

MLADI ZA NAPREDEK MARIBORA 2020

37. SREČANJE

Elektromagnetno sevanje v gospodinjstvih: upravičen strah ali mit?

Elektrotehnika

Raziskovalna naloga

Avtor: SIMONA ZLATANOVA
Mentor: MARTIN PETRUN IN MILOŠ BEKOVIĆ, MARKO JAGODIČ
Šola: II. GIMNAZIJA MARIBOR

Maribor, februar 2020

MLADI ZA NAPREDEK MARIBORA 2020

37. SREČANJE

Elektromagnetno sevanje v gospodinjstvih: upravičen strah ali mit?

Elektrotehnika

Raziskovalna naloga

Maribor, februar, 2020

Kazalo:

1.	
- Zahvala.....	7
- Povzetek	8
- Uvod.....	10
- Metode.....	12
- Cilji.....	13
2. TEORETIČNE OSNOVE.....	14
- Elektromagnetni spekter.....	14
- Električno omrežje.....	15
- Električno polje.....	16
- Magnetno polje.....	17
- Prenašanje električne energije.....	18
- Objekti in naprave elektroenergetskega omrežja.....	18
- Razvrstitev nadzemnih daljnovodov.....	19
- Polja okoli nadzemnih daljnovodov.....	20
- Visokonapetostni podzemni kablovodi.....	21
- Človek v električnem polju.....	22
- Smernice ICNRP.....	23
- Priporočilo sveta Evrope.....	24
- Slovenska zakonodaja.....	24
- Grafična prednastavitev.....	25
3. REZULTATI	
- Slike meritve	27
- Tabela z vrednostmi jakosti električnega polja.....	28
- Električno polje, izmerjeno s neprofesionalno napravo.....	29
- Slike meritve.....	30
- Vrednosti magnetnega polja.....	31
- Vrednosti magnetnega polja, izmerjene z neprofesionalno napravo.....	32

- Razprava.....	34
- Zaključek.....	32
- Viri.....	38
- Priloge.....	39

Zahvala

Rada bi se zahvalila svojim mentorjem, ker so vedno odprti za nasvete, predloge in sodelovanje: mojim mentorjem na Fakulteti za elektrotehniko v Mariboru, ki so me vodili skozi celoten postopek in mojemu učitelju fizike za podporo. Zahvalila bi se tudi Laboratoriju za Aplikativno elektromagnetiko ter gospodu Viktorju Goričanu za izvedbo meritev.

Povzetek Prvi sklop zajema teoretični ozadje elektromagnetnega sevanja. V drugem sklopu pa bomo podrobno razvrstili različne vrste sevanja in identificirali vire sevanja. Zaradi zavedanja, da smo vedno in povsod izpostavljeni različnim vrstam sevanja, nas zanima ali in kako to vpliva na naše zdravje. Pri tem smo se osredotočili na neionizirajoče sevanje, ki ga povzročajo vsakodnevno uporabljene električne naprave. S pomočjo specifičnih merilnih naprav sem določila številčne vrednosti električnih in magnetnih polj, ki jih ustvarijo nekatere pogosto uporabljane gospodinjske naprave. Obravnavana polja v okolici teh naprav smo izmerili s profesionalno opremo in s pomočjo mobilnih aplikacij. Na koncu smo izmerjene vrednosti primerjali z najvišjimi dovoljenimi vrednostmi, ki jih predpisujejo ustrezne institucije, vključno s slovensko zakonodajo, priporočili EU in drugimi. Zaključek, predstavljen v zadnjem razdelku, odgovarja na vprašanje, kako škodljivo je sevanje za naše zdravje.

1

Uvod:

Ali sevanje lahko uvrstimo med neželenimi učinek sodobne tehnologije? Kaj prav za prav sevanje je? Sevanje je nekaj, brez česar ne moremo živeti. Vse zvezde, vključno s soncem in drugimi segretim teles, so vir sevanja. Zvočni valovi tudi sevajo. V svoji najpreprostejši obliki je sevanje opredeljeno kot prenos in oddajanje energije v obliki načinov in delcev, ki se razširjajo skozi prostor. Sevanje je proces, s katerim se energija prenaša. Vpliv sevanja je odvisen od frekvence in energije, shranjene v valovih. Če je energija dovolj velika, da lahko izbije elektrone, in tako proizvede ione, govorimo o ionizirajočem sevanju. Poleg tega, smo v vsakdanjem življenju izpostavljeni tudi neionizirajočemu sevanju, ki ga preprosto opredelimo kot sevanje, kadar sevanje nima dovolj energije, da bi izbil elektrone.

Sevanje lahko razdelimo tudi glede na njihov izvor.

- Izvor elektromagnetnega sevanja predstavljajo nabiti delci, ki nihajo zaradi povišane temperature v snovi. To vrsto sevanja povzročajo tudi nihanja elektronov v žici, ki se pojavljajo v antenah in drugih različnih električnih napravah.
- Mehansko sevanje, ki ga povzročajo delci, ki povzročajo širjenje mehanskih valov skozi snov.
- Druga vrsta sevanja je sevanje delcev, ki se pojavi, ko energijo širijo delci. Primeri za tovrstno sevanje so sevanje delcev in radioaktivno razpadanje snovi.

Vpliv sevanja na naše zdravje je tema, o kateri se je treba pogovarjati. Odvisno je od različnih dejavnikov, vključno s pogostostjo, razdaljo, trajanjem izpostavljenosti itd. Ko govorimo o naravnem sevanju, ne moremo veliko narediti, da bi ga nadzorovali. Toda sevanje, ki ga povzročajo različne električne naprave, ki smo jim izpostavljeni, je nekaj, kar zadeva ljudi in posledično pritegne njihovo pozornost. Mnogi so prepričani, da je ravno elektromagnetno

sevanje eden največjih dejavnikov tveganja za nastanek raka ali katere koli druge resne bolezni. Pravilnost teh trditev so že večkrat preučevali. Toda število parametrov, ki vplivajo je ogromno in je zato zelo težko sklepati in zaključiti. Navajeni smo na sončne žarke, razen če so premočni (nevarnost opoldanskega sonca). V istem smislu lahko elektromagnetno sevanje, ki ga povzročajo računalniki, telefoni ali mikrovalovne pečice, označimo kot škodljivo ali kot nekaj, kar naša telesa lahko normalno sprejmejo.

V okviru raziskovalne naloge smo poskusili ovrednotiti sevanja, ki smo jim izpostavljeni v vsakdanjem življenju. Poleg tega smo rezultate, dobljene pri merjenju s profesionalnimi napravami primerjali z vrednostmi, ki smo jih dobili z merjenjem z brezplačno spletno aplikacijo. Ta primerjava odpira vrata za delni odgovor na vprašanje, zakaj toliko raziskovalcev na to temo poda različne zaključke in zakaj nekateri menijo, da je elektromagnetno sevanje škodljivo, drugi pa da je povsem sprejemljivo za naša telesa.

Cilj tega raziskovalnega projekta je preučiti vpliv sevanja na zdravje. Izmerili bomo jakost električnega polja, ki ga povzročajo naprave. Upoštevali bomo različne vidike, kot so razdalja, čas trajanja itd. Vrednosti, ki jih bomo dobili bomo primerjali s tremi veljavnimi priporočili in zakonodajami: "Priporočila ICNIRP," Slovenska zakonodaja "in" Priporočila EU ". V okviru predstavljenega projekta bi ta primerjava razjasnila potencialno škodo, ki jo sevanje povzroča v naših telesih oz. našemu zdravju.

