

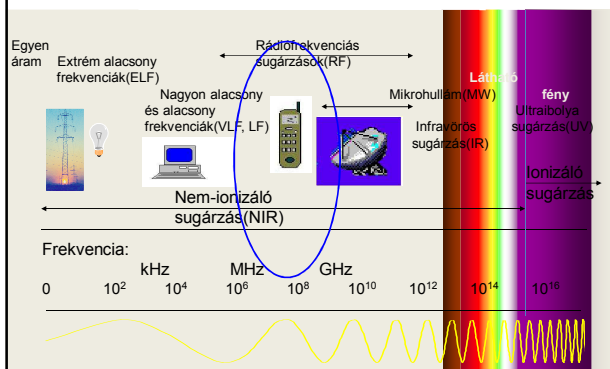
## Rádiókommunikációs technológia egészségügyi kérdései

Dr.Thuróczy György Ph.D.  
OSSKI  
thuroczy.gyorgy@oski.hu

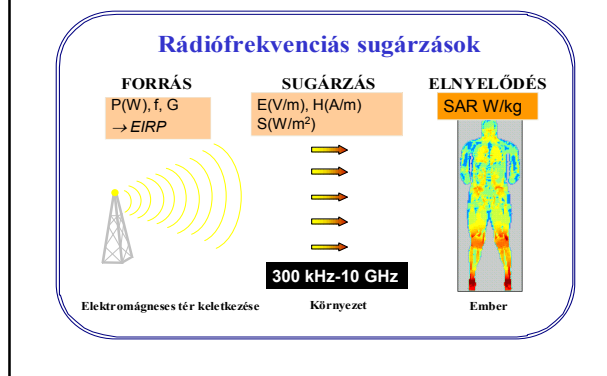
### Elektromágneses tér és lakosság

- A lakosság *nem-ionizáló elektromágneses* sugárzásokból (elektromágneses terekből) eredő expozíciója az elmúlt évtizedekben jelentősen emelkedett.
- Tekintettel arra, hogy a civilizált társadalomban a nem-ionizáló elektromágneses sugárzásokat kibocsátó berendezések használata nem küszöbölhető ki, a *környezeti, illetve lakossági expozíció várhatóan továbbra is növekedni fog*, akár az eddigi trendeket, akár a jövőre vonatkozó fejlesztési terveket tekintjük.

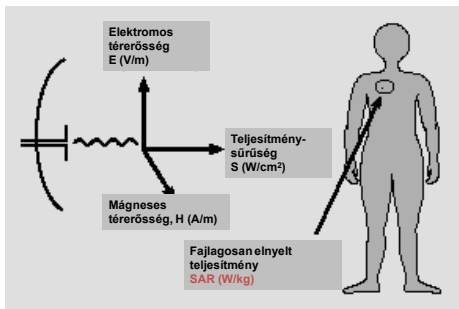
### Nem-ionizáló sugárzások spektruma



### Rádiófrekvenciás tér elnyelődése emberben

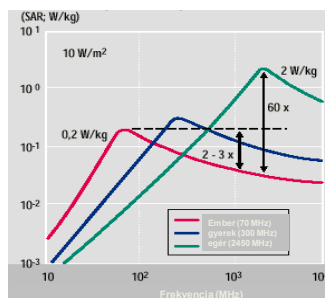


### Rádiófrekvenciás sugárzás elnyelődése



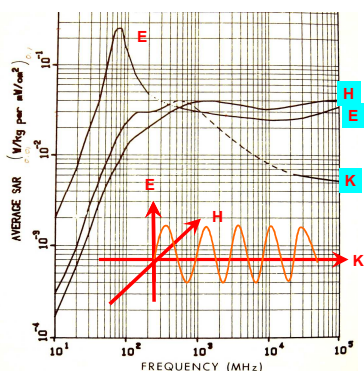
Dozimetriai alapfogalmak: Levegőben mérhető elektromágneses mértékegységek és az emberben (objektumokban) elnyelt teljesítmény (Specific Absorption Rate, SAR)

