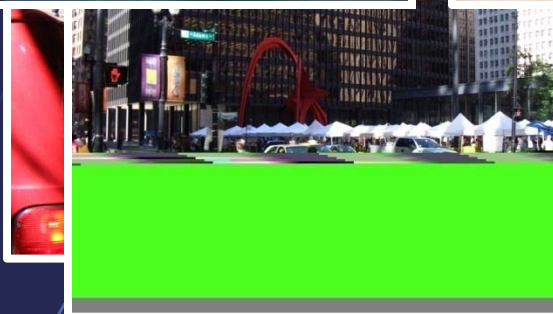




ELEKTROMAGNETNI TALASI I ŽIVOT

Mobilna telefonija i uticaj na zaposlene

Prof. dr Dejan D. Krstić, dipl. ing. el.

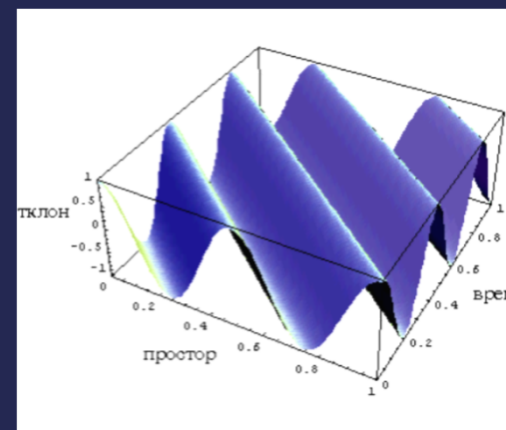


**Fakultet zaštite na radu u Nišu,
Čarnojevića 10 a**



**LABORATORIJA ZA ZAŠTITU U
ELEKTROTEHNICI**

**LABORATORIJA ZA
ELEKTROMAGNETNA ZRAČENJA
i ELEKTROMAGNETNU
KOMPATIBILNOST**



UTICAJ ELEKTROMAGNETNIH ZRAČENJA REDA GHz NA BIOLOŠKO TKIVO

Dejan D. Krstić, dipl. ing., Fakultet zaštite na radu

**„Melatonin kao modulator efekata
mikrotalasnog zračenja na metabolizam
arginina i poliamina,“2008.**

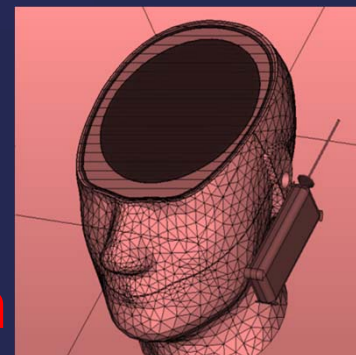
Dušan Sokolović, Medicinski fakultet u Nišu

**„ANALIZA PRODRLOG ELEKTROMAGNETSKOG POLJA
MOBILNOG TELEFONA KORIŠĆENJEM NUMERIČKOG MODELA
DEČIJE GLAVE ZA RAZLIČITE MIKROTALASNE PODOPSEGE“,**

Vladimir Stanković, Elektronski fakultet u Nišu

**MODELOVANJE I ANALIZA UTICAJA METALNIH MEDICINSKIH
IMPLANTATA NA RASPODELU ELEKTROMAGNETSKOG POLJA
MOBILNIH TELEFONA U TKIVIMA KORISNIKA**

Dejan Jovanović, Elektronski fakultet u Nišu

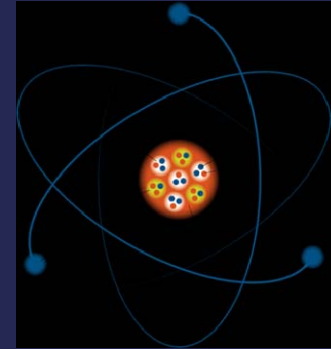




Pojam prostiranja energije i pojam fizičkog polja

- Prostiranje energije u vidu elektromagnentnih talasa
- Talas kao nosilac informacije (modulacija) – Telekomunikacije
- Prostiranje u materijalnoj sredini

Materija i energija

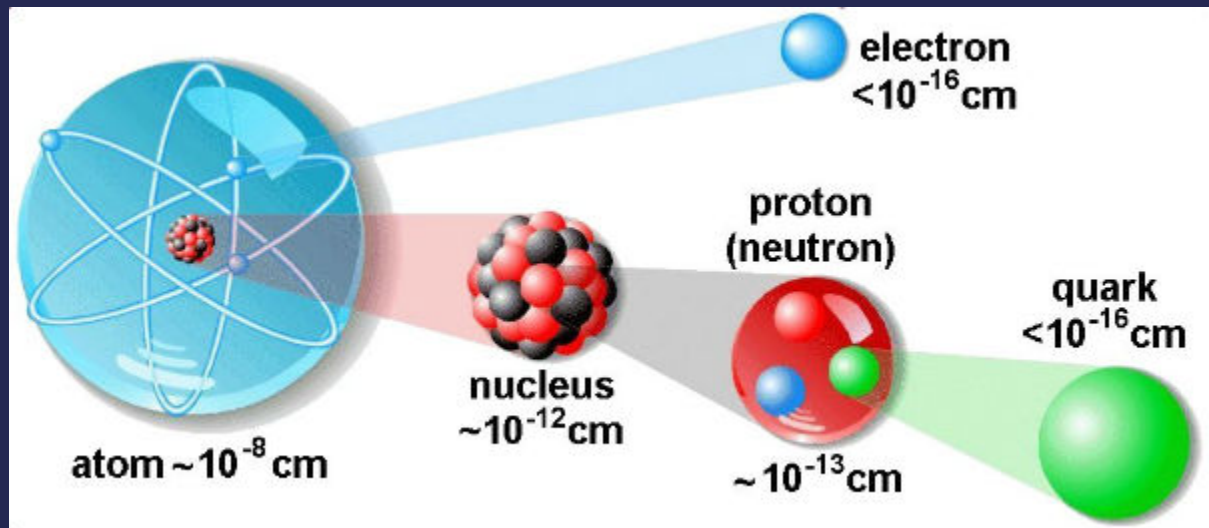
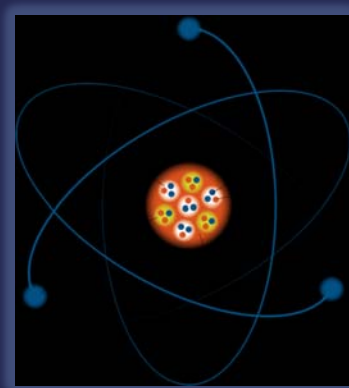


► $E = mc^2$, c – brzina svetlosti

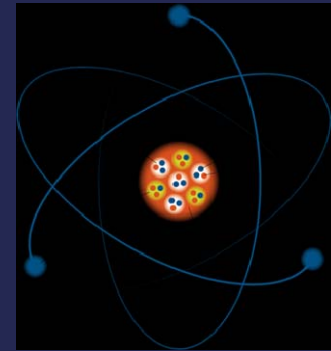
$$m = \frac{E}{c^2}$$

► $m \sim E$ Mase je energija

► Atom kao represent -predstavnik materije



Materija i energija



- *materija* = praznina = iluzija
- Prostor = Energija ?
- Energija u neprekidnom prostiranju – transformaciji
- Materija – kondenzovana energija
- Vibracija ili prostiranje ili talas
- Sila (odbojna i privlačna) ispoljava se na materiju
- Prostiranjem energija dolazi do njihovog delovanja „Slaganje“ energije?
- Slaganje energije ili negativno slaganje – neslaganje = privlačne i odbojne sile?

MATERIJA : ENERGIJA

MATERIJA	ENERGIJA
Masa/ težina	Amplituda - intenzitet
veličina	Frekvencija
Brzina/vreme	Prostiranje - Rezonansa – Slaganje
Sila / snaga	Energetsko polje
Količina / kvantitet	Kvantitet – vrste energije

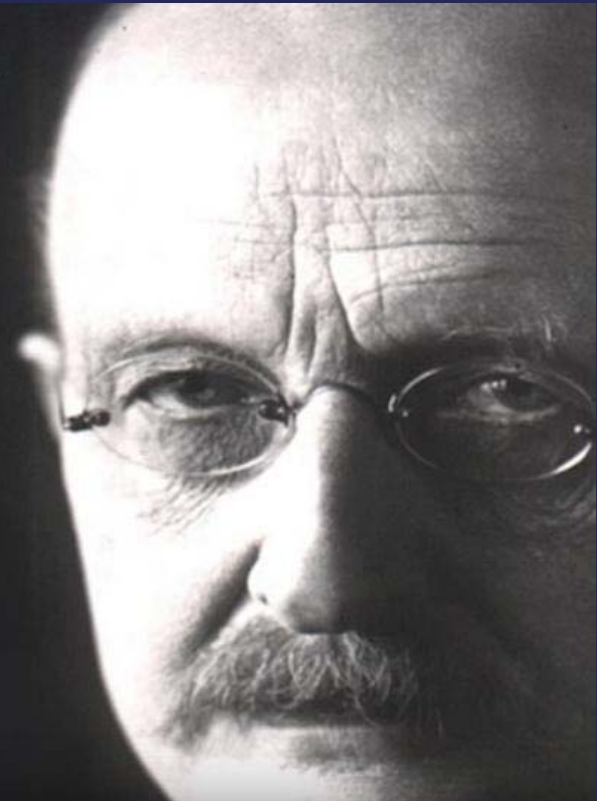
Alat: Mišići	Alat: Misli INFORMACIJA
Nedostatak - Oskudica	Obilje - Blagostanje

Maks Plank

**Kao čovjek koji je posvetio cijeli život
najtрезvenijoj od svih znanosti,
proučavanju materije, kao rezultat svojih
istraživanja mogu vam reći sljedeće:**

NEMA MATERIJJE KAO TAKVE.

**Sva materija proizlazi i postoji
zahvaljujući sili koja dovodi čestice atoma
u odgovarajuću vibraciju i drži taj maljušni
solarni sistem atoma na okupu. Moramo
pretpostaviti kako iza ove sile stoji
svjestan i inteligentan um. Taj je um
matrica sve materije.**



Struktura materije

Materija se javlja u dva oblika

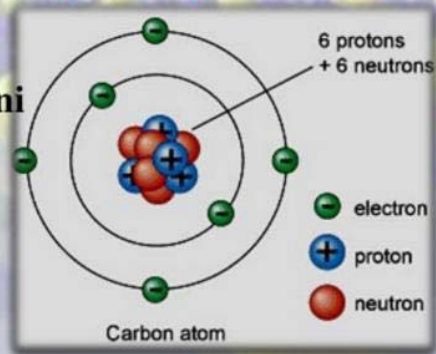
- Supstancija (fizička)
- Fizičko polje (gravitaciono, električno, magnetno)

Osnovi gradivni element supstancije je **atom**

Atom se sastoji od :

- jezgra (p^+ i n^0) - nukleoni
- elektronskog omotača (e^-)

Naelektrisanje protona i elektrona
je jednako ali suprotnog znaka
elementarno naelektrisanje



Energija

- Polja - Talasni oblik
- Materija – deformacija energetskeg polja

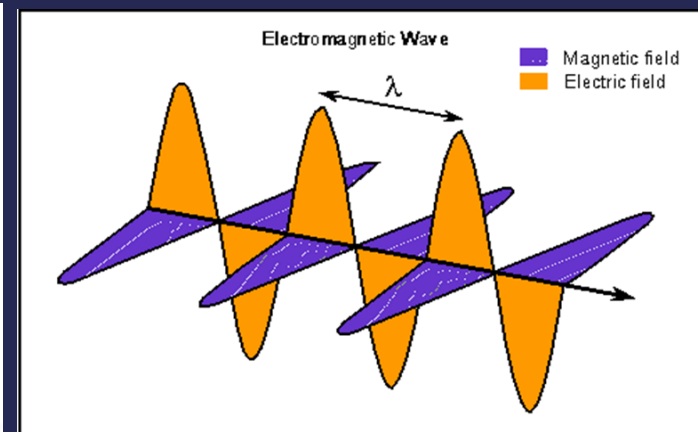
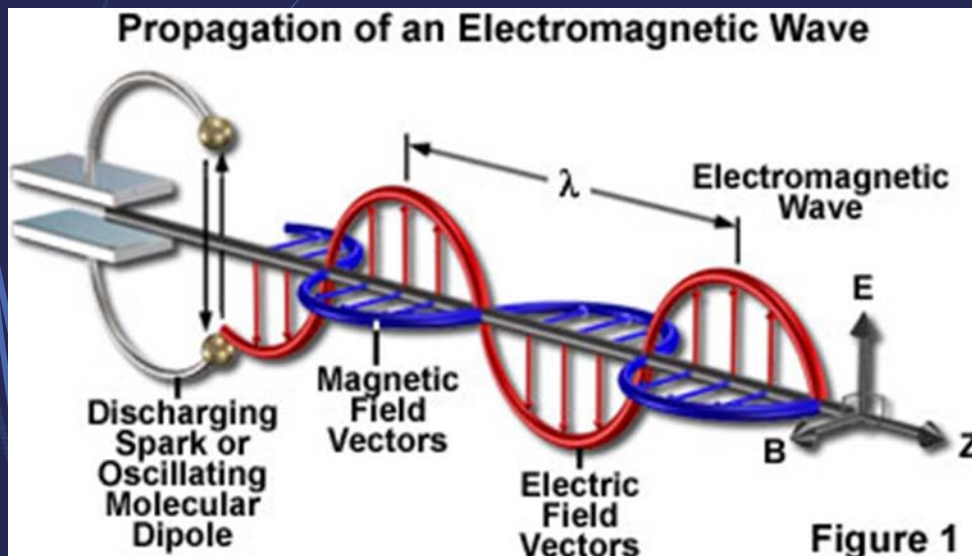
DUALNI PRISTUP EM ZRAČENJU

