



ELEKTROMAGNETNA SEVANJA

Področje: Fizika
Raziskovalna naloga

Avtorici: Teja ANŽIČ, Eva RANT

Mentor: Jure AUSEC, univ. dipl. fiz.

Strahinj, april 2021

ZAHVALA

Za raziskovalno nalogo gre največja zahvala mentorju, profesorju Juretu Auscu, ki nama je pomagal pri izdelavi raziskovalne naloge, nama priskrbel potrebne pripomočke in nama dajal koristne nasvete.

Zahvaljujeva se tudi profesorici Mariji Jerše, ki je najino delo jezikovno pregledala, ter profesorici Sandri Žvagen, ki je jezikovno pregledala povzetek v angleščini.

Posebna zahvala gre tudi dr. Blažu Valiču z Inštituta za Neionizirna sevanja, ki nama je posodil merilni inštrument in dal nekaj nasvetov glede njegove uporabe.

Vsem še enkrat iskrena hvala.

KAZALO VSEBINE

ZAHVALA	ii
KAZALO VSEBINE.....	iii
KAZALO SLIK	v
KAZALO GRAFOV	vi
POVZETEK	vii
ABSTRACT	viii
1. UVOD	1
1.1 RAZISKOVALNA VPRAŠANJA	1
1.2 HIPOTEZE	1
2. TEORETIČNI UVOD.....	2
2.1 UVOD V MAGNETIZEM.....	2
2.2 ZAZNAVANJE ELEKTROMAGNETNEGA POLJA	4
2.3 VRSTE ELEKTROMAGNETNIH SEVANJ.....	5
2.4 VPLIV ELEKTROMAGNETNIH SEVANJ NA ZDRAVJE ČLOVEKA	6
2.5 MEJNE VREDNOSTI ZA IZPOSTAVLJENOST EMS.....	7
2.6 IZRAZITEJŠI VIRI ELEKTROMAGNETNIH SEVANJ.....	8
2.7 VIRI EMS DOMA (V GOSPODINJSTVU).....	11
3. RAZISKOVALNI DEL.....	12
3.1 METODOLOGIJA	12
3.1.1 Opis vzorcev raziskave.....	12
3.1.2 Opis merskih instrumentov	12
3.1.3 Opis postopka zbiranja podatkov	14
3.1.4 Obdelava podatkov	15
3.2 REZULTATI	16
3.2.1 Gospodinjski aparati in naprave, ki jih uporabljamo doma	16
3.2.2 Pametni telefon	17

3.2.3 Računalnik	18
3.2.5 Slušalke.....	22
3.2.6 Torbica za blokiranje klicev	22
3.2.7 Izrazitejši viri EMS	23
3.2.8 Visokofrekvenčna polja.....	23
4. RAZPRAVA.....	29
4.1 Gospodinjski aparati in naprave, ki jih uporabljamo doma	29
4.2 Pametni telefon.....	30
4.3 Računalnik	30
4.4 Televizor	31
4.5 Slušalke	31
4.6 Torbica za blokiranje klicev	32
4.7 Izrazitejši viri EMS	32
4.8 Visokofrekvenčna polja	33
5. ZAKLJUČEK.....	34
UGOTOVITVE	34
NAJIN POGLED NA RAZISKOVALNO NALOGO	35
POGLED ZA NAPREJ.....	35
6. VIRI IN LITERATURA	36
6.1 KNJIŽNI VIRI	36
6.2 SPLETNI VIRI.....	36
6.3 VIRI SLIK.....	37

KAZALO SLIK

Slika 1	3
Slika 2	3
Slika 3	5
Slika 4	8
Slika 5	8
Slika 6	9
Slika 7	10
Slika 8	10
Slika 9	12
Slika 10	12
Slika 11	13
Slika 12	14
Slika 13	14
Slika 14	17
Slika 15	17
Slika 16	19
Slika 17	19
Slika 18	20
Slika 19	21
Slika 20	21
Slika 21	22
Slika 22	26
Slika 23	31
Slika 24	32

KAZALO TABEL

Tabela 1	16
Tabela 2	18
Tabela 3	18
Tabela 4	18
Tabela 5	19
Tabela 6	20
Tabela 7	20
Tabela 8	22

Tabela 9.....	23
Tabela 10.....	24
Tabela 11.....	26
Tabela 12.....	28

KAZALO GRAFOV

Graf 1.....	25
Graf 2.....	25
Graf 3.....	27
Graf 4.....	27
Graf 5.....	29

POVZETEK

Naslov naloge: Elektromagnetna sevanja

Področje: Fizika

Avtorici: Teja Anžič, Eva Rant

Šola: Biotehniški center Naklo

Mentor: Jure Ausec, univ. dipl. fiz.

Dandanes nas obkrožajo različne vrste naprav, ki so vir elektromagnetnih sevanj. Na spletu je možno prebrati veliko člankov in zapisov o tem, kako nevarna in škodljiva so. Izvedli sva meritve na različnih napravah in v njihovi okolici ter tudi meritve v okolici različnih objektov, kot je npr. transformator, da ugotoviva, katere stvari sevajo več in katere manj, na katerem mestu je sevanje največje in zakaj, ali res slabo vplivajo na zdravje človeka in posledično, kakšna je varna razdalja od njih.

Ugotovili sva, da se največja elektromagnetna polja nahajajo na površinah naprav, ob pogoju, da je naprava vklopljena, ko preko njenih sestavnih elementov teče električni tok. Elektromagnetno polje se z oddaljenostjo zmanjšuje in je že nekaj cm stran od naprave zelo majhno, zato npr. poslušanje radia, pri katerem je bilo sicer izmerjeno zelo veliko elektromagnetno polje, ni nevarno, saj ga poslušamo na razdalji, večji od le nekaj cm. Poleg radia je bilo veliko elektromagnetno polje izmerjeno pri računalniku in pametnem telefonu, pri ostalih gospodinjskih aparatih pa so bila polja že na površinah naprav zelo majhna. Prav tako so bile vrednosti nizke okrog transformatorja, razdelilne transformatorske postaje ..., kar pomeni, da ne predstavljajo nevarnosti glede EMS. Problem predstavlja pametni telefon, saj ga imamo pogosto v žepu ali nekje ob sebi, torej na zelo majhni razdalji.

Ključne besede: elektromagnetno polje, merjenje elektromagnetnega polja, gospodinjski aparati, pametni telefon, brezžični usmerjevalnik

ABSTRACT

Assignment title: Electromagnetic radiations

Field: Physics

Authors: Teja Anžič, Eva Rant

School: Biotechnical center Naklo

Mentor: Jure Ausec, univ. dipl. fiz.

These days we are surrounded by different gadgets. They are source of electromagnetic radiation. On the internet we can read many different articles about their dangers and side effects. As a part of the research we concluded an experiment in which we measured the intensity of the electromagnetic field. Regarding gadgets, objects and their surroundings. We wanted to find out which of the gadgets created the most of radiation. We were also interested in location where radiation was at its highest.

In this research paper we wanted to prove the connection between radiation and different health problems.

We found out that the highest electromagnetic fields appears on the surfaces of gadgets when they are turned on and when the electric currently flows through their circuit.

With a distance of a centimeters size thr electromagnetic fields widely decreases.

For example: The electromagnetic field is quite high when we listen to the radio, but is not that dangerous because of the large distance. Some other gadgets, for which we got similar results were computers and smart phones.

But on the other hand the outcome of the experiment regarding household appliances was quite the opposite. The measured radiation was low and could be dismissed. The values were also low around the transformer, RTP,..., which means that it do not cause any dangers regarding to the EMF. A great concern are smartphones. They are especially dangerous when they are kept in our proximity.

Keywords: electromagnetic field, electromagnetic field measurements, household appliances, smart phones, Wifi switch

1. UVOD

Današnji časi predstavljajo obdobje velikih tehnoloških napredkov in modernizacije. Vsak običajen član sodobne družbe ima v žepu svoj pametni telefon, slušalke ... Obkrožajo nas vse mogoče naprave, brez katerih si ne znamo več predstavljati življenja. Z razvojem elektronskih naprav se je začelo vedno več govoriti tudi o sevanjih, ki jih naprave povzročajo. Na spletu sva zasledili veliko člankov in zapisov o tem, kako nevarno je sevanje naprav, npr. pametnega telefona, sušilca za lase, brezžičnega usmerjevalnika (wifi routerja) itd. in da lahko le-to povzroča različne bolezni, med drugim tudi raka. Na podlagi tega sva se odločili, da tudi sami raziščeva elektromagnetna sevanja in ugotoviva, ali navedbe držijo ali ne.

1.1 RAZISKOVALNA VPRAŠANJA

Pri raziskovanju sva si postavili naslednja vprašanja:

- Katere naprave sevajo več in katere manj in od česa je to odvisno?
- Ali elektromagnetno sevanje škoduje zdravju, ter če, kakšna je varna razdalja od virov in od česa je odvisna?
- Ali so torbice proti sevanju učinkovite, ter če so, kako ga blokirajo?
- Katere slušalke sevajo več in katere so posledično bolj škodljive?
- Od česa je odvisno, kateri pametni telefon seva več?

1.2 HIPOTEZE

Postavili sva naslednje hipoteze:

- Najbolj sevajo računalnik, pametni telefon, tablični računalnik, najmanj pa gospodinjski aparati. Jakost elektromagnetnega sevanja je odvisna od velikosti naprave.
- Elektromagnetno sevanje ne škoduje zdravju.
- Varna razdalja od virov je dokaj majhna. Bolj se oddaljujemo od naprave, manjše bo sevanje.
- Torbice proti sevanju so učinkovite. Sevanje blokira material, preko katerega sevanje ne prehaja.
- Brezžične bluetooth slušalke sevajo več in so posledično bolj škodljive kot navadne žičnate slušalke.
- Mobilni telefon, ki je starejši, seva več.

2. TEORETIČNI UVOD

Poleg naravnega sevanja oz. valovanja, ki je prisotno okrog nas (kot sta npr. zvok in vidna svetloba), poznamo tudi umetno ustvarjena elektromagnetna sevanja. Ta so prisotna povsod, kjer po žicah (vodnikih) teče električni tok, npr. pri elektronskih napravah, aparatih, daljnovodih ipd. Sestavljena so iz spreminjajočega se električnega polja (E) in spreminjajočega se magnetnega polja (B), ki sta med seboj povezana s hitrostjo valovanja (c). Elektromagnetna valovanja potujejo s svetlobno hitrostjo, ki je konstantna. Zvezo prikazuje enačba

$$E = c \cdot B.$$

To pomeni, da vedno, ko se eno izmed polj spremeni, se posledično spremeni tudi drugo. Polji nihata pravokotno drug na drugega in pravokotno na smer širjenja valovanja z določeno frekvenco, na podlagi katere lahko določimo, za katero vrsto sevanja gre (nizkofrekvenčno, visokofrekvenčno). (Wikipedia, b. d.).

Glede na razpoložljivost merilnikov, ki sva jih pri raziskovanju imeli na voljo, sva pri merjenju nizkofrekvenčnih sevanj merili magnetna polja, pri merjenju visokofrekvenčnih sevanj pa električna polja, vendar to ne predstavlja težave, saj lahko tudi drugo polje, ki ga nisva mogli izmeriti, izračunamo z zgoraj omenjeno enačbo.

Pri merjenju magnetnega polja pri različnih napravah sva takrat, ko so bile le-te izklopljene, merili statična polja, ki ne spadajo med elektromagnetna sevanja, saj jih povzročajo različne magnetne komponente v napravah, pri katerih je prisotno samo njihovo lastno magnetno polje. Ko so bile naprave prižgane in je tekel električni tok, pa sva lahko poleg statičnega polja izmerili še spreminjajoče magnetno polje elektromagnetnega valovanja.