### Rádiófrekvenciás sugárzás elnyelődése



Az elnyelt teljesítmény SAR (W/kg) frekvenciafüggése és a testmérettől való függése 10 W/cm² levegőben mérhető teljesítménysűrűség esetében

### Elnyelési képesség: egésztest síkhullám



### Nagyfrekvenciás terek 10 kHz-10 GHz)

- Az emberben elnyelt teljesítmény (energia W/kg-ban) függ:
  - Frekvencia
  - Testméret
  - Intenzitás
- A frekvenciafüggő elnyelés négy tartománya:
 

- szubrezonáns	< 20 MHz
- rezonáns	20 - 300 MHz
- inhomogén lokális elnyelődés	300 MHz - 2 GHz
- Felszíni elnyelődés	>10 GHz



Elnyelési képesség [W/kg]/[W/m²]

## Rádiófrekvenciás elektromágneses sugárzás és környezet-egészségügy

– A természetes rádiófrekvenciás (RF) „háttérugárzás” gyakorlatilag elhanyagolható ( $10^{-14} \text{ W/m}^2$ ). A környezet RF elektromágneses (EM) terhelése lényegében a mesterségesen keltett terekből származik (jelenleg  $\sim 10^{-3} - 10^{-4} \text{ W/m}^2$ ).

– A környezetünkben jelenlévő RF sugárzások döntő mértékben *nem* „környezetszennyező” ipari melléktermékek, hanem az ezt alkalmazó technológia alapvető működéséhez szükségesek.

– A több forrásból keletkező RF sugárzások *pillanatnyi értékei összeadódnak* az elektromágneses tér elmélet törvényszerűségei szerint. Azonban az emberben fizikai úton *nem halmozódnak*.

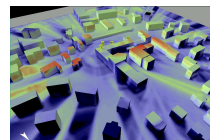
## A környezeti RF expozíciók változása

– Rádiófrekvenciás (RF) adók, elsősorban a mobil hírközlés bázisállomásainak száma növekszik

– RF expozíció növekedése mérhető:

(kültéri mérések városokban)

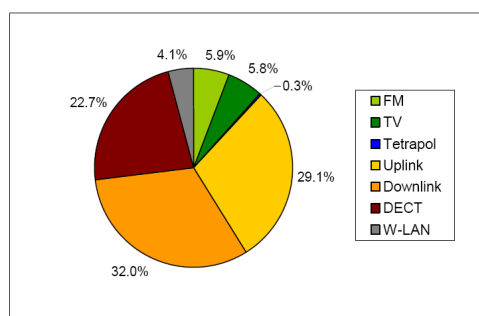
1980 (USA):	50 $\mu\text{W/m}^2$
1999 (Svédorsz.):	500 $\mu\text{W/m}^2$
2009 (Görögorsz.):	3900 $\mu\text{W/m}^2$



– A mobil hírközlő rendszerek részarányának növekedése az RF elektromágneses környezetben jelentősen növekszik

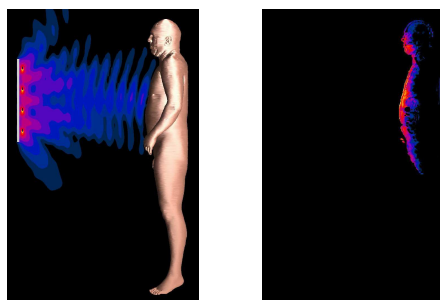
– A beltéri RF expozíció növekedése várható az új vezeték nélküli eszközök miatt

Személyi RF expozíció mérések Baselben, 2009



Frei et al.,  
Env Res, 2009

## Rádiófrekvenciás tér elnyelődése emberben



20 W 2100 MHz 3G antenna 80 cm-re az embertől  
10 g SAR = 2 W/kg, whole-body SAR = 0.04 W/kg  
(SAR: Specific Absorption Rate, Fajlagosan Elyelt Teljesítmény, W/kg)

