

# CDMA RÁDIÓHÁLÓZAT TERVEZÉS

**Kovács István Tamás**  
Tervezés és projekt szakágvezető  
MVM OVIT Zrt.

- CDMA 2000 technológia
- Tervezési folyamat
- Link budget, tervezési jelszintek
- Kapacitás számítás
- Hullámterjedési modell
- Tervező program
- Tervezési irányelvek
- Eset tanulmány

## IMT-2000 Földi rádió interfészek

IMT-2000  
CDMA Multi carrier  
**CDMA 2000**

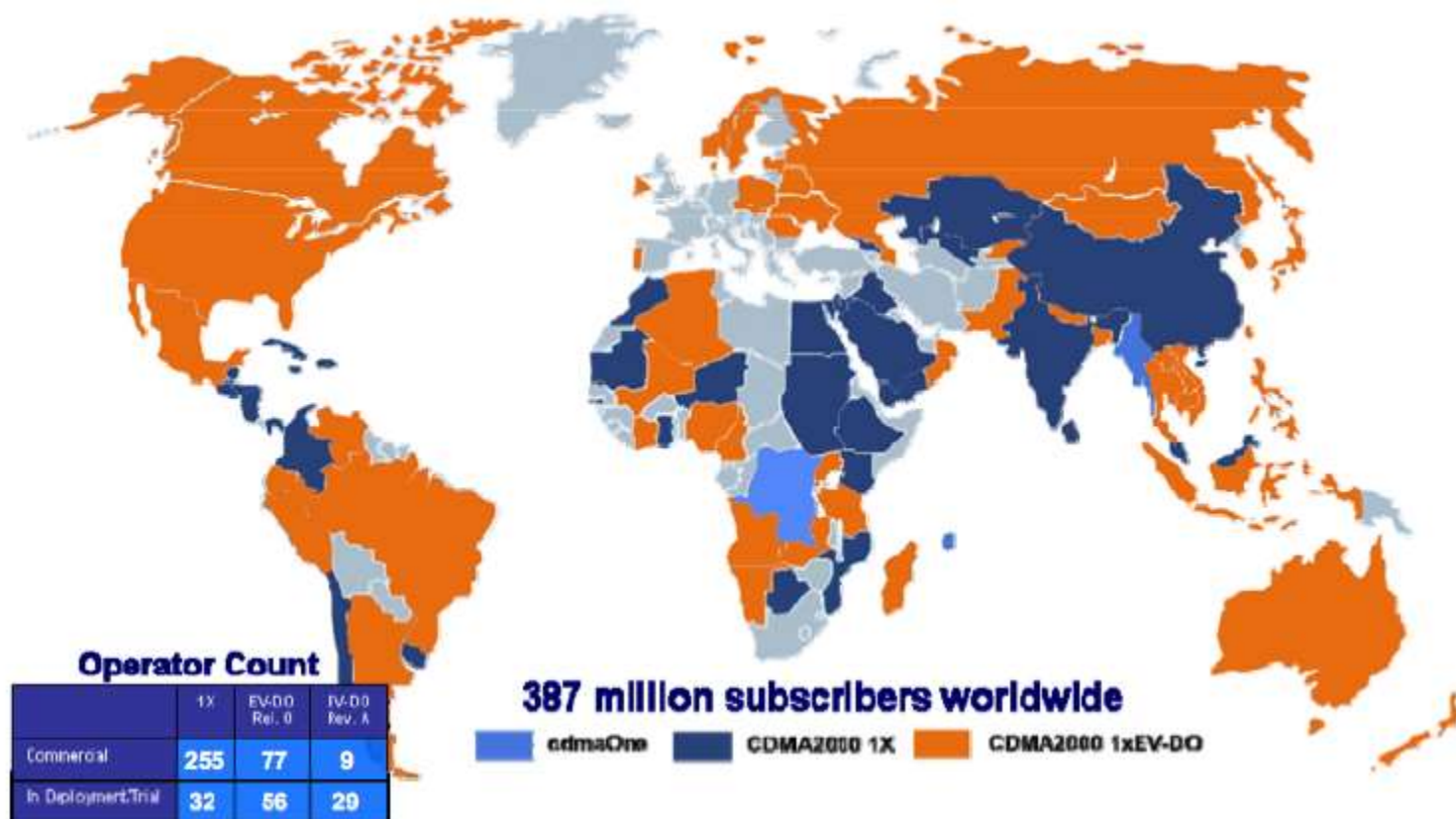
IMT-2000  
CDMA Direct Spread  
**WCDMA (UMTS)**

IMT-2000  
CDMA TDD  
**UTRA TDD és TD-  
CDMA**

IMT-2000  
TDMA – Single carrier  
**UWC-136, EDGE**

IMT-2000  
FDMA / TDMA  
**DECT**

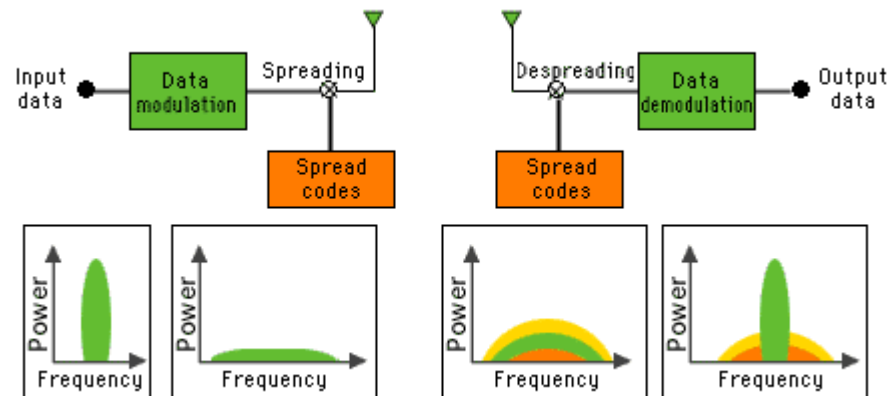
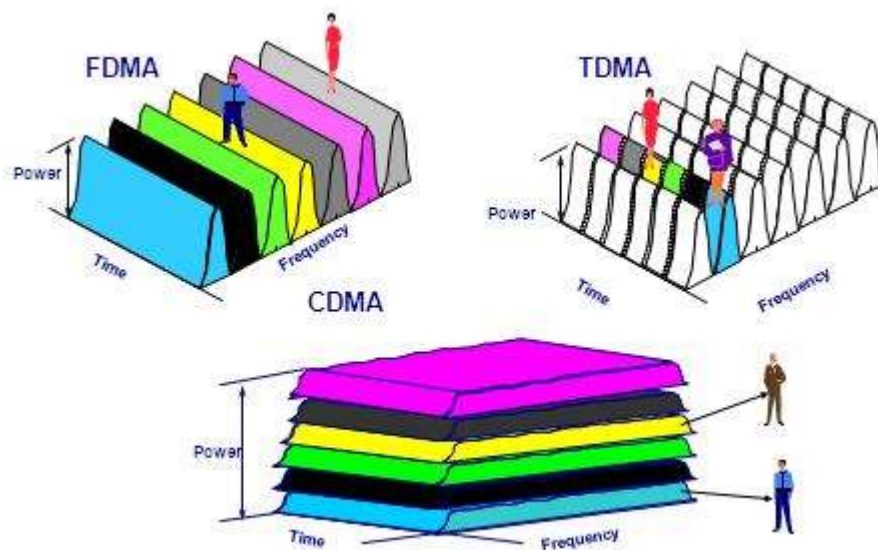
# CDMA a világban



# ITU 3G-vel szemben támasztott követelményei

- Globális roaming a mobil szolgáltatókkal
- Nagy sebességű csomag kapcsolt adatátvitel három rádiós környezetre
  - Nagy sebességű jármű
  - Gyalogos – alacsony sebesség
  - Beltéri környezet
- Internet hozzáférés biztosítása
  - Aszimmetrikus link
  - Push e-mail
  - Multi task
- Quality of Service (QoS)
- Változtatható adat sebesség
- Multimédia szolgáltatások (videó telefon, video streaming, stb.)

# Kódosztásos többszörös hozzáférés

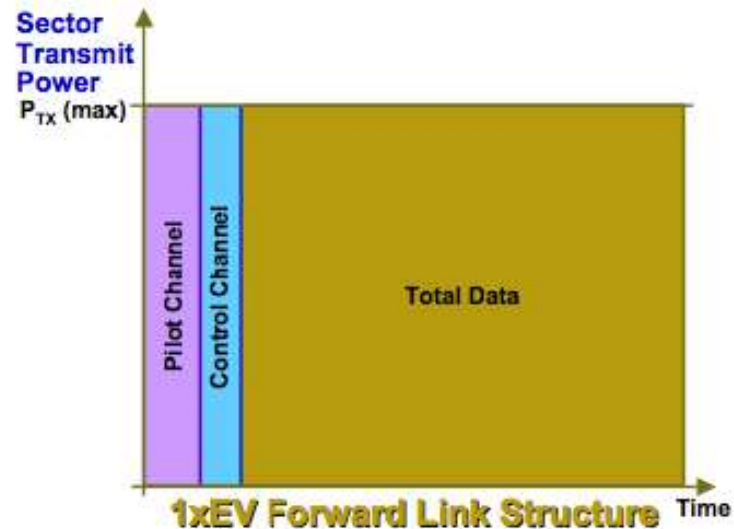
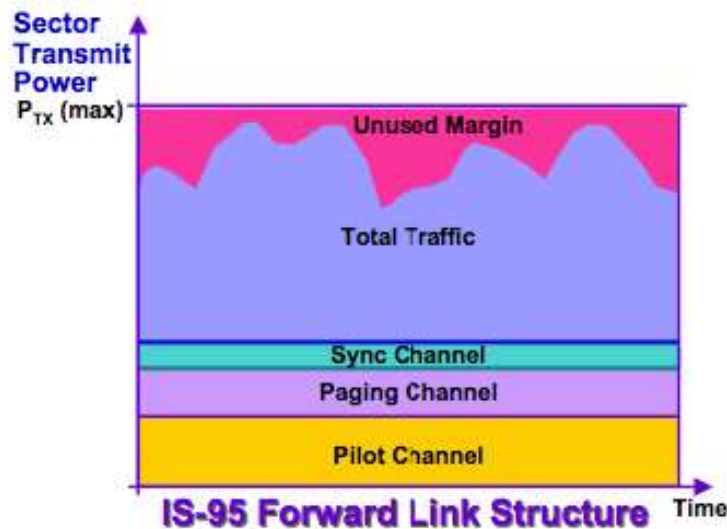