- ➡ Kretanje fotona
- ➡ Kretanje talasa



Elektromagnetni talasi

- ▶ Elektromagnetno polje
- ▶ Elektromagnetni talasi
- ▶ Elektromagnetno zračenje



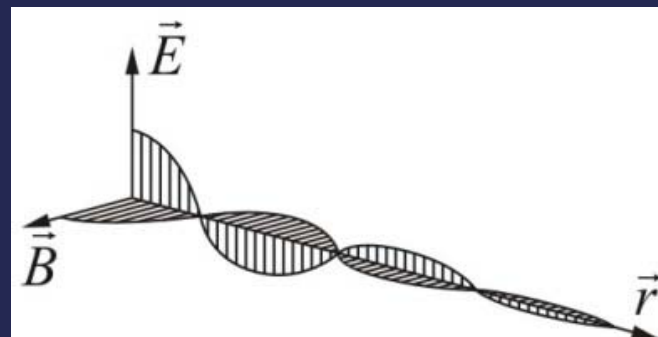
Pojmovno razgraničenje

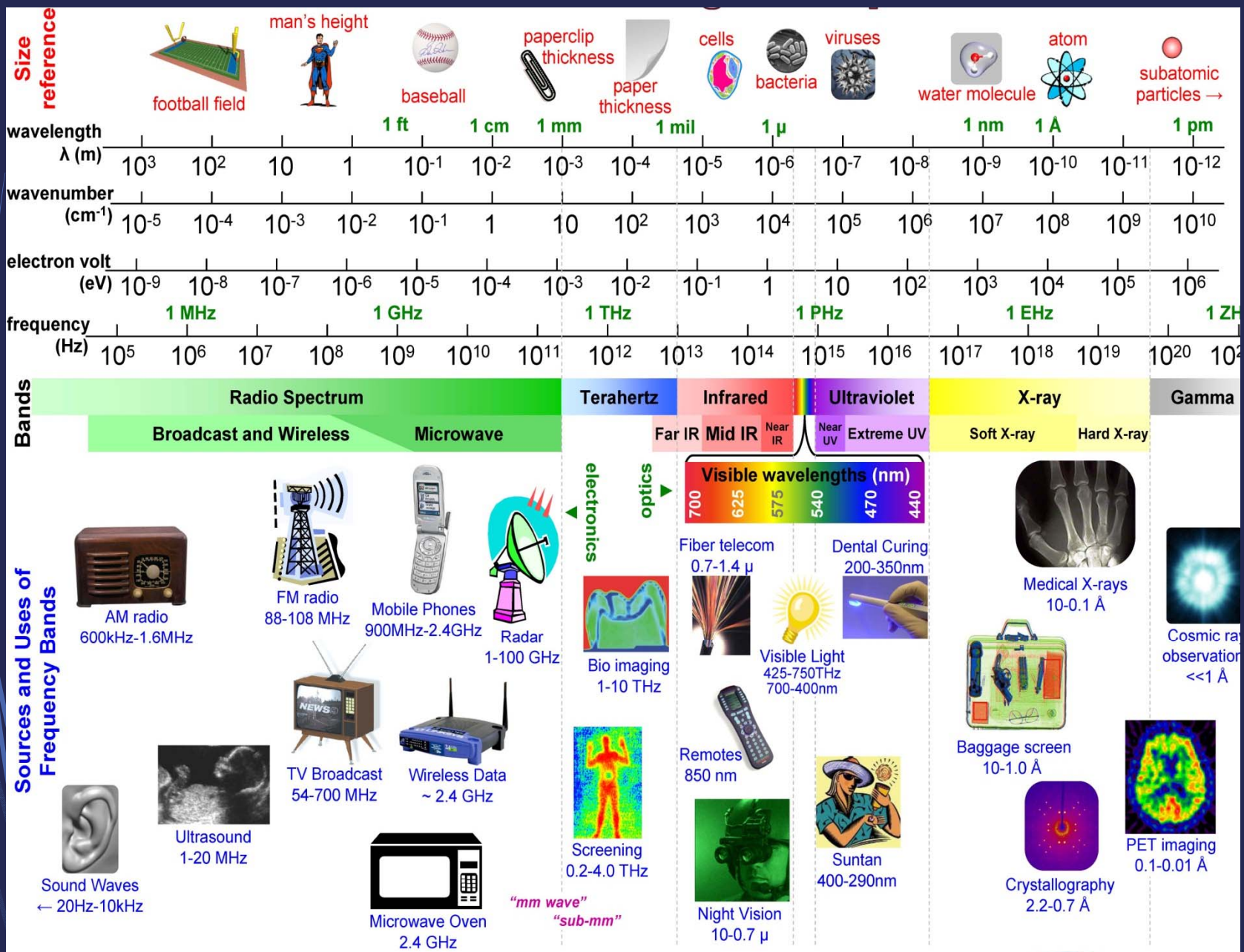
- Jonizujuća elektromagnetna zračenja
- Nejonizujuća elektromagnetna zračenja

$$E_j = 12,4 \text{ eV} \quad \lambda < 100 \text{ nm}$$

Prostiranje talasa

- elektromagnetno polje
- elektromagnetni talas
- elektromagnetno zračenje





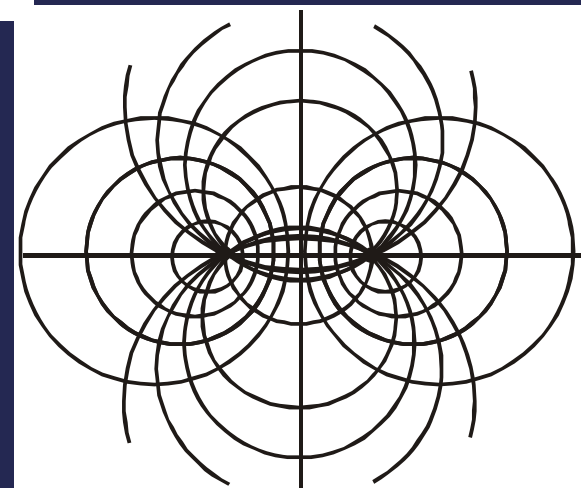
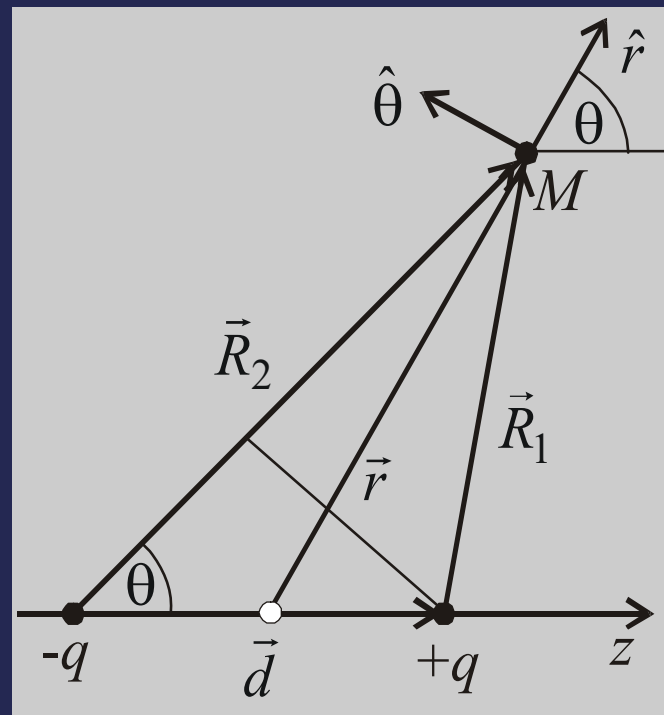
Tačkasti simetrični dipol

Kad je rastojanje, d , između dva tačkasta naelektrisanja q_1 i q_2 znatno manje od rastojanja, bilo kog od njih, od tačke u polju, $R_1, R_2 \gg d$ tada ova naelektrisanja čine električni dipol. Tako je potencijal u udaljenim tačkama:

$$\varphi = \frac{q}{4\pi\epsilon_0} \frac{R_2 - R_1}{R_2 R_1} = \frac{q}{4\pi\epsilon_0} \frac{d \cos \theta}{r^2} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{\vec{p} \cdot \vec{r}}{r^3}.$$

Proizvod $\vec{p} = q \vec{d}$ je električni moment dipola.

$$\vec{E} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \left(\frac{3(\vec{p} \cdot \vec{r}) \vec{r}}{r^5} - \frac{\vec{p}}{r^3} \right), \quad r > d.$$

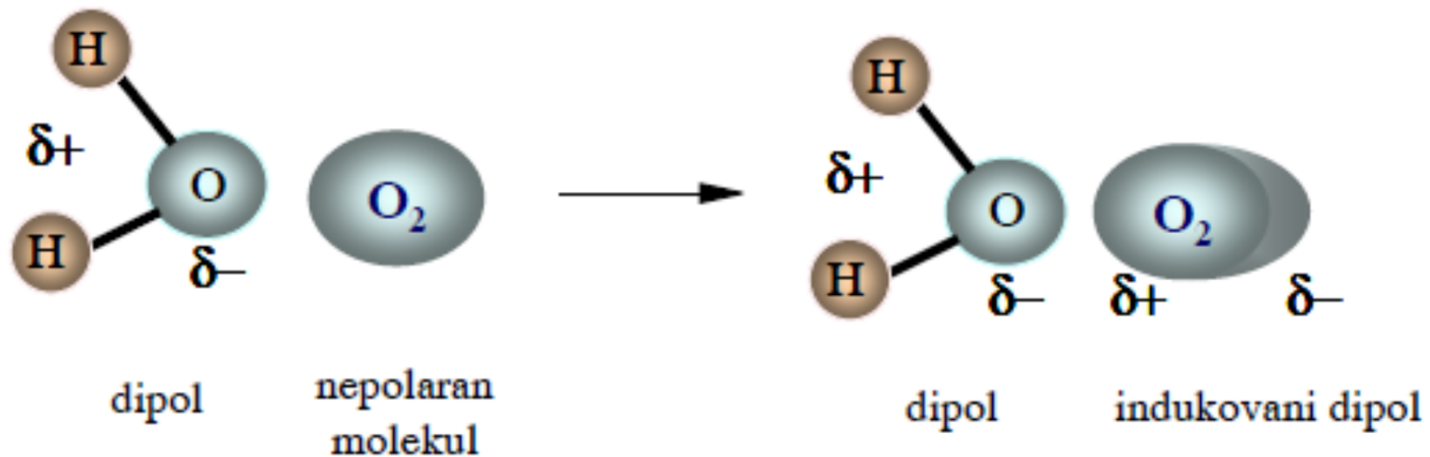


Polarni molekuli H_2O

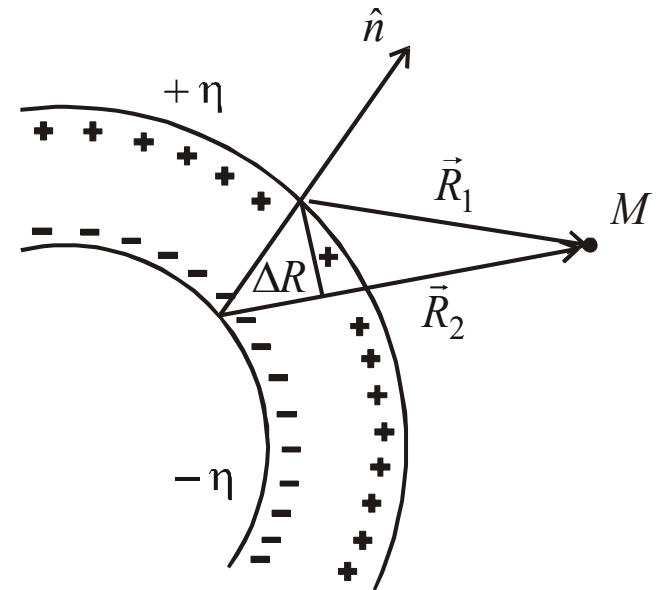


Deformacija elektronskog oblaka O_2
(polarizacija nepolarnog molekula O_2)

Obrazovanje slabih veza
dipol - indukovani dipol



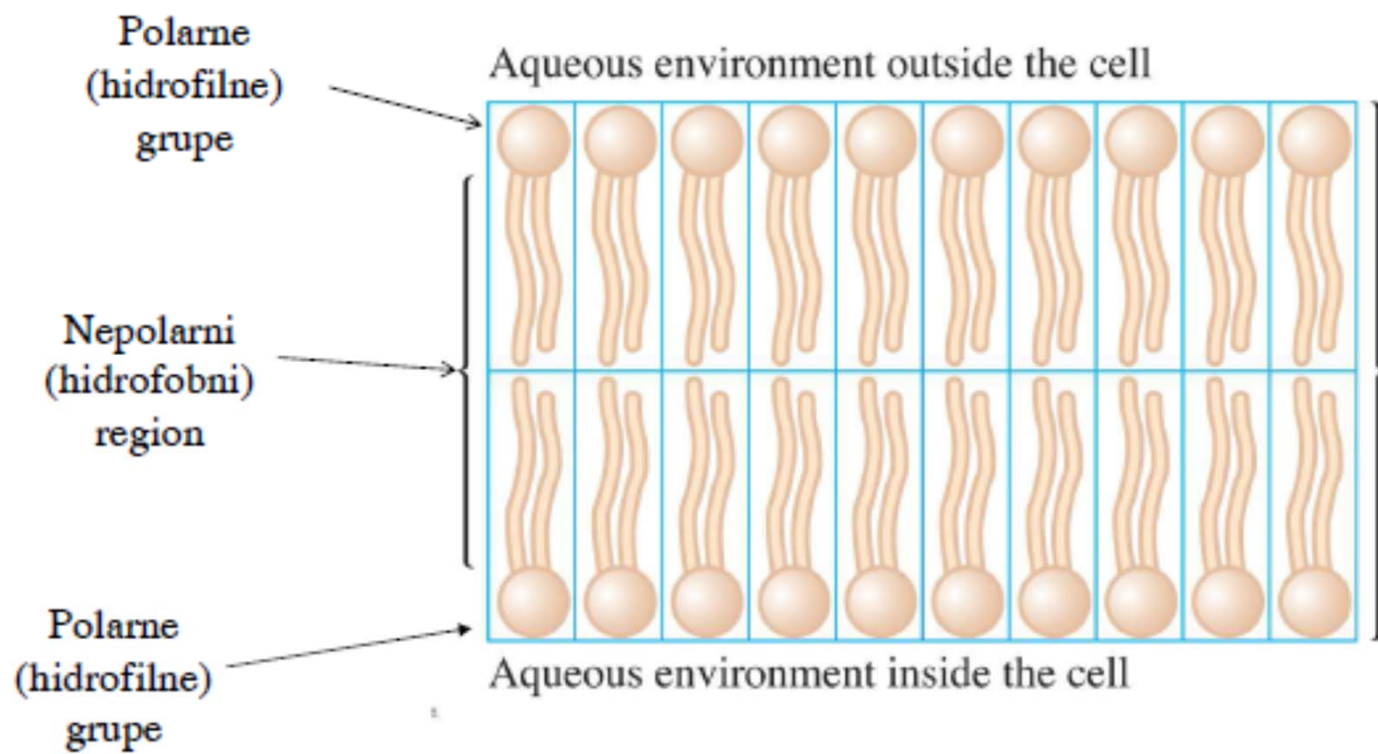
$$\varphi = \frac{\eta}{4\pi\epsilon_0} \int_S \frac{dS}{R_1} - \frac{\eta}{4\pi\epsilon_0} \int_{S'} \frac{dS}{R_2} \quad R_1 \approx R_2 = R$$



Ako je površina zatvorena električno polje postoji samo između slojeva.