### Mobiltelefonok RF sugárzásának elnyelődése a fejben (SAR)

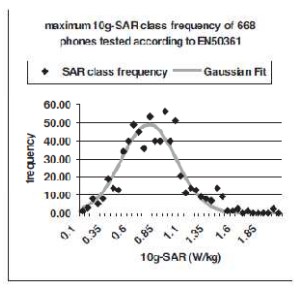


- A kisugárzott teljesítmény **30-70%-a** a fejben elnyelődhet
- Az elnyelődés függ a telefon **típusától**, a használat módjától
- Minél kisebb a telefon, annál nagyobb lehet a lokális elnyelődés
- Az elnyelődés függhet a **fej méretétől** (gyerekek)
- EU/ICNIRP ajánlás: **2 W/kg** (10g-ra)
- USA (FCC): **1,6 W/kg** (1 g-ra)



*Mobiltelefon dozimetriai vizsgálatok (OSSKI mérőlabor, Budapest)*

### Mobiltelefonok expozíciójának vizsgálata CENELEC mérési szabvány szerint



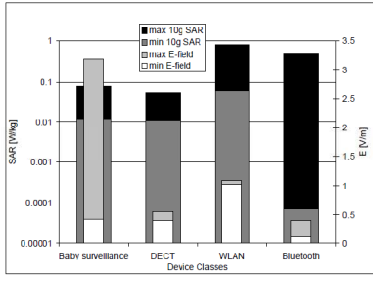
maximum 10g-SAR class frequency of 668 phones tested according to EN50361

Legend: ◆ SAR class frequency — Gaussian Fit

**Mobiltelefonok SAR értékeinek eloszlása 668 telefon esetében (10g-ra átlagolva)**

*S Kühn, 2005*

### Vezetéknélküli eszközök expozíciója

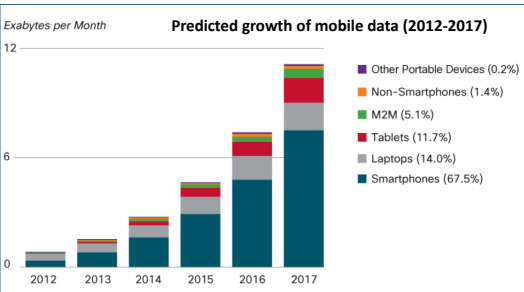


Legend: ■ max 10g SAR, □ min 10g SAR, ▨ max E-field, ▩ min E-field

**Maximum/minimum villamos térerősség (1 m távolságban), illetve maximum SAR (10 g-ra átlagolva)**

*Kramer, 2005*

### Nagyobb mobil adatforgalom → Nagyobb elektromágneses tér



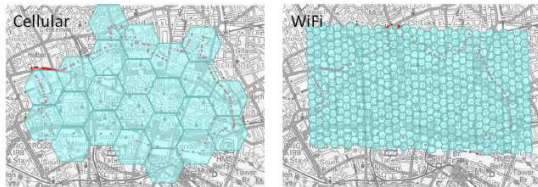
Exabytes per Month

**Predicted growth of mobile data (2012-2017)**

- Smartphones (67.5%)
- Laptops (14.0%)
- Tablets (11.7%)
- M2M (5.1%)
- Non-Smartphones (1.4%)
- Other Portable Devices (0.2%)

Figures in legend refer to traffic share in 2017.  
Source: Cisco VNI Mobile Forecast, 2013

## WiFi – mobil bázisállomás

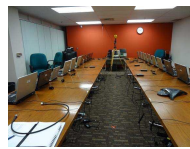


Source: Aegis

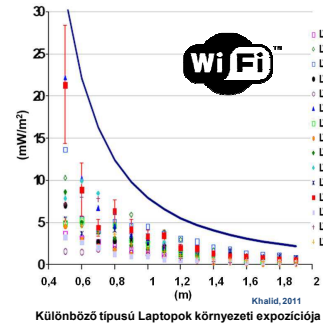
12 bázisállomás makrocellát tudna lefedni ~ 450 WiFi HotSpot



## WiFi expozíció – Laptop RF sugárzása (2,45 GHz)



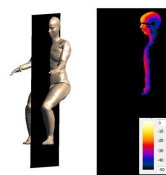
Wifi az iskolákban (?)



