

Ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία κινητής τηλεφωνίας

Θεόδωρος Σαμαράς
Επικ. Καθηγητής

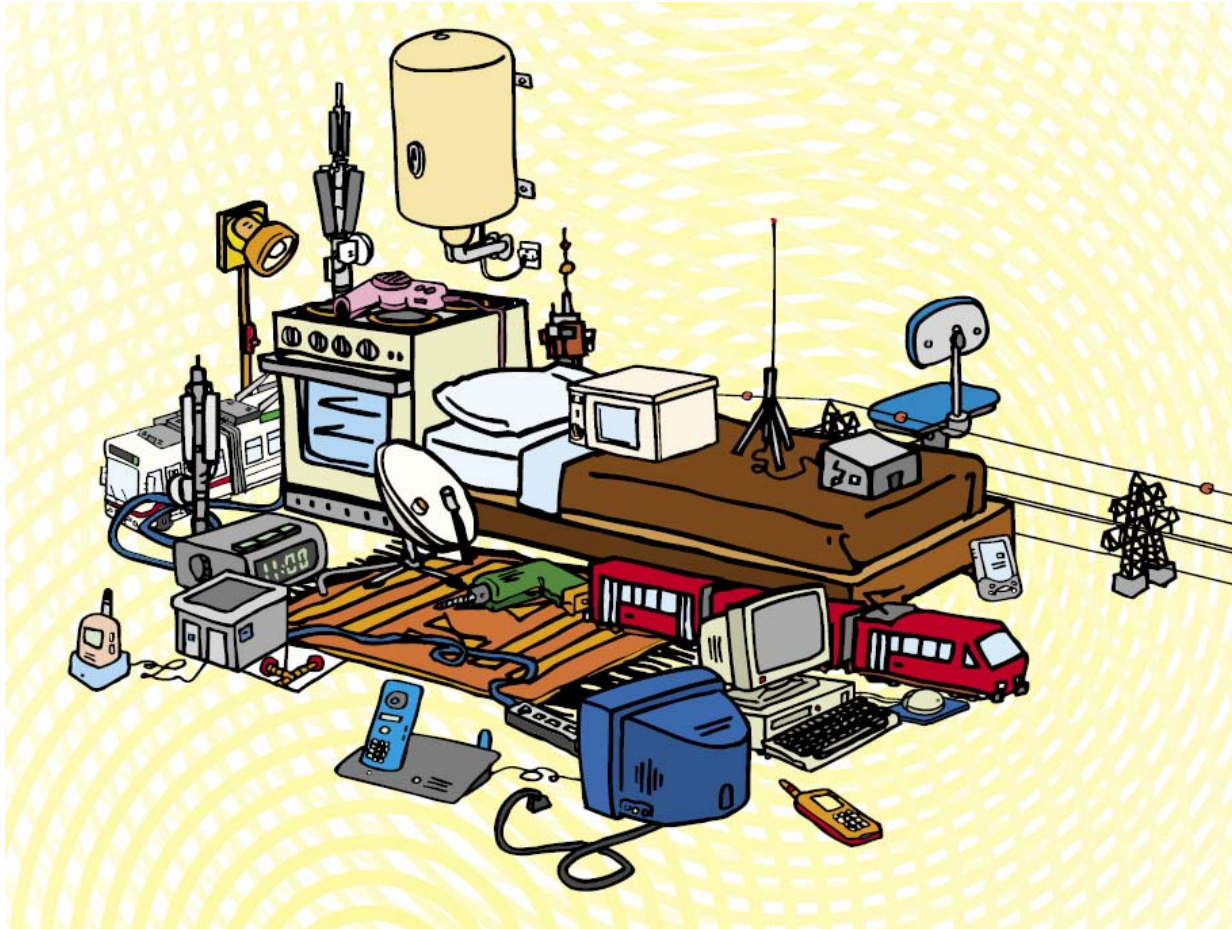


Εργαστήριο Ραδιοεπικοινωνιών
Τμήμα Φυσικής

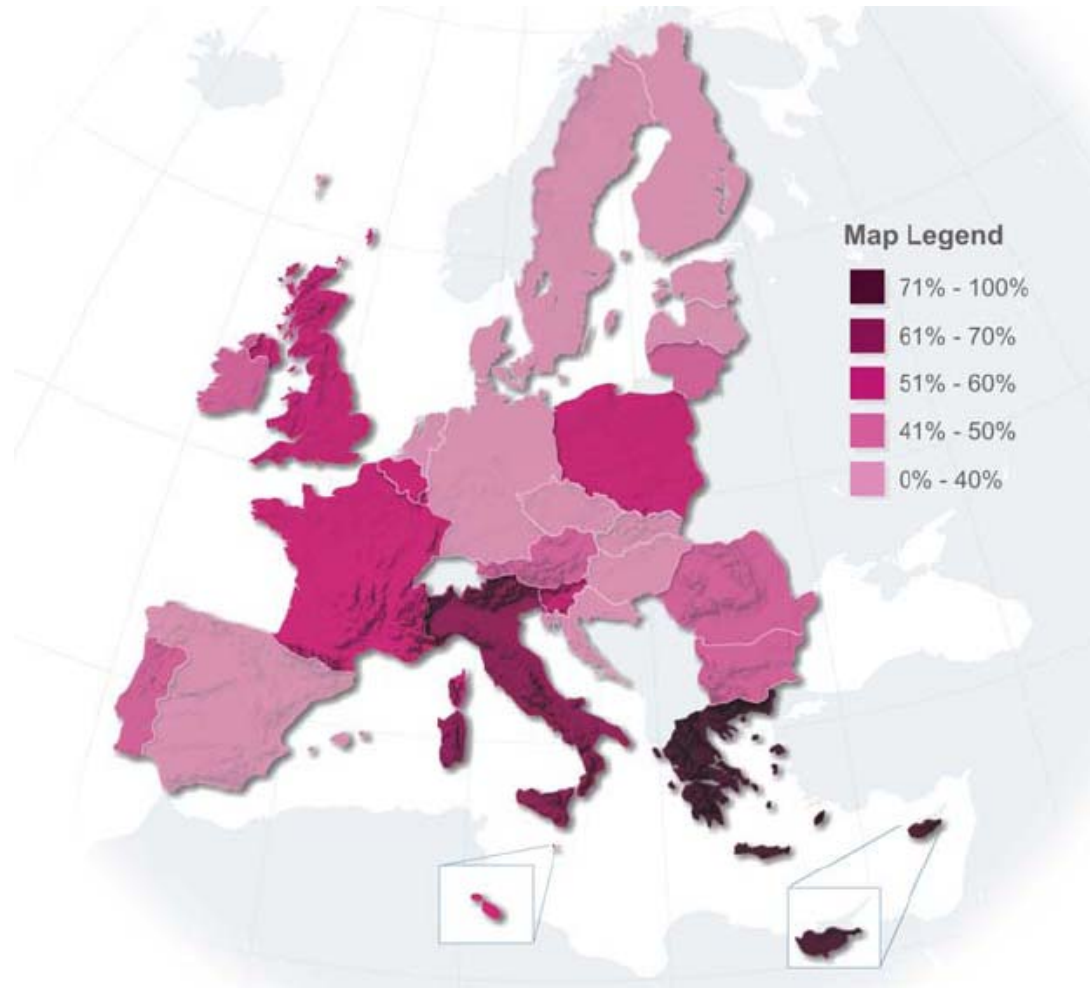


Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο
Θεσσαλονίκης

Ηλεκτρομαγνητικό περιβάλλον



«Ηλεκτροφοβία»



Πλήθος συνδρομητών

Market Data Summary

Market Data Summary (Q2 2009)

Connections by Bearer Technology

Total	4,310,295,611
cdmaOne	2,449,937
CDMA2000 1X	309,907,068
CDMA2000 1xEV-DO	118,688,849
CDMA2000 1xEV-DO Rev. A	12,644,062
GSM	3,450,410,548
WCDMA	255,630,141
WCDMA HSPA	133,286,097
TD-SCDMA	825,044
TDMA	1,480,766
PDC	2,740,320
iDEN	22,172,858
Analog	9,593

Connections by World Region

World	4,310,295,611
Africa	416,303,821
Americas	475,193,998
Asia Pacific	1,906,764,743
Europe: Eastern	462,040,510
Europe: Western	506,982,364
Middle East	243,953,091
USA/Canada	299,057,084

Data supplied by GSMA [Mobile Infolink](#) on 19/10/09



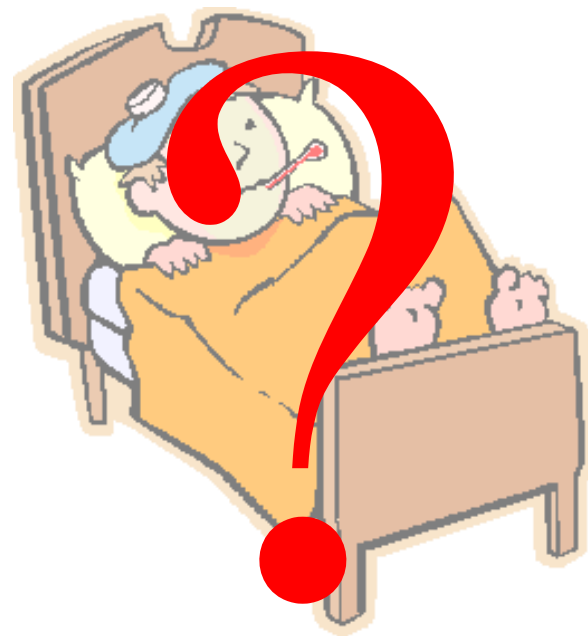
Κοινωνική ταυτότητα κινητής τηλεφωνίας

- Διείσδυση 110% (Γερμανία 118%) (2007)
- Δαπάνες κινητού 3,4% του Α.Ε.Π. (Γερμανία 2,9%) (2006)
- Το 64% των Ελλήνων ανησυχεί για την ακτινοβολία του κινητού
- Ανά έτος 15.000.000 κλήσεις έκτακτης ανάγκης
- Περίπου 35.000 εργαζόμενοι

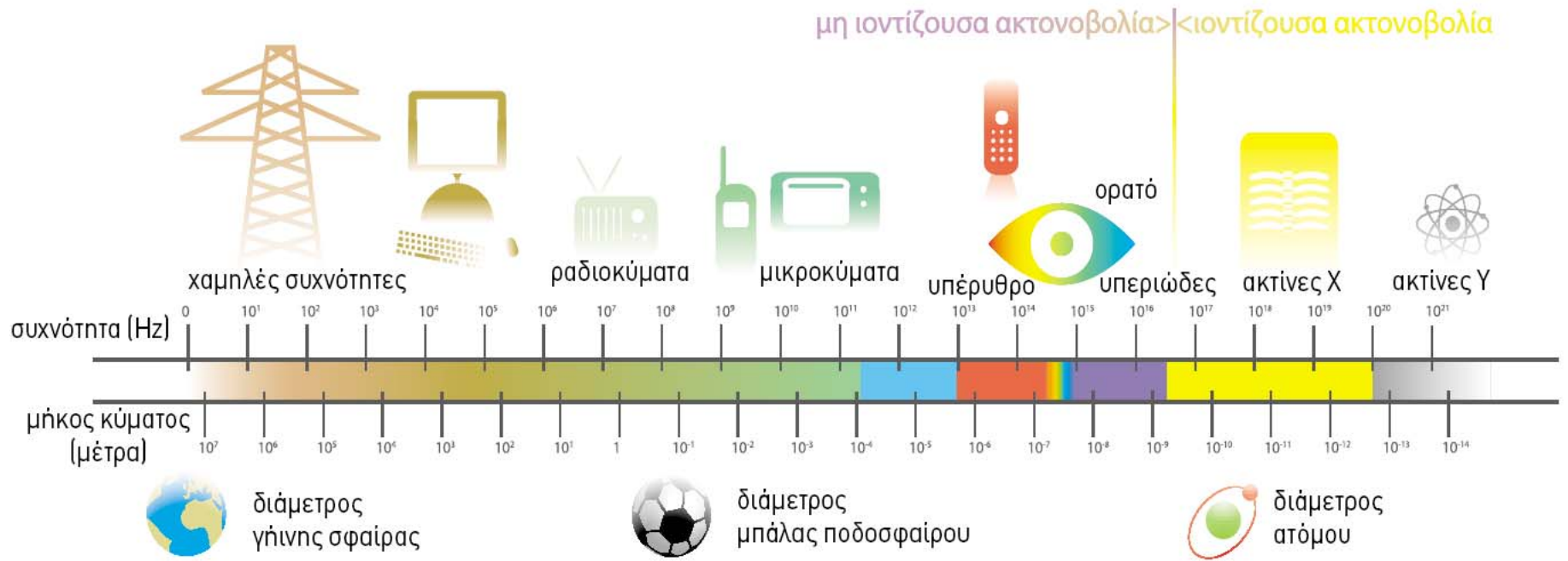


Ερευνώμενες επιπτώσεις στην υγεία

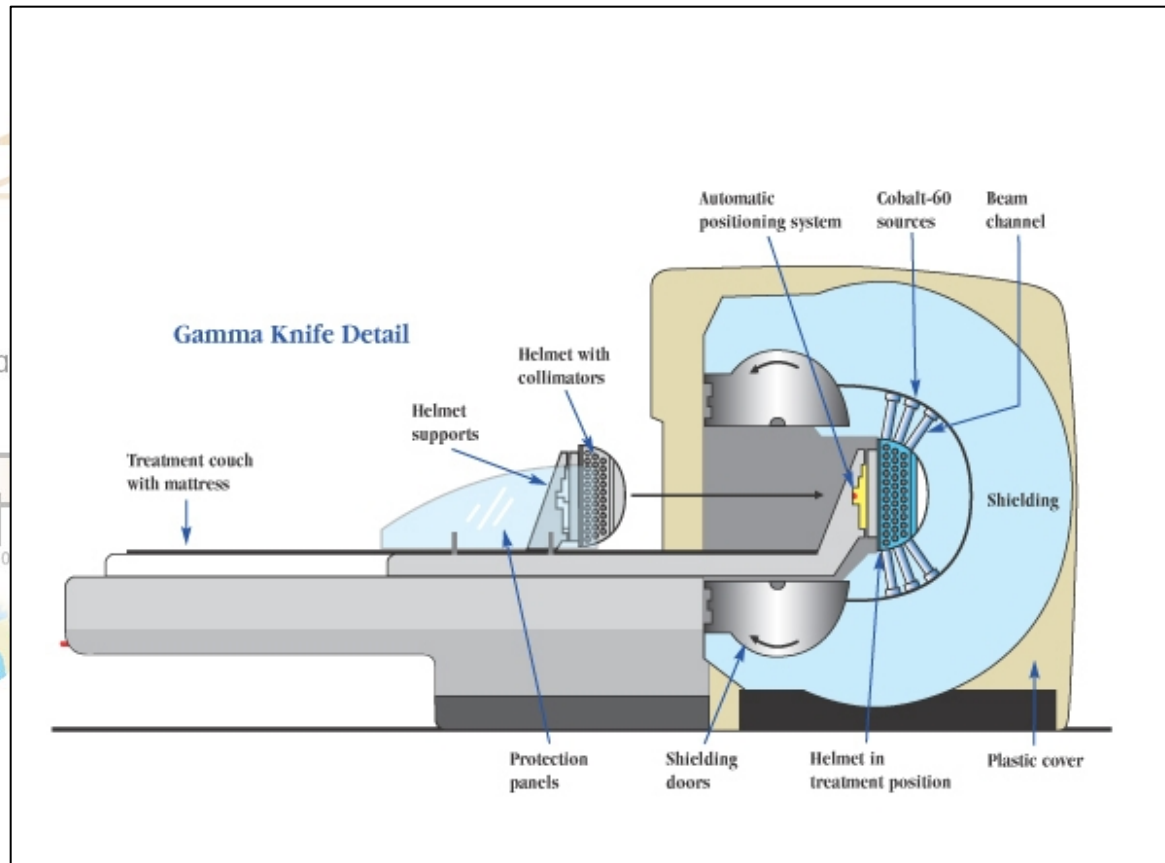
- **Καρκινογένεση**
(σπάσιμο στους δεσμούς του DNA, ακουστικό νευρίνωμα)
- **Υπογονιμότητα** (ανδρική)
- **Νευρολογικές διαταραχές**
(αιματοεγκεφαλικός φραγμός, διαταραχές του ύπνου)
- **Διανοητικές λειτουργίες**
(μνήμη, μάθηση, χρόνος αντίδρασης)
- **Καρδιολογικά προβλήματα**
- **Συμπτωματικές διαταραχές**
(πονοκέφαλος, ζάλη, κούραση)
- **Κακώσεις στις αρθρώσεις των δακτύλων**