V okviru raziskovalne naloge se bomo osredotočili na neionizirajoče sevanje, ki ga povzročajo pogosto uporabljane naprave v vsakdanjem življenju. Preučili bomo vpliv sevanja v gospodinjstvih in morebitno škodo, ki jo povzročajo električne naprave, ki jih uporabljamo v vsakdanjem življenju.

Metode, uporabljene pri izvajanju tega raziskovalnega projekta:

Ko sem oblikovala raziskovalno vprašanje, sem začela iskati načine, kako to objektivno izvesti. Želela sem odgovoriti na vprašanje, zakaj na to temo najdemo toliko različnih odgovorov v različnih člankih. Za to moram pogledati kar nekaj perspektiv in stališč.

Metode raziskovanja:

1. teoretični pristop (uporaba literature, ki je na voljo o različnih virih, kot so knjižni in spletni viri).
2. opažanja - v svojem projektu sem preizkusila številne različne vire sevanja. Na določeni točki raziskovalnega vprašanja, smo se omejili na naprave, ki jih večina ljudi pogosto uporablja v vsakdanjem življenju.
3. eksperimentalno merjenje s telefonsko aplikacijo (Trifield TF2) - na to vprašanje sem želela odgovoriti z brezplačnimi orodji. Namen tega je bil primerjati resnične vrednosti s tistimi, ki jih pridobimo z uporabo enostavnih aplikacij, in tako pokazati pomen uporabe dobre opreme pri objavljanju raziskav na določeno temo.
4. profesionalno merjenje - ta meritev je bila bistveni del projekta, ki me je pripeljal do končnega zaključka. Merjenja sem izvajala z upoštevanjem različnih vidikov, ki vplivajo na jakost, kot so razdalja in ozemljitev.
5. Primerjava izmerjenih vrednosti z dovoljenimi vrednostmi s strani slovenske zakonodaje, priporočil EU in priporočil ICNIRP in tako pridobiti odgovor na raziskovalno vprašanje ali je neionizirajoče sevanje zelo škodljivo za našezdravje.

Cilji raziskovalnega projekta:

V povezavi z obravnavano tematiko je bilo izvedenih že veliko raziskav s ciljem, da bi ovrednotili vpliv sevanja na naše zdravje. Posledično lahko veliko člankov, ki obravnavajo to problematiko enostavno najdemo na internetu. Toda odgovori in prepričanja ljudi se pogosto razlikujejo, kadar obravnavamo občutljive tematike kot je sevanje; primer tega je medisjka izpostavljenost prihajajočemu 5G omrežju. S to raziskavo sem želela z lastnimi meritvami s profesionalnimi napravami podati številčne vrednosti za jakost magnetnega in električnega polja, ki jih povzročajo električne naprave, ki se uporabljajo v vsakdanjem življenju. V naslednji fazi raziskave je bil moj cilj primerjati vrednosti z najvišjimi dovoljenimi vrednostmi uradnih priporočil ustreznih institucij:

Specifični cilji v različnih fazah projekta so bili:

1. Pridobitev relevantne literature o izvoru sevanja.
2. Izvedba natančne meritve ob upoštevanju različnih faktorjev, ki lahko prispevajo k jakosti inducirane polja (vključno z razdaljo in ozemljitvijo merilne naprave).
3. Merjenje z brezplačno spletno aplikacijo pri enakih pogojih.
4. Primerjava pridobljenih vrednosti s številkami, ki jih navajajo nekateri uradni prispevki, da bi pridobili resnično sliko vpliva sevanja na naše zdravje.
5. Primerjava pridobljenih vrednosti z uporabo profesionalnih naprav s tistimi, ki jih dobili z merjenjem z brezplačno spletno aplikacijo in odgovor na sekundarno raziskovalno vprašanje, v kolikšni meri uporaba neustreznih merilnih orodij vodi do velikega števila različnih prepričanj o tej temi.

2 Teoretični del

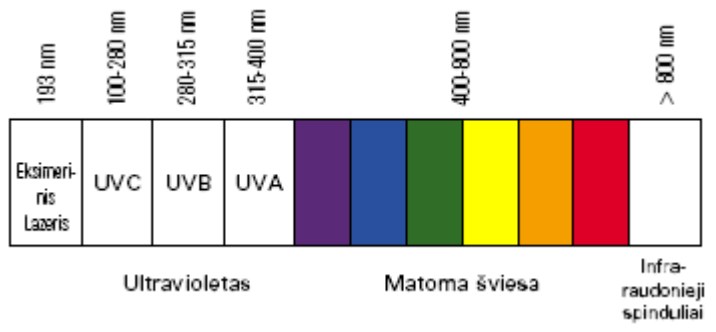
Elektromagnetni spekter

Elektromagnetni spekter predstavlja celotno porazdelitev elektromagnetnega sevanja glede na frekvenco ali valovno dolžino. Elektromagnetni valovi potujejo s svetlobno hitrostjo v vakuumu, vendar to počnejo s širokim razponom frekvenc, valovnih dolžin in energije.

Elektromagnetni spekter obsega razpon vsega elektromagnetnega sevanja in je sestavljen iz mnogih delov / podrazredov, kot so:

- nizke frekvence – na primer frekvenca delovanja elektroenergetskega sistema (50 Hz, kar pomeni približno 50 nihanj na sekundo)
- ultravijolična svetloba (nekje preko 10¹⁵ nihajev na sekundo)
- Gama žarki

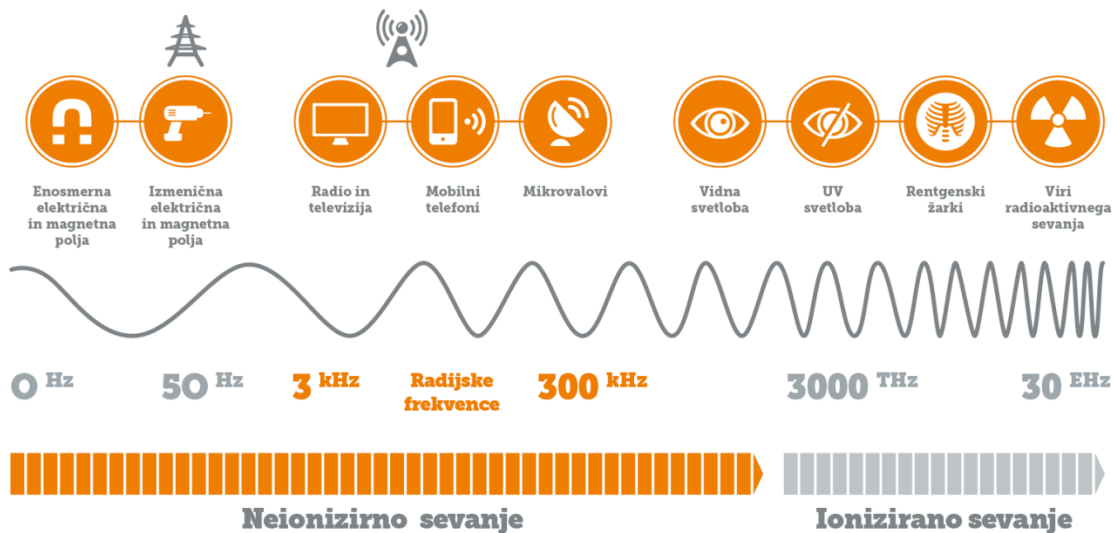
Spodaj na sliki 1 je predstavljen vizualni prikaz elektromagnetnih valov z različnimi frekvencami:



Slika 1/ Vir: <http://www.optikospasaulis.lt/index.php?utid=156&id=59>

Celotno elektroenergetsko omrežje v Sloveniji in po Evropi deluje z nominalno frekvenco 50Hz. To je osnovna frekvenca harmoničnih časovnih sprememb napetosti in električnega toka v

napravah elektroenergetskega omrežja in s tem časovna sprememba elektromagnetnih polj v okolju teh naprav in predmetov. Elektromagnetna polja, s frekvenco 50 Hz, spadajo v del neionizirajočih sevanj elektromagnetnega spektra, predstavljenega na spodnji sliki. Električna polja, pri katerih je frekvenca nižja od 300 Hz, imenujemo nizkofrekvenčna magnetna polja. Ko govorimo o elektromagnetnih poljih z nizko frekvenco, jih razdelimo in ločeno obravnavamo kot električna in magnetna polja.

