



# ÖNNEK MILYEN SAR-OS A MOBILTELEFONJA?

## Néhány gondolat a mobiltelefonok rádiófrekvenciás sugárzásáról és dozimetriai vizsgálatáról

---

*Dr.Thuróczy György, Ph.D.*  
*osztályvezető*

*Nemzeti Népegészségügyi Központ (NNK)*  
*Nem-Ionizáló Sugárzások Osztálya*





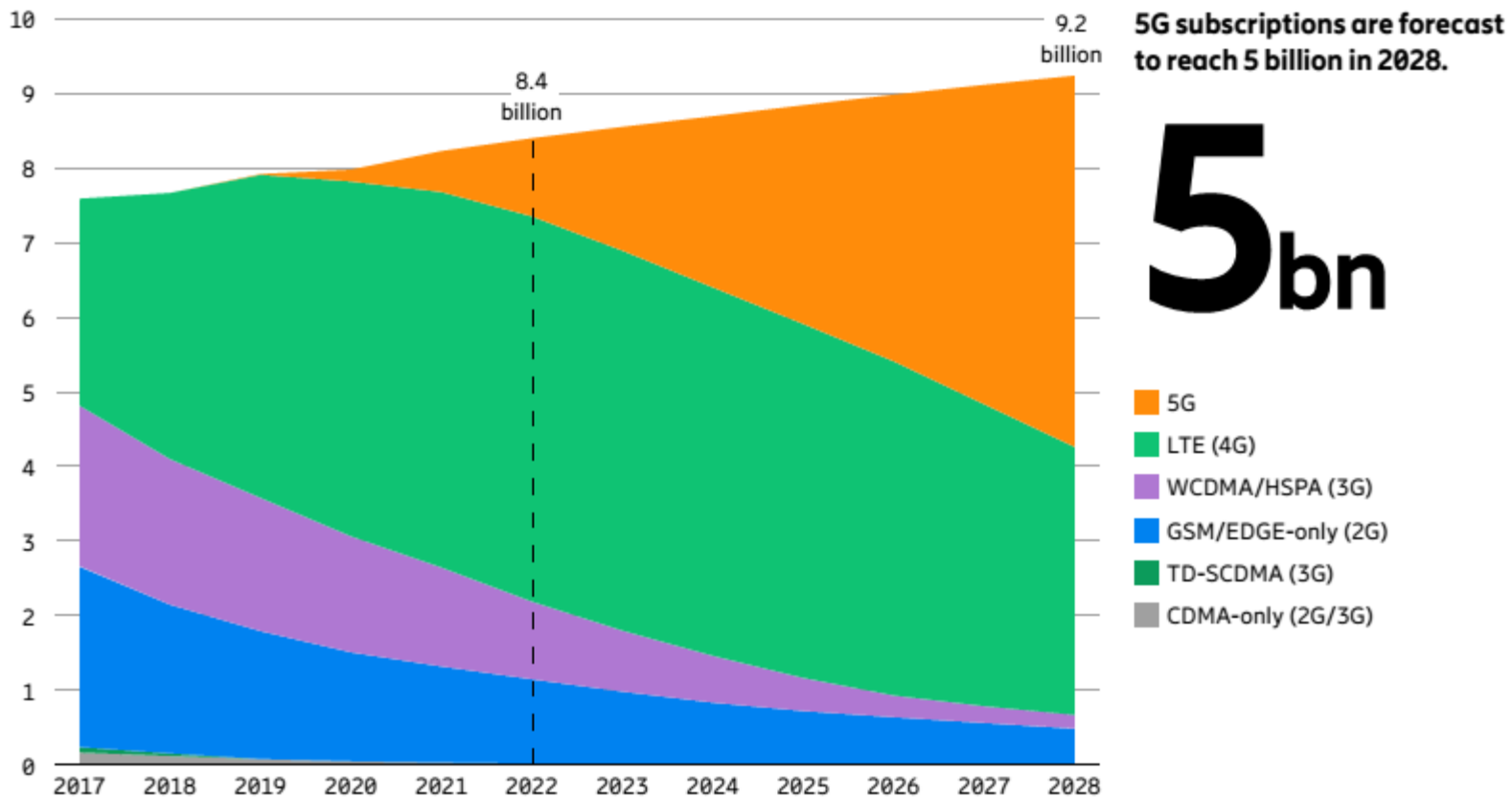
## Témakörök

- **A mobiltelefonok rádiófrekvenciás (RF) sugárzása (SAR) típusonként eltérő**
- **Mi befolyásolja a tényleges mobiltelefonokból keletkező RF expozíciót?**
  - **Telefon típusa** (*méret*)
  - **Használat módja** (*távolság*)
  - **Használat helyszíne** (*lefedettség, vételi viszonyok*)
- **Következtetések**



# Mobil előfizetők száma 2G-5G technológia szerint 2017-2028

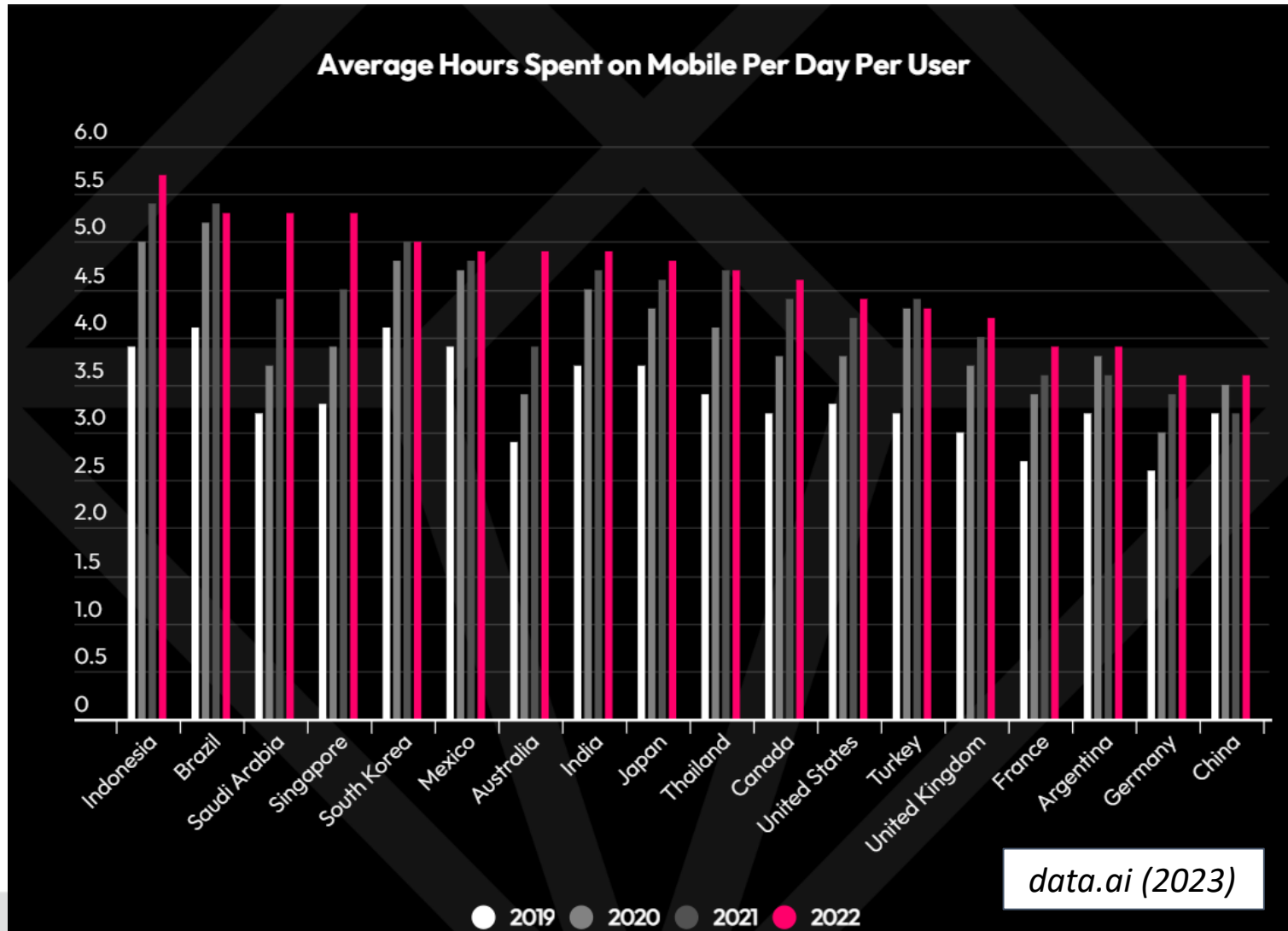
Figure 1: Mobile subscriptions by technology (billion)



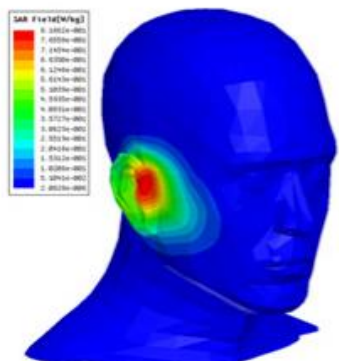
Ericsson Mobility-Report 2022 November



## Naponkénti átlagos mobiltelefon használati órák száma



## Mi az SAR és hogyan állapítják meg?



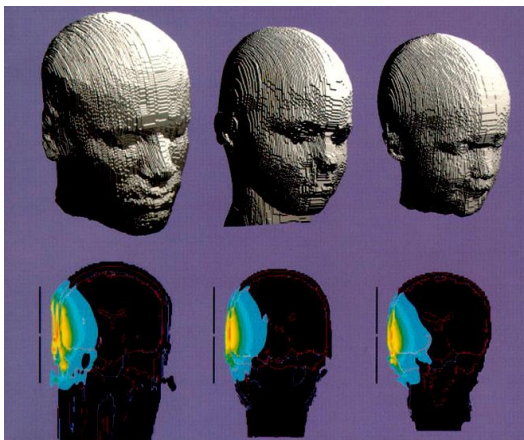
A **fajlagos elnyelt teljesítmény** *SAR* (*Specific Absorption Rate*,  $W/kg$ ), azt jelzi, hogy az emberi fej/test 1 kg-ja mekkora rádiófrekvenciás teljesítményt (W) nyel el a mobiltelefon sugárzásából.

