korlátait, és például a hibaelrejtés technikáját alkalmazva pszichoakusztikailag elrejtse a rövid ideig tartó átviteli hibákat. Ez némi kreativitást igényel. Digitális jelek esetében az interferenciával szembeni ellenálló képesség - vagyis a megbízható átvitelhez szükséges C/I érték - közvetlenül kapcsolódik a továbbított audio jel adatsebességéhez. Ezért ésszerű kompromisszumokat kell kifejleszteni, vagy az ügyfélnek kell elég rugalmasnak lennie, hogy reagálni tudjon a változó elektromos interferencia által támasztott követelményekre. A változási tartomány határértékei: kb. 25 dB C/I (hangtömörítés nélküli átvitelnél) és <10 dB C/I (4-8-szoros tömörítési tényező esetén).

**További kihívást jelent, hogy a digitális rendszerek késleltetést visznek a jelútba.**



Ez a jelutat szemléltető folyamatábra mutatja az adó- és vevőegységben jelentkező késleltetési időket. Minél több idő áll rendelkezésre a hibajavításra, az annál hatékonyabban működik. Kb. 1,4 ms-mal kell számolni az AD-DA átalakításnál. A hangtömörítés és -kibontás a folyamatot - a használt eljárástól függően - néhány mintaértéktől (<0,1 ms) néhány milliszekundumig (x+y) késlelteti.

Ezért digitális mikrofonok esetén egy  $\geq 3$  ms-os késleltetésre kell számítani az analóg bemenet és az analóg kimenet között. Ha a használt audio kodek algoritmikus késést mutat (pl. 2 ms), ez hozzáadásra kerül az átviteli lánc egészéhez, pont úgy, mint a keverőből és a jelprocesszorokból eredő késleltetés.

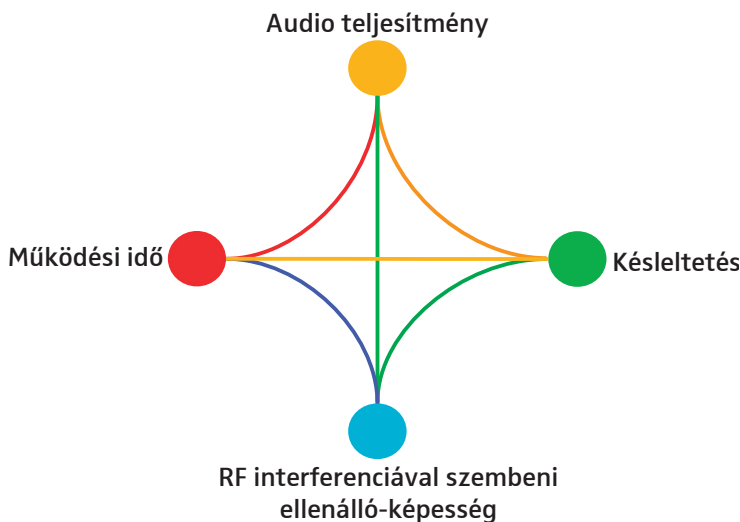
Általában összesen max. 10 ms késleltetési idő kevés problémát okoz, de a szakemberek véleménye megoszlik ezzel kapcsolatban.

Így egy énekes először a test rezgésén keresztül hallja magát, majd azután egy kis késéssel a fülmonitron keresztül. Ez a két jel azonos, de különböző késleltetési idővel érkezik. Amikor a hangok keverednek a fülben, a késleltetés megváltoztatja a hangzást, amelyet mindenki különbözőképpen érzékel.

Ezért nem léteznek még digitális átvittel rendelkező fülmonitor rendszerek. Gyakorlati tapasztalatból nyert értékek:

	Moduláció típusa	Adattömörítés	RF C/I	Latencia-idő	Hang-minőség
Analóg frekvencia moduláció	FM	Kompander 2:1, Előkiemelés/utóelnyomás	5 dB	$>0,05$ ms	***
Frekvencia-eltolás billentyűzés	FSK	igen	13 dB	$\geq 3$ ms	***
Négyszintű fázis-eltolás billentyűzés	QPSK	igen	10 dB	$\geq 3$ ms	****
Négyszintű amplitúdó moduláció	QAM64	nem	25 dB	$\geq 3$ ms	*****

Minél több mintát továbbítanak, annál magasabbak a követelmények az átviteli frekvenciához kapcsolódó spektrum-tisztaságra vonatkozóan.



A digitális vezeték nélküli mikrofon rendszerek teljesítménye ezeknek a követelményeknek a kölcsönhatástól függ. Így a nagy audio adat sebesség (kismértékű tömörítés) kompromisszumokat követel az interferenciával szembeni ellenálló-képességet és az adóegység akku élettartamát illetően. Az interferenciával szembeni ellenálló-képesség további késleltetés árán javítható. Az egyik paraméter extrém igényei a többi paramétert illetően kivédhetetlen kompromisszumokhoz vezetnek. Ezért nem lehetséges a digitális átviteli rendszerekről általános

értékelést készíteni. A legjobb megoldás, ha egy konkrét felhasználásnál a rendszert az adott alkalmazás követelményeihez igazítják. Mivel az összes gyártóra ugyanazok a fizikai törvények és jogi szabályozások vonatkoznak, a sokat emlegetett és gyakran ígért "tökéletes megoldás", mely mindenben tökéletesebb elődjénél, sohasem létezik. Mindamellett az általános technikai fejlődés kétségtelesen biztosítani fogja, hogy a vezeték nélküli mikrofonok későbbi generációi egyre inkább digitálissá válnak.

1.

2.

3.

4.

5.

6.

7.

8.

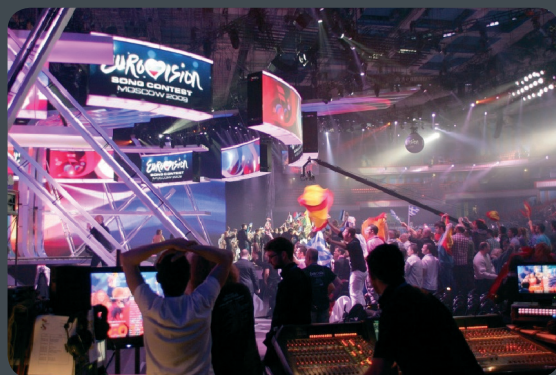
9.

10.



# 2009-es Eurovíziós Dalverseny

## Moszkva



## 9. Vezeték nélküli kalandozások

Minden normál összeállításokkal dolgozó szakember tud tanulni ezekből az extrém alkalmazásokból; ha most nem tudja alkalmazni, akkor valamikor a jövőben, amikor egy egyszerű, mindennapi helyzet hirtelen zúrzavarba csap át, és a legrosszabb forgatókönyv lép életbe. A bemutatott példák arra is rámutatnak, mely területeken használnak vezeték nélküli technológiát, kik tartoznak még a videó- és hangtechnikát alkalmazók "klubjába", és milyen együttműködési módokra van lehetőség.

2009 május 16-án felvirradt az 54. Eurovíziós Dalverseny döntőjének napja. Ez az EBU (Európai Műsorsugárzók Uniója) által szervezett zenei versenyt a hagyományok szerint mindig az előző évi győztes hazájában rendezik meg. 2009-ben a rendezvénynek a moszkvai Olimpiai Csarnok adott helyett. Az előző évekhez hasonlóan, ez alkalommal is a Sennheiser biztosította a hangátvitelhez szükséges, széleskörű mikrofon- és monitorrendszert. A felszerelést Klaus Willemsen RF szakértő állította össze és felügyelte. Ez alkalommal a Sennheiser a házigazda orosz Channel One televíziós műsorszolgáltatóval működött együtt.

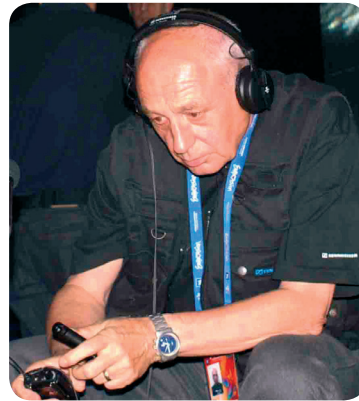
### Willemsen Úr, mikor kezdte meg a felkészülést a Dalversenyre?

**Klaus Willemsen:** "Amikor egy nagy eseményre készülünk - és különösképpen az Eurovíziós Dalverseny esetében - a szabály a következő: a show végeztével megkezdődnek a show előkészületei! Már egy évvel ezelőtt megkezdtük a konkrét felkészülést, pontosan abban a pillanatban, amikor a 2008-as belgrádi döntőn Oroszországot neveztek meg győztesként. Mivel már 26 éve résztvevői és támogatói vagyunk az Eurovíziós Dalversenynek, nagyon valószínű volt, hogy 2009-ben Moszkvában is itt leszünk.

Az előző években már gyakran egy hónappal a döntő után felvettük a kapcsolatot a következő helyszínen illetékes televíziós műsorszolgáltatóval, hogy bemutassuk az ottani kollégáknak, milyen technológiát használtunk az előző eseményeken, és milyen szerepet tud vállalni a Sennheiser az adott rendezvényen.

De Moszkvában a dolgok egy kicsit másképp alakultak: az első kapcsolatfelvételre egészen 2009 januárjáig nem került sor. Bár valójában hamar kiderült, hogy a rendezvényt az Olimpiai Csarnokban rendezik meg - mivel ez az egyetlen megfelelő méretű fedett aréna Moszkvában -, de a hivatalos bejelentés csak az esemény előtt öt hónappal történt

meg. Januárban jártam először Moszkvában, hogy az aréna megtekintésével személyen ismerjem meg a helyi körülményeket, különös tekintettel a vezeték nélküli frekvenciákra vonatkozó feltételekre."



**Klaus Willemsen, a Sennheiser RF szakértője (Németország)** különleges szerepet játszik csaknem minden fejezetben, de elsősorban ebben. Hosszú évek óta ő a speciális igények specialistája. Számos nemzetközi projektben vett részt.

1.

2.

3.

4.

5.

6.

7.

8.

9.

10.

## Sikerült betekintést nyernie a frekvencia tervezésbe az első látogatás alkalmával?

**Klaus Willemsen:** "Az első látogatás során rögtön kiderült, hogy 4 km-re található egy TV adótorony, melyre szabad rálátás nyílik az arénából, és amely 540 m magas, és lefedi egész Moszkvát. Ez döntő hatással volt a frekvencia tervezésre. Nem tudtunk hat-nyolc csatornát használni saját céljainkra, mivel földfelszíni sugárzású TV programok foglalták le azokat. Ennek tudatában hozzávetőleges frekvencia számítást végeztünk. Csak azt adtuk meg benne, hogy milyen frekvencia-tartományokat és hány csatornát akarunk használni. Ezt a számítást benyújtottuk az illetékes orosz hatóságoknak. A hivatalos engedélyeket csak hét héttel az esemény kezdete előtt kaptuk meg.

Németországban ugyanez a helyzet, vagyis a televíziós műsorszolgáltatók már a rendelkezésre álló spektrum harmadát-felét elfoglalják. Ezért a frekvencia-résekkel kell dolgoznunk. Ez Oroszországban sem okozott gondot. A rendelkezésre álló frekvencia-tartomány elvileg elegendő volt.

Mindamellet, mivel óriási mennyiségű digitálisan vezérelt eszközt működtettek a csarnokban (me-

lyek széles tartományban okoztak interferenciát), az épület belsejében fellépő interferencia miatt a frekvencia-spektrum 60%-át nem lehetett használni. A hihetetlen mennyiségű világítástechnikai berendezés megsokszorozta az RF interferenciát. Különösen a nagyméretű LED-fal jelentett kockázatot a vezeték nélküli átvitelre."

## Ki határozta meg a dalverseny technikai szükségleteit?

**Klaus Willemsen:** "A kifejezetten minket érintő igények igazából tíz éve változatlanok. A problémamentes hangátvitelhez kb. 70 csatornát kell biztosítanunk. Ehhez 4 db, egyenként 30 MHz-es frekvencia-tartományra van szükségünk. A sokéves tapasztalatnak köszönhetően tudtuk, hogy minimum 70 csatornára van szükség, máskülönben nem bonyolítható le az esemény. Eddig minden egyes dalfesztiválon biztosított volt a 70 csatorna, még azokban az országokban is, ahol a frekvencia kiosztásra szigorú előírások vonatkoztak. A nemzetközi fontosságú események műszaki megvalósítását általában nem korlátozzák."