Faradejev kavez $E=0$

Ćelijska membrana



ELEKTROMAGNETNA PRIRODA „FIZIKE ŽIVOG“

- Čovek kao elektromagnetno biće
- Električne struje živčanog sistema
- Električni potencijali ćelije- akcioni potencijal
- Dipolni karakter svakog molekula u organizmu
- Dvostruki dipolni sloj - ćelijska membrana
- Struje jona na ćelijskoj mebrani
- Energetska pumpa ćelije Na-K
- Mozak i srce dva najveća generatora EM polja
- Misao kao elektroamagnetni talas
- Magnetne karakteristike kao osnov disanja
- Magnetne osobine mozga (nervne ćelije) kao osnov pamćenja

ELEKTROMAGNETNE OSOBINE SREDINA

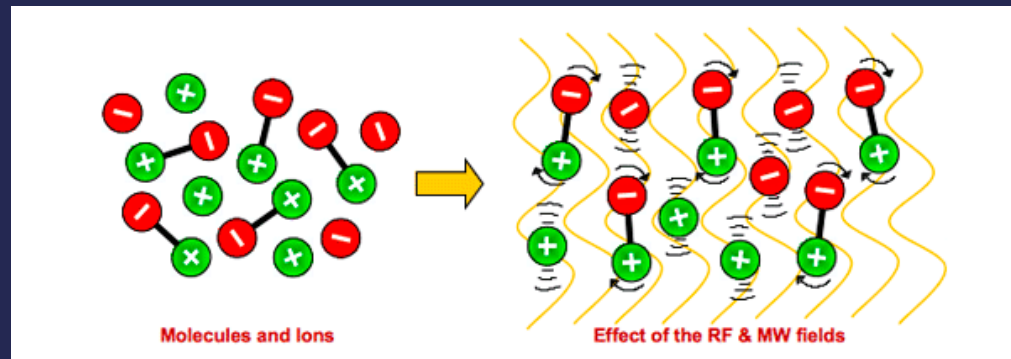
Za opisivanje elektromagnetnih osobina sredina, u električnom, magnetnom i u smislu provođenja, koriste se:

- ⇒ dielektrična konstanta, ϵ (permeabilnost)
- ⇒ magnetna propustljivost, μ (permitivnost)
- ⇒ specifična provodnost, σ

MEHANIZMI DEJSTVA EL. POLJA

ELEKTRIČNE SILE MOGU IZAZVATI

- kretanje naelektrisanih čestica,
- orijentisati ili promeniti ćelijske strukture,
- orijentisati dipolne molekule,
- indukovati napone duž ćelijske membrane

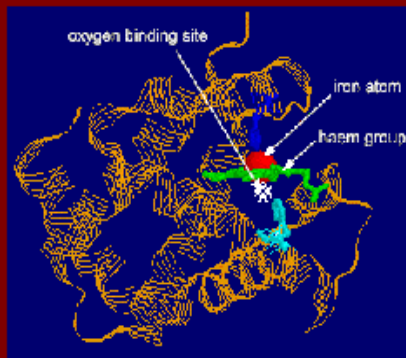


MEHANIZMI DEJSTVA MAGNETNOG POLJA

- indukovanje električnih struja,
- direktni uticaj na magnetni materijal u ćelijama,
- uticaj na slobodne radikale i
- pobuda ćelijske membrane
- Uticaj na ćelijske procese – deoba ćelije, crossing over

Ćelija u magnetnom polju

Magnetic Properties of Hemoglobin



Oxy-hemoglobin

Diamagnetic
(same as tissue)

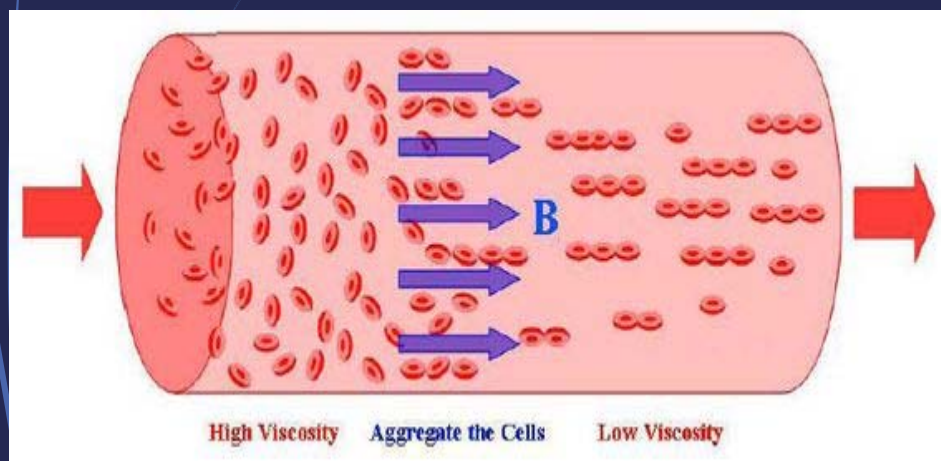
Deoxy-hemoglobin

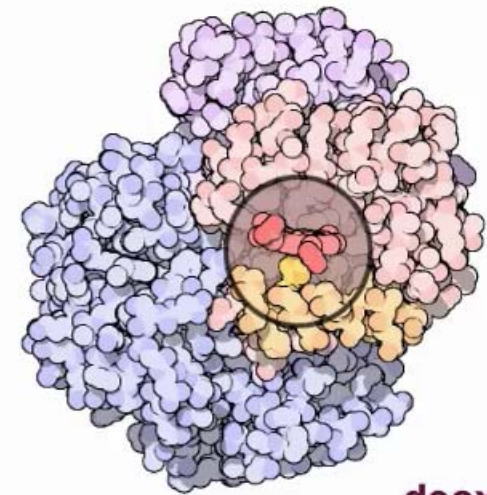
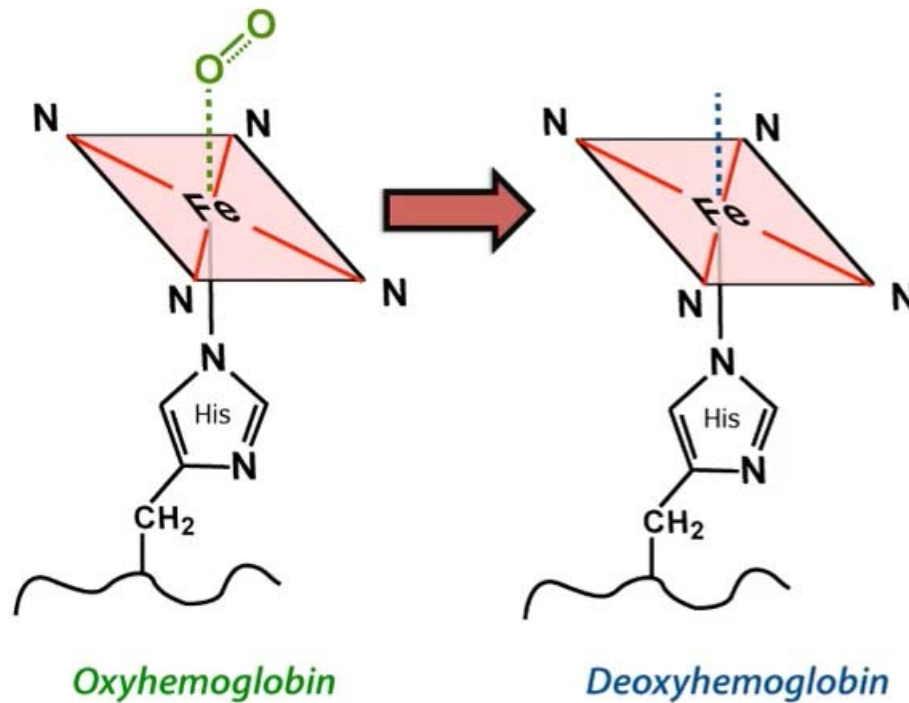
Paramagnetic

$\Delta\chi \approx 0.08$ ppm



Ćelija u magnetnom polju





deoxy

Loss of O_2 to form deoxy-Hb results in conformational change of the hemoglobin molecule as well as profound alteration of its magnetic properties. (Image from the RCSB PDB www.rcsb.org; Click to animate).

BIOLOŠKO DEJSTVO EM POLJA

24

- ▶ (WHO) 1996. projekat „EMF“ uticaj EMZ u opsegu od 0 Hz do 300 GHz
- ▶ Toplotno dejstvo – oslobodjena toplota, povećanje temperature
- ▶ Stimulativno dejstvo, indukovane struje, dejstvo na membrano, remećenje funkcionisanja ćelije
- ▶ Efekti na živi organizam - dvostepeno reagovanje
- ▶ primarnom reakcijom tkiva i organa (glavobolja, znojenje, razdražljivost, poremećaji varenja, poremećaji sna itd)
- ▶ sekundarna adaptacija organa na novi stresni faktor (niz biohemijskih procesa koji nastoje da povrate prethodne parametre organizma)
- ▶ Uticaj EM polja na nižim frekvencijama i kod statičkih električnih i magnetnih polja (indukovane struje)
- ▶ Uticaj visokofrekventnih EM polja

Biološko dejstvo radiofrekventnog zračenja

- Istraživanja na životinjama pokazala su da izaziva efekte na odbrambenom sistemu, utiče na funkcije mozga, hormonske mehanizme, na regulaciju ćelijskog rasta, ćelijskog metabolizma i dr.
- Termički efekti
povećanjem f od 100 kHz do 10 MHz dominantni efekat se menja od efekta stimulacije nerava i mišića do efekta zagrevanja.
 - Uticaj RF zračenja na ponašanje
- Netermički efekti

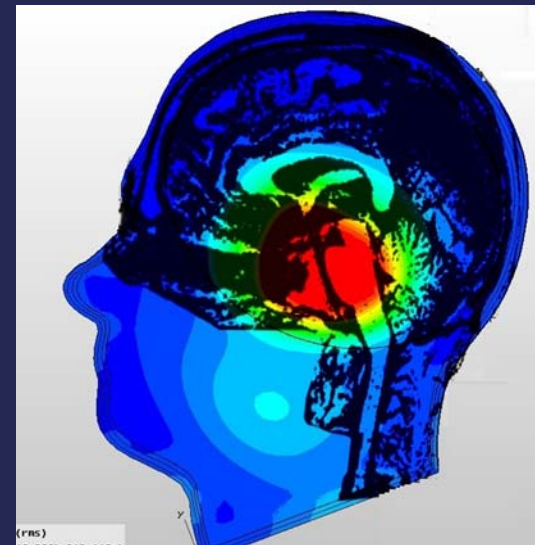
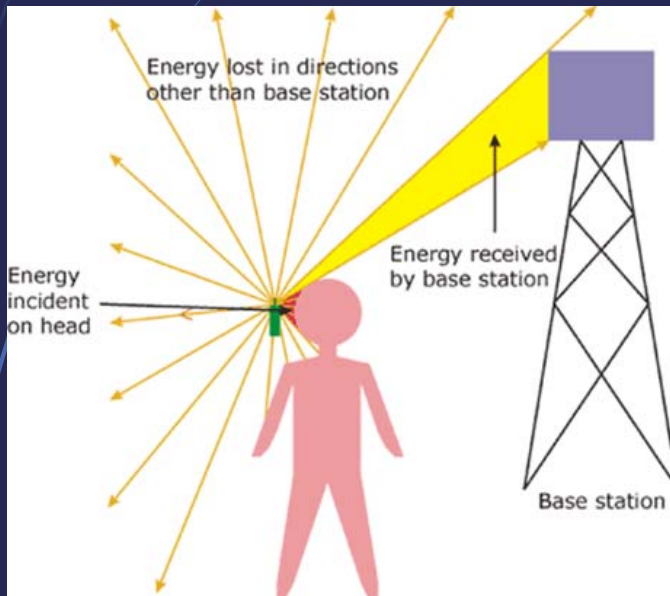
Biološko dejstvo elektromagnetnog ELF zračenja