A mobiltelefon adatlapokon megjelentetett SAR adatok a laboratóriumi körülmények között mért **legmagasabb értékek**.

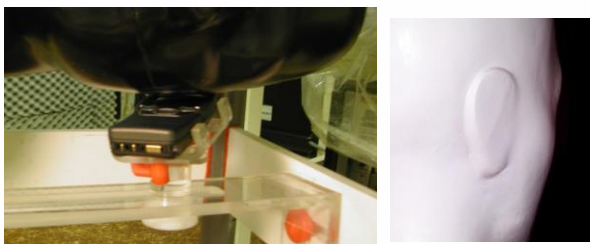
Az adott telefon használata közben mérhető **tényleges SAR-érték azonban általában alacsonyabb** ennél az értéknél.



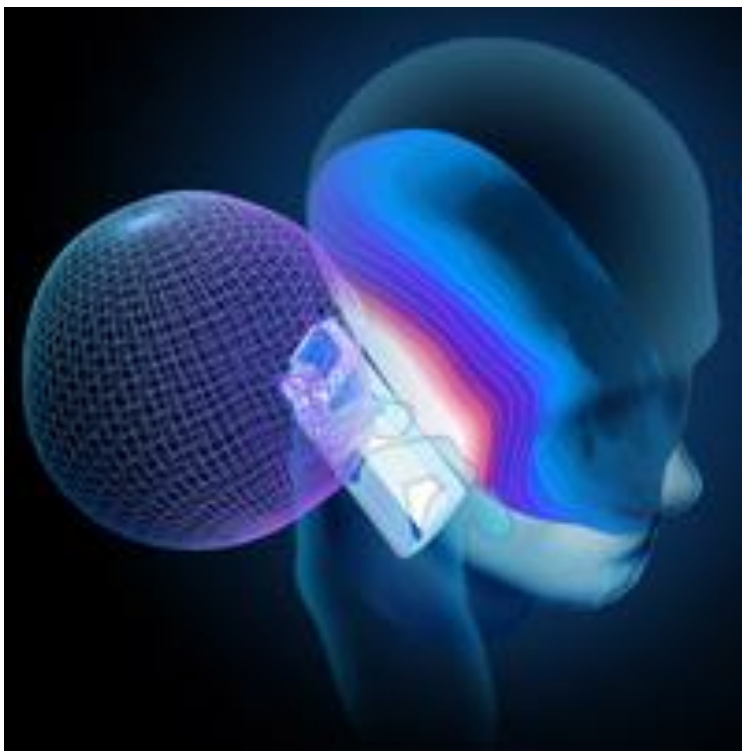
## Mobiltelefonok RF sugárzásának elnyelődése a fejben (SAR)



- A kisugárzott teljesítmény **30-90%-a** a fejben (kézben) elnyelődhet, az elnyelődés nem homogén
- Minél **kisebb** a telefon mérete, annál **nagyobb** lehet a lokális SAR elnyelődés a fejben
- Az elnyelődés nagymértékben függ a telefon **típusától**, a használat **módjától**
- Minél **magasabb frekvencián** működik, annál kisebb a fejbe (testbe) történő behatolási mélység
- Az elnyelődés függ a **fej méretétől** (gyerekek)
- EU/ICNIRP ajánlás: **2 W/kg** (10g-ra)
- USA (FCC): **1,6 W/kg** (1 g-ra)



# Mobiltelefon generációk és méretek

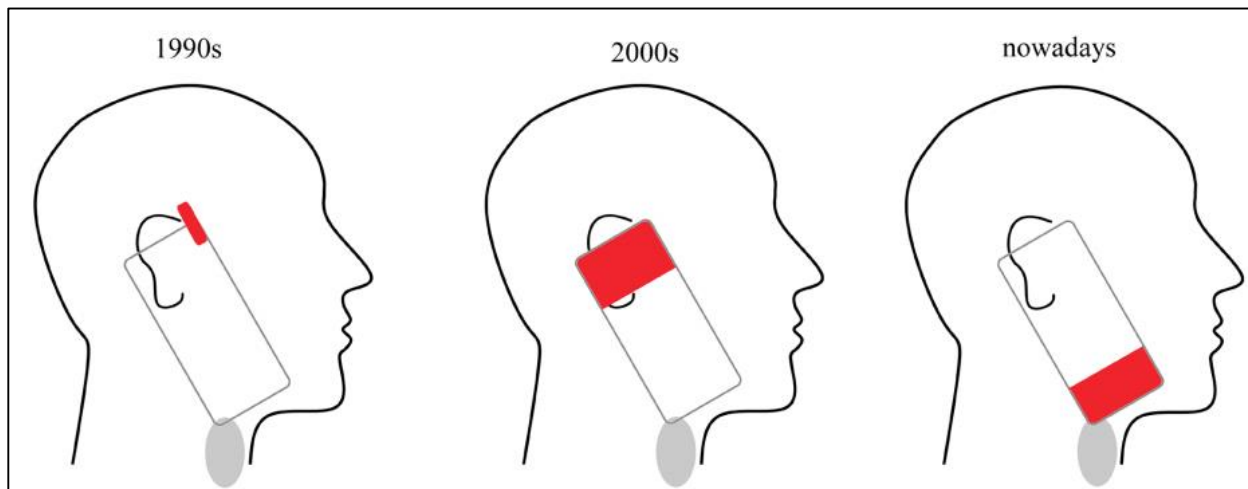


Minél **kisebb** a telefon mérete, annál **nagyobb** lehet a lokális SAR elnyelődés a fejben



# Mobiltelefon generációk és méretek

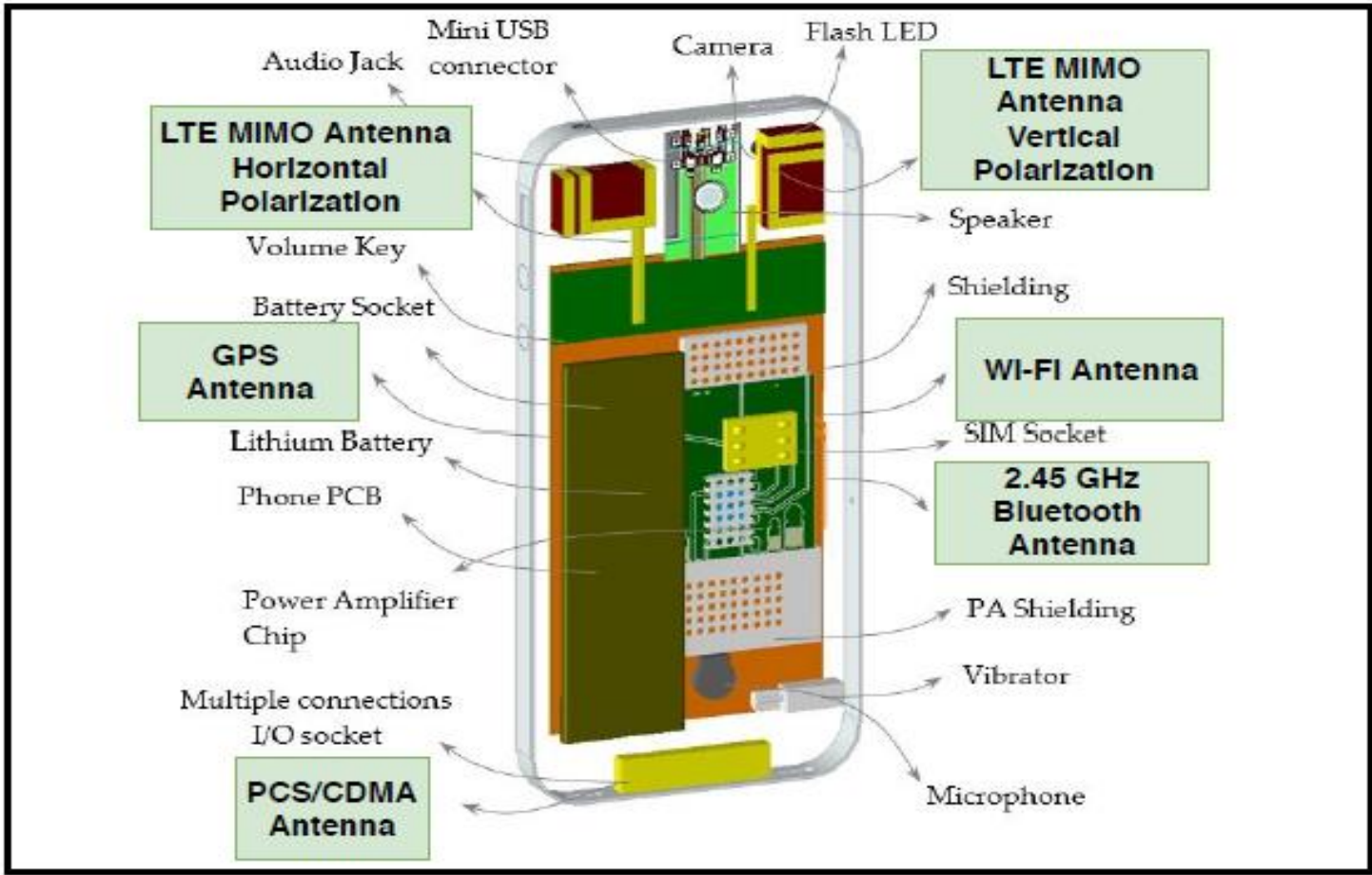
*(antenna elhelyezkedése)*



Az antennák **(pirossal jelölve)** elhelyezkedésének változása a különböző generációjú mobiltelefonok fejlődése során *(Magiera, 2019)*



# 4G mobiltelefonok antennái



4G mobiltelefon WiFi, Bluetooth, 2G és 3G/4G antennákkal

(Naren, 2020)