- IS-95 (CDMA ONE) → 1.25 MHz vivőnkénti sávszélesség, 1.2288 Mcps
- Több vivős mód 12 vivőig → 15 MHz
- Berendezések 5 vivőt, terminálok 3 vivőt támogatnak

IS-95	1xEV-DO Rev 0	1xEV-DO Rev A	1xEV-DO Rev B	1xEV-DO Rev B+
14.4 kbps / 14.4 kbps	2.45 Mbps / 153 kbps	3.1 Mbps / 1.8 Mbps	9.3 Mbps / 5.4 Mbps	14.7 Mbps / 5.4 Mbps
Nagy kapacitású beszéd forgalom kiszolgálása	Only data forgalom	Only data forgalom	Only data forgalom	Only data forgalom
Szimmetrikus forgalom kiszolgálása	Asszimmetrikus forgalom kiszolgálása	Asszimmetrikus forgalom kiszolgálása	Asszimmetrikus forgalom kiszolgálása	Asszimmetrikus forgalom kiszolgálása
QPSK	16 QAM	16 QAM	16 QAM	64 QAM
Max. 1 vivő	Max. 1 vivő	Max. 1 vivő	Max. 3. vivő	Max. 3 vivő



- Only data forgalom kiszolgálása
- Új adat sebességek, Forward link 4.9 Mbps, Reverse link 3.1 Mbps
- Magasabb rendű modulációk (8PSK, 16 QAM, 64 QAM)
- Hatékonyabb turbó kódoló, kisebb Eb/No szükséges a bearer-ekhez
- Gyorsabb power control (800 Hz)

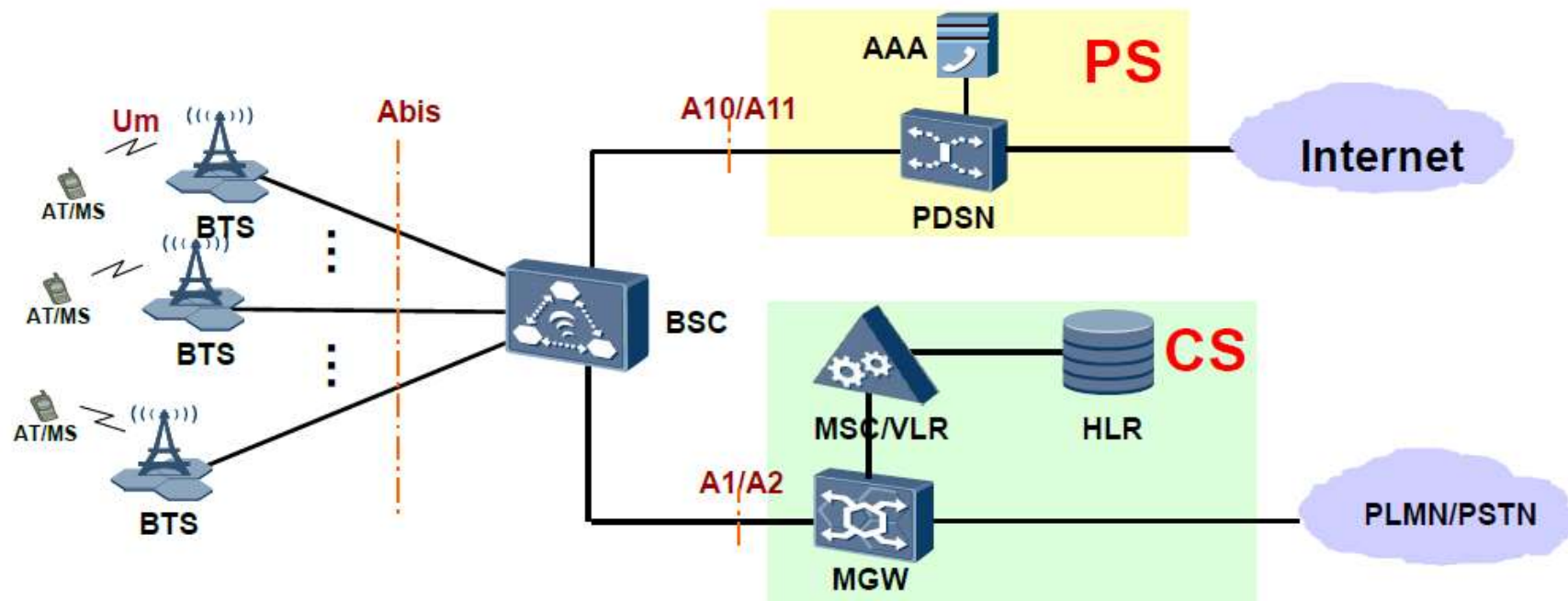




# CDMA bearer-ek



# CDMA RAN architektúra



# Rádiós tervezési folyamat

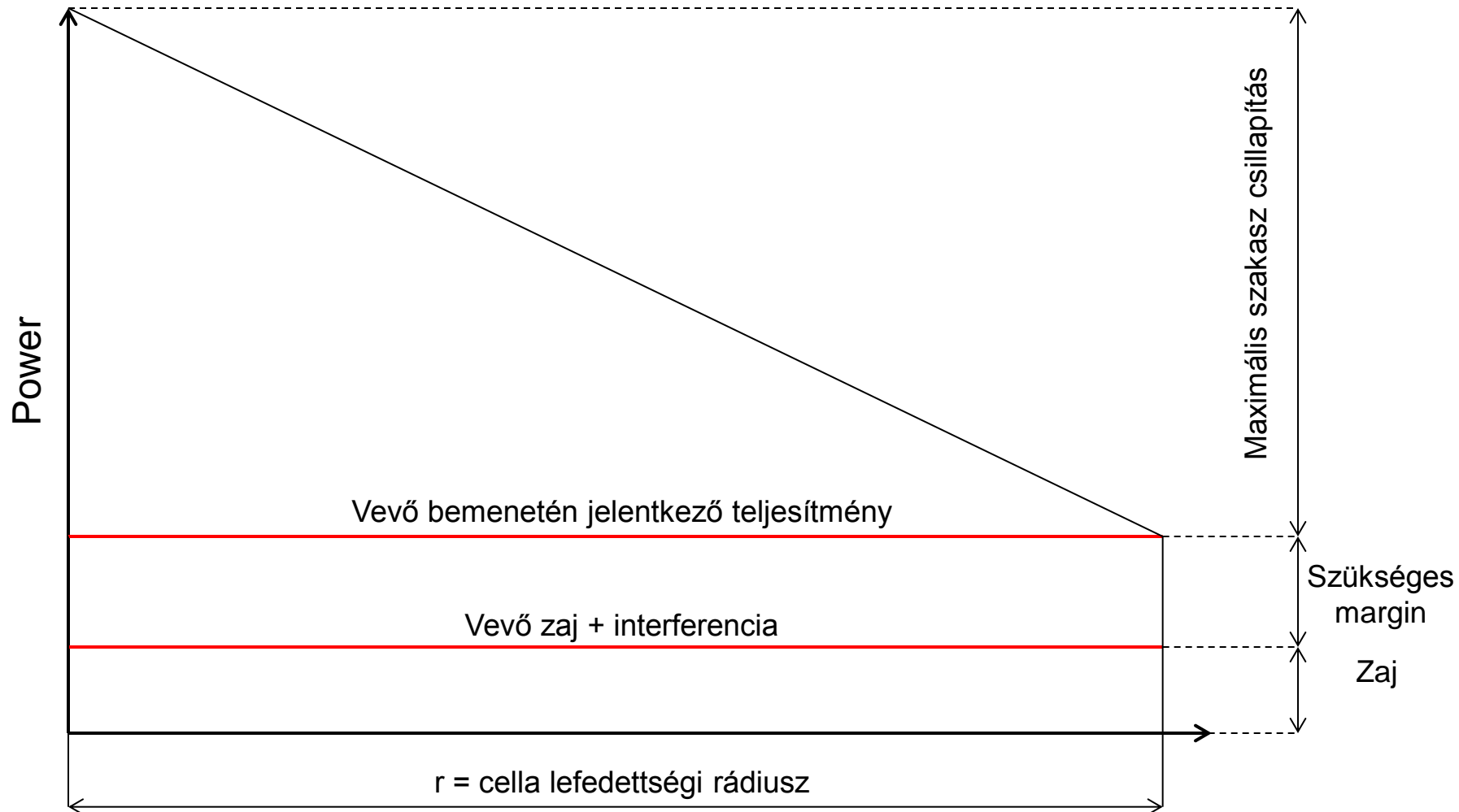
- Tervezési követelmények meghatározása
- Hullámterjedési modell hangolása
- Nominál (elvi) terv készítés
- Telephely keresés
- Részletes rádiós tervezés
- Initial (kezdeti ) hangolás