## Számok, adatok a 2009-es Eurovíziós Dalversenyről

Az élő adásoknak világszerte 122 millió néző volt szemtanúja. Ez az előző évhez képest 16%-os növekedést jelentett (Belgrádban 105 millió néző volt). Az eseményt 45 országban közvetítették élőben. A versenyen összesen 42

ország vett részt. A Dalversenyt a norvég Alexander Rybak nyerte, a "Fairytale" című dallal.

A becslések szerint 42 millió eurós költségével ez volt a verseny történetében a legdrágább produkció. Összesen több, mint

450 tonna műszaki berendezést használtak. A gigantikus méretű, 5 millió LED-ből álló, 2000 m<sup>2</sup>-es LED-fal különösen szemgyönyörködtető volt.



Az Olimpiai Csarnok Moszkvában.

## A helyszín

A 2009-es Eurovíziós Dalversenynek a Moszkvai Olimpiai Csarnok adott helyet. A 33 000 m<sup>2</sup>-es fő aréna 224 m-es átmérővel rendelkezik, ami két futballpálya méretének felel meg. Az aréna befogadóképessége: 80 000 fő. Kisebb eseményeknél az arénát úgy osztják fel, hogy pl. csak az alapterület felét használják. Ennél az elrendezésnél a befogadóképesség 10 000-16 000 ülőhely között változik. Az Eurovíziós Dalfesztiválon kb. 16 000 néző láthatta élőben a showműsorokat.



Üvegszínpad, LED-es padlóvilágítással

## A világítástechnika

A LED-falon túl több mint 600 mozgó lámpát és további 1000 fényforrást állítottak csatasorba. Csak a világításhoz kb. 8,5 MW áramra volt szükség. Az Olimpiai Csarnok mennyezete alatt közel öt kilométernyi tartószerkezetet borítottak be. A több mint 1000 lámpa közül 700-at motorral vezéreltek. A világító rendszer a világon rendelkezésre álló LED-falak csaknem egyharmadát felelte. A lámpákon túl 300 hangfalat is lógattak a tartószerkezetéről. A mennyezetnek összesen kb. 30 tonna tömeget kellett hordoznia. Ez hatalmas súly, melyet csak nagyon kevés aréna tudott volna kiegészítő alátámasztás nélkül elbírn.

**!** Összesen kb. 110 000 méter kábelt használtak fel.

A hamburgi székhelyű Procon cég volt az eszközök fő szállítója és a fővállalkozó. Az esemény szervezője 40 kamiont indított Moszkvába 550 tonna felszereléssel megtöltve. Továbbá 70 szakember is érkezett, hogy gondoskodjon a felszerelés felállításáról és üzemeltetéséről.

## A színpad

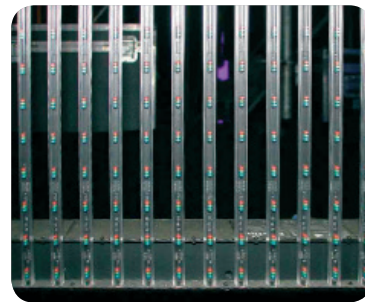
Az 1000 m<sup>2</sup>-es színpad - melyet a legmagasabb terhelési szinthez terveztek - három egymáshoz ragasztott üvegtáblából készült. A felületből 800 m<sup>2</sup>-t zínes LED-ekkel világítottak meg alulról, 300-400 kW teljesítmény szükséglet mellett. Az ezen fényforrásokból felszabaduló hulladékhő elérte a 70 °C-ot. Ezért, hogy a művészek a lábuk megégetése nélkül léphessenek a színpadra, egy külön hűtőrendszert alkalmaztak a padlózat elfogadható hőmérsékletűre hűtéséhez.



A LED-ek által melegített színpadburkolatot hűtő rendszer



A 2000 m<sup>2</sup>-es LED-fal képe, az előtérben: robotlámpák



A LED-fal közelről

1.

2.

3.

4.

5.

6.

7.

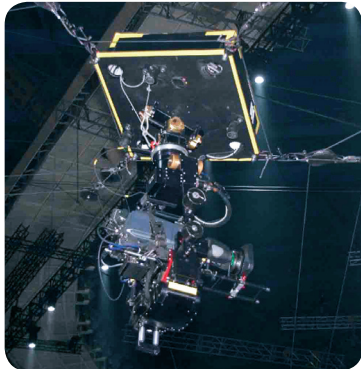
8.

9.

10.

## A videórendszerek

A videó átvitel 30 kamera segítségével történt. Egyebek mellett, két külön sín pályát állítottak fel a kamerakocsik számára. Továbbá

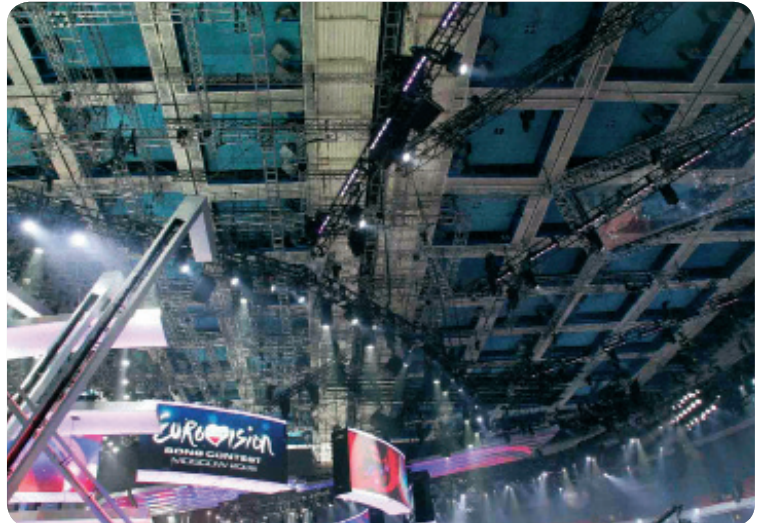


Pókkamera

Az aréna mennyezetén található tartószerkezet

használtak még egy kameradarut, három fix kamerát, valamint két kamera-stabilizációs rendszert és egy "pókkamerát". Ez a

mennyezet alatti drótkábeleken lóg, és nagyteljesítményű motorokkal bármely irányban villámgyorsan mozgatható.



## Műszaki jellemzők

Ez az esemény volt a dalverseny addigi történetének legköltésesebb és legösszetettebb produkciója. A műszaki kivitelezés viszonyítási alapjaként mindig az előző évi esemény szolgál. Ez azt eredményezi, hogy a rendszer évről-évre egyre bonyolultabb.

### Ki határozta meg a dalverseny technikai szükségleteit?

**Klaus Willemsen:** "A kifejezetten minket érintő igények igazából tíz éve változatlanok. A problémamentes hangátvitelhez kb. 70 csatornát kell biztosítanunk. Ehhez 4 db, egyenként 30 MHz-es frekvencia-tartományra van szükségünk. A sokéves tapasztalatnak köszönhetően tudtuk, hogy minimum 70 csatornára van szükség, máskülönben nem bonyolítható le az esemény. Eddig minden egyes dalfesztiválon biztosított volt a 70 csatorna, még azokban az országokban is, ahol a frekvencia kiosztásra szigorú előírások vonatkoztak.

A nemzetközi fontosságú események technikai kivitelezését általában nem korlátozzák."

## A 2009-es felszerelés

Ebben az évben az SKM 5200 kézimikrofon modellt használtuk a Neumann KK 105 S kapszulájával szerelve, illetve az SK 5212 zsebadót HSP 4 headset mikrofonokkal és az EM 3732vevőegységgel. Mindösszesen 56 mikrofoncsatornát és 16 fülmonitor kapcsolatot készítettünk elő.

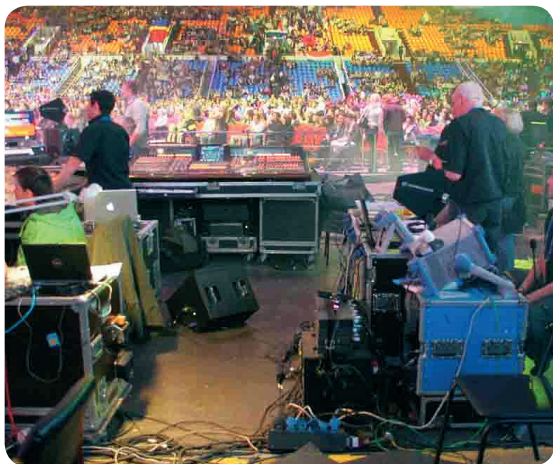
## Az RF központ Moszkvában

Mivel az aréna rendkívül nagy volt, az összes berendezést el lehetett helyezni a színpad mellett, a monitor keverőállás mögött. Ily módon a technikusok közvetlenül ráláthattak a színpadra vezető lépcsőre, és magára a színpadra is.

A rendszer összesen négy rack-szekrényben kapott helyet, három rack a mikrofon kapcsolatokhoz szükséges eszközöket, míg a negyedik a fülmonitor-rendszereket tartalmazta. Minden egyes rack egy meghatározott frekvencia-tartományhoz lett kijelölve.

**Klaus Willemsen:** "Az egyetlen hátrány az volt, hogy láttuk azt a helyet, ahol a mikrofonokat adták át. Ez kb. 60 m-re volt a színpad mögött. Kevesebb stresszel járt volna, ha ténylegesen rálátunk a mikrofonok kiosztására."





A közönség látványa az RF központból nézve



Fedor folyamatosan ellenőrzi a vételt az RF munkaállomáson



Színpadkép az RF központból nézve

## Frekvencia-koordináció

A hangátvitel problémamentes működéséhez frekvencia-koordinációra van szükség, mind saját rendszereink, mind az arénában található többi vezeték nélküli technológia felhasználó tekintetében. Ez együttműködést jelent a professzionális mobilrádió felhasználókkal, a biztonsági és az ENG csapatokkal, a fénytechnikai- és videó rendszerekkel, stb.

### Hogy nézett ki valójában a frekvencia koordináció az arénában?

**Klaus Willemsen:** "Ezek olyan dolgok, melyek nem igazán a mi felelősségi körünkbe tartoznak, de természetesen nem feledkezhetünk meg a frekvencia koordinációról, mert ezzel biztosíthatjuk berendezéseink interferencia mentes működését. Az ilyen nagyszabású eseményeken alapszabály a legmagasabb szintű biztonság. Minimum három biztonsági ór áll minden egyes ajtónál, mindegyikük walkie-talki-val felszerelve. Becsléseim szerint 400-600 walkie-talkie volt használatban. Ezek részben korábbi generációhoz tartozó eszközök voltak, melyek megközelítőleg a 150 MHz-es VHF tartományban működtek. Mi az UHF-tartományban (450 MHz-en vagy a fölött) továbbítjuk a jeleket, de a régebbi eszközök harmonikusokat is kibocsátanak, vagyis a vivőfrekvencia egész-számú többszöröseit, ami interferenciát okozhat. Így mindent tesztelni kell. Tehát ebből adódóan nemcsak a Sennheiser-rendszerek frekvencia-koordinációjáról gondoskodom, hanem azt is ellenőrzöm, hogy a helyszín nem tartogat-e valamilyen csúnya meglepetést számunkra."

Például nyolc vezeték nélküli kamera is működött a helyszínen, melyek a GHz-es tartományban küldtek rádiófrekvenciás jeleket a vevőegységüknek, ami nem befolyásolta a mi rendszereinket. De a kommunikációhoz használt jelek a 470 MHz-es tartományt használták, és nagy valószínűséggel képesek lettek volna interferenciát okozni, így a további frekvenciákat ki kellett venni az elérhető készletből.

### Mérőrendszerek nélkül nem sok esélye lett volna. Hogyan találta meg az interferenciát okozó adóegységeket?

**Klaus Willemsen:** "Vannak mérőrendszereim a frekvencia ellenőrzések végzéséhez. Mivel rendszerint én vagyok az egyetlen, aki rendelkezem ilyen rendszerekkel, kollégáim (akik például a videó részlegben dolgoznak) engem kérnek meg, hogy segítsek nekik beazonosítani a lehetséges interferencia forrásokat. Így egyfajta szolgáltatást is nyújtok a többi vezeték nélküli kapcsolatot használó részleg számára. A dalversenyen összességében több mint 400 frekvencia volt használatban. Mint említettem, mi több mint 70-et használtunk azokból a csatornákból."