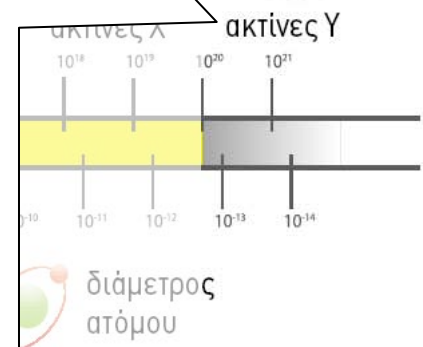
Ηλεκτρομαγνητικό φάσμα



Ηλεκτρομαγνητικό φάσμα



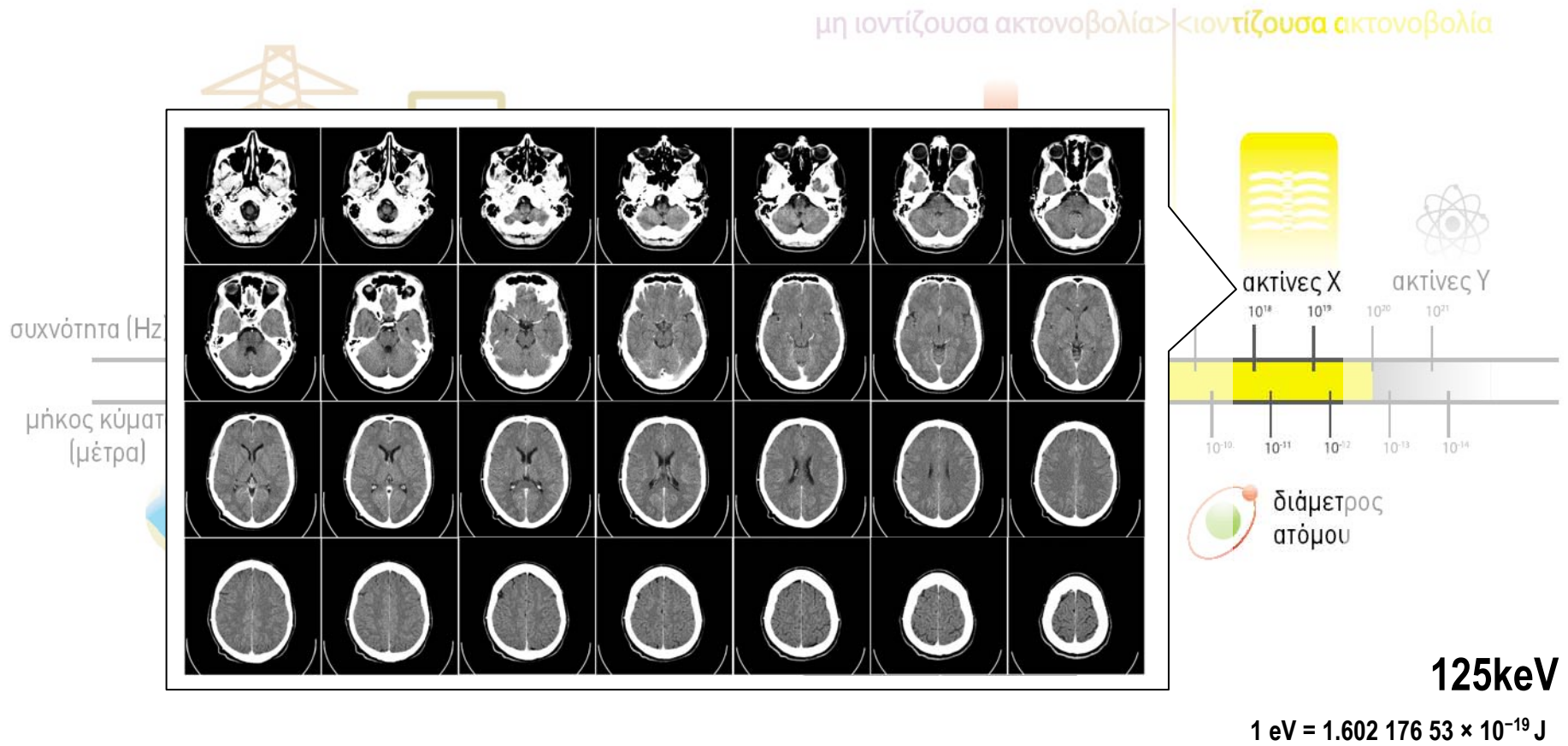
γιντίζουσα ακτονοβολία



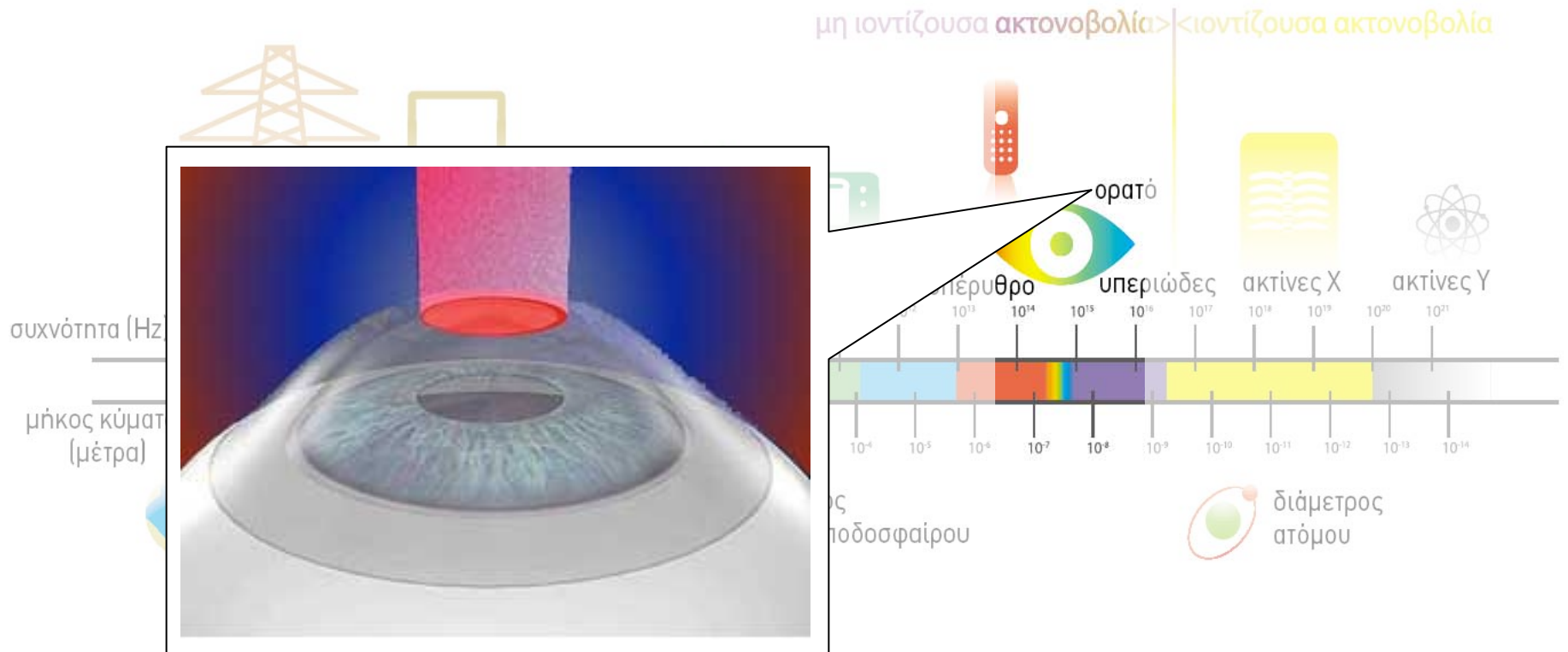
2.84MeV

$$1 \text{ eV} = 1.602 \ 176 \ 53 \times 10^{-19} \text{ J}$$

Ηλεκτρομαγνητικό φάσμα



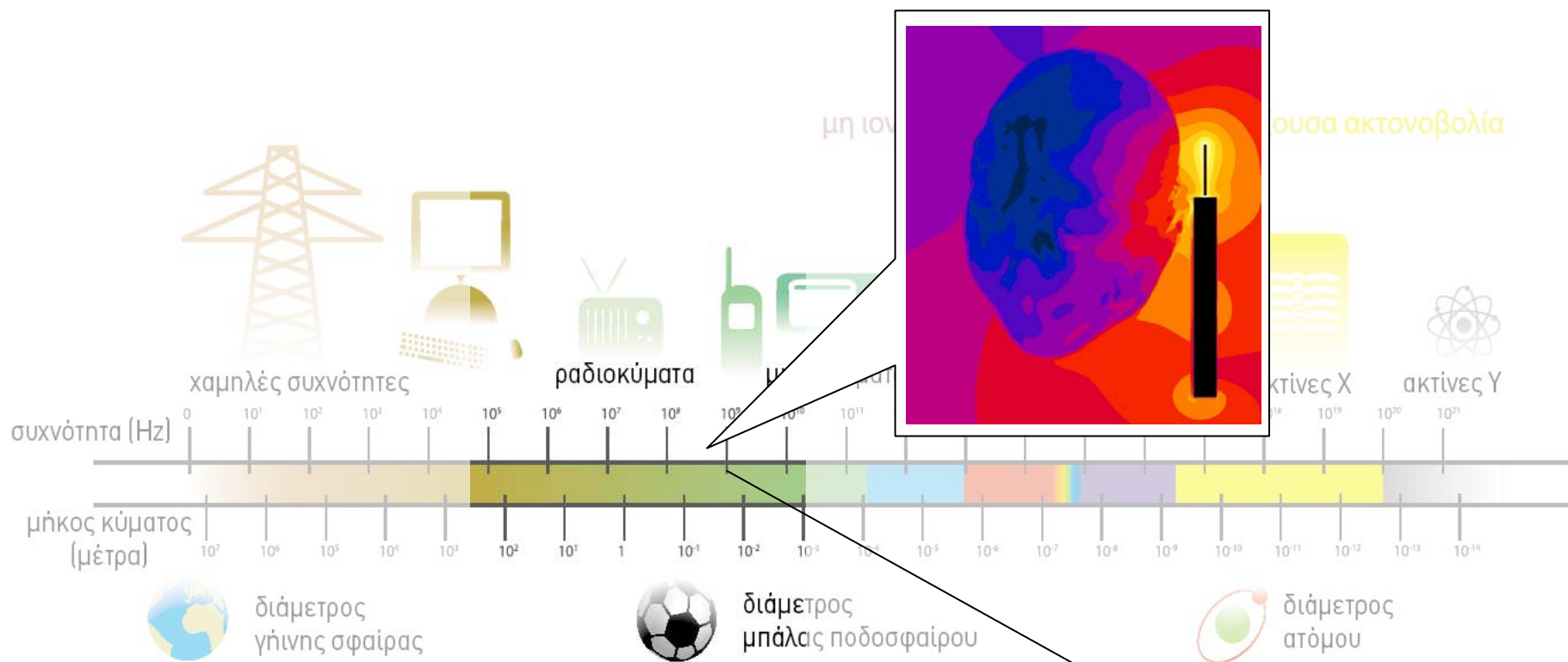
Ηλεκτρομαγνητικό φάσμα



1.77-3.10eV

1 eV = 1.602 176 53 × 10⁻¹⁹ J

Ηλεκτρομαγνητικό φάσμα

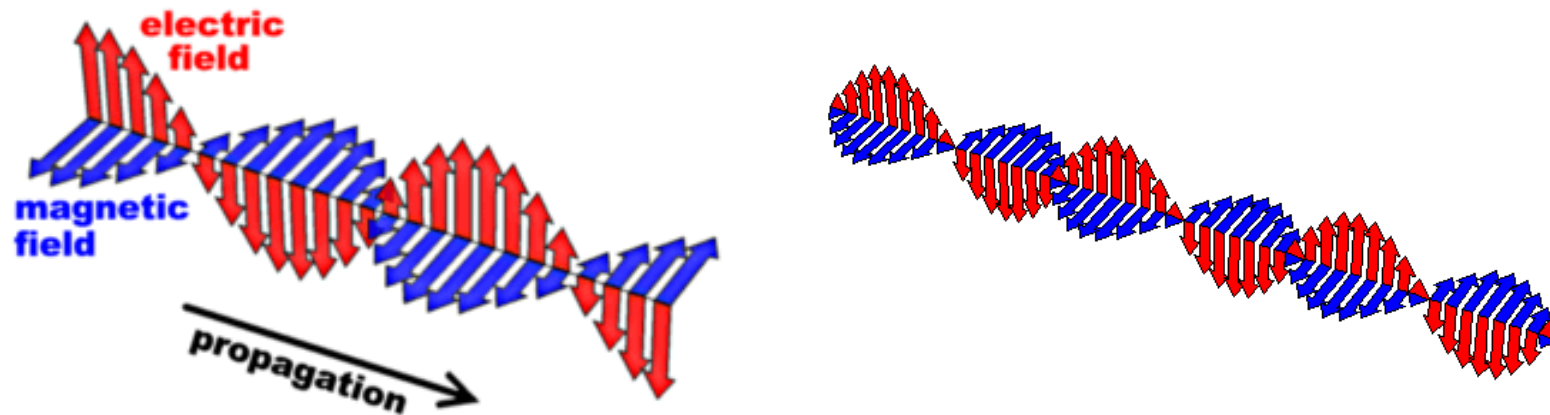


4.1 μeV

$$1 \text{ eV} = 1.602\,176\,53 \times 10^{-19} \text{ J}$$

Μη ιοντίζουσα ακτινοβολία

- Το φωτόνιο δεν έχει αρκετή ενέργεια, ώστε να προκαλέσει ιονισμό της βιολογικής ύλης (**προκαλεί άλλα βιολογικά φαινόμενα**)
- Η ακτινοβολία αυτή χαρακτηρίζεται από την ένταση, τη συχνότητα, την πόλωση και τη διαμόρφωση
- Δεν έχουν ακόμη αποδειχθεί προσθετικές επιπτώσεις στην υγεία
- Η έννοια της «δόσης» αντικαθίσταται από το ρυθμό ειδικής απορρόφησης (SAR) (W/kg)



Αύξηση θερμοκρασίας

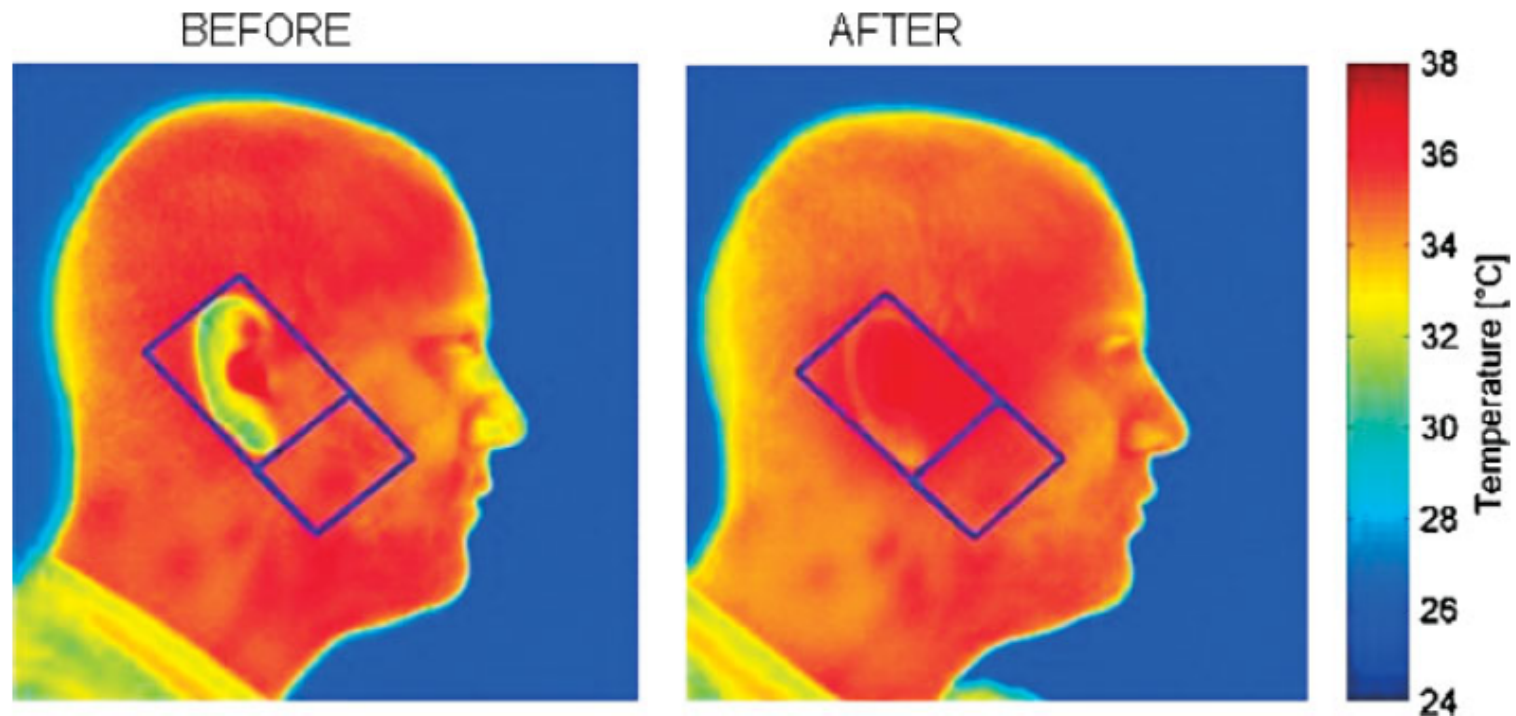
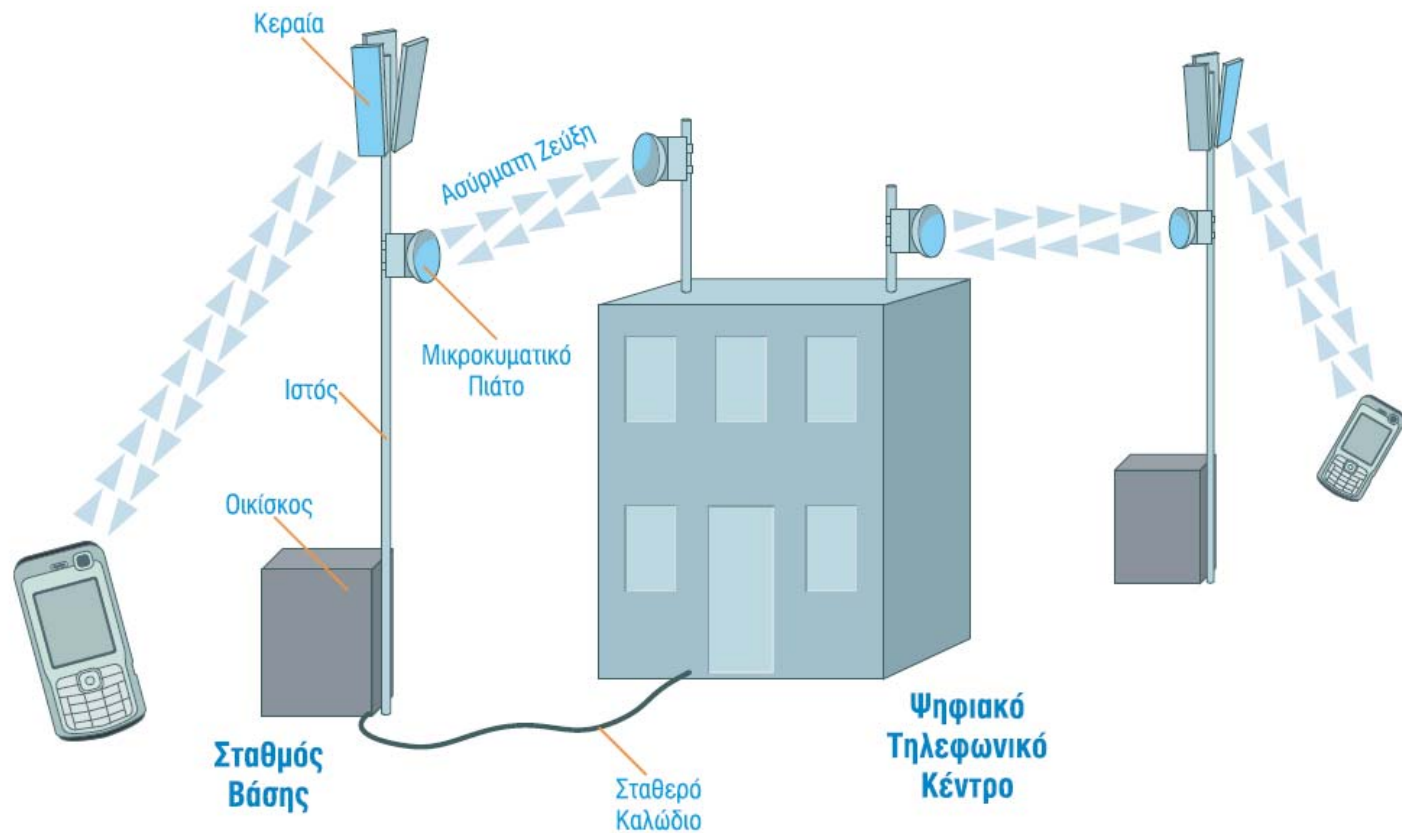
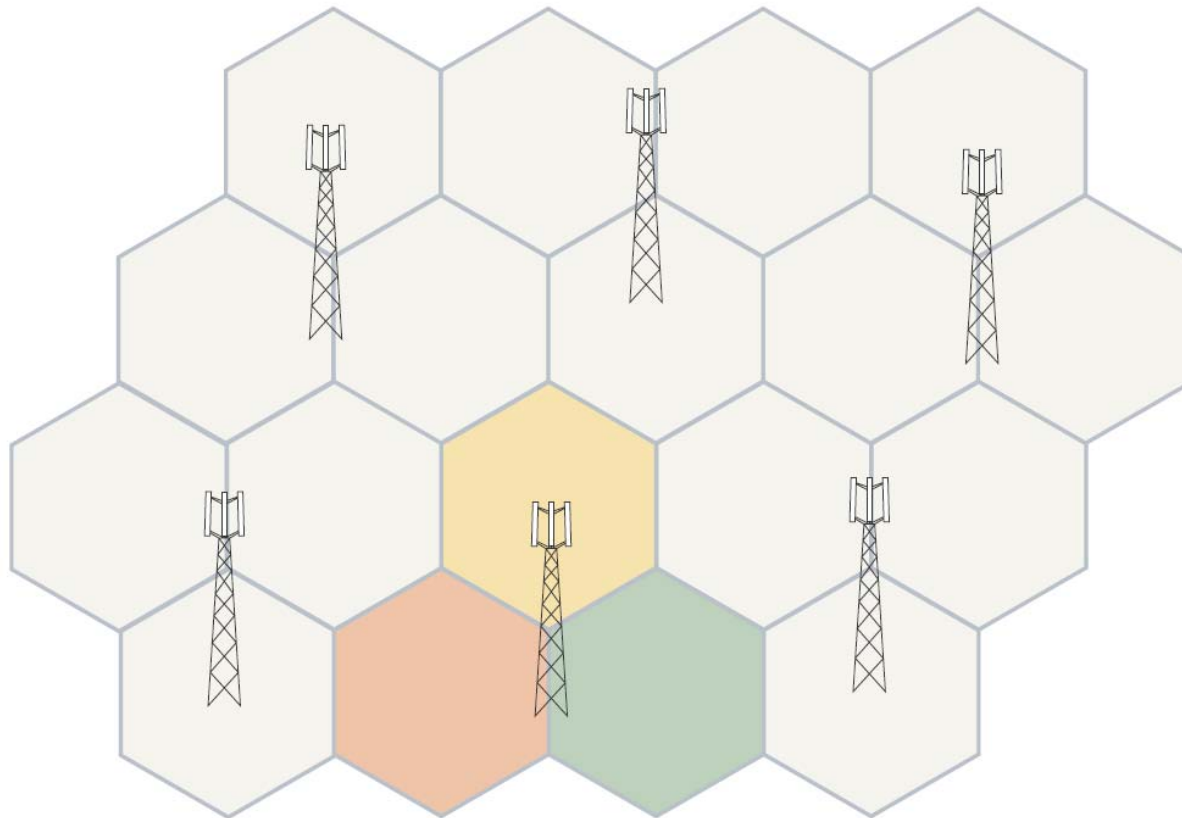