- Izazivaju biološke efekte bez raskidanja hemijskih veza. Sile delovanja između naelektrisanih i ne naelektrisanih molekula mogu izazvati pomeranje naelektrisanih čestica, okretanje, rotaciju, deformaciju, destrukciju i spajanje ćelija ili mogu stvoriti napon na ćelijskoj membrani.
- Remete orijentaciju DNK i RNK, menjaju aktivnost enzima, itd.
- Klinička ispitivanja na ljudima:
 1. “hipersenzitivnost na elektricitet”
 2. Smetnje nespecifične prirode
 3. Pojava svih oblika leukemije
 4. Pojava karcinoma

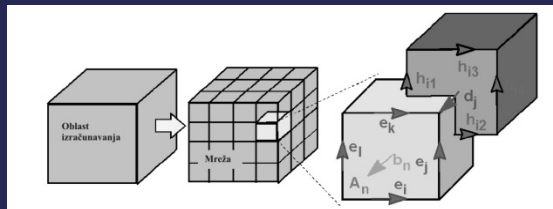
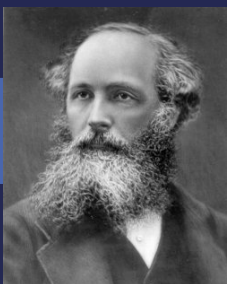
BIOLOŠKO DEJSTVO EM POLJA

27

Termički efekti elektromagnetnih polja i struja



Fakultet zaštite na radu u Nišu



Proračun komponentata polja -
Simulacija

Prostiranje EM talasa

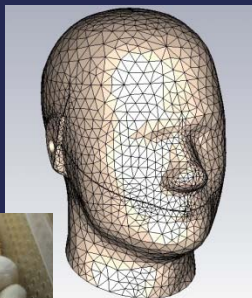
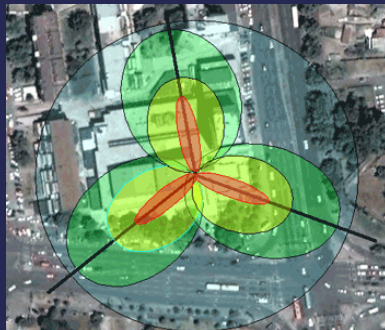
Uticaj na biološko tkivo

IZVOR

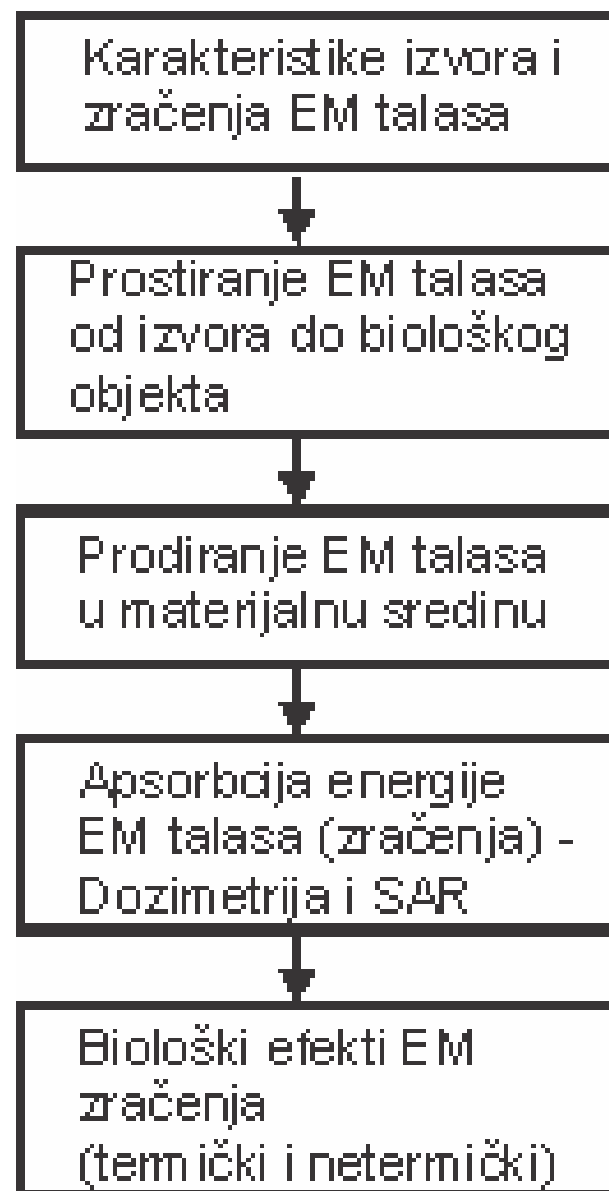
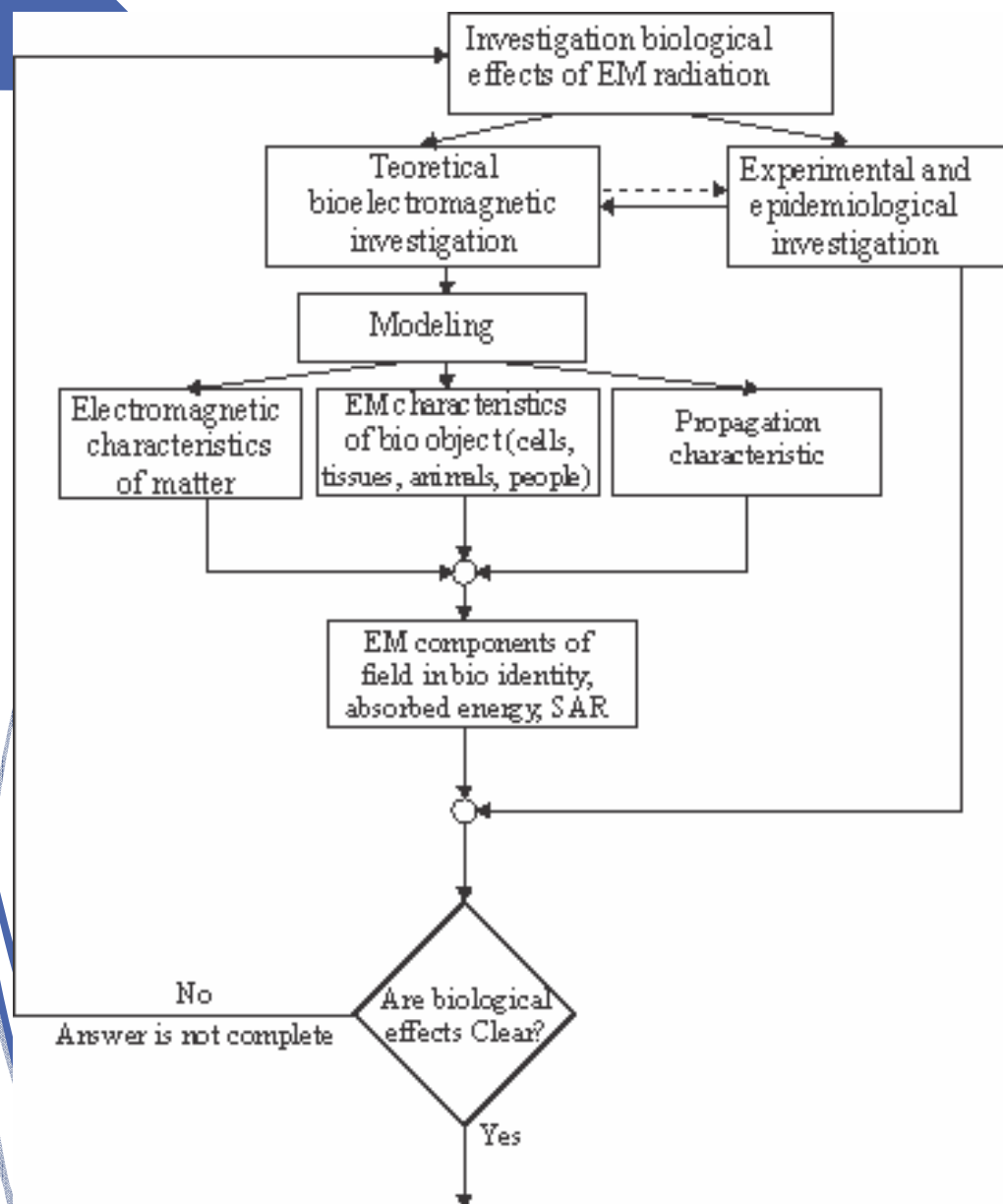
Prenosni put

BIOLOŠKI
OBJEKT

BIOLOŠKI
Efekti



ISTRAŽIVANJE EFEKATA EM POLJA



MODEL PRODRLIH EM POLJA

- Izvori EM zračenja
- Prostiranje talasa
- Elektromagnetni modeli sredina (idealni provodnik, dielektrik i poluprovodnik)
- Polje na razdvojnoj površini dve sredine
- Prodiranje polja u drugu sredinu
- Prostiranje talasa u višeslojnim sredinama
- REFLEKSIJA; TRANSMISIJA I APSORPCIJA

DOZIMETRIJA

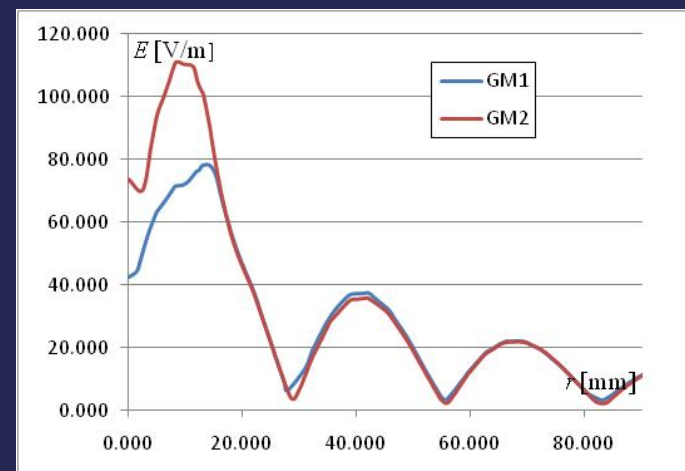
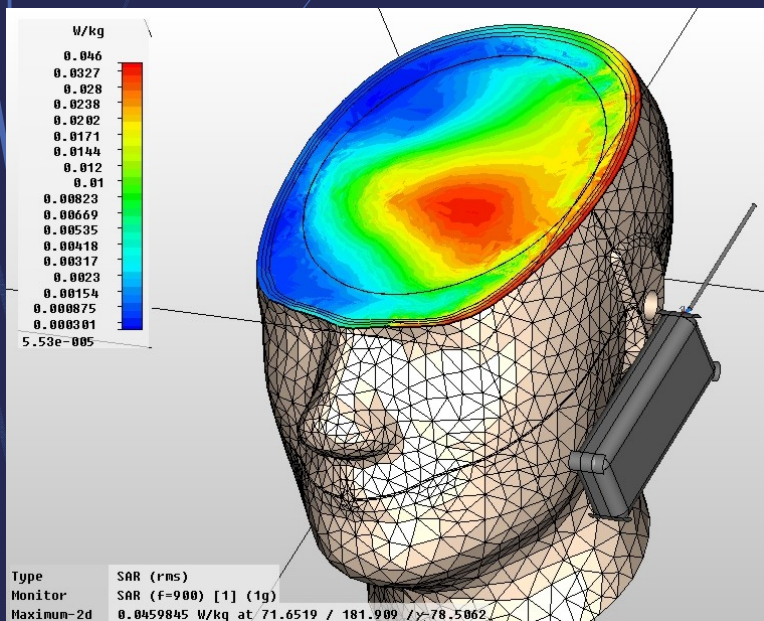
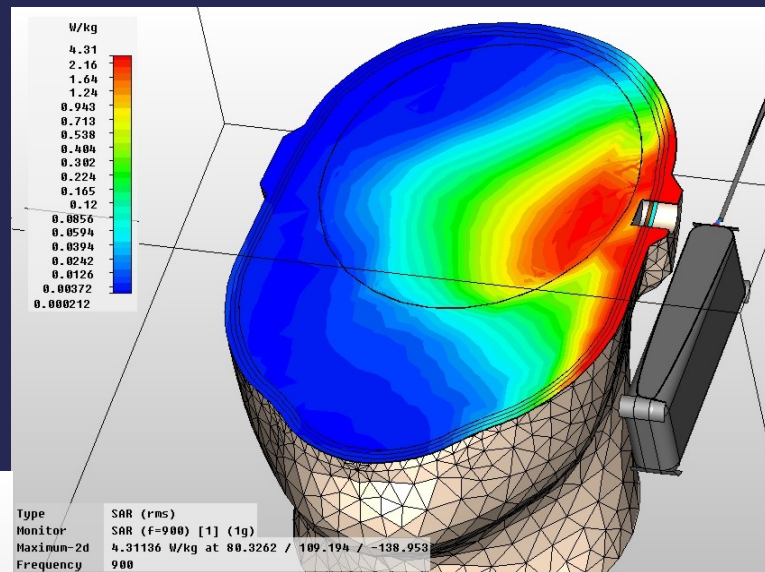
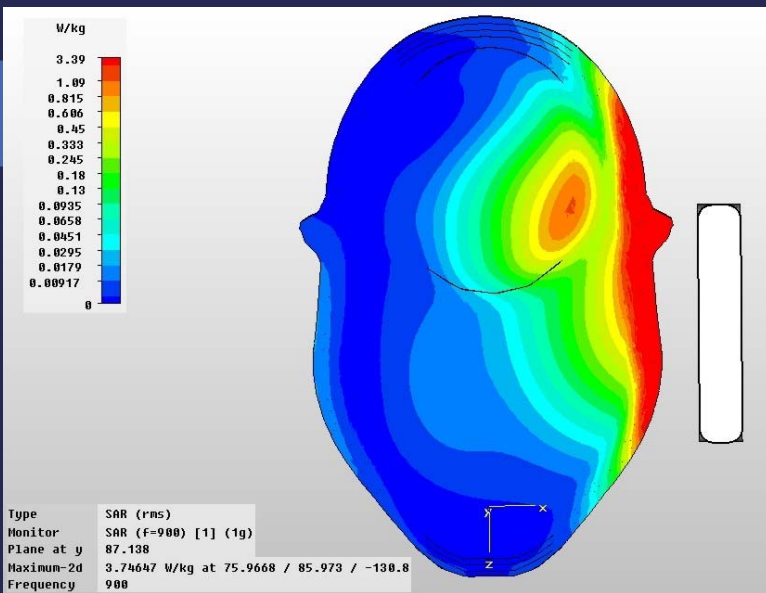
$$SAR = \frac{P}{m} = \frac{\sigma E^2}{\rho_m} = \frac{J^2}{\rho \sigma} = c_p \frac{dT}{dt}$$