1.

2.

3.

4.

5.

6.

7.

8.

9.

10.

## Mi történik, ha talál egy interferenciát okozó adóegységet?

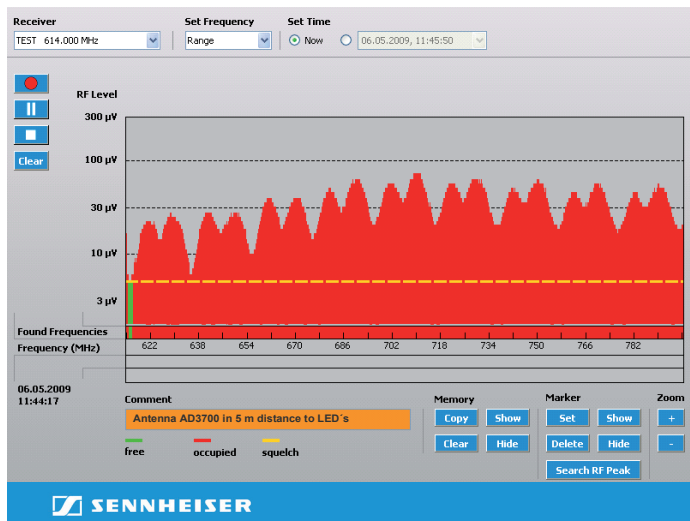
Klaus Willemsen: "A spektrumelemző egy percen belül képes kiválasztani és megtalálni bármely jelátvitelt zavaró interferencia forrást. Van egy fix berendezésem, amely rögtön megmutatja, ha egy újabb ismeretlen RF vivőjel tűnik fel a helyiségben. Mobilkészülék segítségével meg tudom találni a jel forrását.

Az interferencia forrás beazonosítását követően értesítem a biztonsági személyzetet. Mivel elegendő felhívást helyeztek el a bejáratoknál, arra figyelmeztetve, hogy előzetes hozzájárulás nélkül nem szabad vezeték nélküli eszközöket használni, ezek a helyzetek közvetlenül kezelhetők. A kezelőnek ki kell kapcsolnia adóegységét. A döntő előtt néhány nappal drámaian megnőtt a médiaérdeklődés, és újabb és újabb csapatok bukkantak fel vezeték nélküli mikrofonokkal. A vezeték nélküli berendezések használata szigorúan meg volt tiltva, mivel az eseményhez készített frekvencia koordinációnál nem vették figyelembe. Ha az interferencia megzavarta volna a színpadon folyó tevékenységben, az komoly következményekkel járt volna a zavart okozó forrás jogosulatlan felhasználójára nézve. Szélsőséges esetben akkreditációját is elveszíthette volna. A 2009-es show alkalmával naponta hat-nyolc jogosulatlanul használt adóegységet találtunk."



A spektrumelemző azonnal figyelmeztetett, ha új vezeték nélküli frekvenciák jelentek meg.

### RF-Spektrum - a 2009-es Eurovíziós Dalverseny LED-fala Moszkvában



A Wireless Systems Manager szoftver a frekvencia pásztázást követően mutatja, hogyan szennyezik az UHF-sávot a LED-fal vezérlő impulzusok által keltett harmonikusok. A spektrum "völgyeket" használták a vezeték nélküli mikrofonokhoz és a fülmonitor kapcsolatokhoz. Ha a vételi jel kb. 10 dB-lel erősebb volt az interferenciát okozó jelnél, nem jelentett gondot.

## Interferenciát okozó adóegységek kockázata

A legnagyobb kockázatot a mobil interferencia-források jelentették, mivel a belső forrásokkal az átfogó teszteleseket követően már számoltunk. Ezek a források (pl. fénytechnikai- és videó berendezések) folyamatosan jelen voltak az arénában. Kb. 600 digitálisan vezérelt lámpa lógott a mennyezetről, a 2000 m<sup>2</sup>-es LED-falról nem is beszélve. Ez a koncentráció óriási hatással volt a frekvencia koordinációra, mivel az egész UHF-sáv "szennyezett" volt. Mindamelllett, mivel minden beállításra került a próbák során, semmilyen meglepetés sem zavarhatta az élő előadást. A két hét során minden forrás ismertté vált, és mindenki talált magának helyet a szabad résekben.

## A felszerelés próbája

Április 25-ére megérkezett a hangfelszerelés. A következő héten kizárólag a műszaki tesztek folytak. Ebben az időszakban a művészek még nem voltak jelen. Azután a fény- és videófelszerelést is beüzemelték.

### Mennyire fontosak ezek az élő show-t megelőző próbák?

**Klaus Willemsen:** "A felszerelés tesztelésére szánt két hét folyamán az egyéb részlegekkel való együttműködés megszervezése volt a legsürgetőbb dolgom. A fénytechnika és videórendszerek beüzemelését követően tudtam megvizsgálni, hogy hol vannak még olyan frekvenciák, melyeket minimális interferencia kockázat mellett használhatok. Azt

## Mikrofonok kiosztása

A két elődöntőben összesen 43, míg a döntőben 20 nemzet versenyzői szerepeltek. Az előadások közben minden egyes ország esetében maximum 6 művész tartózkodhatott a színpadon. Nem számított, hogy énekelnek, táncolnak, vagy éppen semmit sem csinálnak. Ezért rendkívül fontos volt, hogy koordináltan történjen a mikrofonok és fülmonitorok művészeknek történő kiosztása. Ha valaki figyelmen lett volna ennél a mozzanatnál, komoly zavarok léphettek volna fel, ami veszélyeztette volna a show menetét.

### Willemsen Úr, hogyan biztosította a mikrofonok problémamentes kiosztását?

**Klaus Willemsen:** "Minden egyes csapatnak max. 6 kézimikrofont és 6 db headsettel kiegészített zsebátlót kínáltunk. Ezért a művészek választhattak, hogy a 12 mikrofon közül melyiket használják. Annak biztosítására, hogy az élő show-ban minden gördülékenyen menjen, az összes mikrofon-szett duplán állt rendelkezésre, 1. és 2. csoportba osztva.



Adóegység, nyitott elemtartó rekeszsel.

csak a helyszínen tudom megmondani (kb. a felszerelés összeállításának negyedik napján - amikor az összes lehetséges zavar- és interferencia-forrás rögzítésre és beazonosításra került), hogy mely frekvenciákat használhatom biztosan. Az összes technikai effektet kipróbáltuk, hogy lehetőségem legyen optimalizálni frekvenciáimat és az antenna pozíciókat. Azután 10 napon keresztül próbáltunk a művészekkel. Ez alatt az idő alatt tovább optimalizáltuk a rendszert. Ezután a munkafázis után semmin sem szabadott változtatni. Ha ezt tettük volna, az összes próba érvényét veszítette volna."

A mikrofonok a backstage-ben sorakoztak. Az adóegységeket piros, sárga, kék, zöld, barna és fehér jelöléssel láttuk el. A 2. csoportot ugyanolyan színekkel jelöltük, csak két ragasztószalag csíkot használtunk.

Amíg az első ország művészei a színpadon voltak a 1. csoport mikrofonjaival, a második ország versenyzőit fel tudtuk szerelni a 2. csoporthoz tartozó mikrofonokkal. Amikor az első ország produkciója véget ért, a második ország művészei felmentek a színpadra. Ekkor az első ország által használt eszközöket (1. csoport) begyűjtöttük, és felkínáltuk a következő ország versenyzőinek.

Ily módon 2x12 adóegység folyamatosan rendelkezésre áll, rotációs körforgásban. Annak érdekében, hogy gyorsan tudjunk reagálni egy-egy meghibásodásra, további 6 kapcsolatot tartottunk készenlétben, 3 kézimikrofont és 3 belt-pack-et, így összesen 30 átviteli kapcsolattal rendelkezünk."



Az előkészített adóegységek: jobbra a 2. csoport (két színes ragasztószalag-csík), balra az 1. csoport (egy színes ragasztószalag-csík).

1.

2.

3.

4.

5.

6.

7.

8.

9.

10.

## 9. Vezeték nélküli kalandozások



Az előkészített berendezések áttekintése

ESG 2011 Veränderung zur Vorversion

2 APHASE 1.7

	LeadVoc Acoustic Guitar	BackVoc 1 Fender Rhodes	BackVoc 2 Contrabass	BackVoc 3 Tambourine	BackVoc 4	Trumpet
MIC	HÄND 2	HEADSET 25	HEADSET 26	HEADSET 27	HEADSET 28	
Spare	Hand 19	Headset 43	Headset 44	Headset 45	Headset 46	
STATIV-HÖHE	ERU	RITA	CHRIS	ISA	ERU	CHRIS
AUSLEGER-LÄNGE						
STAGE POSITION	Right	Half Left	Back 2	Back 3	Back 1	Right Back
IEM	IEM A	IEM B	IEM C	IEM D	IEM E	IEM F
	7	7	8	7	7	10
Mon Wdg				Rigg dauert lange		
Wichtig!	benötigt InEarpiece	benötigt InEarpiece	benötigt InEarpiece	benötigt InEarpiece	benötigt InEarpiece	benötigt InEarpiece
BPM 84	benutzt nur ein Ohr			Sender+IEM an BH	Sender+IEM fest machen	
with Click!	spec. IEM-Mix	spec. IEM-Mix	spec. IEM-Mix	spec. IEM-Mix	spec. IEM-Mix	spec. IEM-Mix
Artistname:						

Ezért, hogy mindig képen lehessenek, minden egyes ország számára készítettek eszközlíst, melyen jól látható volt, hogy mely művész mely adóegységet kapja. A 2011-es eszközlísta.



A művészek egyedi eszközeit tartalmazó dobozok.

Higiéniai okokból minden egyes művész külön headsetet és a fülmonitor szettet kapott, és ezeket nem használták fel újra. Ezeket a személyre szabott eszközöket minden egyes ország számára egy-egy külön dobozban tárolták. Az eszközlísta alapján az is egyértelműen kiderült, hogy mely kik használnak saját, egyedileg készített fülhallgatókat. Az egyes előadások után az eszközök visszakerültek a dobozokba és ott várták a következő előadást. Összesen 90 headsetet használtak. Mivel gyakran használtak széles táncmozdulatokat a színpadon, a headset-kábelek nagy igénybevételnek voltak kitéve, ami időnként egy-egy csatlakozódugó kihúzódásával, illetve kábeltöréssel is járt.

A rotációs rendszerben használt kézimikrofonokhoz mindig biztosítottak tisztítószereket, mivel

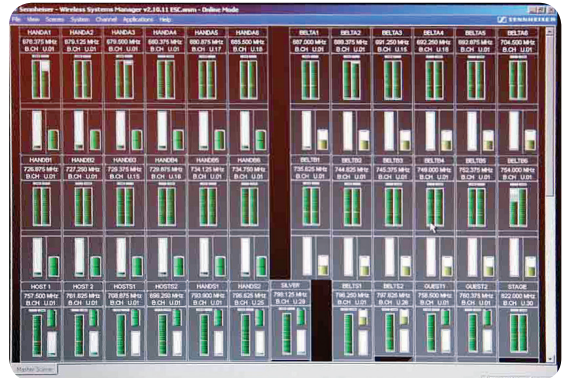
a kapszulák a rúztól vagy a sminktől gyakran annyira szennyezettek lettek, hogy tisztítás nélkül nem lehetett kiadni azokat a következő előadók számára.

Az előadóművészek adóegységein túl a két műsorvezető számára is kellett eszközöket biztosítani (plusz egy tartalékot, ha valamelyik meghibásodna). A különleges vendégek számára is elő volt készítve 2 átviteli kapcsolat. Azután voltak még mikrofonok a "zöld szobában", ahol a művészek az előadás után a szavazati eredményeket várták. Az élő műsorközvetítés alatt háromszor jelentkeztek be a "zöld szobából". Tehát max. 40 átviteli kapcsolatot használtak.