## Mobiltelefonok SAR függése a telefon típusától

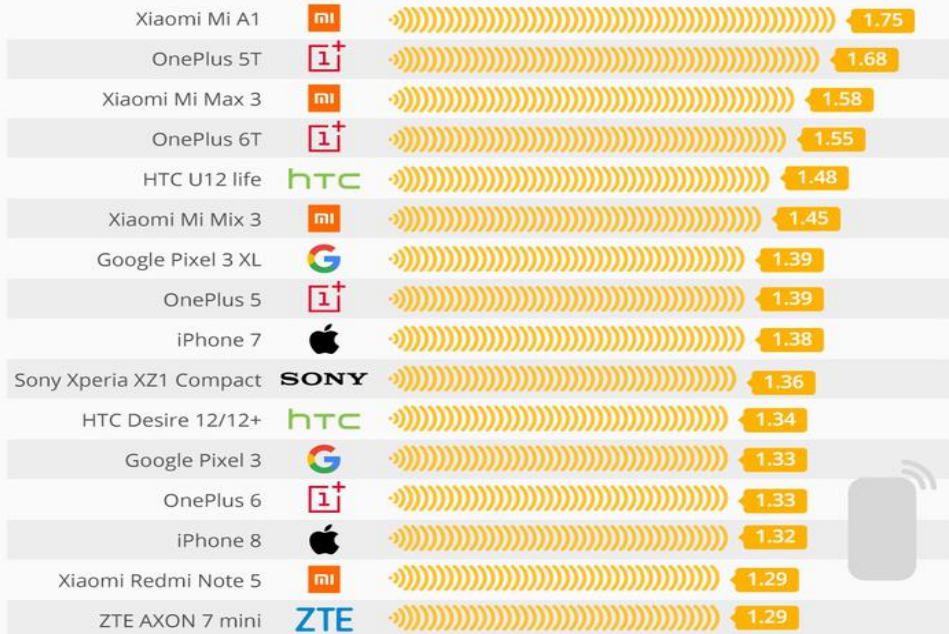


# Mobiltelefonok SAR értéke különböző

hvg.hu

## The Phones Emitting the Most Radiation

'Specific Absorption Rate' of smartphones that emit the most radiation\* (in watts per kilogram\*\*)



## The Phones Emitting the Least Radiation

'Specific Absorption Rate' of smartphones that emit the least radiation\* (in watts per kilogram\*\*)



nak ki ezek  
a lista - a tiéd

ást. A német sugár  
aikból pedig kiderül  
értéket megközelíti

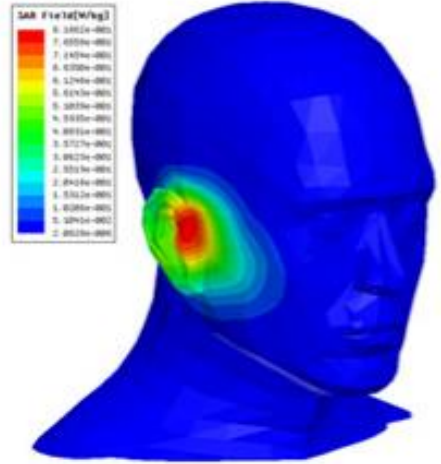
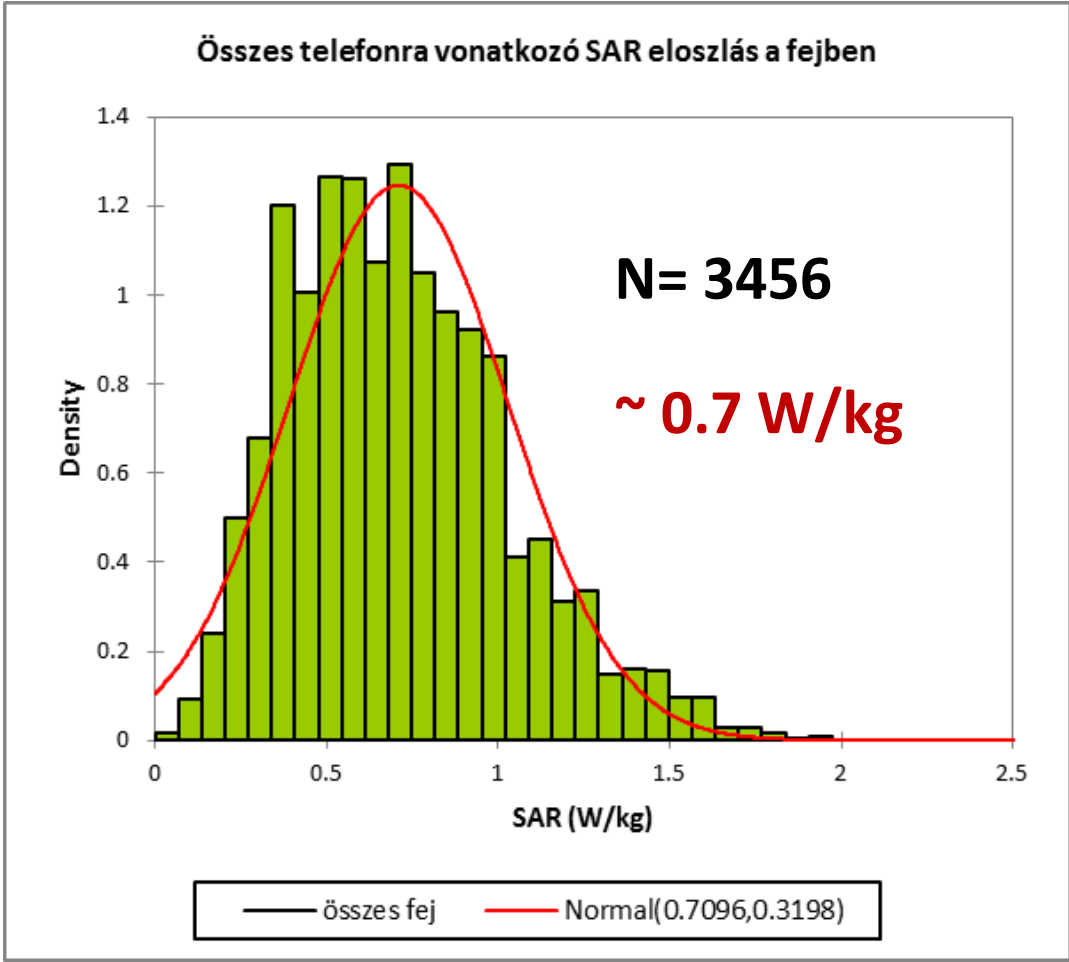
\* Current smartphone models (as of December 10, 2018) from the following vendors: Apple, Blackberry, Google, HTC, Huawei, LG, Motorola, OnePlus, Samsung, Sony, Xiaomi, ZTE.  
\*\* While calling with phone placed on ear.  
Source: German Federal Office for Radiation Protection (Bundesamt für Strahlenschutz)

\* Current models (as of December 10, 2018) from the following vendors: Apple, Blackberry, Google, HTC, Huawei, LG, Motorola, OnePlus, Samsung, Sony, Xiaomi, ZTE.  
\*\* While calling with phone placed on ear  
Source: German Federal Office for Radiation Protection (Bundesamt für Strahlenschutz)



# Mobiltelefonok SAR adatai

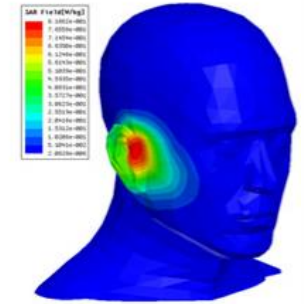
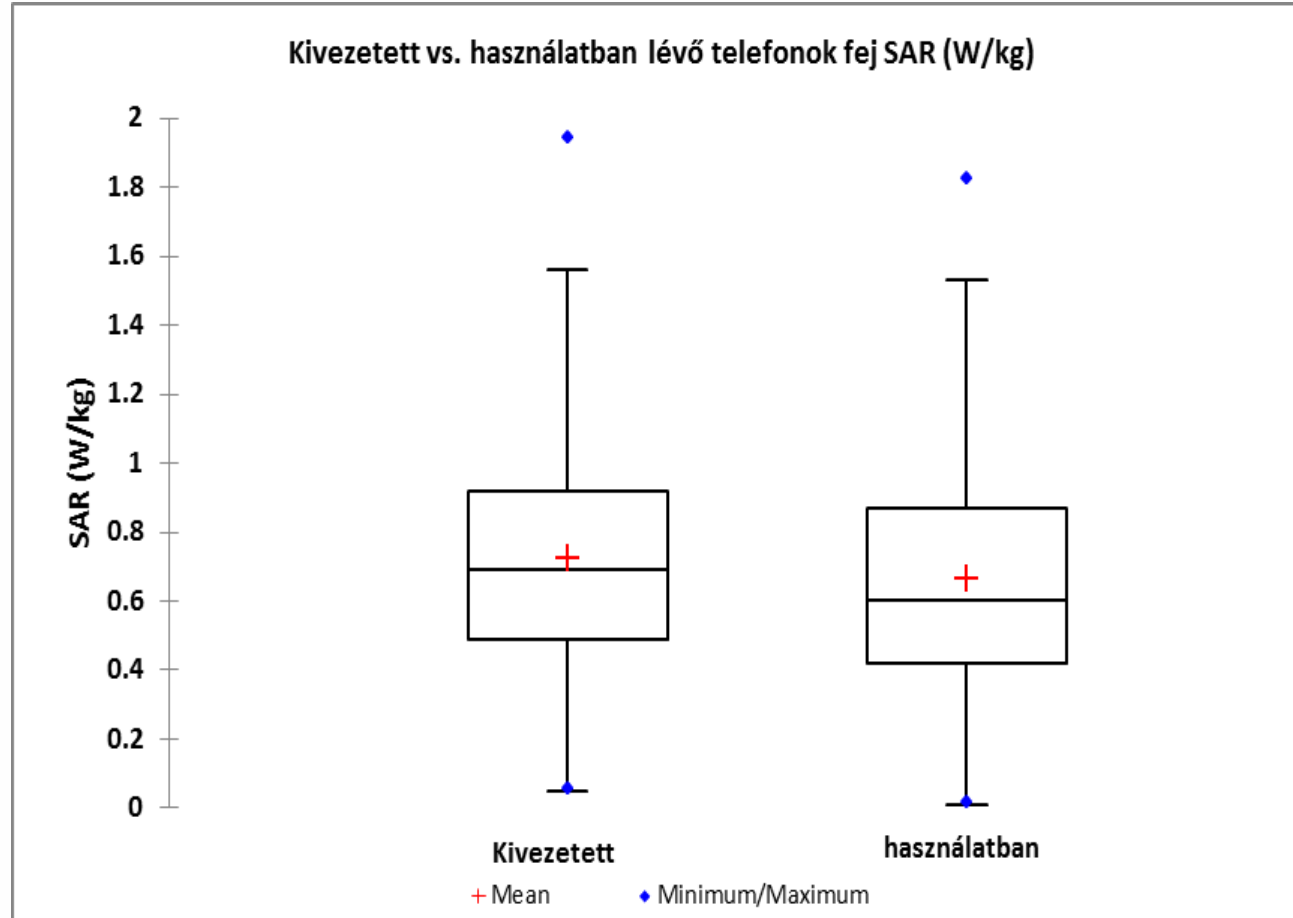
## Gyártók adatai alapján a fejnél (BfS adatbázis)