Lokalni SAR

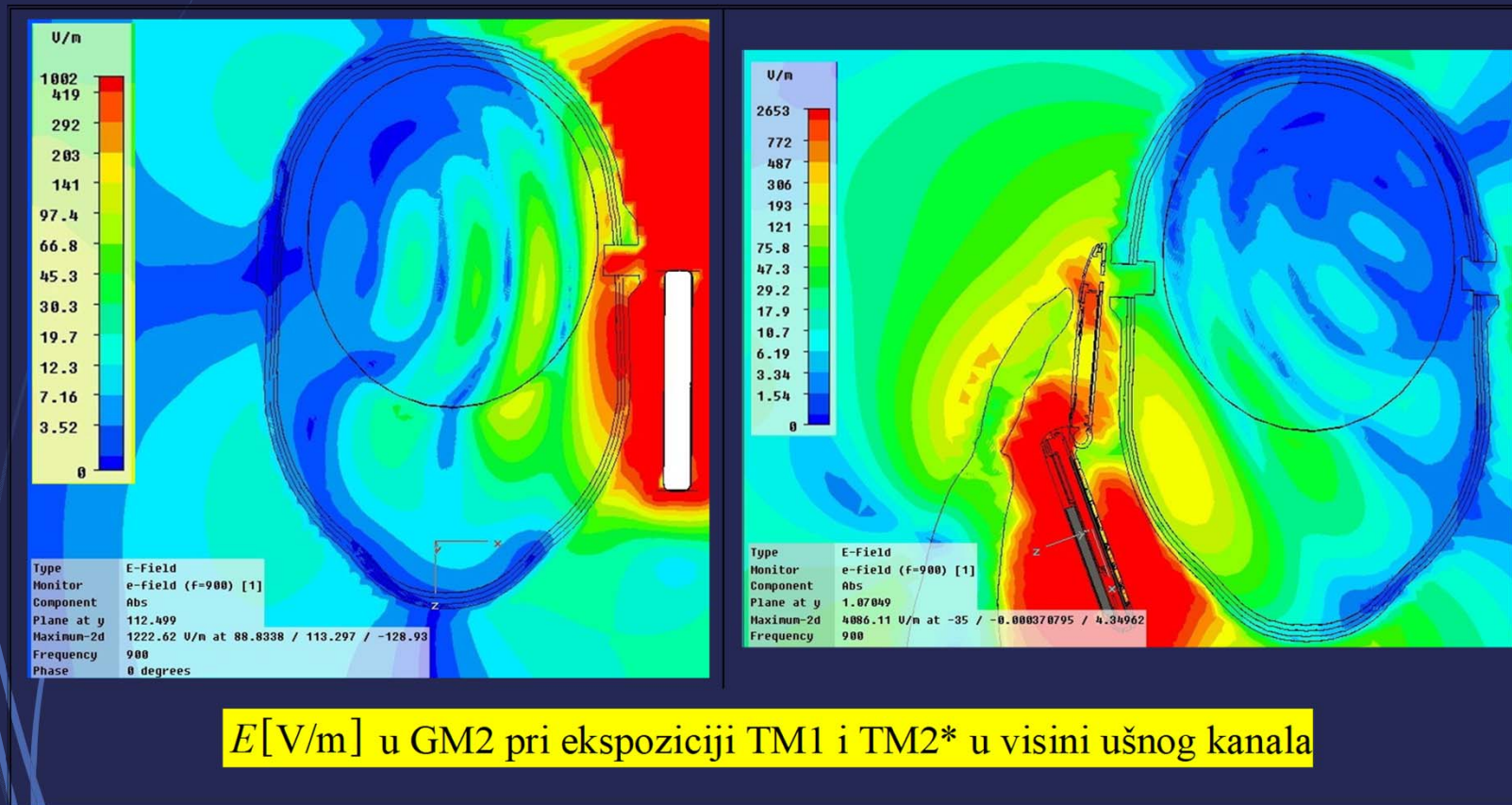
Usrednjeni SAR (integralni)

SAR za 10 g mase, 1 gr mase ili 1 cm³ zapremine

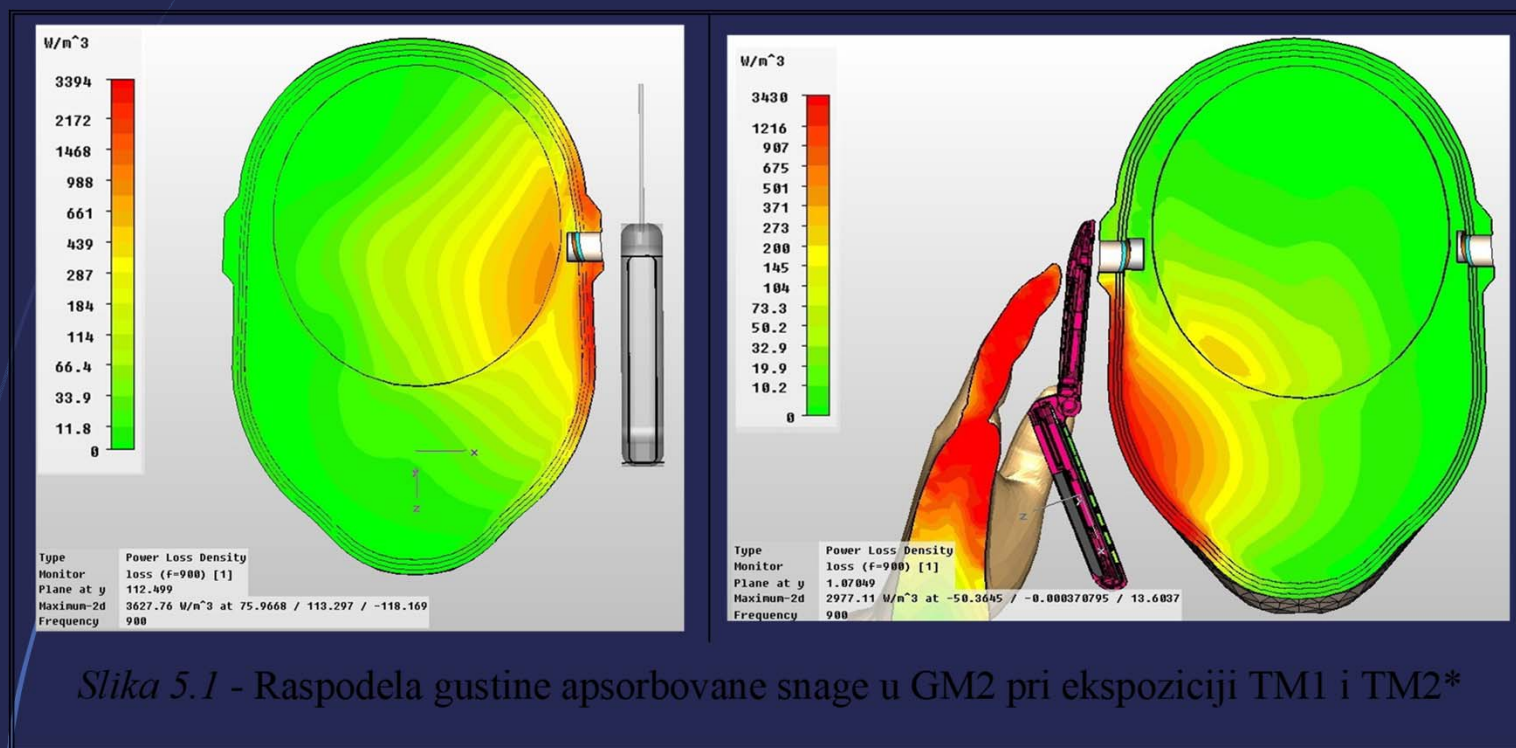
Vršni SAR (maksimalni)



Efekti apsorpcije u funkciji konstrukcije mobilnih telefona

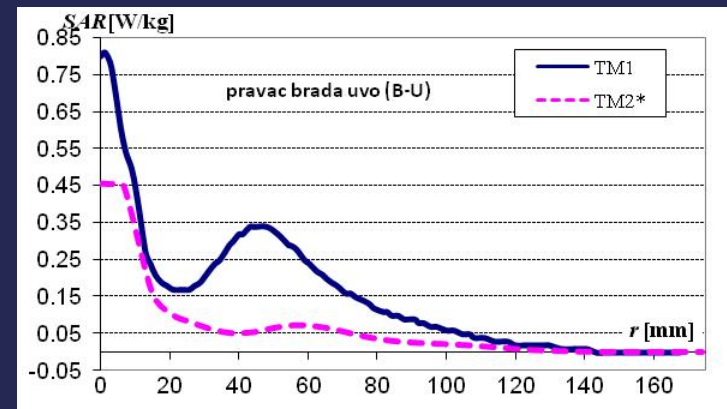
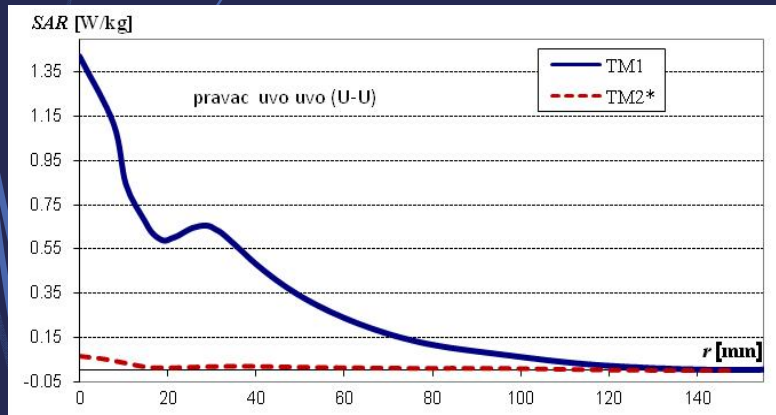
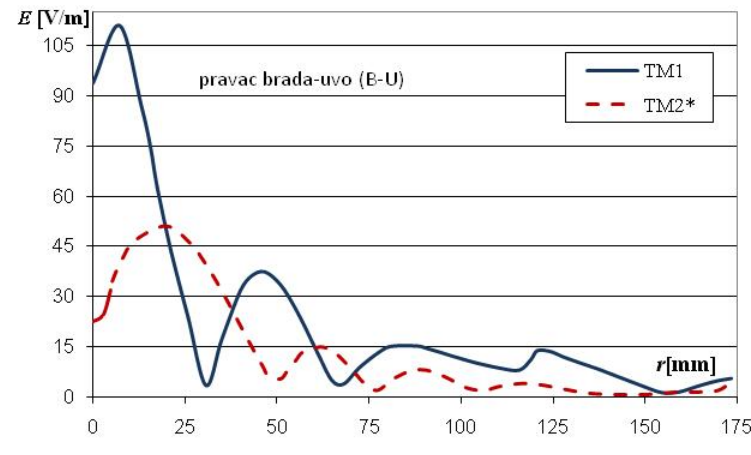
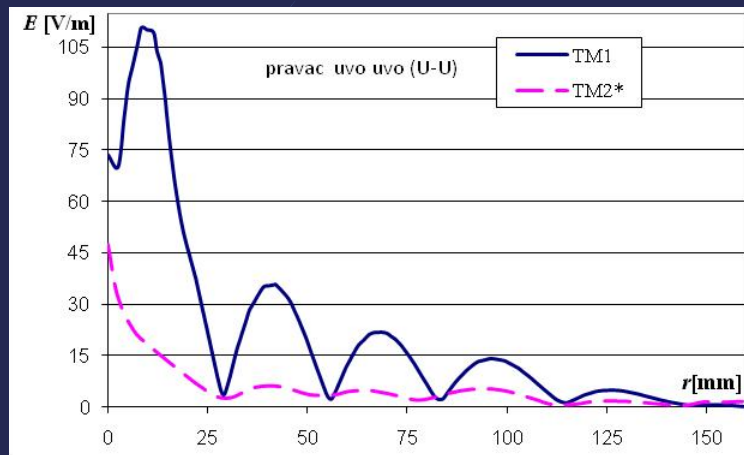