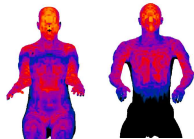
Különböző típusú Laptopok környezeti expozíciója

EU határérték: 10 W/m²

## WiFi Router (2,45 GHz) sugárzás elnyelődése (SAR számítás MRI humán modellben)

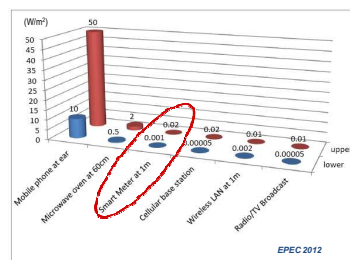


SAR: 5-10 mW/kg



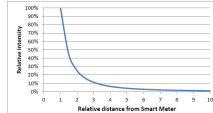
EU határértékek:  
- 2 W/kg (SAR)  
- 10 W/m² (PD)

## Okosmérők (Smart Meters) RF expozíciója



Okosmérők RF sugárzásának összehasonlítása egyéb RF forrásokkal

EU határérték: 10 W/m²

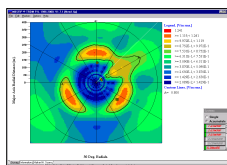


## Mérjük vagy számítsunk?


A mérésben mindenki hisz, kivéve azt aki végezte.



A számításokban senki sem hisz, kivéve aki végezte.



## Nemzetközi ajánlások - lakosság

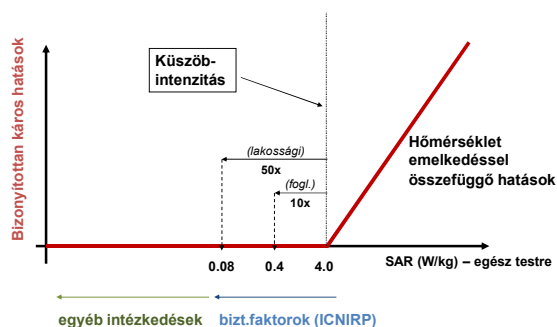
ICNIRP Guidelines	ICNIRP Guidelines
GUIDELINES FOR LIMITING EXPOSURE TO TIME-VARYING ELECTRIC, MAGNETIC, AND ELECTROMAGNETIC FIELDS (UP TO 300 GHz) International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection* 1998	GUIDELINES FOR LIMITING EXPOSURE TO TIME-VARYING ELECTRIC AND MAGNETIC FIELDS (1 Hz TO 100 kHz) International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection* 2010
 COUNCIL RECOMMENDATION of 12 July 1999 on the limitation of exposure of the general public to electromagnetic fields (0 Hz to 300 GHz) (1999/519/EC) 1999	
IEEE Recommended Practice for Radio Frequency Safety Programs, 3 kHz to 300 GHz IEEE Standards Coordinating Committee 39 Sponsored by the IEEE International Committee on Electromagnetic Safety 2002	IEEE Recommended Practice for Radio Frequency Safety Programs, 3 kHz to 300 GHz IEEE Standards Coordinating Committee 39 Sponsored by the IEEE International Committee on Electromagnetic Safety 2005