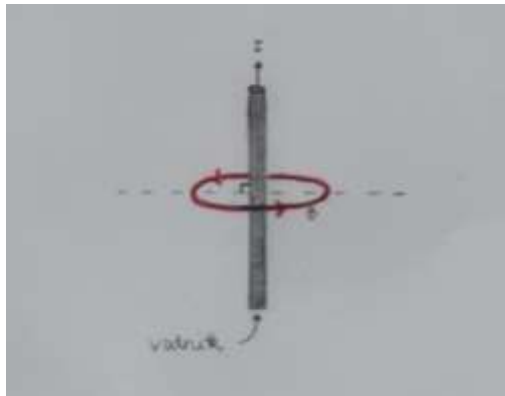
2.1 UVOD V MAGNETIZEM

Magnetizem je ena od temeljnih lastnosti v naravi, ki izvira iz gibanja električnega naboja. Ob tej besedi verjetno pomislimo na magnetne. V naravi se nahajajo kosi magnetnih snovi, ki jim pravimo stalni oziroma permanentni magneti. Gre za naravno namagnetene snovi iz minerala magnetita s kemijsko formulo Fe_3O_4 . Magneti imajo dva pola: severnega in južnega. V preteklosti smo na podlagi tega izumili napravo, ki nam pomaga določiti smeri neba – kompas. V kompasu se nahaja magnetna igla, ki se poravnava v smeri zemeljskih magnetnih silnic proti magnetnemu severu. Tako kot magneti ima tudi Zemlja svoj severni in južni pol in ustvarja svoje magnetno polje. Silnice magnetnega polja izvirajo v severnem polu in poniknejo v južnem polu, nahajajo pa se tudi v notranjosti Zemlje oziroma magnetov. Tam so silnice med seboj dokaj enakomerno razporejene, so zelo zgoščene in potekajo v isti smeri (so vzporedne), zato rečemo, da je polje znotraj magneta homogeno (enakomerno), medtem ko so silnice zunaj magneta med sabo neenakomerno razporejene, manj gosto skupaj in zato ustvarjajo

nehomogeno (neenakomerno) magnetno polje. Ob tem velja, da jakost magnetnega polja z oddaljenostjo od magneta pada. V naših krajih gostota magnetnega polja znaša $4,8 \cdot 10^{-5}$ T (Mohorič, 2017).

Magnetno polje v svoji okolici ustvarjajo tudi gibajoči se naboji. Ko po žici (vodniku) teče električni tok, se okrog žice ustvarja magnetno polje po enačbi

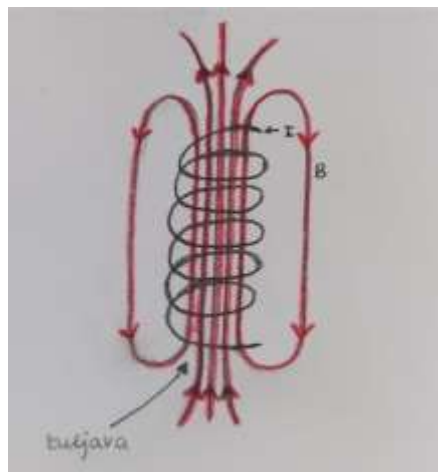
$$B = \frac{\mu_0 I}{2\pi r}$$



Slika 1: Magnetno polje okrog vodnika. Slika: Eva Rant

Magnetno polje pa lahko še povečamo s tuljavo. Tuljava je navitje žic, po katerih teče tok in posledično zaradi mnogih ovojev ustvarja še močnejše magnetno polje. Velja, da se magnetno polje z večanjem števila ovojev povečuje po enačbi

$$B = \frac{\mu_0 N I}{l}$$



Slika 2: Magnetno polje tuljave. Slika: Eva Rant

Obstajajo tudi snovi, ki se v magnetnem polju odzovejo tako, da močno povečajo magnetno polje. Take snovi imenujemo feromagnetne snovi. Znotraj teh snovi so domene – deli snovi, kjer magnetni momenti kažejo v isto smer. Domene so v snovi neurejene – njihovi magnetni momenti kažejo v različne smeri in zato ne ustvarjajo magnetnega polja. Če pa feromagnetno snov postavimo v zunanje magnetno polje, se magnetni momenti in domene obrnejo v smeri silnic zunanjega polja, ki ga posledično še dodatno povečajo. Primeri takih snovi so nikelj, kobalt, jeklo, železo itd. (Mohorič, 2017) (povzeto po Mohorič, 2017, stran 79).

2.2 ZAZNAVANJE ELEKTROMAGNETNEGA POLJA

Elektromagnetnega polja človeška čutila ne zaznavajo neposredno. Pri tem nam pomagajo tehnološki pripomočki, merilniki, ki jih imenujemo magnetometri. Prvega je leta 1833 ustvaril Carl Friedrich Gauss (MagLab, b. d.).

Današnji bolj zapleteni magnetometri, ki se najpogosteje uporabljajo, magnetno polje (B) zaznavajo in izmerijo s pomočjo Hallovega pojava. Električni tok teče po vodniku v obliki traku v magnetnem polju, silnice magnetnega polja so pravokotne na vodnik, elektroni se gibljejo in nanje posledično deluje magnetna sila

$$F_m = e_0 v B,$$

ki jih odkloni proti robu traku. Na eni strani se torej nabere presežek negativnega naboja, na nasprotni strani pa presežek pozitivnega naboja. Znotraj vodnika se ustvari električno polje (E), njegove silnice so pravokotne na vodnik in magnetno polje. Zaradi električne sile

$$F_e = e_0 E,$$

ki kaže v nasprotno smer od magnetne sile, se posledično ustavi nabiranje naboja. Proces nabiranja naboja na robu traku poteka toliko časa, dokler nista električna sila in magnetna sila enaki. Zaradi električnega polja se ustvari tudi napetost,

$$U = E x,$$

ki je sorazmerna gostoti magnetnega polja. Izmerimo jo z voltmetrom (povzeto po Mohorič, 2017) (povzeto po Mohorič, 2017, stran 87).

2.3 VRSTE ELEKTROMAGNETNIH SEVANJ

Sevanja se v splošnem delijo na ionizirna in neionizirna. Ionizirna sevanja imajo dovolj energije, da povzročijo nastanek ionov iz atomov in molekul, medtem ko neionizirna sevanja nimajo dovolj energije za tak proces. Neionizirna sevanja so vsa sevanja s frekvencami med 0 Hz in 3000 THz, ionizirna sevanja pa so vsa sevanja med 3000 THz in 30 EHz. Primer ionizirnih sevanj so UV-žarki, rentgenski žarki ter gama žarki. V tej raziskovalni nalogi so predstavljene meritve in ugotovitve, ki so bile izvedene samo na napravah in objektih, ki spadajo v kategorijo neionizirna sevanja. Znotraj te kategorije razlikujemo več vrst neionizirnih polj:

A) STATIČNA POLJA

Polja pri frekvenci 0 Hz, ki jih povzročajo naprave za slikanje z magnetno resonanco, naprave za varjenje ter industrijsko elektrolizo.

B) NIZKOFREKVENČNA POLJA

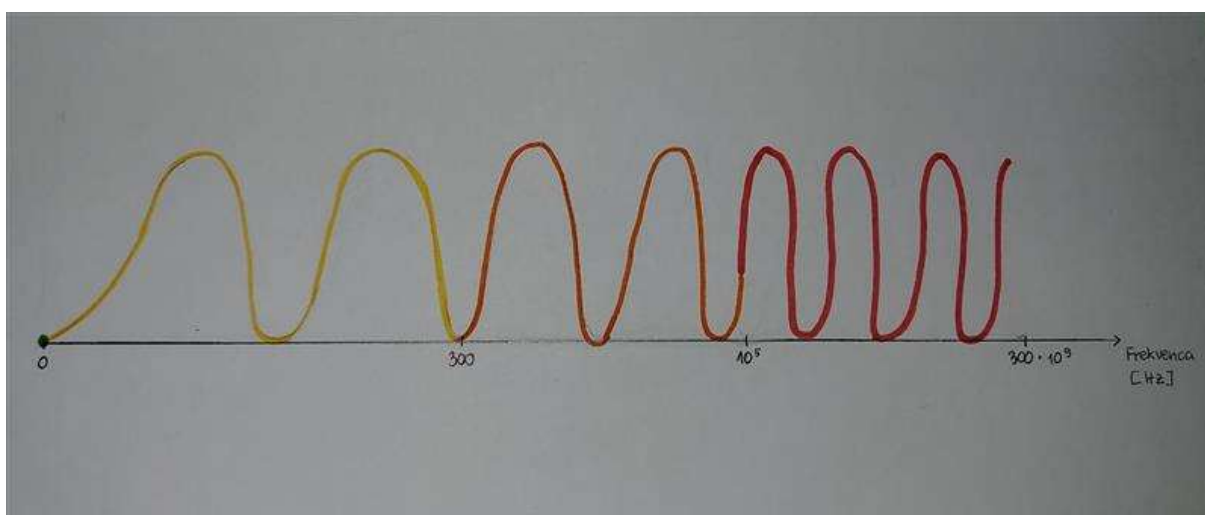
Polja s frekvencami 0,1 Hz–300 Hz, ki jih povzročajo daljnovodi, transformatorske postaje, gospodinjske naprave, električni stroji, avtomobili in vlaki.

C) POLJA SREDNJIH FREKVENC

Polja s frekvencami 300 Hz–100 kHz, ki jih povzročajo detektorji kovin, radijski oddajniki, čitalci kartic, naprave proti kraji, nadzorni sistemi ter računalniški prikazovalniki.

D) VISOKOFREKVENČNA POLJA

Polja s frekvencami 100 kHz–300 GHz, ki jih povzročajo mobilni telefoni, bazne postaje, brezžični sistemi, radijski in TV oddajniki ter radarji (INIS, b. d.).



Slika 3: Prikaz delitve neionizirnih sevanj. Zelena pika pri frekvenci 0 Hz predstavlja statična polja, rumena barva nizkofrekvenčna polja, oranžna barva polja srednjih frekvenc in rdeča visokofrekvenčna polja. Z višanjem frekvence se krajša valovna dolžina sevanj. Slika: Eva Rant

2.4 VPLIV ELEKTROMAGNETNIH SEVANJ NA ZDRAVJE ČLOVEKA

Radiofrekvenčna sevanja (RF-EMS) oz. visokofrekvenčna sevanja pri frekvencah od 100 kHz do 300 GHz so leta 2011 uvrstili kot »verjetno rakotvorna za ljudi« oziroma v skupino 2B. To je skupina, ki se uporablja za snovi, zmesi in okoliščine izpostavljenosti, za katere obstajajo omejeni dokazi rakotvornosti in manj kot zadostni dokazi pri poizkusnih na živalih (Industrial Health, 2019) (Moon, 2020) Izvedene so bile različne študije, ki pa niso pokazale povečanega tveganja nastajanja tumorjev v glavi, vendar naj bi obstajalo tveganje po dolgotrajni uporabi mobilnega telefona (več kot 10 let), še posebno na tisti strani glave, ki je najbolj izpostavljena.

V zadnjih letih je bilo mogoče zaslediti več mnenj, da bi morali RF-EMS uvrstiti v skupino 2A (skupina, za katero obstajajo omejeni dokazi na ljudeh in zadostni na poizkusnih živalih), saj so raziskave na živalih pokazale škodljive učinke na možgane (izguba granularnih – zrnastih celic ali znatno zmanjšanje piramidnih nevronov). Miši, ki so bile izpostavljene, so bile hiperaktivne in so po rojstvu imele okvaro spomina. EMS mobilnih telefonov je spremenila prepustnost krvno-možganske pregrade in poškodovala nevrone v možganih (PMC, 2021) (Moon, 2020).

Subjektivni vprašalnik z odgovori uporabnikov mobilnih telefonov na Švedskem, Norveškem, Poljskem, v Angliji, ZDA, Avstraliji in na Novi Zelandiji je pokazal, da ljudje ob povečani uporabi mobilnih telefonov opažajo občutke toplote okrog ušes in glavobole, slabost, bolečine v mišicah, motnje spanja in kratkotrajne izgube spomina (Industrial Health, 2019).

.V študiji leta 1999, ki je vključevala otroke z levkemijo in možganskimi tumorji, so ugotovili, da je bilo tveganje za levkemijo 2 kar 15-krat večje v skupini, ki živi 2 km od radijskih oddajnikov, kot v tisti, ki živi 20 km stran. Poleg tega so nekatere študije pri otrocih, ki so bili dlje časa izpostavljeni magnetnim poljem vrednosti nad 0,3 μT oziroma 0,4 μT pokazale rahlo, vendar opazno povečano tveganje za pojav levkemije. Pri tem moramo upoštevati tudi, da imajo otroci manjšo glavo (lobanjo), kost je manj debela kot pri odraslih, zato lahko EMS hitreje in v večji meri prodre skozi (Industrial Health, 2019) (Moon, 2020).

2.5 MEJNE VREDNOSTI ZA IZPOSTAVLJENOST EMS

Namen mejnih vrednosti je zaščititi ljudi pred škodljivimi učinki EMS. Vlade posameznih držav sprejemajo predpise za omejevanje izpostavljenosti EMS. V Sloveniji od leta 1996 velja Uredba o elektromagnetnem sevanju v naravnem in življenjskem okolju (PIS, 2017) (Služba Vlade RS za zakonodajo, 2017).

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 oz. rekonstruirane vire sevanja.

Okolje je razdelila na dve kategoriji: na 1. območja in 2. območja varstva proti sevanjem. 1. območja so območja s povečano stopnjo varstva proti sevanjem (bivalna okolja, šole, vrtci, bolnišnice ...), 2. območja pa so vsa ostala – območja brez stanovanj, namenjena industrijski, obrtni ali kaki drugi podobni proizvodni dejavnosti (INIS, b. d.) (INIS, b. d.).