# Link budget

- Tervezés első lépése a tervezési jelszintek meghatározása
- Reverse (uplink) és forward (downlink) link budget
- Bemenő adatok:
  - Elvárt minimális adat sebesség
  - Hardware paraméterek
  - Mobil vevő magasság
  - Kültéri, beltéri, in-car lefedettség?
  - Hány carrier-rel fognak üzemelni a cellák?
  - Lefedendő terület, hely valószínűség
- Eredmény:
  - Legkisebb szakaszcsillapítás meghatározása (downlink vagy uplink limitált a rendszer)
  - Tervezési jelszintek meghatározása

# Link budget

EIRP



# Forward link budget

A	Adatsebesség	Bearer sebesség
B	Csatorna sávszélesség (Hz)	1228000
C	Csatorna sávszélesség (dB)	$10 \cdot \log(\text{csatorna sávszélesség})$
D	Processing Gain [dB]	$10 \cdot \log(\text{chip sebesség [Hz]} / \text{Adatsebesség})$
E	Thermal Noise density (dBm/Hz)	-174
F	Bandwith Noise (dBm)	Thermal Noise density + $10 \cdot \log(\text{csatorna sávszélesség}) = -113.108$
G	Mobil terminál zajszám (dB)	Gyártó függő
H	Teljes zaj teljesítmény (dBm)	F+G
I	Külső interferencia (dBm)	Tervező által definiált (tapasztalati és tervező program által prediktált)
J	Teljes zaj/külső interferencia teljesítmény (dBm)	H+I
K	Elvart Eb/Nt (dB)	Adott bearer-hez tartozó érték
L	Mobil antenna nyereség (dBi)	Általában 0 vagy 2
M	Vételi érzékenység a mobil antenna porton (dBm)	J+K-L-D
N	Test és polarizáció veszteség (body loss) (dB)	
O	Épület csillapítás (dB)	
P	Fast fading tartalék (dB)	
R	Slow fading tartalék (dB)	
S	Diversity nyereség (dB)	
T	Összes tervezési tartalék (dB)	N+O+P+R-S
U	Interferencia tartalék	
V	BTS teljesítmény [dB]	
Z	BTS jumper kábel veszteség (dB)	
X	BTS antenna nyereség (dBi)	
Y	BTS EIRP [dBm]	V-Z+X
Maximális szabadtéri csillapítás (dB)		Y-M-T-U

# Reverse link budget

<b>A</b>	Adatsebesség (bps)	Bearer sebesség
<b>B</b>	Maximális mobil teljesítmény (dBm)	
<b>C</b>	Veszteség	
<b>D</b>	Mobil antenna nyereség (dBi)	Általában 0-2
<b>E</b>	Mobil EIRP	
<b>F</b>	Thermal Noise density (dBm/Hz)	-174
<b>G</b>	Csatorna sávszélesség (Hz)	1228800
<b>H</b>	Csatorna sávszélesség (dB)	$10 \cdot \log(\text{csatorna sávszélesség})$
<b>I</b>	Bandwith Noise (dBm)	Thermal Noise density + csatorna sávszélesség(dB) = -113.108
<b>J</b>	BTS zajszám (dB)	Gyártó függő
<b>K</b>	Teljes zaj teljesítmény (dBm)	I+K
<b>L</b>	Külső interferencia (dBm)	Tervező által definiált (tapasztalati és tervező program által prediktált)
<b>M</b>	Teljes zaj/külső interferencia teljesítmény (dBm)	K+I
<b>N</b>	Processing Gain [dB]	$10 \cdot \log(\text{csatorna sávszélesség [Hz]}/\text{Adatsebesség})$
<b>O</b>	Elvárt Eb/Nt	Adott bearer-hez tartozó érték
<b>P</b>	Vevő érzékenység (dBm)	M-N+O
<b>R</b>	BTS jumper kábel veszteség (dB)	
<b>S</b>	BTS RX antenna nyereség (dBi)	
<b>T</b>	Vételi érzékenység a BTS antennaponton (dBm)	P+R-S
<b>U</b>	Test és polarizáció veszteség (body loss) (dB)	
<b>V</b>	Épület csillapítás (dB)	
<b>W</b>	Fast fading tartalék (dB)	
<b>Z</b>	Slow fading tartalék (dB)	
<b>X</b>	Soft HO nyereség	
<b>Y</b>	Diversity nyereség (dB)	
<b>A1</b>	Összes tervezési tartalék (dB)	U+V+W+Z-X-Y
<b>B1</b>	Interferencia tervezési tartalék	
<b>Maximális szabadtéri csillapítás (dB)</b>		T-A1-B1-E



# Kapacitás számítás

- Pólus kapacitás
  - Maximálisan kiszolgálható felhasználók száma
  - Bearer függő

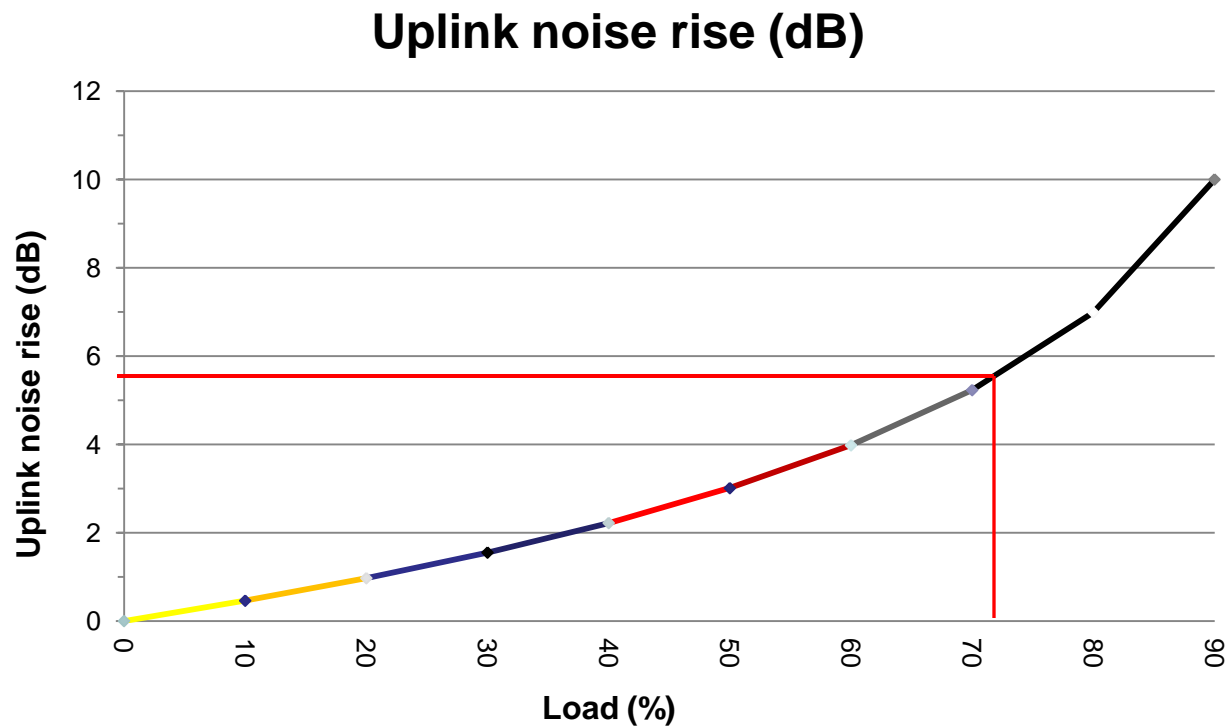
$$M_{pole} = 1 + \frac{1}{(1 + F) * \gamma}$$

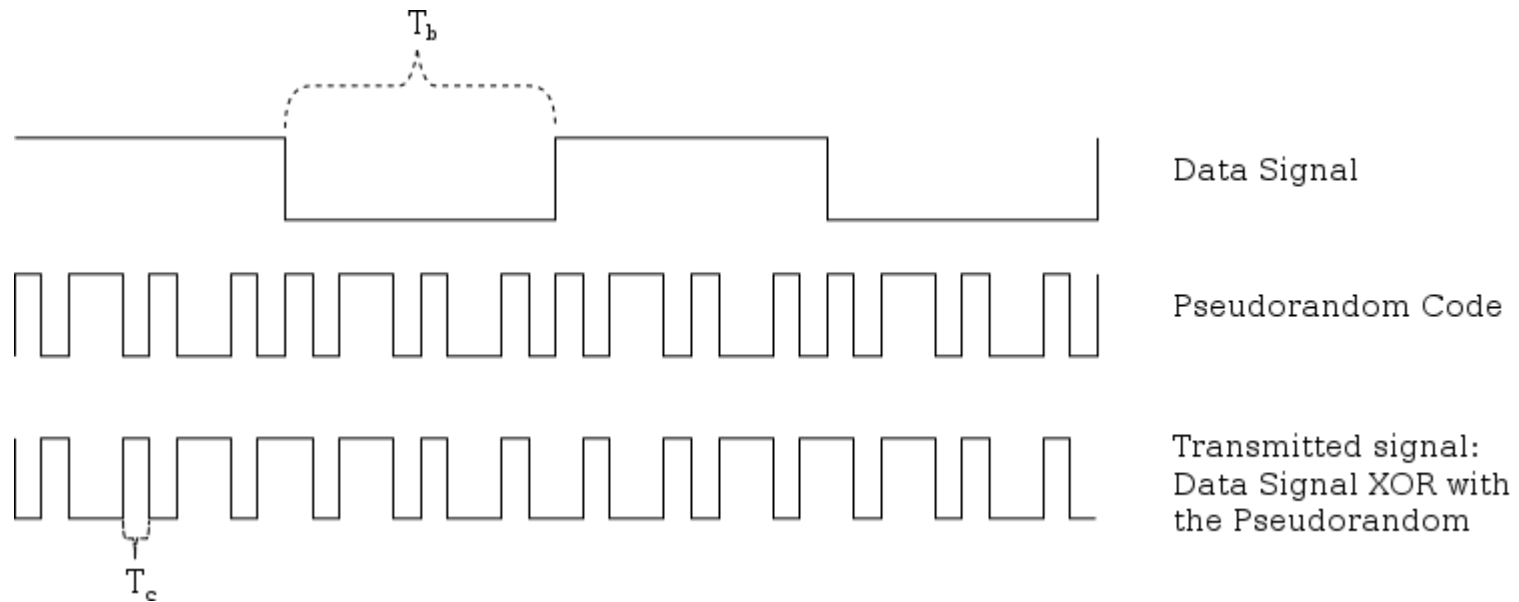
- $F$  = külső és a saját cella interferenciájának aránya  $\sim 0.9$
- $\gamma = \frac{10^{(E_b/I_o)/10}}{R_{chip}/R_{info}}$
- $E_b/I_o$ : minimális bit energia és interferencia aránya, bearer függő
- $R_{chip}$ : chip sebesség = 1.228 Mcps
- $R_{info}$ : bearer sebesség

$$Loading = \frac{M}{M_{pole}}$$
$$Loading = \frac{M_1}{M_{pole1}} + \frac{M_2}{M_{pole2}} + \dots$$