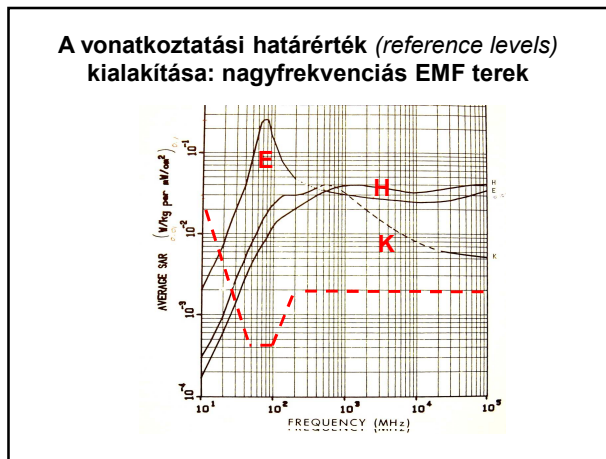
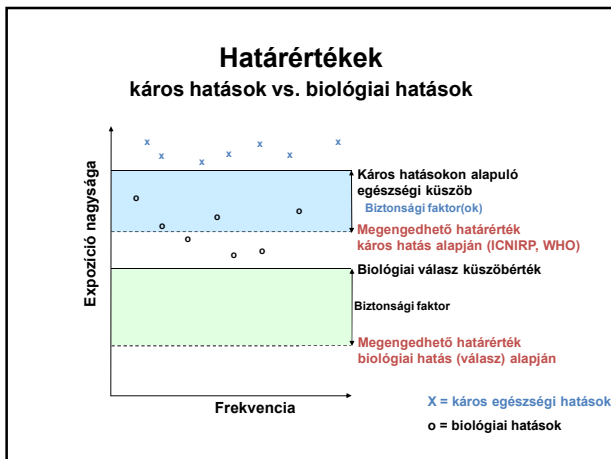
## Nemzetközi ajánlások

- A különböző nemzetközi szervezetek (ICNIRP\*, EU, ICES\*\*) nagyjából azonos határértékeket állapítanak meg
- A WHO és az EU az ICNIRP (ENSZ) irányelveit követi és fogadja el
- A fenti nemzetközi ajánlások koncepciója nagyon hasonló. Az akut hatásokat veszi figyelembe
- Az EU és a WHO minden országnak az ICNIRP ajánlás határértékeinek alkalmazását javasolja
- Ezek a nemzetközi ajánlások dózis hatás összefüggés tekintetében küszöbértéken alapulnak

\*ICNIRP (International Commission on Non-Ionising Radiation Protection, UN)  
 \*\* ICES (International Committee on Electromagnetic Safety)

## Jelenleg elfogadott RF dózis-hatás összefüggés: az egészségi (káros) hatásnak küszöbértéke van





- ### Eltérő határértékek
- Számos ország az ICNIRP ajánlásától eltérő, *esetenként sokkal szigorúbb határértékeket alkalmaz és csak a levegőben mérhető értékekre vonatkoztatja*
  - Az EU tagországokon belül is sok esetben eltérőek a határértékek.
  - Ezért a WHO és az EU is szeretné egységesíteni a határértékeket
  - Az EU szeretne harmonizálni legalább a tagországok esetében
  - WHO és az EU szerint az eltérő határértékek *a nemzetközi szervezetek tekintélyét rombolják*
  - Ezzel párhuzamosan a tudományos *kutatási eredményekbe vetett bizalom* is sérül
- ¹ ICNIRP (International Commission on Non-Ionising Radiation Protection, UN)

### A nemzetközi ajánlásoktól eltérő szabályozások egyes országokban (pl. 1800 MHz)

International Exposure limits for RF fields (1800 MHz)	
12 W/m <sup>2</sup>	USA, Canada and Japan
9.2 W/m <sup>2</sup>	ICNIRP and EU recommendation 1998
9 W/m <sup>2</sup>	Exposure limit in Australia
2.4 W/m <sup>2</sup>	Exposure limit in Belgium
1.0 W/m <sup>2</sup>	Exposure limit in Italy, Israel
0.5 W/m <sup>2</sup>	Exposure limit in Auckland, New Zealand
0.45 W/m <sup>2</sup>	Exposure limit in Luxembourg
0.4 W/m <sup>2</sup>	Exposure limit in China
0.2 W/m <sup>2</sup>	Exposure limit in Russia (since 1970), Bulgaria
0.1 W/m <sup>2</sup>	Exposure limit in Poland, Paris,
0.1 W/m <sup>2</sup>	Exposure limit in Italy in sensitive areas
0.095 W/m <sup>2</sup>	Exposure limit in Switzerland, Italy
0.09 W/m <sup>2</sup>	ECOLOG 1998 (Germany) Precaution recommendation only
0.001 W/m <sup>2</sup>	Exposure limit in Austria(Salzburg)