Mejna vrednost za obstoječe vire sevanja (to je za vse tiste, katerih gradbeno dovoljenje je bilo pridobljeno pred 24. 12. 1996) na 1. in 2. območjih ter za nove rekonstruirane vire sevanja na območjih z blažjo stopnjo varstva pred sevanjem (to je na 2. območjih) je: mejna jakost električnega polja $E = 10 \text{ kV/m}$ in mejna jakost magnetnega polja $B = 100 \text{ } \mu\text{T}$. Mejna vrednost za nove in rekonstruirane vire sevanja na območjih povečane stopnje varstva proti sevanjem (to je na 1. območjih) je mejna jakost električnega polja $E = 0,5 \text{ kV/m}$ in mejna jakost magnetnega polja $B = 10 \text{ } \mu\text{T}$. Slovenska zakonodaja predpisuje tako mejne vrednosti kot tudi metodologijo in lokacije preverjanja vrednosti EM polja. Uredba zahteva, da se za vsak nov ali rekonstruiran vir sevanja pred umestitvijo v prostor izvede presoja oz. strokovna ocena glede elektromagnetnih polj, po izgradnji pa prve meritve polj in v nadaljevanju za vire z nazivno napetostjo 110 kV in več vsako leto, to imenujemo obratovalni monitoring polj (Cestnik in Grabner, 2018) (Cestnik in Grabner, 2018).

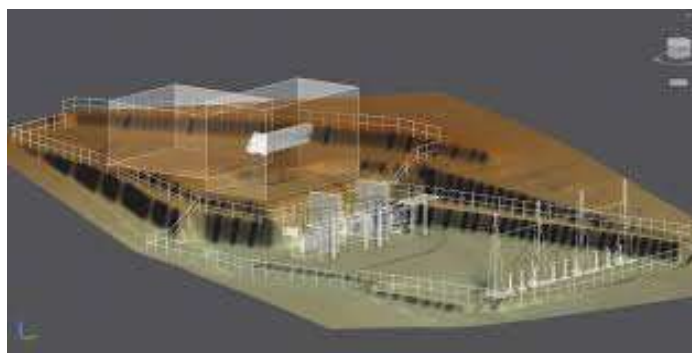
Pri mobilnih napravah mora biti za vsak model podana SAR vrednost (ang. *specific absorption rate* oz. stopnja specifične absorpcije). To je vrednost, ki nam pove, koliko energije se absorbira na enoto mase skozi človeško telo in je podana z enoto W/kg. Najvišje dovoljene vrednosti za mobilne naprave v EU znašajo **2 W/kg**, v ZDA pa **1,6 W/kg** (FCC, b. d.).

2.6 IZRAZITEJŠI VIRI ELEKTROMAGNETNIH SEVANJ

Pomembni viri nizkofrekvenčnih EMS (frekvence od 0,1 Hz do 300 Hz) v okolju so visokonapetostni elektroenergetski objekti, npr. nadzemni vodi (daljnovodi), kablovodi in razdelilne transformatorske postaje.

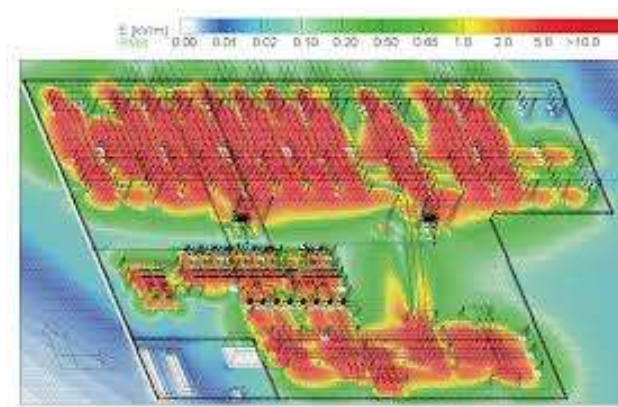
Električna polja v okolici objektov so praktično časovno konstantna, saj se napetostne razmere ne spreminjajo s časom; magnetna polja pa so časovno spremenljiva, saj se električni tokovi s časom lahko precej spreminjajo. Najvišja ocenjena vrednost magnetnega polja na določenem kraju zato ne daje slike za trenutno izpostavljenost ali časovno povprečno izpostavljenost, temveč le za največjo možno izpostavljenost.

S sodobnim pristopom se v splošnem vsak elektroenergetski objekt obravnava individualno, s podrobnimi izračuni polj, ki vključujejo modeliranje v tridimenzionalnem prostoru z vključevanjem podrobnih prostorskih podatkov (Cestnik in Grabner, 2018) (Cestnik in Grabner, 2018).



Slika 4: Prikaz 3D-modela razdelilne transformatorske postaje (RTP). (Vir: <https://www.eimv.si/pdf/Elektromagnetno-sevanje.pdf>, citirano 1. 3. 2021)

Jakosti polja so prikazane z barvami. Najnižje vrednosti prikažemo z belo, najvišje pa z rdečo barvo.



Slika 5: Prikaz vrednosti električnega polja z barvami na primeru razdelilne transformatorske postaje (RTP) 1 m nad tlemi (Vir: <https://www.eimv.si/pdf/Elektromagnetno-sevanje.pdf>, citirano 7. 03. 2021)

A) NADZEMNI VODI (DALJNOVODI)

Daljnovodi v svoji okolici povzročajo tako električna kot tudi magnetna polja. Vrednosti električnega polja upadajo od vodnikov z razdaljo po enačbi

$$E = \frac{e}{2\pi \varepsilon_0 r}$$

Vrednosti magnetnega polja pa upadajo s kvadratom razdalje po enačbi

$$B = \frac{\mu_0 \cdot I}{2\pi r}$$

Najvišje vrednosti, ki jim je lahko človek izpostavljen na nivoju tal, so neposredno pod nadzemnim vodom in hitro upadajo na obe strani od osi voda. Največje jakosti električnega polja v okolju lahko najdemo pod daljnovodi, najvišjega napetostnega nivoja (to je 400 kV), in sicer tudi do 10000 V/m.

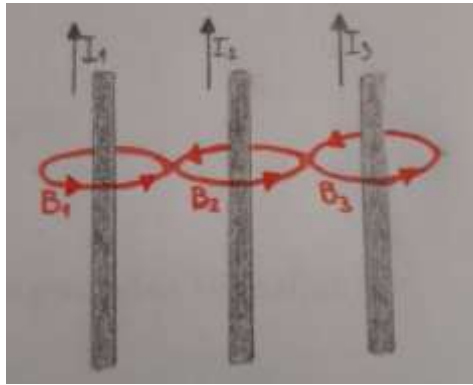
Magnetno polje pod daljnovodi z napetostjo 400 kV pri maksimalnih obremenitvah dosega vrednosti do največ 50 μ T, kar pomeni, da so ta polja zelo majhna in ne predstavljajo nevarnosti glede na 1. in 2. območja varstva proti sevanjem (Cestnik in Grabner, 2018) (Cestnik in Grabner, 2018).



Slika 6: Daljnovod. Foto: Teja Anžič

B) PODZEMNI KABLOVODI

Visokonapetostni podzemni kablovodi so vir le magnetnega polja. Posamezni vodniki so, ker so izolirani, lahko bližje drug drugemu, kot vodniki pri nadzemnih vodih z golimi vodniki, kar pomeni večje izenačevanje polja in posledično manjše polje.



Slika 7: Prikaz izenačevanja polja pri vodnikih podzemnih kablovodov. Slika: Teja Anžič

Vendar pa se jim (razen, če so zakopani zelo globoko) lahko tudi bolj približamo, kar pomeni, da smo lahko izpostavljeni višjim jakostim magnetnega polja.

Pri podzemnih kablovodih jakosti magnetnega polja na nivoju tal z oddaljenostjo od osi upadajo veliko hitreje kot pri nadzemnih vodih, kar je posledica izolacijskega ovoja (beton in PVC) in tega, da so zakopani v zemljo, vendar so jakosti magnetnega polja dejansko lahko višje kot pri nadzemnih vodih pri majhnih razdaljah od osi kablovoda (tik nad kablovodom).

C) RAZDELILNE TRANSFORMATORSKE POSTAJE (RTP)

RTP je del sistema, koncentriran na določenem prostoru, ki vsebuje predvsem stikalne naprave in transformatorje na koncih prenosnih in razdelilnih vodov. Najvišje vrednosti električnih in magnetnih polj izven ograjenega območja RTP prihajajo iz priključenih nadzemnih vodov in kablovodov in ne iz opreme znotraj postaje, saj jakosti polja običajno znatno upadejo že znotraj ograje ali pa po nekaj metrih na zunanji strani ograje. Kovinska ograja, ki obkroža RTP, zagotavlja, da so jakosti električnega polja izven ograje RTP praviloma majhne (slika 5). Oprema RTP je tudi vir magnetnega polja, a jakosti magnetnega polja prav tako hitro upadejo (Cestnik in Grabner, 2018) (Cestnik in Grabner, 2018).



Slika 8: RTP Okroglo. Foto: Eva Rant

2.7 VIRI EMS DOMA (V GOSPODINJSTVU)

Merjenju EMS doma sva se posvetili, ker naju je zanimalo, pri katerih napravah, ki jih uporabljamo v gospodinjstvu, so elektromagnetna polja največja in kako visoka so. Doma so viri električnega in magnetnega polja električna napeljava in vsi električni porabniki, kot so električne naprave, gospodinjski aparati, svetila. Ti so viri nizkofrekvenčnega EMS le v stanju delovanja, ker teče električni tok preko vgrajenih sestavnih elementov, kot so grelni elementi, tuljave in transformatorji. Najvišje vrednosti EMS se nahajajo na površinah naprav. Primeri naprav, ki na svojih površinah lahko povzročajo zelo veliko nizkofrekvenčno magnetno polje so sušilec za lase, brivski aparat, radio, računalnik, električni mešalnik, električno orodje, televizor ...

3. RAZISKOVALNI DEL

3.1 METODOLOGIJA

3.1.1 Opis vzorcev raziskave

Najini vzorci, na katerih sva opravljali meritve, so bili različni gospodinjski aparati (radio, televizor, steklokeramična plošča, indukcijska plošča, pomivalni stroj, sušilec za lase, hladilnik), računalnik, pametni telefon, tablični računalnik, brezžični usmerjevalniki (routerji), žičnate in brezžične slušalke, torbica za blokiranje klicev ter daljnovod, razdelilna transformatorska postaja in transformator.

3.1.2 Opis merskih instrumentov

Podatki so bili pridobljeni s pametnima telefonoma Samsung Galaxy A8 ter Samsung Galaxy S10 Lite (z aplikacijo Ultimate EMF Detector), napravo Vernier LabQuest 2 ter z napravo dozimeter Antenessa EME Spy 120.



Slika 9: Vernier LabQuest 2. Foto: Eva Rant

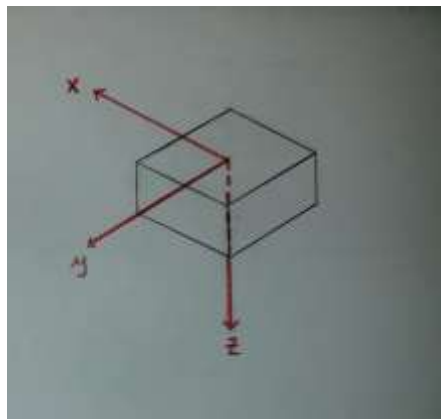


Slika 10: Dozimeter Antenessa EME Spy 120. Foto: Jure Ausec

Pametni telefoni imajo vgrajene senzorje oz. magnetometre, ki zaznavajo spremembe v okolju, kot so npr. sprememba svetlosti, temperature, gravitacije, magnetnega polja in spremembe

gibanja (premik, zasuk in dvig telefona). Podatki, ki jih zaznajo senzori, se nato pretvorijo v električne signale, ki jih telefon lahko obdela.

Pri pametnih telefonih magnetometri jemljejo vzorce s frekvenčnim razponom 50–100 Hz. Tako kot večina današnjih pametnih telefonov tudi oba zgoraj omenjena Samsungova modela vsebujeta magnetometer, imenovan AKM AK09918C. Magnetometer ima dimenzije 0,76 mm × 0,76 mm × 0,5 mm, deluje v temperaturnem območju od -30 °C do +85 °C. Njegovo merilno območje je ±4912 μT. Vzorce jemlje s frekvenco 100 Hz (torej z njim lahko izmerimo statična polja in nizkofrekvenčna polja do frekvence 100 Hz). Magnetno polje zaznava v vseh treh dimenzijah oz. meri x, y in z komponento magnetnega polja s pomočjo Hallovega pojava. Posledično s tem telefon glede na Zemljino magnetno polje tudi ugotovi svojo orientacijo (AKM, b. d.).

