

# Karakteristike i zaštita od neionizirajućeg zračenja

---

Zirdum, Lana

Undergraduate thesis / Završni rad

2016

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **Karlovac University of Applied Sciences / Veleučilište u Karlovcu**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:128:021901>

Rights / Prava: [In copyright](#)/[Zaštićeno autorskim pravom.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2025-01-30**



**VELEUČILIŠTE U KARLOVCU**  
Karlovac University of Applied Sciences

Repository / Repozitorij:

[Repository of Karlovac University of Applied Sciences - Institutional Repository](#)



zir.nsk.hr



DIGITALNI AKADEMSKI ARHIVI I REPOZITORIJI

**VELEUČILIŠTE U KARLOVCU  
ODJEL SIGURNOSTI I ZAŠTITE  
STRUČNI STUDIJ SIGURNOSTI I ZAŠTITE**

**Lana Zirdum**

**KARAKTERISTIKE I ZAŠTITA OD NEIONIZIRAJUĆEG  
ZRAČENJA**

**ZAVRŠNI RAD**

**Mentor:**

**Slaven Lulić, dipl.ing.**

**Karlovac, 2016.**

**VELEUČILIŠTE U KARLOVCU**  
**ODJEL SIGURNOSTI I ZAŠTITE**

**ZAVRŠNI ZADATAK**

Student: Lana Zirdum

Naslov teme: Karakteristike i zaštita od neionizirajućeg zračenja

Opis zadatka: U završnom radu obradit će se neka svojstva neionizirajućeg zračenja kao i zaštita od tog zračenja.

Zadatak zadan:

04/2016

Rok predaje rada:

07/2016

Predviđen datum obrane:

09/2016

Mentor:

Slaven Lulić, dipl. ing.

Predsjednik ispitnog povjerenstva:

Ivan Štedul, prof.

## **SAŽETAK**

Elektromagnetski okoliš, naročito neionizirajući, bitno se promijenio u 20. stoljeću. Prirodni i mnogi izvori koje je načinio čovjek proizvode elektromagnetsku energiju u obliku elektromagnetskih valova koji se sastoje od oscilirajućih električnih i magnetskih polja. Neionizirajuće zračenje uključuje niskoenergetsko ultraljubičasto zračenje, vidljivu svjetlost, infracrveno zračenje, radiofrekventna i mikrovalna polja, polja ekstremno niskih frekvencija kao i statična električna i magnetska polja. Zadnjih nekoliko godina povećalo se zanimanje javnosti za utjecaj neionizirajućih elektromagnetskih polja na zdravlje čovjeka. Živimo u svijetu vrlo brzih tehnoloških promjena. Mnogi uređaji koji proizvode elektromagnetska polja dolaze na tržište bez dovoljne prethodne provjere njihovog djelovanja na zdravlje čovjeka. U nastavku završnog rada će se pobliže objasniti svaki pojam i izvori vezani za neionizirajuće zračenje i utjecaj na čovjeka.

## **SUMMARY**

Electromagnetic environment, especially non-ionizing has changed in the 20th century. There are natural and many sources of man-made products electromagnetic energy in the form of electromagnetic waves, which consists of oscillating electric and magnetic fields. Non-ionizing radiation includes low-energy ultraviolet radiation, visible light, infrared radiation, radio frequency and microwave fields, extremely low frequency fields like static electric and magnetic fields. The last few years has increased public interest in the impact of non-ionizing electromagnetic fields on human health. We live in a world of very fast technological site. Many devices that produce electromagnetic fields come to market without sufficient prior assessment of their effects on human health. This paper will more closely explain each term and sources related to non-ionizing radiation and the effect on humans.

# SADRŽAJ

1) UVOD U NEIONIZIRAJUĆE ZRAČENJE .....	1
1.1) Izvori.....	2
2) OPTIČKO ZRAČENJE .....	3
2.1) Laseri.....	4
3) RADIOVALNO I MIKROVALNO ZRAČENJE .....	5
3.1) Smjernice o izlaganju .....	5
3.2) Utjecaj polja kratkog dometa .....	6
3.1) Utjecaj polja velikog dometa .....	8
4) RADIOVALNO I MIKROVALNO ZRAČENJE - Izvori .....	9
4.1) Mobilni uređaji .....	9
4.2) Radio i tv odašiljači.....	10
4.3) Mikrovalne pećnice.....	10
4.4) Velike satelitske antene.....	11
5) ELF – EKSTREMNO NISKE FREKVENCIJE .....	12
5.1) Mjerenje i prevencija.....	12
6) ELF – EKSTREMNO NISKE FREKVENCIJE - IZVORI .....	13
6.1) Električne centrale .....	13
6.1.1) Vlakovi.....	13
6.3) Videoterminali.....	14
6.4) Svjetlosno zračenje .....	14
6.5) Izmjenična električna polja .....	15
6.6) Magnetska polja .....	16
6.7) Elektrostatička polja.....	17
6.8) Zaštita.....	18
7) PRIRODNA ZRAČENJA .....	19
7.1) ELF survey meter .....	20
7.2) Omega Max.....	21
7.3) Detektor tehničkog zračenja .....	22
8) ZAKLJUČAK .....	23
LITERATURA .....	24

## POPIS SLIKA

Slika1. Elektromagnetski spektar.....	2
Slika 2. Shema elektromagnetnog spektra .....	6
Slika 4. Zračenje mobilnih uređaja.....	9
Slika 5. Zračenje Antena.....	11
Slika 6. Spektar svjetlosnog zračenja .....	15
Slika 7. Uređaj za mjerenje jakosti električnih i magnetskih polja .....	20
Slika 8. Uređaj za utvrđivanje električnog i magnetskog polja .....	21