# Kapacitás számítás

$$I_{UL} = 10\log\left(\frac{1}{1 - Loading}\right)$$





- PN (Pseudo Noise sequence): 32768 chip, 26.666 ms-onként ismétlődik
- A PN-en belül 512 pont van meghatározva PN offset-ként (0-511)
- Cella azonosításra használják

# Hullámterjedési modell

- Free space loss

$$L_{FSL} = 32,4 + 20 \log(D)_{[km]} + 20 \log(f)_{[MHz]}$$

- Plane Earth Loss

$$L_{PEL} = 40 \log(r) - 20 \log(h_m) - 20 \log(f_0)(h_b)$$

- Okumura – Hata modell

- 150 MHz -1500 MHz
- Bázisállomás antenna magasság: 30 – 200 méter
- Mobil antenna magasság: 1 – 10 méter
- > 1 km-re ad megbízható eredményt

- Rural

$$L_{dB} = A + B \log(d) - D$$

- Suburban

$$L_{dB} = A + B \log(d) - C$$

- Urban

$$L_{dB} = A + B \log(d) - E$$

$$A = 69,55 + 26,16 \log(f_c) - 13,82 \log(h_b)$$

$$B = 44,9 - 6,55 \log(h_b)$$

$$C = 2(\log(f_c/28))^2 + 5,4$$

$$D = 4,78(\log(f_c))^2 - 18,33 \log(f_c) + 40,94$$

$$E = 3,2(\log(11,75h_m))^2 - 4,97 \text{ (nagyvárosokra jellemző)}$$

$$E = (1,1 \log(f_c) - 0,7)h_m - (1,56 \log(f_c) - 0,8) \text{ (kisebb városokra jellemző)}$$

- Cost 231 – Hata

Kis és közepes méretű városokra alkalmazható

$$L_{dB} = F + B \log(d) - E + G$$

$$F = 46,3 + 33,9 \log(f_c) - 13,82 \log(h_b)$$

$E$  értéke megegyezik az Okumura – Hata képletben foglaltakkal

$G = 3 \text{ dB}$  nagyvárosi,  $0 \text{ dB}$  kisvárosi környezetben

- Cost 231 Walfisch-Ikegami
  - Mikrocellás modell
  - 800 – 2000 MHz
  - Bázisállomás antenna magasság: 4 – 50 méter
  - Mobil antenna magasság: 1 – 3 méter
  - 200 – 1000 méter sugarú celláknál ad megbízható eredményt
- Ray tracing
  - Mikrocellás modell
  - 3D épület adatbázist vesz figyelembe

- Mérések előkészítése: tesztadás helyszíneinek kiválasztása, útvonal kijelölése a tesztadók környezetében
- Mérésnél célszerű az omni antenna használata
- Tesztadó: CW vagy modulált jel
- Mérés a kijelölt tesztadók szolgáltatási területén, adatgyűjtés
- Mérési eredmények feldolgozása, hibák kiszűrése
- Hullámterjedési modell kalibrációja, hangolása
- Tesztelés, ellenőrzés és riportolás

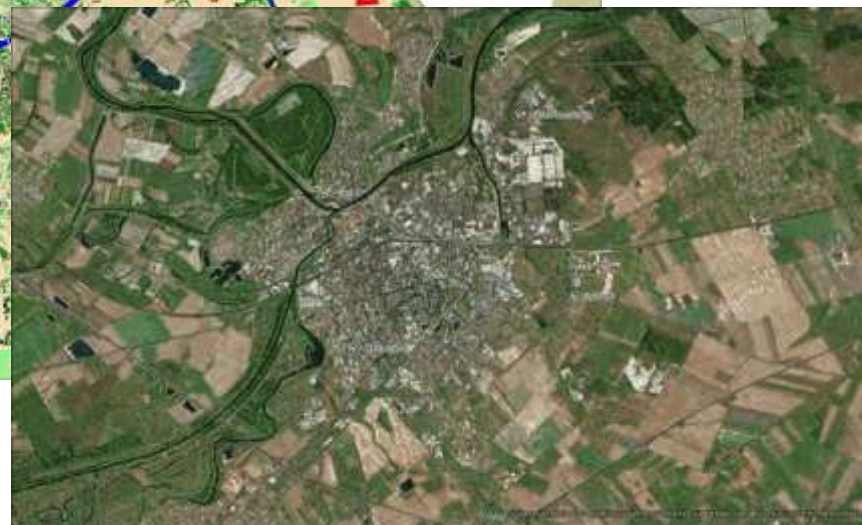
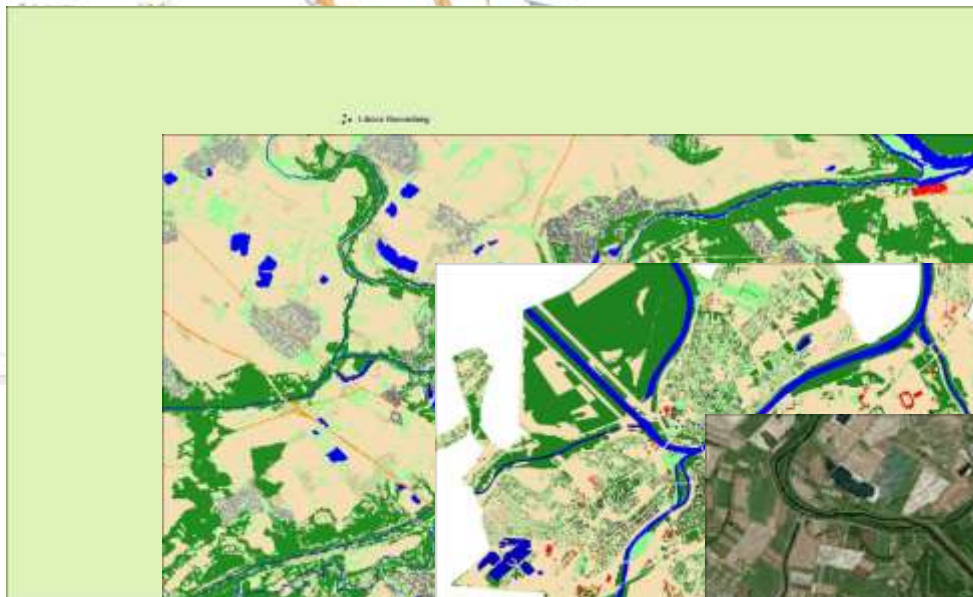
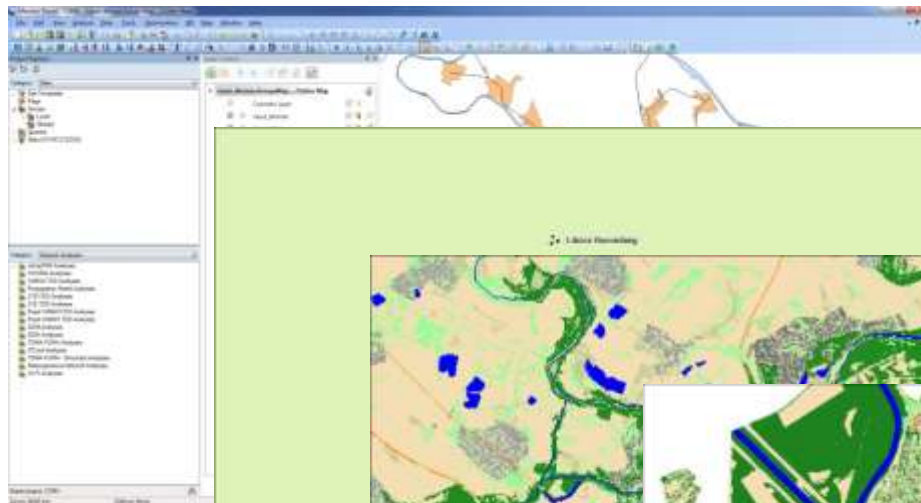




- Modell típusok
  - Frekvencia sáv alapján: pl. 450, 900, 1800, 2100 MHz
  - Földrajzi jelleg alapján: sík, hegyvidék, stb.
  - Beépítettség alapján: rural, suburban, urban, stb.
- Jellemzők:
  - Átlagos hiba – mean error
  - Szórás – standard deviation