Efekti apsorpcije u funkciji konstrukcije mobilnih telefona

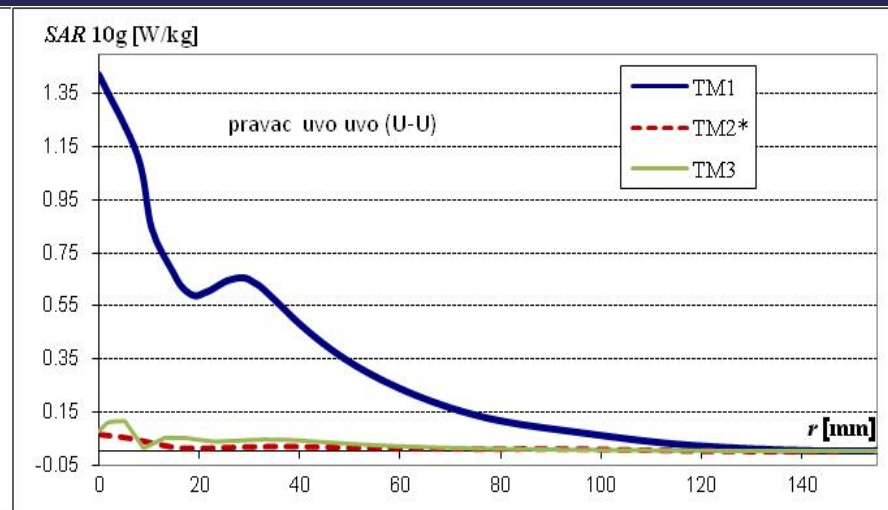
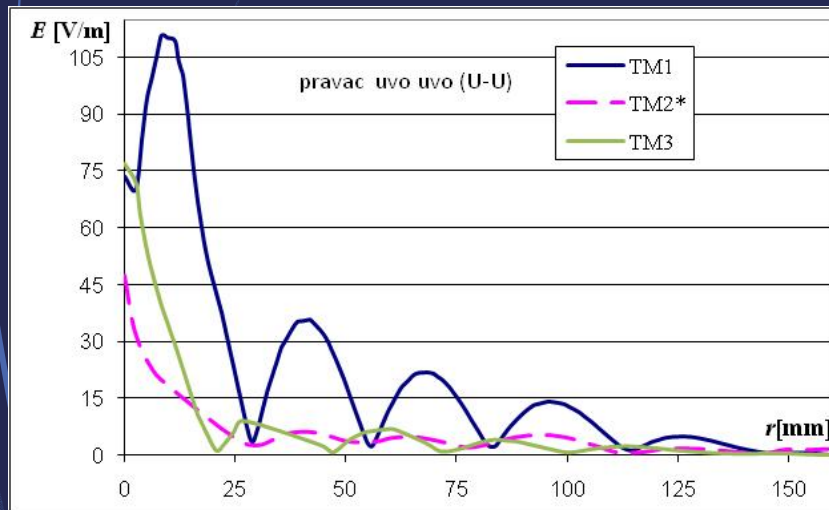


Slika 5.1 - Raspodela gustine apsorbovane snage u GM2 pri ekspoziciji TM1 i TM2*

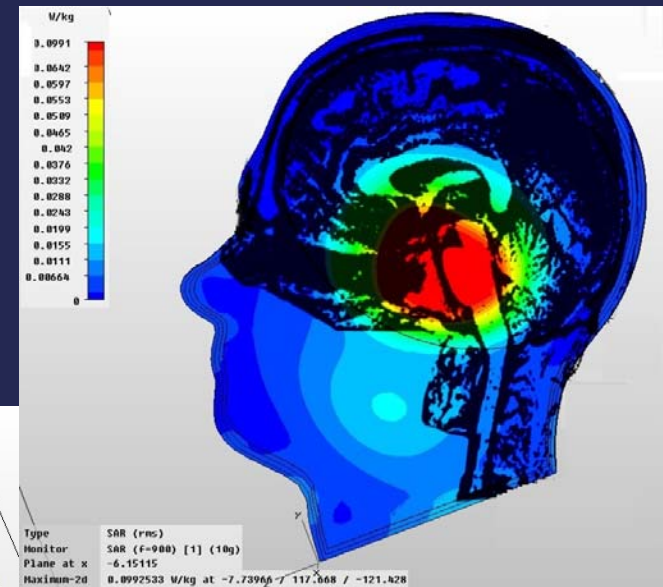
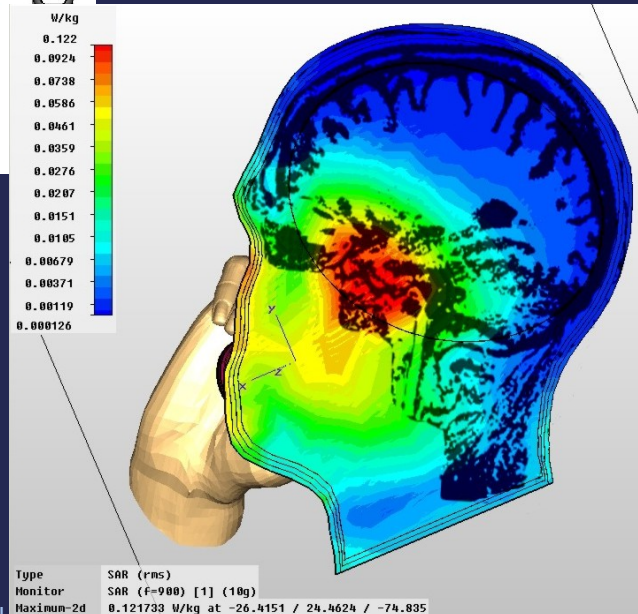
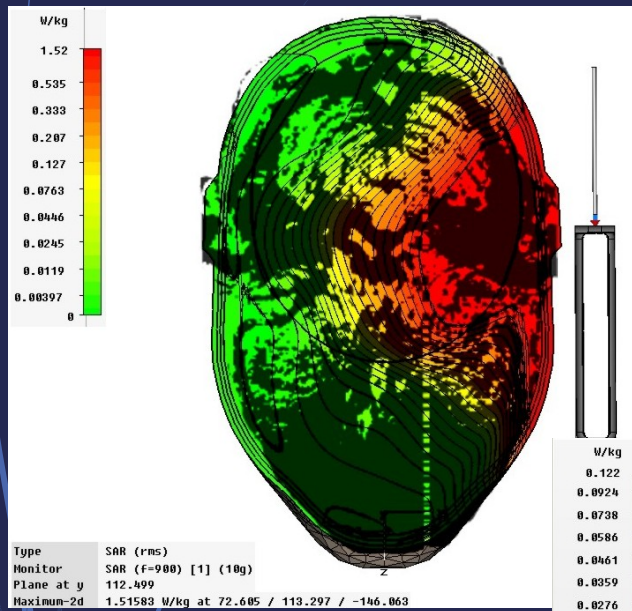
Efekti apsorpcije u funkciji konstrukcije mobilnih telefona



Efekti apsorpcije u funkciji konstrukcije mobilnih telefona



Medicinski efekti apsorpcije u funkciji konstrukcije MT

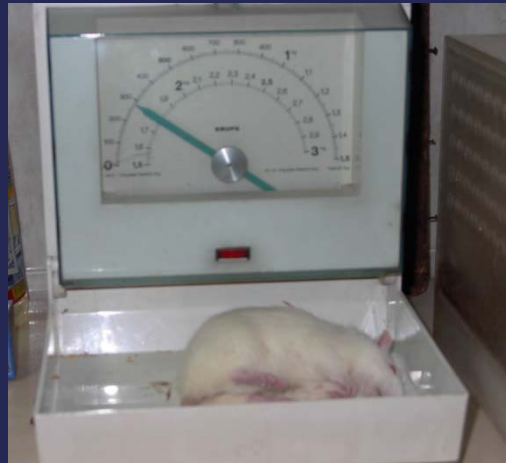


Eksperimentalna istraživanja biološkog efekta EM zračenja reda GHz



Uzimanje biološkog materijala

39



REZULTATI EKSPERIMENTALNOG ISTRAŽIVANJA RF ZRAČENJU – MOBILNI TELEFONI

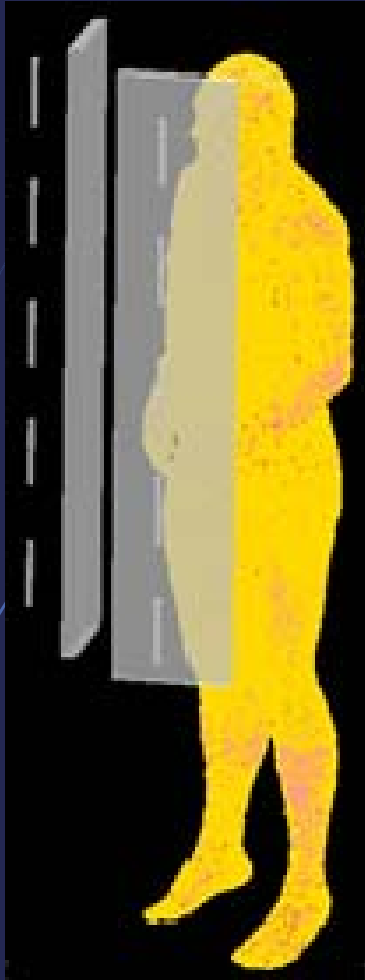
Utvrđeni su sledeći efekti:

- Hematološki (leukemija i anemija)
- Neurološki (poremećaji: prostorne orijentacije, kratkotrajne memorije, funkcije hipotalamusa, afektivnog ponašanja – razdražljivosti, poremećaji težine, gubitak kolektivnih odbrambenih refleksa)
- Imunološki poremećaji (ubrzana involucija – gubitak timusa, smanjen broj leukocita periferijske krvi)
- Lipidni poremećaji (porast triglicerida i holesterola)
- Poremećaji glikoregulacije (povećane vrednosti šećera u krvi)
- Poremećena fertilitetna sposobnost životinja – redukovano potomstvo.

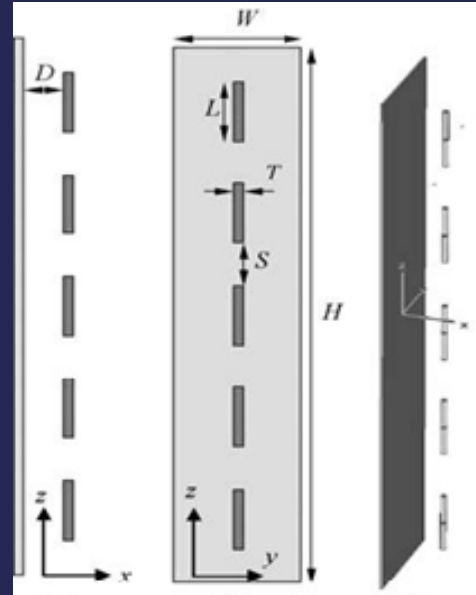


- Bežična komunikacija - najjeftiniji vid komunikacije
- Mobilna telefonija
- Smart telefoni kao multimedijalni komunikacioni uređaji
- 4G i LTE Internet Protokol-u cilju kombinovanja različitih vrsta pristupnih mreža
- Imperativ širenja mreže i povećanja komunikacije

EKSPERIMENTALNI MODEL



Serviser sa dve antene po uglom od 90° u realnom poloazaju pri servisiranju



- Model antene bazne stanice - Model sa presecima

NUMERIČKI MODEL

➤ IZBOR NUMERIČKOG SIMULACIONOG MODELA

- Metod momenata (The Method of Moments - MOM)
- Metod konačnih elemenata (Finite Element Method - FEM)i
- Metod konačnih razlika u vremenskom domenu (Finite-Difference Time-Domain method -FDTD)

➤ MODELOVANJE BIOLOŠKIH SUBJEKATA



Visible Human Project - National Library of Medicine [4]
US Air Force Research Laboratory

- Model sadrži 40 tkiva
- precizna lokacija tkiva rezolucije $1 \div 5\text{mm}$

Tabela 1 – Elektromagnetne
karakteristika tkiva na 900 MHz, [4].

Tkivo	ϵ_r	σ [S/m]	ρ [kg/m ³]
Mozak (bela masa)	73.62	0.3169	1038
Sočiyo oka	112.74	0.4933	1163
Testis	82.33	1.1889	1158

SIMULACIJA

- Metod FDTD i softverski paket XFDTD [3]
- Kathrein 736 078
- Dipoli su napajani u centru dipola signalima iste amplitude i faze, pri čemu je njihova impedansa 50Ω
- Efektivna izračena snaga na svakoj anteni je 1350W



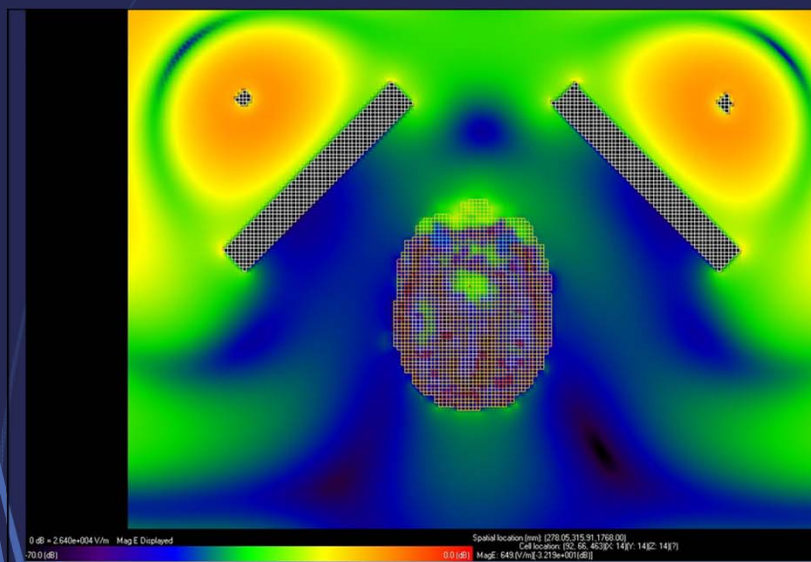
Izračunavanjem jačine električnog polja u svakoj tački prostora dolazi se do apsorbirane energije u tom elementu prostora

SIMULACIJA

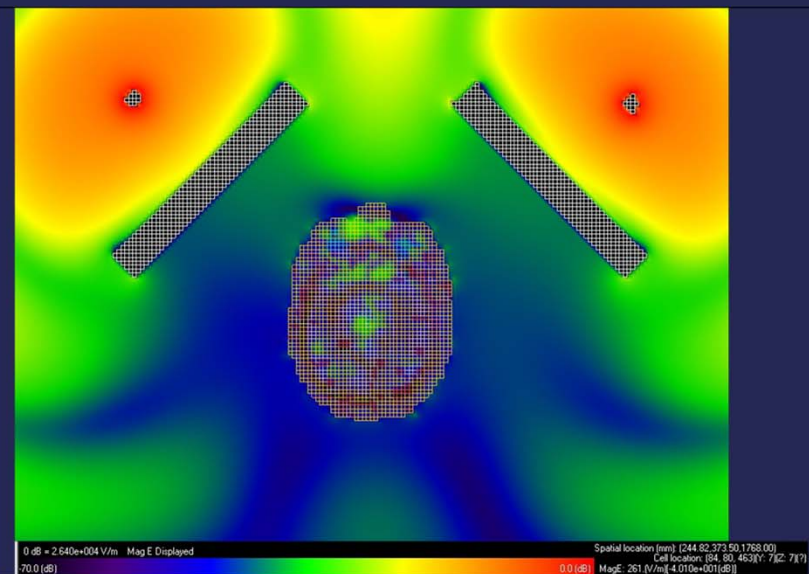
- ▶ pet različitih rastojanja između antena i servisera
0 - čovek skoro dodiruje reflektor antene a rastojanje je nekoliko centimetara, 1- čovek je u nivou ravni ivice reflektora, 2 – čovek je na 25 cm od ivice reflektora, 3 – čovek je na 50 cm od ivice reflektora, 4 – čovek je na 3m od ivice antene tj. ivice reflektora.
- ▶ Jačina električnog polja u organima servisera $E(\text{V/m})$
- ▶ SAR - Specifična stopa apsorpcije