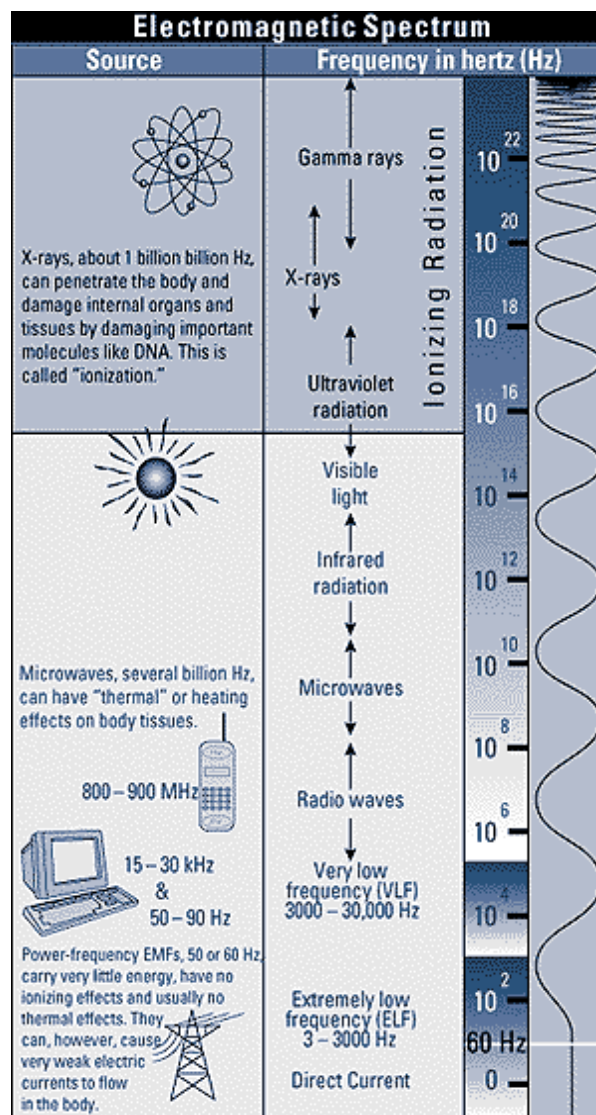
# 1) UVOD U NEIONIZIRAJUĆE ZRAČENJE

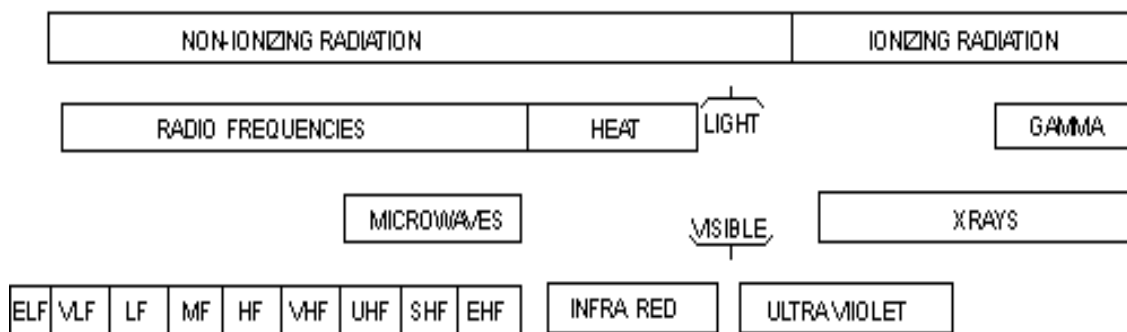
Neionizirajuća zračenja su elektromagnetska polja i elektromagnetski valovi frekvencije niže od 3.000.000 GHz ili ultrazvuk frekvencije niže od 500 MHz , a koji u međudjelovanju s tvarima ne stvaraju ione (tj. nemaju dovoljnu energiju da potpuno izbace elektrone iz njihove orbite i tako uvjetuju nastanak iona; prema zakonu o zaštiti od neionizirajućih zračenja, Članak 2).

U područje neionizirajućeg zračenja spada

Optičko zračenje

- ultraljubičastozračenje (Ultra-violet – UV)
- infracrvenozračenje (Infra-red – IR)
- vidljivi spektar (visible light)
- radiovalovi, mikrovalno zračenje, električna i magnetska polja (ELF)





**Slika1. Elektromagnetski spektar**

Prema engleskim nazivima : VLF = verylowfrequency, LF = lowfrequency, MF = mediumfrequency, HF = highfrequency, VHF = ultrahighfrequency, UHF = veryhighfrequency, SHF = super highfrequency, EHF = extremelyhighfrequency

### 1.1) Izvori

Izvor neionizirajućih zračenja jest svaki uređaj koji proizvodi jednu ili više vrsta neionizirajućih zračenja ( prema zakonu o zaštiti od neionizirajućih zračenja, Članak 2. ). Osim uređaja koji proizvode neionizirajuće zračenje postoji i zračenje izazvano od strane prirodnih izvora. Prema tome, možemo reći da na nas djeluju “tehnička” i “prirodna” neionizirajuća zračenja.



## 2) OPTIČKO ZRAČENJE

**INFRACRVENO ZRAČENJE** – su elektromagnetski valovi u intervalu valnih duljina između 0,8 mikrometara (vidljive crvene svjetlosti) i oko 1mm (najkraćih valova). Nevidljivo je ljudskom oku, ali zato zračenje možemo osjetiti u obliku topline. Neki od izvora infracrvenog zračenja su infracrvene lampe i grijači, sunce, velike peći svih vrsta (talionice, centralnog grijanja), zavarivanje, proizvodnja stakla i čelika. Primjenjuje se u mnoge svrhe npr. u fizikalnoj terapiji u medicini, za infracrvene fotografije, pri identifikaciji pojedinih vrsta molekula itd.

**ULTRALJUBIČASTO ZRAČENJE (UVZ)** – je onaj dio spektra sunčevog zračenja koji je svojom valnom dužinom od oko  $4 \cdot 10^7$  m do  $6 \cdot 10^{-10}$  m upravo iznad (ultra=iznad) onog koji naše oko opaža kao ljubičasti dio sunčeve svjetlosti (u elektromagnetskom spektru ultraljubičasto zračenje se, po valnoj duljini i frekvenciji, nalazi između rendgenskog i vidljivog spektra). UVZ zračenje se emitira kada pobuđeni atomi prelaze iz višeg energetskeg stanja u niže, otpuštajući pri tom fotone energija u području UVZ-a. Izvori ultraljubičastog zračenja kao što su uvz laseri, sunce i kvarcne lampe imaju vrlo štetan učinak na kožu, potkožno tkivo i općenito na cijeli organizam ovisno o valnoj duljini i količini izloženosti (oštećenje vida, crvenilo, starenje i boranje kože, rak kože).

## 2.1) Laseri

**LASER** je skraćenica od skupa riječi: Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation, a ime je za izvor svjetlosti kod kojeg se za razliku od konvencionalnih izvora svjetlosti, svjetlost generira mehanizmom stimulirane emisije. Lasere razlikujemo po različitim aktivnim laserskim medijima u kojima se stvara lasersko zračenje, što određuje osnovna svojstva emitiranog zračenja (frekvenciju, spektralnu poluširinu, snagu).