### Lakossági határértékek levegőben mérhető RF elektromos térerősségre az EU tagországokban

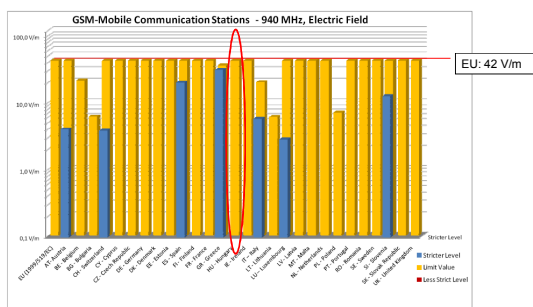
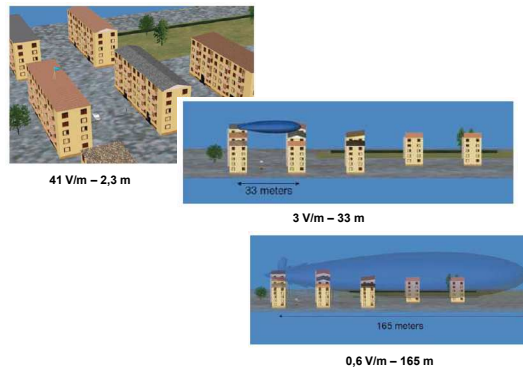


Figure 6 Overview of Limit Values in the MS for the electric field [V/m] for GSM mobile communication base stations with a frequency of 940 MHz

### Bázisállomás biztonsági távolságok különböző határértékek esetében (Low mast – 10 W)

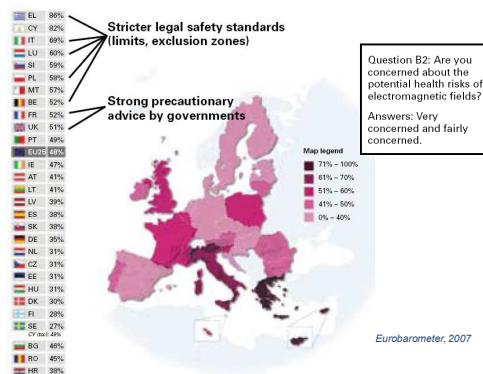


### Mi az oka ezeknek az eltéréseknek?

- Lakossági félelem és aggodás (+ Internet)
- A határértékek eltérő szakmai szemléletű kialakítása
- Az ICNIRP (EU, ICES) irányelvek vitatott koncepciója
- Mivel a környezetünk átlagos elektromágneses terhelése nagyságrendekkel kisebb a határértékeknél, ezért a lakosság bizalmatlanul tekint a határértékekre
- A politika és zöldszervezetek befolyása
- Egyes tudományos kutatási eredmények
- A mágneses terek és rádiófrekvenciás sugárzások WHO-IARC\* besorolása

\* WHO-IARC: WHO International Agency for Research on Cancer

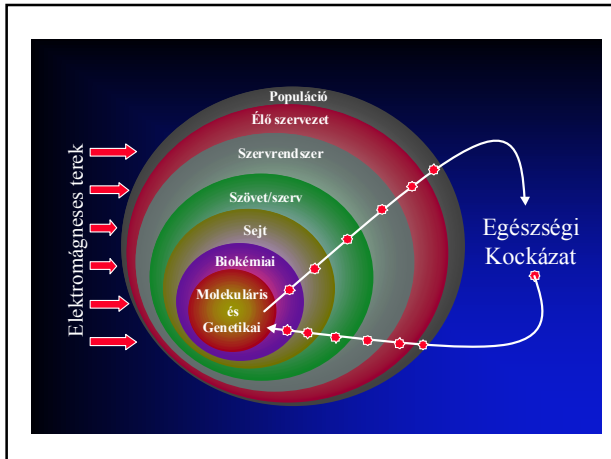
### Lakossági félelem és a határértékek kapcsolata



Question B2: Are you concerned about the potential health risks of electromagnetic fields?  
Answers: Very concerned and fairly concerned.