**EU SAR limit**  
**2 W/kg**

# Használatban lévő telefonok SAR adatai

## Gyártók adatai alapján a fejnél (BfS adatbázis)

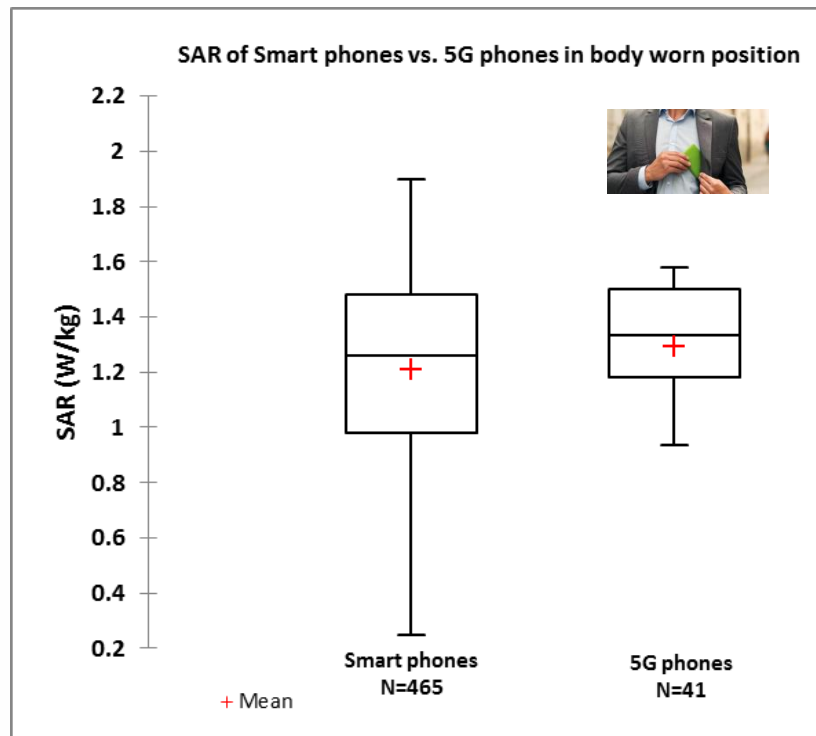
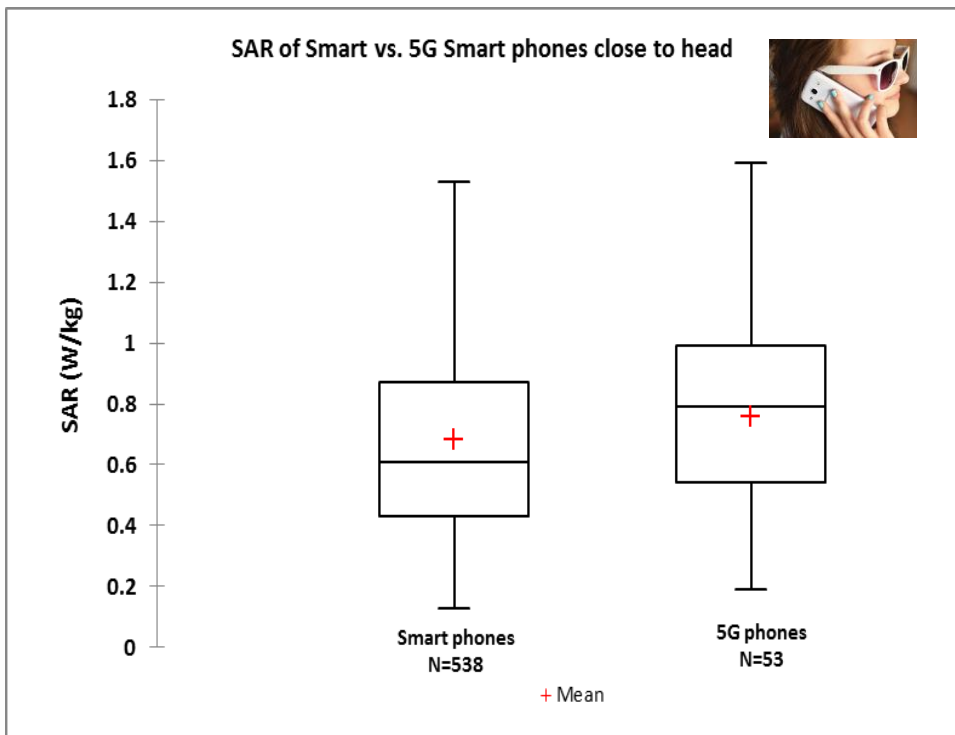