Budući da se laserska zraka može usko fokusirati, lasersko svjetlo može biti mnogo intenzivnije od obične svjetlosti, posebno praskovi. Jačina lasera se kreće od nekoliko mikrovata do nekoliko biliona vata u kratkim praskovima.

**FDA (Food and Drug Administration)** regulira sve vrste lasera, od onih korištenih za operacije do onih koje možemo naći u trgovinama mješovite robe.

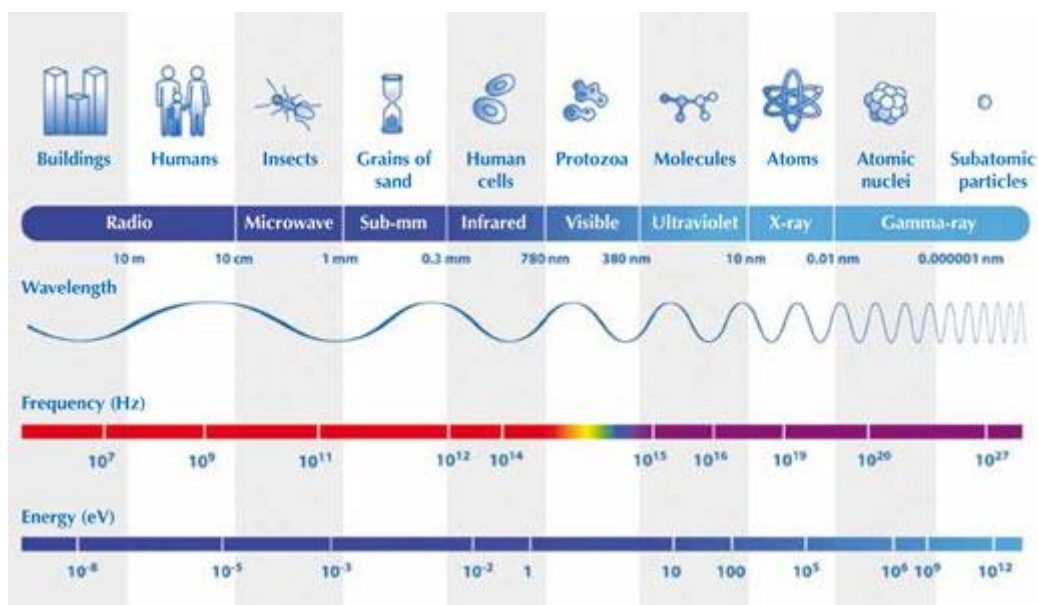
FDA zahtjeva da većina lasera imaju upozoravajuće naljepnice o zračenju i drugim opasnostima te svi moraju imati certifikat da su laseri u skladu sa FDA sigurnosnim regulacijama. Laser jest izvor neionizirajućeg zračenja koji odašilje usmjereno koherentno elektromagnetsko zračenje u idealnim uvjetima na jednoj frekvenciji, a stvarno u uskom pojasu frekvencija u optičkom području.

### **3) RADIOVALNO I MIKROVALNO ZRAČENJE**

Tijekom 19. stoljeća znanstvenici su otkrili i vizualizirali više različitih vrsta prije nevidljive svjetlosti: ultraljubičasto (UV) i infracrveno (IR) zračenje, X-zračenje i gama zračenje, radiovalno i mikrovalno zračenje. Ubrzo je postalo očito da su vidljiva svjetlost i novootkrivene vrste svjetlosti očitovanje jedne te iste pojave: elektromagnetnog (EM) zračenja. Različiti se tipovi EM zračenja razlikuju po energijama: gama zračenje ima najveću energiju, slijedi X zračenje, UV, vidljiva pa IR svjetlost. Vrste EM zračenja valnih duljina većih od IR svjetlosti klasificiraju se u radiovalno zračenje. Ono je podijeljeno u sub-milimetarske valove, mikrovalove i dugovalne radiovalove. Za razliku od optičkog zračenja (UVZ, infracrveno, vidljiva svjetlost) mikrovalno i radiovalno zračenje prodire dublje i može djelovati na unutarnje organe. Problemu izlaganja ljudi RF poljima može se prići ispravno, uzimajući u obzir frekvenciju, modulaciju, usmjerenost i relativnu lokaciju izvora.

#### **3.1) Smjernice o izlaganju**

Smjernice o izlaganju postoje da bi se zaštitilo potrošače i općenito ljude od kratkoročnih ili dugoročnih zdravstvenih tegoba povezanih s izvorima RF radijacije. Na primjer, u Velikoj Britaniji, Nacionalni Radiološki Zaštitni Odbor (National Radiological Protection Board - NRPB) smatra se odgovornim za postavljanje i nadopunjavanje izlagajućih standarda, koji su osnovani na trenutnim i prošlim sakupljenim znanstvenim dokazima, te međunarodnim vodičima osiguranim od strane Europske unije, Međunarodne Komisije Zaštite od Neionizirajuće Radijacije (International Commission on Non-ionizing Radiation Protection – ICNIRP) i Svjetske Zdravstvene Udruge (World Health Organization - WHO).