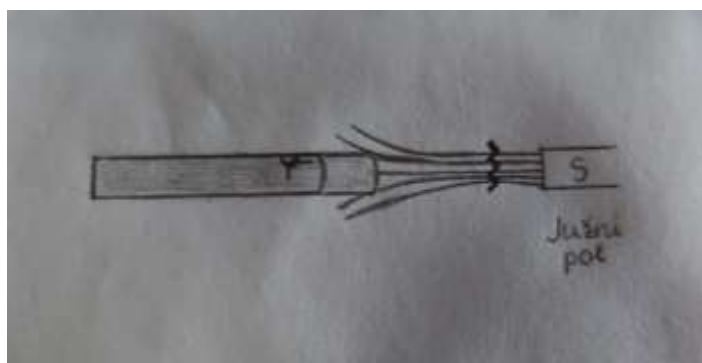


Slika 11: AKM AK09918C in njegovo zaznavanje magnetnega polja v vseh treh dimenzijah. Slika: Eva Rant

Vernier LabQuest 2 je merilnik za merjenje in zbiranje podatkov (sonda za merjenje magnetnega polja deluje na osnovi Hallovega pojava), katerega senzor meri vektorsko komponento magnetnega polja v bližini sensorja oziroma komponento magnetnega polja, ki je v smeri na sondi označene puščice. Na sekundo lahko vzame 100.000 vzorcev. Rezultat je pozitiven, ko je puščica na sondi usmerjena proti južnemu polu.



Slika 12: Senzor magnetnega polja. Foto: Teja Anžič



Slika 13: Silnice magnetnega polja, ki potekajo v isto smer, kot kaže puščica na senzorju. Foto: Eva Rant

S stikalom na senzorju lahko izbiramo med dvema območjema merjenja. Prvo območje merjenja je $\pm 6,4$ mT, drugo pa $\pm 0,32$ mT. Prvo se uporablja za sorazmerno močna magnetna polja okoli trajnih magnetov in elektromagnetov. Drugo območje se uporablja predvsem za merjenje magnetnega polja Zemlje in šibkih magnetnih polj. Za meritve, ki so napisane v nadaljevanju, je bilo uporabljeno območje $\pm 6,4$ mT (Vernier, b. d.) (Vernier, b. d.).

Osebni dozimeter Antenessa EME Spy 120 je naprava za merjenje visokofrekvenčnih EMS. Naprava v naprej nastavljenih časovnih intervalih shranjuje vrednosti visokofrekvenčnih EMS v frekvenčnem območju 80–250 MHz. Interval vzorčenja je 4–255 s, shrani lahko največ 7168 meritev. Za meritve, ki so napisane v nadaljevanju, je bil uporabljen interval vzorčenja 4 s, čas merjenja je bil v tem primeru omejen na približno 8 ur.

3.1.3 Opis postopka zbiranja podatkov

Opravljeni so bile meritve na različnih napravah. Dobljene rezultate sva nato med seboj primerjali in ugotavljali, ali se najini rezultati razlikujejo ali ne, in če se, za koliko in zakaj se razlikujejo. Izdelali sva tabelo za vse gospodinjne aparate, v kateri sva navedli vrsto naprave, njeno moč, dimenzijo, njeno največje magnetno polje, ki sva ga lahko izmerili, ter polje na

mestu, kjer se običajno nahaja uporabnik naprave. Polja sva izmerili pri različnih pogojih (naprava je popolnoma ugasnjena, v načinu mirovanja (ang. standby) ali pa vklopljena).

Pri pametnih telefonih, televizorjih in računalnikih sva poiskali točke, kjer je magnetno polje najmočnejše pri različnih pogojih (v mirovanju, med klicem, med prenosom mobilnih podatkov, med poslušanjem glasbe in pri popolnoma izklopljeni napravi). Za pametna telefona sva izdelali prikaze, ki ponazarjajo jakost magnetnega polja, kjer rdeča barva ponazarja najmočnejše polje, oranžna nekoliko manjše, vendar še vedno močno polje, rumena šibko polje in zelena zelo šibko polje. Pri ostalih omenjenih napravah sva izdelali prikaze naprav ter označili mesta, kjer so polja najmočnejša (rdeča barva predstavlja najmočnejše magnetno polje, oranžna pa nekoliko manjše, vendar še vedno močno polje).

Pri torbici za blokiranje klicev je bila meritev opravljena znotraj torbice, ko je bila le-ta prazna, in zunaj nje, medtem ko je bil v njej pametni telefon. Poskusili sva tudi, ali telefon zvoni znotraj torbice ob klicu ter ali je možno s telefonom, ki je v torbici, vzpostaviti klic.

V bližnji okolici sva pri daljnovodih s pomočjo pametnega telefona izmerili največjo vrednost magnetnega polja tik pod daljnovodom. Enako sva storili tudi pri transformatorjih, kjer sva poiskali največjo vrednost polja v njihovih okolica.

Sevanje brezžičnega usmerjevalnika sva izmerili na različnih razdaljah do razdalje 170 cm, ob pogoju, da je usmerjevalnik neobremenjen, in ob pogoju, da je obremenjen (prenos podatkov).

3.1.4 Obdelava podatkov

Podatki, ki so bili pridobljeni s pomočjo pametnih telefonov Samsung Galaxy A8 in Samsung Galaxy S10 Lite ter naprave Vernier Lab Quest 2 vključujejo tudi gostoto Zemljinega magnetnega polja, ki znaša $4,8 \cdot 10^{-5}$ T (povzeto po Mohorič, 2017).

Upoštevali sva tudi različne pogoje/stanja naprav (izklopljena naprava, vklopljena naprava ...). Dimenzije naprav in gospodinjskih aparatov ter razdalje med napravami in točkami, kjer najpogosteje uporabljamo naprave, sva izmerili s pomočjo metra oz. z ravnilom, ker so razdalje majhne. Slike, ki so narisane ročno, so narisane s svinčnikom in z ravnilom ter z barvicami in barvnimi flomastri. Različne barve ponazarjajo različno gostoto magnetnega polja.

3.2 REZULTATI

3.2.1 Gospodinjski aparati in naprave, ki jih uporabljamo doma

Tabela 1: Lastnosti in magnetna polja gospodinjskih aparatov, ki jih uporabljamo doma. P predstavlja moč naprave oz. dimenzijo naprave z dolžino, širino in višino (pri tistih aparatih, kjer je zapisan e , ta številka predstavlja diagonalo zaslona), B_{max} predstavlja največje izmerjeno magnetno polje in B_d polje na mestu, kjer najpogosteje uporabljamo napravo (razdalja d je zapisana v oklepaju).

	VRSTA NAPRAVE	P [W]	l [cm]	B_{max} [μ T]	B_d [μ T]
Računalnik 1	HP Laptop 15-bsOxx	45	39, 6 (e)	3167	50 (0,2 m)
Računalnik 2	HP 250 G6	45	39, 6 (e)	2956	52 (0,2 m)
Televizor 1	Philips UVSHLC370WX1-SLO4	180	94 (e)	2030	42 (3,5 m)
Televizor 2	Philips LED	39	122 (e)	170	45 (3,5 m)
Televizor 3	Philips S Q552. 1E LA	165	105 (e)	225	43 (3,5 m)
Sušilec za lase 1	Remington D-5000	1600	20 × 6 × 26	451	51 (0,1 m)
Sušilec za lase 2	Philips HP4833	1600	51 × 20 × 18	480	55 (0,1 m)
Radio 1	JVC RC-EX25	13	43 × 18 × 16	1707	59 (0,3 m)
Radio 2	BLAUPUNKT PP5BR	6	18 × 10 × 8	2200	52 (0,3 m)
Hladilnik 1	Beko TSE 1282	50	60 × 55 × 84	393	60 (0,1 m)
Hladilnik 2	Gorenje HZCI 3021	120	185 × 55 × 55	140	53 (0,1 m)
Štedilnik 1	Gorenje EIK 695C-indukcijska kuhalna plošča	7000	56 × 49	151	75 (0,1 m)
Štedilnik 2	Steklokeramična plošča	6700	56 × 49 × 82	140	80 (0,1m)
Pomivalni stroj 1	Gorenje GS62010W	1760	58 × 60 × 85	309	42 (0,3 m)
Pomivalni stroj 2	Bosch SL6P1B	2000 – 2240	71 × 59 × 54	240	50 (0,3 m)
Tablični računalnik	Samsung Galaxy Tab A6	5	30 (e)	3379	67 (0,1 m)

Največja izmerjena magnetna polja pri vseh napravah v zgornji tabeli se nahajajo znotraj merilnega območja merilnika Vernier ($\pm 6,4$ mT) in obeh pametnih telefonov z merilnikom AKM AK09918C ($\pm 4,912$ mT). Posledično to pomeni, da so vrednosti realne (če bi se vrednost gibala blizu zgornje meje merilnega območja, bi to pomenilo, da so lahko še višje in jih nisva uspeli izmeriti, ker so izven merilnega območja, vendar do tega pri najinih meritvah ni prišlo).

3.2.2 Pametni telefon

Vzorca sta bila najina pametna telefona. S pomočjo naprave Vernier LabQuest 2 sva lahko natančno določili območja, kjer je magnetno polje najmočnejše in najšibkejše (na sprednji in/ali zadnji strani naprave). Zanimalo naju je, ali različni pogoji (aktivnosti na telefonu) vplivajo na povečanje oziroma zmanjšanje magnetnega polja ter kolikšen je prispevek posamezne aktivnosti.



Slika 14: Prikaz gostote magnetnega polja na sprednji strani (leva slika) in zadnji strani (desna slika) za Samsung Galaxy A8. Najmočnejše magnetno polje se nahaja spredaj na sredini (rdeča barva) in znaša 1, 113 mT. Najšibkejše magnetno polje se nahaja na sprednji zgornji strani in znaša 0, 003 mT. Slika: Eva Rant



Slika 15: Prikaz gostote magnetnega polja na sprednji (leva) in zadnji (desna) strani za Samsung Galaxy S10 Lite. Najmočnejše magnetno polje se nahaja zgoraj na zadnji strani (rdeča barva) in znaša 2,638 mT, najšibkejše magnetno polje se nahaja na sprednji strani zgoraj. Slika: Eva Rant

Tabela 2: Magnetno polje mobilnih telefonov pri posameznih aktivnostih

	Samsung Galaxy A8	Samsung Galaxy S10 Lite
Izklopljen telefon	0,922 mT	2,559 mT
Mirovanje	1,074 mT	2,638 mT
Klic	0,943 mT	2,587 mT
Prenos mobilnih podatkov	1,113 mT	2,604 mT
Poslušanje glasbe	1,015 mT	2,613 mT

Tabela 3: Prispevek posamezne aktivnosti telefona (razlika med meritvijo pri aktivnosti in meritvijo pri ugasnjem telefonu)

	Samsung Galaxy A8	Samsung Galaxy S10 Lite
Mirovanje	0,152 mT	0,079 mT
Klic	0,021 mT	0,028 mT
Prenos mobilnih podatkov	0,191 mT	0,045 mT
Poslušanje glasbe	0,093 mT	0,054 mT

3.2.3 Računalnik

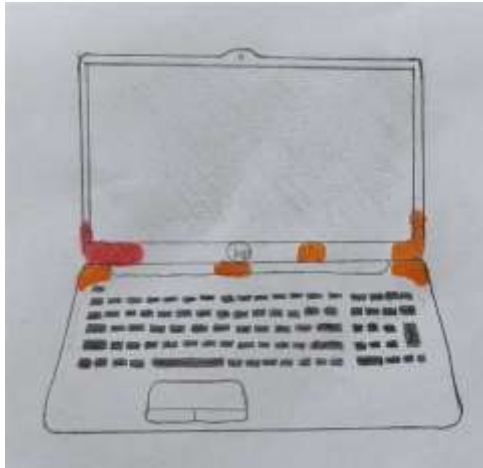
Pri računalnikih sva tako kot pri telefonih upoštevali različne pogoje (aktivnosti računalnika). Spodnji tabeli prikazujeta največji izmerjeni magnetni polji pri posamezni aktivnosti ter prispevek posamezne aktivnosti.