**EU SAR limit**  
**2 W/kg**



# Smart és 5G (smart) telefonok SAR adatai

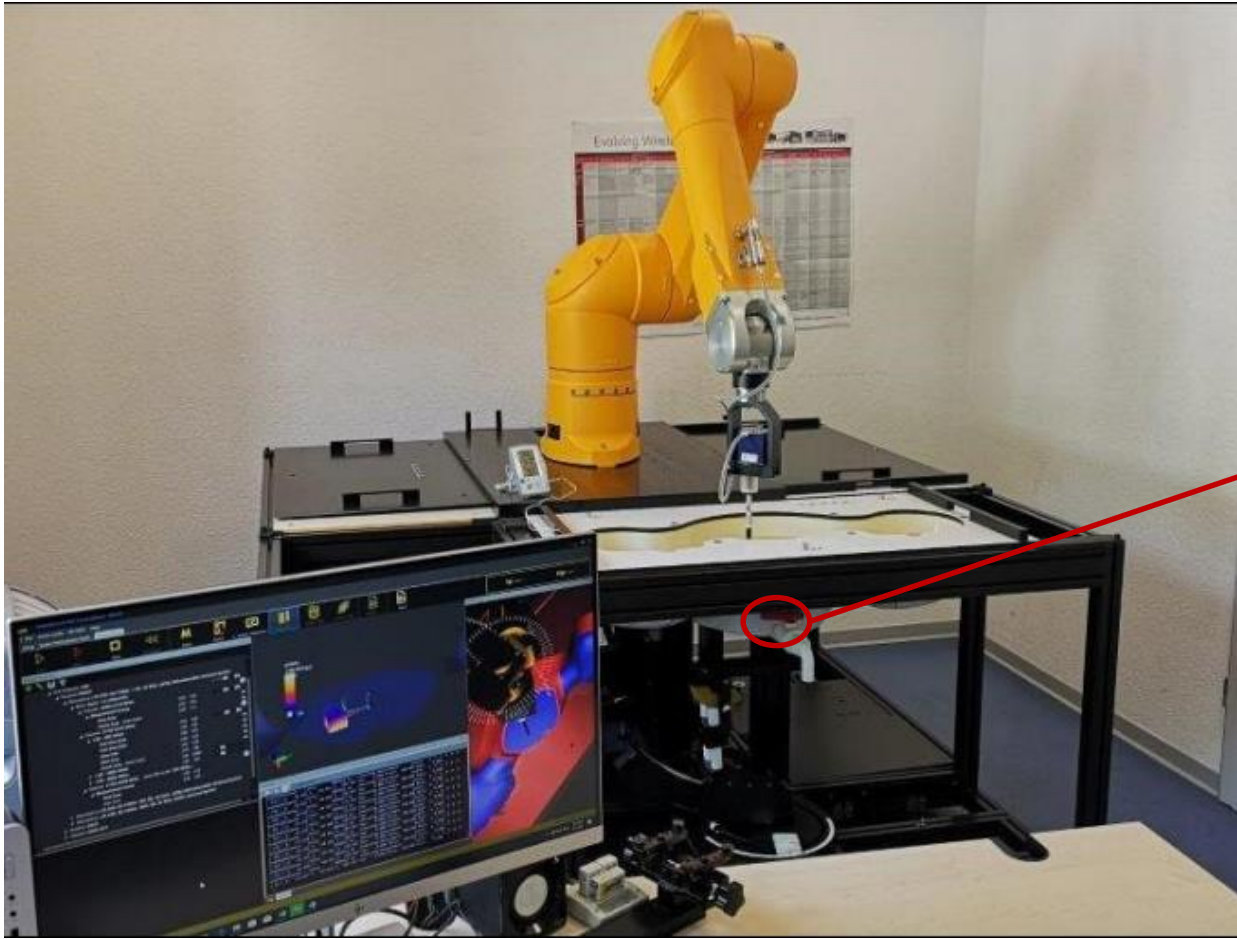
## Gyártók adatai alapján



**EU SAR limit**  
**2 W/kg**



# Okostelefonok SAR adatai mérések alapján ANFR (Franciaország)

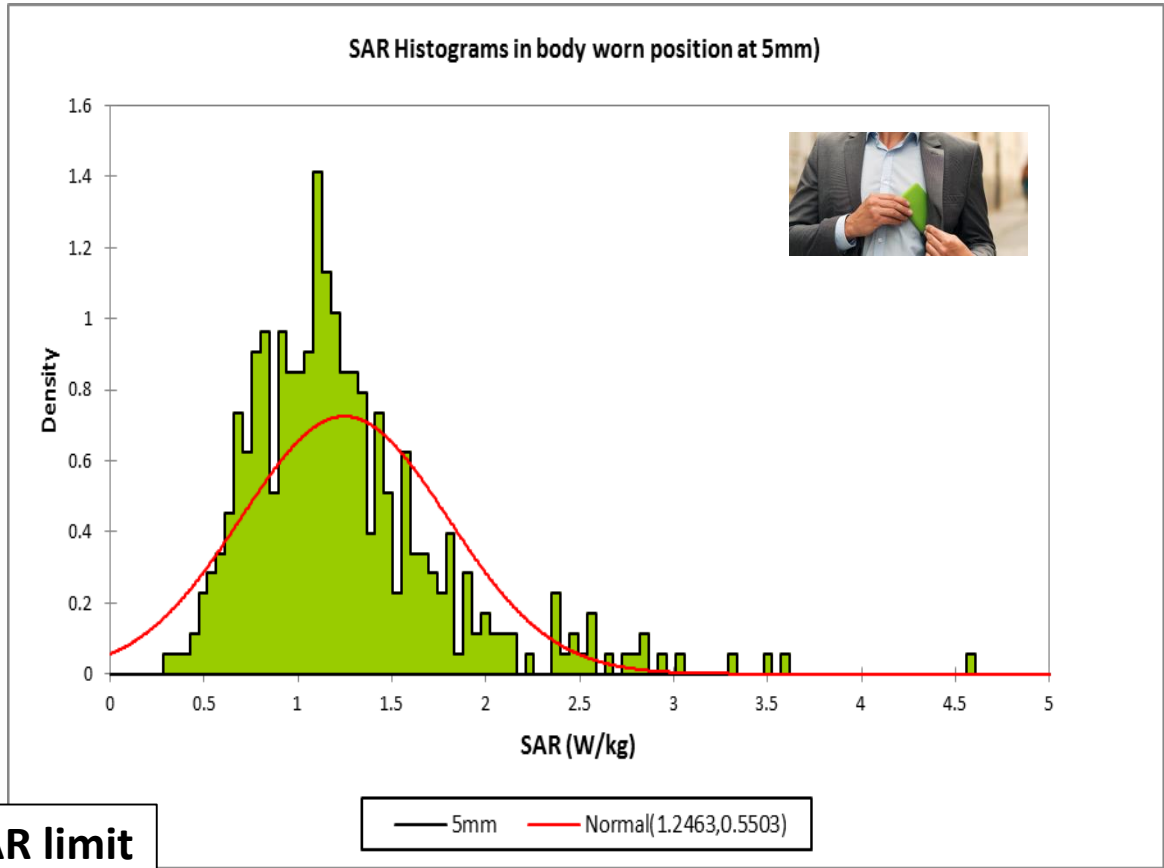
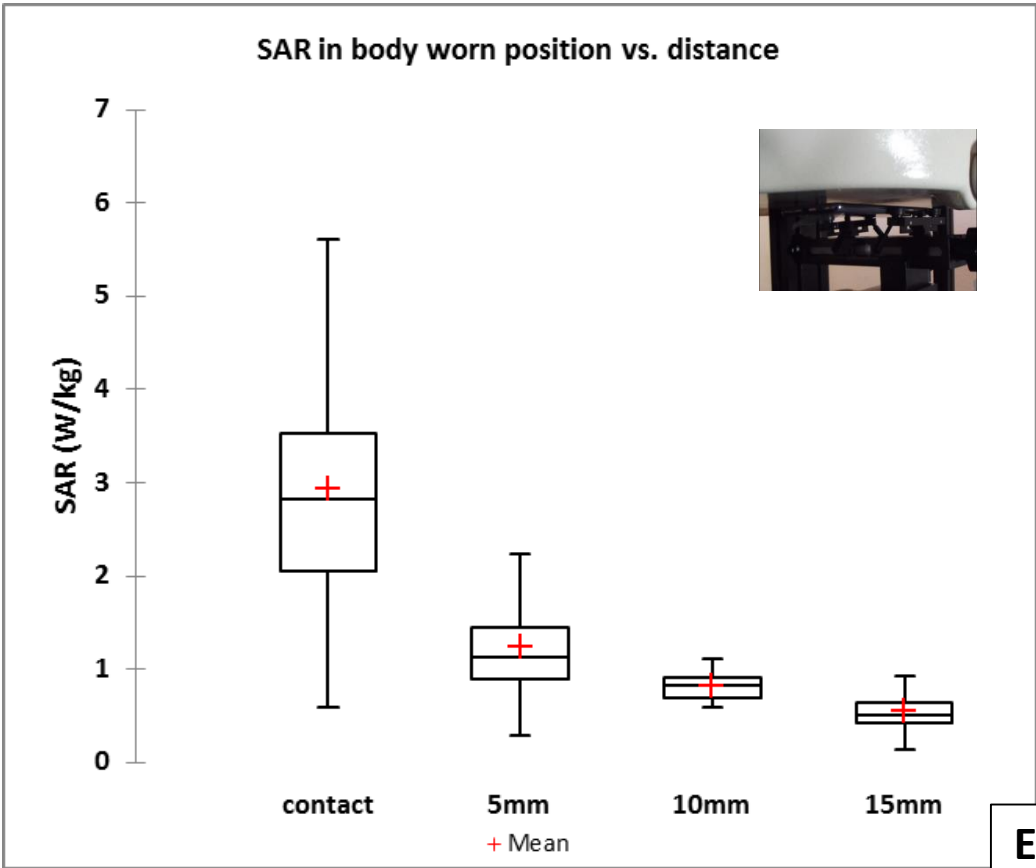


A francia *Agence Nationale des Fréquences (ANFR)* **mérései alapján az 5G hozzájárulása** a teljes rádiófrekvenciás sugárzáshoz (SAR értékhez) nagyon alacsony **(+ 0,4-1,8 %)** és csak akkor jelenik meg, ha a telefonban a 4G és az 5G antennák egy helyen vannak elhelyezve.



# Okostelefonok SAR adatai

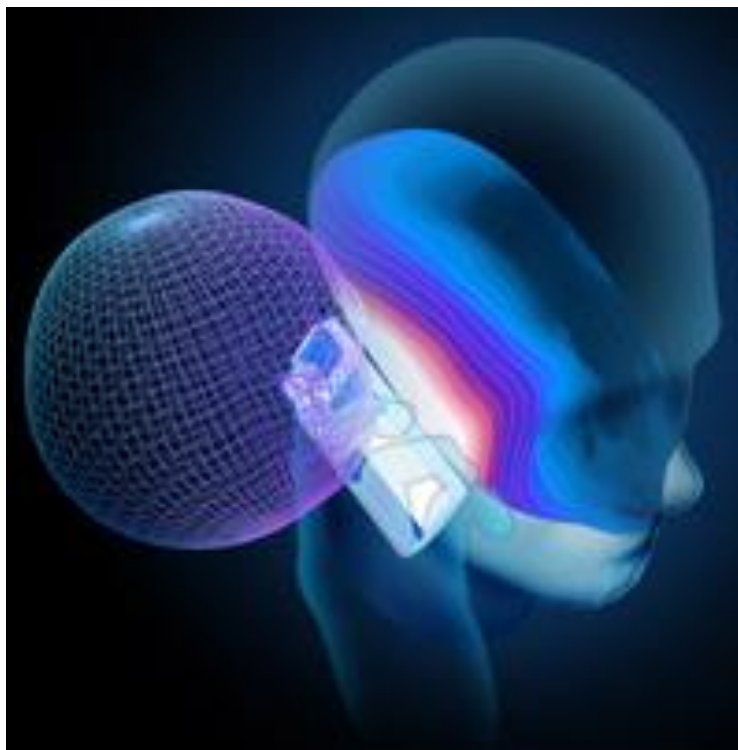
## *ANFR mérései alapján*



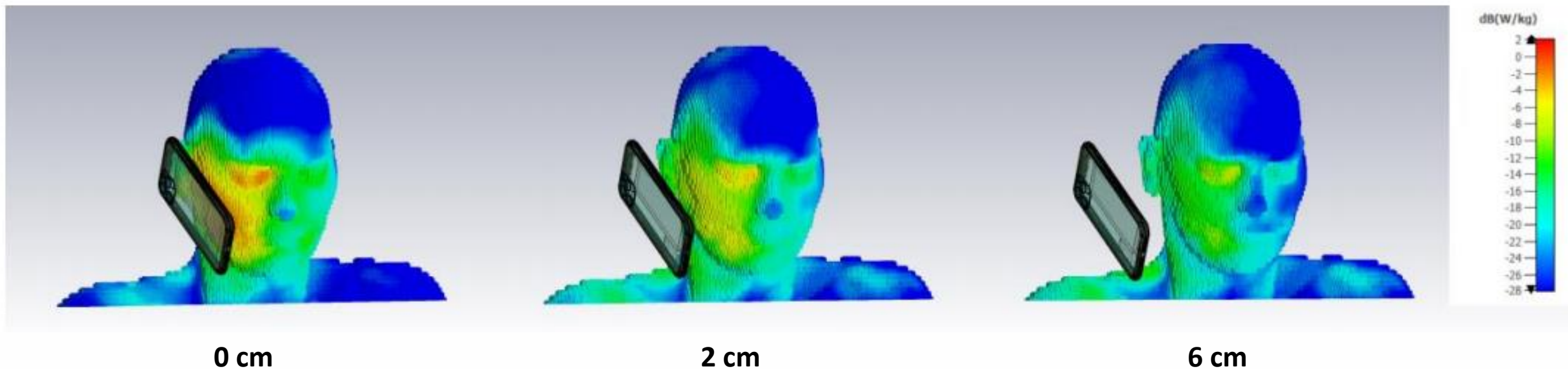
**EU SAR limit**  
**2 W/kg**

— 5mm    — Normal(1.2463,0.5503)