Fig. 2. IR pictures before (left) and after (right) 30 min of exposure. The mobile phone was transmitting in normal RFE mode at MAX output power. CHEEK and EAR areas studied are indicated. Temperature scale to the right.

Δομικά στοιχεία συστήματος

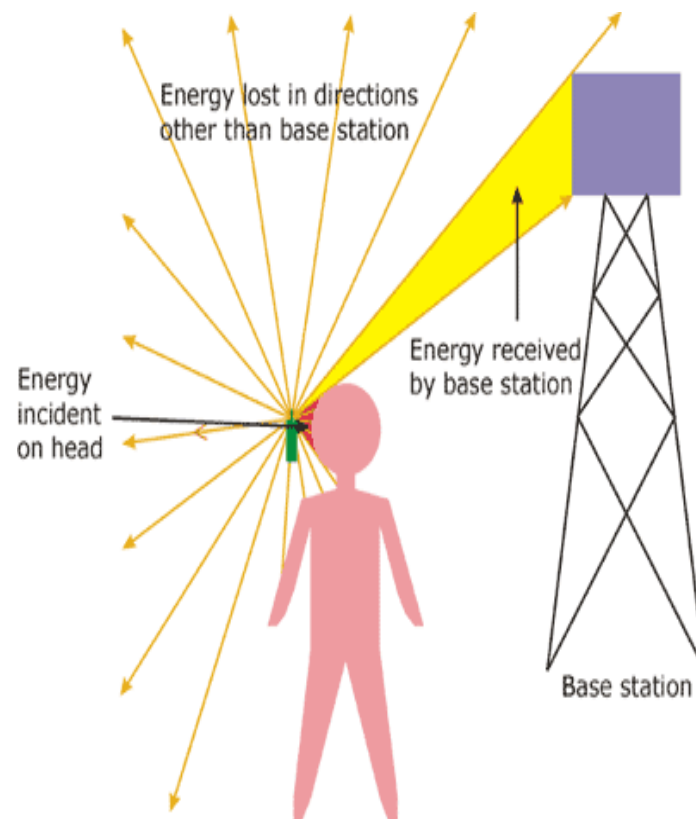


Κυψελωτή κάλυψη

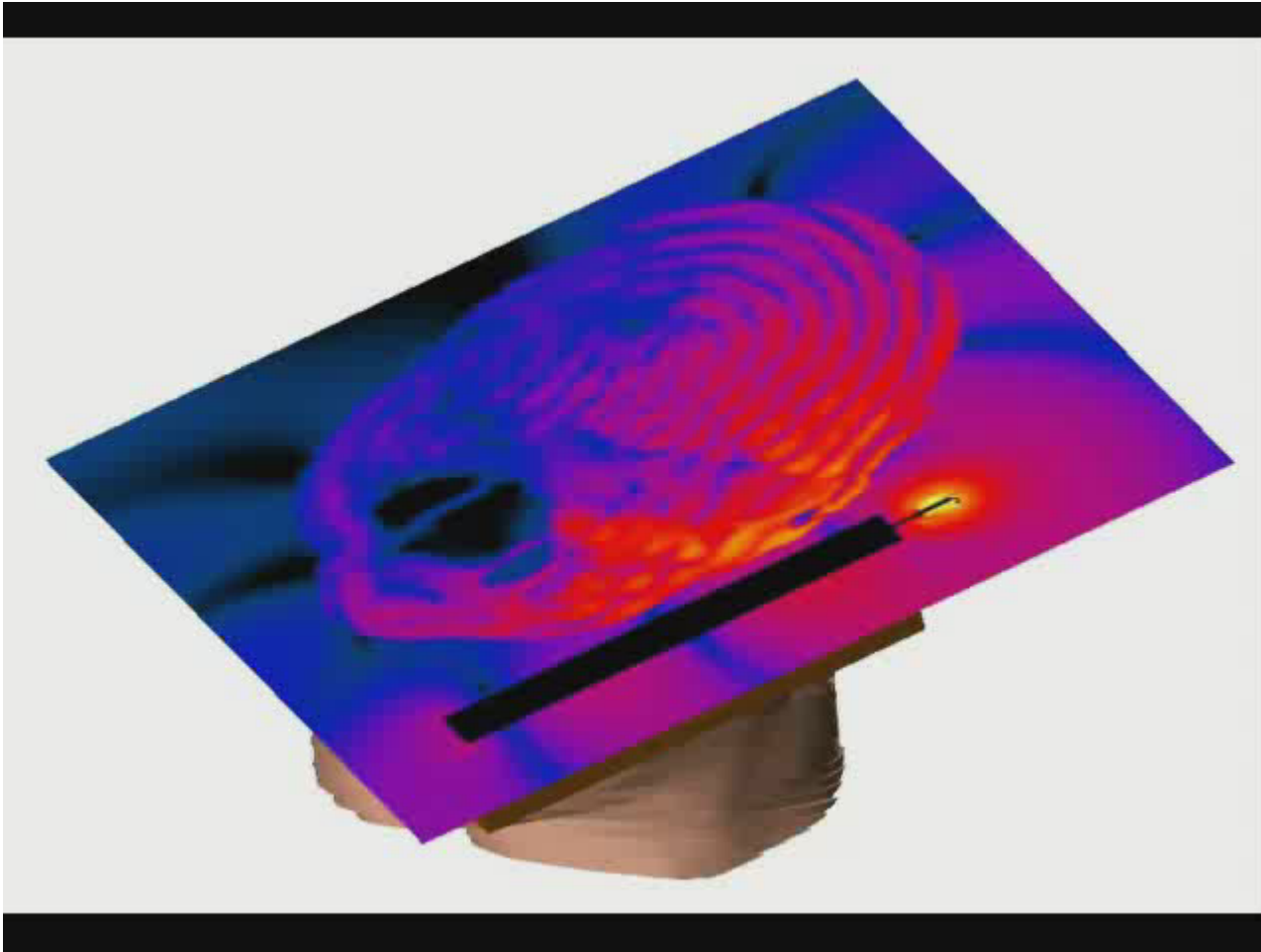


Ακτινοβολία κινητού τηλεφώνου

- Περίπου το 65% της ισχύος του κινητού απορροφάται στο κεφάλι
- Το κινητό δεν εκπέμπει όταν ακούμε (DTX)
- Το κινητό λειτουργεί με προσαρμογή ισχύος (power control) σε ένα εύρος τιμών που διαφέρουν περίπου 1000 φορές
- Η ενέργεια που απορροφάται εξαρτάται από την ισχύ που εκπέμπεται, την απόσταση από το κεφάλι, τη συχνότητα και το χρόνο κλήσης

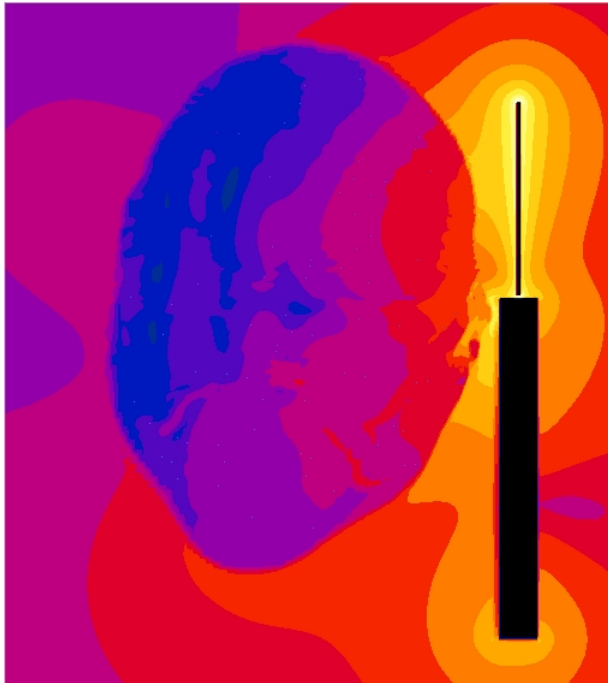


Έκθεση σε κινητό τηλέφωνο

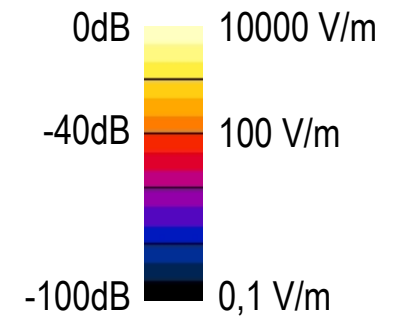
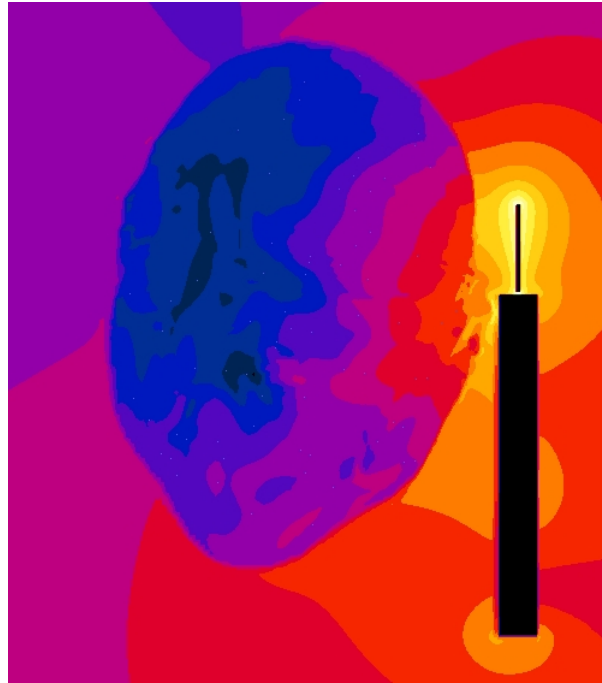


Έκθεση σε κινητό τηλέφωνο

900MHz

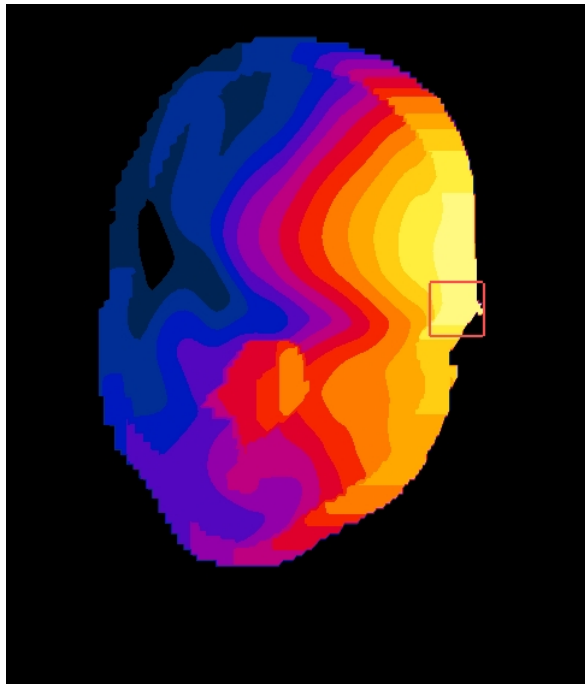


1800MHz

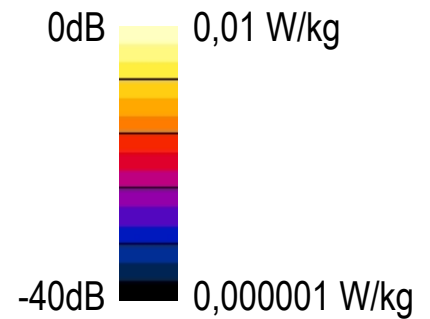
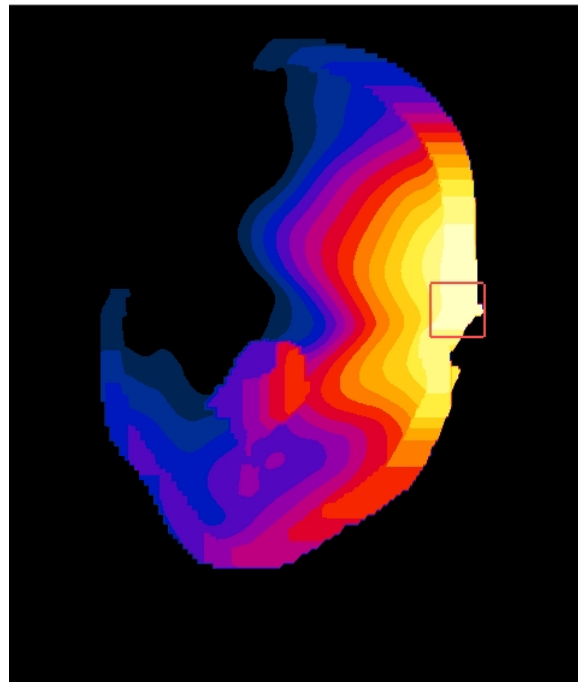


Έκθεση σε κινητό τηλέφωνο

900MHz



1800MHz



Βασικά όρια ICNIRP

Πίνακας 1: Βασικοί περιορισμοί για το γενικό πληθυσμό και τους εργαζομένους* σε συνήθεις εφαρμογές ασυρμάτων δικτύων