Eurobarometer, 2007





### IARC rákkeltő hatás szerinti besorolás RF expozíció (2011)

International Agency for Research on Cancer  
World Health Organization

PRESS RELEASE  
N° 208  
31 May 2011

**IARC CLASSIFIES RADIOFREQUENCY ELECTROMAGNETIC FIELDS AS  
POSSIBLY CARCINOGENIC TO HUMANS**

Lyon, France, May 31, 2011 -- The WHO/International Agency for Research on Cancer (IARC) has classified radiofrequency electromagnetic fields as [possibly carcinogenic to humans \(Group 2B\)](#), based on an increased risk for [glioma](#), a malignant type of brain cancer<sup>1</sup>, associated with wireless phone use.

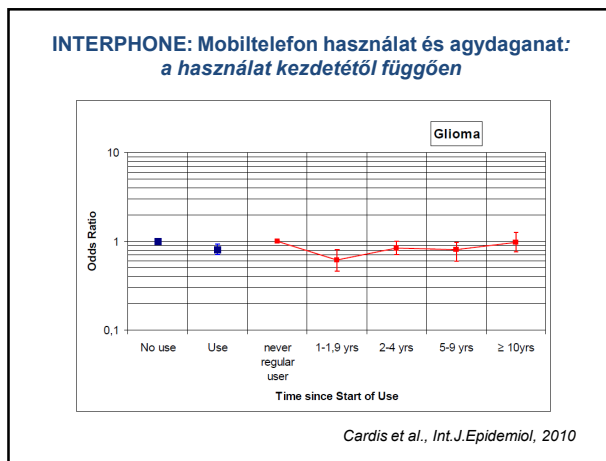
**Background**  
Over the last few years, there has been mounting concern about the possibility of adverse health effects resulting from exposure to radiofrequency electromagnetic fields, such as those emitted by wireless communication devices. The number of mobile phone subscriptions is estimated at [5 billion globally](#).

### INTERPHONE: Mobiltelefon használat és agydaganat

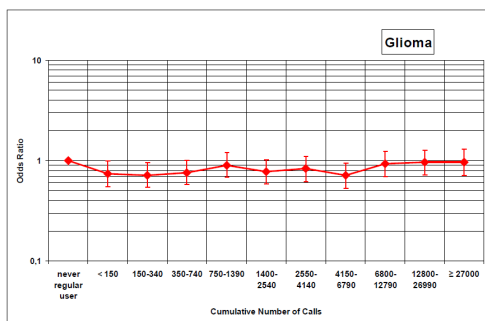
#### INTERPHONE - study results

- Meningioma: 2409 cases and 2662 controls
- Glioma: 2708 cases and 2972 controls
- Reduced OR among ever regular users
  - Meningioma: 0.79 (95% CI 0.68-0.91)
  - Glioma: 0.81 (95% CI 0.70-0.94)
- No increased risk for use 10+ years
  - Meningioma: 0.83 (95% CI 0.61-1.14)
  - Glioma: 0.98 (95% CI 0.76-1.26)

Cardis et al., Int.J.Epidemiol, 2010

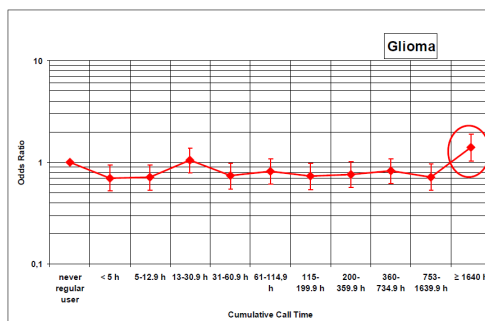


**INTERPHONE: Mobiltelefon használat és agydaganat: az összes hívások számától függően**



Cardis et al., Int.J.Epidemiol, 2010

**INTERPHONE: Mobiltelefon használat és agydaganat: az összes beszélgetési időtől függően**

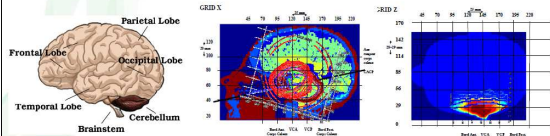


Cardis et al., Int.J.Epidemiol, 2010

**INTERPHONE: Mobiltelefon használat és agydaganat: azonos oldali kockázat**

**INTERPHONE - study results**

- No evidence of exposure response relationship but ...
- Increased OR in highest users ( $\geq 1640h$ )
  - Glioma: 1.40 (95% CI 1.03-1.89)
  - Risk highest
    - ✓ On side of head where phone is used 1.96 (1.2-3.2)
    - ✓ For tumours in the temporal lobe 1.87 (1.1-3.2)