## Mobiltelefonok SAR függése a használat módjától *(távolság a fejtől)*



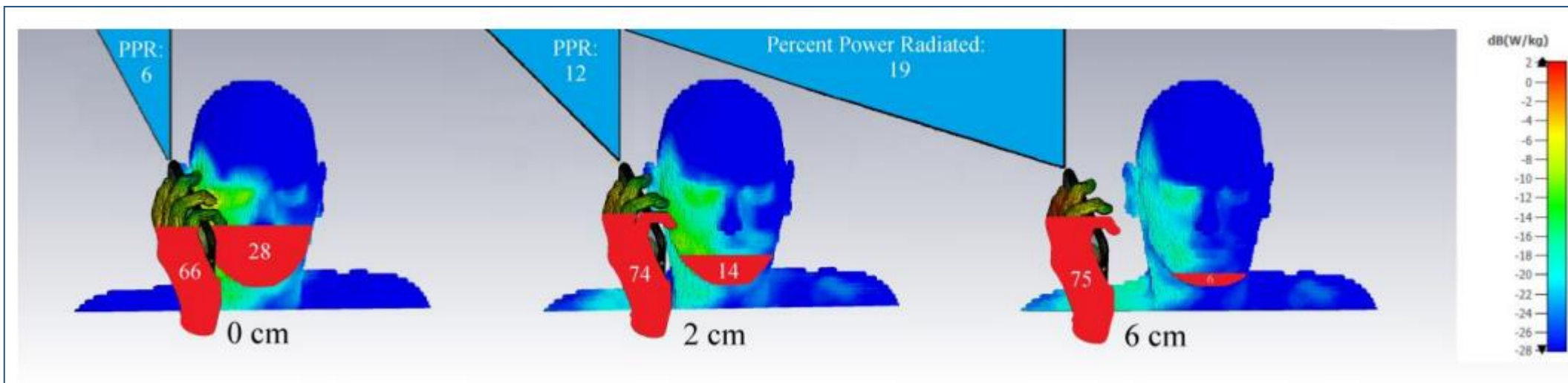
## Mobiltelefonok SAR függése a használat módjától (távolság a fejtől)



A mobiltelefon antenna távolsága a fejtől csökkenti a fej által fajlagosan elnyelt teljesítményt (0, 2, 6 cm @ 0 dB = 1 W/kg SAR).

*Héroux, 2023*

## Mobiltelefonok SAR függése a használat módjától (távolság a fejtől)



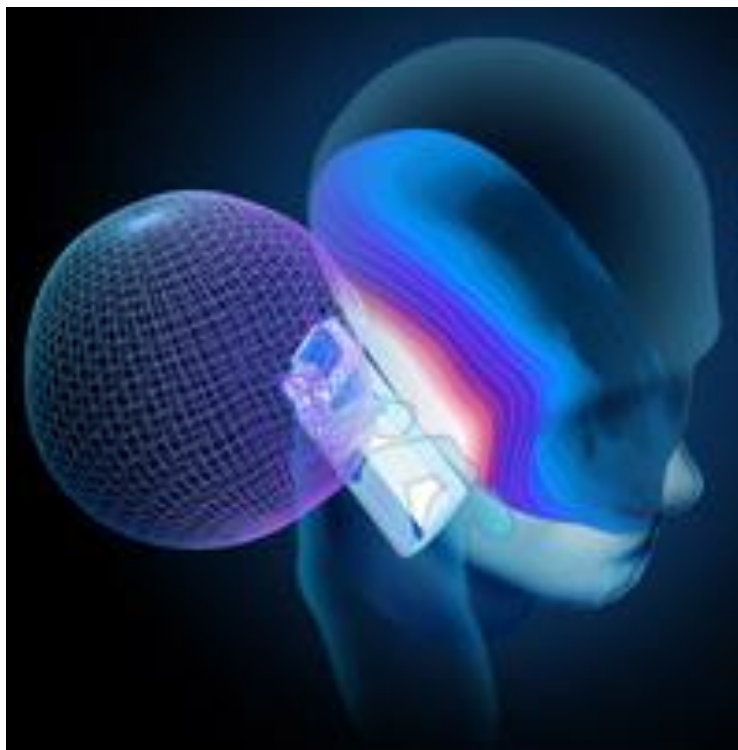
Ha a telefont tartó kezét is bevonjuk az SAR szimulációkba, akkor:

- **0 cm-nél** (érintés) a teljesítmény 66%-át a kéz, 28%-át a fej nyeli el, ami akár **94%-os teljes elnyelést** jelent a testben, és 6% marad a kommunikációra.
- **2 cm-nél** 74% kéz, 14% fej, 88% teljes, 12% kommunikáció.
- **6 cm-nél** 75% kéz, 6% fej, 81% teljes, 19% kommunikáció.

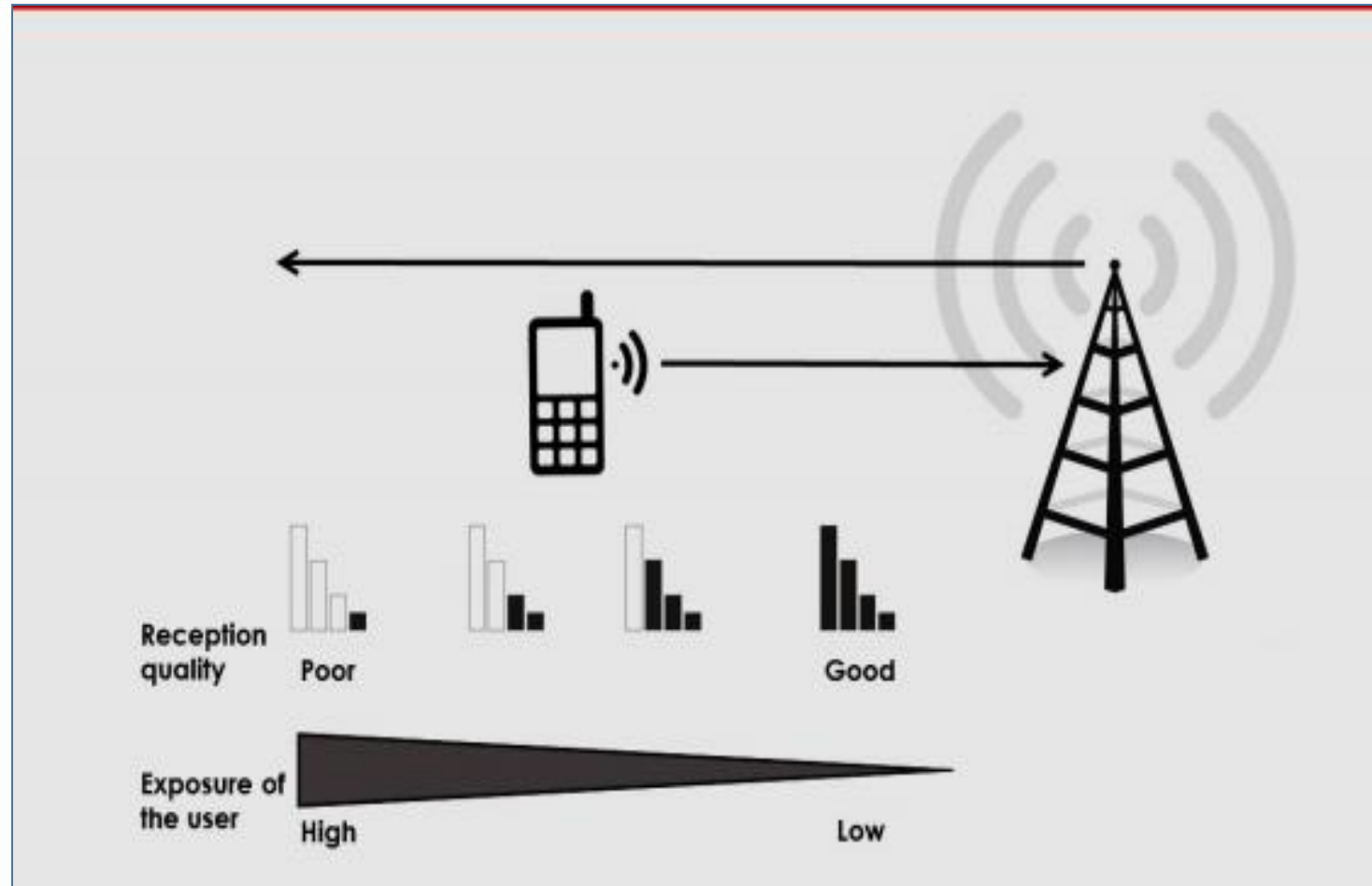
(900 MHz, 250 mW)