Εφαρμογή	Ρυθμός Ειδικής Απορρόφησης-SAR (W/Kg) (μέση τιμή για όλο το σώμα)	Ρυθμός Ειδικής Απορρόφησης-SAR (W/Kg) (μέση τιμή για 10g ιστού της κεφαλής ή του κορμού)	Ρυθμός Ειδικής Απορρόφησης-SAR (W/Kg) (μέση τιμή για 10g ιστού των άκρων)
Κινητή τηλεφωνία 900 MHz (GSM)	0.08 (0.4 [*])	2 (10 [*])	4 (20 [*])
Κινητή τηλεφωνία 1800 MHz (DCS)	0.08 (0.4 [*])	2 (10 [*])	4 (20 [*])
Κινητή τηλεφωνία 2100 MHz (UMTS)	0.08 (0.4 [*])	2 (10 [*])	4 (20 [*])
Ασύρματα δίκτυα 2.4 GHz (WiFi)	0.08 (0.4 [*])	2 (10 [*])	4 (20 [*])
Ασύρματα δίκτυα 3.5 GHz (WiMax)	0.08 (0.4 [*])	2 (10 [*])	4 (20 [*])

Μέτρηση SAR κινητού τηλεφώνου



robot

υγρό με ηλεκτρικές
ιδιότητες ανθρώπινου
ιστού

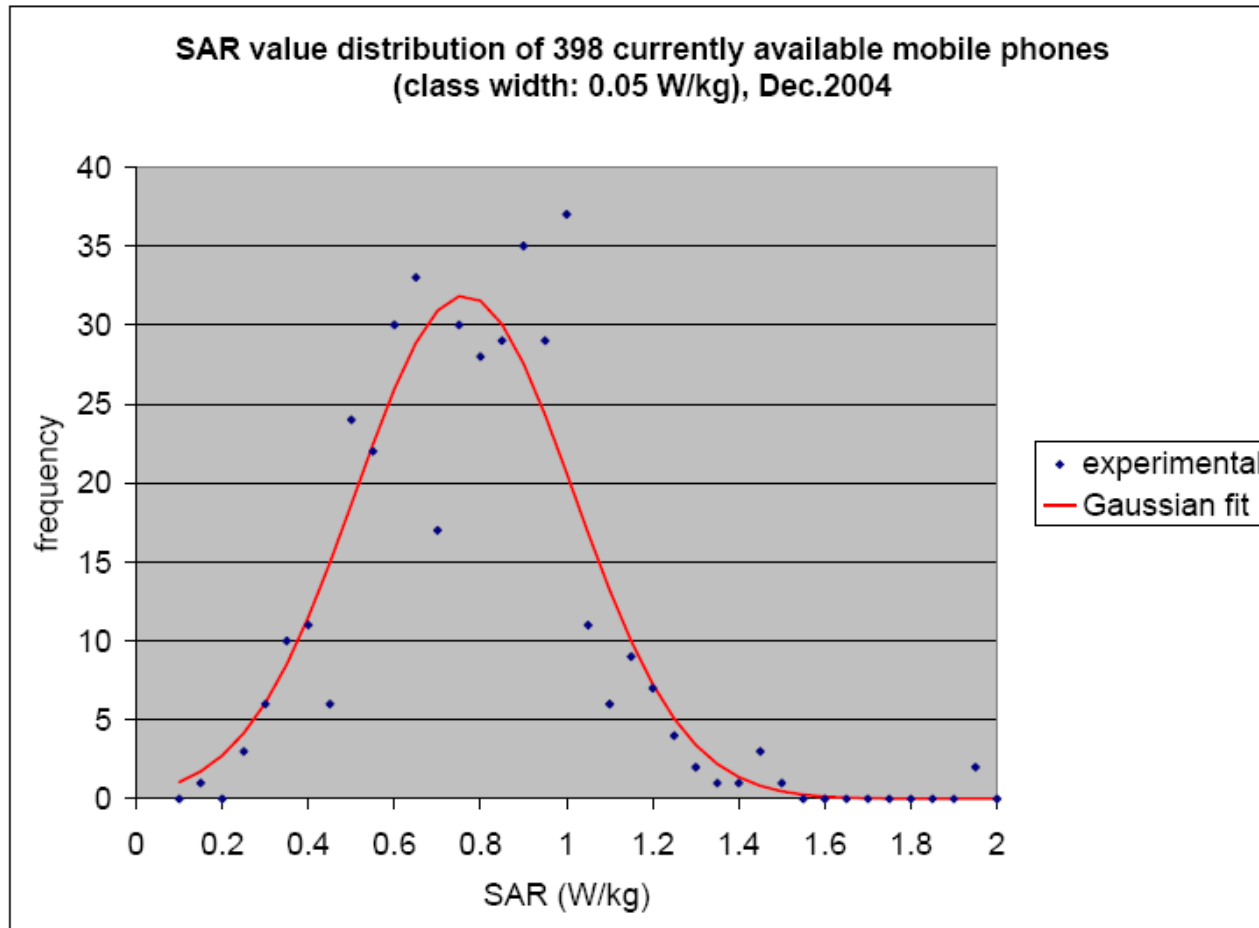
αισθητήρας



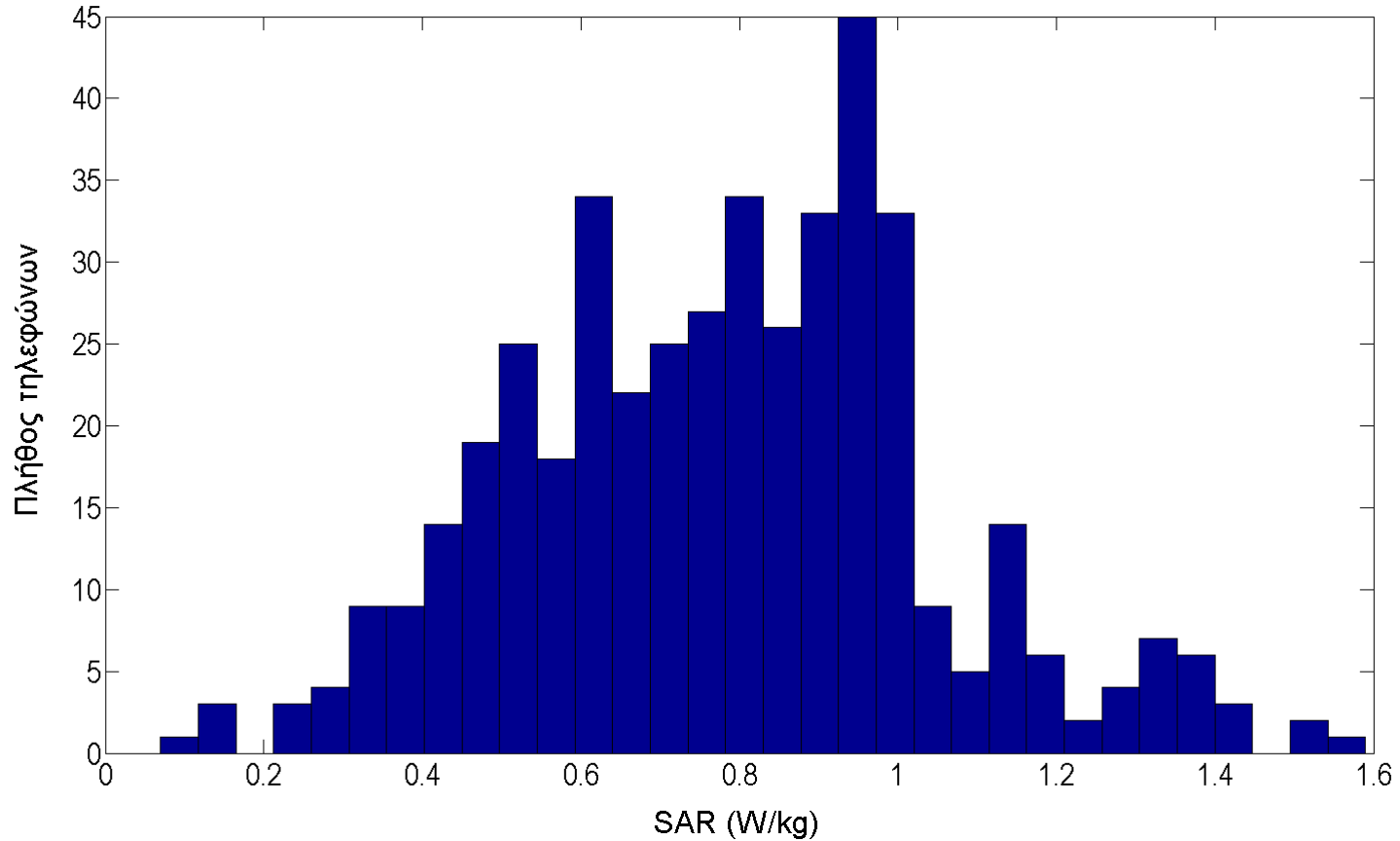
βάσης στήριξης τηλεφώνου

άνθρωπόμορφο ομοίωμα (SAM)

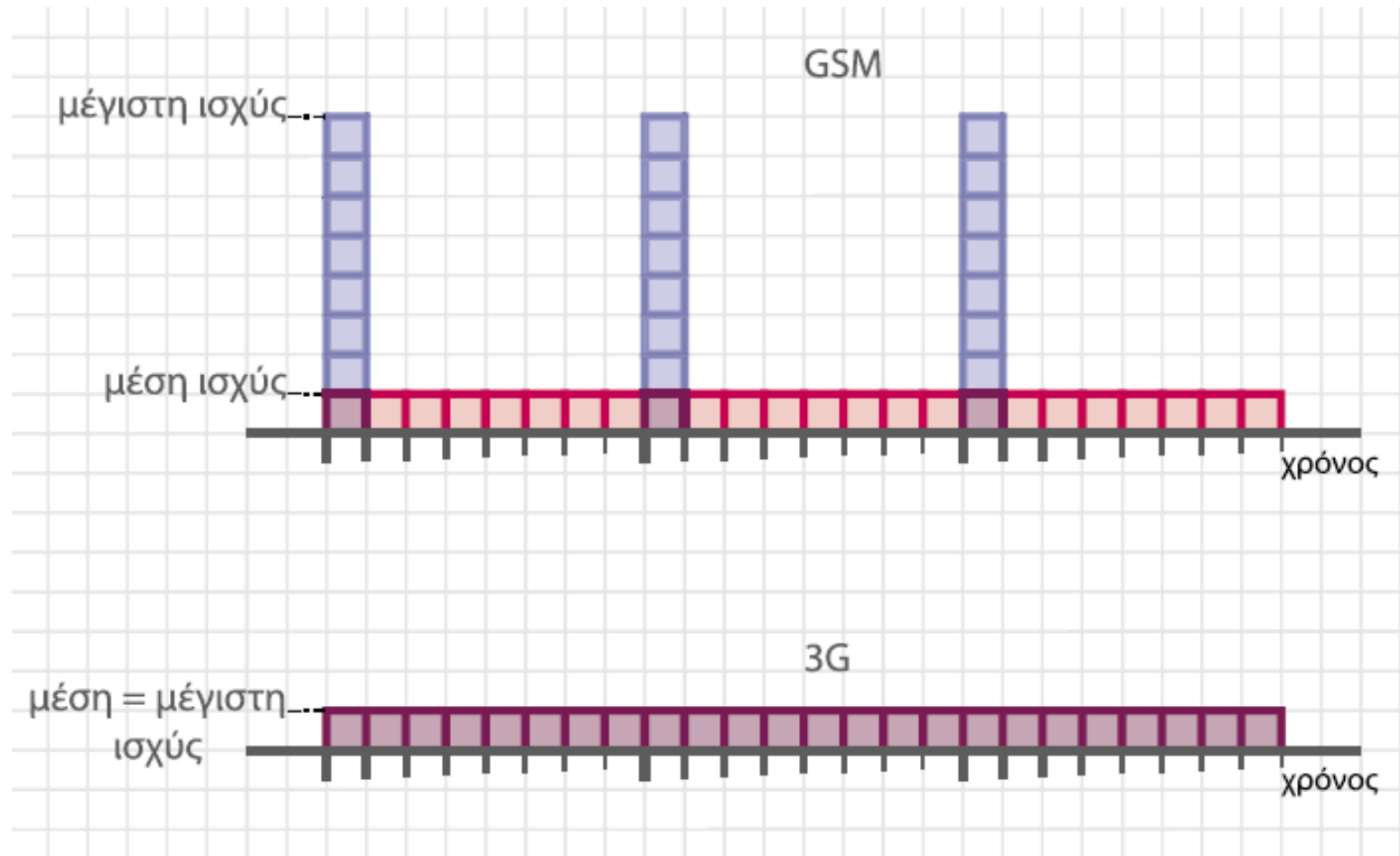
Έκθεση σε κινητό τηλέφωνο



Έκθεση σε κινητό τηλέφωνο



Ισχύς λειτουργίας κινητού τηλεφώνου



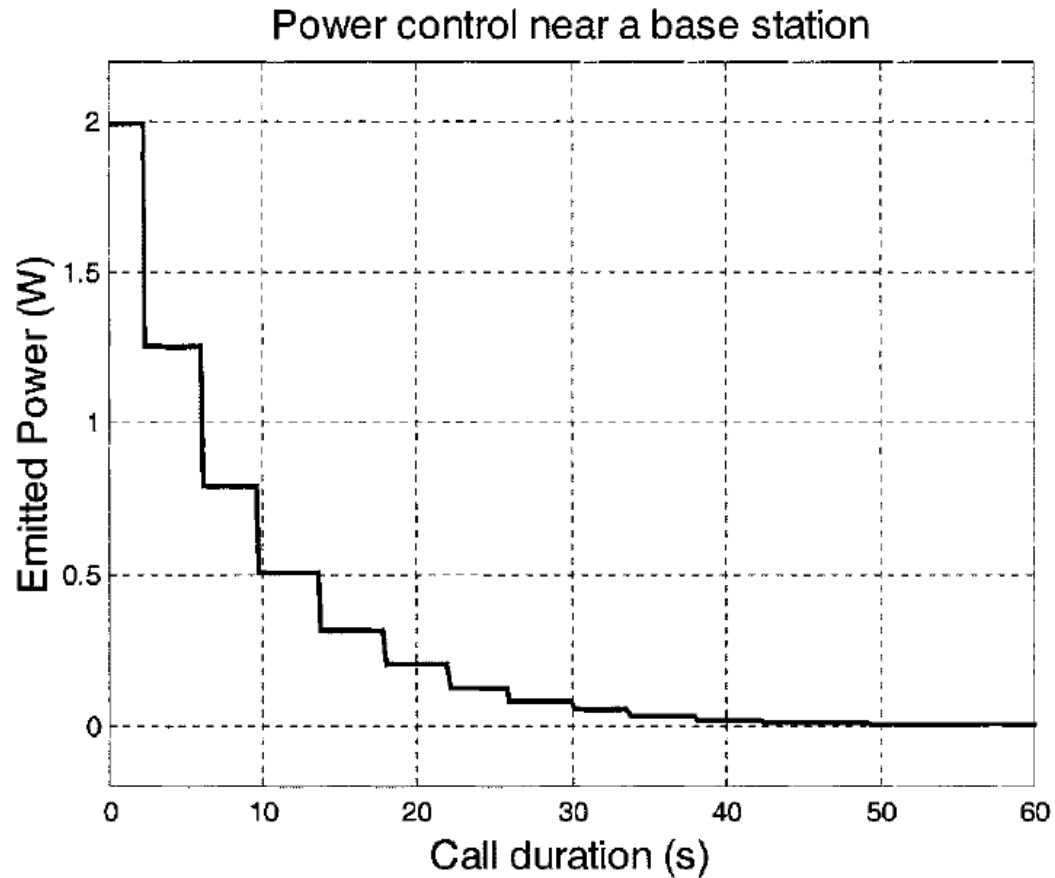
Τερματικές συσκευές ασυρματικών δικτύων

μέση ισχύς
σε πλήρη
λειτουργία

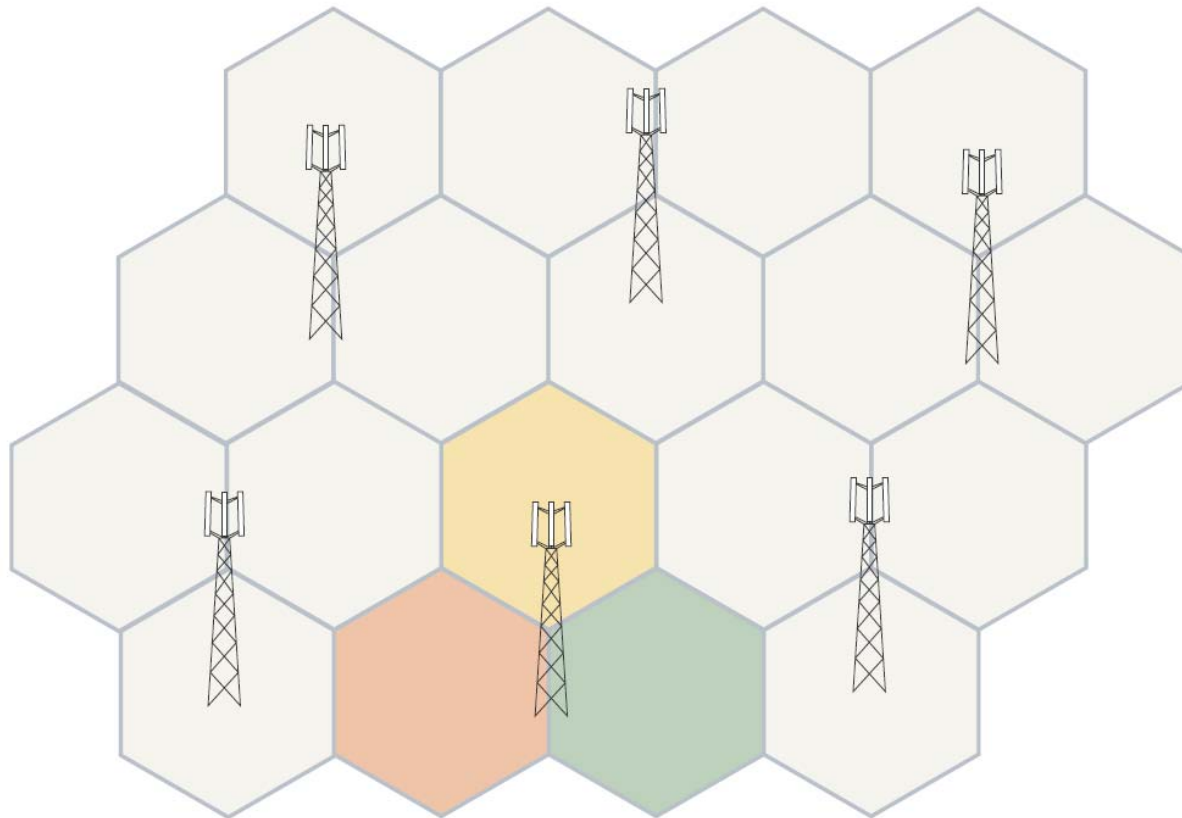
	Frequenz (Ghz)	typische Datenrate (Mbps)	Leistungs- regelung	Puls- leistung (mW)	gemittelte Leistung (mW)	Leistung Vollast (mW)	Leistung Stand-by (mW)	Puls- länge (ms)	Pulsrate (Hz)
DECT Basis	1.9	0.1	nein	250	10	60	2	0.4	100
DECT Mobil	1.9	0.1	nein	250	10	10	keine	0.4	100
Bluetooth I	2.4	0.5	ja	100	variabel	70	0.1	0.6	variabel
Bluetooth II	2.4	0.5	nein	2.5	variabel	2	0.01	0.6	variabel
Bluetooth III	2.4	0.5	nein	1	variabel	0.8	0.01	0.6	variabel
WLAN	2.4	10 od. 50	nein	100	variabel	100	0.5	keine	keine
GSM900 Mobil	0.9	0.01	ja	2000	variabel	250	<0.01	0.6	217
GSM1800 Mobil	1.8	0.01	ja	1000	variabel	125	<0.01	0.6	217