## Vezérlés a képernyőn keresztül

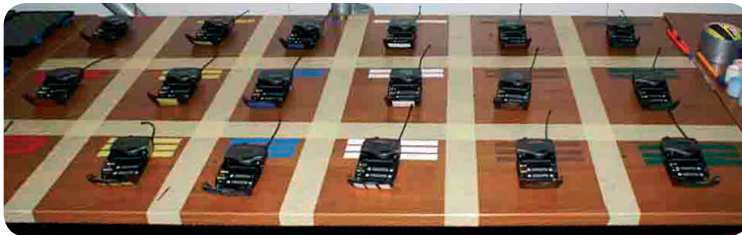
Az összes vezeték nélküli kapcsolat megjelent grafikusan a képernyőn, az adóegységek kiosztási helyén és az RF központban is. A szín megváltozásának köszönhetően a hibák itt azonnal észlelhetők voltak. A "Wireless System Manager" szoftveren keresztül ellenőrizhettük a különféle paramétereket: pl. adóegység akkujának/elemeinek töltöttségi szintje, eltérés mértéke, térerősség az I és II vevőantennánál, zajzár küszöb és diversity kapcsoló.

Vezérlés a képernyőn keresztül



## A fülmonitor-kapcsolatok

A mikrofon kapcsolatokon felül a fülmonitor kapcsolatokat is a backstage-ben készítették elő. Az összes színpadra lépő művész kapott egy fülmonitor szettet. Természetesen voltak olyan művészek, akik a saját szettjüket hozták magukkal. Ezek egyedileg készített fülhallgatók, és szorosabban illeszkednek, mint az általános megoldások. A fülmonitor szetteket 2 helyett 3 csoportban készítették elő, mivel a felhelyezésük időigényesebb. 40 ország, országonként 6 fellépő művésszel: ez 240 szettet jelentett.



Fülmonitor-rendszer adóegységei (három színes ragasztószalag csíkkal jelölve)

## Gyengéd bánásmódra van szükség

Egy 6-8 fős csapat foglalkozott azzal, hogy az élő közvetítések alatt felrögzítse, illetve leszerelje az adóegységeket. Teljes mértékben ez a csapat volt felelős azért, hogy a művészek a megfelelő mikrofonokkal legyenek felszerelve, illetve hogy az előadás után a mikrofonokat leszereljék és felkészítsék a következő művész számára. A headset-ek és fülmonitorok esetében ez nagyon időigényes tevékenység volt, különösen a hektikus élő közvetítések alatt. Gyakran csak 2 perc állt rendelkezésre az adó- vagy vevőegység rögzítéséhez. A törekeny headset és fülmonitor kábel könnyen elakadt a hosszú hajban vagy a bonyolult jelmezekben. Ezekben a helyzetekben fontos volt a higgadság és a nyugalom megőrzése.



Az eszközök rögzítése gyengéd bánásmódot igényelt

## Elemek használata

**A sok adóegység használatából adódóan a felhasznált elemek száma is magas volt.**

Klaus Willemsen: "5000 elemből álló készlettel rendelkezünk. Ebből kb. 3500-at elhasználtunk. Minden egyes élő előadás előtt egy órával módszeresen kicseréltük az elemeket. Így elegendő idő maradt arra, hogy a hibás elemeket még az egy óra letelte előtt kiszűrjük. Szerencsére, az előző évekkel ellentétben, ebben az évben egyetlen hibás elemmel sem találkoztunk."

1.

2.

3.

4.

5.

6.

7.

8.

9.

10.

## 9. Vezeték nélküli kalandozások

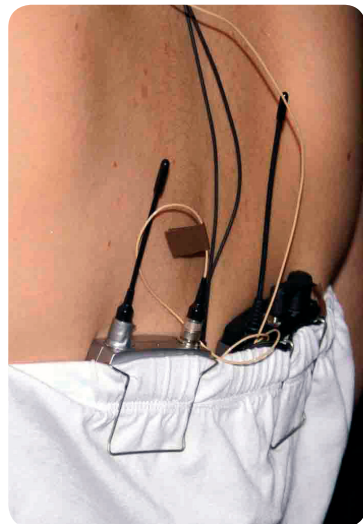
Mivel sok mozgás volt a színpadon, a zsebadók/-vevők biztos rögzítését plusz ragasztószalaggal oldották meg, vagy speciális zsebekbe helyezték az eszközöket, hogy a rögzítés biztonságosabb és kevésbé szembeütő legyen.



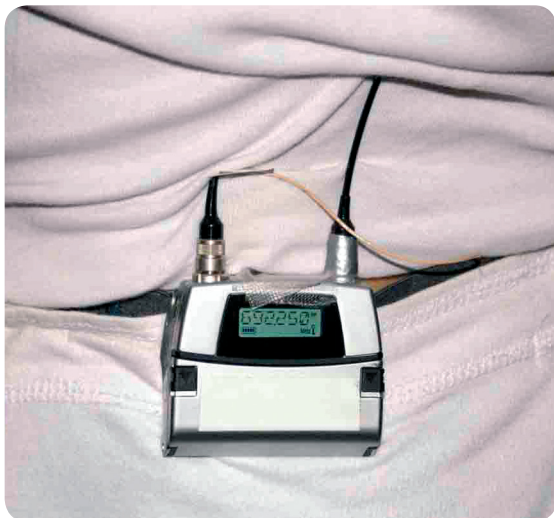
Megfelelően rögzített fülmonitor és headset.



Megfelelő pozícióba igazított mikrofon.



Az adóegységet is el kellett rejteni.



Az adóegység csip tetőjét ragasztószalaggal kellett rögzíteni.



A fülmonitor vevőket szintén ragasztószalaggal rögzítették.



Az adóegységeket ragasztószalaggal szorították le, vagy zsebek segítségével helyezték biztonságba.



## Milyen problémák merültek fel a fülmonitor rendszerek rögzítése során?

**Klaus Willemsen:** "A csapat természetesen olyan kollégákból állt, akiknek már volt tapasztalatuk a mikrofonok fel- és leszerelését illetően. Ez a művelet nemcsak ügyes kezeket, hanem pszichológiai érzéket is igényelt. A művészek feszültek és idegesek voltak, és ha úgy találták, hogy a fülmonitor szett nem illeszkedik rendesen, vagy túl laza, stb., azt kezelni kellett, hogy a művészek megnyugodjanak és elégedettek legyenek.

Először tapasztalatlan és angolul nem beszélő moszkvai kollégákkal dolgoztunk. Ez gondot okozott a kommunikációban, mivel az orosz nyelv nem igazán volt általánosan ismert a művészek között. De megfelelő odafigyeléssel eleget tettünk a kihívásoknak.

Az évek során az adóegységek kiosztása többé kevésbé egységesített eljárássá vált. A mikrofonok kiosztása mindig egyazon a rotációs elv alapján történik. Itt az egyetlen új dolog a mikrofonasztalhoz vezető út volt. A backstage megfelelő részét körültekintően kellett kialakítani, úgy, hogy a show közben a résztvevők koordinált mozgása garantált



Klaus, Fedor és Rick az RF helyzetet kíséri figyelemmel a vevő- és adóegységek előtt.

legyen. A művészeket az élő előadásokra általában elkísérték tanácsadók, menedzsereik, csapatvezetők és néha még egy fogatócsoport is, egészen a színpad széléig. Egy-egy országhoz akár 20 fős csapat is tartozott.

Mivel folyamatosan max. 3 ország állt készenlétben, akiket fel kellett szerelni a megfelelő eszközökkel, állandóan képen kellett lennünk. Meg kellett találni a megfelelő művészeket, és felszerelni rájuk a megfelelő mikrofonokat. A helyzet rengeteg hibalehetőséget rejtett magában. A show előtt és közben a művészek nagyfokú stressznek voltak kitéve. Különösen a döntőben voltak rendkívül feszültek, és fellépésüket követően, általában mindannyian felszabadultan lerohantak a színpadról, és a mikrofonnal együtt készültek távozni. Ezt okos "tereléssel" lehetett kivédeni. A művészeket pozitív értelemben csapdába kellett csalni.

Annak is megvolt az esélye, hogy véletlenül rossz mikrofont adunk ki. Ahogy már említettem, nem volt a látókörünkben a mikrofonokat felsorakoztató asztal (vagyis nem láthattuk, hogy mi történik ott), ezért akusztikusan is ellenőriznünk kellett, hogy a megfelelő mikrofonok kerültek-e kiosztásra."

## Mit jelentett az akusztikus ellenőrzés?

**Klaus Willemsen:** "Az akusztikus ellenőrzés azt jelentette, hogy az élő közvetítések alatt 3 ember folyamatosan a vevőegységekkel szemben ült, és ellenőrizte, hogy a vezeték nélküli kapcsolatok élnek-e. Csak így győződhettünk meg arról, hogy a legközelebb színpadra lépő ország művészei számára a megfelelő mikrofonokat osztották-e ki. Az énekesek számára 24 kapcsolatot használtak (a tartalék kapcsolatokat nem számítva), és minden egyes kapcsolatot a saját frekvenciáján működött. Ha rossz mikrofont osztottak ki, akkor az másik frekvencián működött, a jelek egy másik vevőegységhez érkeztek, és az FOH, valamint a monitor keverőpultokon nem aktiválták azokat."

## Mi történt, ha valóban rossz mikrofont osztottak ki?

**Klaus Willemsen:** "Akkor gyorsan kellett lépniünk. Ha rossz kézimikrofont osztottak ki, akkor azt könnyű volt orvosolni, zsebadó esetében azonban nem volt idő a cserére. Ekkor jött el a belső kommunikációs vonal, az ún. pánikgomb használatának ideje. Ennek a gombnak a megnyomásakor mindenki automatikusan bekapcsolódott és hallotta, amit mondtam. Ha például azt mondtam, hogy Norvégia nem a 3-as, hanem a 21-es adóegységgel lépett

1.

2.

3.

4.

5.

6.

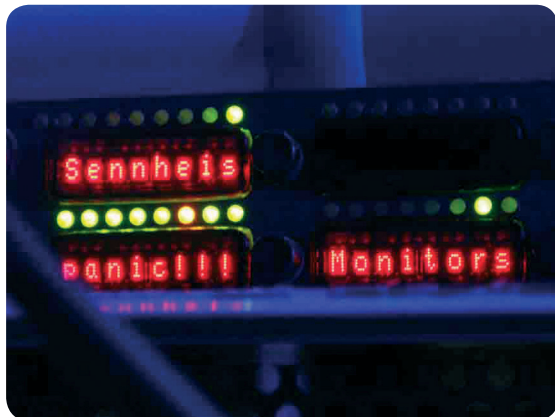
7.

8.

9.

10.

színpadra, akkor a zenei rendezőnek el kellett döntenie, hogy az új csatornát aktiváljuk-e a keverőpulton, vagy a tartalék adóegységet használjuk. Katasztrófa esetén mindig az 1-es számú tartalékot használtuk. Ekkor egy kolléga a színpadra szaladt, és átadta a művésznek a tartalék mikrofont. Ezt a tartalékot mindig közvetlenül a keverőpultról működtettük. Az is előfordulhatott volna, hogy az énekes a headsethez rossz adóegységet kap. Az adóegységet nem lehet cserélni, és amikor a művész már aktív a színpadon, nem lehet egyszerűen egy kézimikrofont a kezébe nyomni. Ilyenkor nincs több lehetőség a helyzet mentésére.”