Héroux, 2023

## Mobiltelefonok SAR függése a helyszíntől (lefedettség, vételi viszonyok)



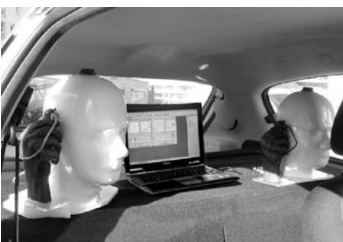
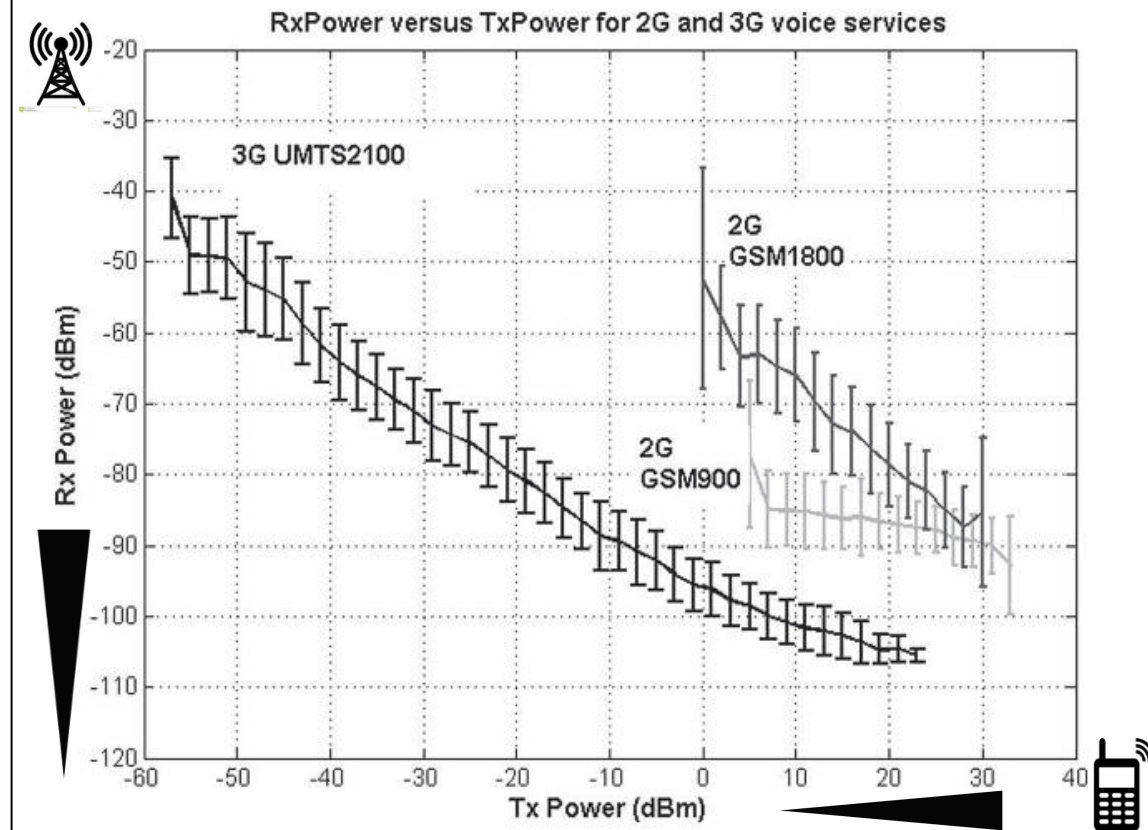
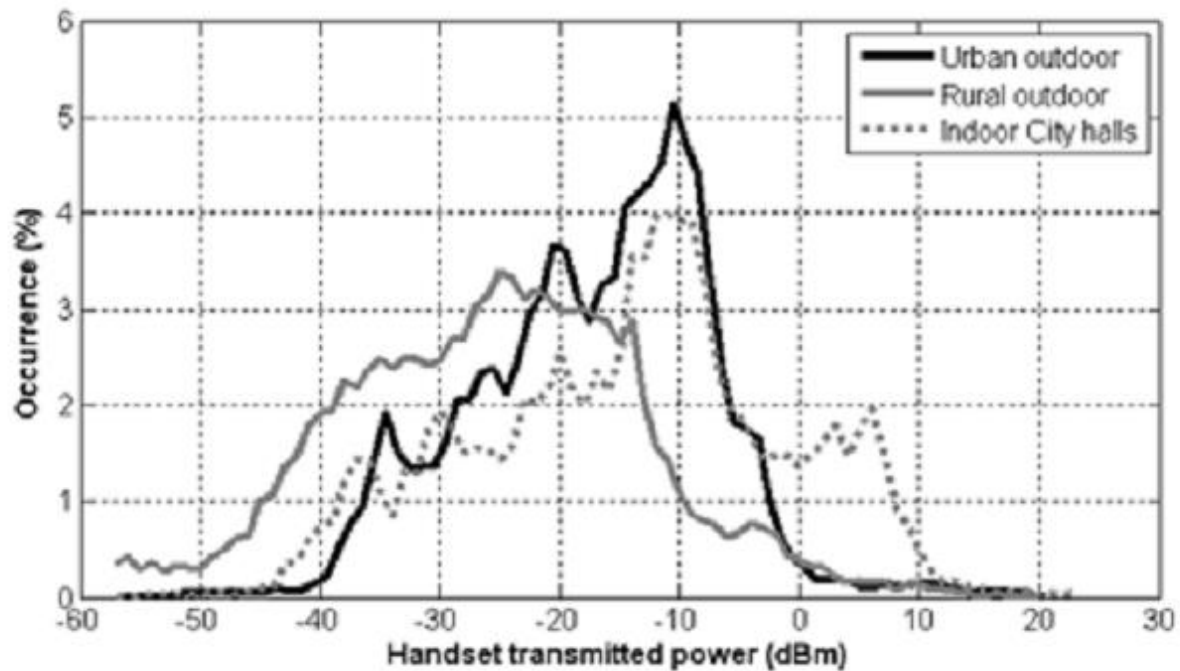
## Mobiltelefonok RF sugárzása a vétel minőségétől (az ellátottságtól, lefedettségtől) függ



Szemléltető ábra a mobiltelefonok vételi és kisugárzott teljesítményének függésére a bázisállomástól való távolságtól (<https://betweenrockandhardplace.wordpress.com/>).



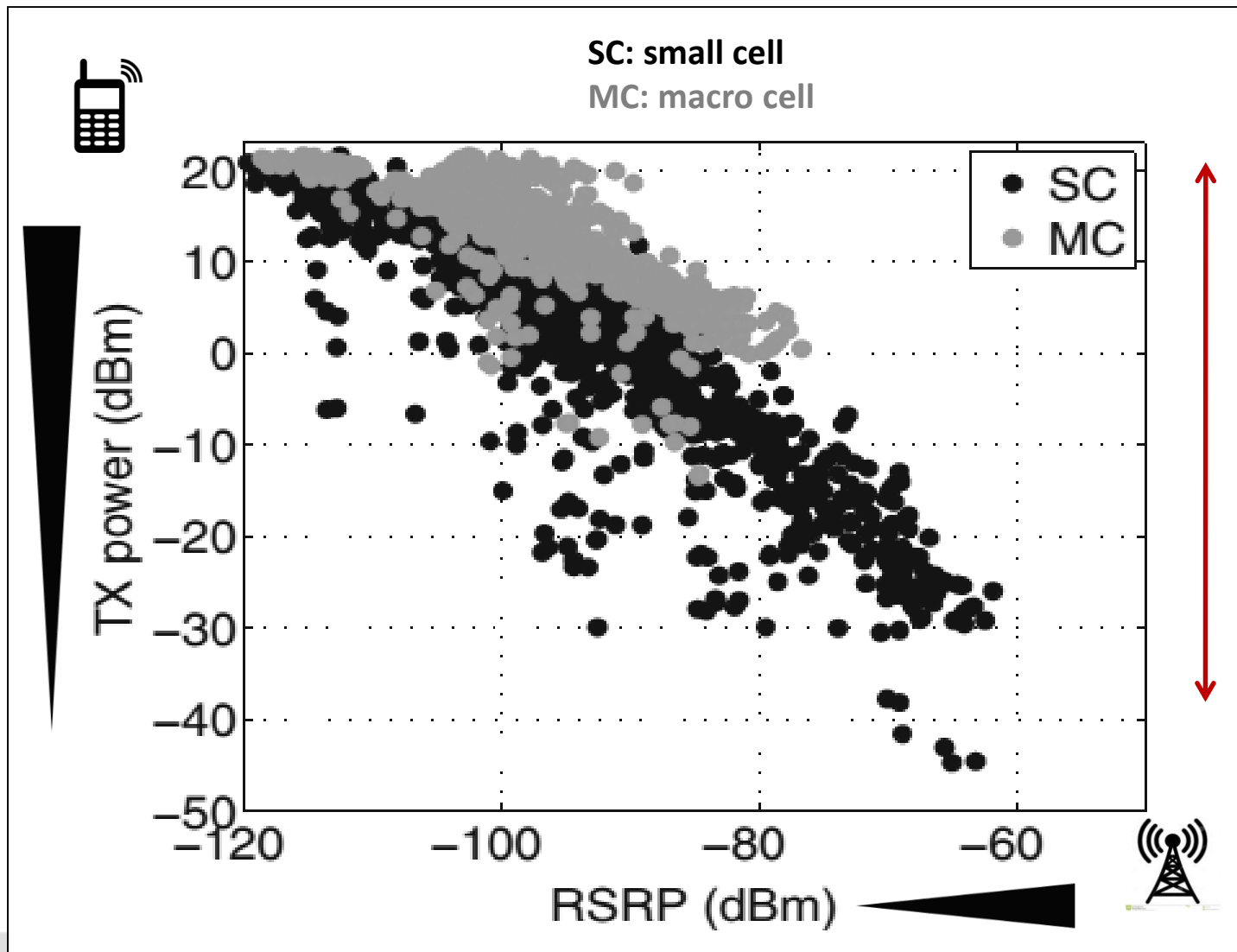
# Mobiltelefonok kisugárzott/vételi teljesítményének összefüggése **2G/3G** esetében