- GIS felülettel rendelkező tervező és optimalizáló eszköz
- Több RAN technológia támogatása (CDMA, GSM, UMTS, LTE, stb.)
- Beépített hullámterjedési modellek
- Automatikus tervező modulok (AFP, ACP, ASPT)
- Mérés feldolgozás
- Standalone és több munkaállomásos környezet
- Külső interface-ek
- Adatbázisok:
  - Raszterek
    - DTM (digital terrain modell)
    - Clutter
    - Traffic map
    - Populációs térkép
  - Poligonok
  - Műholdas felvételek
  - Topográfiai térképek

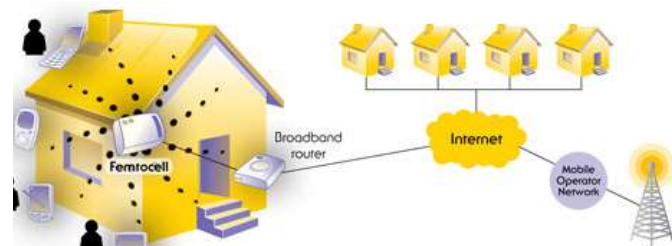
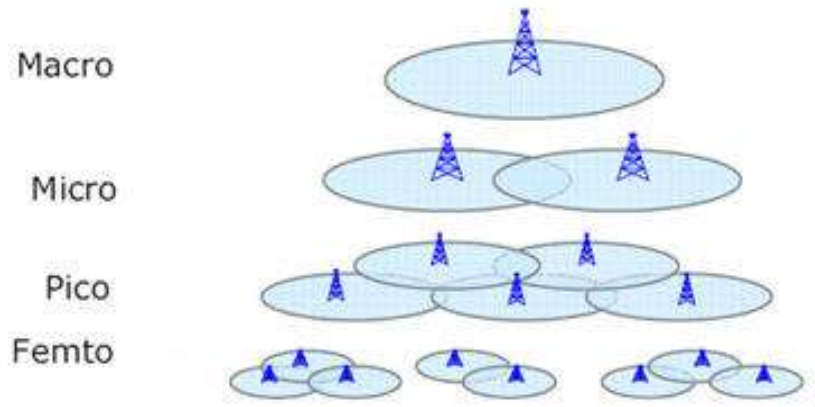
# Rádióhálózat tervező program



- Üzleti tervek műszaki alátámasztásához
- High level szintű, tervező asztal mellett történik
- Számítási módszerek
  - Elméleti: cella sugár, site-to-site distance
  - Tervező program
- Input adatok:
  - Területi lefedettség, szolgáltatás, kapacitás igények, frekvencia spektrum
  - Telephelyek: zöldmezős vagy betelepülés
  - Mekkora költség áll rendelkezésre?
- Output:
  - Link budget
  - Kapacitás kalkuláció
  - Telephely lista
  - Lefedettségi térkép

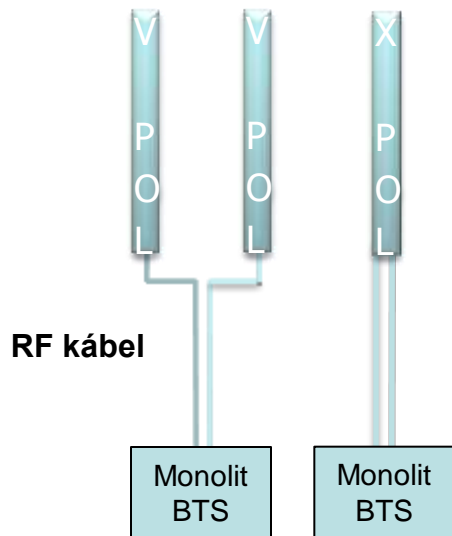
# Cella típusok

- Makro cella: területi lefedettséget biztosít
- Mikro cella: kis területi lefedettség + kapacitás biztosítása
- Piko cella: beltéri lefedettség + kapacitás biztosítása
- Femto cella: beltéri lefedettség + kapacitás biztosítása





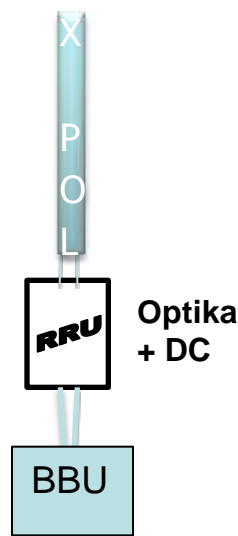
## RF kábeles megoldások



😊 • Üzemeltetés

☹️ • Nagyobb kábel veszteség  
Kisebbségi teljesítmény  
Rosszabb vevő érzékenység

## RRU (Remote Radio Unit) megoldás



😊 • Kisebbségi kábel veszteség  
Nagyobb teljesítmény  
Jobb vevő érzékenység

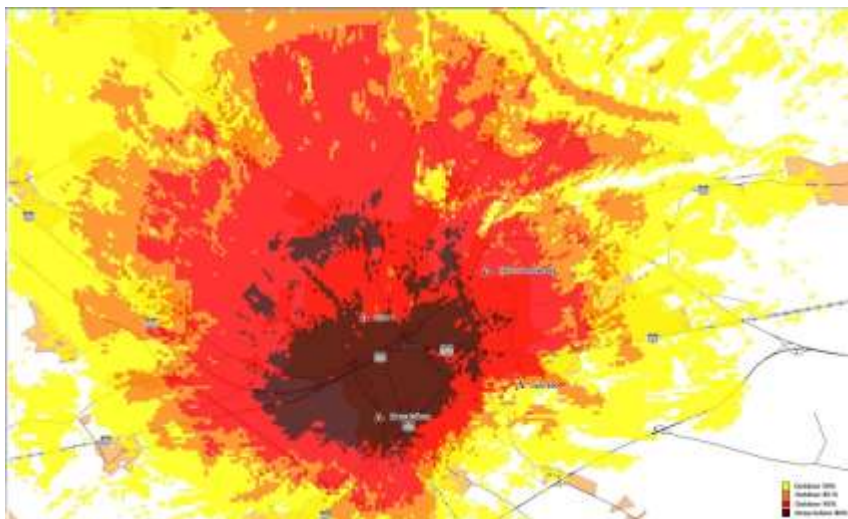
☹️ • Üzemeltetés

- TMA (Tower Mounted Amplifier)
- RET (Remote Electrical Tilt)

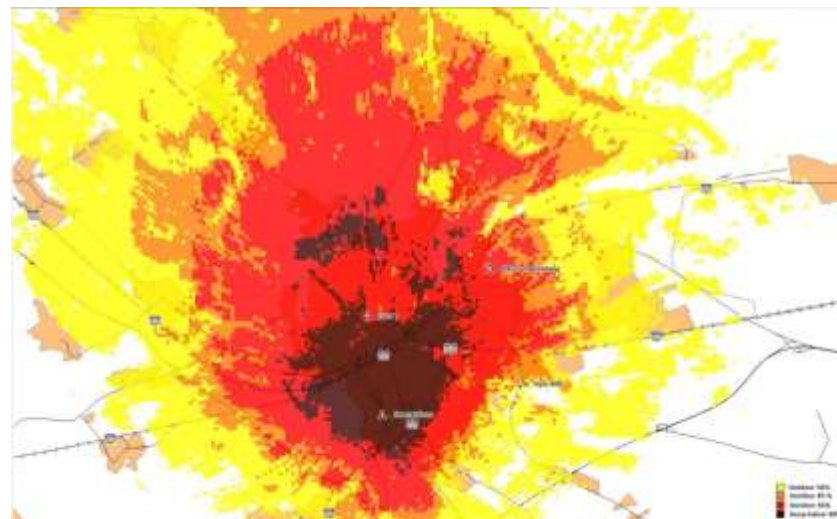




Mechanikus dőlés



Elektronikus dőlés



## ▪ Kültéri antennák



Vpol

Xpol

XXPol



XXXPol

## ▪ Beltéri antennák



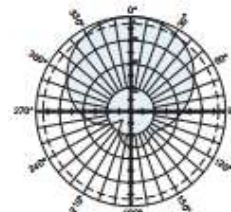
- Jellemzők:
  - Nyereség
  - Vertikális, Horizontális nyaláb szélesség
  - Előre-hátra viszony
  - Elektronikus dőlés (fix vagy változtatható)
  - Méret (Tartószerkezet statika!)

The Kathrein 742 242 directional panel antenna with dual polarization is intended for use in professional fixed-station applications in the 380–470 MHz band. It features:

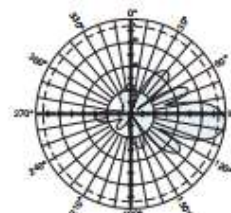
- Heavy-duty stainless steel and aluminum construction throughout.
- Excellent bandwidth and VSWR specifications.
- Heavy fiberglass radome assures excellent performance in heavy icing conditions.
- All metal parts at DC ground potential.

## General specifications:

Frequency range	380–470 MHz
Impedance	50 ohms
VSWR	<1.5:1
Intermodulation (2x20w)	IM3: <-150 dBc
Polarization	+45° and -45°
Isolation	> 30 dB
Maximum input power	500 watts (at 50° C)
Electrical downtilt	6 degrees
Connectors	2 x 7-16 DIN female
Weight	41.9 lb (19 kg)
Dimensions	78.7 x 19.4 x 7.5 inches (2000 x 492 x 190 mm)
Wind load	at 93 mph (150kph)
Front/Side/Rear	248 lbf / 99 lbf / 347 lbf (1100 N) / (440 N) / (1540 N)
Mounting category	H (Heavy)
Wind survival rating*	120 mph (200 kph)
Shipping dimensions	81.9 x 20.6 x 9.9 inches (2080 x 523 x 252 mm)
Shipping weight	48.5 lb (22 kg)
Mounting	See mounting hardware options on reverse.