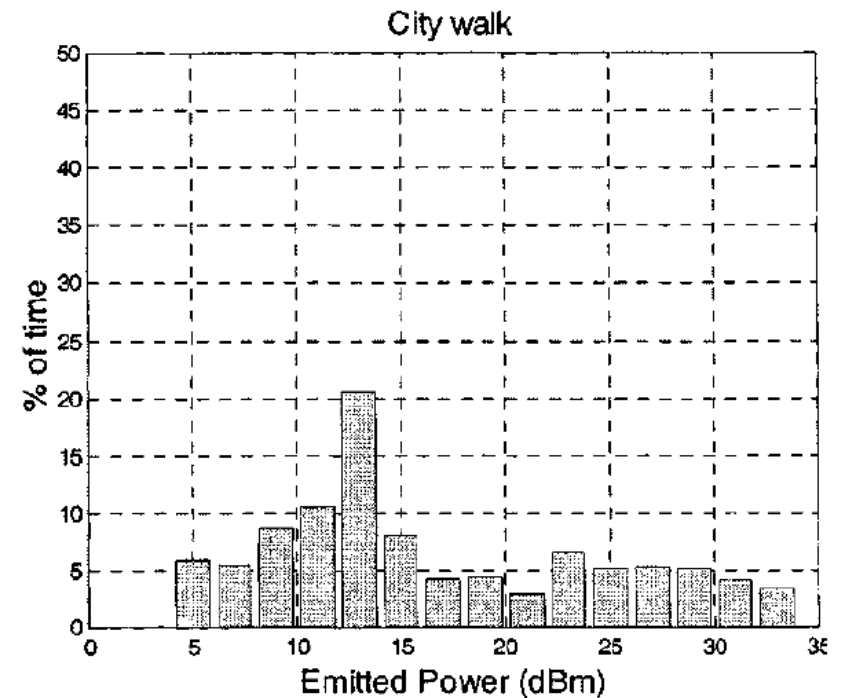
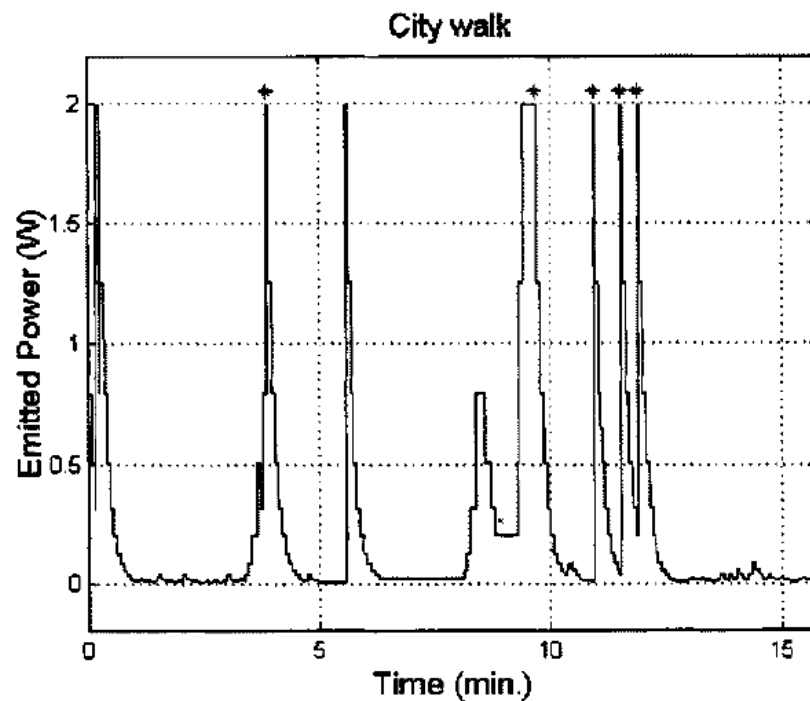
Ισχύς λειτουργίας κινητού τηλεφώνου



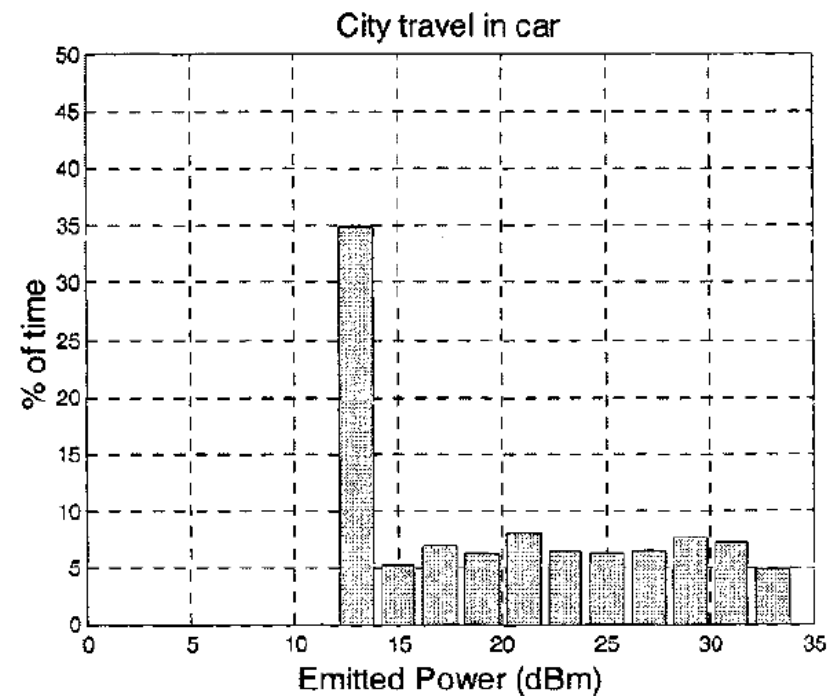
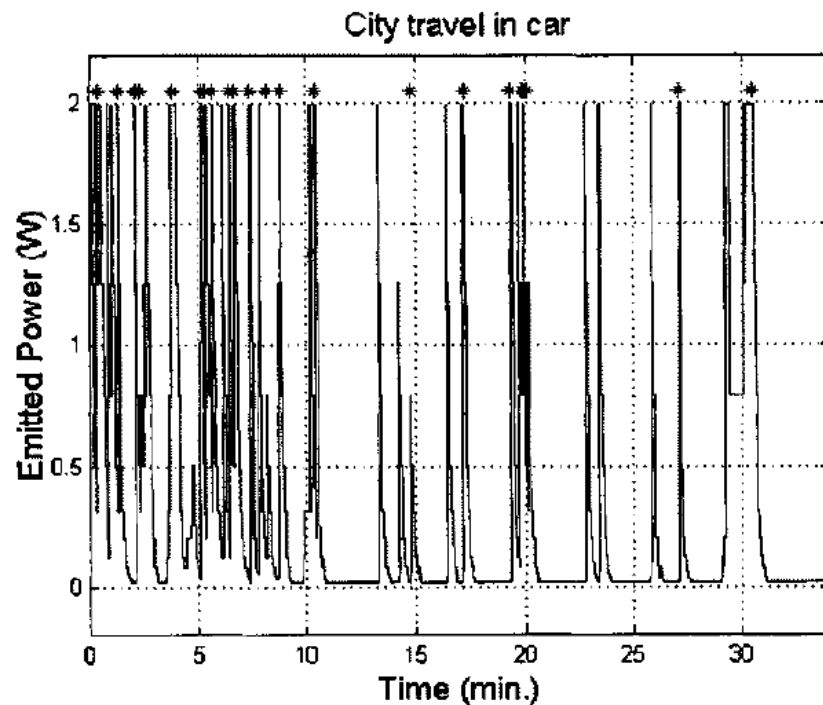
Κυψελωτή κάλυψη



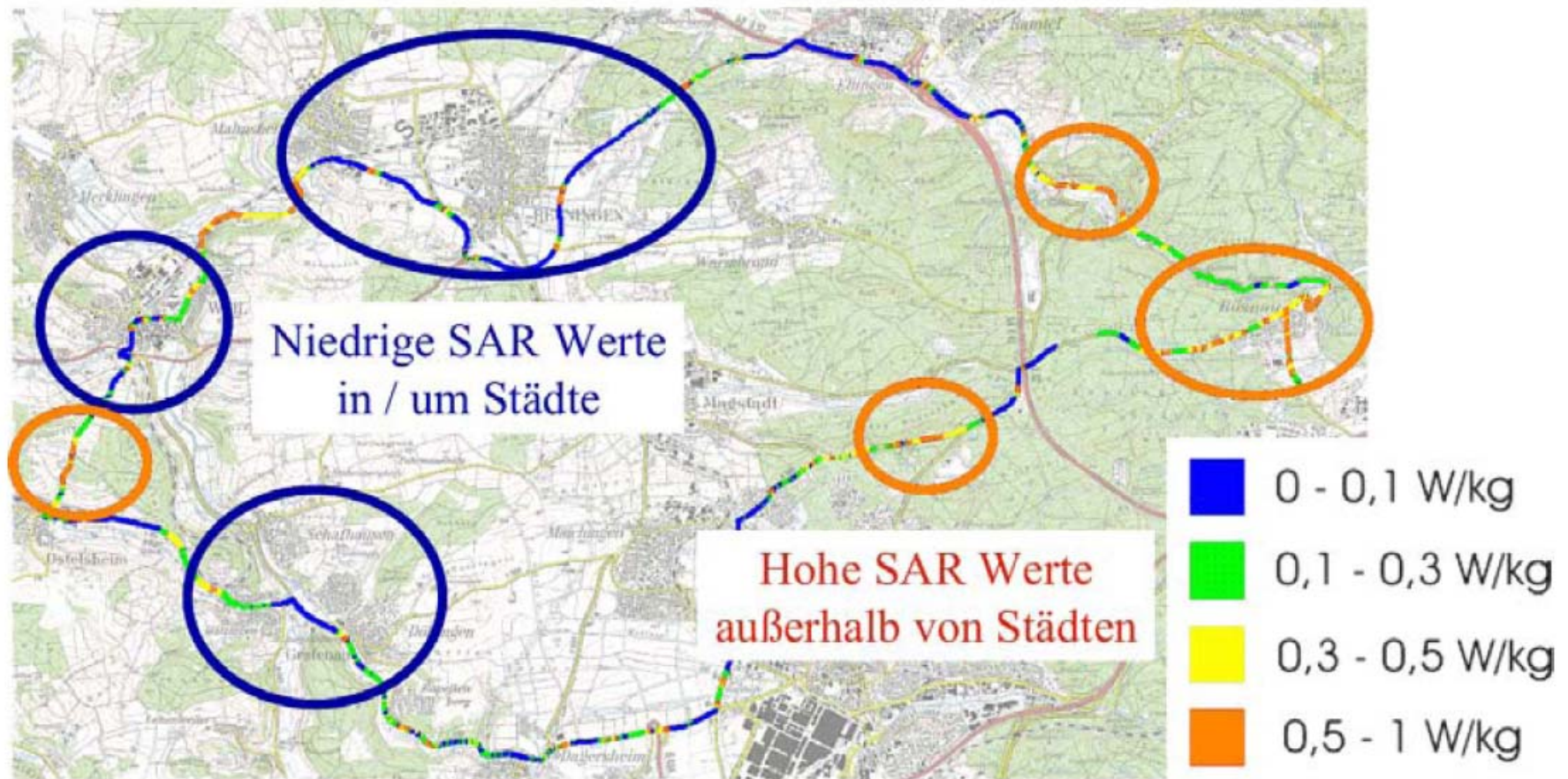
Ισχύς λειτουργίας κινητού τηλεφώνου



Ισχύς λειτουργίας κινητού τηλεφώνου



Έκθεση σε κινητό τηλέφωνο



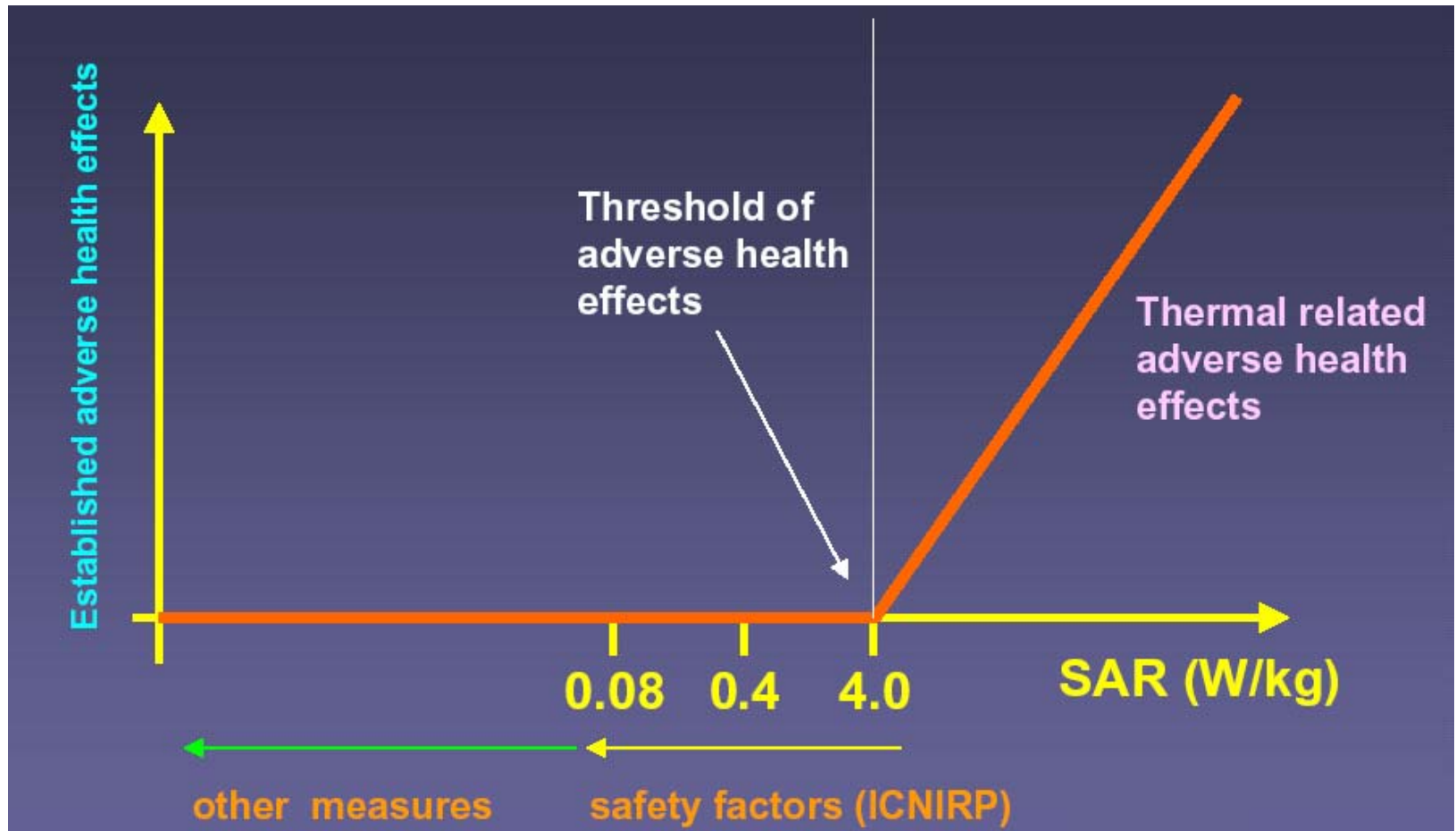
Έκθεση σε κινητό τηλέφωνο



Abbildung 36: Änderung der Sendeleistung (TX Power) bei Handwechsel



Εξαγωγή ορίων



Τρόποι διαχείρισης του κινδύνου

- **Established acute effects (threshold)**
Guidelines on exposure limits
- **Established stochastic effects**
Optimisation (e.g. ALARA)
- **Non-established effects**
Precautionary measures



Πώς μπορώ να μειώσω την έκθεση;



Περιορίστε το χρόνο που μιλάτε στο κινητό σας τηλέφωνο

Για παράδειγμα:

- Χρησιμοποιείτε το κινητό σας μόνο σε περίπτωση που πραγματικά το χρειάζεστε
- Αν είστε κοντά σε σταθερό τηλέφωνο, χρησιμοποιείτε αυτό αντί για το κινητό

Πώς μπορώ να μειώσω την έκθεση;