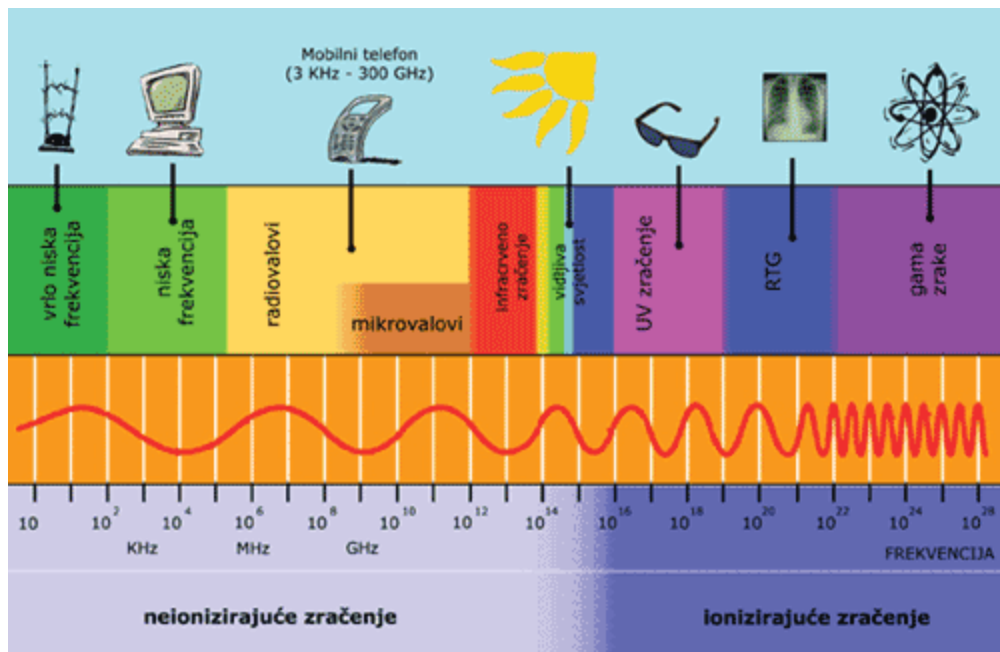
Slika 2. Shema elektromagnetnog spektra

### 3.2) Utjecaj polja kratkog dometa

Na jako malim udaljenostima od RF izvora elektromagnetska polja se mogu podijeliti na tri osnovne podjele: elektrostatika, vođenje i zračenje. Komponente elektrostatike i vodljivih polja imaju veliku magnitudu blizu izvora, ali naglo opada sa udaljenošću. Takva polja ne zrače energiju, ali ju sadrže unutar prostora koje okružuje izvor. Suprotno, polja radijacije opadaju linearno s udaljenošću (što dovodi do obrnuto – kvadratnog zakona snage) i kombinacija je električnog i magnetskog polja u fazi (kad je električno i magnetsko polje u svom maksimumu), ali osobito da su pod pravim kutovima, te okomiti smjeru propagacije. Trenutna ljudska zabrinutost je sa mobilnim telefonima, osobito digitalne varijante (900 MHz i 1800/1900 MHz). U tom slučaju snaga odašiljača varira (čak i do 1W) i ovisi o karakteristikama prijenosa između bazne stanice i telefona. Posljednja proučavanja pokazuju da ti telefoni rade blizu granica izlaganja kada se drže blizu glave te zahtijeva još istraživanja.

Mobiteli su uređaji koji emitiraju niskofrekventne elektromagnetske valove, odnosno radio valove i to samo kada su uključeni. U stvari, mobiteli su visokosofisticirani radio aparati. Mobilni telefoni komuniciraju odašiljući radio valove preko mreže antena koje zovemo bazne stanice. Radio valovi su oblik neionizirajućeg zračenja i uzrokuju

zagrijavanje tkiva, ali ne značajno. Također, povezuje ih se i s poticanjem nastanka karcinoma, još uvijek nedovoljno konzistentno.



Slika 3. Shema elektromagnetnog spektra

### 3.1) Utjecaj polja velikog dometa

Udaljavajući se od izvora RF signala, elektrostatska i vodljiva polja se znatno smanjuju sa udaljavanjem te prevladava polje zračenja (gdje električno i magnetsko polje imaju  $1/r$  ovisnost). Udaljenost na kojoj se to događa ovisi o efektivnom razmaku antene i radne valne dužine; tada sferna valna fronta počinje prilaziti čistom uniformiranom faznom valnom frontom do udaljenog promatrača.

Ljudsko izlaganje poljima velikog dometa pojavljuje se s izvorima kao što su televizija i radiododašiljači, mobilne bazne stanice, te odašiljači s hitnih servisa. Ovdje je cijelo tijelo ozračeno i vodljivo spajanje s izvorom se ne pojavljuje uz pretpostavku da poremećaji zračenih polja imaju zanemariv utjecaj na sam izvor, koji je ekvivalentan podrazumijevajući radijaciju od izvora ka beskonačnoj udaljenosti.

Elektromagnetski val je efektivno izazvan od glave do pete sa pojedinačnom količinom snage. Ljudsko tkivo će dio snage upijati, a dio odbijati ovisno o tipu tkiva i frekvenciji vala. Pregrijavanje je posljedica apsorpcije i akumulacije mikrovalne energije u vodenom mediju živih tkiva. Termički učinak mikrovalnog zračenja u neposrednoj je povezanosti s jakošću mikrovalnog zračenja. Iako jakost zračenja pri uporabi mobilnih uređaja neće dovesti do oštećenja organizma, ipak moramo biti pažljivi, jer se fiziološke promjene tkiva pri pregrijavanju događaju već pri promjeni temperature za  $1^{\circ}\text{C}$  osobito kod očiju i testisa koji su slabo prokrvljeni organi (što znači da imaju slabu sposobnost učinkovite autoregulacije temperature, odnosno samoohlađivanja).

## 4) RADIOVALNO I MIKROVALNO ZRAČENJE - Izvori

### 4.1) Mobilni uređaji

U SAD-u mobilni telefoni rade na dvije osnovne frekvencije 850 MHz i 1900 MHz. Europski mobilni telefoni koriste GSM ( drugačija tehnologija od većine telefona u SAD-u ), frekvencije blizu 900 MHz i 1800 Mhz. Zabrinutost zbog zračenja ovih mobitela je zbog pretjeranog grijanja tkiva. Broj korisnika mobitela stalno raste i na kraju 2009. procjenjuje se da je u svijetu bilo oko 4,6 milijardi pretplatnika.



**Slika 4. Zračenje mobilnih uređaja**

U Hrvatskoj početkom 2011. bilo je 6,3 milijuna korisnika mobitela. Uglavnom se istraživao utjecaj uporabe mobitela na pojavu tumora mozga. Pošto se mnogi karcinomi mogu otkriti tek dugo vremena nakon izlaganja kancerogenima, a mobiteli se upotrebljavaju niti 20 godina, razumljivo je da se završene epidemiološke studije odnose na one karcinome kojima je potrebno manje vremena da se otkriju.

Pojedine europske zemlje čak razmatraju zabranu upotrebe mobitela u školama. Nedvojbeno je da štetni utjecaj postoji, ali pitanje koliko razmišljamo o njemu u svakodnevnom korištenju i koliko će još vremena proći prije nego što vidimo stvarne posljedice. Preporuke postoje već i od samih proizvođača pojedinih uređaja koje jasno navode na kolikoj udaljenosti je potrebno držati uređaj od tijela

## **4.2) Radio i tv odašiljači**

Signal radio i tv antena je bitan izvor zračenja u okolišu. Količina zračenja kojoj može biti izložen radnik ili ovisi o frekvenciji zračenja.