Horizontal pattern  
±45°- polarization



Vertical pattern  
±45°- polarization



- 0-14° downtilt range.
- UV resistant pulltruded fiberglass radome.
- DC Grounded.

## General specifications:

Frequency range	380–470 MHz
VSWR	<1.5:1
Front-to-back ratio	>25 dB
Impedance	50 ohms
Intermodulation (2x20w)	IM3: <-150 dBc
Polarization	+45° and -45°
Maximum input power	400 watts per input (at 50°C)
Connector	2 x 7-16 DIN female
Isolation	>30 dB
Cross polar ratio	
Main direction	0° 25 dB (typical)
Sector	±60° >10 dB
Weight	48.5 lb (22 kg)
Dimensions	78.7 x 22.6 x 7.8 inches (1999 x 575 x 199 mm)
Wind load	at 93 mph (150kph)
Front/Side/Rear	261 lbf / 108 lbf / 421 lbf (1160 N) / (480 N) / (1870 N)
Mounting category	H (Heavy)
Wind survival rating*	120 mph (200 kph)
Shipping dimensions	88.6 x 25.2 x 8.9 inches (2250 x 640 x 225 mm)
Shipping weight	52.9 lb (24 kg)
Mounting	Fixed and tilt mount options are available for 2 to 4.6 inch (50 to 115 mm) OD masts.

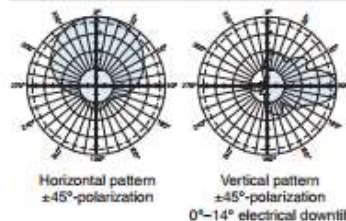
See reverse for order information.

\* Mechanical design is based on environmental conditions as stipulated in TIA-222-G-2 (December 2009) and/or ETS 300 019-1-4 which include the static mechanical load imposed on an antenna by wind at maximum velocity. See the Engineering Section of the catalog for further details.

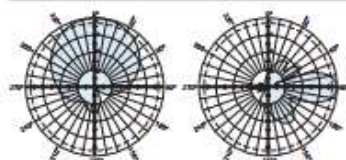
Specifications:	380–430 MHz	430–470 MHz
Gain	0° 7° 14° T 13.5 13 12.5	0° 7° 14° T 14 13.5 13
+45° and -45° polarization horizontal beamwidth	66° (half-power)	62° (half-power)
+45° and -45° polarization vertical beamwidth	22° (half-power)	19° (half-power)
Electrical downtilt continuously adjustable	0°–14°	0°–14°



380–430 MHz



430–470 MHz





## Konténer



## Outdoor berendezés



- Zöldmezős torony
  - Bérbeadói fogadókészség
  - Elektromos áramellátás
  - Társszolgáltatói egyeztetés több szolgáltatós torony esetén
  - Hatósági engedélyezés (NMHH, Légügy, NATURA 2000, HM, stb.)
  - Lakossági tiltakozás
- Betelepülés meglévő infrastruktúrára
  - Bérbeadói fogadókészség
  - Antennák elhelyezése zavartatás figyelembevételével
  - Társszolgáltatói hozzájárulás
  - Elektromos áramellátás
  - Berendezés elhelyezése

- A rádiófrekvenciás sugárzás (RF) a nem-ionizáló sugárzás közé tartozik
- Termikus hatást idéz elő a szövetekben
- Vonatkoztatási határérték: 1 C<sup>0</sup>-nál kisebb melegedés
- A lakosságra vonatkozó sugárzási határértékeket a 63/2004. (VII: 26.) ESzCsM rendelet tartalmazza
- Sugárbiológiai nyilatkozat: antenna megközelítésére vonatkozik
- Sugárbiológiai mérések

*Vonatkoztatási határértékek az elektromos, mágneses és elektromágneses terekre  
(0 Hz-300 GHz; effektív értékek)*

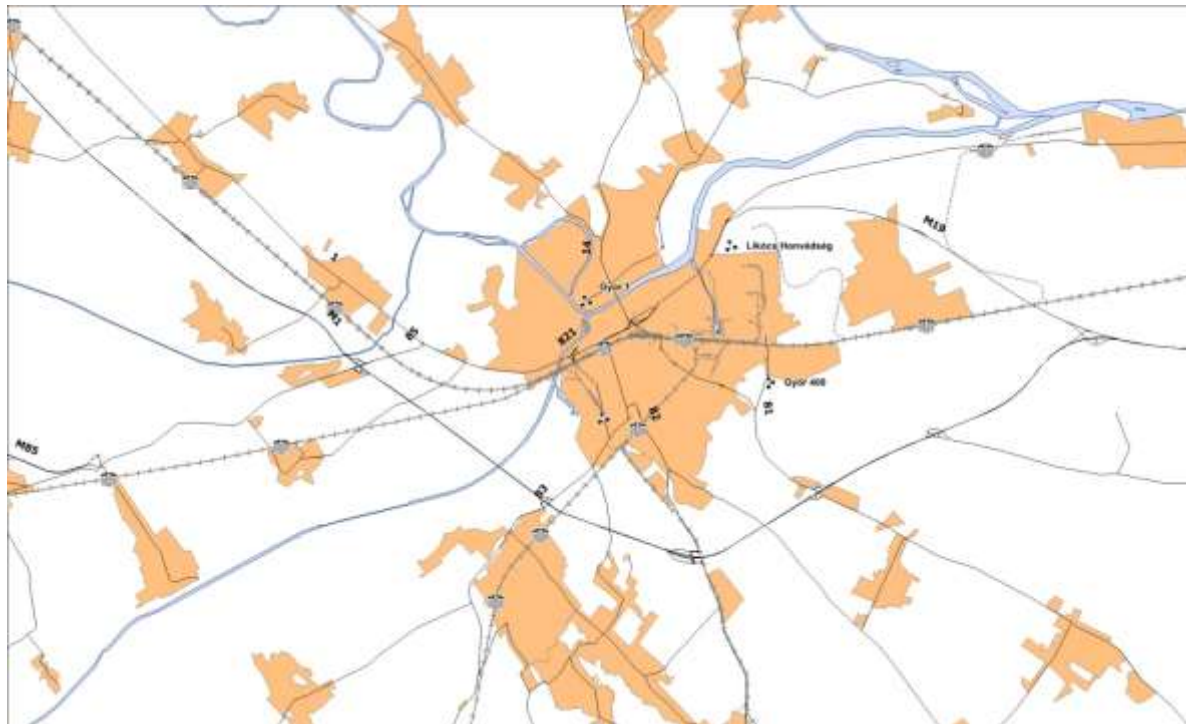
Frekvenciatartomány	Elektromos télerősség (V/m)	Mágneses télerősség (A/m)	Mágneses indukció (μT)	Ekvivalens síkhullám teljesítmény- sűrűség Seq (W/m <sup>2</sup> )
0-1 Hz	-	3,2 x 10 <sup>4</sup>	4 x 10 <sup>4</sup>	-
1-8 Hz	10 000	3,2 x 10 <sup>4</sup> /f <sup>2</sup>	4 x 10 <sup>4</sup> /f <sup>2</sup>	-
8-25 Hz	10 000	4000/f	5000/f	-
0,025-0,8 kHz	250/f	4/f	5/f	-
0,8-3 kHz	250/f	5	6,25	-
3-150 kHz	87	5	6,25	-
0,15-1 MHz	87	0,73/f	0,92/f	-
1-10 MHz	87/f <sup>1/2</sup>	0,73/f	0,92/f	-
10-400 MHz	28	0,073	0,092	-
400-2000 MHz	1,375f <sup>1/2</sup>	0,0037 f <sup>1/2</sup>	0,0046 f <sup>1/2</sup>	f/200



- Cél: Országok és szolgáltatók között zavartatás minimalizálása
- Országok hírközlési hatóságai által megkötött megállapodások és nemzetközi előírások szabályozzák (szolgáltatók is megállapodhatnak)
- Határvonalon és határvonal + x km-en belül kell a vizsgálatokat elvégezni
- A vizsgálatokat a HCM (Harmonized Calculation Method) programmal kell elvégezni
- Bemenő adatok:
  - Frekvencia és technológia
  - Koordináta, antenna és sugárzási paraméterek
  - Vizsgálandó határövezet és távolság
- Kimenő adatok
  - A bázisállomás mely pontban hozza létre a legnagyobb térerőt a határvonalon és azon túl a megadott távolságban
  - Történt-e túllépés a megengedett határértéken felül

# Eset tanulmány

- 450 MHz-en működő CDMA Rev B. pilot hálózat tervezése Győr területén
- Lefedettségi kritérium:
  - Kültéri lefedettség biztosítása
  - 95% hely valószínűséggel
  - 500 kbps / 500 kbps