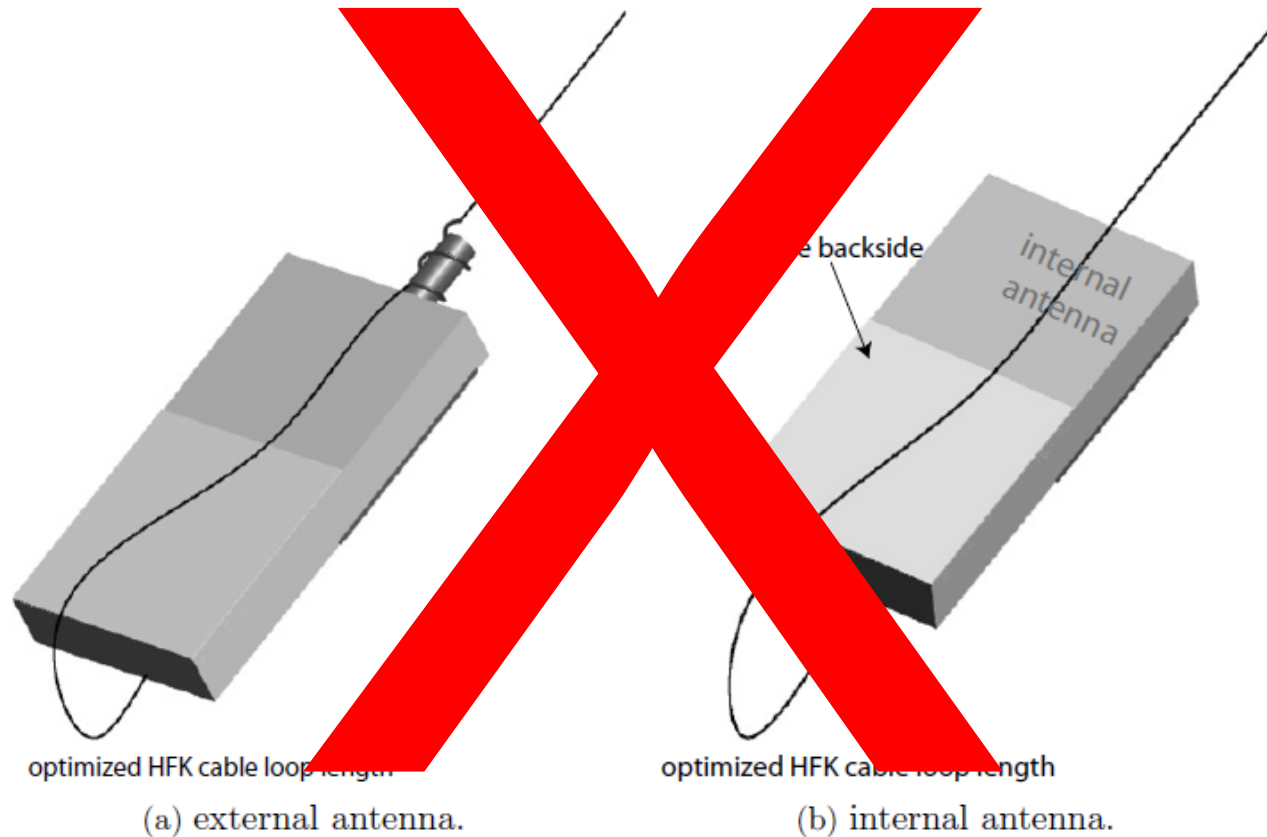


Χρησιμοποιείτε handsfree για τις συνομιλίες σας

**Οι μελέτες συμφωνούν ότι η χρήση handsfree μειώνει ΔΡΑΣΤΙΚΑ
την απορρόφηση ακτινοβολίας στον εγκέφαλο**



Πώς μπορώ να μειώσω την έκθεση;



Πώς μπορώ να μειώσω την έκθεση;



Το κινητό σας εκπέμπει περισσότερο, όταν είναι κακή η ποιότητα του σήματος

Για παράδειγμα:

- Μη χρησιμοποιείτε το κινητό εντός του αυτοκινήτου, ακόμα και ως επιβάτης
- Μη χρησιμοποιείτε το κινητό μέσα σε ανελκυστήρες
- Μη μετακινείστε διαρκώς ενώ μιλάτε, αν η λήψη είναι καλή
- Μη καλύπτετε την κεραία του κινητού ενώ μιλάτε

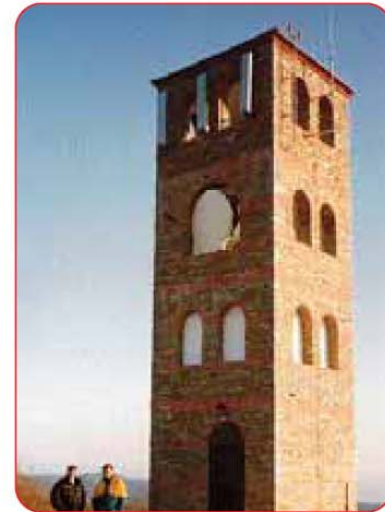
Σταθμοί βάσης



Σταθμός βάσης σε αστική περιοχή



Σταθμός βάσης σε αγροτική περιοχή

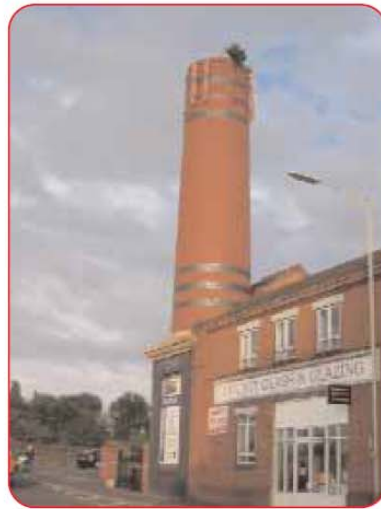


Σταθμός βάσης εναρμονισμένος με το περιβάλλον στην Ελλάδα

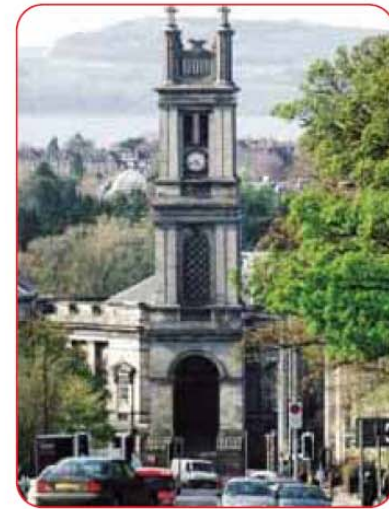
Σταθμοί βάσης



Σταθμός βάσης εναρμονισμένος με το περιβάλλον στην Ελλάδα

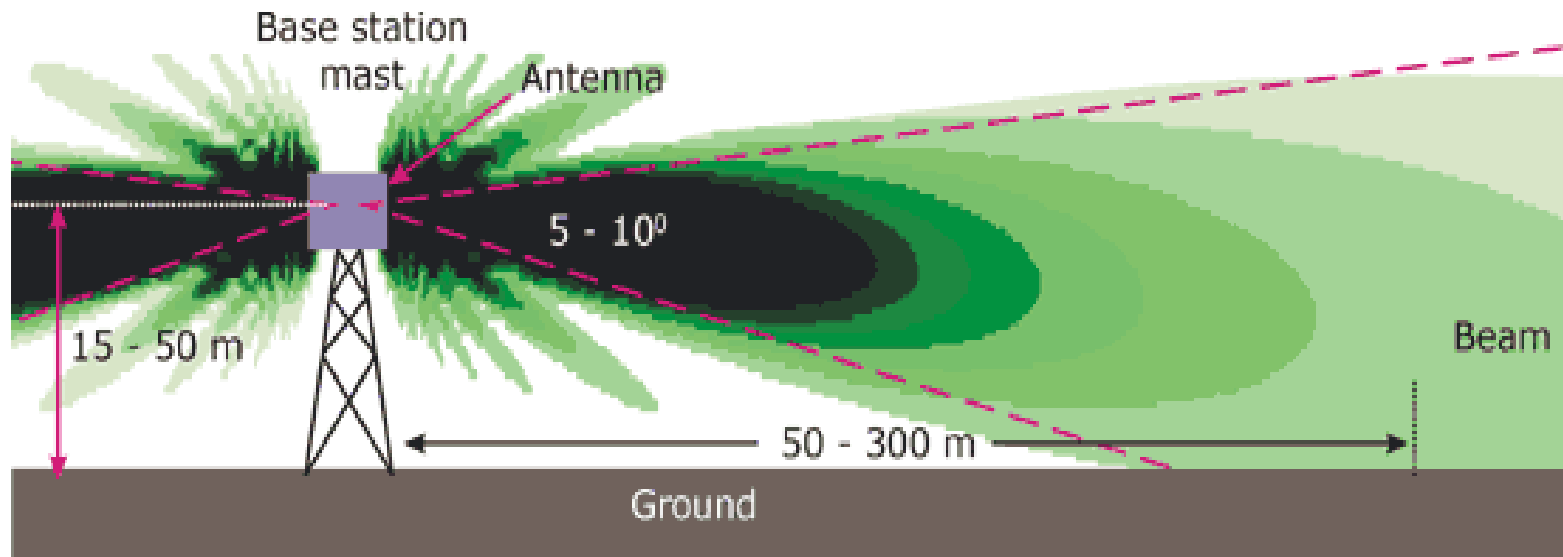


Σταθμός βάσης εναρμονισμένος με το περιβάλλον στο εξωτερικό

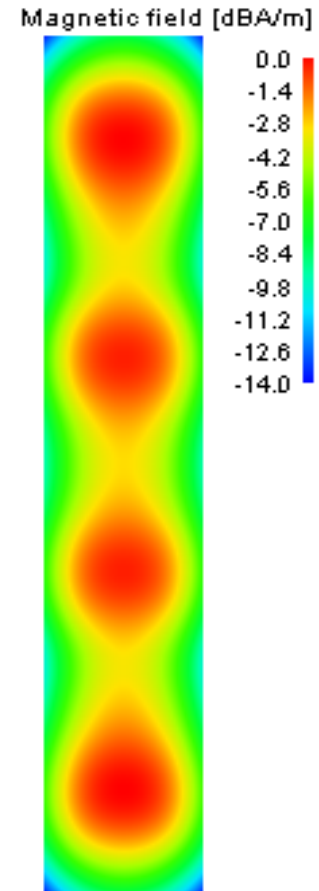
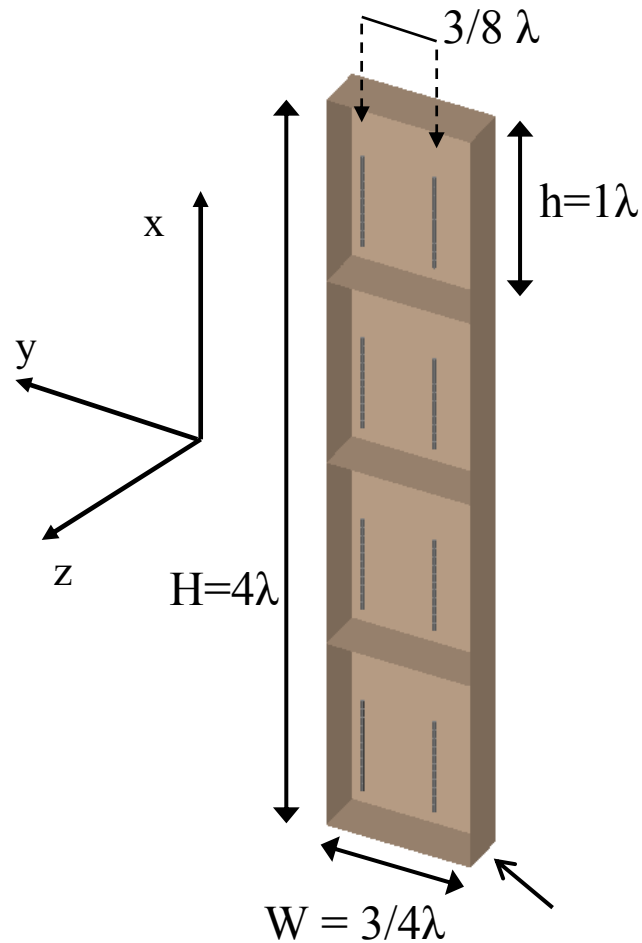


Σταθμός βάσης εναρμονισμένος με το περιβάλλον στο εξωτερικό

Ακτινοβολία κεραίας σταθμού βάσης

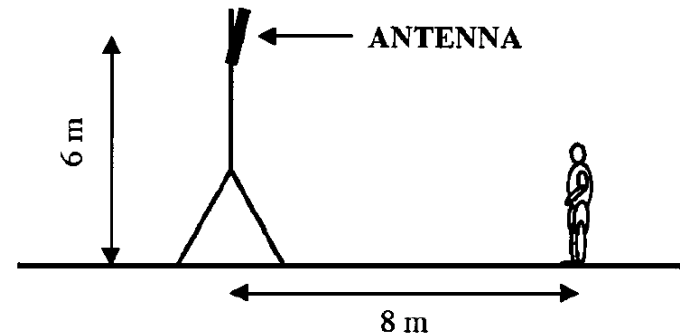


Ακτινοβολία κεραίας σταθμού βάσης

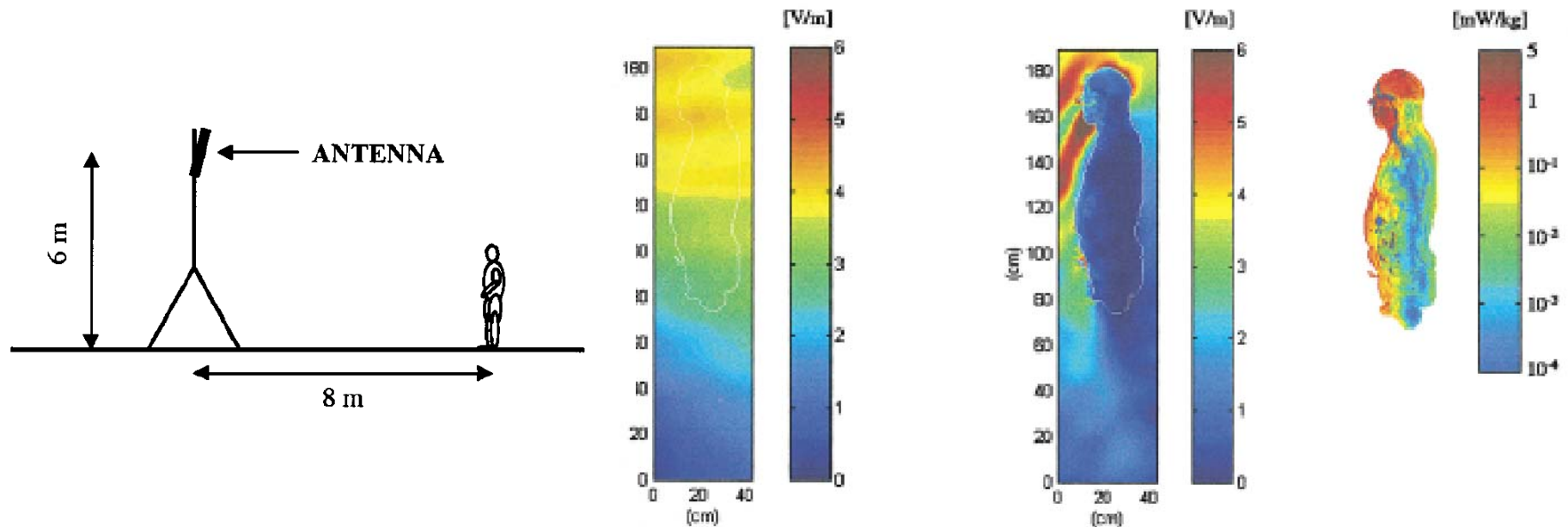


Παράδειγμα έκθεσης σε κεραία σταθμού βάσης

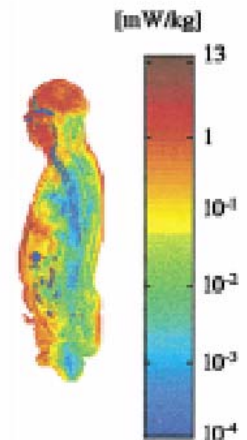
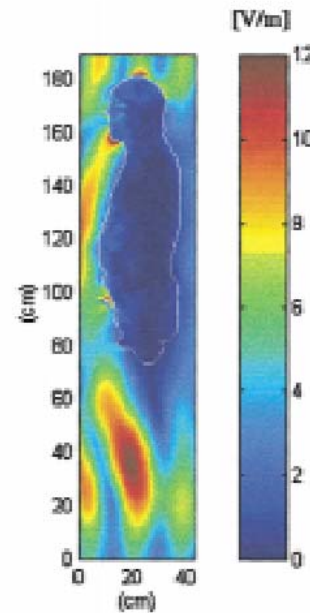
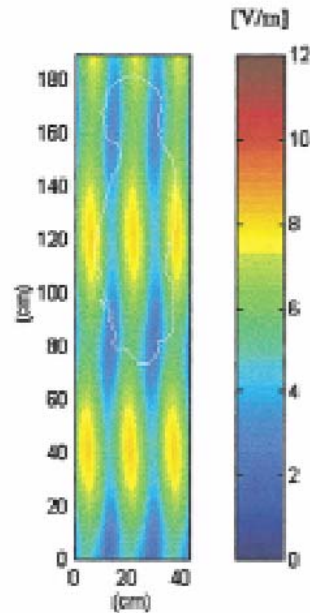
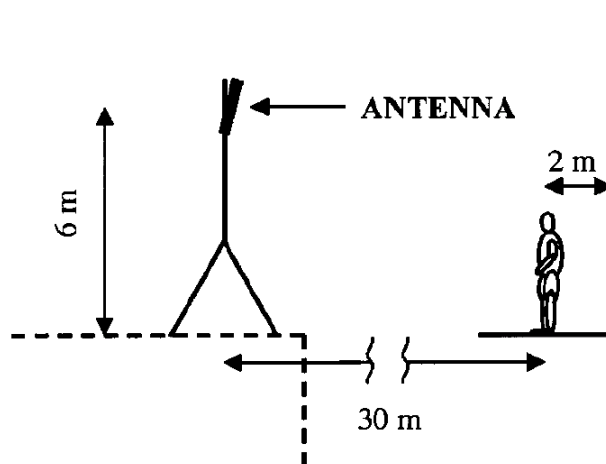
- Συχνότητα 947,5MHz
- Ισχύς εκπομπής (ERP) 1kW
- Gain 14.7dBi
- Μηχανική κλίση 8°
- Άνοιγμα μισής ισχύος 80° (οριζ) και 13° (κατακ)