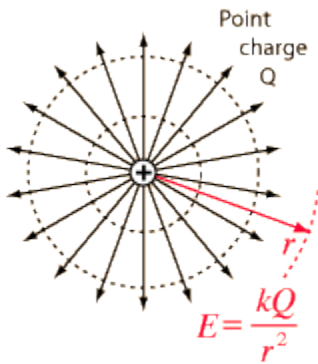


Vir: eles.si

Slika2 Elektomagnetni spekter

Električno polje - je opredeljeno kot prostor, kjer električna sila deluje na električne delce. Smer sile na pozitivni naboj določa za smer polja. Električno polje je radialno usmerjeno navzven iz pozitivnega naboja in radialno v smeri negativnega naboja. Vrednost jakosti električnega polja

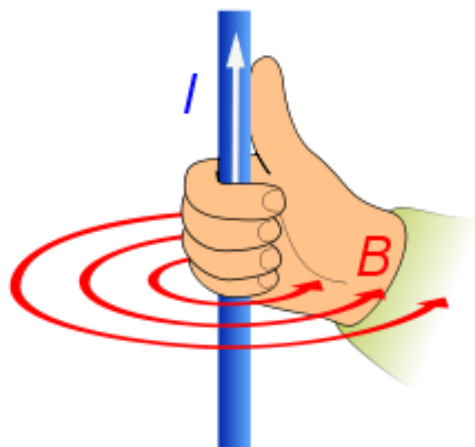
je sorazmerna s številom nabitih delcev v vodnikih. Višje kot so napetosti, večje so vrednosti električnega polja. Jakost električnega polja E se meri v voltih na meter (V/m).



Slika 3: Smer električnega polja v okolici nabitega delca/ Vir :<http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/>

Magnetno polje je opredeljeno kot prostor, v katerem sila deluje na vodnik skozi katerega teče električni tok. Magnetno polje se pojavi v bližini vseh vodnikov, ko skozi njih teče električni tok . Večji kot je tok, močnejše je magnetno polje. Značilna količina, ki jo najpogosteje imenujemo

magnetno polje, je gostota magnetnega pretoka B , ki jo merimo v enoti tesla (T). Običajno so vrednosti polja podane v milijon krat manjši enoti - mikrotlesli (μT).

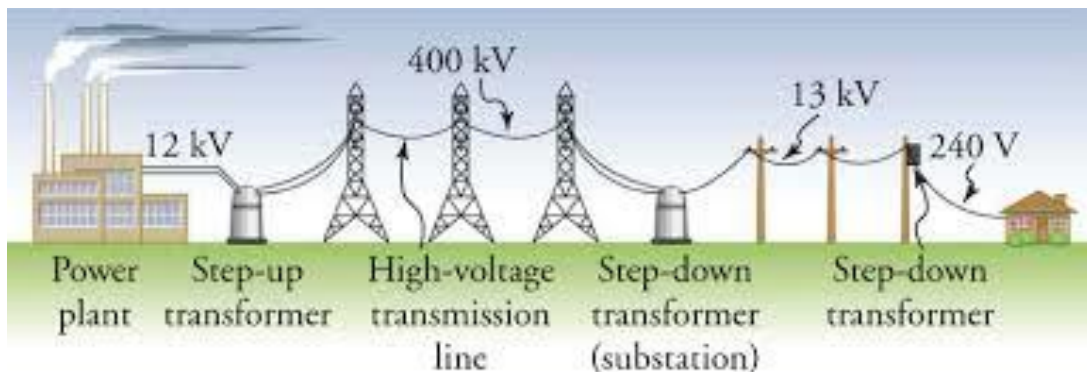


Slika4: Magnetno polje v okolici tokovodnika

Vir: physics.stackexchange.com

Prenos električne energije

Prenos električne energije se začne v elektrarnah, kjer se električna energija proizvaja. Nato se prenaša do transformatorjev. Naloga transformatorjev je povišanje napetostnega nivoja, s čimer zmanjšamo toke in izgube v daljnovodih pri prenosu električne energije. Električna energija se prenaša po vsej državi preko nadzemnih vodov različnih napetostnih nivojev. Nadzemni daljnovod je vod, ki se uporablja za prenos električne energije in distribucijo električne energije na velike razdalje. Ti daljnovodi so po navadi najcenejši način prenosa velikih količin električne energije. Nadzemni daljnovodi so zgrajeni iz prevodnikov, ki so povezani med seboj. Ti vodniki so podprti s stolpi ali drogovi. Stolpi imajo vlogo pri podpori in so narejeni iz lesa, jekla ali aluminija, občasno tudi iz ojačane plastike. Goli žični vodniki so običajno narejeni iz aluminija. V bližini končnih porabnikov se napetostni nivo s pomočjo transformatorjev ustrezno zniža, da je varen za domačo uporabo.



Vizualna predstavitev prenosa električne energije / Slika 5

- Vir: National Education Development Project (public domain)

Distribucijski transformatorji, ki znižujejo visoko napetost so povezani s hišami in električna energija se prenaša skozi števec, ki merijo, koliko energije porabimo v gospodinjstvu. Nato gre električna energija do električne omare, običajno nameščene v kletnih prostorih ali garažah, kjer odklopniki in varovalke ščitijo žice znotraj stavbe (hiše). Tako je odjemalčev dom zadnja postaja električne energije, ki se s pomočjo naprav pretvori v drugo vrsto energije.

Okoli električnih naprav, skozi katere teče električni tok, nastane električno polje, ki se spreminja z razdaljo in časom. V teh poljih, na določenem območju (lokalno), je največja vrednost sevanja dosežena na površini naprave in se običajno s povečevanjem razdalje hitro zmanjšuje. Vrednosti polja so odvisne od zgradbe naprave in izolacije v hiši.