- 4 kiválasztott telephely

Győri Egyetem



Likócs



Marcalváros



MAVIR



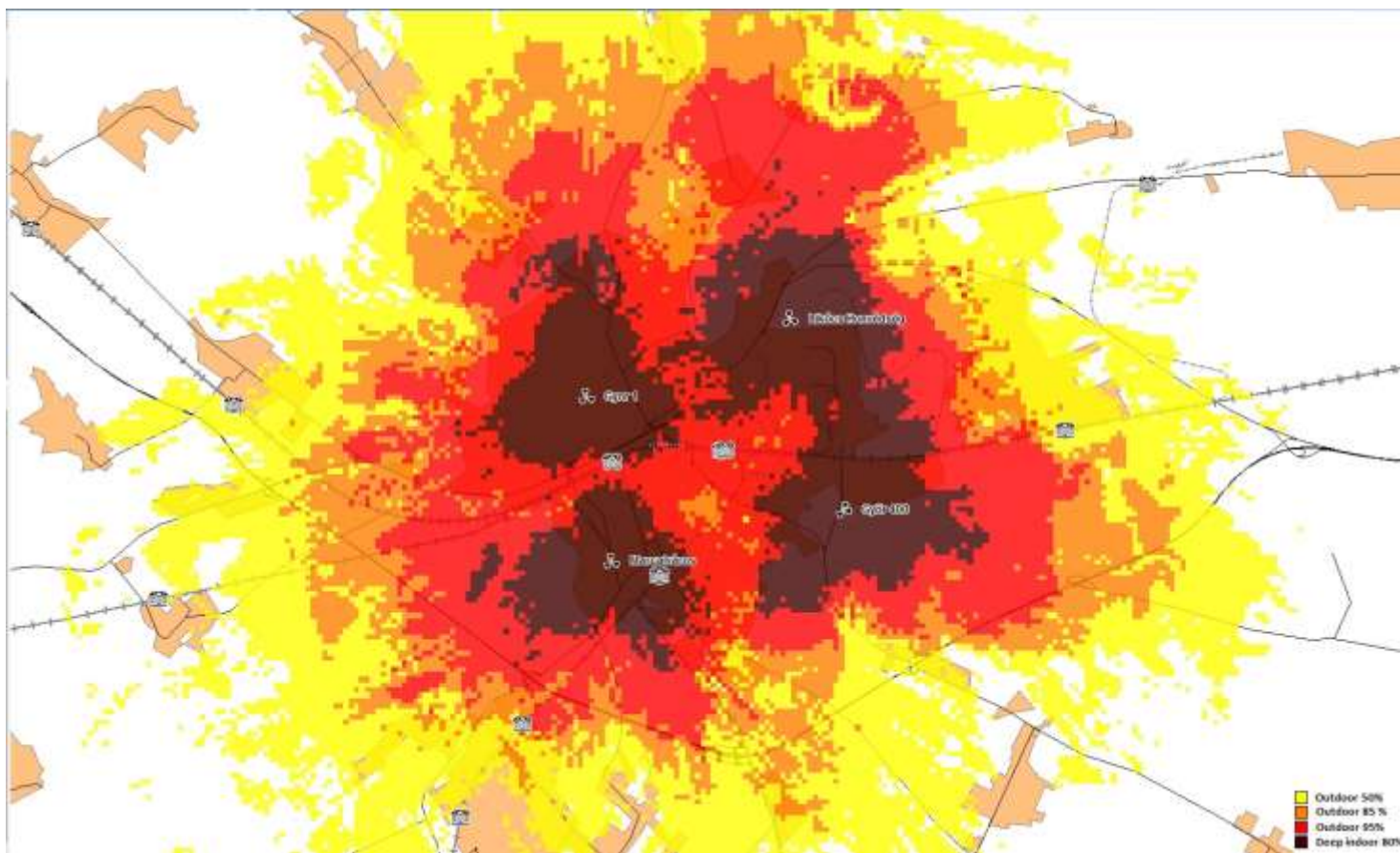
## Hálózat adatok

Site ID	Sector ID	Antenna type	Height (m)	Azimuth	Mechanical Tilt	Electrical Tilt
Győr Egyetem		1 Kathrein 7422421	35	0	4	6
Győr Egyetem		2 Kathrein 7422421	35	240	0	6
Győr Egyetem		3 Kathrein 7422421	35	120	0	6
MAVIR		1 Kathrein 7422421	50	20	0	6
MAVIR		2 Kathrein 7422421	50	100	-5	6
MAVIR		3 Kathrein 7422421	50	200	-5	6
Likócs Honvédség		1 Kathrein 7422421	35	0	4	6
Likócs Honvédség		2 Kathrein 7422421	35	240	0	6
Likócs Honvédség		3 Kathrein 7422421	35	120	0	6
Marcalváros		1 Kathrein 80010403	35	0	0	10
Marcalváros		2 Kathrein 7422421	35	240	0	6
Marcalváros		3 Kathrein 7422421	35	120	0	6