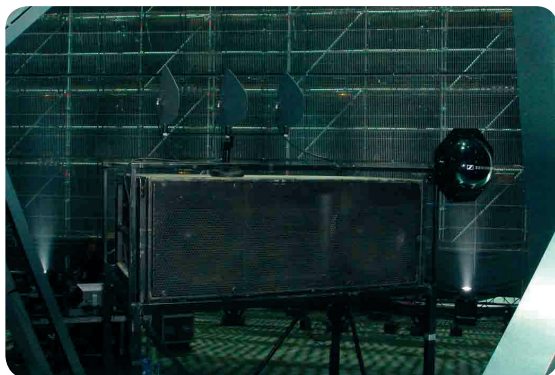
A pánikgomb

## Az optimális antenna-pozíció

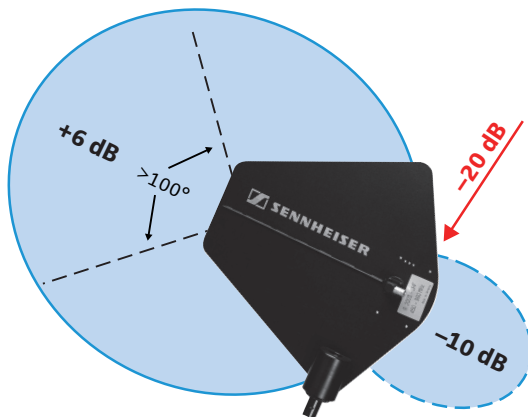
Egy RF kapcsolat létesítésekor a legfontosabb feladat az optimális antenna pozíció megtalálása. Ezúttal a színpad nagy méretei miatt az elhelyezés viszonylag könnyű volt. Mivel a színpadi elemek egy része nagyon magasra nyúlt és mozgatható is volt, az antennák részére is magas helyet kellett találni. Máskülönb az árnyékoló hatás miatt túl kevés jel érkezett volna a vevőegységhez. Az egyik ország művészei olyan színpadi elemeket használtak, melyek csak felfelé voltak nyitottak. A kezdetben használt antenna-pozíciónál nem állt rendelkezésre használható jel, így magasabb helyet kellett találni az antennák számára.

Három antennapárt állítottak fel a három frekvencia-tartományhoz (minden egyes tartományhoz külön antennát), továbbá adóantennákat a fülmonitor-rendszerekhez.

A közeli adóantennákból érkező nemkívánatos jelek elnyomását sáváteresztő szűrők használata és a vevőantennák irányítotttsága segítette.



Az összes LogPeriodic vevőantenna megközelítőleg azonos iránykarakterisztikával rendelkezett.





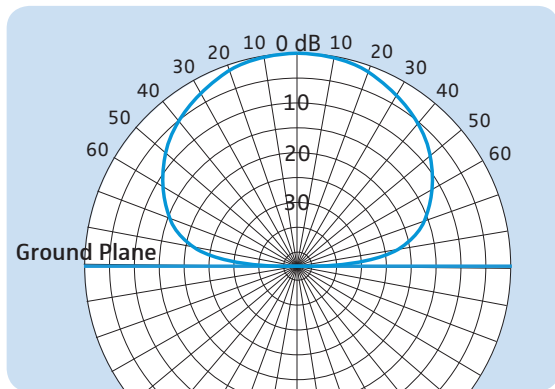
A színpad szélén található mélynyomón ideálisan el lehetett helyezni az első diversity antenna szettet. A beépített sáváteresztő szűrő megakadályozta, hogy a jel a közeli fülmonitor adóegységből átszivárogjon. A min. 30 MHz-es frekvencia-távolságnak köszönhetően megnyugtató 30 dB-es leválasztás gondoskodott a vevőegység biztonságos működéséről.

A diversity vételhez szükséges második antenna szettet 6 méterrel magasabban és kb. 20 méterrel távolabb helyezték el, a színpad mellett, szabad rálátással a művészekre.

A fülmonitor-rendszer adóantennája a közönség szeme elől rejtve, a színpadi mélynyomó mellett kapott helyet. Az iránykarakterisztika-diagram oldalirányban 15 dB-es csillapítást mutatott. Az RF teljesítményt +/- 30°-os szögben, határozottan a színpadi előadók felé irányították. A körkörösen polarizált RF csökkentette a fáziskiolttást a fülmonitor rendszer vevőantennáinál. A vezeték nélküli monitor rendszerek működését illetően ez a konstukció bizonyítottan igazi problémamegoldó.



Körkörösen polarizált, irányított antenna



### Mennyire volt kritikus az antennák pozíciója?

**Klaus Willemsen:** "Mindig van egy optimális pozíció, de ezt általában nem alkalmazhatom, mert a rendező nem szereti, ha az antennák látszanak a képernyőn. Bár a képen természetesen mindig rengeteg lámpa látható, egy antenna elfogadhatatlanul zavarja az összképet. A színpadi látványtervezők gyakran úgy gondolják, hogy az egész színpadkép veszélybe kerül, ha egy antenna látható.

Néha engedek, és egyszerűen elveszem az antennát. Ekkor ugyan nagyszerű a látvány, de odalesz a hangzás. Végül találunk egy kölcsönösen elfogadható megoldást. A dalversenyen alkalmazott antenna-pozíciók nagyjából ideálisak voltak. Az antennákat általában a színpadon kívül helyeztük el, így azok egyáltalán nem voltak láthatók. Ezen a nagy színpadon szerencsére észrevétlenek maradtak. Az UHF antennák sem voltak feltűnők: nem voltak sokkal nagyobbak, mint egy A4-es papír."

A jelcsillapítás alacsony szinten tartása érdekében tartózkodni kell a feleslegesen hosszú kábelutaktól. A veszteségek antennaerősítőkkel korrigálhatók, de a rövidebb kábelutak alapján véve előnyösebbek. Ennek egy nagyon gyakorlatias oka van. Minden hosszú kábel a hosszúságával arányos kockázatot rejt magában. A kábeleken biztonságosan lehet közlekedni, de ha egy villástargonca hajt át rajta, abban van bizonyos fokú veszély.

A vevőantenna és a vevőegység között nincs korlátozva a távolság. Antennaerősítők használatával bármekkora csillapítás kompenzálható. Más helyzet a fülmonitor-rendszerek adóantennái esetében. Technikai okokból itt nem lehet egyszerűen antenna-erősítőket használni. Ez azt jelenti, hogy az adó- és vevőegység közötti maximális távolság kb. 25 m lehet. A színpad óriási méretei miatt közel álltunk ehhez a határértékhez."



Vevő-antennák a színpad mellett

1.

2.

3.

4.

5.

6.

7.

8.

9.

10.



Lélegzetelállító méretek! Megjelöltük az antenna helyeket a LED-fal szélénél és a színpadi mélynyomón. A középső nyíl a vevőegység rack-ekre mutat.

### Speciális helyzetek, melyekre megoldást kellett találnunk!

A szükségszerű technikai megoldások mellett gyakran adódtak olyan helyzetek, melyek pszichológiai érzéket és műszaki rátermettséget kívántak meg.

**Klaus Willemsen:** "Általában olyan mikrofonokat viszünk magunkkal, amelyeket a helyi TV szolgáltató kíván. Ez alkalommal a Channel One a fekete színű SKM 5200 kézimikrofon modell mellett döntött. Az első akadályok nem sokáig vártak magukra: Málta reklamált, hogy az ő énekesük nem tud fekete mikrofonnal énekelni, csak ezüsttel. A helyszínen kellett módosítanunk a mikrofonon.

Technikailag ez nagyon könnyen megvalósítható, de időt vesz igénybe, ezért nem tudjuk folyamatosan változtatgatni a mikrofont. Ezért egy külön, egyedi mikrofont biztosítottunk Málta számára.

Ha egy ország számára megengedjük az egyedi megoldást, akkor elméletileg a többi ország is előállhat a saját kérésével. Az angol előadó Swarovski kristályokkal borított kézimikrofonjával érkezett, mivel az különösen szép fényeffektusokat gazdagította az előadást. Mivel én nem voltam jogosult arra, hogy döntéseket hozzak, meg kellett kérdezni az igazgatót. Ő mindkét esetben azt kérte, hogy valahogyan teljesítsük a kéréseket.

Számunkra ez azt jelentette, hogy a hat darab saját



Különleges, strasszokkal borított mikrofon az Egyesült Királyságból

mikrofonunk mellett Málta és Anglia révén egy-egy plusz mikrofonnal is kellett számolnunk. Szerencsére több külön kérés nem volt.

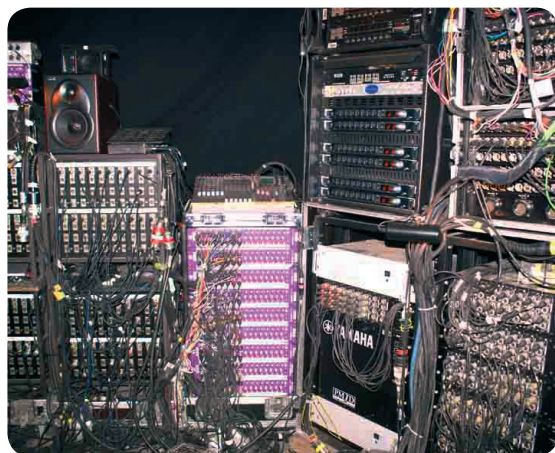
Természetesen technikai lehetőségeink korlátozottak voltak, mivel minden egyes további mikrofon egy-egy újabb csatornát jelentett volna a keverőpulton. Igazságtalan lett volna, ha a harmadik vagy negyedik országnak azt kellett volna mondanunk, hogy a lehetőségeink kimerültek, nincs már több csatornánk.

Mindaddig, amíg csak apróbb extra kívánságokról volt szó, nem okozott gondot. Németország például egy 50-es éveket idéző mikrofont akart használni. Ez azt jelentette volna, hogy engedjük egy másik gyártó mikrofonjának használatát. Ezt a kérést nem tudtuk teljesíteni, mert nem engedhettük, hogy az egyik ország egy másfajta mikrofon használata miatt élvezzen előnyt vagy szenvedjen hátrányt. Bizonyos körülmények között a mikrofon másként szólhatott volna, vagy a normálistól eltérő RF teljesítmény miatt sérülhetett volna a rendszer stabilitása."

### Milyen volt az együttműködés a PA rendszerrel az arénában?

**Klaus Willemsen:** "Az én személyes felelősségem a vevőegység audio-kimeneténél ér véget. Onnantól a rendszer egy kiterjedt elosztási rendszerre válik. Az antenna elosztókon keresztül a jelek duplán jutnak el a közvetítőkocsikhoz, az FOH és a monitor keverőhöz, így az egyes hangmérnökök saját mixet hozhatnak létre.

Az összes előadást és főpróbát rögzítjük (az utolsó próbát, az elődöntőt és a döntőt időközökkel el látva, kompletten felvesszük). A felvételek párhuzamosan futnak az élő adással. Ha az Eurovíziós Dalversenyen áramkimaradás történik, megszakítás nélkül át lehet váltani a már rögzített anyagok sugárzására, így a TV-nézők otthon zavartalanul élvezhetik a programot."



Komplex jel elosztás

## Lenyűgöző méretű technika

### A megbízhatóság kiemelt szerepe

Az összes rendszert biztonsági tartalékkal tervezték meg. Két videó-rendező, két HDTV közvetítőkocsi, két keverő, stb. Az összes kapcsolódó nemzetközi TV műsorszolgáltatóknak a nemzetközi hangcsatornát sugározták. Az aréna felső szektoraiban kb. 40 különálló hangfülkét állítottak fel, melyekben az egyes országok konferansziéi foglaltak helyet, sa-

ját kommentárjukkal gazdagítva a nemzetközi hangcsatornát.

A videóanyagot is az összes TV műsorszolgáltatóknak közvetítették. Számos ország állított fel kis kamerákat az aréna szélénél, így saját maguk is tudtak képet rögzíteni, és saját országuknak közvetíteni. Ezt általában a két 3-perces szünet keretében tették, amikor némely országokban reklámokat sugároznak. A "rek-

lám-mentes" országok ezt az időt saját felvételeikkel töltötték ki. Németországban, Hamburgban nyilvánosan vetítették a műsort egy arénában, több ezer néző előtt, akiknek szintén ezeket a felvételeket sugározták a szünetekben.

1.

2.

3.

4.

5.

6.

7.

8.

9.

10.



Dízeldzenerátor farm



Mintaszerű kábelvezetés

## A tápegység

Nagyobb rendezvényeknél az áramellátást független dízel-generátorokkal oldják meg. Moszkva esetében is ez volt a helyzet. A generátorok biztosították a hangrendszer számára szükséges 0,8 MW-ot, hogy a rendszer a helyi áramszolgáltatótól függetlenül működhessen. Ha az egész rendszer összeomlott volna, és újra áram alá kellett volna helyezni, akár 10 percig is eltarthatott volna. Ez egy élő show esetében teljes mértékben elfogadhatatlan lett volna.