Tabela 4: Magnetno polje računalnikov pri posameznih aktivnostih

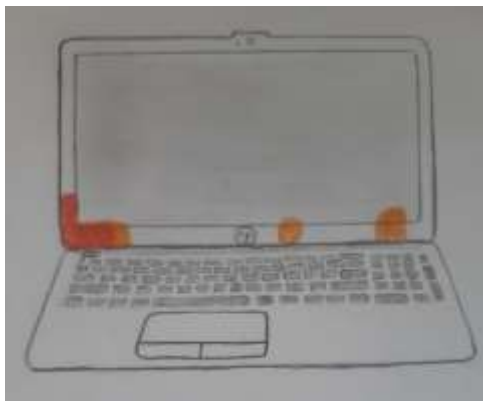
	HP 250 G6	HP 15-bs0xx
Izklopljen računalnik	2,672 mT	2,943 mT
Mirovanje (spanje)	2,803 mT	3,081 mT
Vklopljen računalnik	2,956 mT	3,167 mT

Tabela 5: Prispevek posamezne aktivnosti računalnikov (razlika med izmerjenim poljem med aktivnostjo in poljem pri ugasnjem računalniku)

	HP 250 G6	HP 15-bs0xx
Mirovanje (spanje)	0,131 mT	0,138 mT
Vklopljen računalnik	0,284 mT	0,224 mT



Slika 16: Magnetno polje računalnika HP Laptop 15-bs0xx (rdeča barva - najmočnejše polje). Slika: Eva Rant



Slika 17: Magnetno polje računalnika HP 250 G6 (rdeča barva - najmočnejše polje). Slika: Teja Anžič

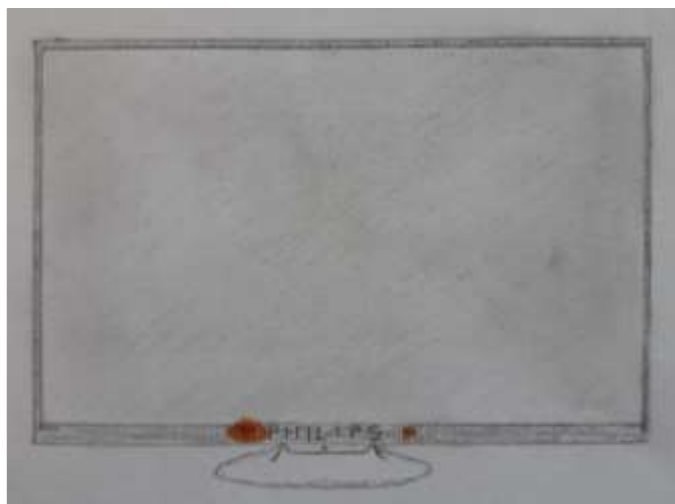
3.2.4 Televizor

Tabela 6: Magnetno polje televizorjev pri posameznih aktivnostih

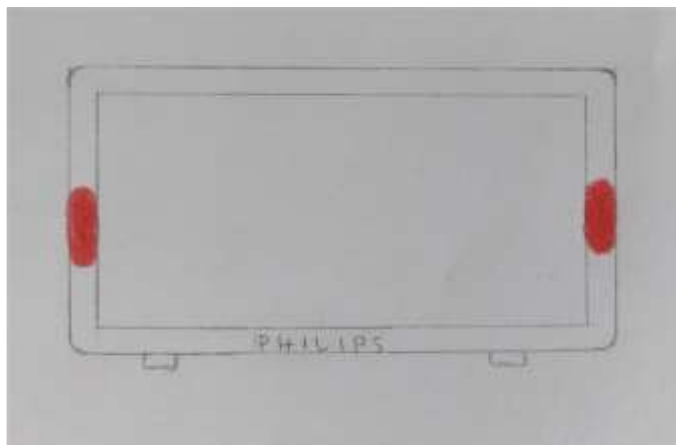
	Philips LED	Philips UVSHLC370WX1-SLO4	Philips S Q552. 1E LA
Izklopljen televizor	0, 110 mT	1,979 mT	0, 201 mT
Standby	0,160 mT	2,012 mT	0, 212 mT
Vklopljen televizor	0,170 mT	2,030 mT	0, 225 mT

Tabela 7: Prispevek posamezne aktivnosti televizorjev (razlika med izmerjeno vrednostjo med aktivnostjo in vrednostjo pri ugasnjemem televizorju)

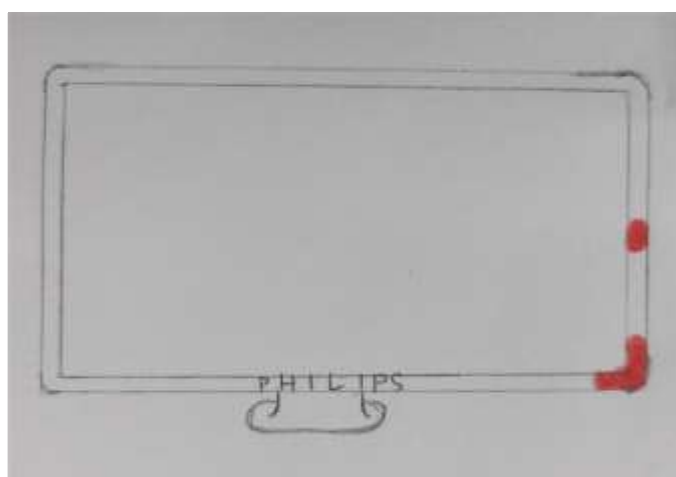
	Philips LED	Philips UVSHLC370WX1-SLO4	Philips S Q552. 1E LA
Standby	0,05 mT	0,033 mT	0, 011 mT
Vklopljen televizor	0,06 mT	0,051 mT	0, 024 mT



Slika 18: Magnetno polje televizorja Philips LED (rdeča barva - najmočnejše polje). Slika: Teja Anžič



Slika 19: Magnetno polje televizorja Philips UVSHLC370WX1-SLO4 (rdeča barva - najmočnejše polje). Slika: Eva Rant



Slika 20: Magnetno polje televizorja Philips S Q552. 1E LA (rdeča barva - najmočnejše polje). Slika: Eva Rant

3.2.5 Slušalke

Kot vzorce sva uporabili navadne žičnate slušalke različnih znamk in brezžične bluetooth slušalke različnih znamk. Frekvence bluetootha se nahajajo v območju med 2400 MHz in 2483,5 MHz, oddajna moč bluetooth slušalk je okrog 2,5 mW (INIS, b. d.).

Tabela 8: Magnetna polja žičnatih in brezžičnih slušalk. B_{min} predstavlja polje pri pogoju, ko so slušalke izklopljene oz. niso priključene v telefon, B_{max} predstavlja polje med predvajanjem glasbe, $B_{prisp.}$ pa prispevek (povečanje polja med predvajanjem glasbe). Na koncu je zapisana še povprečna vrednost prispevkov.

Slušalke	Vrsta	B_{min} [μ T]	B_{max} [μ T]	$B_{prisp.}$ [μ T]	$\bar{B}_{prisp.}$ [μ T]
Niceboy	Žičnate	2001	2116	115	77
LG	Žičnate	2400	2480	80	
Panasonic	Žičnate	1407	1475	68	
LG	Žičnate	4584	4631	47	
Samsung	Žičnate	1739	1813	74	
InPods 12	Brezžične	4823	4883	60	92
GT 15	Brezžične	5073	5202	129	
Galaxy Buds +	Brezžične	3468	3549	81	
Power HBQ pro	Brezžične	5315	5411	96	



Slika 21: Različne znamke brezžičnih slušalk.

Foto: Eva Rant

3.2.6 Torbica za blokiranje klicev

Z merilnikom Vernier sva najprej izmerili, ali je znotraj zaprte torbice magnetno polje ali ne. Meritve so se gibale okrog vrednosti $4,8 \cdot 10^{-5}$ T, torej toliko, kot znaša vrednost Zemljinega magnetnega polja. Postopek sva ponovili tudi s pametnim telefonom. Telefon je bil zaprt v

torbici, odprta je bila aplikacija Ultimate EMF Detector za zaznavanje magnetnega polja. Istočasno je aplikacija Xrecorder snemala zaslon na telefonu. Ko sva telefon vzeli iz torbice, sva si ogledali posnetek. Vrednosti so se prav tako gibale okrog vrednosti Zemljinega magnetnega polja. Nato naju je zanimalo, ali lahko sevanje mobilnega telefona iz torbice prodre ven. To sva izmerili z merilnikom Vernier. Magnetno polje telefona je medtem, ko je bil v torbici, prav tako prodrlo skozi njo, znašalo pa je 337 μT (telefon Samsung Galaxy A8). Ko je telefon v torbici, ni možno opravljati klica, saj je številka v tistem trenutku zasedena oz. nedosegljiva.

3.2.7 Izrazitejši viri EMS

Meritve so bile opravljene pod daljnovodom, ob transformatorju (tik ob zunanji steni transformatorske postaje) ter ob zaščitni ograji pri razdelilni transformatorski postaji (RTP) s pametnim telefonom Samsung Galaxy S10 Lite.

Tabela 9: Posamezen objekt ter njegovo največje izmerjeno magnetno polje

Objekt	Največje izmerjeno magnetno polje
Daljnovod	51 μT
Transformator	66 μT
RTP	61 μT

3.2.8 Visokofrekvenčna polja

Nekaterih stvari s pametnima telefonoma in merilnikom Vernier nisva morali izmeriti, saj namreč merijo samo statična in nizkofrekvenčna polja, naju pa je zanimalo tudi visokofrekvenčno sevanje, kot je npr. sevanje brezžičnega usmerjevalnika. Z merilnikom za visokofrekvenčna polja sva v šoli izmerili polja sledečih naprav: sevanje brezžičnega usmerjevalnika pri različnih pogojih, sevanje računalnika pri različnih pogojih uporabe brezžične povezave s spletom, sevanje pametnega telefona pri različnih pogojih ter sevanje na različnih mestih v šoli. Spodnja tabela prikazuje vrednosti električnih polj naslednjih skupin virov, ki sva jih uspeli izmeriti z detektorjem:

- FM – radijsko valovanje pri frekvencah 88–108 MHz,
- VHF – radijsko valovanje pri frekvencah 30–300 MHz,
- TETRA – radijsko valovanje pri frekvencah 380–430 MHz,
- DVB-T + 800 – digitalno televizijsko oddajanje, v Sloveniji 470–830 MHz,
- 900 mobi – mobilno omrežje pri frekvencah 880–915 MHz,
- 900 BP – omrežje baznih postaj pri frekvencah 923–960 MHz,
- 1800 mobi – mobilno omrežje pri frekvencah 1710–1785 MHz,

- 1800 BP – omrežje baznih postaj pri frekvencah 1805–1880 MHz,
- DECT – omrežje digitalno izboljšanih brezžičnih telekomunikacij pri frekvencah 1880–1900 MHz,
- 2100 mobi – mobilno omrežje pri frekvencah 1920–1980 MHz,
- 2100 BP – omrežje baznih postaj pri frekvencah 2110–2170 MHz,
- Wifi – mikrovalovi s frekvenco 2400–2500 MHz, ki jih oddajajo brezžični usmerjevalniki.

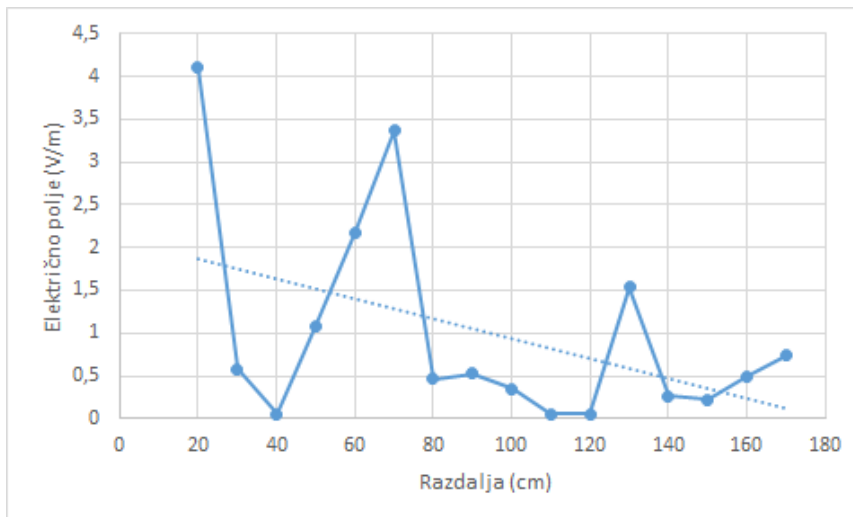
Tabela 10: Prikaz največjega in povprečnega električnega polja ter mejna vrednost za posamezne skupine virov

Skupina vira	E_{max} (V/m)	\bar{E} (V/m)	E_{mejna} (V/m)
FM	0,95	0,06	8,6
VHF	0,2	0,05	8,6
TETRA	0,19	0,05	8,6
DVB-T + 800	0,72	0,09	9,3
900 mobi	5,01	0,07	12,9
900 BP	2,23	0,15	12,9
1800 mobi	1,63	0,06	18,2
1800 BP	1,56	0,14	18,2
DECT	2,25	0,13	18,6
2100 mobi	3,5	0,06	19
2100 BP	0,79	0,07	19
Wifi	5,01	0,08	19