REZULTI BEZ KORIŠĆENJA ZAŠTITNIH MERA

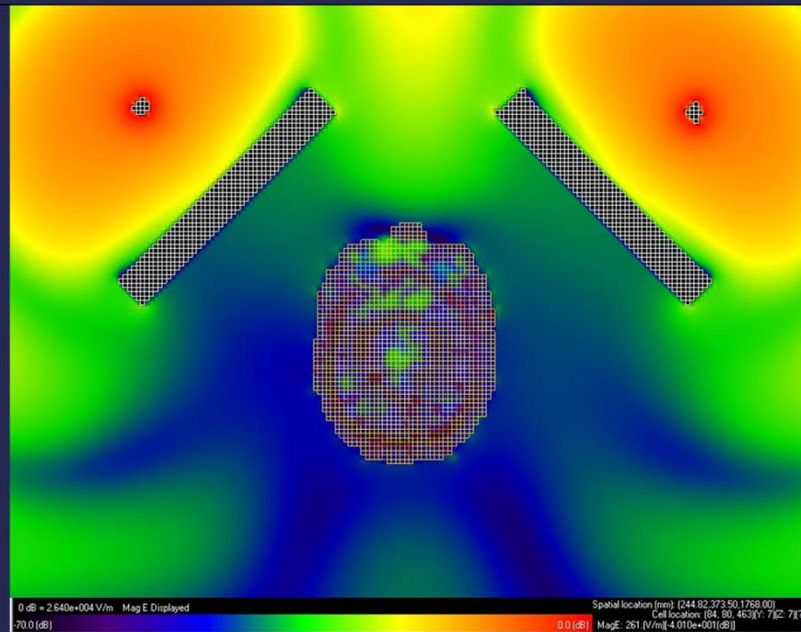


Slika 2 – Intenzitet električnog polja u glavi u položaju 0

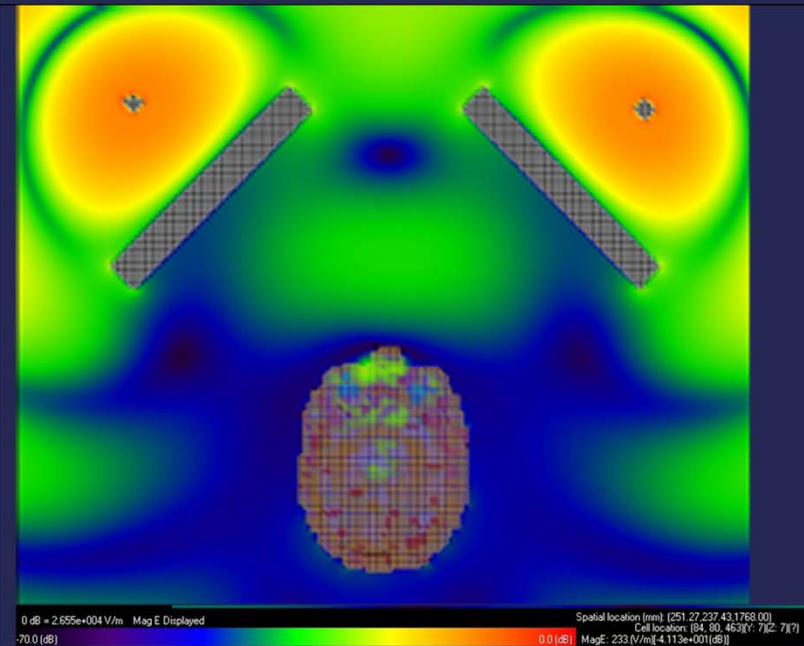


Slika 3 – Intenzitet električnog polja u očima u položaju 1

REZULTI BEZ KORIŠĆENJA ZAŠTITNIH MERA

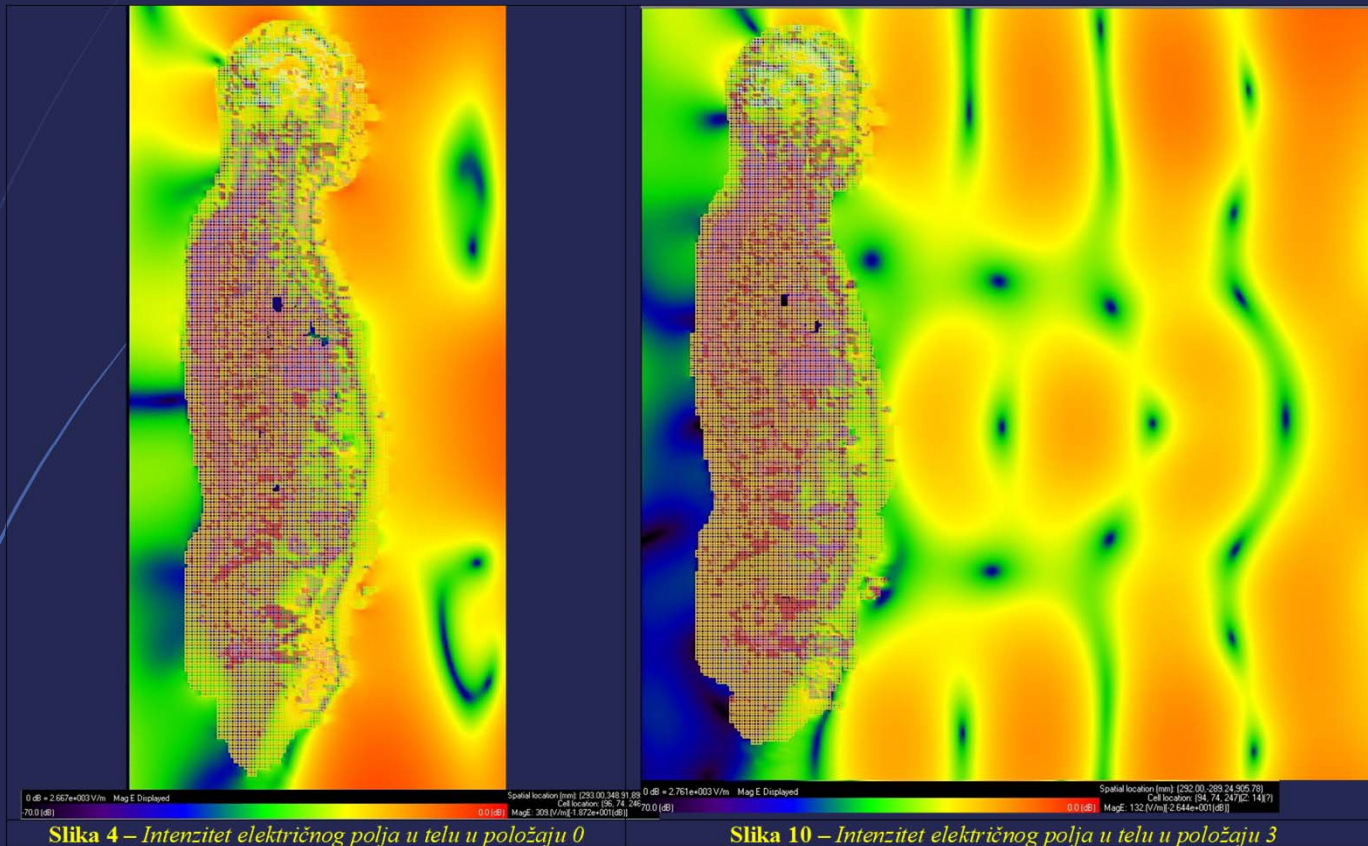


Slika 3 – Intenzitet električnog polja u očima u položaju 0



Slika 6– Intenzitet električnog polja u očima u položaju 1

REZULTI BEZ KORIŠĆENJA ZAŠTITNIH MERA



REZULTI BEZ KORIŠĆENJA ZAŠTITNIH MERA

Tabela 2 – *Maksimalne vrednosti električnog polja*

Tkivo	E_0 (V/m)	E_1 (V/m)	E_2 (V/m)	E_3 (V/m)	E_4 (V/m)
Mozak (bela masa)	649	581	525	344	70.3
Sočivo oka	261	233	160	102	32.7
Testis	309	260	274	132	64.4

REZULTI BEZ KORIŠĆENJA ZAŠTITNIH MERA

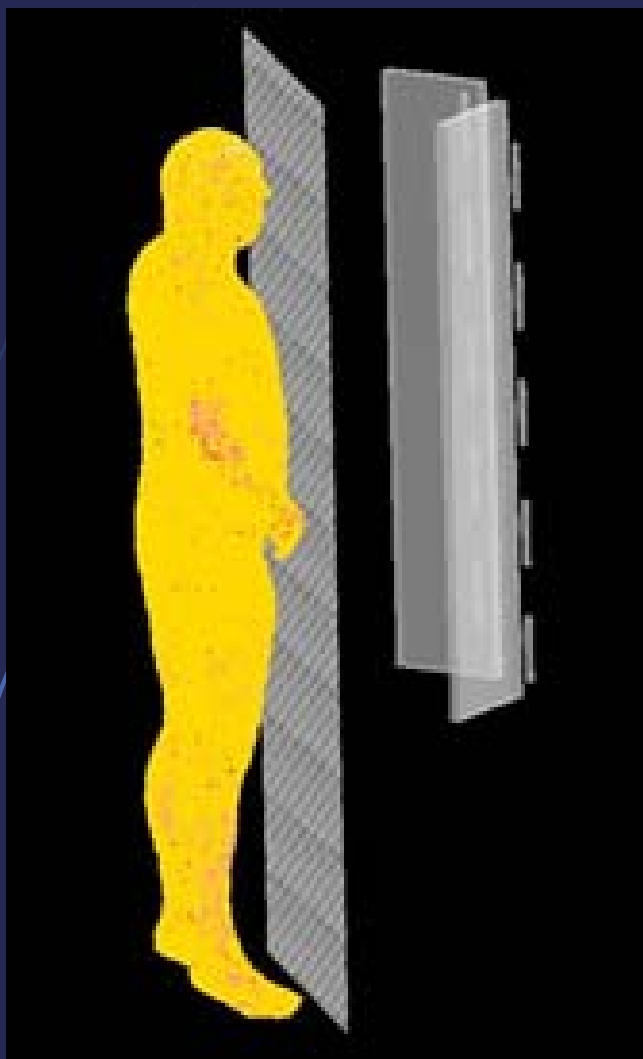
$$SAR = \frac{P}{m} = \frac{\sigma E^2 V}{\rho_m V} = \frac{\sigma E^2}{\rho_m} = \frac{J^2}{\rho \sigma}$$

Tabela 3 – *Specifična stopa apsorpcije - SAR usrednjen na 1 gram telesne mase*

Tkivo	SAR _{1g} 0 (W/kg)	SAR _{1g} 1 (W/kg)	SAR _{1g} 2 (W/kg)	SAR _{1g} 3 (W/kg)	SAR _{1g} 4 (W/kg)
Mozak (bela masa)	21.5	17.90	9.47	7.31	0.354
Sočivo oka	43.9	39.30	27.80	16.70	0.905
Testis	25.1	9.34	12.00	4.63	0.201

SAR - celo telo (W/kg)	Lokalizovani SAR – glava i trup (W/kg)
0.4	10

SIMULACIJA I REZULTI PRI KORIŠĆENJU ZAŠTITNOG EKRANA

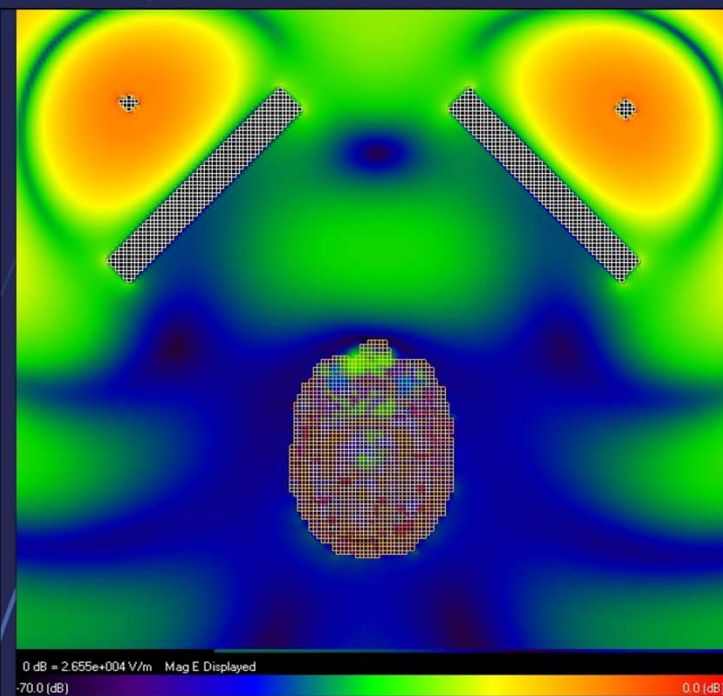


Ekranska mreža je postavljena između antenskog sistema i čoveka na nekoliko centimetara od tela sa srednjom vrednošću od 5 cm