A hangrendszer, illetve a világítástechnika áramellátását külön generátorokról oldották meg. A különböző jellegű terhelés különféle interferenciákat okozhatott volna. Így az áthallások és a nemkívánatos hatások elkerülése érdekében a világítást és a hangot szigorúan külön kezelték. Csak a világítás-hoz több mint 5 MW tápáramra volt szükség. Különös gondot fordítottak a következetes elkülönítésre, a kábelezést is beleértve.

## Nyugatról hozott felszerelés

A német Procon cég volt a berendezések beszerzéséért felelős fővállalkozó. Ennek az volt az oka, hogy az Eurovíziós Dalfesztiválon használt felszerelések (pl. a HDTV) Európa keleti részén még nem voltak széles körben elérhetők. Például nem voltak HDTV közvetítőkocsik. Ezért mindkét közvetítőkocsit Belgiumból, az Alfacam cégtől szereztek be.

A fénytechnika és a videó-felszerelések is szemmel láthatóan modernibbek voltak Nyugat-Európában. Ráadásul Oroszországban nem volt olyan disztribútor, aki fizikailag el tudta volna látni a megfelelő felszerelésekkel ezt a rendezvényt. Ebben az országban a felszerelések tekintetében más szabvány volt érvényben. A technikusok birtokában voltak a megfelelő ismereteknek, de a szükséges felszerelést bérelni kellett.



A HDTV közvetítőkocsik



A műszaki stáb



(Fotó: Ralph Larmann)

Döntő a norvég győztesrel.



(Fotó: Ralph Larmann)

Egyre népszerűbbek a személyre szabott, egyedi megjelenésű mikrofonok.



(Fotó: Ralph Larmann)

A 2012-es Eurovíziós Dalverseny (Azerbajdzsán, Baku) A vevőegység rack-ek és fülmonitor rendszerek az RF-boksban impozáns látványt nyújtanak.



(Fotó: Ralph Larmann)

Klaus Willemsen RF-szakértő interjút ad a pro audio szaksajtó újságírónak a backstage-ben (Baku)

1.

2.

3.

4.

5.

6.

7.

8.

9.

10.

## Egy függőleges színpad: az Eiger északi oldala

Néhány éve a svájci televízió (Schweizer Fernsehen) a Südwestrundfunk német tévétársasággal együttműködve 33 órányi különleges televíziós valóságshow-t közvetített. Több millió néző kísérté figyelemmel a televíziós és internetes (on-line) élő

közvetítés során, ahogy a négy tapasztalt hegymászó (köztük egy nő) az Eiger északi falán a csúcs felé tartott. Ehhez a lenyűgöző vállalkozáshoz a Sennheiser biztosította a hangátvitelért felelős eszközöket.



Ezt megelőzően még soha nem közvetítették folyamatosan képpel és hanggal a hegymászók rendkívül fárasztó és veszélyes csúcshódító vállalkozását.



Magával ragadó hangzást és egyedülálló képeket sugároztak a sziklafalon kialakított "erkélyekből", melyekről tiszta látkép tárult az operatőrök elé.

### Izgalmas pillanatok a hegyről, tiszta élő hanggal

“Arra törekedtünk, hogy a hangzás stúdió minőségű legyen, csorbítatlan beszédhanggal és részletes hangzásképpel” - mondta Günter Kaiser, az SF külső produkciókban jártas szakértője. “Más hosszútávú közvetítések kapcsán már felmerült ez az igény, ezért fejlesztettük ki a Sennheiserrel a tökéletes broadcast-minőségű vezeték nélküli átvitelt.”

Az RF helyzet problémásnak bizonyult. Az észak felé néző sziklafal ebben az irányban koncentráció-visszaverő hatással bír. Ezért az Eiger-en könnyen foghattak több-száz kilométeres távolságból (Frankfurtból, Stuttgartból vagy Strasbourgól)

sugárzott jeleket. Azután ehhez még hozzájött a helyi és regionális kommunikáció (pl. a repülőtérrel és a rendőrségről).

**Klaus Willemsen:** “Annak érdekében, hogy tesztelni tudjuk, mi jön vissza a sziklafalról az RF tartományban, 1998-ban beépítettünk egy helikopterbe egy spektrumelemzőt, a fal közelébe emelkedtünk, és futtattunk egy elemzést. Azután megszakítottuk a projektet 1998-ban, majd 1999-ben megismételtük a mérést, és meglepődve tapasztaltuk, hogy új frekvenciák jelentek meg. Ezt követően felül kellett vizsgálnunk a frekvenciatervet.”

## Négy hegymászó, mint megannyi élő kamera

A terv és annak megvalósulása: négy tapasztalt hegymászó hosszú útra indult a csúcs felé. Útjukat a hegyen elhelyezett kamerákkal és egy helikopter kamerával is filmre vették. Ugyanakkor maguk a hegymászók is operatőrként működtek közre. Egy optimalizált ENG felszereléssel látták el őket, valamint egy miniatúr ipari kamerával, mely a sisakjukba építve mutatta, hogy mit látnak a hegymászók. A hangot MKE 2 csíptető mikrofonokkal vették. Ennek érdekében, hogy beszélni tudjanak a hegymászókkal, minden egyes sisakba építettek egy fejhallgató-kapszulát, vagyis egy átalakított fülmonitor-rendszert (a füllel való közvetlen érintkezés nélkül).

A hegymászók hitelesített hegymászó sisakokat használtak. Biztonsági okokból ezek formáját és felépítését tilos volt megváltoztatni. Az adóegység, a fülmonitor rendszer vevőegysége és az elemek a hátizsákban kaptak helyet. A tápáram ellátást illetően a lítium elemek mellett döntöttek. Ezek rendkívül alacsony hőmérsékleten is megbízhatóan működnek és nagy kapacitással rendelkeznek. Az elemeket akkor cserélték, amikor a hegymászók a hegyen elhelyezett kameraállások egyikéhez érkeztek. Az audio-rendszerek számára elég volt naponta egy elemcsomag. Két olyan hely volt, ahol a hegymászóknak maguknak kellett elemeket cserélniük. Ehhez egy extra csomagot kellett magukkal vinniük.

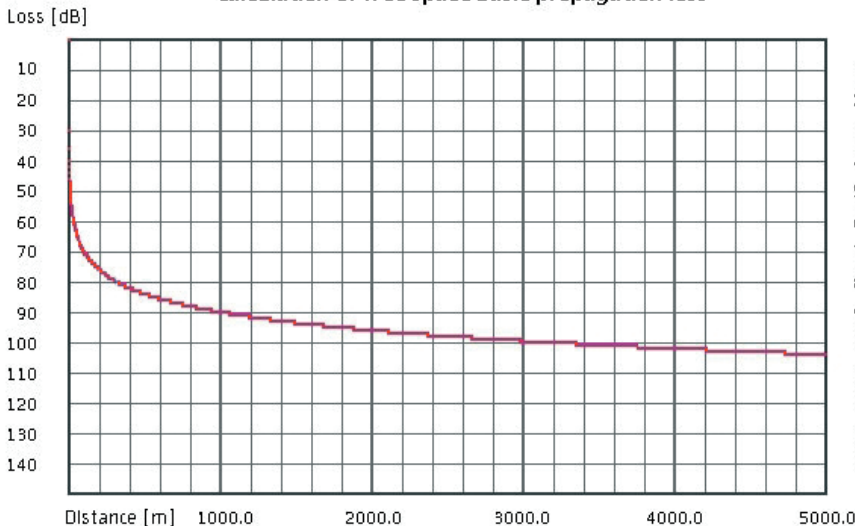


Mindent Velcro tépőzárral rögzítettek és speciális elektromos árnyékolással védtek a videó adóegység brutális 5 W-os RF kimenete ellen, mely interferenciát "fecskengett" a kábelen keresztül a közös elemhez.



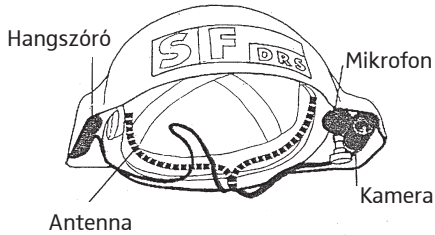
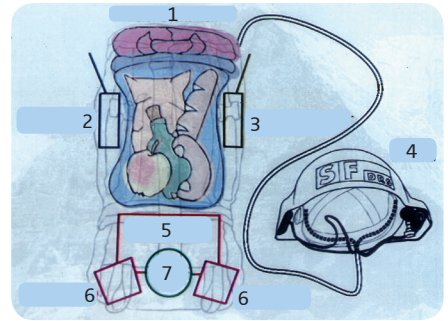
A sisakkamera előzetes tesztelése; a tökéletes behangolást követően a kamera óriási, 5 km-t is meghaladó hatótávolságot tesz lehetővé.

Calculation of free space basic propagation loss



Az ábra kb. 104 dB-es szintcsökkenést mutat 5 km távolságnál. A biztonságos működés záloga az okos antennaválasztás és elhelyezés, valamint néhány antenna erősítő használata.

- 1.
- 2.
- 3.
- 4.
- 5.
- 6.
- 7.
- 8.
- 9.
- 10.



- 1 Személyes holmik
- 2 Mikrofon adóegység
- 3 Kommunikációs vevőegység
- 4 Sisakkamera
- 5 Kamera elektronika
- 6 Elemek
- 7 Videó adóegység

A miniatűr kamerát és az MKE 2 mikrofont a sisak bal fülnél kidudorodó részébe építették be. A fejhallgató kapszula egy fülmonitor rendszer részeként a jobb fülnél kapott helyet. A füleket szabadon kellett hagyni, hogy a hegymászók akusztikusan is tudjanak tájékozódni. A sisak belsejét kétpólusú antennának elhelyezéséhez használták. Ezek az antennák szabadon helyezkedtek el, így jó hatékonysággal rendelkeztek. A sisakból kábelek vezettek a hátizsákba, a kamera elektronikához, a videó adóegységhez, az SK 250 mikrofon adóegységhez és az

EK 3052 kommunikációs vevőegységhez. A hátizsákban elhelyezkedő tápegység 2 db lítium akkuból állt, 8-órányi akku élettartammal. Az adóegységeket átalakították, hogy kimenő-teljesítményük csökkentésével hosszabb akku-élettartamot tegyenek lehetővé. A felszerelés jól vizsgáztott a tesztelés és a közvetítés során is, a fagypont alatti hőmérsékleten is teljes mértékben megőrizve működőképességét. Az aprólékos tervezésnek köszönhetően a hátizsák súlya - a személyes holmikát is beleértve - nem haladta meg az 5 kg-ot.

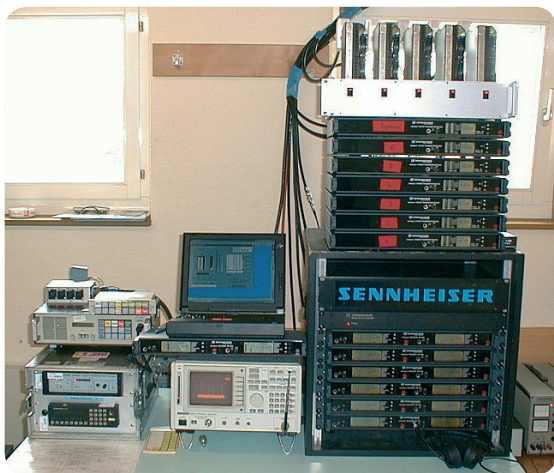
Ezeket az antennákat (Yagi és LogPeriodic) adáshoz és vételhez is használták, azután a jelet szűrték és végül erősítették. Figyelemre méltó, hogy a több mint 5,6 km távolságban lévő hordozható adóegységek segítségével 200  $\mu\text{V}$ -nál nagyobb térerősségű jelekkel táplálták folyamatosan az antenna bemenetet.



Magán a hegyen 4 db "teraszt" alakítottak ki, melyeket folyamatosan riportercsapatok foglaltak el. Onnan a hangot az SER 20 adóegység UHF verziójával, 3-Wattos átviteli teljesítménnyel újraküldték.

Az olyan adóegységek, mint az SK 250 vagy az SER 20 normál esetben 50-től néhány száz méteres távolságon belül működnek. Itt 5 km távolság van a hegy és a központi átviteli állomás között. Az északi fal visszaverő felületként nyújt segítséget. A Yagi antennák irányítottágukból adódóan kb. 18 dB-es erősítésről gondoskodnak. Mindamellett, mivel a hegyfal nemcsak az átviteli jeleket erősíti, hanem a távoli régiókból érkező zavaró RF kommunikációt is, a potenciális zavaró frekvenciákat az antenna mögött ki kellett szűrni. Végül a kábelvesztéség kompenzálása érdekében újra erősítették a jelet.