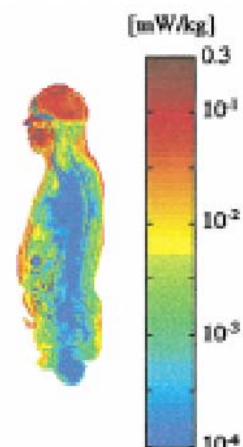
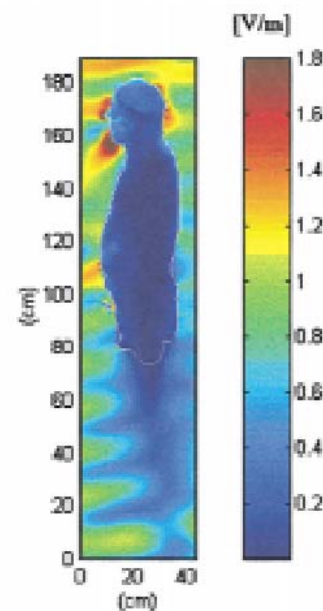
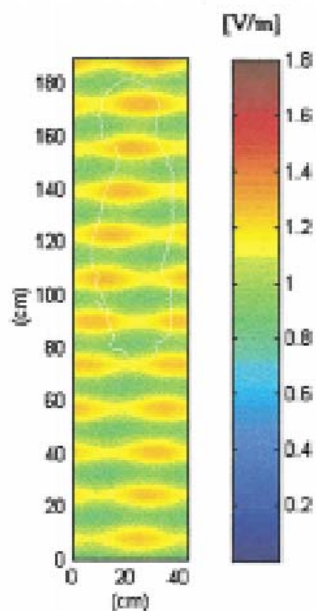
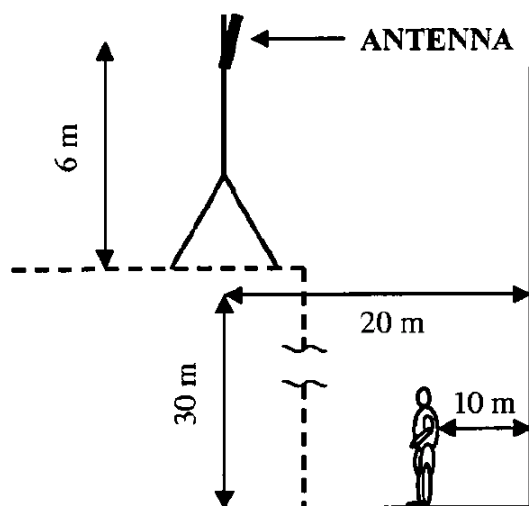
Έκθεση μπροστά από την κεραία



Έκθεση στο απέναντι μπαλκόνι



Έκθεση στο δρόμο



Παράδειγμα έκθεσης σε κεραία σταθμού βάσης

	E_{max}^{inc} (V/m)	E_{ave}^{inc} (V/m)	SAR_{10g} (W/kg)	SAR_{WB} (W/kg)	Θεσμοθετημένο όριο για SAR_{WB} (W/kg)
μπροστά από την κεραία	4,2	2,8	0,00300	0,00012	0,048
απέναντι από την κεραία	8,1	2,2	0,00850	0,00046	
στο δρόμο	1,3	1,1	0,00017	0,00001	

Έκθεση σε σταθμό βάσης με την απόσταση

(Mann et al. 2000)

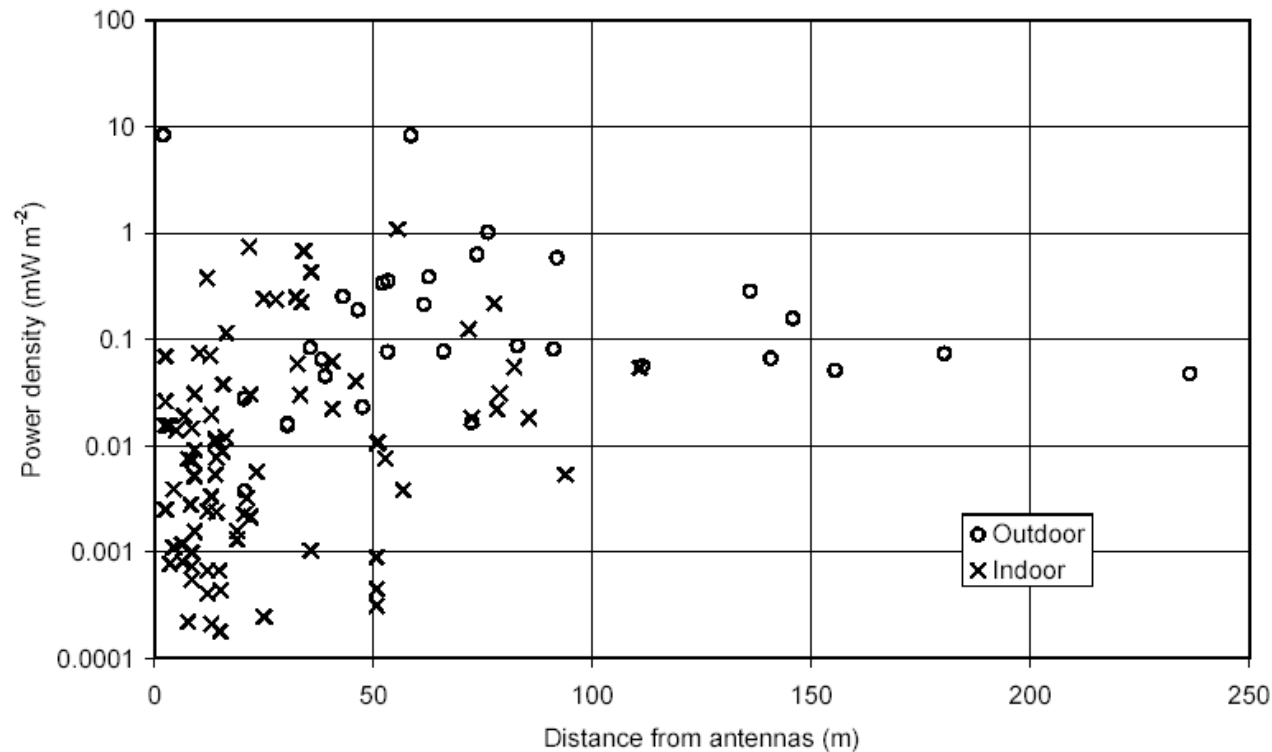
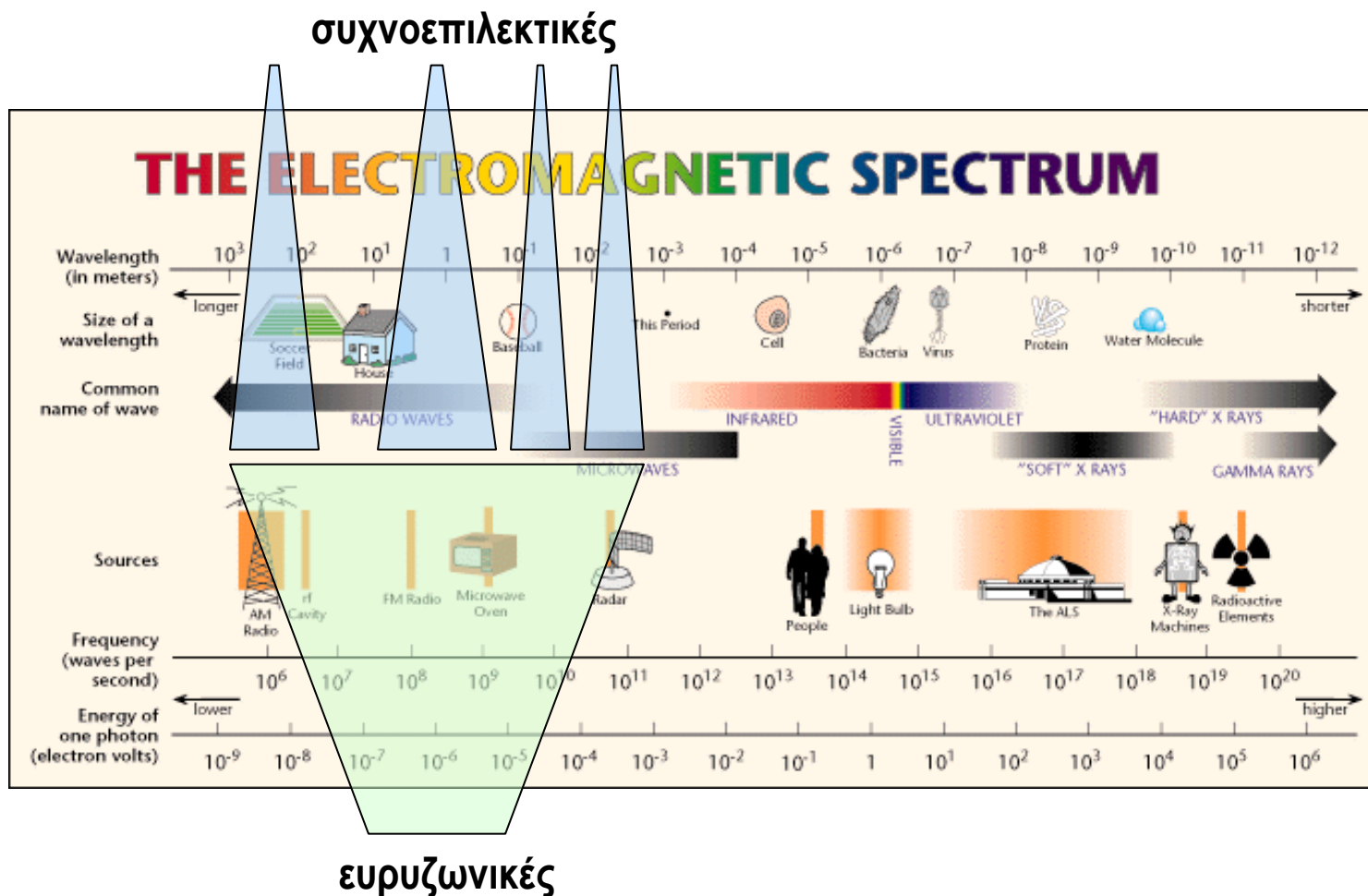


FIGURE 16 Total power densities measured at 118 locations due to signals arising from the base stations of interest

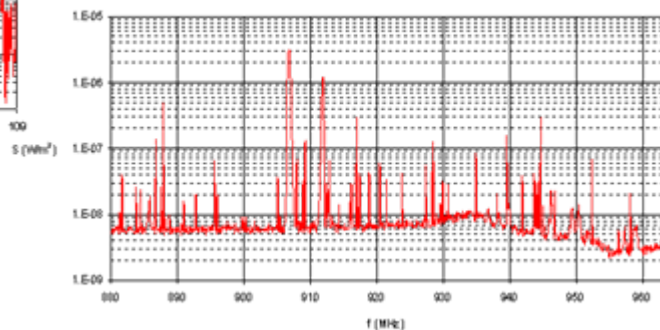
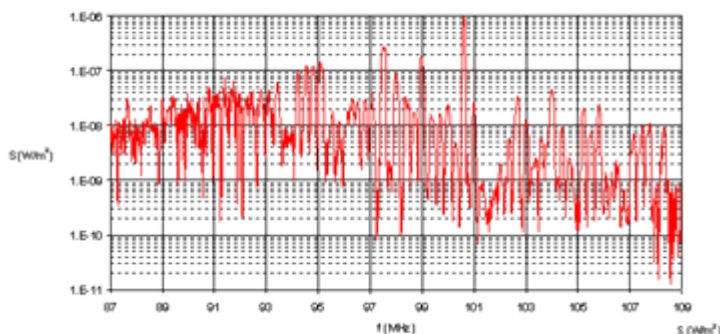
Είδη μετρήσεων



Ευρυζωνικές μετρήσεις



Συχνοεπιλεκτικές μετρήσεις



Προγράμματα Εργαστηρίου Ραδιοεπικοινωνιών Α.Π.Θ. (ΕΡα)

- Ευρυζωνικές μετρήσεις

Πρόγραμμα Ερμής

Πρόγραμμα Πεδίων²⁴

Πρόγραμμα Φάσμα

- Μετρήσεις κατά περιοχή συχνότητων

Πρόγραμμα Ερμής

Πρόγραμμα Πεδίων²⁴

Πρόγραμμα Φάσμα

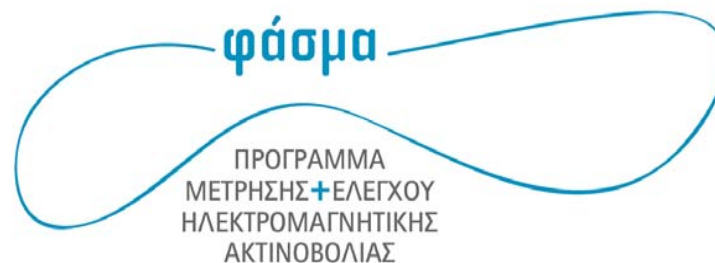


Προγράμματα Εργαστηρίου Ραδιοεπικοινωνιών Α.Π.Θ. (ΕΡα)