3.2.8.1 Brezžični usmerjevalnik

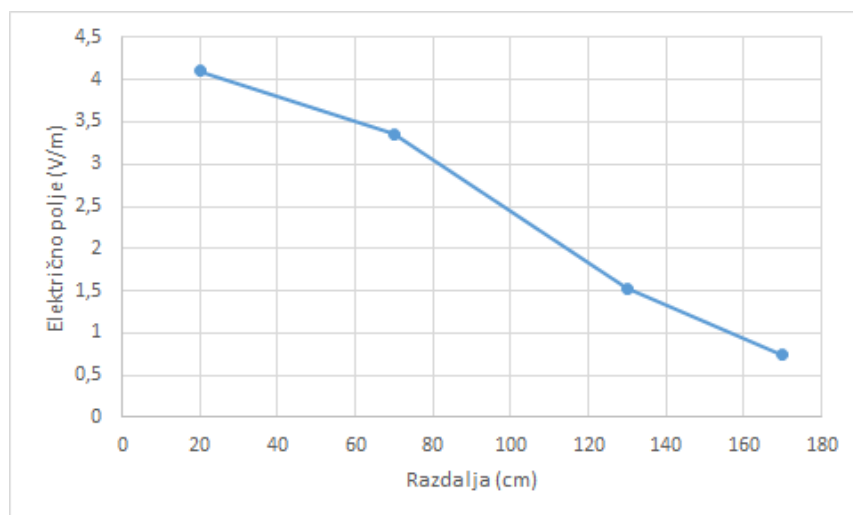
Izmerili sva sevanje brezžičnega usmerjevalnika (routerja) Fortinet Fortiap 221E pri dveh različnih pogojih: brez prenosa in s prenosom podatkov. Pri obeh pogojih sva meritve začeli izvajati 20 cm pod usmerjevalnikom in nato povečevali razdaljo za 10 cm. Pri merjenju sevanja pri pogoju brez prenosa podatkov je najvišje izmerjeno električno polje znašalo 2,31 V/m na razdalji 1 m (to je bil trenutek, ko je usmerjevalnik oddal signal, saj signalov ne pošilja ves čas, temveč v »paketi«).

Pri merjenju sevanja usmerjevalnika pri prenosu podatkov so se sevalne obremenitve z oddaljenostjo zelo hitro zmanjševale. Spodnji graf prikazuje jakost električnega polja v odvisnosti od razdalje pri prenosu podatkov. Opazimo lahko 4 maksimalne vrednosti – to so električna polja v tistem trenutku, ko je usmerjevalnik oddal signal. Če pogledamo trendno črto, lahko opazimo, da graf linearno pada oz. se vrednosti električnega polja zmanjšujejo z oddaljenostjo. Pri oddaljenosti 170 cm od brezžičnega usmerjevalnika (na tej višini se približno nahaja glava dijaka, medtem ko sedi v klopi neposredno pod usmerjevalnikom) je električno polje na trendni črti minimalno in daleč pod mejno vrednostjo.



Graf 1: Električno polje brezžičnega usmerjevalnika pri prenosu podatkov

Naslednji graf prikazuje maksimume (električna polja v trenutku, ko je usmerjevalnik oddajal signal) v odvisnosti od razdalje. Tudi tukaj posledično lahko opazimo, da se vrednosti zmanjšujejo z oddaljenostjo.



Graf 2: Maksimalne vrednosti polja usmerjevalnika pri prenosu podatkov

3.2.8.2 Računalnik

Sevanje računalnika sva izmerili pri treh različnih pogojih v učilnici: računalnik je brez povezave, računalnik je povezan v brezžično omrežje in ne prenaša podatkov, računalnik je povezan v brezžično omrežje in prenaša podatke. Naslednja tabela prikazuje največja dosežena električna polja ter povprečne vrednosti pri zgoraj opisanih pogojih.

Tabela 11: Največje in povprečne vrednosti električnega polja pri različnih pogojih

Stanje računalnika	E_{max} (V/m)	\bar{E} (V/m)
Brez povezave	0,44	0,15
Povezan, ne prenaša podatkov	1,73	0,44
Povezan, prenaša podatke	0,44	0,16

Želeli sva tudi izmeriti, kakšno je sevanje računalnika pri prenosu v kleti, saj bi moral takrat usmerjevalnik pošiljati signale računalniku z večjo močjo (močnejše bi oddajal, da bi kompenziral izgube zaradi ovir). Največje izmerjeno električno polje pri računalniku v kleti je znašalo 0,57 V/m.

3.2.8.3 Pametni telefon

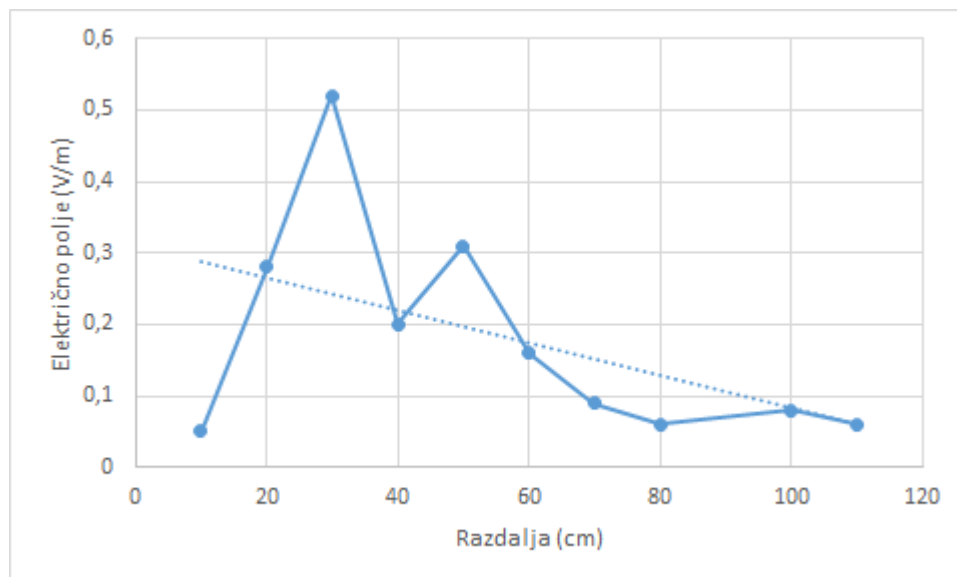
Izmerili sva sevanje telefona Samsung Galaxy A8 pri različnih pogojih. Najprej sva izvedli dohodni klic in izmerili električno polje na vsakih 10 cm (odvisnost jakosti polja od oddaljenosti od naprave).



Slika 22: Merjenje električnega polja telefona Samsung Galaxy A8 na različnih razdaljah

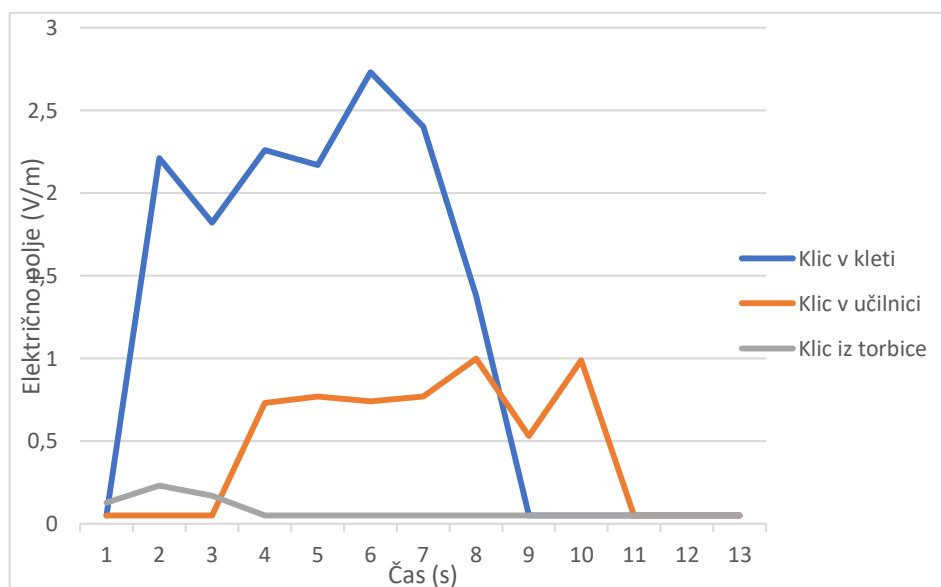
Foto: Eva Rant

Spodnji graf prikazuje električno polje telefona Samsung Galaxy A8 za signal 2100 mobi pri klicu v odvisnosti od razdalje. Iz trendne črte lahko razberemo, da se električno polje z oddaljenostjo zmanjšuje.



Graf 3: Električno polje telefona Samsung Galaxy A8 za signal 2100 mobi

Kasneje sva merilnik postavili 10 cm stran od telefona in ponovno izvedli dohodni klic v učilnici. Beležili sva polje v trenutku, ko se še ni nič dogajalo, ko se je vzpostavil klic in ko sva vzpostavili klic. Nato sva telefon položili v torbico za blokiranje klicev in iz nje izvedli odhodni klic. Zanimalo naju je tudi, kako se bo telefon odzival na okolje, kjer je zelo slab signal, zato sva izvedli dohodni klic še v kleti v šoli. Spodnji graf prikazuje, kako močno je bilo električno polje pri posameznem klicu in kako se je le-to spreminjalo.



Graf 4: Električno polje pri posameznem klicu. Moder graf predstavlja klic v kleti, oranžni graf predstavlja klic v učilnici in siv graf klic iz torbice.

3.2.8.4 Sevanje po šoli

Želeli sva izmeriti tudi, kakšne so sevalne obremenitve po šoli. Spodnja tabela prikazuje največja izmerjena električna polja E (V/m) posamezne skupine virov na različnih delih v šoli.

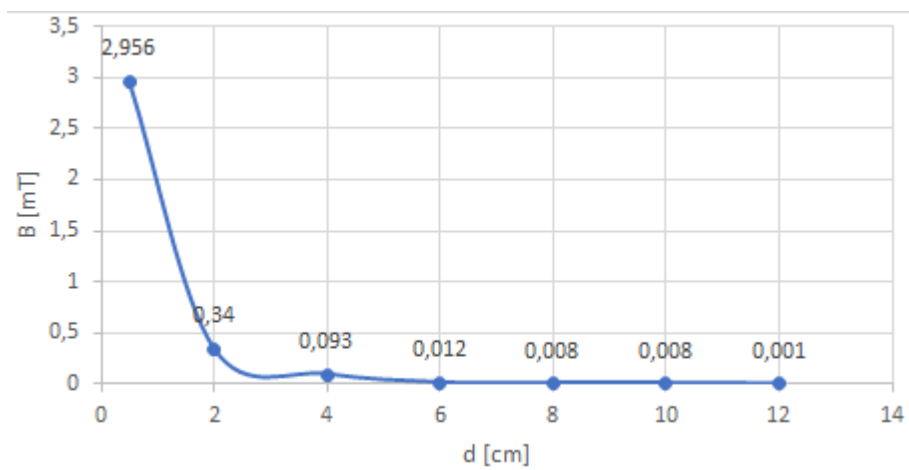
Tabela 12: Največja izmerjena električna polja E (V/m) posamezne skupine virov na različnih delih v šoli H predstavlja hodnik pri učilnicah, A vhodno avlo, ŠH povezovalni hodnik do športne dvorane (ločen objekt), I zunanje igrišče, T del ob transformatorju pri šoli, ZT zračnike pri transformatorju (odprtina v vratih) in OT del ob strani transformatorja (tik ob zunanji steni).

	H	A	ŠH	I	T	ZT	OT
FM	0,05	0,05	0,05	0,12	0,17	0,18	0,14
VHF	0,05	0,05	0,05	0,05	0,12	0,14	0,13
TETRA	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
DVB-T + 800	0,05	0,05	0,05	0,05	0,11	0,14	0,15
900 mobi	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
900 BP	0,05	0,05	0,05	0,05	0,08	0,13	0,10
1800 mobi	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
1800 BP	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
DECT	0,05	0,05	0,05	0,05	0,08	0,09	0,05
2100 mobi	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
2100 BP	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
Wifi	0,20	0,05	0,30	0,05	0,05	0,05	0,05

4. RAZPRAVA

4.1 Gospodinjski aparati in naprave, ki jih uporabljamo doma

Tabela 1 v poglavju 3.2.1 prikazuje največja izmerjena magnetna polja posameznih aparatov in naprav na njihovih površinah, njihove specifikacije ter magnetno polje na mestih, kjer napravo najpogosteje uporabljamo. Pri napravah, kot so pomivalni stroj, štedilnik in hladilnik, so meritve zelo podobne in ne presežejo vrednosti $400 \mu\text{T}$. Čeprav sta bila štedilnika različna (steklokeramična in indukcijska plošča), razlika ni bila velika. Pri indukcijski plošči je bilo magnetno polje le za $11 \mu\text{T}$ večje od polja pri steklokeramični plošči. Pri sušilcu za lase se meritvi gibljeta blizu $500 \mu\text{T}$ in se razlikujeta le za $29 \mu\text{T}$. Pri radiu se meritvi gibljeta v območju $1700\text{--}2200 \mu\text{T}$, pri računalniku pa v območju $2900\text{--}3200 \mu\text{T}$. Pri televizorjih je prišlo do zelo velike razlike med meritvami, ki je pojasnjena v nadaljevanju v poglavju 4.4. Izmerjene vrednosti magnetnih polj niso povezane z dimenzijo in močjo naprave, odvisno je, na katerem mestu se znotraj naprave nahajajo kabli, tuljave ter ostali vgrajeni sestavni elementi in tudi magneti, katerih magnetno polje prodre skozi površino naprave. Vrednosti so se z oddaljevanjem od naprav (že nekaj cm) zelo zmanjšale. Iz spodnjega grafa lahko razberemo, da jakost polja pada s kvadratom razdalje.