Objekti in naprave elektroenergetskega omrežja

Pomembni oziroma izrazitejši viri nizkofrekvenčnega elektromagnetnega sevanja v okolju so visokonapetostni elektroenergetski objekti (kot so: daljnovodi, kablovodi, razdelilne in transformatorske postaje oziroma vse naprave nazivne napetosti nad 1 kV). Za umeščanje teh virov v prostor postavlja omejitve in nadzor tudi slovenska zakonodaja na področju elektromagnetnega sevanja (natančneje Uredba o elektromagnetnem sevanju v naravnem in življenjskem okolju, Ur. l. RS 70/1996), ki je ena najstrožjih na svetu. Pri teh infrastrukturnih objektih stroka preverja morebitno preseganje z Uredbo predpisanih mejnih vrednosti elektromagnetnega sevanja v bivalnem okolju. (Eles, 2019)

Razvrstitev daljnovodov

Razvrstitev nadzemnih daljnovodov

- Nizka napetost (LV) - manj kot 1000 voltov, ki se uporabljajo za povezavo s stanovanjskimi ali majhnimi komercialnimi odjemalci.
- Srednja napetost (MV; distribucija) - med 1000 voltov (1 kV) in 69 kV, ki se uporabljajo za distribucijo v mestnih in podeželskih območjih.
- Visokonapetost (HV; subtransmisija manjša od 100 kV; subtransmisija ali prenos pri napetostih, kot sta 115 kV in 138 kV), ki se uporabljajo za prenos velikih količin električne energije in povezavo z zelo velikimi porabniki.
- Zelo visoka napetost (EHV; prenos) - od 345 kV, do približno 800 kV, ki se uporabljajo za daljinsko zelo močan prenos energije.
- Ultra visoka napetost (UHV) - višja od 800 kV. (Vir: Wikipedia)

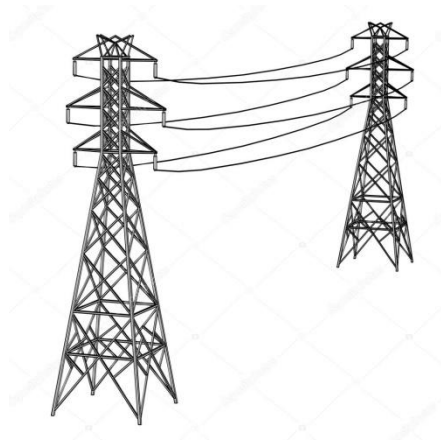
Elektromagnetno polje okoli nadzemnih daljnovodov.

Nadzemni daljnovodi so najbolj razširjeni elektroenergetski objekti. Nadzemni daljnovodi proizvajajo električna in magnetna polja v svoji okolici. Moč električnega polja na tleh doseže največjo vrednost neposredno pod daljnovodom in hitro pade na obe strani osi.

Najvišje vrednosti jakosti električnega in magnetnega polja običajno izmerimo pod nadzemnimi vodi pri najvišji napetosti 400 kV, kjer (jakost električnega polja) E doseže 100 000 V/ m in $B = 50 \mu\text{T}$ (jakost magnetnega polja).

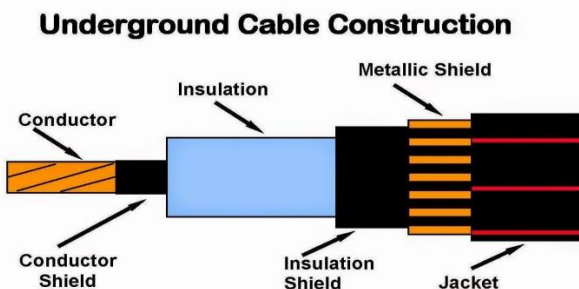
Na razporeditev električnega in magnetnega polja v prostoru okoli daljnovodov vplivajo naslednji parametri:

- geometrija vodnikov v tridimenzionalnem prostoru,
- fazna razporeditev prevodnikov,
- električna napetost in električni tok.



Slika 6/ Nadzemni vodi (daljnovodi)

Visokonapetostni podzemni kablovodi so v nasprotju z daljnovodi vir le magnetnega polja. Pri podzemnih kablovodih so posamezni vodniki izolirani in so zato lahko tudi bližje drug drugemu kot pri nadzemnih vodih z golimi vodniki, saj izolacija zmanjša električno polje v okolici vodnika. Posledično se jim, razen če so zakopani zelo globoko, lahko tudi bolj približamo, kar pomeni, da smo lahko izpostavljeni višjim jakostim magnetnega polja, saj magnetno polje ni zmanjšano v izolacijskem ovoju. V splošnem jakosti magnetnega polja na nivoju tal upadajo pri podzemnih kablovodih veliko hitreje z oddaljenostjo od osi kot pri nadzemnih vodih, vendar so lahko višje kot pri nadzemnih vodih pri majhnih razdaljah od osi kablovoda. (Vir: <https://www.eimv.si/pdf/Elektromagnetno-sevanje.pdf>)



Slika7:podzemna kabelska konstrukcija

Vir: <http://electricalengineeringhere.blogspot.com/>

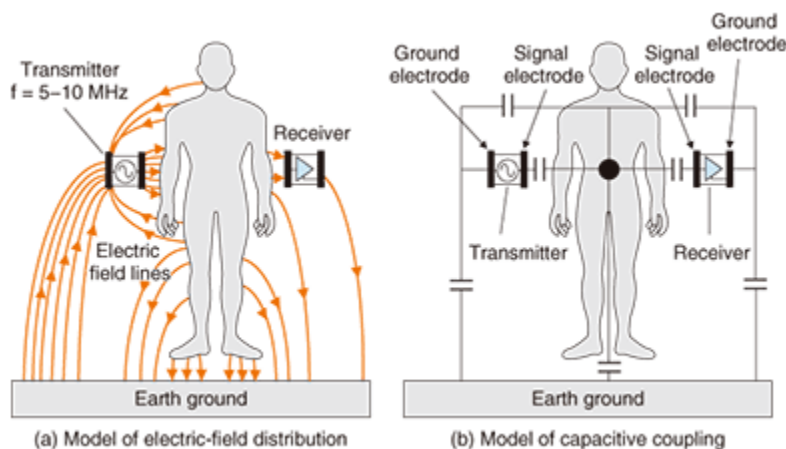
Viri električnega in magnetnega polja v naših domovih so žice in vse električne naprave. Električne naprave v obratovalnem stanju so pogosto vir nizkofrekvenčnega magnetnega polja, saj imajo vgrajene komponente kot so motorji, transformatorji, tuljave, napajalniki in tako naprej, ki so izpostavljeni električni napetosti in po katerih teče električni tok. V tem delu teoretične razlage je treba poudariti, da:

- Kjer koli se uporablja električna energija, obstajata magnetno in električno polje.
- Magnetna polja nastanejo zaradi pretoka električnega toka v vodniku.
- Električna polja nastanejo zaradi električne napetosti na vodniku.

Za električno ali magnetno polje, ki mu je uporabnik določene naprave izpostavljen, lahko v splošnem rečemo, da je zelo nehomogeno, kar pomeni, da niso vsi deli telesa enako izpostavljeni polju. Običajno je jakost magnetnega polja manjša, če je razdalja večja. To v bistvu pomeni, da so deli našega telesa, ki so bližje izvoru elektromagnetnega sevanja, pod večjim vplivom teh polj.

Številne naprave, ki jih uporabljamo v vsakdanjem življenju, lahko na svoji površini povzročijo zelo visoko stopnjo nizkofrekvenčnih magnetnih in električnih polj.

Številne električne naprave, kot so tablični računalniki, prenosni računalniki, mobilni telefoni in številne druge naprave, ki jih uporabljamo vsakodnevno, oddajajo sevanje, tudi če so v tako imenovanim načinu pripravljenosti.