Gati et al, 2009



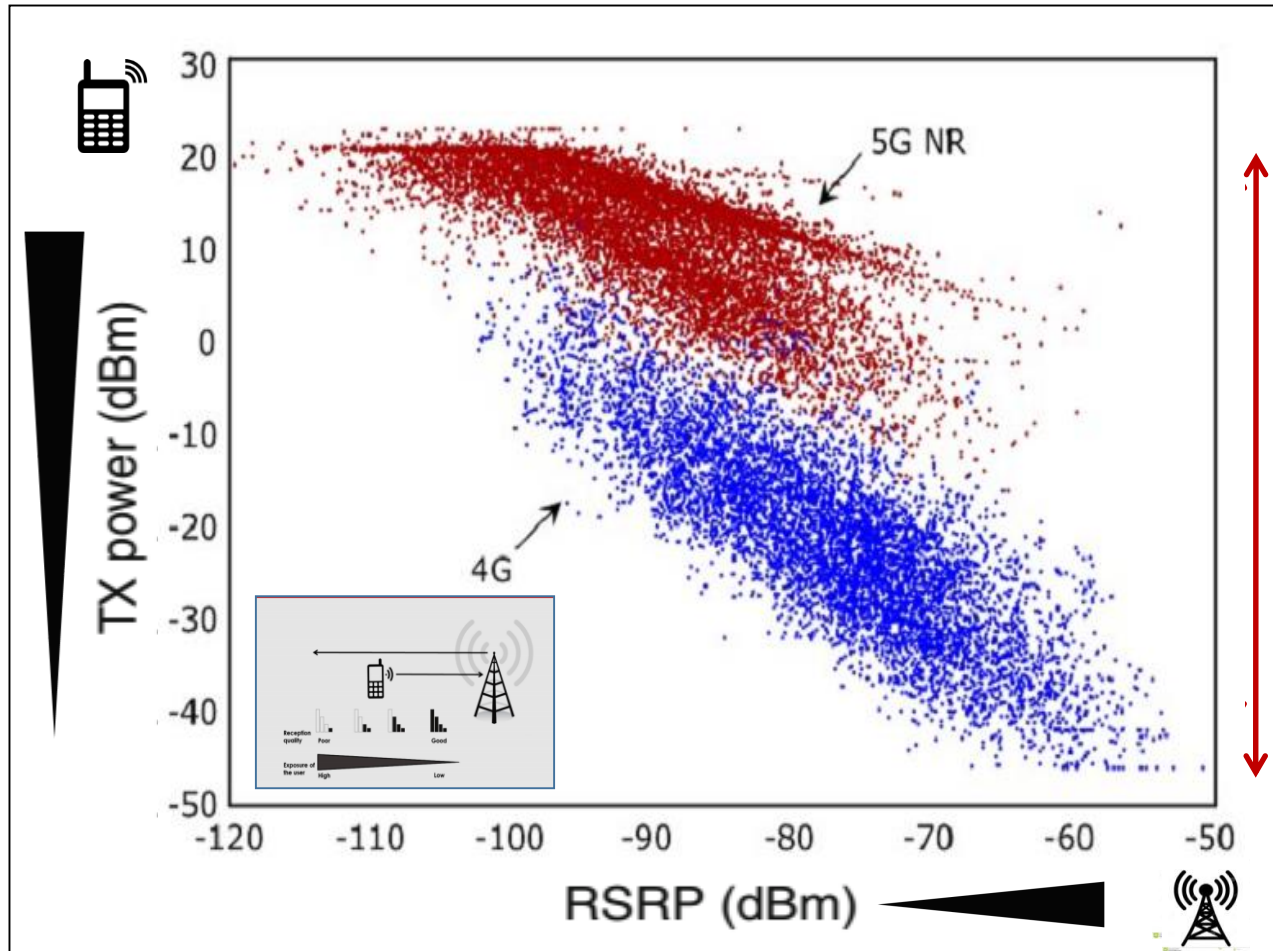
# Mobiltelefonok kisugárzott/vételi teljesítményének összefüggése 4G esetében



RSRP: Reference Signal Received Power



## Mobiltelefonok kisugárzott/vételi teljesítményének összefüggése **5G**, illetve 4G esetében (Dél-Korea, Szöul)



1 M x  
különbség!

Mérések **Szöulban** 2019 október és 2020 február között összesen 270 óra mintavétel alapján.

Dél-Koreában az előfizetők 28.3%-a használ 5G szolgáltatást.

Hozzávetőlegesen 163 ezer 5G bázisállomás üzemel (2021. szeptember)

RSRP: Reference Signal Received Power

(Lee, 2021)



# 5G telefonok sugárzása valós szolgáltatás alatt

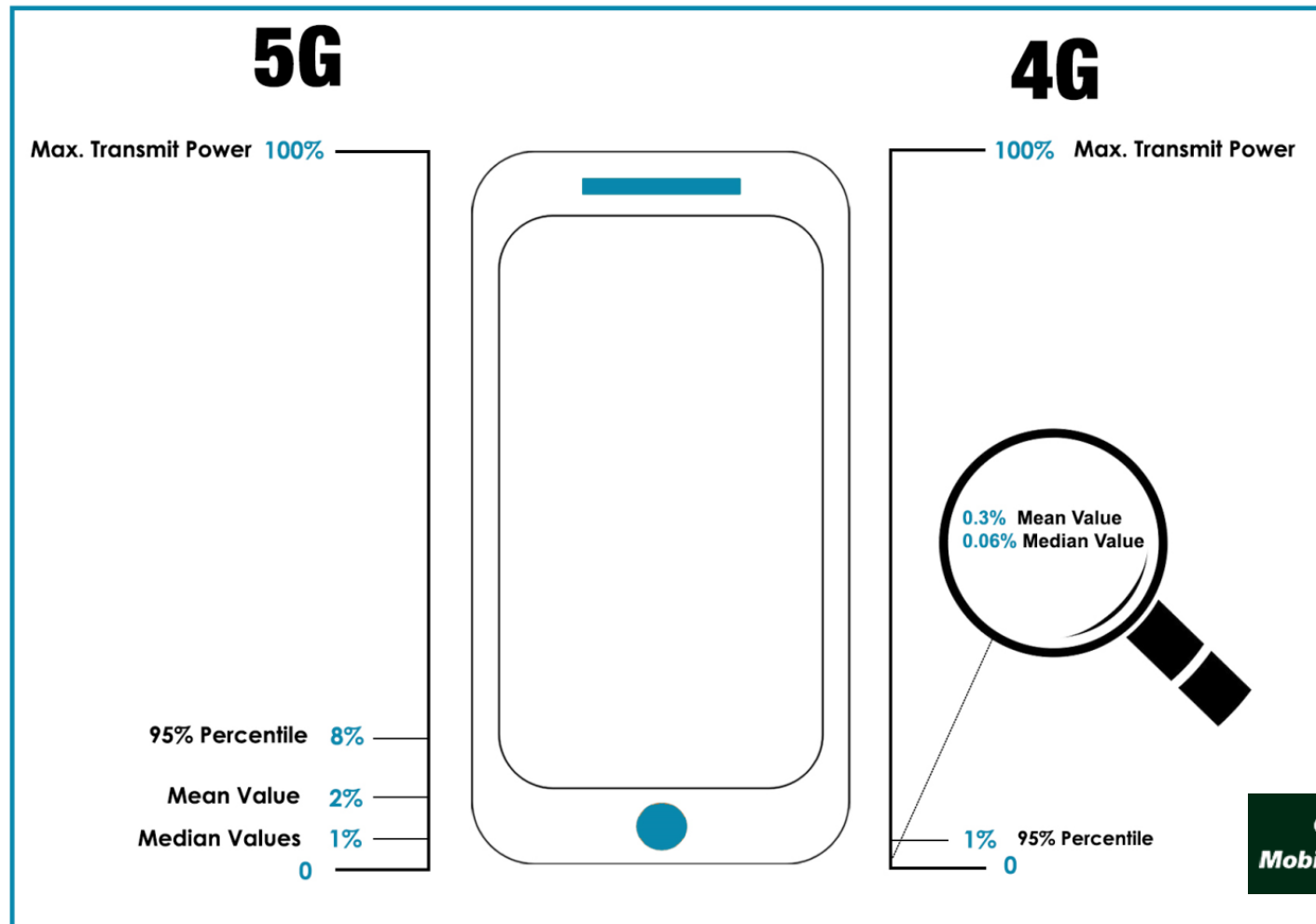
(automatikus teljesítményszabályzás hatása)

A valós mobilszolgáltatások során a telefonok **4G** esetében átlagosan a maximális teljesítmény **0,3 %-án**, míg az **5G** telefonok átlagosan a maximális teljesítmény **2%-án** üzemeltek.

A 4G telefonok esetében a vizsgálat 7000 mobiltelefonon 7 napon át [1], míg az 5G telefonok esetében 545 millió mintavétel 15 nap alatt gyűjtött adat alapján készült [2].

1. P. Joshi, D. Colombi, B. Thors, L. Larsson and C. Törnevik, "Output Power Levels of 4G User Equipment and Implications on Realistic RF EMF Exposure Assessments," in *IEEE Access*, vol. 5, pp. 4545-4550, 2017.

2. P. Joshi, F. Ghasemifard, D. Colombi and C. Törnevik, "Actual Output Power Levels of User Equipment in 5G Commercial Networks and Implications on Realistic RF EMF Exposure Assessment," in *IEEE Access*, vol. 8, pp. 204068-204075, 2020.





## Néhány következtetés

- A mobiltelefonokból eredő elnyelt rádiófrekvenciás teljesítmény (SAR) a fejben (kézben) a különböző telefon típusoknál **valóban eltérő**
- Az emberi testben elnyelt RF teljesítmény függ a mobiltelefon és a **testrész távolságától**
- Az emberi testben elnyelt RF teljesítmény **jelentősen függ** a használat helyszínétől, a mobiltelefon **szolgáltatás minőségétől** (lefedettségtől)
- A mobiltelefonok valós használati körülmények között (a működési idő jelentős részében) a maximális teljesítményük **csupán néhány százalékán** üzemelnek
- A fentiek alapján érdemes kihangosítót, fejhallgatót szettet használni, hogy a telefon **minél távolabb** legyen az emberi testtől, testrésztől.
- Az epidemiológiai kutatások **dozimetriai becslését** (különösen retrospektív módon) a fenti tényezők jelentős mértékben nehezítik (+ környezeti RF expozíció)



# Köszönöm a megtisztelő figyelmet!

[thuroczy.gyorgy@oski.hu](mailto:thuroczy.gyorgy@oski.hu)  
[thuroczy.gyorgy@nnk.gov.hu](mailto:thuroczy.gyorgy@nnk.gov.hu)