Antene odašilju na različitim frekvencijama, u ovisnosti o kanalu, od 550 kHz za AM radijske do 800 MHz za UHF televizijske stanice. Mjerenja koja su obavljena oko takvih antena u nastanjenim područjima pokazuju da nivo zračenja je tipično dosta ispod onoga koji se smatra opasnim. Radnici koji popravljaju ili vrše određene radove na antenama su izloženi poljima velike jačine. Da ne bi do toga došlo trebalo bi osigurati da se radi na antenama kada ne odašilju signale i da se specificira minimum udaljenosti na kojoj je radnik zaštićen. Radiovalovi ili radijski valovi su veliko područje elektromagnetskih valova s valnom duljinom većom od one infracrvenog zračenja, a zajednička im je osobina da se mogu proizvesti protjecanjem izmjenične električne struje u napravi koja se zove antena.

## **4.3) Mikrovalne pećnice**

U.S. Food and Drug Administration (FDA) regulirala je emisije zračenja mikrovalnih pećnica. Po standardu se zahtjeva da pećnice imaju dva unutrašnja sistema za zaključavanje koji sprečavaju da pećnica proizvodi mikrovalove kada se vrata pećnice otvore. Standard dopušta curenje zračenja oko  $1\text{mW/cm}^2$  (mjereno 5 cm od pećnice) pri proizvodnji i maksimalni nivo od  $5\text{mW/cm}^2$ . Nakon ispitivanja i mjerenja došli su do zaključka da su pećnice sigurne za kućnu i industrijsku upotrebu.

## **4.4) Velike satelitske antene**

Tipične ovakve antene se sastoje od paraboličnih antena, veličine od 10 do 30 metara u promjer, koje se koriste za odašiljanje i primanje signala od satelita u orbiti oko zemlje. Neke od ovih satelitskih antena služe samo za primanje radiosignala.



Budući da one ne odašilju nikakve signale nema nikakve opasnosti od zračenja od njih.

Satelitske antene odašiljači zbog odašiljanja na velike udaljenosti (do određenog satelita) koriste relativno ogromnu energiju za razliku od mikrovalnih point-to-point antena. Zrake koje se koriste za odašiljanje signala sa zemlje ka satelitima su relativno uske i visoko usmjerene što znači da vjerojatnost većeg izlaganja tom zračenju je značajno smanjena. U najgorem slučaju ,pri direktnom izlaganju zračenju, nivo zračenja bi bio sto puta manji od dozvoljene. Pristup tim antenama je također zabranjen.



**Slika 5. Zračenje Antena**

Izbjegavanje mjesta štetnih zračenja u vrlo kratkom vremenu u ljudskom tijelu stvara ravnotežu i rebalans električnih stanja unutar živčanog sustava, osigurava da mozak (kao osnovni generator strujnih bioelektričnih impulsa) kroz živčani sustav ostvaruje sinkronizaciju rada unutrašnjih organa i organskih sustava, te psihomotoričkih funkcija.

Isti pozitivan učinak se može očekivati ukoliko i dalje boravimo u uobičajenom prostoru, a štetna zračenja su stabilizirana nekim od raspoloživih metoda zaštite – uspješno instalirana zaštita od štetnih zračenja.

## **5) ELF – EKSTREMNO NISKE FREKVENCIJE**

Zbog prebivanja na mjestima, koja su puna buke, ili nižih vibracija, tokom vremena možete postati uznemireni. Takvi zvukovi će povući vašu svjesnost dolje - razmišljat će te na vrlo ograničen način. Mogu degradirajuće utjecati na vaš um, tako da će te htjeti samo zapaliti cigaretu ili otići u bar nakon posla. Drugačije rečeno, izloženost nižim vibracijama obično uzrokuje degradiranje naše svjesnosti. Znanost o vibracijama i frekvencijama i njihovom učinku na čovjeka postoji već tisućama godina. Potvrde toga pronalazimo u drevnim Vedskim tekstovima.

Zračenje ekstremno niskih frekvencija uključuje izmjeničnu struju (alternating current AC) i neionizirajuće zračenje od 1 Hz do 300 Hz. Budući da su to niske frekvencije ( valne duljine su reda 1000 km ) stvaraju se statička elektromagnetska polja. Polja ekstremno niske frekvencije sadrže razdvojeno, neovisno magnetsko električno polje. Utjecaj zračenja ekstremno malih frekvencija ovise o jačini izvora magnetskog polja udaljenosti od izvora i vremena provedenog u magnetskom polju. Električna i magnetska polja od 60 Hz stvorena su električnim vodovima i električnom opremom.

### **5.1) Mjerenje i prevencija**

Zračenju ekstremno niskih frekvencija (misliti se najviše na jaka magnetska polja) najviše su izloženi radnici koji rade blizu električnih sustava koji za rad koriste velike količine električne energije (npr. velike električni motori, generatori, napajanje, električni kablovi građevine). Jaka magnetska polja su također izmjerena u blizini električnih pila i bušilica, fotokopirnih uređaja električnih šiljila za olovke i ostalih malih električnih uređaja (npr. sušilo za kosu, električni brijač).

## **6) ELF – EKSTREMNO NISKE FREKVENCije - IZVORI**

Prijenosne linije dalekovoda prenose struju preko velikih udaljenosti i obično rade na 100 kilovata i više.

Jačina magnetskog polja tih linija je određena iznosom struje koja teče, uređenosti i blizinom prijenosnih linija, visinom prijenosnih linija iznad zemlje i udaljenosti od drugih dalekovoda. Polja vodiča mogu imati vrlo složenu prostornu distribuciju. Pored tih normalnih varijacija u jakosti polja Zbog velikih jakosti polja ispod dalekovoda pogubni utjecaji na ljude su rano otkriveni i dokazani te se zna da je jedino rješenje bijeg od dalekovoda. Ipak, do nedavno je zanemarivano da ta struja (naravno, znatno manjih jakosti) teče i električnim instalacijama u našim domovima, produžnim kabelima koji su protežu ispod naših radnih stolova i naših nogu te razno raznim električnim uređajima koji nas okružuju u sve većem i većem broju. električno polje ispod vodiča doživljava promjene ovisno o svojoj okolini.

### **6.1) Električne centrale**

Električne centrale vrše kontroliranje i prijenos struje na električne sustave. Najjača magnetska polja oko električne centrale dolazi od prijenosnih linija dalekovoda koje ulaze i izlaze iz električnih centrala. Transformatori unutar električnih centrala proizvode jaka magnetska polja koja ostaju lokalizirana oko transformatora. Gledajući iza ograde električne centrale, magnetska polja koja proizvodi električna oprema unutar centrale su mala.