Cardis, 2011



**WHO kritériumok a környezet és egészség ok-okozati összefüggéseire (Hill kritériumok)**

- Meggyőző epidemiológiai eredmények
- Konzisztens eredmények különböző populációkon
- Dózis-hatás összefüggések az eredményekből
- Időbeli megfelelés a kialakuló hatásról
- A kialakult betegség biológiailag értelmezhető legyen
- Logikai konzisztencia az eredmények alapján
- Értelmezhető hatásmechanizmus
- Kísérletes igazolások

Hill, A.B., The environment and disease: association or causation? Proc. R. Soc. Med., 58: p. 295-300, 1965.

### Elektromágneses terek IARC rákkeltő hatás szerinti besorolása

1	Emberi rákkeltő /carcinogenic/	Gamma sugárzás, UV sugárzás (szolárium, aszbest, mustárgáz, dohány...)
2A	Valószínű emberi rákkeltő /probably/	Gázok, vegyszerek (dizelmotor kipufogó gáza formaldehid...)
2B	Lehetséges emberi rákkeltő /possibly/	ELF mágneses terek, RF (kávé, szitren, benzínmotor kipufogó gáza, hegesztési füstök...)
3	Nem besorolható emberi rákkeltő hatás szempontjából /unclassifiable/	Statikus mágneses tér, statikus és ELF elektromos terek
4	Valószínűleg nem emberi rákkeltő /probably not carcinogenic/	

### Mobiltelefon és gyerekek

2000 UK:

A gyermekek esetében terjedő nem *szükségszerű mobiltelefon használat* megfontolandó mivel:

- kedvezőtlenebbül érintheti a *fejlődő idegrendszerüket*
- *expozícióban töltött várható élettartamuk hosszabb*
- *fejben elnyelt nagyobb expozíció lehetséges*



2004 Budapest: 4th Ministerial Conference on Environment and Health: *Gyermekek és elektromágneses tér - akcióterv*



2010 EU: *Mobi-Kids* EU kutatási projekt: mobiltelefon és agydaganat összefüggése gyermekek esetében (15 ország)

2013: Néhány EU ország javasolja a gyermekek mobiltelefonálásának korlátozását (7-8 éves kortól)

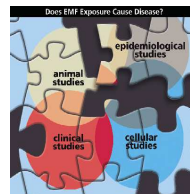


### Szakmai álláspontunk

- Nyilvánvaló cél, hogy az elektromágneses sugárzásokat kibocsátó berendezések üzemeltetésére vonatkozó szabályozásnak biztosítania kell a sokféle egyéni, csoport és gazdasági érdek összhangját, *elsősorban adva az egészségvédelem szempontjának*, de nem gátolva a korszerű (pl. mobil rádiótelefon) technológiák nemzetgazdasági elterjedését.
- Biztosítani kell továbbá, hogy ezen alkalmazások egészségkárosító hatásainak kockázata és mértéke ne haladja meg *a társadalom számára elfogadható*, és az alapvető sugárvédelmi szabályozásban rögzített szinteket.
- Az EU országaihoz hasonlóan hazánkban is *nemzeti kommunikációs és kutatási projekt* elindítása szükséges a mobil hírközlés egészségügyi kérdéseivel kapcsolatban.

„A tudományos kutatási eredmények csak az adott pillanatban jelentik a jelenség legvalószínűbb magyarázatát, és egy idő után újabb hipotéziseknek adják át a helyüket.”

(Freund Tamás)



**Köszönöm a figyelmet!**

*(thuroczy.gyorgy@oski.hu)*