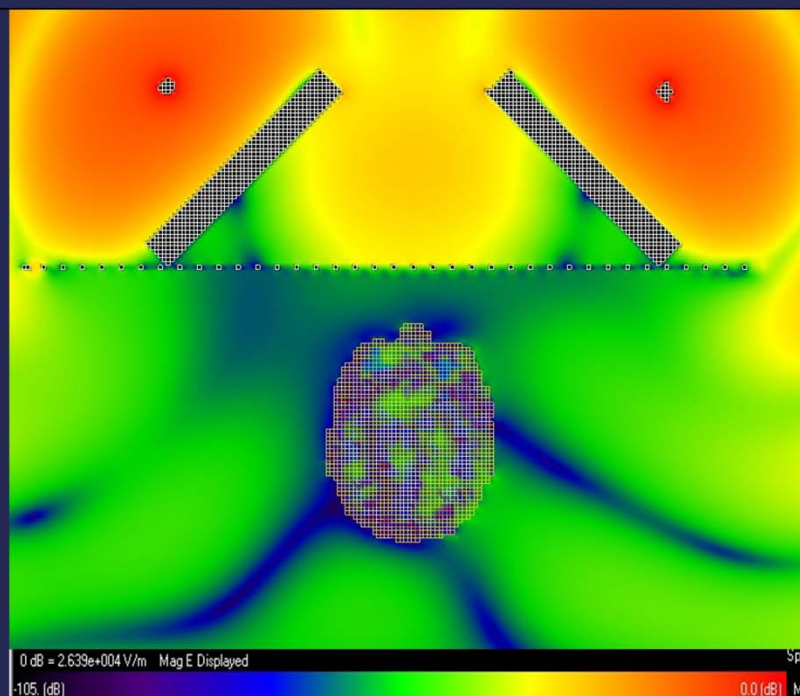
Dimenzija kvadratnog otvora mreže 10mm i prečnik provodnika 1mm



SIMULACIJA I REZULTI PRI KORIŠĆENJU ZAŠTITNOG EKRANA



Slika 5 – Intenzitet električnog polja u očima u položaju 1



Slika 6 – Intenzitet električnog polja u očima u položaju 1 sa ekranom

SIMULACIJA I REZULTI PRI KORIŠĆENJU ZAŠTITNOG EKRANA

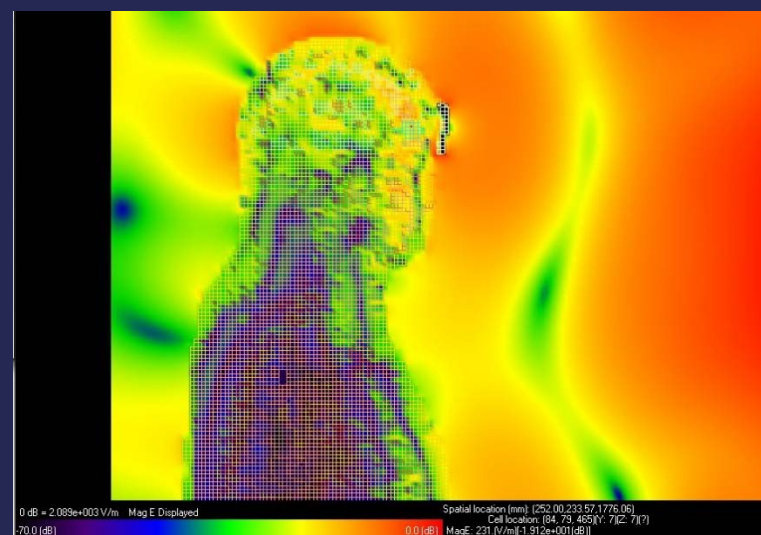
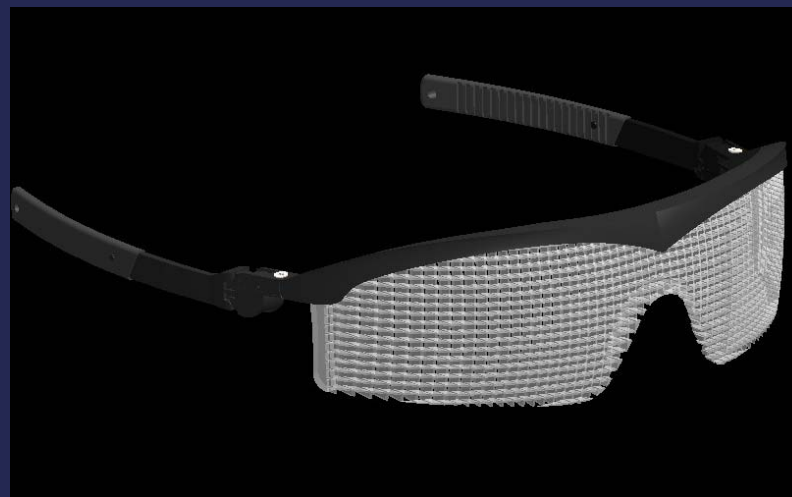
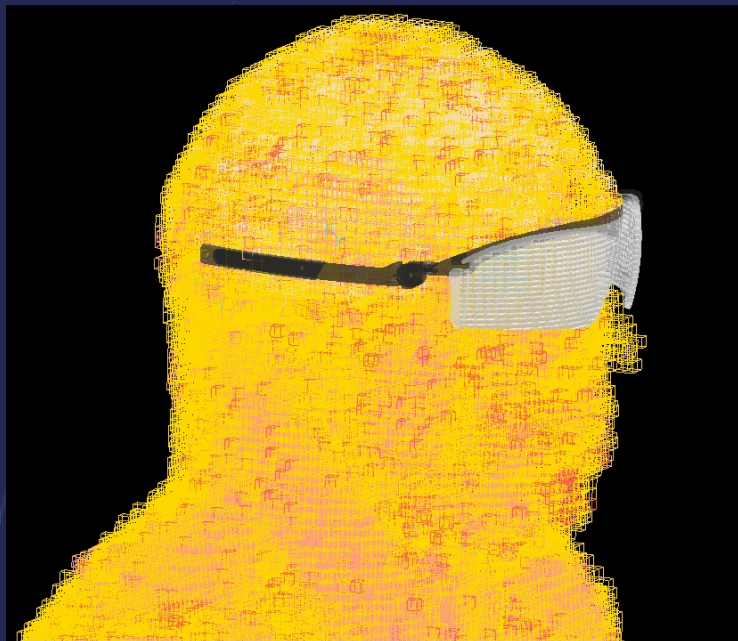
Tabela 5 – *Maksimalne vrednosti električnog polja sa i bez ekrana*

Tkivo	E_1 (V/m)	$E1^*$ (V/m)	E_2 (V/m)	$E2^*$ (V/m)	E_3 (V/m)	$E3^*$ (V/m)
Mozak (bela masa)	581	74.5	525	34.8	344	29.1
Sočivo oka	233	22.6	160	16.1	102	17.8
Testis	260	18.8	274	7.32	132	6.72

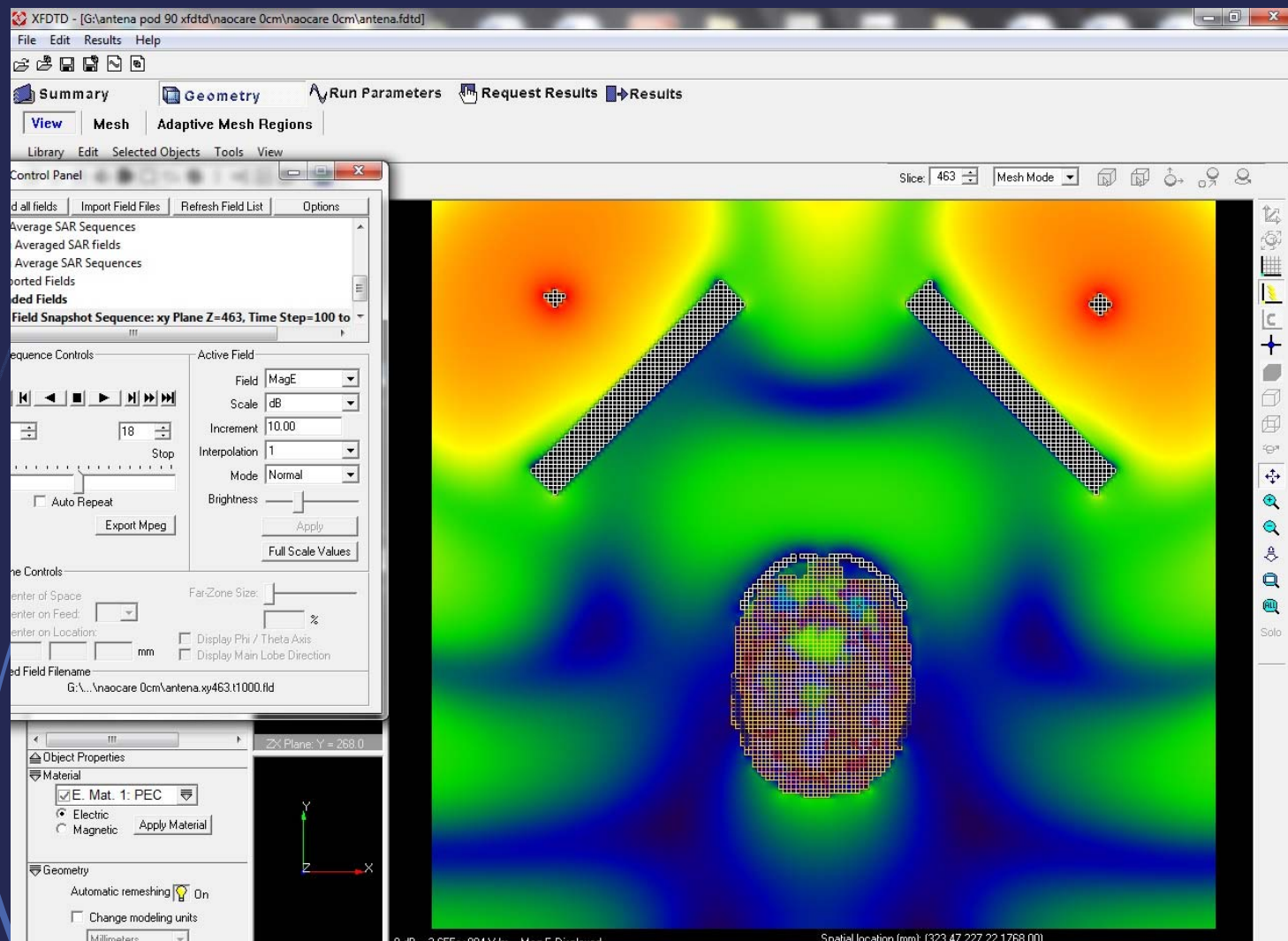
Tabela 7 – *Profesionalna ekspozicija za vremenski promenljiva elektromagnetna polja mobilne telefonije u opsegu frekvencija GSM 900MHz prema INCNIRP.*

Tip ograničenja	E - jačina električnog polja (V/m)	SAR - celo telo (W/kg)	Lokalizovani SAR – glava i trup (W/kg)
Osnovna ograničenja	-	0.4	10
Referentni nivoi	90	-	-

SIMULACIJA I REZULTI PRI KORIŠĆENJU NAOČARA



SIMULACIJA I REZULTI PRI KORIŠĆENJU NAOČARA



DISKUSIJA REZULTATA I ZAKLJUČAK

Dobijeni rezultati električnog polja u mozgu i testisima i SAR usrednjenog za celo telo i lokalizovanog SAR za glavu i trup prekoračuju dozvoljene granične vrednosti.

Za jedan zamišljeni ekran izvršen je proračun elektromagnetnih veličina u telu servisera i dobijeni rezultati su pokazali smanjenje jačine električnog polja i SAR za 6 do 10 puta, što svodi ove veličine na vrednosti prihvatljive na osnovu pravilnika i standarda [7].

Rezultati ukazuju na potrebu daljeg istraživanja radi razvoja ličnih zaštitnih sredstava koji bi ova profesionalno izložena grupa mogla da koristi.



5G ?



2011. Svetska zdravstvena organizacija klasifikovala RF i MW kao moguće kancerogene materije (grupa 2B).

Studija objavljena u časopisu Journal Environment International pod naslovom "Pregled ekoloških učinaka radiofrekventnih elektromagnetskih polja (RF-EMF)" pregledala je 113 studija u kojima je utvrđeno da RF-EMF ima značajan učinak na ptice, insekte, kičmenjake, druge organizme i biljke u 70% od studije.

5G ?



2011. Svetska zdravstvena organizacija klasifikovala RF i MW kao moguće kancerogene materije (grupa 2B).

Rak kao dugoročna posljedica dugotrajne izloženosti. Radiofrekventno zračenje utiču na naše ćelije mnogo pre nego što se rak razvije. Naše telo reaguje oksidativnim stresom i upalnim procesima. Kada se izlaganje ponavlja ili produžuje, ti se mehanizmi održavaju i mogu uzrokovati poremećaje spavanja, poremećaje u kognitivnim i reproduktivnim funkcijama, oštećenje ćelije i DNK.

5G i WiFi ?



Dugoročno, obrambeni sistemi tela se iscrpljuju i prete bolesti:

- ponovljene infekcije
- neplodnost
- poremećaji u razvoju (npr. embrionalni)
- neurološki i neuropsihijatrijski poremećaji
- kardiovaskularne bolesti
- neurodegenerativne bolesti uključujući Alzheimerovu bolest
- karcinomi

KNJIGE - LITERATURA

Dejan D. Krstić, Dušan Sokolović, Metode i rezultati istraživanja štetnog dejstva elektromagnetnih zračenja u životnoj sredini naučna monografija. - 1. izd. - 2021.



Dejan D. Krstić, Dušan Sokolović, Metode i rezultati istraživanja štetnog dejstva elektromagnetnih zračenja u životnoj sredini naučna monografija. - 1. izd. - 2021.





HVALA NA PAŽNJI

Pravilno je i
HVALA NA
PAŽNJI
i
HVALA ZA
PAŽNJU.