#### **6.1.1) Vlakovi**

Neki vlakovi koriste izmjeničnu ,a neki istosmjernu struju. Neki koji koriste izmjeničnu struju rade na 25 ili 16.75 Hz. Malo se zna o biološkim efektima 25 ili 16.75 Hz izmjenične i istosmjerne struje. Područja jakog izmjeničnog magnetskog polja su

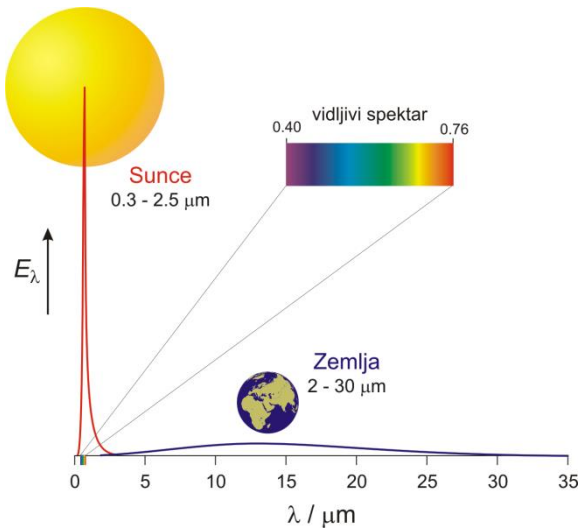
izmjerena blizu poda vlakova koji koriste istosmjernu struju. Magnetska polja izmjerena u vlakovima koji koriste izmjeničnu struju 60 Hz su oko 500 miligausa na nivou putničkog sjedala.

## **6.2) Video terminali**

Kao reakcija na rastuću zabrinutost za efekte izazvane zračenjem vrlo niskih frekvencija (ELF radiation), Švedska je vlada razvila skup normi koje bi trebale minimizirati izloženost takvom zračenju za vrijeme rada s videoterminalima. Norme su nazvane prema švedskim inicijalima Švedskog instituta za mjerenja i testiranja (Swedish Board for Measurement and Testing), MPR. Prvi je standard nazvan MPR I, koji se fokusirao na promjenjiva magnetska polja s frekvencijama između 1KHz i 400 KHz. Ovaj se standard bavio samo horizontalnim frekvencijama monitora.

## **6.3) Svjetlosno zračenje**

Kada snop elektrona udari u fosforni sloj na unutrašnjoj površini zaslona, generira se vidljiva svjetlost koja omogućuje da vidimo ono što zraka opisuje po zaslonu. Osim korisne vidljive, proizvodi se i nevidljivo infracrveno i vrlo slabo ultraljubičasto svjetlo relativno velike valne duljine (UVA) koje se u usporedbi s udjelom u dnevnom svjetlu može praktično zanemariti. Mnogo opasniju ultraljubičastu svjetlost kraćih valnih duljina (UVB i UVC) videoterminali ne proizvode. Možda jedini problem s ultraljubičastim svjetlom je taj što ga naše oko direktno gleda, a što obično nije slučaj s dnevnom svjetlošću jer nikad ne gledamo ravno u njen izvor, to jest u sunce. Elektromagnetsko zračenje je oblik energije, a spektar takvog zračenja daje informaciju o njegovom sastavu. Kompletan spektar elektromagnetskog zračenja obuhvaća od X-zraka na visokoenergetskom, kratkovalnom području do radio valova na niskoenergetskom, dugovalnom području.



**Slika 6. Spektar svjetlosnog zračenja**

#### 6.4) Izmjenična električna polja

Izvori zračenja su vrlo različiti od električnih postrojenja niskog i visokog napona, tramvaja, mobilne telefonije i mobitela i njihovih odašiljača, mikrovalnih pećnica do radara.

U ekstremnim slučajevima ljudi mogu biti izloženi jakostima električnih polja i do 30 kV/m te magnetskoj indukciji do nekoliko mT. Takve jakosti elektromagnetskih polja mogu inducirati struje gustoće od 10 mA/m<sup>2</sup> do nekoliko stotina mA/m<sup>2</sup> u ljudskom tijelu i time stvarati stanovite smetnje i oštećenja zdravlja. U niskonaponskim postrojenjima stvaraju se električna polja slabih i beznačajnih vrijednosti i ne predstavljaju nikakvu opasnost za ljudsko zdravlje. Izvori izmjeničnog električnog i magnetskog polja u području I su prije svega jedinica za napajanje (powersupply) frekvencije 50Hz (u SAD je to 60 Hz). U ovo frekvencijsko područje dolazi i generator napona koji određuje broj promjena slika u sekundi to jest "broj obnavljanja" (refresh rate). Kod starijih modela monitora, u nas dosta prisutnih, ta je frekvencija često jednaka mrežnoj, to jest 50 Hz, dok se kod novih modela kreću od uobičajenih 70 Hz do visokokvalitetnih 120 Hz. Na osnovi mjerenja ovih polja unutar i izvan monitora utvrđeno je da se njihova jakost može smanjiti ispod razine jakosti okolnih polja, te se od proizvođača to i zahtijeva. Ovo se, naravno, može postići samo ako je videoterminalska oprema pravilno uzemljena što je svojevrsan problem. Naime,

veoma često i kod nas i u svijetu, na električnom vodu poznatom kao "nula" zbog lošeg ili predalekog uzemljenja javlja se napon koji nekad doseže i do 100 V.

## 6.5) Magnetska polja

Protok električne struje kroz vodič proizvodi magnetsko polje. Ova polja uvijek oblikuju zatvorenu petlju oko vodiča koji ih je uzrokovao. Gustoća magnetskog toka (magnetska indukcija) se mjeri u teslama (T). Kako je ova jedinica jako velika u praksi se koriste  $\mu\text{T}$  i  $\text{nT}$ . Ako je električna struja koja teče kroz vodič izmjenična, tada ona proizvodi izmjenično magnetsko polje. Kod videoterminala ovo polje uglavnom nastaje u svicima za otklon elektronskih zraka (deflekcioni svici) koji su smješteni na vratu katodne cijevi. Da bi se željeni vertikalni i horizontalni otkloni katodne zrake postigli, oba magnetska polja moraju imati "pilasti" oblik.

Jakost magnetskog polja  $H$  i magnetska indukcija  $B$ , u sredstvu permeabilnosti  $\mu$  vezani su na način:

$$B = \mu * H, \mu = \mu_0 * \mu_r$$

Magnetsko polje zamišljamo kao vektorsko polje. Prema toj zamisli svakoj točki prostora pripada vektor polja  $B$ . Određivanje tog vektora u općem slučaju je "matematički" složeno. Ipak za pojedine točke u prostoru postoje jednostavne formule kojima se časkom određuje jakost polja. Npr. za okrugli zavoj to je točka u središtu:  $B = \mu_0 \cdot I / 2 \cdot R$  ili za dugu ravnu zavojnicu je polje unutar zavojnice  $B = \mu_0 \cdot N \cdot I / l$ .