Graf 5: Prikaz magnetnega polja računalnika HP 250 G6 v odvisnosti od razdalje

Največja izmerjena vrednost v z razdalje 10 cm je bila izmerjena pri steklokeramični plošči. Znašala je le $80 \mu\text{T}$, pri vseh ostalih napravah pa so vrednosti manjše. Gospodinjski aparati torej ne predstavljajo grožnje glede EMS, saj se vrednosti že z majhno razdaljo zelo zmanjšajo.

4.2 Pametni telefon

Sliki v poglavju 3.2.2 prikazujeta območja največjih in najmanjših magnetnih polj na posamezni strani pri telefonu Samsung Galaxy A8 in Samsung Galaxy S10 Lite. Največje izmerjeno magnetno polje je pri telefonu Samsung Galaxy S10 Lite večje kar za 1,525 mT. Pri telefonu Samsung Galaxy S10 lahko na sliki opazimo tudi, da ima telefon dve območji, kjer so vrednosti magnetnega polja zelo visoke, medtem ko je pri telefonu Samsung Galaxy A8 le eno območje z zelo visokimi vrednostmi magnetnega polja. Pri telefonu Samsung Galaxy A8 se območje, kjer je polje največje, nahaja približno na sredini telefona, pri telefonu Samsung Galaxy S10 Lite pa se nahaja tako v zgornjem delu kot tudi v spodnjem delu telefona. Uspeli sva ugotoviti, da se pri modelu A8 približno na sredini telefona nahaja NFC antena, pri modelu S10 Lite pa se zgoraj nahajata NFC antena in GPS antena, spodaj pa zvočnik in mikrofoni. Nisva uspeli natančno ugotoviti, ali so antene, zvočniki in mikrofoni poleg različnih magnetnih komponent v telefonu toliko pripomogli k povečanju magnetnega polja, vendar sklepava, da bi bilo magnetno polje pri modelu S10 Lite lahko večje zaradi tega, ker sta v zgornjem delu telefona dve anteni zelo blizu skupaj. Tudi SAR vrednost pri telefonu Samsung Galaxy S10 Lite je večja in znaša 1,519 W/kg, pri telefonu Samsung Galaxy A8 pa 1,25 W/kg. Pri telefonu Samsung Galaxy A8 bi bilo lahko magnetno polje na zadnji strani telefona manjše zaradi tega, ker je na zadnji strani prekrit s kaljenim steklom, pri telefonu Samsung Galaxy S10 Lite pa je zadnja stran prekrita s plastiko iz polikarbonata, kar bi lahko vplivalo na to, da je magnetno polje zadaj večje. (IndiaToday, b. d.)

4.3 Računalnik

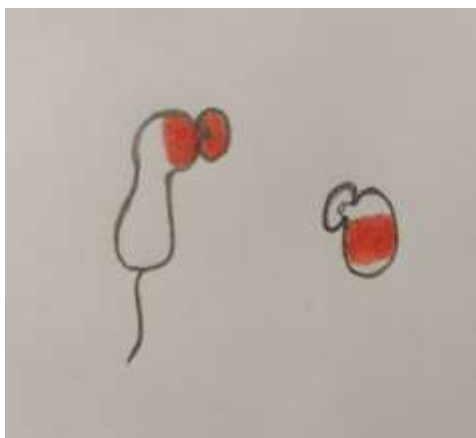
Sliki v poglavju 3.2.3 prikazujeta območja najmočnejšega sevanja računalnika HP 250 G6 in HP 15-bs0xx. Pri obeh računalnikih je bilo najmočnejše polje izmerjeno na mestu med monitorjem in računalnikom na skrajnem levem robu. Razlog za močno magnetno polje so kabli, ki povzročajo velika magnetna polja. Iz jedra računalnika (pod tipkovnico) prvi kabel poteka preko skrajnega levega roba do kamere nad zaslonom, drugi kabel je preko levega roba povezan z zaslonom. Razlog za močno polje na levi strani je tudi *Internal display switch* oz. notranje stikalo zaslona. V plastičnem ohišju, ki prekriva zaslon, se nahaja majhen magnet, s pomočjo katerega računalnik preide v fazo mirovanja, ko zaslon potisnemo proti tipkovnici navzdol. Pod tipkovnico v skrajnem levem robu pri zaslonu se nahaja magnetni lid sensor oz. senzor pokrova, ki zazna, da je magnet prišel bližje, takrat ko potisnemo zaslon proti tipkovnici in posledično izklopi zaslon. Pri obeh računalnikih se je dokaj močno sevanje pojavilo tudi na desni strani pod zaslonom, kjer nama ni uspelo identificirati, kaj bi lahko povzročalo močno magnetno polje. Sklepava, da bi tudi tam bili lahko razlog kabli. Pri računalniku je prav tako največje izmerjeno magnetno polje znašalo le 52 μ T na oddaljenosti 20 cm (Hp, b. d.).

4.4 Televizor

Slike v poglavju 3.2.4 prikazujejo tri različne televizorje znamke Philips. Pri prvem in tretjem televizorju so si meritve zelo podobne, meritve pri drugem televizorju pa zelo izstopajo. Pri vklopljenih televizorjih je rezultat pri drugem televizorju od rezultata pri tretjem televizorju večji za 1,805 mT, kar je zelo veliko. Televizor je tudi drugače narejen – ob straneh je v plastiki zelo veliko majhnih luknjic. Tam sta skrita dva zvočnika, v zvočnikih pa so zelo močni magneti, ki povzročajo večje magnetno polje. Vendar televizor ne predstavlja nevarnosti glede EMS, magnetno polje 2,5 m stran znaša le 71 μ T.

4.5 Slušalke

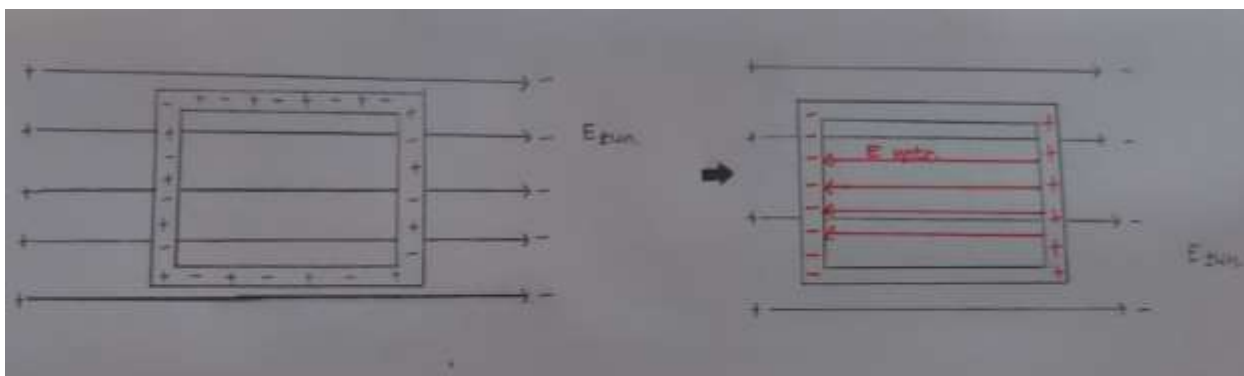
V tabeli 8 sva zapisali največja izmerjena magnetna polja pri žičnatih in brezžičnih slušalkah pri dveh različnih pogojih - med predvajanjem glasbe in pri izklopljenih oz. izključenih slušalkah. Večja magnetna polja so se pojavila med predvajanjem glasbe, njihove prispevke sva zapisali v predzadnji stolpec. Pri izklopljenih slušalkah oz. slušalkah, ki niso vključene v telefon, so izmerjena magnetna polja statična - pojavila so se zaradi različnih komponent, ki so v slušalkah, med predvajanjem glasbe pa se je zaradi električnega toka magnetno polje še povečalo. Pri brezžičnih slušalkah se je največje magnetno polje pojavilo približno na sredini slušalk, pri žičnatih pa na konicah, saj deformirajo magnetno polje, ki ga ustvarja mobilni telefon, oz. povzročijo, da se sevanje mobilnega telefona preko žic drugače razporedi v prostoru (poveča se na konicah slušalk, ki delujejo kot neke vrste antena) (INIS, b. d.). Samega bluetooth signala pri brezžičnih slušalkah, ki tudi prispeva k povečanju polja, zaradi nedostopnosti ustreznega merilnika nisva uspeli izmeriti, vendar predvidevava, da ne prispeva veliko, saj je oddajna moč bluetooth slušalk le okrog 2,5 mW (INIS, b. d.). Težko bi tudi rekli, katere vrste slušalk sevajo več, saj je le-to odvisno od konkretnega modela in same zgradbe slušalk, v povprečju pa velja, da brezžične slušalke sevajo le malo več od žičnatih. Tako lahko zaključiva, da v povprečju žičnate in brezžične slušalke sevajo približno enako.



Slika 23: Mesta najmočnejših magnetnih polj pri žičnatih in brezžičnih slušalkah. Slika: Eva Rant

4.6 Torbica za blokiranje klicev

Po opravljenih meritvah se je izkazalo, da skozi torbico lahko prodrejo statična in nizkofrekvenčna polja, visokofrekvenčna pa ne. Torbica je narejena iz materiala, imenovanega oxfordska tkanina, pri kateri notranja plast (narejena iz posebnega RPF materiala) blokira visokofrekvenčne signale. RPF material vsebuje nikelj in baker, da doseže slabljenje signalov od 10 MHz do 5 GHz. (Moseequipment, b. d.) Pravzaprav je to ista tkanina, ki jo vojaški in kazenski preiskovalci uporabljajo za blokiranje signalov mobilnih telefonov, brezžičnih usmerjevalnikov, bluetooth signala in signala GPS. Zaprta torbica, obložena z RPF materialom ustvarja učinek Faradayeve kletke. Faradayeva kletka ne more blokirati stabilnih ali počasi spreminjajočih se magnetnih polj, kot je magnetno polje Zemlje, v veliki meri pa lahko notranjost zaščitijo pred zunanjim EMS (Wikipedia, b. d.). Ko je v okolici zunanje električno polje, se delci znotraj kovine prerazporedijo (pojavi se inducirana napetost). Ustvari se notranje električno polje, ki v celoti nasprotuje zunanjemu. Material telefonu preprečuje sprejemanje klicev, kar pojasni, zakaj je bila številka nedosegljiva. Torbice ne priporočava za namen zaščite pred EMS, saj prepušča nizkofrekvenčna in statična polja, pri blokiranju klicev pa opravlja svoje delo.



Slika 24: Faradayev učinek Slika: Eva Rant

4.7 Izrazitejši viri EMS

Vrednosti, ki so bile izmerjene pod daljnovodom tipa »sod« (visoki so 28 m), pri transformatorju (nekaj cm stran od njega na zunanji strani ohišja) ter ob zaščitni ograji pri razdelilni transformatorski postaji se gibljejo okrog 50 μT oz. 60 μT in so res majhne. Enako navajajo viri in potrjujejo, da ne predstavljajo nevarnosti glede na 1. in 2. območja varstva proti EMS (Cestnik in Grabner, 2018) (Cestnik in Grabner, 2018).