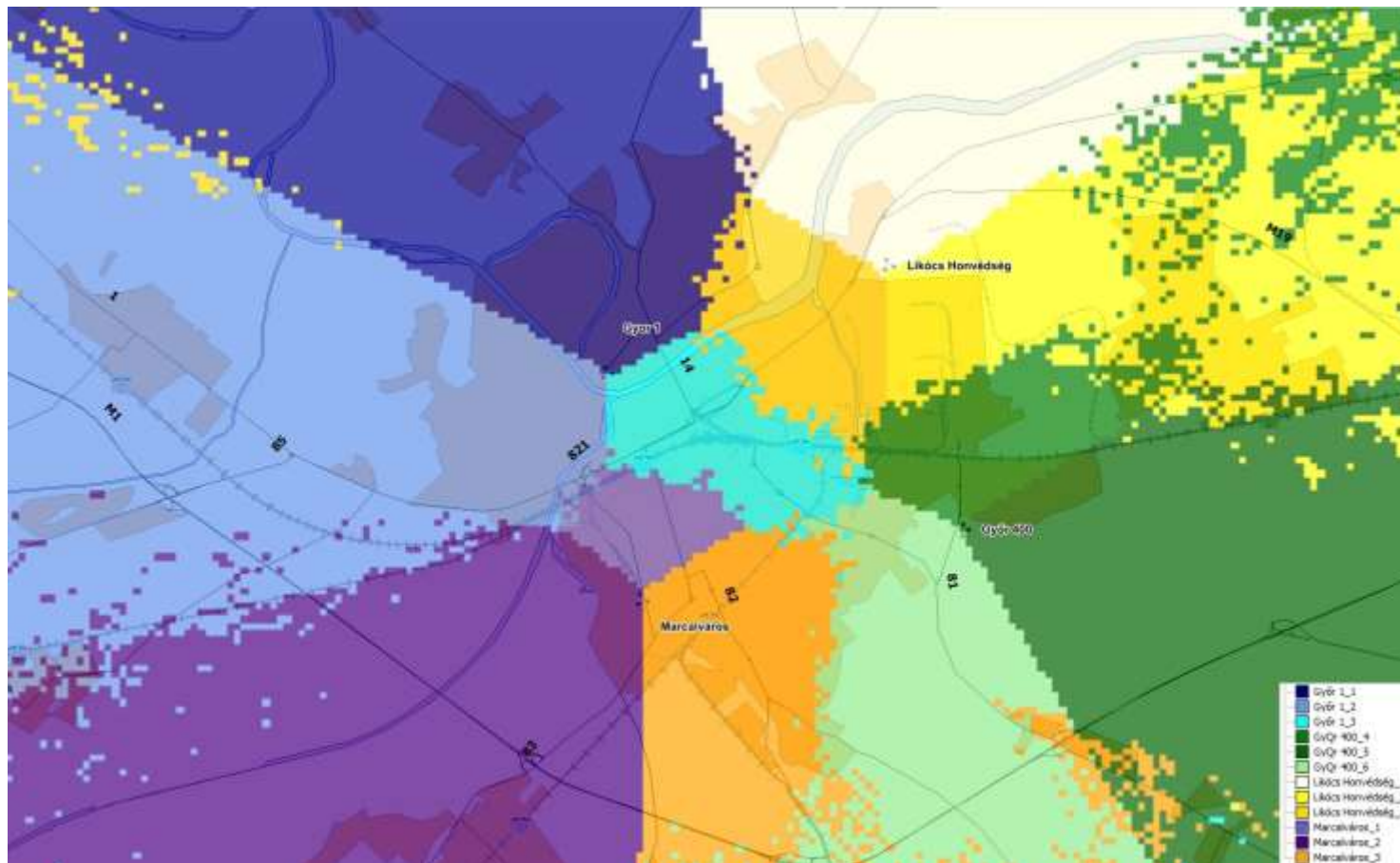
# Eset tanulmány

## Best Ec



# Eset tanulmány

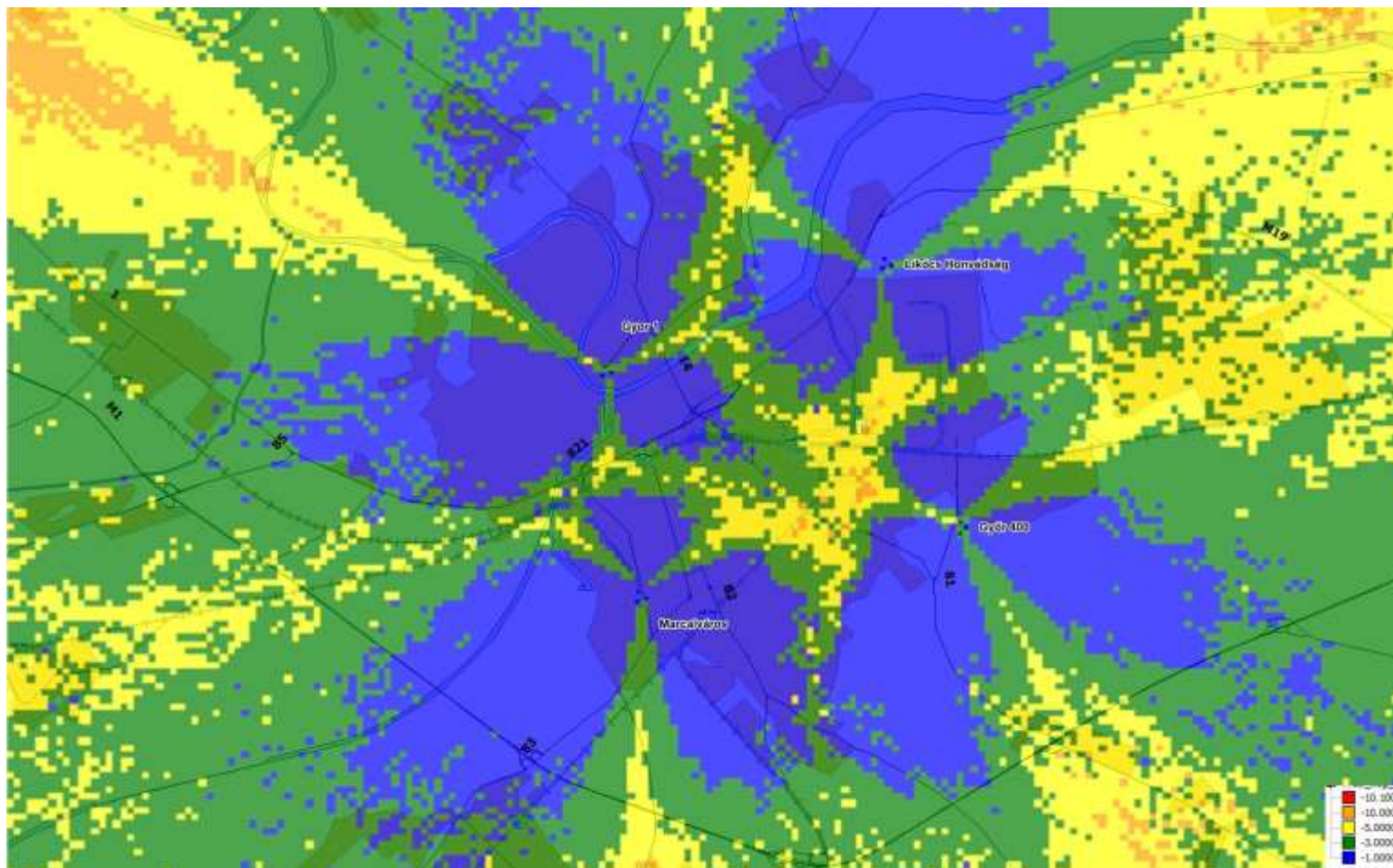
## Best Server





# Eset tanulmány

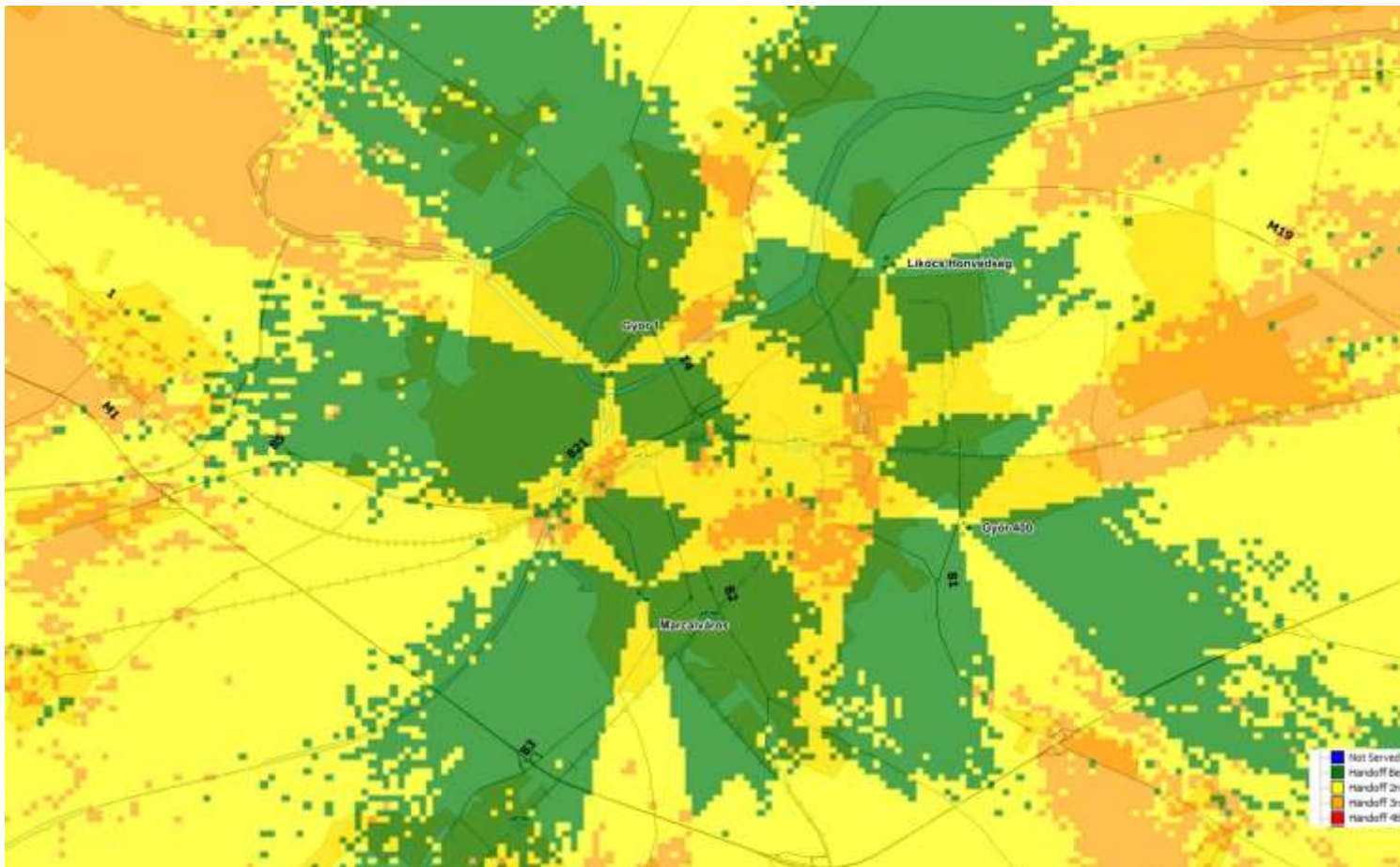
## Best Ec/Io





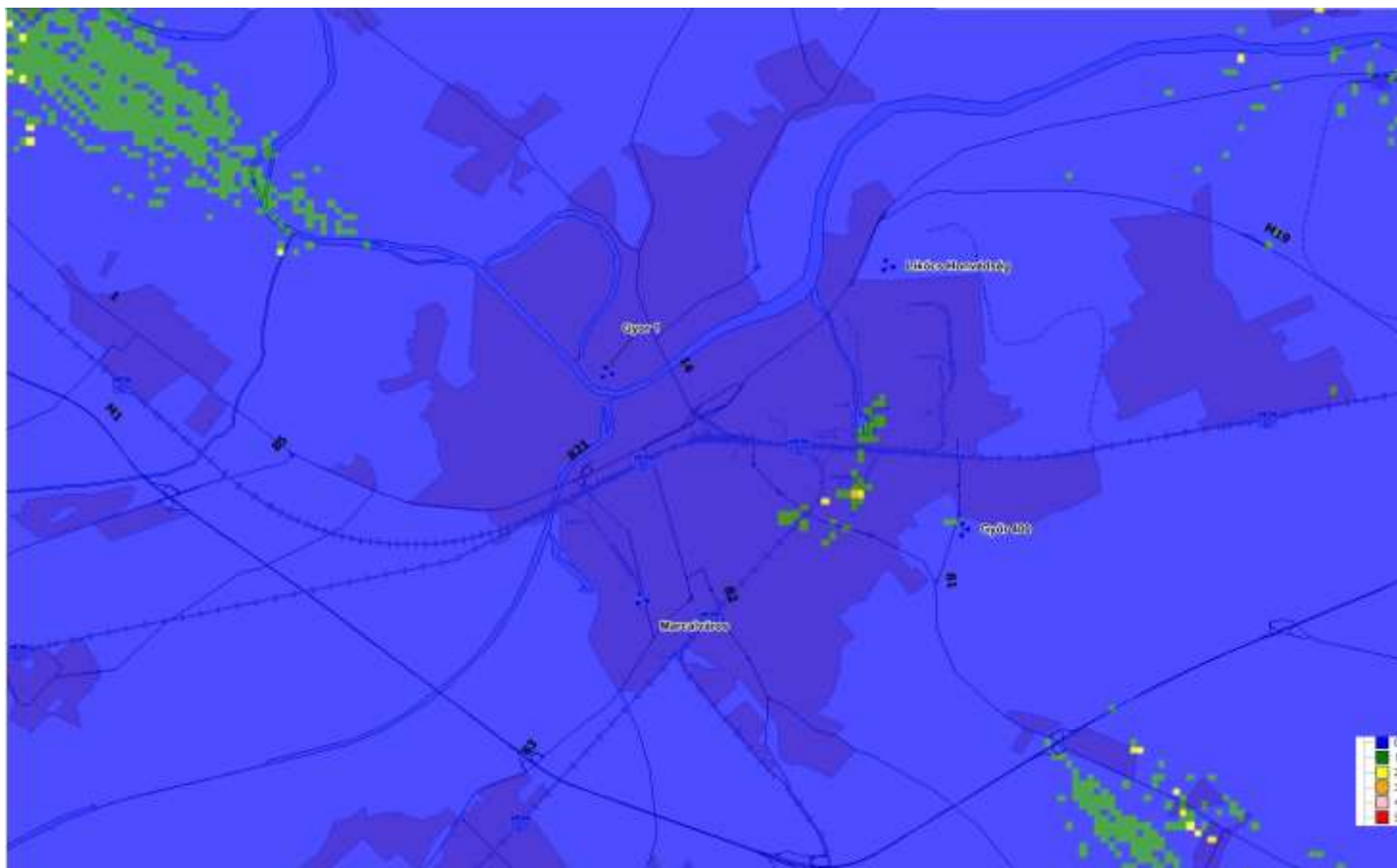
# Eset tanulmány

## Active server count



# Eset tanulmány

## Pilot pollution





**Köszönöm figyelmüket!**