## 6.6) Elektrostatička polja

Da bi se na fosfornom premazu katodne cijevi (zaslona) monitora pobudilo svjetlo energija snopa elektrona kojima se bombardira premaz mora biti dovoljno velika, a to se postiže jakim istosmjernim električnim poljima.

Iz tog razloga svaki monitor u sebi ima visokonaponski ispravljač čiji se izlazni napon kreće u granicama od 10 kV do 30 kV zavisno od izvedbe katodne cijevi. Monitori u boji u pravilu koriste više napone nego jednobojni. Električno polje djeluje na sve naboje koji se nalaze u tom polju. Djelovanje se iskazuje tako da električno polje nastoji pomaknuti električne naboje koji se nađu u njemu. Iz toga proizlazi da u svakoj točki električnog polja postoji određena potencijalna energija.

Ako je taj naboj slobodan, pomaknut će se. Ne bi nikako trebalo zaboraviti i da se često sam korisnik "naelektrizira", na primjer trenjem hlača o tkaninu kojom je presvučen stolac, te prilikom dodira s uzemljenim metalnim predmetima dolazi do neugodnih električnih pražnjenja za čiji uzrok se nerijetko optužuje računalska oprema. Iz tog razloga počeli su proizvođači računalske opreme proizvoditi takvu opremu koja omogućuje postupnu neutralizaciju nagomilanog naboja na korisniku preko onih dijelova koje korisnik često dodiruje.

## 6.7) Zaštita

Ako smo u prilici da donosimo odluku o kupnji nove računalske opreme, dakle i videoterminala, tada se na kvaliteti monitora ne bi smjelo štedjeti. Gotovo svi proizvođači koji drže do svog ugleda u svijetu nude monitore visoke ili vrlo visoke kvalitete, ali se na tržištu još mogu naći i oni nedovoljno kvalitetni. Uskoro se u našoj zemlji može očekivati i velika ponuda rabljene računalske opreme koja više ne zadovoljava nove standarde zemalja europske ekonomske zajednice (EEZ), a koju prema zajedničkim usvojenim propisima moraju bilo uskladiti s novim propisima ili zamijeniti novom kvalitetnijom opremom.

Bilo kako bilo, situaciju u kojoj smo mi osobno, uglavnom možemo poboljšati. Upotrebom kvalitetnih zaštitnih filtera može se smanjiti količina štetnog ultraljubičastog svjetla koje naše oko prima, a ujedno se mogu poboljšati i druga ergonomska svojstva monitora o kojima u ovom napisu nije bilo govora. Tako se, na primjer može postići bolja oštrina prikaza znakova, ali nažalost, da bi se ovo svojstvo postiglo vrlo često je potrebno pojačati osvjetljenje zaslona. Jače osvjetljenje zaslona se ostvaruje povećanjem visokog napona kako bi energija elektronskog snopa bila viša, a to za posljedicu ima jači intenzitet zračenja uz neizbježno skraćivanje radnog vijeka katodne cijevi.



## 7) PRIRODNA ZRAČENJA

Pod prirodnim zračenjima razumijevamo neionizirajuća zračenja iz izvora kao što su podzemni vodeni tokovi, geološki lomovi, Hartmannova mreža i Curryjeva mreža te kozmička zračenja. Ljudski organizam tijekom svog života u svakom je trenutku izložen ionizirajućem zračenju. Najveći udio ozračivanja dolazi od prirodnih izvora zračenja. To su kozmičko zračenje, zračenje iz tla i zidova, te zračenje u ljudskom tijelu. Godišnje ekvivalentne doze od prirodnog zračenja ovise o lokaciji i tipične vrijednosti su između 1 mSv i 15 mSv. Manji dio ozračivanja dolazi od umjetnih izvora zračenja koji su nastali ljudskim djelovanjem. To su ozračivanje u medicini, ozračivanje nuklearnim oružjem i ozračivanje zbog nesreća na nuklearnim postrojenjima. Prosječna godišnja doza od umjetnog zračenja iznosi tipično 0,6 mSv. Sve generacije živih bića bila su i bit će izložena ionizirajućem zračenju. Sve do otkrića radioaktivnosti čovjek nije bio svjestan da je ionizirajuće zračenje dio njega i njegove okoline. Čovjek je izložen ozračivanju iz prirodnih izvora koje nije posljedica ljudskog djelovanja. Te prirodne izvore zračenja čine kozmičko zračenje, zračenje iz tla i zidova, te zračenje u ljudskom tijelu. Čovjek je svojim djelovanjem stvorio nove izvore ionizirajućeg zračenja (npr. rendgenske aparate, nuklearne reaktore, nuklearne bombe) koje nazivamo umjetnim izvorima zračenja. Prirodna zračenja su uzrok bolesti ljudi, životinja i biljaka. Ona slabe organizam i čine ga podložnim oboljenjima. Tu se, isto kao i kod tehničkih zračenja (odnosi se na sva zračenja uzrokovana različitim električnim uređajima), javlja problem djelovanja mikro energija u makro vremenu. Mikro energija u makro vremenu - odnosno želi se reći da zračenja ma koliko mala bila, ako smo njoj izloženi svakodnevno neko vrijeme, ipak će djelovati na nas u velikoj mjeri (primjer : kada bi na naše čelo pala jedna kapljica vode ne bi nam smetalo niti nas boljelo no kad bi tako stajali satima (danima ) onda bi to već postalo neizdrživo). Ljudski organizam je najizloženiji pogubnom djelovanju zračenja u fazi sna jer je tada najneotporniji te se na istoj poziciji nalazi prosječno 7 do 8 sati dnevno tijekom više godina.