www.hermes-program.gr



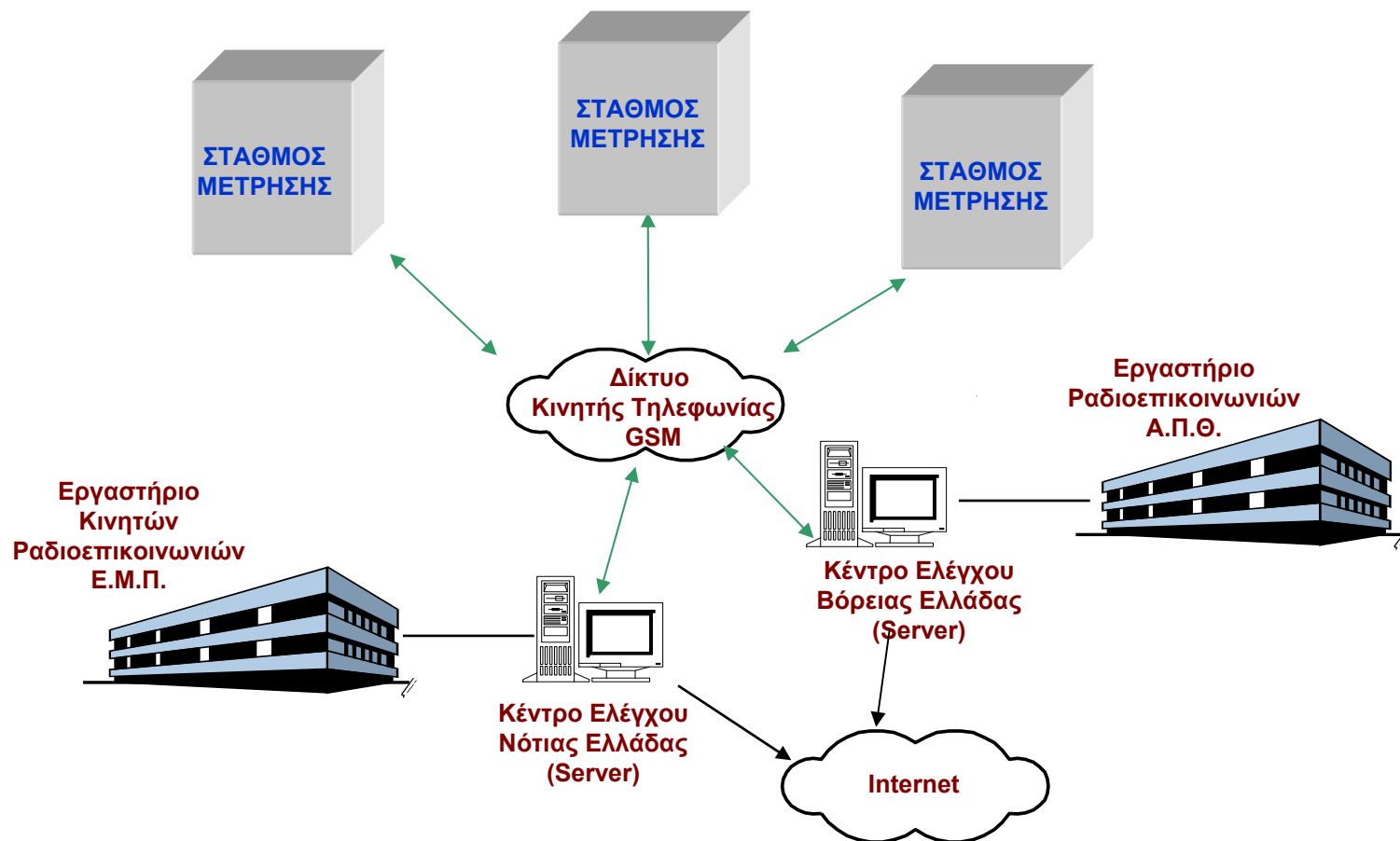
www.fasmaprogram.gr



www.pedion24.gr



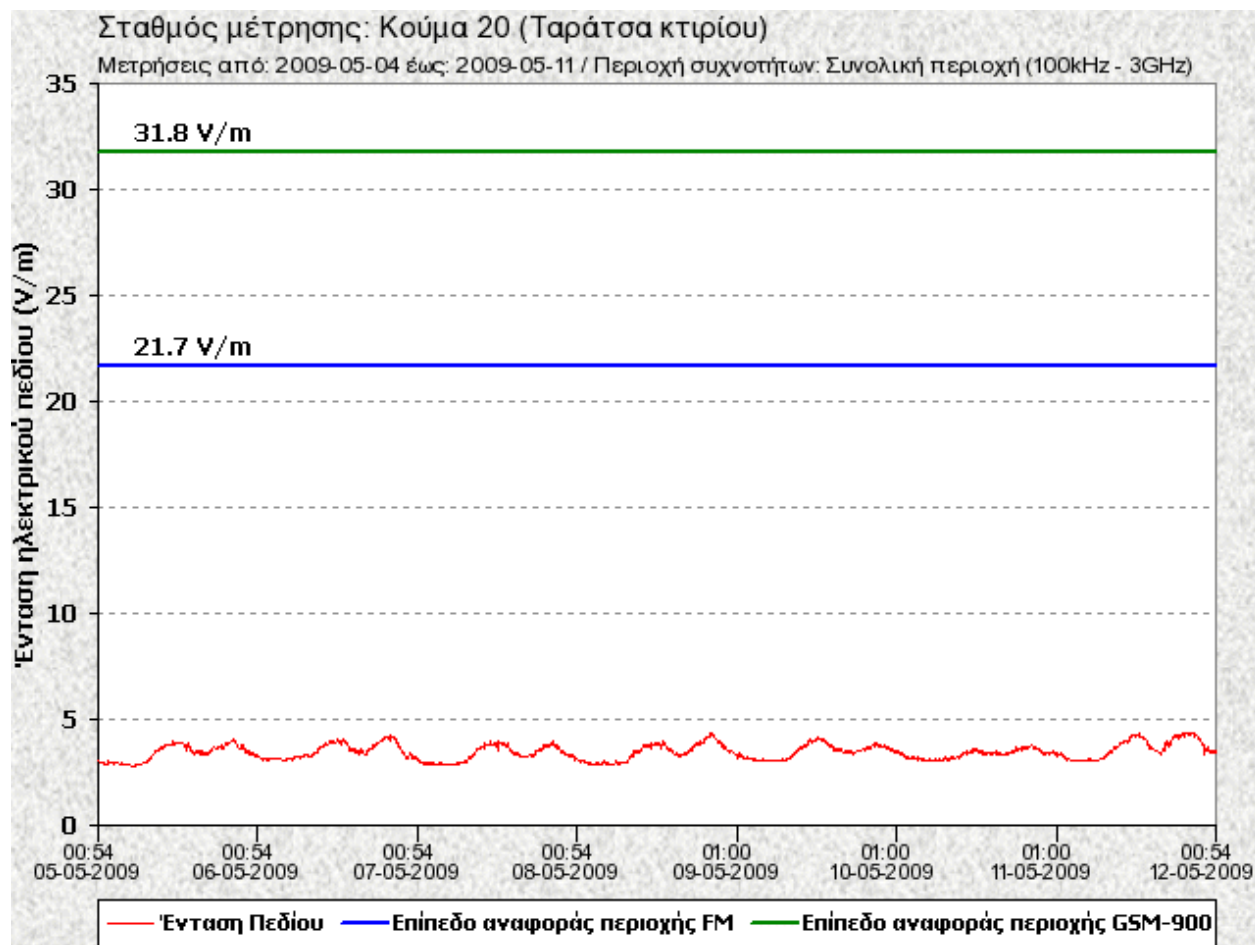
Λειτουργία δικτύου συνεχούς καταγραφής



Μετρητές που χρησιμοποιούνται

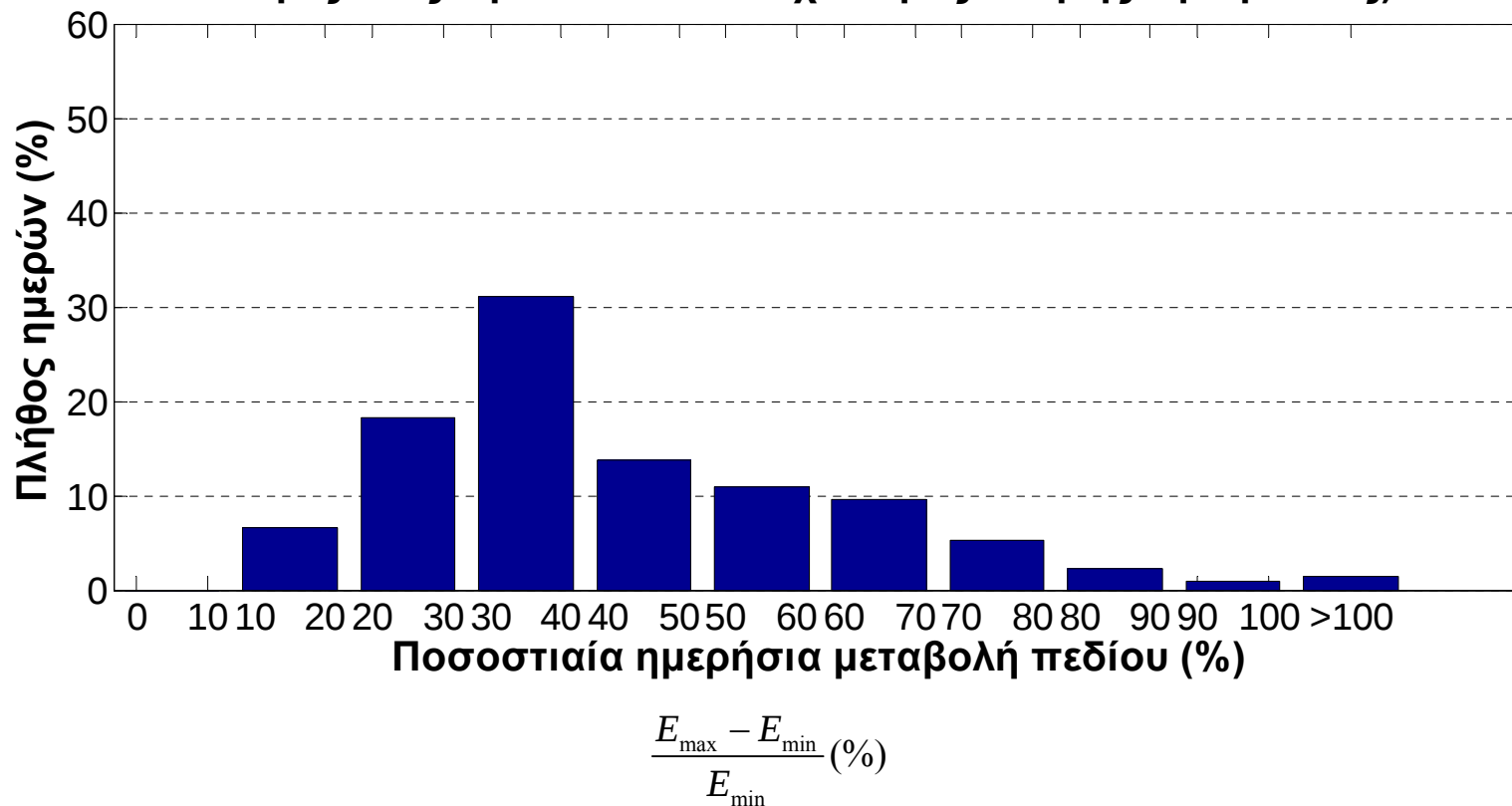
	
MCE	EE 4070S
	
PMM 8057	SMS-K

Περιοδική μεταβολή του πεδίου



Περιοδική μεταβολή του πεδίου

Ποσοστιαία ημερήσια μεταβολή πεδίου (σταθμών που οι τιμές τους οφείλονται σε συχνότητες κινητής τηλεφωνίας)



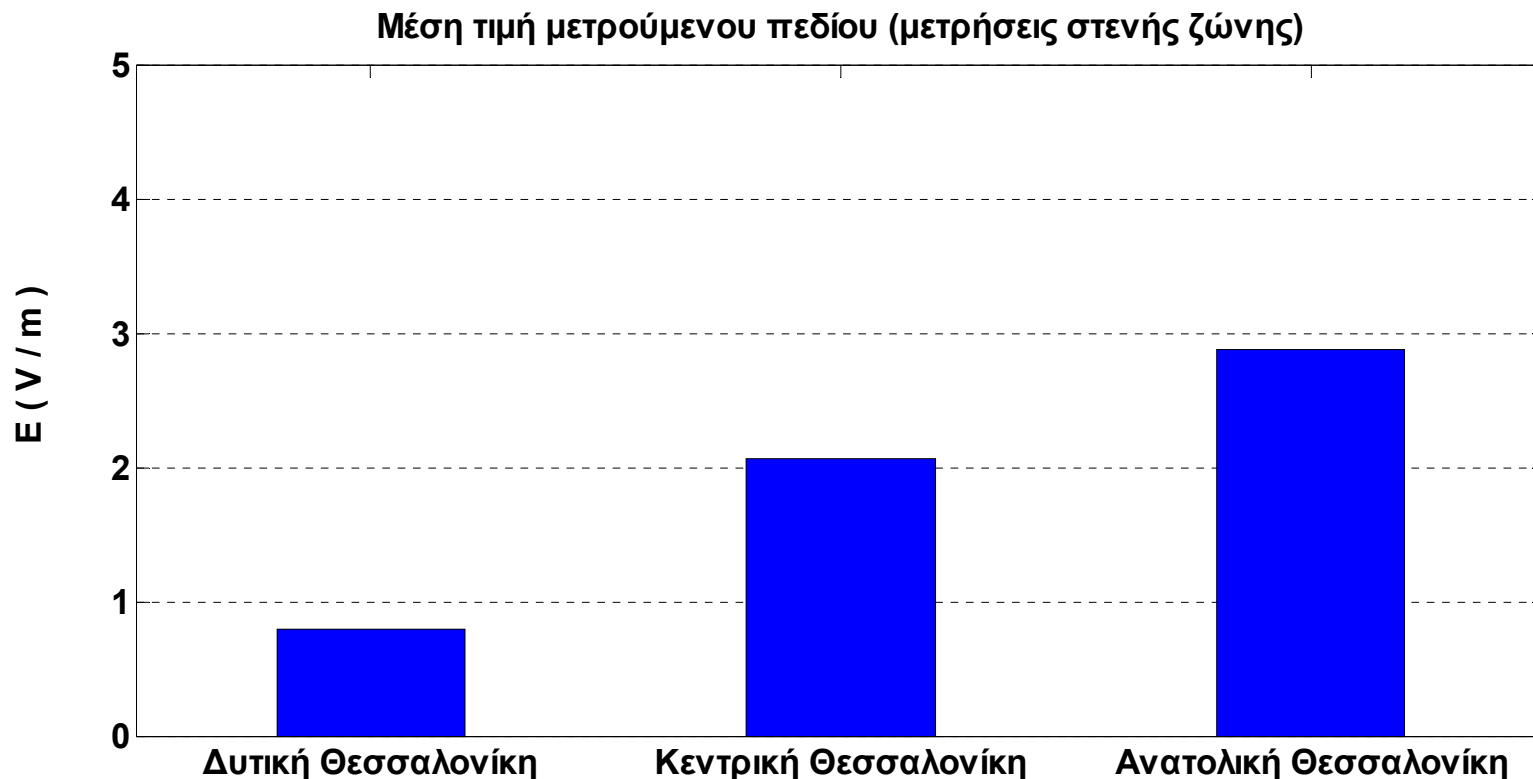
Περιοδική μεταβολή του πεδίου



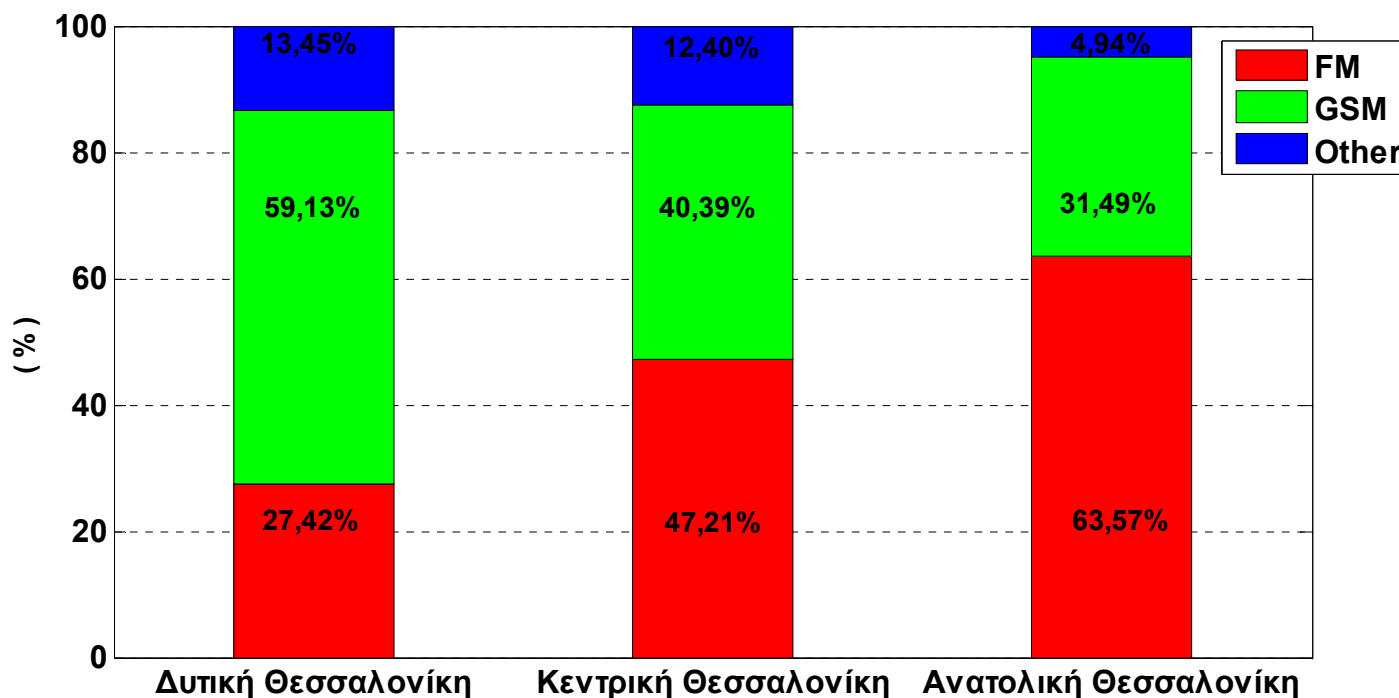
Διαχωρισμός
μετρήσεων (Θεσ/νίκη):

- Δυτική
- Κεντρική
- Ανατολική

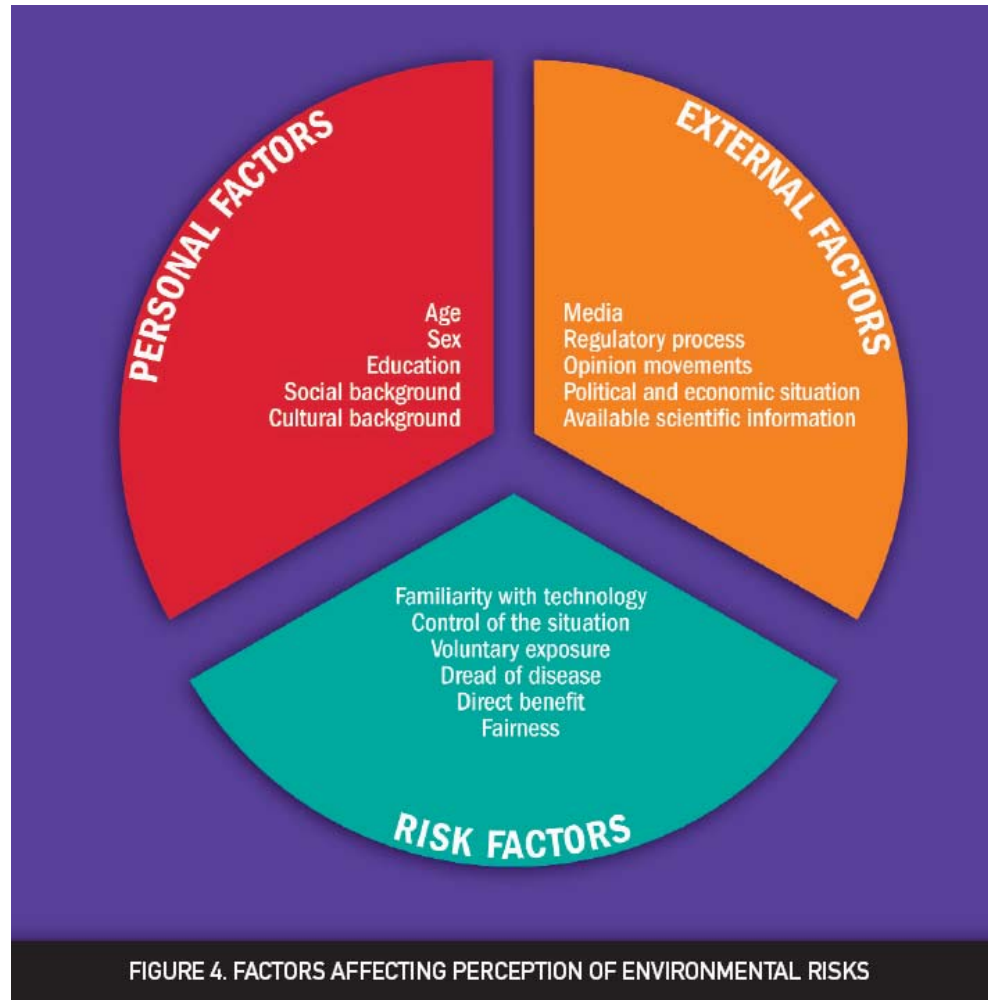
Μέση τιμή των συχνοεπιλεκτικών μετρήσεων (πολεοδομικό συγκρότημα Θεσσαλονίκης)

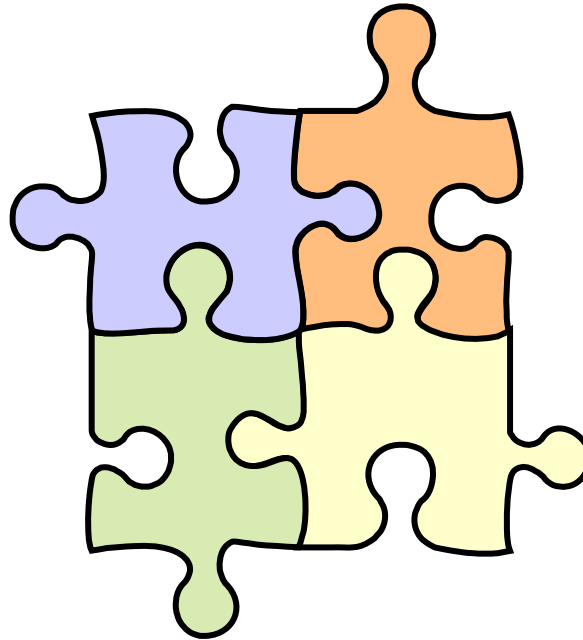


Ποσοστό ηλεκτρομαγνητικής επιβάρυνσης (πολεοδομικό συγκρότημα Θεσσαλονίκης)



Αντίληψη της επικινδυνότητας





Ερωτήσεις;