Slika8: Človek v električnem polju

Vir: <https://www.ntt-review.jp>

Kot smo že omenili v prejšnjih delih, bomo vrednosti, pridobljeni z izvedenimi meritvami, primerjali z naslednjimi pomembnimi dokumenti (predpisi):



- **Smernice ICNIRP**

Slika4: Logo (izvor: vdocuments.com)

ICNIRP je Mednarodna komisija za zaščito pred neionizirajočim sevanjem (slika 4) in je v mednarodnem merilu največja avtoriteta na tem področju. V okviru njenih nalog je oblikovanje znanstvene baze podatkov o zdravstvenih učinkih EMS, razmejitve med znanstveno verodostojno dokazanimi in nedokazanimi zdravstvenimi učinki EMS in oblikovanje priporočil o omejevanju izpostavljanja ljudi. Najnovejše smernice ICNIRP, objavljene leta 2010 (Smernice za omejitve izpostavljanja časovno spremenljivim električnim in magnetnim poljem (1 Hz do 100 kHz, 2010), temeljijo na trenutnem stanju stroke na področju zaščite ljudi pred škodljivimi učinki elektromagnetnih polj. Mejne vrednosti, ki jih podajajo za splošno populacijo za polja omrežne frekvence, so $E = 5 \text{ kV/m}$ in $B = 200 \text{ } \mu\text{T}$. (Vir: eles.si)

- **Priporočilo Sveta Evrope**

V Evropi je za področje zaščite splošne populacije pred elektromagnetnim sevanjem sprejeto priporočilo iz leta 1999. Ta dokument vladam članic Evropske unije pri postavljanju ukrepov za omejevanje izpostavljenosti ljudi elektromagnetnim poljem priporoča upoštevanje izhodiščnih omejitev in referenčnih mejnih vrednosti (za frekvenco *50 Hz* sta referenčni mejni vrednosti 5 kV/m in $100 \text{ } \mu\text{T}$). (izvor: eles.si)

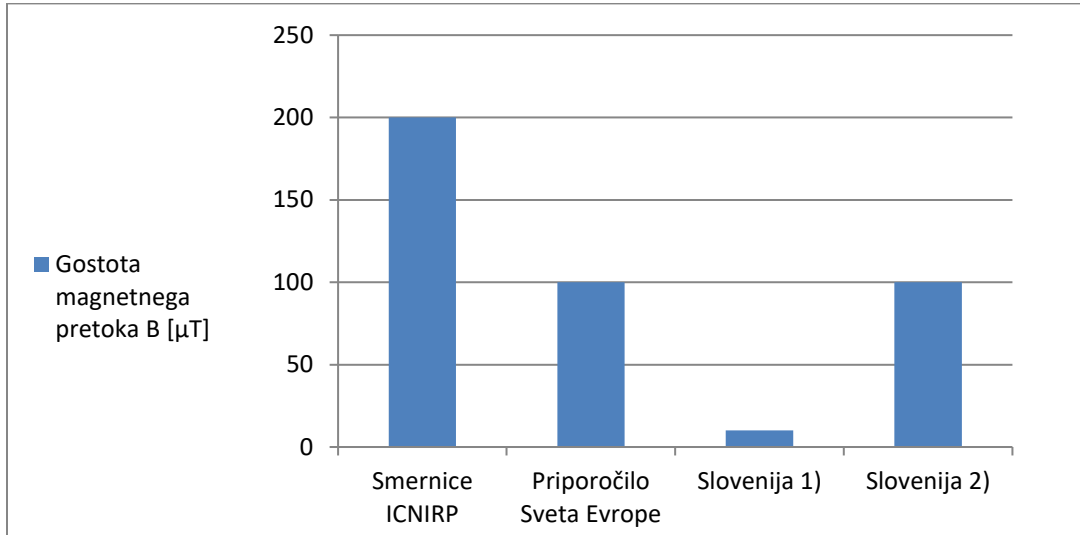
- Slovenska zakonodaja

V Sloveniji od leta 1996 velja Uredba o elektromagnetnem sevanju v naravnem in življenjskem okolju. Uredba je opredelila elektroenergetske objekte nazivne napetosti nad 1 kV kot vire elektromagnetnega sevanja in jih glede na datum pridobljenega gradbenega dovoljenja razdelila na obstoječe in nove oziroma rekonstruirane vire sevanja. Okolje je razdelila v dve kategoriji: na I. območja in II. območja varstva pred sevanjem. Pri tem so I. območja s povečano stopnjo varstva pred sevanjem, II. območja pa so vsa ostala. Mejne vrednosti za električno in magnetno polje omrežne frekvence so naslednje:

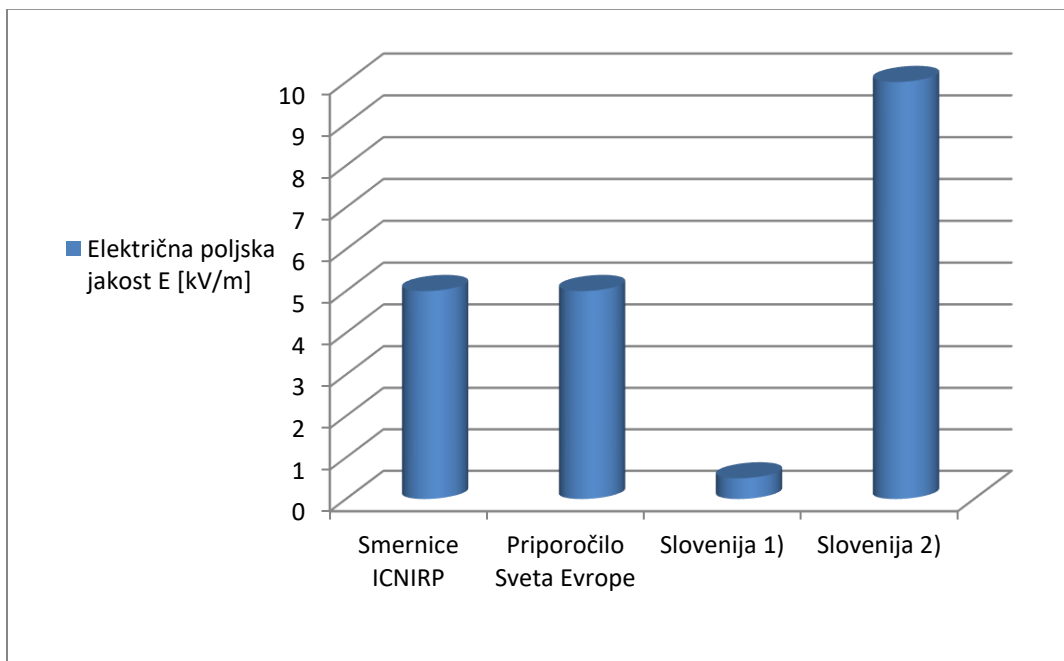
1. $E = 10 \text{ kV/m}$ in $B = 100 \text{ } \mu\text{T}$ - za obstoječe vire sevanja (to je za vse tiste, ki so gradbeno dovoljenje pridobili pred 24. 12. 1996) na I. območjih in II. območjih ter za nove in rekonstruirane vire sevanja na območjih z blažjo stopnjo varstva pred sevanjem (to je na II. območjih),
2. $E = 0,5 \text{ kV/m}$ in $B = 10 \text{ } \mu\text{T}$ - za nove in rekonstruirane vire sevanja na območjih povečane stopnje varstva pred sevanjem (to je na I. območjih).
3. Slovenska zakonodaja predpisuje tako mejne vrednosti kot tudi metodologijo in lokacije preverjanja vrednosti elektromagnetnega polja. Uredba zahteva, da se za vsak nov ali rekonstruiran vir sevanja pred umestitvijo v prostor izvede presoja oziroma strokovna ocena glede elektromagnetnih polj, po izgradnji pa prve meritve polj in v nadaljevanju za vire z nazivno napetostjo **110 kV** in več, vsako peto leto, obratovalni monitoring polj. (izvor: eles.si)

Poglejmo grafično primerjavo zakonov in priporočil. Primerjava mejnih vrednosti za magnetno polje je prikazana na sliki 5, primerjava za električno polje pa na sliki 6.