4.8 Visokofrekvenčna polja

Iz tabele 9 je mogoče razbrati največja izmerjena električna polja posamezne skupine virov ter njihovo povprečno električno polje. Zraven je navedena tudi mejna vrednost oz. največja še dovoljena vrednost. Povprečne vrednosti se nahajajo kar precej pod mejno vrednostjo, kar pomeni, da so sevalne obremenitve majhne. Pri nekaterih skupinah virov, kot sta npr. 900 mobi in Wifi, je sicer največje izmerjeno električno polje malo večje (5,01 V/m), vendar še vedno precej pod mejno vrednostjo, ki znaša 12,9 V/m pri 900 mobi in 19 V/m pri Wifi. Ker brezžični usmerjevalniki signalov ne oddajajo ves čas, se vrednosti na grafu 1 povečujejo in zmanjšujejo, vendar so maksimalne vrednosti z oddaljevanjem vse manjše in posledično dijaku, ki sedi 170 cm pod njim, ne škodujejo. Pri računalniku je bila največja vrednost dosežena ob pogoju, da je računalnik povezan z usmerjevalnikom, vendar ne prenaša podatkov, kar naju je presenetilo, saj sva pričakovali, da bo pri prenosu podatkov največja vrednost. Sklepava, da sva izmerili ravno tisto vrednost, ko je usmerjevalnik oddajal računalniku signal, med prenosom pa nisva vedno »ujeli« pravega trenutka (vzorčenje vsake 4 s). Pri telefonu sva ugotovili, da električno polje z oddaljenostjo od telefona pada, kar je pričakovano. Pri klicu iz torbice so bile vrednosti električnega polja na začetku višje kot na koncu, ker sva izmerili tudi delček, ko sva telefon nameščali v torbico, potem pa je električno polje zelo majhno in konstantno, ker je torbica blokirala signale. Posledično tudi klica ni bilo mogoče izvesti. Pri običajnem klicu v učilnici iz grafa lahko razberemo, kako se zaradi vzpostavljanja klica električno polje povečuje, po prekinitvi klica pa se je le-to ponovno zmanjšalo. Enako se je zgodilo tudi pri klicu v kleti, vendar so bile tam izmerjene vrednosti še večje, saj je bil signal šibkejši, posledično je moral telefon oddajati z večjo močjo, kar je povečalo sevalno obremenitev. Samo sevanje po šoli je majhno ne glede na skupino vira, največja električna polja znotraj šole je povzročil usmerjevalnik, zunaj oz. v okolici transformatorja pa so električna polja povzročali še FM in VHF (radijski signal), DVB-T + 800 (televizijski signal) in 900 BP (signal baznih postaj mobilne telefonije) valovi, kar je logično, saj ti valovi na prostem nimajo ovir, ki bi zmanjševale njihovo moč, medtem ko je v šoli veliko sten in zidov, ki signale ovirajo. Posledično so bila električna polja zgoraj naštetih skupin virov znotraj šole najmanjša.

5. ZAKLJUČEK

UGOTOVITVE

Po končanem eksperimentalnem delu sva se vrnili k zastavljenim hipotezam in jih potrdili oz. ovrgli.

- Najbolj sevajo računalnik, pametni telefon in tablični računalnik, najmanj pa gospodinjski aparati. Jakost elektromagnetnega sevanja je odvisna od velikosti naprave.

Prvi del hipoteze sva potrdili, saj nama je z meritvami uspelo dokazati, da so vrednosti magnetnega polja pri računalniku, pametnemu telefonu in tabličnemu računalniku najvišje, medtem ko so vrednosti magnetnega polja pri gospodinjskih aparatih nižje. Polje računalnika je skoraj 2-krat višje kot polje radia. Drugi del hipoteze sva ovrgli, saj nama je z izmerjenimi rezultati uspelo dokazati, da sevanje ni odvisno od dimenzije in moči naprave, ampak je odvisno od tega, v katerem delu naprave so vgrajene različne magnetne komponente, tuljave, kabli, po katerih teče električni tok ...

- Elektromagnetno sevanje ne škoduje zdravju.

Te hipoteze nisva mogli neposredno preveriti s poizkusom oz. eksperimentom, ampak sva odgovor poiskali v virih, navedenih v poglavju 2.4. Hipotezo sva ovrgli, saj sva izvedeli, da sevanje na kratek rok ni škodljivo, če pa smo mu izpostavljeni dlje časa, pa postane škodljivo in lahko povzroča motnje spanja, izgubo spomina, bolečine v mišicah, glavobole in druge zdravstvene težave. Kljub temu sva ugotovili, da so izmerjena polja, ki jih sevajo vsakdanje naprave, daleč pod dovoljenimi vrednostmi, ki bi lahko po doslej znanih ugotovitvah povzročile zdravstvene posledice.

- Varna razdalja od virov je dokaj majhna. Bolj se oddaljujemo od naprave, manjše bo sevanje.

Hipoteza je potrjena. Sevanje se z oddaljevanjem od naprave zmanjšuje s kvadratom razdalje, kar potrjuje graf 5. Tipično so vrednosti že na razdalji 20 cm od vira padle na zgolj odstotek največje vrednosti.

- Torbice proti sevanju so učinkovite. Sevanje blokira material, preko katerega ne more uhajati skozi.

Hipotezo sva delno potrdili in delno ovrgli. Torbica lahko blokira visokofrekvenčna sevanja, vendar ne blokira statičnih in nizkofrekvenčnih sevanj.

- Brezžične bluetooth slušalke sevajo več in so posledično bolj škodljive kot navadne žičnate slušalke.

Hipotezo sva ovrgli. Samo sevanje pri slušalkah je odvisno od konkretnega modela, na katerem merimo sevanje, vendar med žičnatimi in brezžičnimi slušalkami pri sevanju ni pomembne razlike, saj v povprečju brezžične slušalke sevajo le 15 μT več od žičnatih.

- Telefon, ki je starejši, seva več.

Hipotezo sva ovrgli. Tisti telefon, ki ima višjo SAR vrednost, seva več, le-to pa ni odvisno zgolj od starosti telefona, temveč mnogih dejavnikov. Pomembna je tudi lokacija naprave oziroma kvaliteta sprejema signala bazne postaje.

NAJIN POGLED NA RAZISKOVALNO NALOGO

Raziskovanje se nama je zdelo predvsem zanimivo, lotili sva se nečesa drugačnega, česar prej še nikoli nisva izvajali. Na začetku sva imeli precejšnje težave, saj nisva natančno vedeli, kako se lotiti raziskovanja, vendar nama je mentor Jure Ausec ves čas pomagal in naju usmerjal na pravo pot s koristnimi nasveti, da je zadeva stekla. Tako sva uspešno izvedli vse meritve in poizkuse, ki sva si jih zastavili. Z izjemo telefona in računalnika za večino naprav pred raziskovanjem sploh nisva pomislili, da lahko povzročajo sevanje. Nikoli ne bova pozabili, kako sva med samim raziskovanjem navdušili tudi prijatelje, da so si tudi oni namestili aplikacijo na svoj pametni telefon in doma izmerili, kaj povzroča največja sevanja. Poleg vseh uspešno zastavljenih ciljev sva tudi nadgradili računalniško znanje in se naučili napisati in oblikovati raziskovalno nalogo, pa tudi nekaj angleških besed v povezavi z najino tematiko, saj sva podatke črpali predvsem iz tujih virov.

POGLED ZA NAPREJ

Izziv v prihodnosti nama še vedno predstavljajo pametni telefon in slušalke. Pri ostalih napravah nam sevanje ne škoduje, ker jih uporabljamo na dovolj veliki razdalji. Telefon in slušalke pa nas praktično spremljajo večino časa (zlasti mlajše generacije) in jih uporabljamo blizu telesa. V prihodnosti bi želeli več pozornosti nameniti temu, kako izdelati učinkovito torbico/ovitek/vrečko za telefon, ki ne bi samo blokirala klicev, ampak bi nas lahko tudi zaščitila npr. pred magnetnim poljem telefona. Možnosti za raziskave ponuja tudi ideja, da bi morda lahko namestili določen material ali napravo na konice slušalk, da bi še vedno lahko normalno poslušali glasbo, a hkrati prejeli manj sevanja.

Sicer pa je polje raziskovanja zelo široko in ponuja še mnogo izzivov in možnosti za podrobnejše analize.

6. VIRI IN LITERATURA

6.1 KNJIŽNI VIRI

MOHORIČ, A. Fizika 3: Učbenik za fiziko v tretjem letniku gimnazij in štiriletnih strokovnih šol, Ljubljana: Mladinska knjiga, 2017.

6.2 SPLETNI VIRI

Bluetooth sevanje. (b. d.) INIS. Pridobljeno 9. 5. 2021 s
<http://www.inis.si/index.php?id=34#.YJVJd7UzZPY>.

Cestnik, B. in Grabner, K. (2018) Elektromagnetno sevanje. Pridobljeno 13. 3. 2021 s
<https://www.eimv.si/pdf/Elektromagnetno-sevanje.pdf>.

Elektromagnetno sevanje. (b. d.). Wikipedia. Pridobljeno 7. 5. 2021 s
https://sl.wikipedia.org/wiki/Elektromagnetno_valovanje.

Gauss C. F. (b. d.) MagLab. Pridobljeno 18. 2. 2021 s
<https://nationalmaglab.org/education/magnet-academy/history-of-electricity-magnetism/pioneers/carl-friedrich-gauss>.

Faradeyeva kletka. (b. d.) Wikipedia. Pridobljeno 26. 3. 2021 s
https://en.wikipedia.org/wiki/Faraday_cage.

Industrial Health (2019). Health effects of radiofrequency electromagnetic fields. Pridobljeno 30. 1. 2021 s https://www.jstage.jst.go.jp/article/indhealth/57/4/57_57_400/_pdf.

MagneticSpy: Exploiting Magnetometer in Mobile Devices for Website and Application Fingerprinting. (2019). Pridobljeno 13. 3. 2021 s <https://arxiv.org/pdf/1906.11117.pdf>.

Magnetometer AK09918C. (b. d.). AKM. Pridobljeno 13. 3. 2021 s
<https://www.akm.com/cn/en/products/electronic-compass/ak09918c/>.

Moon, J. H. (2020). Health effects of electromagnetic fields on children. Pridobljeno 30. 1. 2021 s <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7642138/>.

Navodila za HP 15 PC. (b. d.) Hp. Pridobljeno 23. 2. 2021 s
<http://h10032.www1.hp.com/ctg/Manual/c04763947>.

Navodila za Samsung Galaxy A8. (b. d.) Samsung. Pridobljeno 21. 3. 2021 s
https://xphone24.com/manual-user-guide/Samsung_Galaxy_A8_2018_EN.pdf.

Navodila za Samsung Galaxy S10 Lite. (b. d.) Samsung. Pridobljeno 21. 3. 2021 s
<https://manuals-support.com/samsung-galaxy-s10-lite-manual-user-guide/>.

Anžič, T. in Rant, E. Elektromagnetna sevanja. Raziskovalna naloga. Biotehniški center Naklo – SŠ.

Radiofrequency safety. (b. d.) FCC. Pridobljeno 18. 2. 2021 s
<https://www.fcc.gov/general/radio-frequency-safety-0>.

Samsung Galaxy A8. (b. d.) Samsung. Pridobljeno 21. 3. 2021 s
https://www.gsmarena.com/samsung_galaxy_a8_2018-review-1710.php.

Samsung Galaxy S10 Lite. (b. d.), Samsung. Pridobljeno 21. 3. 2021 s
<https://www.indiatoday.in/technology/reviews/story/samsung-galaxy-s10-lite-review-great-value-for-money-1643142-2020-02-04>.

Seabury, D. (b. d.) An Update On SAR Standards And The Basic Requirements For SAR Assessment. Pridobljeno 31. 1. 2021 s
https://web.archive.org/web/20150924002742/http://www.ets-lindgren.com/pdf/sar_lo.pdf.

Senzor magnetnega polja. (b. d.). Vernier. Pridobljeno 27. 2. 2021 s
<https://www.vernier.com/product/magnetic-field-sensor/>, citirano 27. 2. 2021.

Torbica za blokiranje klicev. (b. d.). Moseequipment. Pridobljeno 21. 3. 2021 s
<https://mosequipment.com/products/titanrf-faraday-fabric>.

Uredba o EMS v naravnem življenjskem okolju (Uradni list RS, št. 70/96 in 41/04 – ZVO-1). (1996). Na <http://www.pisrs.si/>. Pridobljeno 18. 2. 2021 s
<http://www.pisrs.si/Pis.web/pregledPredpisa?id=URED1387>.

Življenje z EMS. (b. d.) INIS. Pridobljeno 25. 2. 2021 s
<http://www.inis.si/index.php?id=93#.YDYJhehKhPY>.

6.3 VIRI SLIK

Slika 4: Prikaz 3D modela RTP-ja. (b. d.) Pridobljeno 1. 3. 2021 s
<https://www.eimv.si/pdf/Elektromagnetno-sevanje.pdf>.

Slika 5: Prikaz vrednosti električnega polja z barvami na primeru razdelilne transformatorske postaje (RTP) 1 m nad tlemi. (b. d.) Pridobljeno 7. 3. 2021 s
<https://www.eimv.si/pdf/Elektromagnetno-sevanje.pdf>.