“Vételi és visszacsatorna blokk” a bázisállomáson, 6 db EM 3532 vevőegységgel és 7 db vissz irányú csatorna-adóegységgel (SR 3054) a “hegyi emberekkel” történő kommunikációhoz (egy 1 W-os antenna-erősítővel és szükség esetére további 6 db 10 W-os antenna-erősítővel. Antenna-elosztókat csatlakoztattak a 6 db két-csatornás EM 3532 vevőegység elé; a vevőegységeket számítógéppel vezérelték, SMCD szoftveren keresztül. A hegymászók és a riporterek kommunikációjához szükséges rendszert duplázva tervezték meg (két azonos rendszert alakítottak ki). Mindegyik rendszer saját tápegységgel rendelkezett, és három SR 3054 adóegységből állt, az egység után kötött antenna erősítővel és 3 db Yagi antennával. Az antennák 10 dB-es erősítést idéztek elő (a fő átviteli irányra jellemző teljesítmény 10-szeresét).

## 88 csatorna Verdi számára: az opera mint “történelmi valóság-show”

Verdi Traviatája az operairodalom egyik alapműve. A olasz RAI (Radio Televisione Italiana) a műből élő produkciót készített. A Traviata-projekt előkészületi munkái kb. fél évig tartottak. A produkciót 127 országban közvetítették élőben. A közvetítés hangtechnikai feladatainak megoldását teljes mértékben a Sennheiserre bízták. 88 vezeték nélküli kapcsolatot használtak, ami kényes feladatnak számít egy olyan nagy metropolisban, mint Párizs, annak rádió- és TV-állomásaival, valamint számtalan vezeték nélküli szolgáltatásával.

A produkció helyszíne Párizsban, illetve annak környékén volt. Az éneket és a zenekart minden egyes helyszínen “almixként” kezelték, majd összhangba hozták a központi videóval és hanggal és közvetlenül bejárták a broadcast-stúdióba.

## A hang olyan részletgazdagon és valóság-hűen jött át

az Eiger északi oldala meghódításának élő közvetítése során, hogy az egyik műszaki beállítottágú holland néző megkérdezte, hány kilométer mikrofonkábel fektettünk le a hegyen. A nézők a sisakmikrofonon keresztül hallhatták a kavicsok zaját, a karabinerek kattánását, valamint a jégcsákányok kaparászó, becsapódó hangját, melyekkel a hegymászók a megfelelő támaszt keresték a jégmezőn. Továbbá hallhatták a hó roppanását a csizmák alatt, a mászóvasak csikordulását a jégben, a csavarok fordulását, a hegymászók egymásnak vetett szavait (melyek néha mérgesek voltak, ha valami nem működött elsőre a kötéssel), és végül a csúcsról az örömkriáltást. És időről-időre a helikopter hangját. Hallatszoktak a hegymászók nehéz lélegzetvételei és nyögései, valamint az extrém terhelés közepette felüdülést jelentő viccek, mint például az a javaslat, hogy a következő szakaszt inkább egy felfújható túrabiciklin tegyék meg.

Ezt az élő projektet mind minőség mind mennyiség tekintetében magas szintű elvárások jellemezték:

- Egy tökéletes zenekari felvételt kellett biztosítani az énekesek, az operatőrök, a rendezők, valamint a hang- és videó technikusok számára, a négy helyszín mindegyikén.
- Ugyanakkor a RAI szimfonikus zenekar karmestereinek és 60 zenészének a négy helyszín énekvételeire volt szüksége.
- Az 1., 2. és 4. felvonás mindegyikében 16 átviteli csatornára volt szükség az ének számára. A 3. felvonásban ez a csatornaszám 40-re emelkedett. Ez mindösszesen  $3 \times 16 = 48 + 40 = 88$  vezeték nélküli kapcsolatot jelentett az opera helyszíneire történő hangtovábbítás tekintetében. Ez a szám tartalék-egységeket is tartalmazott. Ráadásul a főszerelők esetében duplázták a kapcsolatokat, mivel a biztonság érdekében mindegyiküket két mikrofonnal látták el.

1.

2.

3.

4.

5.

6.

7.

8.

9.

10.

A vezeték nélküli hangátvitelhez használt eszközök többek között az alábbiakból álltak:

- 88 db SK 50 zsebadó,
- 11 db EM 1046 vevőegység rack,
- antennák, (A 1031, A 12 AD), antenna-erősítők (AB 1036) és antenna-elosztók (ASP 212),
- kb. 60 db HD 60 TV fejhallgató a zenekar számára.

**Klaus Willemsen:** "Egy olyan városban, mint Párizs hatalmas problémákkal kellett szembenéznünk, mivel a rádió és TV-állomások számos frekvenciát elfoglaltak. Először meg kellett vizsgálnunk, hogy egyáltalán mely frekvenciák érhetők el. A projekthez tervezett 88 vezeték nélküli kapcsolatból adódóan 88 szabad frekvenciát kellett találnunk."

Mind a négy opera helyszínen részletes RF méréseket végeztünk. A francia előírásoknak megfelelően hat frekvencia-tartományt találtunk (24 MHz). Ezen tartományon belül 16 keresztmoduláció-mentes munkafrekvenciát választottunk ki.

## Láthatatlan mikrofonok

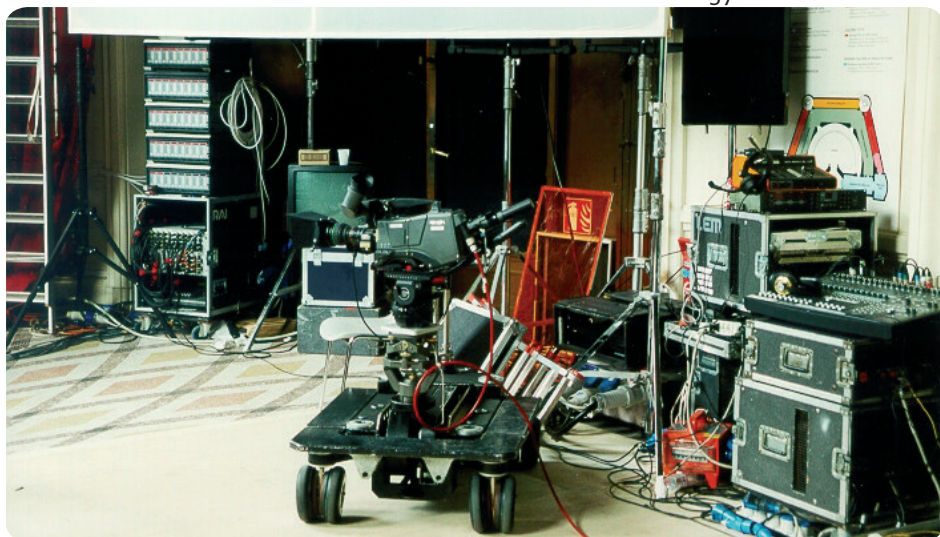
**Klaus Willemsen:** "A színészek elhelyezett mikrofonoknak minden körülmények között észrevehetetlennek kellett maradniuk. A zenészek esetében is elrejtették a mikrofonokat, de a nézők egy kicsit távolabb ültek, az első sor a színpadtól néhány méterre foglalt helyet. Ezzel ellentétben a TV-ben egy közeli felvételen gyakorlatilag minden

tökéletlenség látszik. Ezt a produkciót egy "élő filmfelvételnek" szánták, és a televíziós szakemberek nem akarták, hogy mikrofonok, fülmonitorok vagy hangfalak legyenek láthatók a képen. A történelmi jelmezek miatt ez teljes mértékben elfogadhatatlan lett volna. Ettől eltekintve, és annak ellenére, hogy a mikrofonoknak láthatatlannak kellett maradniuk, a hangminőségnek természetesen elsőosztályúnak kellett lennie."

Minden egyes főszereplőt két darab MKE 2 mikrofonnal kellett ellátni, a jelmezről és a hajszíntől függően fekete vagy bézs színben. Az egyik mikrofont a hajba, a másikat a ruházat alá rejtették. A felvételi körülményektől és az énekes elhelyezkedésétől függően az egyik a főmikrofon, míg a másik a tartalék-mikrofon szerepét töltötte be.

Azok a jelenetek okoztak nehézséget, melyekben a színészek egy duett során csupán 30 cm-es távolságra voltak egymástól. Az ilyen helyzetek eleve magukban hordozták a fáziseltoló hatást. Az effajta összeállítások csak manuálisan vezérelhetők, és a keverőpultnál ténykedő személy felelősége kiválasztani a "helyes" mikrofont és beállítani a megfelelő szintet.

**Klaus Willemsen:** "További problémát jelentett, hogy a produkció eredeti helyszínei műemlék épületek termei voltak. A Kis Palotában (Petit Palais) még egy szöveget sem lehetett a falba verni. Kb. tíz tonna felszerelést állítottunk össze az épületben, és mindent nagy körültekintéssel kellett végezni."



A "Petit Palais"-ban 5 db rack-be épített EM 1046 vette a 40 db zsebadó audio jeleit, egy többeres kábelen keresztül továbbítva azokat a keverőhöz.

Az antennákat a helyszínek mindegyikén megtalálható pálmák levélzetében rejtették el.



Fotó: Klaus Willemssen

A termekben található drága eredeti bútort miatt igazi kihívást jelentett a felszerelések láthatatlan elhelyezése.



Fotó: Klaus Willemssen

Az utóbbi néhány évben ez a programtípus Svájcban egy pompás operaestté nőtte ki magát, melyet az aktuális helyszínekről élőben közvetítettek a televízión keresztül.

- 2008, *Traviata* - a zürichi központi vasútállomáson
- 2009, *Bohémélet* - a bevásárlóközpontban, a központi autóbusz-állomáson és egy bérházban
- 2010, *Aida* - a Rhine folyón, Bázelen

1.

2.

3.

4.

5.

6.

7.

8.

9.

10.



A "Bohémélet" egyik jelenete a központi autóbusz-állomáson.

A felszerelést illetően az jelentette a legnagyobb kihívást, hogy számos olyan fülmonitor-rendszer jelátvitelét kellett megoldani, melyek távolsága az 1 km-t is meghaladta. A Schweizer Fernsehen - javarészt az utóbbi 15 évben szerzett óriási tapasztalatának köszönhetően - a modern operakultúra varázslatos élményét kínálta, mely lelkes és fogékony nézőközönségre talált.

## Élőben közvetített kerékpárverseny



### A profi kerékpárosok lihegését és zihálását is a nappalikba akartuk vinni!

Néhány évvel ezelőtt a dél-afrikai SABC TV-állomás programigazgatói álltak elő ezzel az ötlettel.

A képen az a zseniális megoldás látható, hogy a helikopteren egy vezeték nélküli relét használtak, mely megbízhatóan és költséghatékonyan teljesítette a feladatot.



Bozótba rejtett kültéri antennák.

Kamerával és vezeték nélküli mikrofon-antennával felszerelt helikopter.

Az operatőr motorkerékpárját is felszerelték egy puskamikrofonnal és egy vízhatlan tartóban elhelyezett, nagyteljesítményű zsebadóval.

Az A 2003 antenna a kisugárzott jeleket felfelé, a helikopter irányába továbbítja.



Fotó: Klaus Willemssen

Az escort motorkerékpárt a felszerelések elhelyezéséhez egy kis "platóval" látták el. Egy szélfogóval ellátott puskamikrofon küldte az audio jelet a vízhatlan tartóban elhelyezett SK 250 UHF adóegység felé, mely erőteljes 250 mW-os teljesítménnyel továbbította a jeleket az A 2003 antennán keresztül. A közvetlen rálátásnak köszönhetően gond nélkül lehetett jó minőségű jeleket venni az 1 – 2 km-re található helikopteren.



Fotó: Klaus Willemssen

Az antennát szivacsból készült ékek védték a rezgéstől.

A helikopter lábterében elhelyezett vevőantenna a csatlakoztatott vevőegységhez küldte a jeleket, melyeket azután egy nagyteljesítményű SER-20 riporter-adóegység továbbított újra 3 W-os teljesítménnyel egy távoli RF frekvencián.