Elektromagnetno sevanje v gospodinjstvih: upravičen strah ali mit?



Slika :5: Primerjava mejnih vrednosti električnega polja.



Slika 6: Primerjava mejnih vrednosti magnetnega polja.

Pod nadzemnimi daljnovodi najdemo najmočnejša električna polja v okolju. Najmočnejša magnetna polja pa najdemo v bližini nekaterih električnih aparatov in specializirane opreme, ki se uporablja za medicinsko skeniranje. Tak primer je magnetna resonanca, ki v okolici povzroča zelo velika magnetna polja.

Mnogi ljudje so presenečeni, ko vidijo številčne vrednosti polj, izmerjene okoli nekaterih električnih naprav. Moč magnetnega in električnega polja ni odvisna od glasnosti ali od velikosti določene električne naprave.

V okviru raziskovalne naloge sem s pomočjo različnih pristopov izvedla meritve električnega in magnetnega polja v okolici naprav, ki jih pogosto uporabljamo v gospodinjstvih. Ker je jakost polja odvisna od oddaljenosti od izvora, sem meritve izvedla na treh različnih razdaljah, ki jih lahko najdemo tudi v literaturi. Meritve so bile izvedene na oddaljenosti 3 cm, 30 cm in 100 cm od naprav. Meritve so nadalje bile izvedene tako, da sem na vsaki razdalji poiskala položaj z najvišjo vrednostjo, ki sem ga zapisala v tabelo.

Pri izvedbi meritev sem si pomagala z dvema merilnima napravama:

1. s svojim mobilnim telefonom s pomočjo aplikacije Trifield in
2. s profesionalnim merilnim instrumentom Maschek 3D H/E fieldmeter ESM-100 (<https://maschek.de/pdf/ESM-100-FFT-EN.pdf>).

Meritve z mobilnim telefonom sem opravila sama, pri meritvah z merilnim instrumentom Maschek 3D H/E fieldmeter ESM-100 pa so mi pomagali na Fakulteti za elektrotehniko, računalništvo in informatiko Univerze v Mariboru. Meritve smo izvedli v laboratorijskem okolju po zgoraj opisanem principu, kot je prikazano na slikah 7-14.

3 Rezultati meritev

Tabela 1 prikazuje izmerjeno vrednost jakosti električnega polja, ki jo proizvedejo nekatere pogosto uporabljane električne naprave. Vse naprave so delovale na elektriko s frekvenco 50Hz. Meritev je potekala na Fakulteti za elektrotehniko, računalništvo in informatiko Univerze v Mariboru in Dijaškem domu Drava v Mariboru.

Na slikah 7-10 je prikazan potek merjenja električnega in magnetnega polja s pomočjo profesionalne naprave Maschek 3D H/E fieldmeter ESM-100.



Slika 7,8,9,10

Tabela z vrednostmi:

Električna naprava	E (V/m)/ d=1m	E (V/m)/ d=30m	E (V/m)/ d=3cm
Stereo sprejemnik	730	124	4
Likalnik	530	50	6
Hladilnik	856	190	11
Mešalnik	600	100	4.5
Opekač			
Sušilnik za lase	600	140	32
opekač	150	5	2
Sesalnik	250	80	7
Električna pečica	20	4	1.8
električna ponev	11	3	2
Telefon	6	3.5	2
Računalnik	560	110	4
Prenosni računalnik	600	130	10
Električni klavir	3	2	1.5
Pralni stroj	131	30	4
Sušilni stroj	40	20	13

Tabela 1 / Jakost električnega polja

Zgornja tabela kaže, da so vrednosti odvisne od razdalje. Ob upoštevanju dejstva, da se večina naprav, navedenih v tabeli uporablja tako, da naše telo ni tako zelo blizu določene naprave, je mejna vrednost ICNIRP 500 V/m in nobena od naprav v resnici ne presega te vrednosti. Enako je s priporočili EU, ki zagotavljajo, da električno sevanje do 500 V/m ni škodljivo za človeško telo. Slovenski zakon najprej upošteva vire, ki že obstajajo, omogoča, da številke električnega polja dosežejo do 1000V/m, kar je dvakratnik vrednosti 500V/m, ki jo predlaga ICNIRP in Evropske unije. Edini uradni dokument o mejnih vrednosti je slovenski za nove ali za rekonstruirane vire

električnega sevanja. Tam je namreč navedena mejna vrednost $0,5 \text{ kV/m} = 500 \text{ V/m}$, vendar je izmerjena vrednost nekoliko višja od te. Električno polje, ki ga sproži hladilnik, likalnik, mešalnik in sušilnik za lase, je malo večje.

V tabeli lahko vidimo vrednosti električnih polj, ki jih povzročajo iste električne naprave, vendar tokrat izmerjene z neprofesionalno brezplačno telefonsko aplikacijo Trifield:

Električna naprava	E(V/m),d=3cm	E (V/m)/ d=30cm	E (V/m)d=1m
Stereo sprejemnik	743	128	5
Likalnik	545	40	6
Hladilnik	856	200	11
Mešalnik	613	120	4.5
Sušilnik za lase	621	110	34
Opekač	163	6	3
Sesalnik	258	81	7
Električna pečica	21	5	1.8
Električna ponev	10	3	2
Telefon	4	4.1	2
Računalnik	540	118	4
Prenosni računalnik	610	130	13
Električni klavir	3	2	1.5
Pralni stroj	132	30.9	4
Sušilni stroj	69	21	13

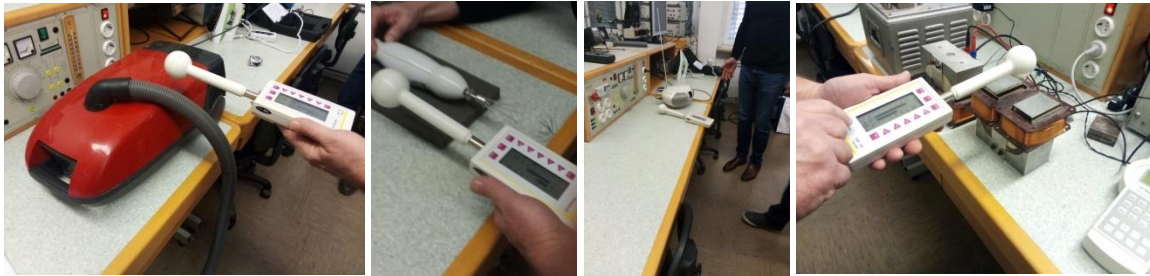
Tabela 2: Električno polje, izmerjeno s neprofesionalno napravo

S primerjavo vrednosti, izmerjene z neprofesionalno brezplačno telefonsko aplikacijo Trifield z vrednosti, izmerjene z profesionalno merilno napravo lahko ugotovimo, da se vrednosti nekoliko razlikujejo, vendar te razlike niso bistvene. To nas lahko privede do zaključka, da lahko

v svojih domovih merimo električno sevanje z uporabo brezplačne aplikacije in tako približno ugotovimo, ali obstaja vir, ki povzroča električno sevanje izven območja dovoljenih vrednosti.