## 7.1) ELF surveymeter

HI-3604 mjerni sustav namijenjen je analizi i mjerenju električnih i magnetskih polja koja su povezana sa 50/60 Hz sustavima prijenosa energija te distribucijskom mrežom zajedno sa uređajima koji koriste takvu energiju. Omogućeno je direktno digitalno očitavanje jakosti polja kao i spoj na osciloskop. Ovaj uređaj je napredni i sofisticirani alat za precizne izmjere okoline vezano uz električna i magnetska polja. Zavojnica koja se sastoji od par stotina zavoja fine žice nalazi se oko strujno osjetljivih diskova. Kada se postavi u promjenjivo magnetsko polje u zavojnici se inducira struja koja je proporcionalna jakosti mjenenog magnetskog polja. Snaga magnetskog polja se zatim određuje mjerenjem napona na završetcima zavojnice. Dok bi neprekinuta petlja pružila izlaz koji je direktno proporcionalan frekvenciji magnetskog polja, HI-3604 primjenjuje sklopovlje za elektroničku kompenzaciju što rezultira u prepravljenom frekvencijskom odzivu koji ravan u frekvencijskom opsegu bitnom za mjerenje. To omogućuje ovom instrumentu da bude korišten u okolini sa vrlo izraženim harmonicima, a da postigne precizne izmjere polja. Širokopojasni odziv se zahtijeva kod mjerenja polja koja imaju značajnu harmoničku distorziju i koja se mogu javiti kod električnih strojeva.



**Slika 7. Uređaj za mjerenje jakosti električnih i magnetskih polja**

## 7.2) Omega Max

Ovaj profesionalni detektor elektromagnetskih zračenja namijenjen je svima koji žele precizno utvrditi prisutnost električnog i magnetskog polja. U stanju je detektirati električna polja od 0,1 V/m do 20 kV/m te magnetska polja od 1 nT pa sve do 20 mT u području frekvencija od 10 Hz do 100 kHz. Prekoračenje za ljudski organizam dozvoljenih vrijednosti instrument signalizira svjetlosnim i zvučnim signalom. Digitalni prikaz omogućuje precizno i jednostavno očitavanje vrijednosti. Digitalni LCD zaslon omogućuje jednostavno praćenje jakosti kako magnetskog tako i električnog polja. Pomoću ovog instrumenta može se vrlo dobro vidjeti kako jakosti polja kod raznih električnih aparata variraju po jakosti, a time i po dosegu škodljivog polja.



Slika 8. Uređaj za utvrđivanje električnog i magnetskog polja

### **7.3) Detektor tehničkog zračenja**

Pored mnogih prirodnih zračenja danas je čovjek dodatno opterećen sa tehničkim izvorima zračenja kao što su električni uređaji (radio i TV prijarnici, računala, kućanski aparati, instalacije, utičnice, dalekovodi ...). Svi ti uređaji proizvode elektromagnetska polja. Pojedini uređaji imaju takvo polje da nakon desetak centimetara njihova jakost pada van granica opasnosti za ljudski organizam ali je većina njih štetna na veće udaljenosti pa čak u pojedinim slučajevima i do 100 metara. Znanstvena istraživanja su pokazala da sva takva zračenja djeluju štetno na ljudski organizam i remete elektrokemijske procese u tijelu. Prema programu BIOTEHNIKA elektronička instrumentalna detekcija i sanacija štetnih zračenja odvija se u četiri osnovna koraka / faze. Ukupno vrijeme za detekciju i neutralizaciju zračenja u stanu prosječne površine od 80 iznosi oko 30 do 45 minuta. Ukoliko se detekcija odnosi na veću površinu jednoetažnog stana ili više-etažne stambene površine (kuće i sl.) onda detekcija traje duže vremena.

## 8) ZAKLJUČAK

Ionizirajućim zračenjem smatra se svako zračenje, bilo da se radi o česticama ili o elektromagnetskom zračenju, koje je sposobno u interakciji s materijalom, ionizirati atome materijala – tvari kroz koju prolazi, odnosno izbaciti jedan ili više elektrona iz elektronskog omotača neutralnog atoma, čime on postaje ion. Taj proces zahtjeva energiju, koja je najmanje jednaka energiji vezanja elektrona u atomu. Ona varira unutar širokog raspona, od nekoliko elektronvolta za najslabije vezane elektrone do preko stotinu keV-a, za najače vezane elektrone u najtežim atomima, poput urana. Neionizirajuća zračenja su elektromagnetska polja i elektromagnetski valovi frekvencije niže od 3.000.000 GHz ili ultrazvuk frekvencije niže od 500 MHz. Izvor neionizirajućih zračenja jest svaki uređaj koji proizvodi jednu ili više vrsta neionizirajućih zračenja. U međudjelovanju s tvari dolazi do izmjene energije i izmjene strukture ozračene tvari. Takve posljedice mogu biti korisne, ali i vrlo štetne. Elektromagnetsko zračenje uglavnom nastaje prijelazom elektrona s više energijske razine na nižu razinu, zatim kočenjem ili promjene smjera gibanja elektrona, te u procesima promjene stanja atomske jezgre. Osnovna svojstva elektromagnetskog zračenja su brzina prostiranja, frekvencija, pripadna valna duljina, te energija kvanta (fotona).

## 9) LITERATURA

1. <http://www.azoo.hr/images/stories/dokumenti/Laseri.pdf>
2. <http://www.scienceinschool.org/node/2556>
3. [http://www.zzjzdnz.hr/hr/zdravlje/okolis\\_i\\_zdravlje/379-ch-0?&l\\_over=1](http://www.zzjzdnz.hr/hr/zdravlje/okolis_i_zdravlje/379-ch-0?&l_over=1)
4. [www.hrcak.srce.hr/file/64325](http://www.hrcak.srce.hr/file/64325)
5. <http://www.ordinacija.hr/zdravlje/ohr-savjetnik/je-li-zracenje-mobitela-zaista-opasno>
6. [http://energodisk.com/?page\\_id=44](http://energodisk.com/?page_id=44)
7. [https://www.fer.unizg.hr/download/repository/ElERas\\_predavanje\\_1%5B2%5D.pdf](https://www.fer.unizg.hr/download/repository/ElERas_predavanje_1%5B2%5D.pdf)
8. <http://www.gradimo.hr/clanak/utjecaj-elektromagnetskih-polja/25853>
9. <http://www.holo.hr/Formule/Pregled/tabid/62/fid/Fiz10-02/Default.aspxhttp://osnove.tel.fer.hr/VJEZBEOE/zavojnica.htm?x=12>
10. [www.sau.ac.me/tehnologijametal/Prvicas.pdf](http://www.sau.ac.me/tehnologijametal/Prvicas.pdf)
11. Poljak, D. Izloženost ljudi neionizirajućem zračenju. Zagreb : Kigen, 2006.
12. Raos, N. Opasnost od mobitela : (što je istina, a što su priče). Zagreb : Institut za medicinska istraživanja i medicinu rada, 2003.
13. Zirdum, H. Neionizirajuće zračenje: izvori, mjerenja, prevencija.