**Jo** **Eredmény:** a televízió keresztül közelebb tudott kerülni a néző ehhez a mozgó eseményhez, mintha az útvonal egy pontján állva néhány percre látta volna csak az elsuhanó kerékpárosokat. A vezeték nélküli mikrofonok is sokat segítettek!

1.

2.

3.

4.

5.

6.

7.

8.

9.

10.



# 10. Melléklet

## Teljesítmény --> feszültség átszámítási táblázat

Teljesítmény	dBm	dB $\mu$ V	Feszültség 50 $\Omega$ -nál
1 kW	60	167	223 V
100 W	50	157	70,7 V
10 W	40	147	22,3 V
1 W	30	137	7,07 V
100 mW	20	127	2,23 V
10 mW	10	117	707mV
1 mW	0	107	223mV
100 $\mu$ W	-10	97	70,7mV
10 $\mu$ W	-20	87	22,3mV
1 $\mu$ W	-30	77	7,07mV
100nW	-40	67	2,23mV
10nW	-50	57	707 $\mu$ V
1 nW	-60	47	223 $\mu$ V
100pW	-70	37	70,7 $\mu$ V
10pW	-80	27	22,3 $\mu$ V
1 pW	-90	17	7,07 $\mu$ V
100fW	-100	7	2,23 $\mu$ V
10fW	-110	-3	0,71 $\mu$ V
1 fW	-120	-13	0,22 $\mu$ V

1.

2.

3.

4.

5.

6.

7.

8.

9.

10.

## Decibel (dB) számítási táblázat

Decibel (dB)	U1/U2 (V)	Decibel (dB)	U1/U2 (V)	Decibel (dB)	U1/U2 (V)
0	1,00	20	10,0	40	100
1	1,12	21	11,2	41	112
2	1,26	22	12,6	42	126
3	1,41	23	14,1	43	141
4	1,59	24	15,8	44	159
5	1,78	25	17,8	45	178
6	2,00	26	20,0	46	200
7	2,24	27	22,4	47	224
8	2,51	28	25,1	48	251
9	2,82	29	28,2	49	282
10	3,16	30	31,6	50	316
11	3,55	31	35,5	51	355
12	3,98	32	39,8	52	398
13	4,47	33	44,7	53	447
14	5,01	34	50,1	54	501
15	5,62	35	56,2	55	562
16	6,31	36	63,1	56	631
17	7,08	37	70,8	57	708
18	7,94	38	79,4	58	794
19	8,91	39	89,1	59	891
20	10,00	40	100,0	60	1000

## Keresztmodulációs termékek kiszámítása

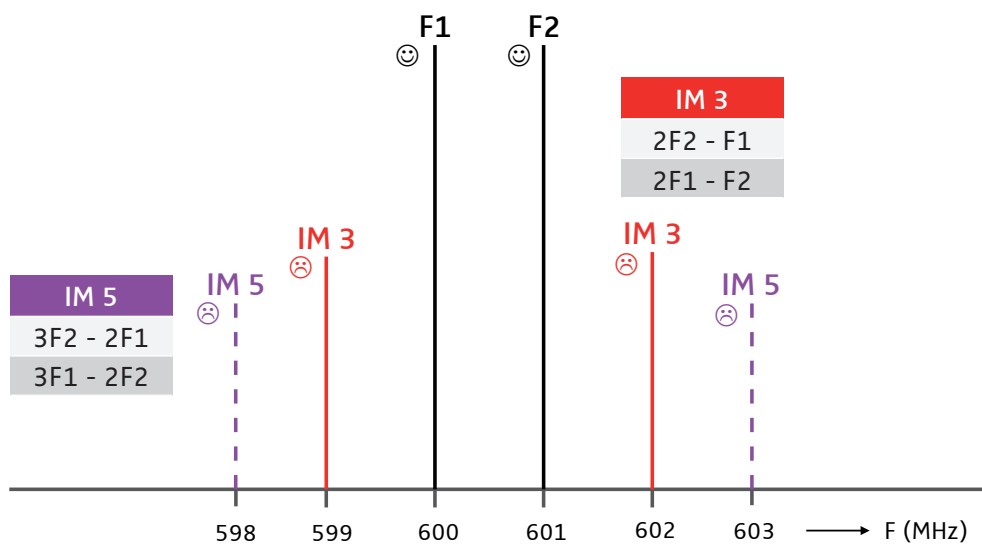
IM 3 2 Tx	2F1 - F2	2F2 - F1	
IM 3 3 Tx	F1 + F2 - F3	F1 + F3 - F2	F2 + F3 - F1
IM 5 2 Tx	3F1 - 2F2	3F2 - 2F1	



## Keresztmoduláció-mentes frekvencia

Biztonsági szint	★★★	★★★★	★★★★★	★★★★★★
Sávszélesség	Mik. (normál)	Mik. (biztonságos)	Mik. (masszív)	IEM-Sztereó
	2T x 100 kHz / 3T x OFF	2T x 100 kHz / 3T x 50 kHz	2T x 100 kHz / 3T x 100 kHz	2T x 200 kHz / 3T x 200 kHz
6 MHz	13	10	8	7
8 MHz	17	12	10	8
12 MHz	22	14	12	9
16 MHz	27	16	14	10
24 MHz	38	20	16	12
36 MHz	45	22	18	14
75 MHz	73	32	25	19
120 MHz	94	38	30	23
180 MHz	120	46	36	27

## Keresztmoduláció



## Fajlagos elnyelési érték (SAR - Specific Absorption Rate)

Frekvencia	Átvitel módja	Teljesítmény (ERP)	Testtől mért min. távolság
450 MHz	analóg	< 0,5 W	–
		< 1 W	4 cm
		< 5 W	20 cm
		< 20 W	40 cm
900 MHz	analóg	< 0,5 W	–
		< 1 W	5 cm
		< 5 W	25 cm
		< 20 W	50 cm
900 MHz (GSM)	digitális	< 2 W	–
		< 4 W	3 cm
		< 8 W	5 cm
		< 20 W	8 cm
1800 MHz (DCS 1800)	digitális	< 1 W	–
		< 2 W	3 cm
		< 8 W	7 cm
		< 20 W	12 cm

## Határérték

2 Watt / kg / 24 h

## LTE spektrum



1.

2.

3.

4.

5.

6.

7.

8.

9.

10.



# Betűrendes útmutató

- A, Á**  
 A 1031 50, 52, 87  
 A 12 AD 55, 133  
 A 2003 50, 53, 87, 133  
 A 5000 50, 52, 88  
 AB 1036 55, 131  
 AB 3 55  
 adat 34, 70, 107 ff  
 adatjel 34  
 adattömörítés 109 ff  
 alkáli 28, 33, 34  
 antenna 51  
 antenna-elhelyezés 101, 102  
 antenna-elosztó 51 ff  
 antenna-erősítő 51 ff, 101, 102, 123, 130 ff  
 antenna-erősítő 54  
 antennaszint 101  
 árnyékolás 21, 41, 43, 86  
 ASA 50, 55, 59  
 ASP 50, 59, 131  
 audioszint 64, 100
- B**  
 belt pack 117  
 bemeneti szint 36, 49, 54  
 bemeneti szűrő 54  
 blokkolás 63, 84
- C, Cs**  
 csatolás 58 ff, 123  
 csillapítás 12  
 csillapítás 14 ff, 30, 39, 42 ff, 43, 53, 56 ff  
 csíptetős mikrofon 11, 20, 37, 44, 101, 128
- D**  
 digitális jel 107  
 dinamikus 11 ff, 25 ff, 30 ff, 34, 36, 63, 67, 69, 76, 82, 91 ff, 107  
 dinamikus mikrofon 12, 76  
 dipólus 51, 53, 129  
 diversity 38, 50, 59, 63 ff, 79 ff, 84 ff, 90, 101, 119, 123  
 DTV 45, 47, 125 ff  
 Dual Antenna Diversity technológia 66
- E, É**  
 EK 300 82, 92  
 EK 3241 80, 90  
 EK 500 80  
 elektromágneses hullámok 26 ff, 41 ff, 87, 107  
 elem 25 ff, 33 ff, 69, 77 ff, 84, 100, 109, 119, 128  
 elhajlás 44  
 elnyelés 41, 43, 44, 140  
 előerősítő 76  
 eltérés 27 ff  
 EM 1046 62, 76, 131  
 EM 2050 61  
 EM 3532 60, 130  
 EM 3732 63, 76, 114  
 ének 11, 23, 130  
 engedélyezés 25, 30, 45  
 érzékenység 12 ff, 36 ff, 38, 68, 101, 107
- F**  
 fájdalomküszöb 36  
 fáziseltolás (phase effect) 131
- G**  
 gömb-karakterisztika 15, 16, 19, 65, 87
- H**  
 hangnyomás 14, 36, 38  
 hatékonyság 29, 53, 107  
 hatóság 25  
 hatótávolság 8, 28 ff, 41  
 headset 18, 120 ff  
 hibaelhárítás 101  
 hosszúhullám 26  
 hullámhossz 41, 42
- I**  
 IEM 105  
 impedancia 51, 101  
 interferencia 23, 27 ff, 33 ff, 42 ff, 44 ff, 65 ff, 73 ff, 100 ff  
 intonáció 83, 91  
 irányítottság 13, 15 ff, 52 ff  
 iránykarakterisztika-diagram 15, 16, 50, 53, 123
- J**  
 jelátalakítók 11 ff  
 jelkimaradás 65 ff, 80  
 jelszedés (pick-up) 11, 15, 26  
 jel-zaj viszony 25 ff, 27, 30, 49
- K**  
 kamera vevőegység 44, 62, 80 ff  
 kapcsolási sávzélesség 28, 74 ff  
 kapszula 9 ff, 36 ff, 76, 114, 118, 129  
 keresztmoduláció 32 ff, 55 ff, 63 ff, 67, 138, 139

késleltetési idő 108 ff  
kétirányú (8-as karakterisztikájú) 15, 16  
kézikamera 38, 62  
kijelző 14, 16, 18, 34, 36, 64 ff, 70 ff, 76, 100  
kimenő-teljesítmény 26, 43, 47  
klaszter 75  
kommunikáció 45, 47, 121, 127  
kompander 30, 69 ff, 101  
komparátor (összehasonlító) 66  
kompresszor 30, 69  
kondenzátor-mikrofon 12 ff, 23  
közvetlen rálátás 43, 65, 86, 134  
kristályvezérlés 28  
külső közvetítés 90

## L

Lavalier 11, 20 ff, 37  
LED-fal 116  
LED-fal 79, 112 ff, 124  
Licenz 27  
limiter 31, 69, 76, 92

## M

mellék hullámú sugárzás 45  
menü 35, 36, 39, 84  
metszési pont 55  
mikrofonkar 38, 81

## N

Neumann 14, 17, 114

## O, Ö

opera 130  
összegző 89 ff, 101

## P

parancs 39, 81  
pilotjel 28, 64, 68, 75, 84  
PLL (fáziszárt hurok) 26, 28  
plug-on 10, 24, 38  
polarizáció 41, 52, 88  
pop-zaj 15, 16, 18  
processzor 35 ff, 63, 77, 109  
proximity hatás 14, 16 ff, 29

## R

RF-kábel 51 ff, 54, 61, 99, 101  
riporter 10, 29, 38, 81  
rövidhullám 26

## S, Sz

sáváteresztő szűrő 54, 75  
sávszélesség 26 ff, 27, 31, 53, 69, 70, 75 ff, 86 ff,

smink 22, 37  
spektrum 70, 72, 79, 116  
szélfogó 37  
szivattyúhatás 31, 69  
softver 35, 62, 71, 78

## T

tippek 37  
torlódás 30, 69  
torzítás 36  
többcsatornás 63, 74, 101, 104  
töltő 34  
túlvezérlés (clipping) 30, 36, 39, 64, 76 ff  
túlvezérlés (overload) 69, 76

## U, Ú

UHF 27, 42  
újratölthető 33, 34, 35, 36, 77

## V

visszaverődések 42 ff, 64 ff, 83 ff  
vivőjel 27 ff, 31, 49

## Y

Yagi 129 ff

## Z

zajmoduláció 31  
zajzár 67, 68, 77