Naslednja tabela prikazuje vrednosti magnetnih polj, ki jih vsakodnevno uporabljajo električne naprave. Meritve so bile opravljene na Fakulteti za elektrotehniko, računalništvo in informatiko Univerze v Mariboru in Dijaškem domu Drava v Mariboru.

Slike meritve:



Slika 11,12,13,14

Tabela z vrednostmi:

Naprava	B (μ T)/ d=3cm	B (μ T)/ d=30cm	B (nT)/ d
Stereo sprejemnik	700×10^{-3}	150×10^{-3}	100
Likalnik	2.5	350×10^{-3}	100x
Hladilnik	25	250×10^{-3}	150x
Mešalnik	20	1.6	180
Sušilnik za lase	20	1.7	300
Električni klavir	7.3	2	120
Sesalnik	63	12	330
Električna pečica	15	2	200
Kuhalna plošča	7	100×10^{-3}	87
Sušilni stroj	22	90×10^{-3}	75
Pralni stroj	25	0.3	15
Računalnik	24	2×10^{-3}	1
Prenosni računalnik	15	1.2×10^{-3}	/
Telefon	20	1.7×10^{-3}	0.5
Električna ponev	8	300×10^{-3}	76

Tabela 3: Vrednosti magnetnega polja

Pri teh rezultatih bi rada izpostavila nekaj vidikov. Najprej, da se vrednost magnetnega polja hitro zmanjša, ko se odmaknete od vira. Drugič, večina gospodinjstevskih aparatov ne deluje zelo blizu telesa.

Kot je navedeno v deklaraciji ICNRP, vrednosti jakosti magnetnega polja pod 200μ T ne bodo škodovali zdravju človeka. Evropska unija priporoča, da ne uporabljate naprav, katerih vrednost je večja od 100μ T in očitno nobena od izmerjenih vrednosti ne presega te vrednosti. Torej vse naprave, ki smo jih uporabljali, proizvajajo magnetno polje, ki leži v območju dovoljenih vrednosti. Vendar so nekateri aparati, ki jih imamo, višji od vrednosti, ki jih v magnetnem

sevanju dovoljuje prva izjava v zakonu (za nove in rekonstruirane vire sevanja). Namreč, za nove ali rekonstruirane vire je dovoljeno največ 10 μT . Nekateri izmed virov, med katerimi so hladilnik, mešalnik, sesalnik, pralni stroj sušilni stroj in nekateri drugi, so povzročili magnetno polje, večje od 10 μT na razdalji 3 cm. Če pa upoštevamo vidik, da teh naprav ne uporabljamo preblizu telesa, bi bil dober približek 30 cm. Na tej razdalji so vrednosti izmerjenega magnetnega polja približno 100-krat manjše od 10 μT .

Poglejmo še tabelo vrednosti magnetnega polja, vendar izmerjene z neprofesionalno aplikacijo za pametni telefon "Trifield".

Column1	B (μT) / d=3cm	B (μT) / d=30cm	B (μT) / d=1m
Stereo sprejemnik	700x10 ⁻³	150x10 ⁻³	100x10 ⁻³
Likalnik	2.5	350x10 ⁻³	100x10 ⁻³
Hladilnik	25	250x10 ⁻³	150x10 ⁻³
Mešalnik	20	1.6	180x10 ⁻³
Sušilnik za lase	20	1.7	300x10 ⁻³
Električni klavir	7.3	2	120x10 ⁻³
Sesalnik	63	12	330x10 ⁻³
Električna pečica	15	2	200x10 ⁻³
kuhalna plošča	7	100x10 ⁻³	87x10 ⁻³
Sušilni stroj	22	90x10 ⁻³	75xx10 ⁻³
pralni stroj	25	0.3	15x10 ⁻³
Računalnik	24	2x10 ⁻³	1x10 ⁻³
Prenosni računalnik	15	1.2x10 ⁻³	/
Telefon	20	1.7x10 ⁻³	0.5x10 ⁻³
električna ponev	8	300x10 ⁻³	76x10 ⁻³

Tabela 4: Vrednosti magnetnega polja, izmerjene z neprofesionalno napravo

Manjše razlike med vrednostmi obstajajo, vendar znova upoštevamo, da naprave praktično ni bilo mogoče držati na isti točki, na razdalji vira magnetnega polja in jih zato lahko enostavno zanemarimo. Pri tem lahko ugotovimo, da je merjenje magnetnega polja, ki ga povzročajo električne naprave v gospodinjstvu, mogoče dovolj natančno izmeriti z brezplačno aplikacijo za telefon.

Razprava

Elektromagnetna polja v gospodinjstvih omogočajo prenos in pretvorbo električne energije prek električnih naprav. Jakost polja, ki ga ustvarjajo različni viri, je različna. Jakost, ki se ustvarja, ni odvisna od glasnosti ali velikosti naprave. Električno in magnetno polje, še posebej pa magnetno polje, se s povečevanjem razdalje hitro zmanjšuje. Najmočnejša polja ustvarijo računalniki. Človek je v elektromagnetnem polju, ki ga povzročajo računalniki in prenosniki, vendar je le-to še vedno v območju dovoljenih vrednosti. Mikrovalovne pečice in sušilniki za lase, so pogosto označeni kot škodljivi na različnih nezanesljivih spletnih straneh, vendar elektromagnetna polja, ki jih ustvarijo, znašajo približno sto krat manj od največje dovoljene vrednosti ICNRP.

Upoštevajmo nekaj vidikov:

- Mikrovalovne pečice delujejo pri zelo visoki ravni moči, vendar njihova ustrezna zaščita zmanjša prepuščanje elektromagnetnega valovanja zunaj peči na skoraj nezaznavne ravni. Mnoge države, vključno s Slovenijo, so že določile najvišjo stopnjo puščanja pečic, ki se zdaj proizvajajo.
- Računalniški zasloni in televizijski sprejemniki delujejo na podobnih načelih. Tudi te naprave proizvajajo statična električna polja in izmenična električna in magnetna polja pri različnih frekvencah. Vendar zasloni s tekočimi kristali, ki se uporabljajo v nekaterih prenosnih računalnikih in namiznih enotah, ne povzročajo pomembnih električnih in magnetnih polj. Sodobni računalniki imajo zaslone, ki zmanjšajo statično polje zaslona na raven, podobno kot v običajnem ozadju doma ali na delovnem mestu. Na položaju operaterjev (30 do 50 cm od zaslona) so izmenična magnetna polja običajno pod $0,7 \mu\text{T}$ v gostoti toka (pri frekvencah napajanja). Izmenična jakost električnega polja na položajih upravljavca sega od 1V/m do 10V/m . (vir: who.int)

- Osnovne postaje mobilnih telefonov so običajno nameščene na vrhovih stavb ali na stolpih z višino med 15 in 50 metri. Nivoji prenosov s katere koli določene bazne postaje so različni in so odvisni od števila klicev in oddaljenosti kličočega od osnovne postaje. Antene oddajajo zelo ozek žarek radijskih valov, ki se širi skoraj vzporedno s tlemi. Zato so radiofrekvenčna polja na ravni tal in v regijah, ki so običajno dostopna javnosti, velikokrat nižja od ravni nevarnosti. Smernice bi bile presežene le, če bi se človek približal na meter ali dva neposredno pred antenami. Dokler mobilni telefoni niso postali široko uporabljeni, so bili prebivalci izpostavljeni predvsem radiofrekvenčnim emisijam radijskih in televizijskih postaj. Tudi danes telefonski stolpi malo prispevajo k naši skupni izpostavljenosti, saj so jakosti signala na mestih javnega dostopa običajno podobne ali nižje kot pri oddaljenih radijskih in televizijskih postajah. Vendar je uporabnik mobilnega telefona izpostavljen radiofrekvenčnim poljem, veliko višjim od tistih, ki jih najdemo v splošnem okolju. Mobilni telefoni delujejo zelo blizu glave. Zato je treba namesto gledanja ogrevalnega učinka po celotnem telesu določiti porazdelitev absorbirane energije v glavi uporabnika.

Kot je pokazal eksperiment, vrednosti, ki smo jih dobili z uporabo neprofesionalne opreme, kažejo približno enake vrednosti električnega in magnetnega polja kot profesionalna merilna oprema. Tako lahko telefon, ki ga uporabljate, oddaja višje vrednosti jakosti elektromagnetnega polja, kot ga je mogoče enostavno zaznati. Vendar do zdaj še ni bil objavljen primer, ko izmerjene vrednosti presegajo največje dovoljene vrednosti. Če pa je moč ločeno opazovanega električnega in magnetnega polja, ki ga povzroča tok, velika, ni dvoma, da so posledice teh polj na človeškem telesu možne. Škoda, ki jo povzročajo visoka elektromagnetna polja (nevsakdanjih naprav) na človekovem zdravju, je znanstveno dokazana. Vendar polja, ki jih najdemo v naravnem okolju, običajno ne presegajo vrednosti 2500 V/m za magnetno polje in 60 μ T (po WHO), kar ni dovolj, da bi škodovalo človeškemu telesu. Ko je človek v električnem polju, pride do prerazporeditve električnega naboja med površino naprave in delom človeškega telesa, ki je v neposrednem stiku (dotika se) naprave. Zaradi tega naboja lahko v človeško telo stečejo šibki toki, s tem pa tudi nekaj energije. Razen tokov, ki so dovolj močni, da presegajo meje mišične stimulacije, so svetovna zdravstvena združenja so soglasna, da elektromagnetna polja pri nizkih frekvencah ne povzročajo škodljivih učinkov. Kljub temu pa v skladu s priporočili ICNIRP obstaja

načelo previdnosti, ki priznava določeno stopnjo negotovosti v primerih dolgotrajne izpostavljenosti električnim in magnetnim polja.

Zaključek:

Zaključek: V povzetku bi rada osvetlila pomen teme projekta, v časih, ko medijska propaganda pogosto povzroča strah med ljudmi. V zadnjih letih so številne vlade v različnih državah po svetu opravile meritve in izvedle številne študije o vplivih električnega in magnetnega sevanja na zdravje v bivalnem okolju. Resnica je, da nobena od ustreznih institucij ni sklenila, da lahko obstoječa elektromagnetna polja pri nizkih frekvencah povzročajo akutne učinke na zdravje. Vendar je dejstvo, da je sevanje, ki smo mu ljudje v 21. stoletju izpostavljeni, bistveno večje, kot je bilo nekoč. Električna in magnetna polja s frekvenco 50Hz-60Hz so bila po vsem svetu obsežno raziskana, pri čemer v predpisanih mejah ni bil ugotovljen noben škodljiv vpliv na človekovo telo. Na osnovi meritev, ki smo jo opravili in številnih drugih raziskav, ki so jih izvedli drugi ustrezni viri, lahko sklenemo, da katera koli bolezen, vključno z levkemijo v otroštvu, drugimi raki, boleznimi srca in ožilja, kakršnimi koli reproduktivnimi izidi verjetno niso povzročene zaradi sevanja. Tudi trenutne vrednosti (ki vstopijo v telo, ko se nahaja v elektromagnetnem polju) lahko prosto označimo kot neškodljive, če upoštevamo mejne vrednosti stimulacije živcev, ki jih naše telo lahko sprejme (absorbira) brez adhezivnih učinkov na normalni človekov bioritem.

Viri:

- ELES <https://www.eles.si/elektromagnetno-sevanje>
- World Health Organisation <https://www.who.int/peh-emf/about/WhatisEMF/en/index3.html>
- Electric Field <http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbase/electric/elefie.html>
- ICNIRP <https://www.icnirp.org/>
- European Commission https://ec.europa.eu/health/home_en
- Maschek: <https://maschek.de/uk/frameset.php?p=produkte>
- Wikipedia: <https://www.wikipedia.org/>
- Imagine the universe: <https://imagine.gsfc.nasa.gov/science/toolbox/emspectrum1.html>

Priloge

Zamašitev je bila izvedena s: **ESM-100 H / E poljamer**

3D H / E poljamer ESM-100 je patentiran, edinstven ročni merilni instrument. Z lahkoto meri hkrati električna in magnetna izmenična polja, neodvisno od njihove smeri, in na eni točki. S tem kosom opreme lahko vsakdo že od začetka izvede hitre, profesionalne in brez napak meritve.

Z majhnim senzorjem je mogoče natančno izmeriti vire kratkih dosegov, ne da bi vrednosti ponarejali s povprečjem. V primerjavi z instrumenti, ki ločeno merijo magnetno in električno polje, se časi merjenja prepolovijo. Tudi če se danes na primer zdi samo magnetno polje, se električno polje samodejno izmeri in jutri je na voljo s samo tipko za vsa ta odčitka.

Frekvenčni razpon 5Hz-400kHz pokriva glavni del električnega in magnetnega polja, ki ga ustvarja energijska elektronika. Izmerimo lahko zelo nizke in zelo visoke intenzivnosti polja, na primer v delovnem območju. Zahvaljujoč možnosti, da bi lahko izvajali meritve električnega polja z ESM-100 v eni roki, je mogoče onesnažena območja najti zelo hitro.

- Istočasna izotropna meritev polj E in H
- Frekvenčno območje od 5Hz do 400kHz
- Merilno območje 1nT - 20mT in 0,1V / m - 100kV / m
- Enostavno in intuitivno upravljanje, da se izognete napakam pri meritvah
- Visoka natančnost $\pm 5\%$ in visoka dolgotrajna stabilnost
- Standardizirane meritve po npr. : DIN VDE 0848
- Dolgoročno snemanje v 24 urah, neodvisno od omrežja in računalnika
- Zmogljivost za dolgoročni pomnilnik za 1800 odčitkov v merilniku
- Štirje izbirni filtri
- Možnost prehoda na 1D merjenje
- Programiran signalni ton
- Dobro razporejen zaslon z osvetlitvijo in zgornjim robom bargrafa
- 30 ur neprekinjenega delovanja
- Stativ priklopa za uporabo kot aktivna merilna glava
- Odporen proti brizganju in prahu po IP65
- Razvili in izdelali v Nemčiji



Slika 15 vir: <https://maschek.de/uk/frameset.php?p=produkte>

Trifield:

EMF Detector/Electromagnetic Field Detector Easy Trifield deluje in je prenosljiv s funkcijo samodejnega zaznavanja, imenuje se naprava za zaznavanje z analognim merilnikom sevanja in digitalnim merilnikom, kadar obstajajo naprave za sevanje EMF, njegova vrednost števca se bo povečala